国家职业资格培训教程

铜、镍、铅、锌、锡火法冶炼工技能鉴定培训教程

中国有色金属工业协会
有色金属行业职业技能鉴定指导中心 组织编写

主　编：蒋永胜
副主编：杨广义　王树清

甘肃教育出版社

国家职业资格培训教程

铜、镍、铅、锌、锡火法冶炼工技能鉴定培训教程

中国有色金属工业协会
有色金属行业职业技能鉴定指导中心 组织编写

主　编　蒋永胜
副主编　杨广义　王树清

甘肃教育出版社

图书在版编目（CIP）数据

铜、镍、铅、锌、锡火法冶炼工技能鉴定培训教程／蒋永胜编著. —兰州：甘肃教育出版社，2007.2
ISBN 978-7-5423-1641-7

Ⅰ.铜… Ⅱ.蒋… Ⅲ.重有色金属—有色金属冶金—职业技能鉴定—教材 Ⅳ.TF81

中国版本图书馆CIP数据核字（2007）第010657号

责任编辑：邓玲玲　刘正东
封面设计：熊小平

铜、镍、铅、锌、锡火法冶炼工技能鉴定培训教程
蒋永胜　编著
甘肃教育出版社出版发行
（730030　兰州市南滨河东路520号）
www.gseph.com　0931-8773231
金昌立昇印务有限公司印刷
开本 787毫米×1092毫米 1/16　印张 33.75　字数 1000千
2007年5月第1版　2007年5月第1次印刷
印数：1～2 500
ISBN 978-7-5423-1641-7　定价：80.00元

编审委员会

主　任：蒋维湘

副主任：丁学全　吴国贤

委　员：丁跃华　郑维亚　谢承杰　王　伟　谭世雄　于晓霞

主　编：蒋永胜

副主编：杨广义　王树清

前　言

为了在重有色金属火法冶炼生产从业人员中开展职业培训和职业技能鉴定，根据劳动和社会保障部有关规定,中国有色金属工业协会、有色金属行业职业技能鉴定指导中心组织金川集团有限公司牵头编写了《铜、镍、铅、锌、锡火法冶炼工技能鉴定培训教程》（以下简称《教程》）。

《教程》以劳动和社会保障部颁布的《国家职业标准——火法冶炼工》（以下简称《标准》）为依据，《教程》紧贴《标准》，内容上遵循“以职业活动为导向，以职业技能为核心”的指导思想，突出职业培训特色；结构上针对火法冶炼工职业活动领域，按照《标准》中划分的职业功能模块，按铜、镍、铅、锌、锡等金属品种分初级、中级、高级、技师、高级技师五个级别编写。《教程》的基础知识部分覆盖《标准》的“基本要求”；操作技能部分的“章”对应于《标准》的“职业功能”，“节”对应于《标准》的“工作内容”，“节”中阐述的内容对应于《标准》的“技能要求”和“相关知识”。

《教程》适用于火法冶炼工各级别的技能培训，是有色金属行业职业技能鉴定推荐培训教程。

《教程》的基础知识和铜、镍火法冶炼的操作技能部分由许永武、杨斌强、濮兴明、陈胜利、李建斌、李吉中、张正位、秦金鲤、修世忠、高永红、黄忠良、短形纹、姜德权、张更生、张天权、王万涛、刘晓东、杨林忠、刘克、王永辉、乐国斌、王智、李光、李维舟、符进武、颉颀、李海荣、邓辉、王彦菊、狄多奇、余林、韦霞、黄静、郭秀芬、张菊英、沈心言编写；铅火法冶炼的操作技能部分由刘博、朱吾意、谷检根、谭轶中、黄建议、王德智、黄祥林、黄坚、唐明成、夏中卫、熊德强编写；锌火法冶炼的操作技能部分由刘桂甫、杨士跃、王立宇、李政、韩宝新、张甲强、王洪玲、陆彬编写；锡火法冶炼的操作技能部分由陈光耀、赵纯权、梁敏炎、文丕忠、张海云、王家平、廖庆这、谢剑峰、廖理编写。

全书由符进武、颉颀终审稿、统稿，颉颀校稿。

白银有色金属公司、大冶有色金属公司、葫芦岛锌厂、河南豫光金铅集团有限责任公司、江西铜业集团公司、吉林吉恩镍业集团股份有限公司、柳州华锡集团有限责任公司、水口山有色金集团公司、云南铜业（集团）有限公司、株洲冶炼集团有限责任公司等单位的一些专家对《教程》的内容进行了必要的补充和完善，《教程》在编写过程中得到了劳动和社会保障部培训就业司和职业技能鉴定中心的大力支持，在此一并表示诚挚的感谢。

由于第一次组织编写与《国家职业标准——火法冶炼工》配套的职业技能培训教程，不足之处在所难免，欢迎广大读者提出宝贵意见和建议，以便再版时完善。

中国有色金属工业协会

有色金属行业职业技能鉴定指导中心

2006 年7月

目 录

第一篇 相关知识(1)

第1章 职业道德 …… (3)

1.1 道德和职业道德的形成 …… (3)
1.2 职业和职业道德 …… (4)
1.2.1 什么是职业 …… (4)
1.2.2 什么是职业道德 …… (4)
1.2.3 职业道德的特点 …… (5)
1.2.4 职业道德的社会作用 …… (6)
1.3 员工职业道德守则 …… (6)
1.3.1 爱党爱国,爱厂爱岗,勤奋敬业,尽职尽责 …… (6)
1.3.2 勤于学习,勇于创新,精通业务,效率优先 …… (8)
1.3.3 安全至上,科学管理,遵章守纪,廉洁自律 …… (9)
1.3.4 文明礼貌,优质服务,崇尚先进,团结进取 …… (10)

第2章 重有色金属基础知识 …… (14)

2.1 几种主要金属的性质 …… (14)
2.1.1 铜的性质 …… (14)
2.1.2 镍的性质 …… (15)
2.1.3 铅的性质 …… (16)
2.1.4 锌的性质 …… (16)
2.1.5 锡的性质 …… (17)
2.1.6 其他几种重有色金属的性质 …… (17)
2.2 几种主要重有色金属的化合物性质 …… (19)
2.2.1 铜的化合物性质 …… (19)
2.2.2 镍的化合物性质 …… (20)
2.2.3 铅的化合物性质 …… (20)
2.2.4 锌的化合物性质 …… (22)
2.2.5 锡的化合物性质 …… (22)
2.2.6 其他几种重有色金属的化合物性质 …… (23)
2.3 几种主要重有色金属的用途及产销 …… (26)
2.3.1 铜的用途及产销 …… (26)
2.3.2 镍的用途及产销 …… (26)
2.3.3 铅的用途及产销 …… (27)
2.3.4 锌的用途及产销 …… (27)
2.3.5 锡的用途及产销 …… (27)
2.3.6 其他几种重有色金属的用途及产销 …… (27)
2.4 几种主要重有色金属的矿物、矿石及精矿组成和分类 …… (28)
2.4.1 铜的矿物、矿石及精矿组成和分类 …… (28)

2.4.2 镍的矿物、矿石及精矿组成和分类 …… (30)
2.4.3 铅的矿物、矿石及精矿组成和分类 …… (32)
2.4.4 锌的精矿组成和分类 …… (33)
2.4.5 锡的矿物、矿石及组成和分类 …… (34)
2.4.6 其他几种重有色金属的矿物、矿石及精矿组成和分类 …… (36)
2.5 几种重有色金属的冶炼方法 …… (37)
2.5.1 铜的冶炼方法 …… (37)
2.5.2 镍的冶炼方法 …… (39)
2.5.3 铅的冶炼方法 …… (41)
2.5.4 锌的冶炼方法 …… (41)
2.5.5 锡的冶炼方法 …… (43)
2.5.6 其他几种重有色金属的冶炼方法 …… (44)

第 3 章 重有色金属火法冶金原理基础知识 …… (47)

3.1 冶金炉渣基础知识 …… (47)
3.1.1 概述 …… (47)
3.1.2 炉渣的组成 …… (47)
3.1.3 炉渣的物理化学性质 …… (48)
3.2 化合物的离解－生成反应 …… (48)
3.2.1 概述 …… (48)
3.2.2 氧化物的离解和金属的氧化 …… (49)
3.2.3 碳酸盐的离解 …… (50)
3.3 氧化物的还原 …… (50)
3.3.1 燃烧反应 …… (51)
3.3.2 氧化物用气体还原剂 CO、H_2 还原 …… (51)
3.3.3 氧化物用固体还原剂 C 还原 …… (52)
3.4 硫化矿的火法冶金 …… (52)
3.4.1 金属硫化物的热力学性质 …… (53)
3.4.2 硫化矿的氧化富集熔炼——造锍熔炼 …… (53)
3.5 粗金属的火法精炼 …… (55)
3.5.1 粗金属火法精炼的目的、方法及分类 …… (55)
3.5.2 熔析精炼 …… (55)
3.5.3 萃取精炼 …… (55)
3.5.4 氧化精炼 …… (55)
3.5.5 硫化精炼 …… (56)

第 4 章 设备、设施维护基础知识 …… (57)

4.1 机电设备维护基础知识 …… (57)
4.1.1 设备管理的任务和内容 7 …… (57)
4.1.2 设备分类和管理 …… (57)
4.1.3 设备的维修保养以及点检 …… (57)
4.2 耐火材料基础知识 …… (58)
4.2.1 概述 …… (58)

4.2.2 耐火材料的分类及性质 …… (58)
4.2.3 耐火材料的高温使用性能 …… (60)
4.2.4 耐火砖的生产过程 …… (61)
4.2.5 常用耐火砖 …… (61)
4.2.6 不定型耐火材料 …… (62)

第5章 安全与卫生知识 …… (63)

5.1 安全生产基础知识 …… (63)
5.1.1 有关安全术语 …… (63)
5.1.2 安全生产方针及原则 …… (64)
5.1.3 安全生产责任制 …… (64)
5.1.4 安全教育制度 …… (65)
5.1.5 事故报告制度 …… (66)
5.1.6 事故管理 …… (66)
5.1.7 高处作业的分级和种类 …… (67)
5.1.8 安全色及安全标志 …… (68)
5.2 劳动保护与卫生基础知识 …… (69)
5.2.1 常见的危害因素 …… (69)
5.2.2 工业粉尘 …… (69)
5.2.3 氯气 …… (70)
5.2.4 二氧化硫 …… (70)
5.2.5 锰及其化合物 …… (71)
5.2.6 镍及其化合物 …… (71)
5.2.7 生产性噪声 …… (71)
5.2.8 工业伤害现场急救知识 …… (72)
5.3 环境保护基础知识 …… (74)
5.3.1 环境保护 …… (74)
5.3.2 环境保护的主要内容 …… (74)
5.3.3 环境污染 …… (74)
5.3.4 防止环境污染的措施 …… (74)
5.3.5 控制环境污染源 …… (75)
5.3.6 环境管理的主要对象及主要内容 …… (75)
5.3.7 环境监测统计指标 …… (76)
5.3.8 环境标准归类 …… (76)
5.3.9 工业污染 …… (76)

第6章 质量管理知识 …… (78)

6.1 全面质量管理基础知识 …… (78)
6.1.1 质量管理发展简史 …… (78)
6.1.2 全面质量管理的基本概念 …… (78)
6.1.3 数理统计方法在质量管理中的应用 …… (80)
6.1.4 质量改进 …… (81)
6.2 2000版ISO9000质量管理体系基础知识 …… (83)

6.2.1 ISO9000：2000 系列标准的四个核心标准 …… (83)
6.2.2 2000 版 ISO9000 族标准的特点、实施要求 …… (83)
6.2.3 ISO9001：2000 标准的主要特点和要求 …… (83)
6.2.4 质量管理八项原则及其应用指南 …… (84)
6.2.5 质量管理体系十二项原理 …… (86)
6.2.6 ISO9001：2000 标准条款的理解 …… (87)

第 7 章 相关法律法规基础知识 …… (89)

7.1 劳动法的相关知识 …… (89)
7.1.1 劳动法概述 …… (89)
7.1.2 劳动合同 …… (89)
7.1.3 工作时间与休息休假 …… (91)
7.1.4 工资概述 …… (92)
7.1.5 劳动保护概述 …… (92)
7.1.6 社会保险 …… (93)
7.1.7 劳动争议概述 …… (93)
7.2 产品质量法的相关知识 …… (94)
7.2.1 产品质量的概念 …… (94)
7.2.2 产品、产品质量与产品质量责任 …… (94)
7.2.3 产品质量检验和认证机构 …… (94)
7.2.4 生产者和销售者的产品质量义务 …… (95)
7.2.5 产品责任 …… (95)
7.2.6 违反产品质量法的法律责任 …… (96)
7.3 环境保护法的相关知识 …… (96)
7.3.1 环境保护法的概念和特点 …… (96)
7.3.2 环境保护法的基本原则 …… (97)
7.3.3 环境保护法的基本制度 …… (97)
7.3.4 环境法律责任 …… (98)
7.4 安全生产法基本知识 …… (99)
7.4.1 安全生产法的概念 …… (99)
7.4.2 安全生产法的调整对象 …… (99)
7.4.3 生产经营单位主要负责人对本单位安全生产的责任 …… (99)
7.4.4 生产经营单位的从业人员在安全生产方面的权利和义务 …… (100)
7.4.5 安全生产的监督管理 …… (101)
7.4.6 违反《安全生产法》的法律责任 …… (102)

第二篇 操作实践

第一单元 初级工 …… (105)

第 1 章 铜冶炼初级工 …… (105)

1.1 开炉准备 …… (105)
1.1.1 材料准备 …… (105)

1.1.2 试车 …… (105)
1.2 烘炉 …… (106)
1.2.1 烘炉的目的及意义 …… (106)
1.2.2 烘炉的方式方法 …… (106)
1.3 试生产 …… (110)
1.3.1 试生产的目的 …… (110)
1.3.2 试生产的方式方法 …… (110)
1.4 开炉、试生产注意事项 …… (111)
1.4.1 电炉 …… (111)
1.4.2 转炉 …… (111)
1.5 火法冶炼 …… (112)
1.5.1 进料的准备 …… (112)
1.5.2 原辅材料样品采集 …… (112)
1.6 冶炼作业 …… (112)
1.6.1 加料 …… (112)
1.6.2 冶炼作业 …… (113)
1.6.3 生产记录 …… (116)
1.6.4 设备操作 …… (116)
1.6.5 设备运行记录 …… (117)
1.6.6 安全消防及环保设备设施操作 …… (117)
1.7 产出 …… (117)
1.7.1 产品放出作业 …… (117)
1.7.2 产品样品采集 …… (117)
1.8 设备维护及保养 …… (117)
1.8.1 设备维护 …… (117)
1.8.2 设备点检 …… (118)

第 2 章 镍冶炼初级工 …… (119)

2.1 开炉 …… (119)
2.1.1 开炉准备 …… (119)
2.1.2 烘炉 …… (119)
2.1.3 试生产 …… (121)
2.1.4 开炉、试生产注意事项 …… (121)
2.2 火法冶炼 …… (122)
2.2.1 进料 …… (122)
2.2.2 冶炼作业 …… (122)
2.2.3 产出 …… (125)
2.3 设备维护及保养 …… (125)
2.3.1 设备维护 …… (125)
2.3.2 设备点检 …… (126)

第 3 章 铅冶炼初级工 …… (127)

3.1 铅鼓风炉的开炉 …… (127)

3.1.1 烘炉 …… (127)
3.1.2 铅鼓风炉熔炼的试生产 …… (130)
3.2 火法冶炼 …… (133)
3.2.1 进料 …… (133)
3.2.2 原材料的取样及其质量要求 …… (133)
3.2.3 进料条件 …… (134)
3.2.4 进料作业 …… (134)
3.2.5 鼓风炉供风 …… (136)
3.3 冶炼 …… (137)
3.3.1 生产理论技术 …… (137)
3.3.2 工艺控制与技术指标 …… (138)
3.3.3 铅鼓风炉还原熔炼的基本原理 …… (139)
3.3.4 铅鼓风炉熔炼产物 …… (140)
3.3.5 铅锍和黄渣 …… (144)
3.3.6 炉气(含烟尘) …… (145)
3.3.7 连续排放 …… (145)
3.3.8 风口与水冷系统 …… (146)
3.3.9 电热前床 …… (148)
3.3.10 富氧熔炼与热风熔炼 …… (151)
3.4 炼铅鼓风炉常见故障处理 …… (153)
3.4.1 炉顶故障及其处理方法 …… (153)
3.4.2 风口故障及其处理方法 …… (155)
3.4.3 连续排放故障及处理方法 …… (156)
3.4.4 虹吸故障 …… (156)
3.5 反射炉炼铅 …… (157)
3.5.1 进料 …… (157)
3.5.2 冶炼 …… (159)
3.6 设备维护与保养 …… (166)
3.6.1 设备点检制度 …… (166)
3.6.2 设备维护与保养 …… (166)

第4章 TD炉系统初级工 …… (169)

4.1 TD炉的开炉准备 …… (169)
4.2 TD炉的烘炉 …… (169)
4.2.1 烘炉的目的和意义 …… (169)
4.2.2 烘炉的方式和过程 …… (169)
4.3 试生产 …… (169)
4.4 TD炉进料 …… (170)
4.4.1 进料前的准备 …… (170)
4.4.2 原料样品采集 …… (170)
4.5 TD锌的冶炼 …… (170)
4.5.1 TD锌冶炼的作业程序 …… (170)
4.5.2 TD锌冶炼工艺参数 …… (170)

4.6 TD锌的产出 …… (171)
4.6.1 TD炉出锌作业 …… (171)
4.6.2 TD锌的采样 …… (171)
4.7 安全技术操作规程 …… (171)
4.7.1 加料收尘岗位 …… (171)
4.7.2 调整岗位 …… (171)
4.8 TD炉系统设备的维护及保养 …… (172)
4.8.1 TD炉系统的设备使用与维护 …… (172)
4.8.2 TD炉的使用、维护与巡检 …… (173)

第5章 锌冶炼竖罐蒸馏初级工 …… (175)

5.1 开炉 …… (175)
5.1.1 材料的准备 …… (175)
5.1.2 开炉升温 …… (175)
5.1.3 煤气的性质及使用中应注意的事项 …… (175)
5.2 冶炼 …… (176)
5.2.1 竖罐蒸馏冶炼概述 …… (176)
5.2.2 蒸馏炼锌过程中控制工艺参数及操作制度 …… (176)
5.2.3 操作制度 …… (176)
5.2.4 生产记录 …… (178)

第6章 热镀锌配料初级工 …… (179)

6.1 开炉 …… (179)
6.1.1 开炉操作 …… (179)
6.1.2 烘炉的目的和意义 …… (179)
6.2 火法冶炼 …… (179)
6.2.1 进料 …… (179)
6.2.2 冶炼 …… (179)
6.3 产出 …… (180)
6.3.1 产品放置作业 …… (180)
6.3.2 产品样品采集 …… (180)
6.4 设备维护及保养 …… (180)

第7章 竖罐蒸馏冷凝系统初级工 …… (182)

7.1 开炉 …… (182)
7.1.1 开炉准备 …… (182)
7.1.2 烘炉 …… (182)
7.1.3 开炉注意事项 …… (182)
7.2 火法冶炼 …… (182)
7.2.1 冶炼作业 …… (182)
7.2.2 工艺参数 …… (183)
7.2.3 生产记录 …… (183)
7.2.4 设备操作 …… (184)

7.3 设备维护及保养 …… (186)

第 8 章 氧化锌初级工 …… (187)

8.1 开炉准备 …… (187)
8.1.1 开炉材料的准备 …… (187)
8.1.2 烘炉 …… (187)
8.1.3 开炉加料 …… (187)
8.2 间接法生产氧化锌原理 …… (188)
8.2.1 概述 …… (188)
8.2.2 原理 …… (188)
8.2.3 原料 …… (188)
8.2.4 燃料 …… (188)
8.3 氧化锌生产的工艺流程 …… (188)
8.4 氧化锌质量标准 …… (189)
8.5 技术操作指标和条件 …… (189)
8.6 设备结构及操作 …… (189)
8.7 正常操作条件与调整 …… (190)
8.8 炉体维护和保养 …… (190)
8.9 延长炉体寿命 …… (190)

第 9 章 精馏锌精炼初级工 …… (191)

9.1 精馏塔开炉 …… (191)
9.1.1 开炉的准备 …… (191)
9.1.2 开炉加料 …… (191)
9.2 火法炼锌 …… (192)
9.2.1 精馏法的基本原理 …… (192)
9.2.2 工艺流程 …… (193)
9.2.3 设备结构及操作 …… (194)
9.2.4 正常操作条件控制与调整 …… (195)
9.3 精馏塔维护和保养 …… (196)

第 10 章 锡冶炼焙烧初级工 …… (198)

10.1 开炉准备 …… (198)
10.2 作业过程 …… (198)
10.2.1 记录的填写 …… (198)
10.2.2 控制运行参数 …… (198)
10.2.3 处理故障 …… (199)
10.2.4 交接班 …… (199)
10.3 质量管理 …… (199)
10.3.1 质量判断 …… (199)
10.3.2 质量控制 …… (199)

第 11 章 锡冶炼电炉初级工 …… (200)

11.1 开炉准备 …… (200)

11.2 烘 炉……(200)
11.3 还原熔炼……(200)
11.3.1 进料和布料操作的基本知识……(200)
11.3.2 还原熔炼操作……(200)
11.3.3 放锡放渣操作……(200)
11.3.4 质量管理……(201)

第 12 章 锡冶炼反射炉初级工……(202)

12.1 开炉准备……(202)
12.2 烘 炉……(202)
12.3 还原熔炼……(202)
12.3.1 进料和布料操作的基本知识……(202)
12.3.2 还原熔炼操作……(202)
12.3.3 放锡放渣操作……(202)
12.4 质量管理……(203)
12.4.1 反射炉产出物料质量要求……(203)
12.4.2 质量控制……(203)

第 13 章 锡冶炼烟化炉初级工……(204)

13.1 开炉……(204)
13.1.1 开炉的准备……(204)
13.1.2 工艺参数……(204)
13.2 冶炼作业……(204)
13.2.1 进料的准备……(204)
13.2.2 进液料……(204)
13.2.3 设备维护及保养……(205)

第 14 章 锡火法精炼初级工……(206)

14.1 概述……(206)
14.1.1 精炼的必要性……(206)
14.1.2 粗锡的一般成分及精锡标准……(206)
14.1.3 锡的火法精炼原则流程……(206)
14.2 锡火法精炼……(207)
14.2.1 高温锅熔析除铁、砷……(207)
14.2.2 加铝除砷、锑……(208)
14.3 高温氧化锅操作实践部分……(209)
14.3.1 高温锅熔析除铁、砷……(209)
14.3.2 氧化锅作业……(211)
14.3.3 结晶机除铅、铋……(213)
14.3.4 铸锭……(216)

第二单元 中级工……(218)

第 15 章　铜冶炼中级工 …… (218)
15.1　开炉 …… (218)
15.2　开炉准备 …… (218)
15.2.1　对闪速炉的要求 …… (218)
15.2.2　对矿热电炉或贫化电炉的要求 …… (219)
15.2.3　转炉系统 …… (219)
15.2.4　系统试车 …… (219)
15.3　烘炉 …… (220)
15.3.1　烘炉作业 …… (220)
15.3.2　开炉方案及升温曲线 …… (222)
15.4　试生产 …… (224)
15.4.1　试生产的目的 …… (224)
15.4.2　试生产方式方法 …… (224)
15.5　火法冶炼 …… (225)
15.5.1　进料 …… (225)
15.5.2　冶炼 …… (225)
15.5.3　设备开、停车判断 …… (229)
15.5.4　物料计量 …… (229)
15.5.5　化验分析 …… (229)
15.5.6　产出 …… (233)
15.6　停炉检修 …… (234)
15.6.1　停炉作业 …… (234)
15.6.2　检修 …… (235)
15.7　安全操作 …… (235)
15.7.1　安全技术操作 …… (235)
15.7.2　安全保护及环保 …… (235)
15.8　设备维护及保养 …… (236)
15.8.1　关键设备的维护保养 …… (236)
15.8.2　设备点检 …… (236)
15.9　常见故障的判断及处理 …… (237)
15.9.1　工艺故障处理 …… (237)
15.9.2　设备故障处理 …… (238)
15.9.3　烟道故障 …… (238)
15.9.4　余热锅炉故障 …… (238)
15.9.5　排烟机故障或事故状态 …… (238)
第 16 章　镍冶炼中级工 …… (239)
16.1　开炉 …… (239)
16.1.1　开炉准备 …… (239)
16.1.2　烘炉 …… (241)
16.1.3　试生产 …… (245)
16.2　火法冶炼 …… (245)

16.2.1 进料……(245)
16.2.2 配料……(246)
16.3 冶炼……(246)
16.3.1 冶炼作业……(246)
16.3.2 生产技术控制……(250)
16.3.3 生产操作控制……(252)
16.3.4 产出……(253)
16.4 停炉检修……(254)
16.4.1 停炉作业……(254)
16.4.2 检修……(255)
16.5 安全操作……(255)
16.5.1 安全技术操作……(255)
16.5.2 安全保护及环保……(256)
16.5.3 相关知识:安全状态判定标准 ……(256)
16.6 设备维护及保养……(256)
16.6.1 设备维护……(256)
16.6.2 设备点检……(256)
16.7 常见故障的判断及处理……(257)
16.7.1 工艺故障处理……(257)
16.7.2 设备故障处理……(258)

第 17 章 铅冶炼中级工 ……(259)

17.1 概述……(259)
17.1.1 铅鼓风炉炉渣各主要成分的性质……(259)
17.1.2 铅炉渣渣型的选择……(260)
17.1.3 降低渣含铅的主要措施……(260)
17.2 停炉检修……(261)
17.2.1 炉体拆除注意事项……(261)
17.2.2 炉窑设施检修规程……(262)
17.3 设备维护与保养……(264)
17.3.1 设备点检……(264)
17.3.2 设备维护与保养……(265)
17.4 常见设备故障的判断与处理……(266)
17.4.1 设备故障判断知识……(266)
17.4.2 故障处理程序……(267)

第 18 章 TD 炉系统中级工 ……(268)

18.1 TD 炉的开炉 ……(268)
18.1.1 TD 炉的开炉准备 ……(268)
18.1.2 烘炉……(268)
18.2 火法冶炼……(268)
18.2.1 进料……(268)
18.2.2 TD 锌冶炼 ……(269)

18.3 停炉检修……(269)
18.3.1 停炉作业……(269)
18.3.2 安全操作……(269)
18.3.3 设备的维护和保养……(270)
18.3.4 常见的工艺及设备故障处理……(270)

第19章 竖罐蒸馏中级工 ……(272)

19.1 开炉……(272)
19.1.1 开炉准备……(272)
19.1.2 烘炉……(272)
19.1.3 大修、中修开炉升温曲线 ……(272)
19.2 冶炼……(272)
19.2.1 煤气的燃烧……(272)
19.2.2 热传递……(273)
19.3 安全操作……(273)
19.3.1 调整工岗位安全技术规程……(273)
19.3.2 补炉工安全技术规程……(273)
19.3.3 扫除工岗位安全技术规程……(274)
19.4 设备维护及保养……(274)
19.4.1 关键设备的维护保养……(274)
19.4.2 蒸馏炉补炉质量标准……(274)
19.4.3 预热风机的维护和保养……(275)
19.5 常见故障的判断及处理……(275)
19.5.1 工艺故障处理……(275)

第20章 热镀锌配料中级工 ……(276)

20.1 开炉……(276)
20.1.1 烘炉……(276)
20.1.2 烘炉的目的和意义……(276)
20.2 火法冶炼……(276)
20.2.1 进料……(276)
20.2.2 冶炼……(277)
20.2.3 产出……(277)
20.2.4 停炉……(277)
20.3 安全操作……(277)
20.3.1 安全技术操作……(277)
20.3.2 劳动保护用品的正确使用……(277)
20.4 设备维护及保养……(277)
20.4.1 单轨吊车开车前的准备……(277)
20.4.2 单轨吊车“十不吊”原则……(278)
20.5 常见故障的判断及处理……(278)
20.5.1 工艺故障处理……(278)
20.5.2 设备故障处理……(278)

第 21 章　竖罐蒸馏冷凝系统中级工 …… (279)

21.1　开炉 …… (279)
21.2　冶炼 …… (279)
21.3　停炉检修 …… (280)
21.4　安全操作 …… (280)
21.4.1　安全技术操作 …… (280)
21.4.2　安全保护及环保 …… (280)
21.5　常见故障的判断及处理 …… (280)
21.5.1　工艺故障处理 …… (280)
21.5.2　设备故障处理 …… (282)

第 22 章　氧化锌中级工 …… (283)

22.1　开炉 …… (283)
22.1.1　烘炉作业 …… (283)
22.1.2　开塔加料 …… (285)
22.2　火法冶炼 …… (286)
22.2.1　进料的准备 …… (286)
22.2.2　进料的条件 …… (286)
22.3　冶炼 …… (286)
22.3.1　运行参数判定 …… (286)
22.3.2　设备开修判定 …… (287)
22.4　产出 …… (287)
22.5　停炉检修 …… (288)
22.5.1　熔化炉 …… (288)
22.5.2　精馏塔(氧化锌) …… (288)
22.5.3　燃烧室 …… (288)
22.5.4　氧化炉 …… (289)
22.5.5　精炼炉 …… (289)
22.5.6　布袋室 …… (289)
22.6　安全操作 …… (289)
22.6.1　安全技术操作 …… (289)
22.6.2　环境污染控制 …… (290)
22.7　常见故障的处理及判断 …… (290)

第 23 章　精馏锌精炼中级工 …… (292)

23.1　开炉 …… (292)
23.1.1　烘炉作业 …… (292)
23.1.2　开炉方案及升温曲线 …… (292)
23.1.3　开塔加料 …… (295)
23.2　火法冶炼 …… (295)
23.2.1　进料 …… (295)
23.2.2　冶炼 …… (296)

23.2.3 产出……(297)
23.2.4 停炉检修……(298)
23.2.5 安全操作……(299)
23.2.6 常见故障的判断及处理……(301)

第 24 章 锡冶炼焙烧中级工 ……(305)

24.1 开炉准备……(305)
24.1.1 开炉……(305)
24.1.2 处理开炉过程中的常见故障……(305)
24.2 作业过程……(305)
24.2.1 分析记录……(305)
24.2.2 控制运行参数……(306)
24.2.3 处理故障及停炉……(307)
24.2.4 质量管理……(307)

第 25 章 锡冶炼电炉中级工 ……(309)

25.1 开炉准备……(309)
25.2 烘炉……(309)
25.3 还原熔炼……(309)
25.3.1 进料和布料操作的基本知识……(309)
25.3.2 还原熔炼操作……(309)
25.3.3 放锡放渣操作……(310)
25.4 质量管理……(310)
25.4.1 电炉产出物料质量要求……(310)
25.4.2 质量控制……(310)

第 26 章 锡冶炼反射炉中级工 ……(312)

26.1 开炉……(312)
26.2 烘炉……(312)
26.3 还原熔炼……(312)
26.3.1 进料和布料操作的基本知识……(312)
26.3.2 还原熔炼操作……(313)
26.3.3 放锡放渣操作……(313)
26.3.4 记录的填写……(313)
26.3.5 交接班……(313)
26.4 停炉检修……(314)
26.5 质量管理……(314)
26.5.1 反射炉产出物料质量要求……(314)
26.5.2 质量控制……(314)

第 27 章 锡冶炼烟化炉中级工 ……(315)

27.1 开炉……(315)
27.1.1 开炉的准备……(315)

27.1.2 工艺参数…… (315)
27.2 冶炼作业…… (315)
27.2.1 进料的准备…… (315)
27.2.2 进液料…… (315)
27.2.3 冶炼作业…… (315)
27.2.4 放渣…… (316)
27.2.5 生产记录…… (316)
27.2.6 设备的运行记录…… (316)
27.3 设备维护及保养…… (316)
27.3.1 设备维护及检查…… (316)
27.3.2 停炉检修…… (316)
27.3.3 安全操作…… (317)
27.3.4 常见故障的判断及处理…… (317)

第三单元 高级工…… (318)

第28章 铜冶炼高级工 …… (318)

28.1 烘炉…… (318)
28.1.1 系统试车…… (318)
28.1.2 烘炉条件判定…… (319)
28.1.3 烘炉操作…… (319)
28.2 试生产…… (321)
28.2.1 试生产条件判断…… (321)
28.2.2 试生产操作…… (322)
28.2.3 指导试生产作业…… (322)
28.3 冶炼准备…… (322)
28.4 冶炼…… (323)
28.4.1 岗位操作规程…… (323)
28.4.2 协调生产作业…… (325)
28.4.3 工艺参数调整…… (325)
28.5 产出…… (325)
28.6 停炉检修…… (326)
28.6.1 停炉作业…… (326)
28.6.2 检修…… (326)
28.7 安全操作…… (327)
28.7.1 安全技术操作…… (327)
28.7.2 安全保护及环保…… (327)
28.8 设备维护及保养…… (327)
28.8.1 设备维护…… (327)
28.8.2 关键设备的维护保养…… (328)
28.8.3 设备点检…… (328)
28.9 常见故障的判断及处理…… (329)
28.9.1 工艺故障处理…… (329)

28.9.2 相关知识……(329)

第29章 镍冶炼高级工……(331)

29.1 开炉……(331)
29.1.1 烘炉……(331)
29.1.2 烘炉条件判定……(332)
29.1.3 电炉烘炉……(332)
29.1.4 转炉烘炉……(334)
29.1.5 试生产……(334)
29.2 火法冶炼……(335)
29.2.1 进料……(335)
29.2.2 冶炼……(336)
29.2.3 产出……(338)
29.3 停炉检修……(338)
29.3.1 停炉作业……(338)
29.3.2 检修……(339)
29.4 安全操作……(339)
29.4.1 安全技术操作……(339)
29.4.2 安全保护及环保……(340)
29.5 设备维护及保养……(340)
29.5.1 设备维护……(340)
29.5.2 关键设备的维护保养……(341)
29.5.3 设备点检……(341)
29.6 常见故障的判断及处理……(341)
29.6.1 工艺故障处理……(342)
29.6.2 设备故障处理……(342)

第30章 铅冶炼高级工……(343)

30.1 停炉检修……(343)
30.2 设备维修与保养……(343)
30.2.1 设备点检……(343)
30.2.2 提出设备整改建议……(344)
30.2.3 设备的维护保养……(344)
30.3 常见故障的判断与处理……(344)

第31章 锌冶炼TD炉高级工……(346)

31.1 锌冶金TD炉开炉……(346)
31.1.1 TD炉的烘炉……(346)
31.1.2 试生产……(346)
31.2 火法冶炼……(346)
31.2.1 进料……(346)
31.2.2 冶炼……(347)
31.2.3 产品产出……(348)

31.3 停炉检修 …… (348)
31.3.1 停炉作业 …… (348)
31.3.2 检修 …… (348)
31.3.3 安全操作 …… (348)

第 32 章 锌冶炼竖罐蒸馏高级工 …… (350)

32.1 开炉 …… (350)
32.2 火法冶炼 …… (350)
32.2.1 煤气、空气和废气三者之间的关系 …… (350)
32.2.2 竖罐裂漏的原因 …… (350)
32.2.3 罐体的侵蚀 …… (351)
32.2.4 调整工与扫除工，调整工与补炉工以及补炉工与扫除工之间的配合 …… (351)
32.2.5 相关知识 …… (351)
32.3 停炉检修 …… (352)
32.4 蒸馏炉及其主要附属设备和性能 …… (352)
32.5 常见故障的判断及处理 …… (353)
32.5.1 炉瘤(悬矿)的成因及控制 …… (353)
32.5.2 炉瘤的处理方法 …… (353)

第 33 章 热镀锌配料高级工 …… (355)

33.1 开炉 …… (355)
33.2 火法冶炼 …… (355)
33.2.1 组织配料 …… (355)
33.2.2 冶炼 …… (355)
33.2.3 设备维护 …… (356)
33.3 故障判断及处理 …… (356)

第 34 章 锌竖罐蒸馏冷凝系统高级工 …… (358)

34.1 开炉 …… (358)
34.1.1 烘炉 …… (358)
34.1.2 加焦 …… (358)
34.1.3 试生产 …… (358)
34.1.4 进料 …… (358)
34.2 冶炼 …… (359)
34.2.1 下延部送风 …… (359)
34.2.2 冷凝操作对蒸锌质量的影响 …… (359)
34.2.3 根据生产情况变化调整工艺参数 …… (359)
34.2.4 蒸锌质量的判定 …… (360)
34.3 停炉检修 …… (360)
34.4 设备维护及保养 …… (360)
34.4.1 转子冷凝器的维护规程 …… (360)
34.4.2 电动葫芦的维护规程 …… (361)
34.4.3 洗涤机的维护 …… (362)

34.4.4 螺旋输送机的维护 …… (362)
34.4.5 相关知识 …… (363)

第 35 章 氧化锌高级工 …… (364)

35.1 开炉 …… (364)
35.1.1 烘焙升温 …… (364)
35.1.2 正常操作及技术条件控制 …… (365)
35.2 间接法冶炼 …… (367)
35.2.1 间接法生产氧化锌的原料 …… (367)
35.2.2 间接法生产氧化锌对燃料的要求 …… (367)
35.2.3 间接法生产氧化锌基本原理 …… (367)
35.2.4 氧化锌生产的工艺流程 …… (367)
35.2.5 精馏塔的基系数 …… (367)
35.2.6 开炉升温规定 …… (367)
35.2.7 氧化锌物理质量标准 …… (368)
35.2.8 氧化锌入库标准 …… (368)
35.3 停炉检修 …… (368)
35.4 特殊操作与故障处理 …… (368)
35.4.1 停电操作 …… (368)
35.4.2 换加料器和加料管操作 …… (369)
35.4.3 热补塔 …… (369)

第 36 章 精馏锌精炼高级工 …… (370)

36.1 开炉 …… (370)
36.1.1 开炉 …… (370)
36.1.2 正常操作及技术条件控制 …… (371)
36.2 火法冶炼 …… (374)
36.3 停炉检修 …… (375)
36.3.1 停炉作业 …… (375)
36.3.2 特殊操作与故障处理 …… (376)
36.3.3 精馏产物及处理 …… (378)

第四单元 技师 …… (380)

第 37 章 铜冶炼技师 …… (380)

37.1 开炉 …… (380)
37.1.1 烘炉 …… (380)
37.1.2 试生产 …… (380)
37.2 火法冶炼 …… (381)
37.2.1 进料 …… (381)
37.2.2 冶炼 …… (381)
37.3 停炉检修 …… (382)
37.3.1 停炉作业 …… (382)

37.3.2 检修……(382)
37.4 安全操作……(383)
37.4.1 安全技术操作……(383)
37.4.2 安全保护及环保……(383)
37.5 生产管理……(383)
37.5.1 质量管理……(383)
37.5.2 生产过程管理……(383)
37.6 培训与指导……(384)
37.6.1 理论培训……(384)
37.6.2 指导操作……(384)
37.6.3 相关知识……(384)

第38章 镍冶炼技师……(386)

38.1 开炉……(386)
38.1.1 烘炉……(386)
38.1.2 试生产……(386)
38.2 火法冶炼……(387)
38.2.1 进料……(387)
38.2.2 冶炼……(387)
38.3 停炉检修……(388)
38.3.1 停炉作业……(388)
38.3.2 检修……(388)
38.4 安全操作……(388)
38.4.1 安全技术操作……(388)
38.4.2 安全保护及环保……(389)
38.5 生产管理……(389)
38.5.1 质量管理……(389)
38.5.2 生产过程管理……(389)
38.5.3 相关知识……(389)
38.6 培训与指导……(390)
38.6.1 理论培训……(390)
38.6.2 指导操作……(390)
38.6.3 相关知识……(390)

第39章 铅冶炼技师……(391)

39.1 停炉检修……(391)
39.1.1 冶金炉窑检修质量标准……(391)
39.1.2 电热前床检修质量标准……(392)
39.2 生产管理……(392)
39.2.1 生产过程管理……(392)
39.2.2 生产过程管理方法的改进……(395)

第40章 锌冶炼技师……(397)

40.1 竖罐蒸馏……(397)

40.1.1 开炉……(397)
40.1.2 加料与排料……(397)
40.1.3 冶炼……(398)
40.2 热镀锌配料……(399)
40.2.1 开炉……(399)
40.2.2 火法冶炼……(399)
40.2.3 停炉检修……(401)
40.2.4 安全操作……(401)
40.2.5 生产管理……(402)
40.2.6 培训与指导……(402)
40.3 竖罐蒸馏冷凝系统……(402)
40.3.1 开炉……(402)
40.3.2 冶炼……(403)
40.3.3 停炉检修……(404)
40.3.4 蒸馏炉及其主要附属设备和性能……(404)
40.4 氧化锌技师……(405)
40.4.1 开炉……(405)
40.4.2 冶炼过程……(406)
40.4.3 供热……(407)
40.4.4 氧化锌的冶炼方法……(408)
40.4.5 主要设备选择计算……(408)
40.5 精馏锌精炼工……(411)
40.5.1 开炉……(411)
40.5.2 火法冶炼……(412)
40.5.3 主要设备选择计算……(414)
40.5.4 停炉检修……(418)
40.5.5 质量管理……(419)
40.5.6 生产过程管理……(419)
40.5.7 粗锌精炼技术发展方向……(421)

第41章 锡冶炼技师……(422)

41.1 焙烧……(422)
41.1.1 作业过程……(422)
41.1.2 质量管理……(424)
41.2 电炉炼锡……(424)
41.2.1 开炉准备……(424)
41.2.2 烘炉操作……(424)
41.2.3 锡电炉还原熔炼……(425)
41.2.4 安全注意事项……(426)
41.2.5 质量管理……(427)
41.3 反射炉炼锡……(427)
41.3.1 开炉……(427)
41.3.2 锡反射炉还原熔炼……(428)

41.3.3 质量管理……(431)
41.4 烟化炉炼锡……(432)
41.4.1 开炉……(432)
41.4.2 冶炼作业……(432)
41.4.3 设备维护及保养……(433)
41.4.4 停炉检修……(433)
41.4.5 安全操作……(433)
41.4.6 常见故障的判断及处理……(434)
41.4.7 生产管理……(434)
41.4.8 培训与指导……(434)
41.5 锡火法精炼……(434)
41.5.1 概述……(434)
41.5.2 锡火法精炼……(436)
41.5.3 高温氧化锅操作实践部分……(438)
41.5.4 氧化锅作业……(439)
41.5.5 结晶机除铅、铋……(441)
41.5.6 铸锭……(444)

第五单元 高级技师……(447)

第42章 铜冶炼高级技师……(447)

42.1 开炉……(447)
42.1.1 烘炉……(447)
42.1.2 试生产……(447)
42.2 火法冶炼……(448)
42.2.1 进料……(448)
42.2.2 审核岗位技术操作规程……(448)
42.2.3 审核工艺参数……(448)
42.2.4 工业试验……(448)
42.3 安全操作……(448)
42.3.1 安全技术操作……(448)
42.3.2 安全保护及保养……(449)
42.3.3 相关知识……(449)
42.4 生产管理……(449)
42.4.1 生产过程管理……(449)
42.4.2 技术管理……(449)
42.4.3 相关知识……(450)
42.5 培训与指导……(450)
42.5.1 理论培训……(450)
42.5.2 指导操作……(450)
42.6 工艺改进及创新……(451)
42.6.1 工艺改进……(451)
42.6.2 工艺创新……(451)

42.6.3 相关知识…… (451)
第 43 章 镍冶炼高级技师 …… (452)
43.1 开炉…… (452)
43.1.1 烘炉…… (452)
43.1.2 试生产…… (452)
43.2 火法冶炼…… (453)
43.2.1 进料…… (453)
43.2.2 审核岗位技术操作规程…… (453)
43.2.3 审核工艺参数…… (453)
43.2.4 工业试验…… (453)
43.3 安全操作…… (453)
43.3.1 安全技术操作…… (453)
43.3.2 安全保护及保养…… (454)
43.4 生产管理…… (454)
43.4.1 生产过程管理…… (454)
43.4.2 技术管理…… (454)
43.5 培训与指导…… (455)
43.5.1 理论培训…… (455)
43.5.2 指导操作…… (455)
43.6 工艺改进及创新…… (456)
43.6.1 工艺改进…… (456)
43.6.2 工艺创新…… (456)
第 44 章 铅冶炼高级技师 …… (457)
44.1 生产管理…… (457)
44.1.1 生产过程管理…… (457)
44.1.2 生产过程管理方法的改进…… (460)
44.2 生产过程管理制度审核…… (461)
44.2.1 管理制度审核的依据…… (461)
44.2.2 生产过程管理制度审核…… (461)
44.3 技术管理…… (462)
44.3.1 科技文献检索…… (462)
44.3.2 电子表格应用…… (463)
44.3.3 技术总结撰写…… (463)
44.4 工艺改进及创新…… (464)
44.4.1 工艺改进…… (464)
44.4.2 现代炼铅工艺…… (465)
第 45 章 锌冶炼高级技师 …… (467)
45.1 竖罐蒸馏工…… (467)
45.1.1 开炉…… (467)
45.1.2 冶炼…… (467)

45.1.3 冶炼回收率 …… (468)
45.2 热镀锌配料工 …… (468)
45.2.1 开炉 …… (469)
45.2.2 生产 …… (469)
45.2.3 安全操作 …… (469)
45.2.4 生产管理 …… (469)
45.2.5 培训与指导 …… (470)
45.3 竖罐蒸馏冷凝系统工 …… (470)
45.3.1 开炉 …… (470)
45.3.2 冶炼 …… (471)
45.4 氧化锌工 …… (472)
45.4.1 开炉 …… (472)
45.4.2 加料 …… (473)
45.4.3 正常操作及技术条件控制 …… (473)
45.4.4 间接法冶炼 …… (475)
45.4.5 停炉检修 …… (476)
45.5 精馏锌精炼工 …… (477)
45.5.1 开炉 …… (477)
45.5.2 火法冶炼 …… (478)
45.5.3 精馏塔及其附属设备的结构与作用 …… (479)
45.5.4 正常操作条件控制与调整 …… (480)
45.5.5 主要设备选择计算 …… (482)

第46章 锡冶炼高级技师 …… (488)

46.1 焙烧 …… (488)
46.1.1 作业过程 …… (488)
46.1.2 检修炉窑 …… (488)
46.1.3 成本核算 …… (490)
46.1.4 质量管理 …… (490)
46.2 电炉 …… (490)
46.2.1 开炉准备 …… (490)
46.2.2 烘炉操作 …… (491)
46.2.3 锡电炉还原熔炼 …… (492)
46.2.4 故障处理 …… (494)
46.2.5 安全注意事项 …… (494)
46.2.6 质量管理 …… (495)
46.2.7 锡电炉筑炉、修炉时要注意做四个方面工作 …… (495)
46.2.8 设备维修和保养 …… (496)
46.3 反射炉高级技师 …… (496)
46.3.1 开炉 …… (496)
46.3.2 锡反射炉还原熔炼 …… (498)
46.3.3 质量管理 …… (503)
46.4 烟化炉 …… (503)

46.4.1 开炉……(503)
46.4.2 冶炼作业……(503)
46.4.3 设备维护及保养……(504)
46.4.4 停炉检修……(504)
46.4.5 安全操作……(505)
46.4.6 常见故障的判断及处理……(505)
46.4.7 生产管理……(506)
46.4.8 培训与指导……(506)
46.4.9 工艺改进及创新……(506)
后记 ……(507)

第·一·篇

相·关·知·识

第1章　职业道德

1.1　道德和职业道德的形成

在日常生活中，我们经常听到人们在谈论道德问题。那么什么是道德呢？古今中外的学者有许许多多的解释。我们现在说的道德是指一定社会用以调整人们之间以及个人和社会之间关系的一种行为规范。它是依靠社会舆论、各种形式的教育、传统习惯，特别是人们的内心信念而起作用的。道德分为社会公德、家庭道德、职业道德三类。马克思主义运用历史唯物主义的基本观点，认为道德不是人们先天固有的"善良意志"，不是神的启示，也不是人性的自然表现，而是由一定社会经济关系决定的上层建筑，是一种社会意识形态，是一定社会物质生活条件的反映。

道德具有如下几个方面的特征：一是规范性特征。道德通过道德原则、规范来调整人与人之间、个人与社会之间的利益关系，要求人们在道德意识、道德行为、道德评价、道德修养中都要按照一定的规范行动，这种规范性特征是极其鲜明的。二是广泛性的特征。具体表现是：第一，道德存在于人类社会始终贯穿于人类社会各个形态，只要有人类社会存在，就有道德存在。第二，在阶级社会里，各个阶级都有各自不同的道德，而只有占统治地位的统治阶级才能利用其统治权力制定他们的规范。第三，道德涉及人们社会生活的各个方面，包括一切社会关系，如公共生活关系、职业生活关系、爱情婚姻家庭关系等。三是多层次性的特征。道德多层次性的特征是由人们社会生活多层次性和人们相互关系的多层次性决定的。从道德规范的要求看，有较高的道德和较低的道德；从道德规范的内容看，有最基本的道德原则、一般的道德规范和具体的职业道德规范、公共的道德规范、爱情婚姻家庭道德规范。另外，道德还具有永恒性、时代性和民族性的特征。

职业与职业道德不是从来就有的，作为一种社会现象，它们均属历史的范畴。它们的产生及其发展的根本原因和客观基础，是由于人类社会生产力而引发的社会大分工。它对人们的道德意识和道德行为，对整个社会的道德习俗和道德传统都产生了重大的影响。人们在一定的职业生活中能动地表现自己，就形成了一定的职业道德。职业道德经历了原始社会、奴隶社会、封建社会和资本主义社会四种形态的历史演变，发展到今天的社会主义职业道德。

社会主义职业道德是一种新型的职业道德，是人类职业道德史上的一次伟大变革，一次伟大的升华。它是共产主义道德的有机组成部分，伴随着社会主义事业的实践而产生、形成和发展，是社会主义职业活动不断完善和经验的总结，是人类历史上职业道德发展的最高成果。社会主义职业道德的产生是社会主义事业发展的客观要求。

首先，由于职业道德与分工、职业紧密相连，因此只要有分工就会有职业道德存在。社会主义社会劳动分工与职业仍然存在，而且又出现了新型的职业关系。要保障社会领域中出现的各种职业、行业和部分事业的顺利发展，保持个人利益、职业集体利益和整个社会利益的基本一致，平衡各职业集体之间的关系，不仅需要采取一系列政治措施、法律措施、经济措施和行政措施，还需要适用于不同产业、行业、职业的职业道德去调整。因此，由于社会主义社会仍然有社会分工、职业划分，而且出现新型的职业，这就需要建立新型的社会主义职业道德。

其次，在社会主义社会虽然有共产主义道德原则和规范调整社会各方面的关系，但共产主义道德原则和规范在表达上毕竟是较概括、抽象的。它要在人们的职业活动中真正成为一种命令和约束力，还需要各个职业集团结合职业活动特点，提出一些具体的职业行为的规范和准则，作为它的具体化和必要补充。

1.2 职业和职业道德

为了确保职业活动的正常进行，必须建立调整职业生活中发生的各种关系的职业道德规范。职业道德与职业密不可分。

1.2.1 什么是职业

所谓职业，是指由于社会分工而形成的具有特定专业和专门职责、并以所得收入作为主要生活来源的工作。职业是在人类社会出现分工之后而产生的一种社会历史现象。职业在社会生活中，主要体现出三方面的要素：一是职业职责，即每一种职业都包含着一定的社会责任，必须承担一定的社会任务，为社会做出应有的贡献。二是职业权利，即每一种职业人员都有一定的职业业务权力，就是说，只有从事这种职业的人才有这种权利，而在此职业之外的人不具有这种权利。三是职业利益，即每种职业人员都能从职业工作中取得工资、奖金、荣誉等利益。任何一种职业都是职业职责，职业权利和职业利益的统一体。职业既是人们谋生的手段，又是人们与社会进行交往的一种主要的渠道。在交往中必然涉及到各方面的利益，于是如何调节职业交往中的矛盾问题摆在了人们的面前，这就需要用道德来调节。

1.2.2 什么是职业道德

从道德发展的历史来看，社会公德产生在先，家庭道德、职业道德产生在后。在远古生产力极其低下的情况下，人们一起劳动，平均分配食物，最初的社会公德也就在这样的情况下产生。以后随着生产力水平的提高，出现了私有制，其主要标志是家庭的产生，继而出现了家庭道德。随着社会分工和职业的出现，职业道德产生了。但职业道德和社会公德并不是绝对分开的：一方面职业道德以社会公德为起点，在职业道德中贯穿着社会公德；另一方面，社会公德不仅体现在公共交往中，更体现在各种职业道德之中。为了培养良好的社会公德，必须同时重视家庭道德和职业道德教育。家庭活动有较强的不公开性，而职业道德不仅公开，而且较为明确、清晰，职业道德建设和社会公德培养具有明显的一致性。职业道德的基本准则如文明礼貌、助人为乐、爱护公物、保护环境、遵纪守法等原则是社会公德的规范，二者的具体内容具有极为广泛的重合和交叉。许多职业存在于公共场合之中，职业活动中一些道德关系本身就是社会公德的一个方面，二者相互促进，不可分割。

所谓职业道德就是指从事各种职业的人，在整个职业活动中应当遵循的行为规范和准则。它是适应各种职业的特殊业务需要而必然产生的道德要求，是一般道德原则在职业活动中的具体体现。

每个从业人员，不论是从事哪种职业，在职业活动中都要遵守道德。如教师要遵守教书育人、为人师表的职业道德，医生要遵守救死扶伤的职业道德等等。而职业道德不仅是从业人员在职业活动中的行为标准和要求，而且是本行业对社会所承担的道德责任和义务。职业道德是社会道德在职业生活中的具体化。要理解职业道德需要掌握以下四点：

首先，在内容方面，职业道德总是要鲜明地表达职业义务、职业责任以及职业行为上的道德准则。它不是一般的反映社会道德和阶级道德的要求，而是要反映职业、行业以至产业特殊利益的要求；它不是在一般意义的社会实践基础上形成的，而是在特定的职业实践的基础上形成的，因而它往往表现为某一职业特有的道德传统和道德习惯，表现为从事某一职业的人们所特有道德心理和道德品质。甚至造成从事不同职业的人们在道德品貌上的差异。如人们常说，某人有“军人作风”、“工人性格”、“农民意识”、“干部派头”、“学生味”、“学究气”、“商人习气”等。

其次，在表现形式方面：职业道德往往比较具体、灵活、多样。它总是从本职业交流活动的实际出发，采用制度、守则、公约、承诺、誓言、条例，以至标语口号之类的形式，这些灵活的形式既易于被从业人员所接受，也易于形成一种职业的道德习惯。

再次，从调节的范围来看，职业道德一方面是用来调节从业人员内部关系，加强职业、行业内部人员的凝聚力，如班组、车间等；另一方面，它也是用来调节从业人员与其服务对象之间的关系，用来塑造本职业从业人员的形象，如员工与服务客户等。

最后，从产生的效果来看，职业道德既能使一定的社会或阶级的道德原则和规范“职业化”，又能使个人道德品质“成熟化”。职业道德虽然是在特定的职业生活中形成的，但它绝不是离开阶级道德或社会道德而独立存在的道德类型。在阶级社会里，职业道德始终是在阶级道德和社会道德的制约和影响下存在和发展的，职业道德和阶级道德或社会道德之间的关系，就是一般与特殊、共性与个性之间的关系，任何一种形式的职业道德，都在不同程度上体现着阶级道德或社会道德的要求。同样，阶级道德或社会道德，在很大范围上都是通过具体的职业道德形式表现出来的。同时，职业道德主要表现在实际从事一定职业的成人的意识和行为中，是道德意识和道德行为成熟的阶段。职业道德与各种职业要求和职业生活结合，具有较强的稳定性和连续性，形成比较稳定的职业心理和职业习惯，以致在很大程度上改变人们在学校生活阶段和少年生活阶段所形成的品行，影响道德主体的道德风貌。

1.2.3 职业道德的特点

通过上述分析不难看出职业道德具有以下特点：

(1)职业道德具有适用范围的有限性。每种职业都担负着一种特定的职业责任和职业义务。由于各种职业的职业责任和义务不同，从而形成各自特定的职业道德的具体规范。不同的行业，不同的工作岗位都有明确的规定与要求。

(2)职业道德具有发展的历史继承性。其实，道德都具有历史性和社会性的特点。而职业道德的历史性表现得最为明显，或者说，职业道德的历史就是整个社会道德历史性的典型表现，不同职业的技术性，说到底其实也是历史性。但是，历史性的变化，是以整个社会制度的根本属性的更替作为其发展阶段，如从奴隶社会过渡到封建社会，从封建社会过渡到资本主义社会。另一种历史性体现在一般道德领域，如家庭道德，其历史的变化几乎与社会历史阶段的发展相一致与相统一的。而职业道德在这种总的历史发展的要求下，又与科学技术和生产技术的发展程度产生关系。

由于职业具有不断发展和世代延续的特征，不仅其技术世代延续，其管理员工的方法、与服务对象打交道的方法，也有一定历史继承性。如“有教无类”、“学而不厌，诲人不倦”，从古至今始终是教师的职业道德。

(3)职业道德表达形式多种多样。随着社会的不断进步，科学技术突飞猛进地发展，社会分工也向着多样化方向发展，社会分工越来越细。社会分工的多样性，就决定了职业道德的多样性。可以说，有多少种分工就有多少种职业道德。虽然道德的基本精神在最高的理论层次上，也是可以相通的，但不同的职业有不同的职业道德标准。军人的职业道德，首先是无条件服从命令，勇往直前的杀敌精神，以及宁死于战场也不临阵脱逃或举手投降的英雄气概。但医生的道德却在于全心全意、救死扶伤。一个科学家的职业道德，无论其具有怎样的集体主义和协作精神，决没有必要把服从命令摆在第一位。所谓“不唯上，不唯书，只唯实”，这就是说，职业道德在不同的职业之间有相通的时代精神，却又有互不相关的具体内容和要求。

由于各种职业道德的要求都较为具体、细致，因此其表达形式多种多样。

(4)职业道德兼有强烈的纪律性。纪律也是一种行为规范，但它是介于法律和道德之间的一种特殊的规范。它既要求人们能自觉遵守，又带有一定的强制性。就前者而言，它具有道德色彩；就后者而言，又带有一定的法律的色彩。就是说，一方面遵守纪律是一种美德；另一方面，遵守纪律又带有强制性，具有法令的要求。例如，工人必须执行操作规程和安全规定；军人要有严明的纪律等等。因此，职业道德有时又以制度、章程、条例的形式表达，让从业人员认识到职业道德又具有纪律的规范性。

1.2.4 职业道德的社会作用

职业道德是社会道德体系的重要组成部分，它一方面具有社会道德的一般作用，另一方面它又具有自身的特殊作用，具体表现在：

(1)调节职业交往中从业人员内部以及从业人员与服务对象间的关系。职业道德的基本职能是调节职能。它一方面可以调节从业人员内部的关系，即运用职业道德规范约束职业内部人员的行为，促进职业内部人员的团结与合作，如职业道德规范要求各行各业的从业人员，都要团结、互助、爱岗、敬业、齐心协力地为发展本行业、本职业服务。另一方面，职业道德又可以调节从业人员和服务对象之间的关系，如职业道德规定了制造产品的工人要怎样对用户负责；营销人员怎样对顾客负责；医生怎样对病人负责；教师怎样对学生负责等等。

(2)有助于维护和提高本行业的信誉。一个行业、一个企业的信誉，也就是它们的形象、信用和声誉，是指企业及其产品与服务在社会公众中的信任程度，提高企业的信誉主要靠产品的质量和服务质量，而从业人员职业道德水平则是产品质量和服务质量的有效保证。若从业人员职业道德水平不高，很难生产出优质的产品和提供优质的服务。

(3)促进本行业的发展。行业、企业的发展有赖于高的经济效益，而高的经济效益源于高的员工素质。员工素质主要包含知识、能力、责任心三个方面，其中责任心是最重要的，而职业道德水平高的从业人员其责任心是极强的。因此，职业道德能促进本行业的发展。

(4)有助于提高全社会的道德水平。职业道德是整个社会道德的主要内容。职业道德一方面涉及到每个从业者如何对待职业，如何对待工作，同时也是一个从业人员的生活态度、价值观念的表现，也是一个人的道德意识、道德行为发展的成熟阶段，它具有较强的稳定性和连续性。另一方面，职业道德也是一个职业集体，甚至一个行业全体人员的行为表现，如果每个行业，每个职业集体都具备优良的道德，对整个社会道德水平的提高肯定会发挥重要作用。

1.3 员工职业道德守则

职业道德是由许许多多的职业道德范畴所构成，而最基本的道德范畴体现在每一个从业者所遵循的基本道德守则上。那么从业者应该遵循哪些基本道德守则呢？下面从四个方面进行分析。

1.3.1 爱党爱国，爱厂爱岗，勤奋敬业，尽职尽责

首先，要对国家利益有一个正确的认识，有了这个认识，就能产生对国家对人民的高度责任感，就能把企业看作自己的家，做到爱岗敬业。爱国主义就是对祖国的一种深厚的感情。人们对祖国的神圣的感情是与他们的共同利益相联系的。在我国的历史上，爱国主义从来就是动员和鼓舞人民团结奋斗的一面旗帜，是各族人民共同的建设支柱，在维护祖国统一和民族团结、抵御外来侵略和推进社会进步中，发挥了重大作用。在爱国主义精神的激励下，我们的国家和民族自强不息，具有伟大的凝聚力和生命力。我们讲的爱国主义，作为一种体现人民群众对自己祖国深厚感情的崇高精神，是同促进历史发展密切联系在一起的，是同维护国家独立和广大人民的根本利益密切联系在一起的。在现阶段，爱国主义主要表现为献身于建设和保卫社会主义现代化建设的事业，献身于促进祖国统一的事业。邓小平同志指出，中国人民有自己的民族自尊心和自豪感，以热爱祖国、贡献全部力量建设社会主义祖国为最大光荣，以损害社会主义祖国利益、尊严和荣誉为最大耻辱。这是对我国现阶段爱国主义特征的精辟概括。在当代中国，爱国主义与社会主义本质上是统一的。几十年来的社会主义现代化建设，已经使我国实现了小康社会的目标。社会主义是中国人民的历史选择，是逐步走向现代化的必由之路。今天，全体劳动者都越来越自觉地认识到，只有社会主义能够救中国，只有社会主义能够发展中国。

中国共产党是中国工人阶级的先锋队，同时是中国人民和中华民族的先锋队。事实告诉人们，只有在共产主义思想的指导下，只有在中国共产党的领导下，才能找到救国救民的道理，才能取得救国救民斗争的胜利，才能取得社会主义现代化建设的巨大成就。新世纪中国共产党制定了宏伟的发展目标，正在带领着全国人民全面建设小康社会，最终实现富强、科学、民主的社会主义现代化国家。爱党就是广大劳动者要自觉在中国共产党的领导下，勤奋工作，共同完成新时期的历史任务。

其次，爱岗就是热爱自己的工作岗位，热爱本职工作，亦称热爱本职。爱岗是对人们工作态度的一种普遍要求。热爱本职，就是职业工作者以正确的态度对待各种职业劳动，努力培养热爱自己所从事的工作的幸福感、荣誉感。一个人一旦爱上了自己的职业，他的身心就会融合在职业工作中，就能在平凡的岗位上做出不平凡的事业。

每个岗位都承担着一定的社会职能，都是从业人员在社会分工中所获得的扮演的一个公共角色。在现阶段，就业不仅意味着以此获得生活来源，掌握了一个谋生手段，而且还意味着有了一个社会承认的正式身份，能够履行社会的职能。在社会主义制度下，要求从事各行各业的人员，都要热爱自己的本职工作岗位。对一种职业是否热爱，有一个个人对职业的兴趣问题，有兴趣就容易产生爱的感情，没有兴趣就谈不上爱，但每一个岗位都要有人去干，缺一不可。因此，国家、企业要通过一定的方式，把人安排到各个工作岗位上去。不论你对从事的工作是否感兴趣，你都要从整个社会需要的角度出发，培养兴趣，热爱这一工作，这是基本觉悟的一种表现。需要指出的是对于那些人们比较喜欢的条件好、待遇高、专业性强、工作又轻松的工作，做到爱岗相对比较容易。对于那些工作环境艰苦、繁重劳累或是工作地点偏僻、工作单调、技术性低、重复性大、甚至还有危险性的工作要做到爱岗就不容易了。在这种情况下，热爱这些岗位并在这些岗位认真工作劳动的人就是有高尚品德的人。

所谓敬业就是用一种严肃的态度对待自己的工作，勤勤恳恳、兢兢业业，忠于职守，尽职尽责。中国古代思想家就提倡敬业精神，孔子称之为“执事敬”，朱熹解释敬业为“专心致志，以事其业。”整个社会好比一台大机器，其中的任何一个环节哪怕是其中的一个小小的螺丝钉出现了问题，都会影响整台机器的运转。如果一个从业人员不能尽职尽责，忠于职守，就会影响整个企业或单位的工作进程。严重的还会给企业和国家带来损失，甚至还会在国际上造成不良影响。

目前，敬业包含两层含义：一为谋生敬业。许多人是抱着强烈的挣钱养家发财致富的目的对待职业的。这种敬业道德因素较少，个人利益色彩增加；二为真正认识到自己工作的意义敬业，这是高一层次的敬业，这种内在的精神，才是鼓舞人们勤勤恳恳，认真负责工作的强大动力。

爱岗与敬业总的精神是相通的，是相互联系在一起的。爱岗是敬业的基础，敬业是爱岗的具体表现，不爱岗就很难做到敬业，不敬业也很难说是真正的爱岗。爱岗敬业要求每个人干一行爱一行。过去在计划经济体制下，我们每个人都要服从国家的分配，国家按计划把我们每个人安排到一定的工作岗位上，我们不论走上哪个工作岗位都要干一行，爱一行。

目前，在我国市场经济条件下，实行的是求职者与用人单位的双向选择，这种就业方式的好处，就是能使更多的人从事自己所感兴趣的工作，用人单位也能挑选自己所需要的合适人选，双向选择的就业方式为更好地发挥人的积极性创造了条件。这一改革与社会主义职业道德基本规范要求的爱岗敬业并不矛盾。

首先，提倡爱岗敬业，热爱本职，并不是要求人们终身只能干一行，爱一行，也不排斥人的全面发展。它要求工作者通过本职活动，在一定程度上和范围内做到全面发展，不断增长知识，增长才干，努力成为多面手。我们不能把忠于职守、爱岗敬业片面地理解为绝对地、终身地只能从事某个职业。而是选定一行就应爱一行。合理的人才流动、双向选择可以增强人们优胜劣汰的人才竞争意识，促使大多数人更加自觉地忠于职守，爱岗敬业。实行双向选择，开展人才的合理流动，使用人单位有用人的自主权，可以择优录用，实现劳动力、生产资源的最佳配置，劳动者又可以根据社会的需要和个人的专业、特长、兴趣和爱好选择职业，真正做到人尽其才，充分发挥积极性和创造性。这与我们所强调的爱岗敬业的根本目的是一致的。

其次，求职者是不是具有爱岗敬业的精神，是用人单位挑选人才的一项非常重要的标准。用人单位往往录用那些具有爱岗敬业精神的人。因为只有那些干一行，爱一行的人，才能专心致志地搞好工作。如果只从兴趣出发，见异思迁，“干一行，厌一行”，不但自己的聪明才智得不到充分发挥，甚至会给工作带来损失。另外，现实生活中能够找到理想职业的人必定是少数，对于多数人来说，必须面对现实，去从事社会所需要、而自己内心不太愿意干的工作。在这种情况下，如果没有“干一行，爱一行”的精神，那么你就很难干好工作，很难做到爱岗敬业。

如何做到爱岗敬业呢？

首先，要正确处理职业理想和理想职业的关系。社会主义职业道德所提倡的职业理想是以为人民服务为核心，以集体主义为原则，热爱本职工作，兢兢业业干好本职工作，即使自己所从事的职业不理想，也应该兢兢业业干好本职工作。

其次，要正确处理国家需要、企业需要与个人兴趣爱好的关系。当国家需要与个人爱好发生矛盾时，把国家需要作为自己的志愿，在工作实践中逐步培养兴趣，历史上这样的事例很多，如鲁迅原本学医，为了拯救国民的灵魂，弃医从事写作；孙中山原本学医，为了挽救民族危亡，弃医从事革命事业；我国著名的地质学家李四光三易所学，三次都是以国家需要为自己的爱好。

再次，要正确处理选择职业与个人自身条件的关系。选择职业应根据自身条件，不能好高骛远，即使一时找不到理想职业，无论在哪一个岗位上，在一天就应兢兢业业做一天。

最后，要正确处理所从事职业与物质利益的关系。正确的观点是热爱本职与人才流动相统一，忠于职责与物质待遇相统一，人能尽其才与物能尽其用相统一。不能仅以追求高收入为目标，任意跳槽。现实生活中有许多人为取得高收入而频繁跳槽，这样就很难做到爱岗敬业。爱岗敬业是为人民服务精神的具体体现。如果每个人都能做到爱岗敬业，尽职尽责，忠于职守，每个岗位上的事情都将办得非常出色，从而达到为人民服务的目的。

尽职尽责、忠于职守是每个从业者必备品质。一个人无论从事何种职业，都应该尽心尽责，尽自己的最大努力，求得不断的进步。这不仅是工作的原则，也是人生的原则。如果没有了职责和理想，生命就会变得毫无意义。要把本职工作当作为人民服务的岗位，克服那种轻视平凡工作，好高骛远、见异思迁的作风；要对工作具有强烈的事业心和责任感，克服那种不负责任，做一天和尚撞一天钟的消极态度；要坚持工作高标准，敢于争第一、争一流，满腔热情、勤奋忘我、一丝不苟、精益求精；要敢于正视困难，克服困难，克服那种遇到困难绕道走，不前不后当中游的懦夫懒汉心态；要开动脑筋，施展才智，创造性地开展工作，在本职岗位上有作为、有所成就。一个人能处处以主动尽职的态度工作，即使从事最平庸的职业也能增添个人的荣耀。

1.3.2 勤于学习，勇于创新，精通业务，效率优先

职业岗位在竞争的环境中不断发生变化，职业的发展、事业的发展都需要每一个从业者善于学习，勤于学习，在自己的岗位上成为一名专家，成为一名技术能手。

职业活动需要不断学习，学习是个人自我突破的途径，学习才能认识自己准确定位。

在新世纪日新月异的环境中，今天的“新科技”，不久就可能成为“明日黄花”。为此，必须保持开放的头脑和敏锐的触角，随时掌握各种知识、技能，了解所从事行业的最新动态和经济社会发展的最新信息。当今社会的人才竞争，其实质是个体学习能力、学习速度的竞争。美国通用电气公司前总裁韦尔奇曾说：“缺乏学习能力，对个人是悲惨的，对组织是致命的。”一个人要想发展，工作要有激情和创新，就必须学习、学习、再学习，以开启人的智慧之门。

目前我国职工队伍的文化、技术水平与社会主义现代化建设的要求还有差距，这就要求广大职工以主人翁的姿态和责任感，发扬进取精神，以适应社会经济和技术的高度发展。也许有人会说“我是一个普通工人，完成工作就可以了，学习有什么用”？这种想法是不对的。社会主义企业的职工已经不是简单的劳动力，而是企业的主人，学习不仅仅是个人的事，而且还直接关系到整个企业的生产。

在实际工作中，我们可以看到，一个企业的学习气氛浓，职工的精神面貌就好，技术水平就高。学习文化知识，钻研生产技术，要有锲而不舍、坚忍不拔的毅力和刻苦钻研的精神。千万不能满足于现有的知识层面和深度，不能为目前的成绩而沾沾自喜，怠于学习，要加强学习，不断充实提高自己。

只有学习，才有创新。创新是一个民族进步的灵魂，是一个国家兴旺发达的不竭动力，创新地开展工作是时代对当代工人阶级的基本要求。只有勇于创新，企业才能有活力，才能有作为，才能有进步。我们反对安于现状、不思进取、萎靡不振的精神状态，提倡不畏艰难、奋力拼搏、不断开拓、善于创造，争当时代先锋的精神。工人阶级有很多优势，最少保守思想而又最富创新精神，因此要充分利用自身优势，珍惜大好历史机遇，投身创新实践，提高创新能力，成就创新事业。尤其是当前发展形势大好而又面临许多困难之际，要进一步增强创新发展的紧迫感和主动性，不要担心自己的智慧和实力与现实有所冲突，要有一种凡事敢为天下先的气概和魄力，勇立潮头，争当先锋，为企业的新一轮发展做出应有的贡献。要努力培养自己的创新能力，要做到实事求是，善于创新；周密规划，科学创新；不怕失败，勇于创新；永不满足，不断创新，用创新的精神引领自己随着时代的发展不断进步。

对每一个从业者来说，仅仅学习基本理论知识还是不够的，还需要在自己的岗位上不断实践，不断磨炼，真正达到精通业务。每一个从业者都要对自己的岗位有充分的了解，要了解自己岗位的过去、现在和未来，要能够准确预见到自己的岗位所面临的挑战。为了做到这一点，每一个从业者都要对自己所从事的业务做到心中有数，熟练掌握相关本领，并且要做到精益求精。精通业务是每个岗位的基本要求，它是其岗位要求，也是自己的职责所在。为了做到这一点，就需要从业者具备把已有知识运用到实际工作中的能力，以业务为中心，在实践中训练成长，完善技能；就需要具有实干精神，脚踏实地，兢兢业业；就需要在实践中取得与自己的工作相一致的专业资格证书；就需要时刻把握自己岗位的发展趋势，做好充分的准备。只有这样，才能在不断竞争的环境中，领先一步，使自己的工作有效益、有成绩。

1.3.3 安全至上，科学管理，遵章守纪，廉洁自律

岗位工人要主动学习安全法规，强化安全理念，掌握安全技术，保证人身安全、物质安全、生产安全。“安全第一”就是牢固树立“安全责任重于泰山”的观念，坚持安全第一、预防为主的方针，严格执行《安全生产法》，时时事事处处讲安全，保安全。认真学习、全面掌握并严格执行企业规章制度，杜绝习惯性违规操作，确保生产安全。“安全是效益”，“安全也是生产力”。

科学管理就是要求实事求是的管理，就是与时变、与时进的人本管理。科学管理是企业发展永恒的主题，是企业效益的源泉，如果不在管理上有大的进步，就难以提高我国经济的竞争力和抗风险能力。企业的科学管理，必须建立在全方位、全过程、全员性的严格管理基础之上。企业是一个由各种不同类型和特点的个人所组成的集体，它必须把各自有不同知识、技能、特长的个人的力量通过集中方式结合起来，实行适当程度和类型的分工协作，形成集体化的行为和力量。为合理组织集体协作行为，规范个人活动，实行科学管理，维系企业组织正常运转，就必须确定制度规范。各种制度规范结合起来，构成了管理过程中一整套严密完整的约束系统。制度规范建立在科学合理的基础上，有的直接是技术规律要求，有的充分体现事物客观规律，具有明确的、是非分明的特征。制度规范是企业的“法”。管理从根本上说，是一套使企业职工能够程序化操作的规则，所有成员都必须执行规则。奖勤罚懒、优胜劣汰是实行严格管理的重要手段。违反规定、违背程序化操作的规则，必然对科学管理造成损害，就理应受到惩罚。没有惩罚也就没有强制力，制度规范形同虚设，就只能是一纸空文，管理就无从谈起。可见，严格管理就是企业在组织生产经营中，依靠制度规则对职工行为所进行的规范约束和控制。因此，严格管理不是没有根据的“瞎严”，也不是管理人员的主观随意性的“乱严”，必须做到严而有序，严而有据，这个“序”就是企业的制度规范，这个“据”就是维护正常生产和工作秩序的规章制度以及评价标准和考核办法。每个企业的管理者，上到经理厂长，下到普通管理人员，都应切实履行管理职责，做到严字当头，把一切从严管理贯彻到每一项生产经营活动之中。自觉遵守企业制度，

按照规定的程序办事。中国工人阶级的传统本色就是具有高度的组织性、纪律性。首先就是要遵守规定的劳动时间；其次是做到服从分配，听从指挥，严格按照生产要求和工艺流程办事；最后是遵守各项规章制度。

遵章守纪仍是企业生产管理中一项难点、重点问题。遵章守纪对于在企业生产各类岗位上的人员来说，既是必须要执行的法定职责和义务，也是每个员工职业道德的基本要求。

就现实情况看，遵章守纪的境界有三种，第一种是消极的态度。有些人迫于规章制度的威严，担心工作中一旦触犯了某一条款会受到处罚，在工作中处于被动的遵章守纪，一旦领导放松了管理他们就会把握不住自己，松懈麻痹起来，违规、捅娄子的几率加大，这种人尽管为数不多，但对企业安全生产形势的稳定影响极大，是企业管理的重点；第二种是积极的态度。有些人平时还能自觉地遵章守纪，很少有违章行为发生，但在工作顺利或安全形势比较平稳时，也易麻痹、疏漏，仍需警钟长鸣；第三种是理想的态度，即把遵章守纪当作自己工作与事业的生命，按章办事已融入到自觉行动之中。

把广大员工遵章守纪的境界当作各个企业一项重要的基础性工作，这也是企业文化建设的一项重要内容。这就要求我们一要更新观念，消除思想认识上的误区，走出遵章守纪仅局限于不出事、不捅娄子的狭隘圈子，有意识地将其作为提升品质、境界的修炼；二要加强对规章制度的教育和学习，把规章制度作为安全教育的重要内容经常学习并辅以检查考核，切忌装门面而束之高阁；三是执行要严，从某种程度上讲，遵章守纪的理想境界，是靠“狠抓”、“严惩”打造出来的。要长期抓好员工的遵章守纪教育，使其内化为员工的自觉行为。

1.3.4 文明礼貌，优质服务，崇尚先进，团结进取

讲文明是中华民族的传统道德规范，无论是在家庭、学校、单位、社会都要自觉自愿地讲文明、讲礼貌、讲道德，树立文明的观念、文明的行为、文明的作风。“明礼”需要自觉行动。一些人在谈起不文明不礼貌的现象时忧心忡忡，轮到自己时则照样不讲文明礼貌。改变这种状况，需要每个人从一言一行开始，不能只说不做。文明礼貌既要靠自觉，也要靠规矩，无论是领导还是群众，无论大人还是孩子，都应遵守规矩。规矩不能有弹性，不能有特殊，不能有例外。只有这样“明礼”才能成为每个人的良好的习惯，成为整个社会新的风尚。

优质服务就是服务群众和奉献社会。服务群众指出了我们的职业与人民群众的关系，指出了我们工作的主要服务对象是人民群众，指出了我们应当依靠人民群众，时时刻刻为群众着想，急群众所急，忧群众所忧，乐群众所乐。

怎样做到服务群众？

首先，要树立服务群众的观念。由于目前我国社会主义尚处于初级阶段，生产力水平较低，人们的生活水平较低，思想觉悟参差不齐，每个从业人员从事劳动的目的，多半是为谋生，因此为他人服务的观念较淡薄，而要做到服务群众，必须先树立服务群众的观念。

其次，要做到真心待群众。仅仅要树立服务群众的观念还不够，还必须落实到行动上，即每个从业人员无论做任何事情，都要想到群众，想到群众的利益，实实在在地为群众服务，如劳动模范李素丽真心待群众，体现在方方面面、点点滴滴。

再次，要尊重群众。只有尊重群众，才能了解群众所思、所想、所需，才能真正做到服务群众。最后，做每件事都要方便群众。每个从业人员做每件事情都与群众有关。因此，任何职业要便民而不扰民，要真正为群众谋利益，绝不应损害群众的利益。

所谓奉献，就是不期望等价的回报和酬劳，而愿意为他人、为社会或为真理、为正义献出自己的力量，包括宝贵的生命。奉献社会不仅有明确的信念，还要有崇高的行动。

所谓奉献社会，就是全心全意为社会作贡献，是为人民服务精神的最高体现。有这种精神境界的人，他们把一切都奉献给国家、人民和社会。奉献社会的精神主要强调的是一种忘我的全身心投入精神。当一个人专注于某种事业时，他关注的是这一事业对于人类，对于社会的意义。他为此而兢兢业

业，任劳任怨，不计较个人得失，甚至不惜献出自己的生命。这就是伟大的奉献社会的精神。

一个人不论从事什么行业的工作，不论在什么岗位，都可以做到奉献社会。

奉献社会精神与社会主义市场经济是统一的，其根本目的都是为实现共同富裕的目标，而且无私奉献精神是可以与市场经济共存的，它是从精神动力方面促进社会主义市场经济机制的运行。所以，在社会主义市场经济的条件下，无私奉献精神非但没有过时，而被赋予了更重要的现实意义。

奉献社会精神对于纠正社会不良倾向的作用：

第一，发扬无私奉献精神有助于抑制极端利己主义和享乐主义的蔓延。市场经济的求利原则能够激励人们的积极性和创造性，促进经济发展和效率的提高，但同时又能够刺激个人欲望的不断膨胀，自私自利，唯利是图，不择手段地获取金钱的极端利己主义，或是只知索取，不讲奉献的享乐主义，从而不利于市场经济的发展。发扬无私奉献精神，可以抑制某些人私欲的膨胀，调节人与人之间的利益冲突，这将有利于市场经济长期均衡的发展。

第二，发扬无私奉献精神有助于弥补市场经济不能及之处。在市场经济中，市场对资源配置起主要作用，那些可以市场化的营利性事业，在资源配置上占有较大的优势。而那些难以进入市场却是社会所必需的公益性事业，诸如社会科学、自然科学等基础理论研究领域和教育、卫生、环境保护等都无法依靠市场本身的力量得到必要的关注。对此，除了国家宏观政策调控外，也需要一些有余力的企业或个人发扬无私奉献精神，积极提供财力、物力、人力支持。随着市场经济的深入发展，公益事业会面临越来越严重的生存与发展的挑战，同时又会有越来越多的企业与个人具备了做出奉献的经济实力。因此，发扬无私奉献精神可以弥补市场经济的不足之处，对公益事业具有极大的必要性和现实意义。

第三，发扬无私奉献精神有助于营造互助友爱、安定和谐的社会风气。无私奉献精神，要求在他人危难之际人人伸出救援之手。它可以具体表现为见义勇为，青年志愿者活动，希望工程以及扶贫工程等多种形式，为社会奉献出爱心，在社会上扶危济困，营造出一种互助友爱的社会风气，从而大大提高社会凝聚力，保证社会主义市场经济健康有序地发展。

奉献社会是职业道德中的最高境界，奉献社会是一种人生境界，是一种融会于一生事业中的高尚人格。奉献社会是职业道德中的最高境界，同时也是做人的最高境界。一个人只要达到一心为社会做奉献的境界，他的工作就必然能做得很好，这就是全心全意为人民服务了。

同时，每一个从业者都应该具有奋发成才的风范。岗位已经决定，也许许多岗位都是很平凡的，但平凡的岗位依然可以做出不平凡的成绩，平凡的岗位只要付出努力也可以变得不平凡。有许许多多的劳动模范，他们以集体利益为重，辛勤劳动，为企业的发展献计献策，为企业的发展兢兢业业地工作，在技术改造、生产效益的提高、日常管理工作中创造了惊人的成绩。向模范学习，崇尚先进，学习先进，争取先进是职工岗位的文明风采。先进是楷模，先进是榜样，先进是工作的动力，先进也是每一个职工追求的目标，以先进为目标才能真正体现职工的精神风采。崇尚先进的另外的含义就是追求把握先进的生产力，掌握先进的文化知识和科学理论，这就需要每一个员工强化自我的学习意识，不断追求进步。

每一个从业者都是集体的一分子，都是集体力量的一部分。没有集体就没有个人，企业兴个人兴，企业衰个人衰，企业就是我家，爱企业，爱集体。每一个职工生存的集体就是自己的安身立命之所，如果这一集体自强不息，奋发向上，团结一致，就能显示出强大的战斗力。比如一个团队紧密配合，大家同往一处想，劲往一出使，能够解决许多的技术难题，能够克服各种各样的自然灾害等。团结首先要从思想上达成共识，在行动上保持一致，以集体需要为中心，最终实现目标。

团结进取是一个企业齐心协力共同努力的方向。团结进取的内涵就是体现一种气势、一种信念、一种追求。我们对团结进取的解读是：要想成就一番事业，首先要讲团结，因为团结是统帅集体的一种理念。团结是一面镜子。我们每个人都是社会成员，为了自身的生存和发展，必定要参与各种社会活动，为国家创造财富的同时，为自己积累资本，所以社会人都要自觉不自觉地在不同环境、不同群体中扮演不同的角色。不论是演将帅还是民众，都要明确自己的位置和责任，时时处处不忘为自己设立

不同的镜子，从中找出别人的优势，修正自身存在的差距，只有这样，任何角色都会有光彩。当同事的成绩超过了自己，走在你前面的时候，你在镜子中照照自己的心态，是赞许还是不理，是回避还是奋进，不同的人生态度决定着今后前进的脚步，决定着你是否释放出积极向上的人格魅力。

团结是一种力量，我们每个人每天都要面对眼前所发生的变化，有些变化是猝不及防的，当你无法摆脱困境的时候，周围的同事聚合在你的身边，伸出无私的援助之手，你不感到温暖吗？你不感到那是一股无法战胜的力量吗？

团结是一种美德。不论是谁，能够置身于一个团结的集体一定会备感幸福的，但是这样的氛围需要每个人付出代价去营造它。怎样处理好个人与集体之间的关系？有人说，实现自我是第一位的；也有人说，工作环境是第一位的，其实它们两者之间并不矛盾。没有让你充分展示才华的环境，实现自我谈何容易；光有为你发展提供机会的环境，没有积极探索勇于挑战的人不是白白浪费了资源？由此可见，能够为他人创造发展空间的人比等、靠、要的人更具有美德。

而进取像一面旗帜引领我们在两个层面上去创造：一个是敢于不断进步的思想观念，一个是勇于实践和不断发展的措施和手段。有进取心的个人是一个不断发展和完善的个人，有进取心的集体是一个充满活力的集体。

以上介绍的就是职工需要遵循的最基本的守则，这些都需要每一个从业者不断实践，不断提高，从而达到自我完善。

树立正确的职业观，培育崇高的职业精神。

所谓职业观就是人们对职业的性质、内容和从事职业活动的目的、意义及价值的认识、看法和态度。职业观和人生观是密切相关的，人生观是职业观的前提和基础，有什么样的人生观就有什么样的职业观。在不同的行业中，从事各种不同职业的人们，由于对职业的认识和态度不同，其职业观也是千差万别的。无论职业观如何多种多样，其内容主要有以下几个方面：

第一、从业活动的目的，即为什么要从事职业活动，是为自己，还是为社会；是为个人利益，还是为社会创造效益。职业理想是为了维持生活、完善自我和服务社会的统一。

第二、从事职业活动的态度，即怎样从事职业活动。是庸庸碌碌，无所事事，还是热爱本职，有理想有志气，在岗位上充分发挥自己的才能。

第三、职业活动的价值，即衡量职业观的标准。是以索取为目的，还是以奉献为目的；是贪图个人享受，还是去创造财富，创造一切，实现人生的价值。

每一个职业者都要正确地认识自己的职业，任何职业都是光荣的事业。从职业的性质来说每个从业人员都是社会的成员，都是构成社会主义事业的一部分；从职业地位来看，哪种职业都是社会整体不可缺少的一部分。

所谓职业精神就是与人们的职业活动紧密联系、具有自身职业特征的精神。它在内容上表现为鲜明的表达职业根本利益，以及职业责任、职业行为上的精神要求，它主要调节同一职业内部的关系和同一职业内部的人同其所接触的对象之间的关系，它一方面使社会的精神原则“职业化”，又使个人精神“成熟化”。社会主义职业精神是由多种要素构成的，它包括以下内容：

(1)职业理想。即主张各行业的从业者，放眼社会利益，努力做好本职工作，全心全意为人民服务、为社会主义现代化建设服务。

(2)职业态度。它具有经济学和伦理学的意义，一个从业者积极性的高低和完成职业的好坏，很大程度是取决于他的职业态度，研究表明，先进生产者的职业态度指标最高。

(3)职业责任。它包括职业团体责任和职业个人责任，从业者要把客观的职业责任变成自觉履行的道德义务。

(4)职业技能。它既包括需要科学技术专家，也需要熟练的从业者，良好的职业技能具有深刻的职业精神价值。

(5)职业纪律。它具有强制性的一面，也需要从业者的内心信念所支持，从而自觉遵守。它也是

社会主义法规性和道德性的统一。

(6)职业良心。它是从业者的职业责任的自觉意识,它能够对行为的动机进行自我检查,对行为活动进行自我监督。

(7)职业信誉。从主观上表现为知耻心、自尊心、自爱心,从客观上表现为职业行为的肯定性评价。

(8)职业作风。这是在职业实践中表现出来的具有潜移默化作用的一贯的态度。

具备了以上几个方面的精神品格,就能够自觉实践,自觉养成,不断完善自我的道德行为规范。

第2章　重有色金属基础知识

重有色金属一般包括铜、镍、钴、锌、镉、铅、铋、锡、锑、汞等十种金属，它们的冶炼提取既有许多特性也有许多共性。目前，全世界重有色金属生产从产量来说，铜、锌和铅分别占据第三、四、五位，其他金属如镍、锡、锑、钴、镉、铋以及汞的产量也占有相当的地位。这十种金属的矿床大多是多金属共生矿。除锡的矿物外，其他金属主要以硫化矿的形态存在。在这些矿物中都含有主金属以外的其他有价金属，如铜镍硫化矿物中就含有钴、铂族贵金属及硫，而钴又多以伴生金属存在，在主金属生产过程中钴富集在副产品里，所以从重有色金属矿物原料中综合回收有价金属及硫是具有重要意义的。

由于钴在重金属火法冶炼过程中始终伴随主金属进入精炼，所以本章重点阐述铜、镍、锌、镉、铅、铋、锡、锑、汞的基础知识、化合物性质、用途、产销以及它们的矿物、矿石、精矿的组成和生产方法。

2.1　几种主要金属的性质

2.1.1　铜的性质

铜是人类发现和使用最早的金属之一。在古代，人们最初发现使用的可能是天然铜。天然铜通常是紫绿色或紫黑色的“石块”。后来人们发现这种“石块”在摩擦和刻画过的地方会呈现黄红色，如果再经锤打，其光泽则更好，还可以经过熔化、模铸、锻造等而制成武器、工具及做成装饰物品。自此以后，随着铜器的出现，在世界文化史上便标志着石器时代的结束和青铜器时代的开始。我国早在公元前两千年就已经大量生产、使用青铜，现北京故宫博物院还存有公元前1700年铸成的青铜铸钟。在1637年，明朝的《天工开物》一书中就详细记载了我国劳动人民在铜的铸造、锻造、机械加工、热处理、冶炼等方面的成就。在18、19世纪，欧洲是铜的主要供给地，19世纪末美国开始开采大的铜矿，炼铜工业开始逐渐发展。在20世纪，俄罗斯、智利、非洲和加拿大也兴起了炼铜工业。

2.1.1.1　铜的物理性质

(1)铜是一种玫瑰红色、柔软、具有良好延展性能的金属，易于锻造和压延。

(2)铜是电和热的良导体，仅次于银而居第二位。铜中杂质含量的多少直接影响铜的导电性能，杂质含量越高，导电率越低。

(3)铜在常温(20℃)时的比重为8.89，熔点(1083℃)时为8.22，液态(1200℃)时为7.81，铜及其化合物无磁性。

(4)铜的熔点为1083℃，沸点为2310℃。熔点时蒸气压很小，仅为1.60Pa，因此铜在火法冶炼的温度条件下很难挥发。

(5)铜熔体能溶解 SO_2、O_2、H_2、CO_2、CO及水蒸气等气体，当液体凝固时，溶解的气体从铜中逸出，会造成铜铸件结构不致密，对铸件机械性能有不利影响。

(6)铜能与锌、锡、镍互熔，组成一系列不同特性的合金。如：黄铜(Cu—Zn)富延展性；青铜(Cu—Sn)有较高耐磨性；白铜(Cu—Ni)有较高耐磨性和抗腐蚀性。

2.1.1.2　铜的化学性质

铜在元素周期表中是属于第一副族的元素，原子序数为29，原子量为63.57，具有两个价电子，能形成一价和二价铜的化合物。

(1)铜在常温、干燥的空气中不发生化学变化，但在含有 CO_2 的潮湿空气中，易生成一薄层碱式碳酸铜(铜绿)，即 $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$，这种薄膜能保护铜不再被腐蚀。但铜绿有毒，故纯铜不宜做食

用器具。

(2)铜在空气中加热至185℃时开始氧化,表面生成暗红色的Cu_2O;当温度高于350℃时,表面生成黑色的CuO。

(3)铜不溶解于盐酸和没有溶解氧的硫酸中,只有在具有氧化作用的酸中才能溶解。

(4)铜可溶于王水、氰化物、氯化铁、氯化铜、硫酸铁以及氨水中。

(5)铜能与氧、硫、卤素等元素直接化合。

2.1.2 镍的性质

人类发现镍的时间不长,但使用镍的时间可一直追溯到公元前300年左右。我国至迟在春秋战国时期就已经出现了含有镍成分的兵器及合金器皿。古代云南出产的一种"白铜"中,也含有很高的镍。1751年,瑞典科学家克郎斯塔特首次制取到了金属镍。直到19世纪末,由于产量有限镍被人们视为贵重金属,用于制作首饰。20世纪以来,人们发现了镍的多种用途及其在改善钢的性能方面具有的独特功能,才使得现代镍工业由此诞生并得到了迅速发展。

镍是一种银白色的金属。在公元前我国就知道使用镍锌、镍铜合金。国外于1775年制得纯镍,在1825年~1826年间瑞典开始了镍的工业生产。当时,由于技术条件等因素的限制,镍的生产长期未得到显著的发展。直到发现将镍炼制成合金铜以后,镍工业才有了较快的发展,产量也迅速上升。1910年世界镍产量只有2.3万吨,1960年为32.55万吨,至2002年镍的年产量已达到117.59万吨,镍的消费量也将达到104.7万吨甚至更多。

2.1.2.1 镍的物理性质

镍是一种银白色的金属,其物理性质与金属钴、铁有相当一致的地方,主要表现在:

镍的比重:在20℃时为8.908,可靠权值为8.9~8.908,熔点时液体镍的比重为7.9。

镍的比热:在0℃~1000℃的温度范围内变动于420焦耳/公斤·K~620焦耳/公斤·K,在居里点或其附近有一显著的高峰,此温度下失去铁磁性。

镍的电阻:在20℃时按其纯度99.99%~99.8%变动于6.8~9.9微欧·厘米($10^{-8}\Omega m$)。镍基合金虽然广泛应用于热电元件,但实际上由于氧化关系纯镍无此用途。镍的热电性与铁、铜、银、金等金属不同,较铂为负,所以在冷端时电流由铂流向镍,因此,以镍作为热电元件时可产生高的电动势。

镍具有磁性,是许多磁性物料(由高导磁率的软磁合金至高矫顽力的永磁合金)的主要组成部分,其含量通常为10%~20%。

2.1.2.2 镍的化学性质

金属镍是元素周期表第八族铁磁金属之一,原子序数28,原子量58.71,熔点1453±1℃,沸点2800℃。天然生成的金属镍有五种稳定的同位素:Ni58(67.7%)、Ni60(26.2%)、Ni61(1.25%)、Ni62(3.66)%、Ni64(1.66)%。

其主要化学性质有:

在大气中不易生锈以及能抵抗苛性碱的腐蚀。大气实验结果,99%纯度的镍在20年内不生锈痕,无论在水溶液或熔盐内镍抵抗苛性碱的能力都很强,在50%沸腾苛性钠溶液中每年的腐蚀性速度不超过25微米,对盐类溶液只容易受到氧化性盐类(如氯化高铁或次氯酸铁盐)的侵蚀。镍能抵抗所有的有机化合物的腐蚀。

在空气或氧气中,镍表面形成一层NiO薄膜,可防止进一步氧化。含硫的气体对镍有严重腐蚀,尤其在镍与硫化镍(Ni_3S_2)共晶温度在643℃以上时更是如此。在500℃以下时氯气对镍无显著作用。

镍的电极电位为-0.227伏(20℃)和-0.231伏(25℃),若溶液中有少量杂质,尤其是有硫存在时,镍即显著钝化。

2.1.3 铅的性质

2.1.3.1 铅的物理性质

金属铅结晶属于等轴晶系，其物理性质方面的特点为硬度小、比重大、熔点低、沸点高、展性好、延性差、对电与热的传导性差、高温下容易挥发、在液态下流动性大等。其主要物理性质有：原子量207.21，比重(20℃)11.3437克/厘米^3，熔点327.43℃，沸点1525℃，比电阻(20℃～40℃)20.648微欧姆/厘米^2，导热系数(100℃)0.081卡/厘米·度·秒，硬度(莫氏)1.5，熔化潜热6.26卡/克，汽化潜热201卡/克，表面张力(327.5℃)444达因/厘米，黏度(340℃)0.0189泊。铅的蒸气压与温度的关系如下：

温度(℃)	620	710	820	960	1130	1290	1360	1415	1525
蒸气压(mmHg)	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	1.0	10	50	100	289	760

可见在高温下铅的挥发程度很大，所以在火法炼铅过程中容易导致铅的挥发损失和环境污染，炼铅厂必须设置完善的收尘设备。

2.1.3.2 铅的化学性质

铅在完全干燥的常温空气中或在不含空气的水中，不发生任何化学变化，但在潮湿和含有CO_2的空气中，则失去光泽而变成暗灰色，其表面被PbO薄膜所覆盖，此膜慢慢地转变成碱性碳酸铅$3PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$。

铅在空气中加热熔化时，最初氧化成Pb_2O，温度升高时则氧化为PbO，继续加热到330℃～450℃时PbO被氧化为Pb_2O_3，在450℃～470℃的温度范围内，则形成Pb_3O_4(即$2PbO \cdot PbO_2$铅丹)。无论是Pb_2O_3或Pb_3O_4，在高温下都会离解生成PbO，因此PbO是高温下唯一稳定的氧化物。

CO_2对铅的作用不大，浸没在水中(无空气)的铅很少被腐蚀。

铅易溶于HNO_3、HBF_4、H_2SiF_6、CH_2COOH及$AgNO_3$等；盐酸与硫酸仅在常温下与铅的表面起作用而形成几乎是不溶解的$PbCl_2$和$PbSO_4$的表面膜。

铅是放射性元素铀、钷和钍分裂的最后产物，可吸收放射性线，故具有抵抗放射性物质透过的性能。

2.1.4 锌的性质

锌是化学元素周期表中第四周期第二副族的元素，与镉、汞同族，原子序数30，原子量为65.37，原子价为2。

锌是一种银白色金属，20℃时的比重为7.133克/厘米^3。在500℃时液态锌的比重为6.58克/厘米^3，温度升高到800℃时的比重为6.22克/厘米^3。

锌的熔点为419.5050℃。20℃时的比热为0.0915卡/克，熔化热为1765卡/克分子。锌的沸点为906℃，汽化热为27430卡/克分子。

锌的热容随温度变化而变化。

固体锌(0℃～420℃)的热容：

$$c_p = 5.25 + 2.70 \times 10^{-3} \text{卡/克分子}$$

液态锌(419℃～850℃)的热容：

$$c_p = 7.59 + 0.55 \times 10^{-3} \text{卡/克分子}$$

气态锌(单原子)的热容：

$$c_p = 4.969 \text{卡/克分子}$$

金属锌在熔点附近的蒸气压很小，但液态锌的蒸气压随温度升高而迅速增加，在906℃时便达到1个大气压。火法炼锌就利用了锌的这一特性。

2.1.5 锡的性质

2.1.5.1 锡的物理性质

锡是银白色的金属，但锡锭表面由于生成氧化物膜而呈金黄色，迅速冷却的锡，生成粗大的树枝状结晶。锡条弯曲时，由于晶体间的摩擦，发生响声，称为“锡鸣”。

人们常见到的是白锡，在13.2℃～161℃之间稳定，低于13.2℃时白锡开始转变成灰锡，但转变速度很慢，要过冷到－30℃才达到最大的转变速度。灰锡的出现先是成分散的小斑点，破裂成粉状，逐渐布满整个表面，而粉末的接触作用又加速这种转变，最后全部成为粉末，这种现象称为“锡疫”。

锡的熔点经精确测定为231.96℃，沸点的测定数据文献所载不一，可见其液体范围很大，目前大多数人认为是2270℃。液体锡的比重随温度升高而变小，其蒸气压力在冶炼温度范围内很小。

锡的莫氏硬度为3.75，具有很好的展性，可以制成0.04毫米厚的锡箔，其展性随温度而变化，在100℃附近达到最大，但到200℃就失去展性而变脆。锡的延性很差，不能拉成锡丝。

2.1.5.2 锡的化学性质

锡是元素周期表中第四主族的元素，位于铅、锗之间，许多性质与铅相似。原子量为118.69，原子序数为50。锡的原子价为二价和四价。二价化合物不稳定，易于失去两个电子变成稳定的四价化合物，因此锡的二价化合物可作为还原剂使用。

常温时，锡在空气中稳定，因为锡表面生成了一层致密的氧化物薄膜，阻止了锡的进一步氧化，故工业上用镀锡来保护钢铁。在高于150℃时，锡开始慢慢地氧化生成SnO和SnO_2。

水、水蒸气和碳酸气在常温下均不与锡作用，但卤族元素，特别是氟和氯，在常温下即与锡作用生成卤化物，硫化氢和二氧化硫与锡在加热时生成硫化物。

锡的标准电极电位为－0.136伏，但由于氢在锡金属上的超电压相当大，因此在酸性水溶液中，锡与稀的无机酸作用缓慢，在许多有机酸、水果汁和醋酸中实际上不起作用。

热的浓酸和碱与锡作用生成锡的盐类，但浓硝酸除外，它与锡作用生成偏锡酸（H_2SnO_3），同时放出NH_3、NO和NO_2等气体。

2.1.6 其他几种重有色金属的性质

2.1.6.1 镉的性质

镉在元素周期表中属于第五周期第二副族元素，与锌、汞同族，原子序数48，原子量为112.41，有银白色带蓝色光泽。

镉为六方晶系的结晶，室温下镉的比重为8.65。

镉的熔点为320.9℃，沸点为765℃。蒸气呈灰黄色，有毒，蒸气压较锌大。

固体镉的熵（卡/克分子·度）为$S_{298.16}=123$，熔化熵为2.517，蒸发熵为22.996。

金属镉比锌软，比锡硬，可用刀切割，富有延展性，可以锻压成薄片或拉成丝。

镉的化学性质接近于锌，易溶于硝酸并析出氮的氧化物。在硫酸及盐酸中溶解较差。

金属镉在赤热时分解水蒸气，在常温下与干燥的空气不起作用，因为镉被表面的薄膜所覆盖，阻止了氧化，镉的这种性质被广泛应用于镀镉防腐。

2.1.6.2 铋的性质

铋为发亮、玫瑰红色的脆性金属，属斜方晶系，既具有共价键，又具有金属键特征，这种结构使铋具有一系列特殊的物理化学性能。

铋的比重室温时为9.84，由于固体铋同时具有两种键型，故铋原子不可能有最紧密排列，因此固体比重随温度升高而增加，到达熔点（271℃）时，比重具有最大值（10.27）。由固体转变为熔体时，其价键完全转变为金属键，出现最紧密的排列，因此体积减少3%。与其他金属一样，熔体铋的比重随温度升高而下降。常压下铋的沸点为1560℃。

铋及其合金具有优良的热电敏性，即使两种晶向不同的铋片相互接触或熔体铋和固体铋接触，也可产生明显的热电势。铋的一系列化合物，如铋与硒、碲的化合物，具有半导体性质。

铋可与一系列元素生成金属互化物，例如与 Ca 生成 Bi_3Ca(507℃熔化并分解)及 Bi_2Ca_3(熔点大于 1200℃)，与 In 生成 InBi(熔点 110℃)及 In_2Bi(熔点 89℃)等。熔体铋能与铅完全互溶，但铅在固态铋中最大溶解度(125℃时)仅为 0.11%，而铋在固体铅中的溶解度却很大。

铋在室温下，不被干湿空气氧化，在空气中加热时则燃烧成 Bi_2O_3。

2.1.6.3 锑的性质

(1)锑的物理性质。锑属于元素周期表第五主族元素，位于砷、铋之间，原子序数为 51，原子量 121.75。有许多物理、化学性质与砷特别相似，因此在有色提取冶金中，常出现砷、锑分离的问题。

锑是一种半金属，有四种同质异形体，即：灰锑、爆锑、黑锑和黄锑。灰锑是普通的金属锑，其他形态完全无金属性质，应称为非金属。但即使是灰锑，也不具有延展性，性脆易碎，在工业上不能单独使用。灰锑为银白色，有金属光泽，易结晶，常生成斜方六面体，在凝固的锑锭表面呈星状或凤尾草花纹，故有“星锑”之称。国际市场上迄今仍以星状花纹的清晰程度来鉴别其成分的高低，虽然这种惯例并不科学。

锑的比重为 6.69，莫氏硬度 3～3.5，较金属铅大 2～2.3 倍。锑是铅的最廉价的硬化剂，含锑的铅称为硬铅，各种铅合金大都含有一些锑，锑为铅开辟了广阔的用途。锑也是轴承合金、印刷合金、低熔合金、焊锡等重要的组成部分。高纯锑可用于半导体材料的生产。

锑的熔点为 630.5℃，沸点 1635℃。在 800℃、900℃、1000℃和 1200℃时的蒸气压分别为 1.67 毫米汞柱。显然，锑是比较容易挥发的金属。

(2)锑的化学性质。锑的原子价为 3、4 或 5，但主要生成三价的化合物。锑在常温下不与空气或氧起作用，故可用镀锑来保护钢铁。

2.1.6.4 汞的性质

汞是元素周期表第二副族的元素，原子序数为 80，原子量为 200.59，有九个同位素。在常温下汞是唯一的液态金属，具有银白色光泽，凝固温度为－38.89℃，固态汞是白色的，呈六方结晶，具有延展性，易于切削。汞的沸点为 357.25℃。

必须指出：汞是容易挥发的，汞蒸气有剧毒，即使在室温下，倘若任其暴露，也会使人有汞中毒的危险，故工业卫生标准规定空气中含汞量不得超过 0.01 毫克/米^3。

汞的蒸发热为 69.7 卡/克，在 20℃时的比热为 0.03324 卡/克·度。在 17℃时的导热率为 0.0197 卡/厘米·秒·度。汞的导电率也很低，为 95.8 微欧姆/厘米^3，当温度下降至 4.2K 时，汞的电阻完全消失，出现超导电性质。

汞的比重很大，在 20℃时为 13.5357，是已知液体中最重的液体。汞的表面张力也很大，在 20℃时为 447.5 达因/厘米，因此，若汞从容器中散落出来，会形成许多球形小珠。

汞的化学性质与金、银等贵金属相接近。汞在常温下的干燥空气中不会被氧化，但在潮湿空气中有较弱的氧化反应发生，这时在金属汞的表面上会生成一层暗灰色的氧化亚汞薄膜，但氧化亚汞是不稳定的化合物，在光和热的作用下，会分解成为氧化汞和汞。

汞在浓硫酸中的溶解速度很慢，在冷的稀硫酸及盐酸中不溶解，但能溶解于稀硝酸及热浓硫酸中。汞特别易溶于王水。各种碱溶液一般不与汞发生作用。

汞能与许多金属结合(汞齐化)而成汞齐。不容易汞齐化的金属仅有铁、镍和锑，不纯或覆盖有氧化物层的铁在汞中具有微小的溶解度。

汞与同族的锌、镉不同，不但能形成二价的化合物，亦能形成一价的化合物。

2.2 几种主要重有色金属的化合物性质

2.2.1 铜的化合物性质

铜的主要化合物的性质有：

(1)氧化铜(CuO)：在自然界中以黑铜矿的形态存在，黑色无光泽。氧化铜是不稳定化合物，在空气中加热至1060℃即开始分解：$4CuO=2Cu_2O+O_2\uparrow$，即氧化铜完全转变成氧化亚铜，这是因为在该温度下氧化铜的离解压高于空气中氧的分压。

氧化铜易被 H_2、CO、C、C_xH_y 等还原成金属铜。在冶炼过程中，还可被其他硫化物和较负电性金属如锌、铁、镍等还原。

氧化铜不溶于水，但溶于 FeCl、$FeCl_3$、$Fe_2(SO_4)_3$、HN_4OH 及 $(NH_4)_2CO_3$ 中，且易与各种稀酸起作用。

(2)氧化亚铜(Cu_2O)：自然界中以赤铜矿的形态存在，根据晶粒大小不同，颜色也各异。组织致密呈樱红色，粉末状的则为洋红色。

氧化亚铜熔点为1235℃。Cu_2O 只有在空气中加热至高于1060℃时才稳定。低于这个温度时，部分氧化成 CuO。在800℃和长久加热时几乎可以使 Cu_2O 全部变成 CuO。

Cu_2O 易被 H_2、CO、C、C_xH_y 等还原成金属。其他如铁、锌或对氧亲和力大的元素，在赤热时也可使用 Cu_2O 还原成金属。

Cu_2O 与某些金属硫化物共热时，发生交互反应：

$$2Cu_2O+Cu_2S=6Cu+SO_2 \quad \text{(这是铜锍吹炼成粗铜的理论基础)}$$

$$Cu_2O+FeS=Cu_2S+FeO \quad \text{(这是铜锍熔炼的基本反应)}$$

Cu_2O 不溶于水，但溶于 HCl、H_2SO_4、$FeCl_3$、$Fe_2(SO_4)_3$、NH_4OH 等溶剂，这是氧化矿湿法冶金的基础。

(3)硫化铜(CuS)：硫化铜在自然界中以铜蓝的矿物形态存在。硫化铜是不稳定化合物，加热分解：

$$4CuS=2Cu_2S+S_2$$

在500℃时该反应中硫的蒸气压力为66.66kPa，所以在熔化以前即分解。

CuS 不溶于水，可溶于热硝酸、KN 和 $Fe_2(SO_4)_3$ 中，稀 H_2SO_4 和苛性钠与 CuS 不发生作用。

(4)硫化亚铜(Cu_2S)：自然界中硫化亚铜以辉铜矿的形态存在。高温下相当稳定，在1400℃时离解压仅32kPa。

Cu_2S 在高温下易氧化，按下式进行：

$$Cu_2S+O_2=2Cu+SO_2$$

由于铜对硫的亲和力大，在有足够硫(如 FeS)存在的条件下，铜均以 Cu_2S 形态存在。在冰铜吹炼的过程中正是利用这一特性使铁、镍先氧化造渣，然后再把 Cu_2S 吹炼成粗铜。Cu_2S 若与 FeS 及其他金属硫化物共熔，即结合成冰铜。冰铜是炼铜过程中重要的中间产物。

Cu_2S 不溶于水，可溶于 $Fe_2(SO_4)_3$、$FeCl_3$、$CuCl_2$ 和稀盐酸中，这一点对湿法炼铜很有意义。

(5)铜的铁酸盐：有两种形态，即铁酸铜($CuO、Fe_2O_3$)和铁酸亚铜($Cu_2O、Fe_2O_3$)。前者在低温下稳定，后者则在1100℃以上稳定。

铜的铁酸盐不易溶于水、氨及一般溶剂。

在高温冶金中，易被强碱性氧化物如 FeO、CaO 等及硫化物所分解，也易于被 SO_2 还原。

(6)铜的硅酸盐：在自然界中以硅孔雀石($CuSiO_3\cdot 2H_2O$)的矿物形态存在，这些矿物在高温下

分解出水分和氧，形成在高温下稳定的硅酸亚铜($2Cu_2O \cdot SiO_3$)。

硅酸亚铜易被 H_2、CO 所还原，其中的 Cu_2O 易被 CaO、FeO 等置换。

硅酸亚铜可溶于浓硝酸、盐酸中。

(7)铜的碳酸盐：在自然界中以孔雀石[$CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$]和蓝铜矿[$2CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$]的矿物形态存在，这两种化合物加热至 220℃以上时完全分解为 CuO、CO_2、H_2O。

铜的碳酸盐与各种溶剂发生类似于铜的氧化物与各种溶剂所发生的反应，不过有 CO_2 放出。

(8)硫酸铜($CuSO_4$)：在自然界中以胆矾($CuSO_4 \cdot 5H_2O$)的矿物形态存在。$CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 呈蓝色，失去结晶水后变成白色粉末。硫酸铜易溶于水，其溶解度随温度升高而增大。用铁和锌可以从 $CuSO_4$ 溶液中置换出金属铜。

(9)铜的氯化物：有氯化铜($CuCl_2$)和氯化亚铜(Cu_2Cl_2)两种。$CuCl_2$ 很不稳定，隔绝空气加热至 340℃时离解成 Cu_2Cl_2 和 Cl_2，而且容易挥发，可溶于水。$CuCl_2$ 在 390℃即显著挥发。离析法处理难选氧化铜矿，就是利用这一特性使挥发出来的 $CuCl_2$ 被氢还原，从而与 Fe 及其他杂质分离。$CuCl_2$ 的熔体导电性好。Cu_2Cl_2 几乎不溶于水，但溶于盐酸及金属氯化物的溶液中。

2.2.2 镍的化合物性质

(1)镍的氧化物：镍有三种氧化物：即氧化亚镍(NiO)、四氧化三镍(Ni_3O_4)及三氧化二镍(Ni_2O_3)。三氧化二镍仅在低温时稳定，加热至 400℃～450℃，即离解为四氧化三镍，进一步提高温度最终变成氧化亚镍。

镍可形成多种盐类，但与钴不同，镍只生成两价镍盐。因此，不稳定的三氧化二镍常作为较负电金属(如 Co、Fe)的氧化剂，用于镍电解液净化除 Co 之用。

氧化亚镍的熔点为 1650℃～1660℃，很容易被 C 或 CO 所还原。

氧化亚镍与 CoO、FeO 一样，可形成 $Me \cdot SiO_2$ 和 $2Me \cdot SiO_2$ 两类硅酸盐化合物，但 $NiO \cdot SiO_2$ 不稳定。

氧化亚镍具有触媒作用，可使 SO_2 转变为 SO_3，而 SO_3 与 NiO 又可以形成稳定的硫酸盐，并比铜、铁的硫酸盐稳定，加热到 750℃～800℃才显著离解。

氧化亚镍能溶于硫酸、亚硫酸、盐酸和硝酸等溶液中且形成绿色的两价镍盐。当与石灰乳发生反应时，即形成绿色的氢氧化镍[$(Ni(OH)_2$]沉淀。

(2)镍的硫化物：镍的硫化物有 NiS_2、Ni_6S_5、Ni_3S_2、NiS。硫化亚镍(NiS)在高温下不稳定，在中性和还原气氛下受热时按下式离解：

$$3NiS = Ni_3S_2 + \frac{1}{2}S_2$$

在冶炼温度下，低硫化镍(Ni_3S_2)是稳定的，其离解压比 FeS 小，但比 Cu_2S 大。

(3)镍的砷化物：镍的砷化物有砷化镍(NiAs)和二砷化三镍(Ni_3As_2)。前者在自然界中为红砷镍矿，在中性气氛中可按下式离解：

$$3NiAs = Ni_3As_2 + As$$

在氧化气氛中红砷镍矿中的砷一部分形成挥发性的 As_2O_3，一部分则形成无挥发性的砷酸盐($NiO \cdot As_2O_3$)。因此，为了更完全地脱砷，在氧化焙烧后还必须再进行还原焙烧，使砷酸盐转变为砷化物，进一步氧化焙烧中再使砷呈 As_2O_3 形态挥发，即进行交替的氧化还原焙烧以完成脱砷过程。

镍类似铁和钴，在 50℃～100℃温度下，可与一氧化碳形成羰基镍[$Ni(CO)_4$]，如下式所示：

$$Ni + 4CO = Ni(CO)_4 - 50.7 \text{ 千卡/克分子}$$

当温度提高至 180℃～200℃时，羰基镍又分解为金属镍。这个反应是羰基法提取的理论基础。

2.2.3 铅的化合物性质

2.2.3.1 硫化铅

硫化铅(PbS)在自然界以方铅矿的形态存在，色黑(结晶状态呈灰色)，具有金属光泽。PbS 含 Pb 86.6%，比重 7.4～7.6，熔点 1135℃，熔化后流动性很大，可透过黏土质材料而不起侵蚀作用，易渗入砖缝。

PbS 在 600℃时已开始挥发，其蒸气压与温度的关系如下：

温度(℃)	852	928	975	1074	1108	1160	1221	1281
蒸气压(mmHg)	1	2	10	60	100	200	400	760

PbS 的离解压很小，1000℃时仅为 0.126 毫米汞柱。但 PbS 可被对硫亲和力大的金属所置换，如温度高于 1000℃时，铁可置换 PbS 中的铅(PbS+Fe=FeS+Pb)。这就是炼铅常见的"沉淀反应"。

PbS 可与 FeS、Cu_2S 等金属硫化物形成铅锍。CaO、BaO 对 PbS 可起分解作用：

$$4PbS+4CaO=4Pb+3CaS+CaSO_4$$

在还原气氛下，发生下列反应：

$$2PbS+CaO+C(CO)=Pb+PbS\cdot CaS+CO(CO_2)。$$

当炉料中存在大量 CaS 时，会降低铅的回收率，因为 CaS 将与 PbS 形成稳定的 CaS·PbS。

在铅的熔点附近，PbS 不溶于铅中，随着温度的升高，PbS 在铅中的溶解度增加。1040℃时 PbS 与 Pb 的熔合体分为两层，上层含 PbS 89.5%，Pb 10.5%；下层含 PbS 19.4%，Pb 80.6%。当冷却时 PbS 以纯净的结晶从 Pb—PbS 熔合体中析出，这是鼓风炉熔炼中炉结形成的原因之一。

PbS 溶解于 HNO_3 及 $FeCl_3$ 的水溶液中，所以 HNO_3 和 $FeCl_3$ 均可用来作为方铅矿的浸出剂。

PbS 几乎不与 C 和 CO 发生作用。PbS 在空气中加热时生成 PbO 和 $PbSO_4$，其开始氧化温度为 360℃～380℃。

2.2.3.2 氧化铅

氧化铅(PbO)又名"密陀僧"，熔点 886℃，沸点 1472℃。它有两种同素异形体：正方晶系的红密陀僧和斜方晶系的黄密陀僧。熔化的密陀僧急冷时呈黄色，缓冷时呈红色，前者在高温下稳定，二者的相变点为 450℃～500℃。

PbO 在不同温度下的平衡蒸气压如下：

温度(℃)	943	1039	1085	1222	1265	1330
蒸气压(mmHg)	1	5	10	60	100	200

PbO 是强氧化剂，能氧化 Te、S、As、Sb、Bi 和 Zn 等。

PbO 是两性氧化物，既可与 SiO_2、Fe_2O_3 结合成硅酸盐或铁酸盐，也可与 CaO、MgO 等形成铅酸盐，还可与 Al_2O_3 结合成铝酸盐。PbO 对硅砖和黏土砖的侵蚀作用很强烈。所有的铅酸盐都不稳定，在高温下离解并放出氧气。

PbO 是良好的助熔剂，它可与许多金属氧化物形成易熔的共晶或化合物。在 PbO 过剩情况下，难熔的金属氧化物即使不形成化合物也会变成易熔物。此种作用在炼铅过程中具有重要意义。PbO 属于难离解的稳定化合物，但容易被 C 和 CO 所还原。

2.2.3.3 硫酸铅

硫酸铅($PbSO_4$)的密度为 6.34 克/厘米^3，熔点为 1170℃。$PbSO_4$ 是比较稳定的化合物，根据 $PbSO_4$ 的热谱实验得知，$PbSO_4$ 开始分解温度为 850℃，而激烈分解温度为 905℃。PbS、ZnS 和 Cu_2S 等的存在可促进 $PbSO_4$ 的分解，即可以使其的开始分解温度降低。例如 $PbSO_4$+PbS 系中反应开始温度为 630℃。

$PbSO_4$ 和 PbO 均能与 PbS 发生相互反应生成金属铅。

2.2.3.4 氯化铅

氯化铅($PbCl_2$)无色泽，其熔点为 498℃，沸点为 954℃，比重为 5.91。$PbCl_2$ 在水溶液中的溶解度甚小，25℃时为 1.07%，100℃时仅为 3.2%。但 $PbCl_2$ 溶解于碱金属和碱土金属的氯化物(如

NaCl 和 $CaCl_2$ 等)水溶液中。$PbCl_2$ 在 NaCl 水溶液中的溶解度随温度和 NaCl 浓度的提高而增大，当有 $CaCl_2$ 存在时，其溶解度更大。例如，在 50℃下 NaCl 饱和溶液中铅的最大溶解度为 42 克/升；当有 $CaCl_2$ 存在的 NaCl 饱和溶液加热至 100℃时，铅的溶解度可达 100 克/升～110 克/升。

2.2.4 锌的化合物性质

硫化锌：比重 4.1，熔点(1850℃)升华。

氧化锌：比重 5.68，熔点约 2000℃。

硫酸锌：比重 3.474，易分解。

锌在自然界主要是以闪锌矿(ZnS)的形态存在，但很少形成单一的锌矿床，多与其他有色金属(铅、铜等)矿物共生。

锌能与许多元素化合形成各种化合物。与冶炼关系最密切的有 ZnO、ZnS、$ZnSO_4$ 与 $ZnCl_2$ 等。

上述的锌化合物中只有 $ZnCl_2$ 具有容易挥发的特性，这便是氯化锌挥发的根据。

硫化锌容易被空气中的氧气氧化而产生 ZnO，而 ZnO 既能在高温下被炭质还原剂还原为金属锌挥发出来，又能很好地溶解在稀硫酸水溶液中得到 $ZnSO_4$ 溶液，再以电解法使锌从溶液中沉积出来。锌及其化合物的这些性质是火法炼锌及湿法炼锌的重要依据。

2.2.5 锡的化合物性质

2.2.5.1 氧化物

锡与氧生成两个重要的氧化物，即氧化锡(SnO_2)和氧化亚锡(SnO)。

氧化锡在自然界呈锡石存在，是锡的主要矿物。人工制造的氧化锡为白色，天然的锡石根据含杂质不同有黑色、褐色等。锡石比重为 6.8～7.1，莫氏硬度为 6～7，接近于低碳钢。

氧化锡的密度为 7.0096 克/厘米^3，熔点约为 2000℃。在熔炼时挥发性很小，但当有液体锡一起存在时，则显著挥发。

$$SnO_2(固)+Sn(液)=2SnO(气)$$

氧化锡的分解压力也很小，是高温稳定的化合物，实际上不溶于酸和碱的水溶液中。

在高温下，氧化锡呈酸性，能与碱性氧化物作用生成锡酸盐，常见的是 Na_2SnO_3、K_2SnO_3、$CaSnO_3$ 等。

氧化亚锡的比重为 6.446，熔点为 1040℃，沸点为 1425℃。实验测定的氧化亚锡的蒸气压力如下：

温度(℃)	670	820	955	1132	1425
蒸气压(mmHg)	0.07	0.8	8.5	78	760

为方便起见，通常采用以下的蒸气压计算式：

$$\lg P=\frac{-13160}{T}+10.775$$

根据质谱分析，氧化亚锡的蒸气中存在多分子聚合物$(SnO)_x$，$x=1\sim4$。氧化亚锡的挥发性，是造成锡挥发进入烟尘的原因之一。

许多研究者指出，氧化亚锡在高温(大于 1040℃)和低温(小于 400℃)时才是稳定的化合物，在 400℃～1040℃之间氧化亚锡发生歧化反应：

$$2SnO=Sn+SnO_2$$

氧化亚锡与氧化锡不同，它还容易溶解于许多酸、碱和盐类的水溶液中。在高温下，氧化亚锡呈碱性，能与酸性氧化物如 SiO_2 等生成硅酸盐类。

2.2.5.2 氯化物

锡和氯生成两种化合物，即四氯化锡($SnCl_4$)和氯化亚锡($SnCl_2$)。

四氯化锡比重为 2.23，熔点为－33℃，常温下为无色液体，沸点为 114.1℃，在常温下容易挥发，其蒸气压测定值如下：

温度(℃)	0	20	40	60	80	100	120
蒸气压(mmHg)	5.53	18.58	50.82	122.2	256.7	496.0	895.4

也可用下式计算：

$$\lg P=\frac{-1925}{T}+7.865$$

四氯化锡易溶于水，其溶解热为 28500 卡/克分子，也容易被其他更负电性的金属从溶液中置换出来。如果从溶液中结晶，则得到含水的四氯化锡结晶。含水的四氯化锡在常温下为无色透明固体。

氯化亚锡为白色针状结晶，在空气中会逐渐氧化或风化而失去水分，加热高于 100℃则获得无水氯化亚锡，它是白色半透明物质，但在有氧时加热，则变成 SnO_2 和 $SnCl_4$，即：

$$2SnCl_2+O_2=SnCl_2+SnO_2$$

如同时有水蒸气存在，则全部变成 SnO_2，即：

$$SnCl_2+H_2O+\frac{1}{2}O_2=SnO_2+2HCl$$

氯化亚锡晶体比重 3.95，熔点 246.8℃，熔融氯化亚锡比重为 3.394，其沸点为 652℃，蒸气压力和温度的关系式为：

$$\lg P=\frac{-6350}{T}-5.031\lg P+24.68$$

此式适用于熔点到沸点的温度范围。

氯化亚锡也易溶于水，其溶解热为 5370 卡/克分子，溶解度随温度升高而增加。少量盐酸的存在，会减少氯化亚锡的溶解度；相反，盐酸含量高时由于生成 $HSnCl_4$ 和 $H_2(SnCl_4)$，会增加氯化亚锡的溶解度。在水溶液中，锡容易被更负电性的金属如铝、锌、铁等置换。如果水溶液暴露在空气中，则氧化产生 $SnOCl_2$ 沉淀；如果使水溶液稀释而不与氧接触，则产生 Sn(OH)Cl 沉淀。

2.2.5.3 硫化物

锡和硫生成三种硫化物，即硫化亚锡(SnS)、二硫化锡(SnS_2)和三硫化二锡(Sn_2S_3)。这些硫化物的转变温度如下：

$$2SnS_2=Sn_2S_3+\frac{1}{2}S_2，温度\ 520℃$$

$$Sn_2S_3=2SnS+\frac{1}{2}S_2，温度\ 640℃$$

在锡冶金中最重要的是硫化亚锡。SnS_2 和 Sn_2S_3 只在低温下稳定。

硫化亚锡的熔点为 880℃，沸点为 1230℃。

由于硫化亚锡的挥发性，在锡冶金中这是从含锡物料中挥发锡的基础。

硫化亚锡不易分解，是高温稳定的化合物。在冶炼高温下，SnS 和 FeS 在空气中加热(785℃)，硫化亚锡就氧化变成 SnO_2，即：

$$SnS+2O_2=SnO_2+SO_2$$

硫化亚锡不溶于稀的无机酸中，但在浓盐酸中溶解生成 $SnCl_2$，并放出 H_2S，即：

$$SnS+2HCl=SnCl_2+H_2S$$

硫化亚锡还溶于碱金属多硫化物中，生成硫代锡酸盐。这种盐类易溶于水，电解硫代锡酸盐溶液可在阴极上析出锡，故可用于锡的电解精炼或探索新的炼锡方法。

2.2.6 其他几种重有色金属的化合物性质

2.2.6.1 镉的化合物性质

镉的氢氧化物的组成及结构到目前为止尚未确定，它的分子式根据制备条件不同为 $CdO \cdot H_2O$ 或 $Cd(OH)_2 \cdot H_2$。

$Cd(OH)_2$ 开始沉淀的 pH 值为 8，其溶度积由 1×10^{-1} 到 2.62×10^{-1}，在饱和 $Cd(OH)_2$ 溶液中，Cd^{2+} 的浓度为 1.3×10^{-5} 克离子/升。

$Cd(OH)_2$ 的生成热　$H_{298}=-133980$ 卡

熵 $S_{298.1}=21.2$ 卡/度

镉可氧形成 CdO，已知的中间氧化物还有 Cd_2O、Cd_3O_5、CdO_4。

镉的氧化物可被氢、C 及 CO 还原，用 C 还原 CdO 开始于 600℃。

镉的氧化物易溶于酸及硫酸锌溶液中。

加热时 CdO 和铁、铝、硅的氧化物作用形成相应的铁酸盐、铝酸盐、硅酸盐。

硫化镉是镉的重要化合物之一，它溶于浓盐酸、浓硝酸、沸腾的稀硫酸及三价铁盐溶液中，不溶于稀硫酸中，硫化镉的溶度积为 1.4×10^{-28}。在自然界中常以辉镉矿(CdS)的形态存在于有色金属矿石中。

镉的硫酸盐($CdSO_4$)是白色结晶粉末，易溶于水而不溶于酒精。在空气中硫酸镉在 827℃开始离解，846℃时强烈分解形成碱式硫酸镉($5CdO \cdot SO_3$)，后者又在 878℃开始离解。硫酸镉的离解压在 1359K、碱式硫酸镉在 1390K 时均可达到 1 个大气压。

2.2.6.2　铋的化合物性质

Bi_2O_3 是常见的氧化物，比重为 8.2，熔点在 655℃～710℃之间，沸点为 1890℃。Bi_2O_3 的饱和蒸气压为：

温度(℃)	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300
P(mmHg)	0.008	0.031	0.018	0.202	0.465	0.980	1.97	3.83

$Bi(OH)_3$ 为白色絮状沉淀，容易脱去其中的水分子而转变成氧化物。当部分失水时，即变成 BiO(OH)，其中 BiO^+ 常起一价金属离子的作用。$Bi(OH)_3$ 的溶度积为 3.2×10^{-32}，故水溶液中铋盐易水解。但当铋离子浓度较大时，大部分的水解产物常组成不定的碱式盐。

Bi_2S_3 属斜方晶系，比重为 7.39，熔点为 685℃，Bi_2S_3 的溶度积约为 $1\times10^{-98.9}$。Bi_2S_3 与溶于水的碱金属硫化物几乎不起作用，也不溶于碱和氨。

铋与卤素直接加热时，可生成不同价态的卤化物，与一价金属卤化物 MX 可生成络合物 $MBiX_4$，还可形成卤氧化物 BiOX。如 BiOCl，可由 $BiCl_3$ 水解获得：

$$BiCl_3+H_2O=BiOCl+2HCl$$

BiOCl 的溶度积，按不同反应如下：

$$BiOCl+H_2O=Bi^{3+}+Cl^-+2OH^+ \qquad Ksp=1.8\times10^{-31}$$

$$BiOCl=BiO^++Cl^- \qquad Ksp=7\times10^{-9}$$

BiOCl 熔点为 218℃，沸点为 461℃，在空气中加热时，分解成不定组成的氧化物，部分以 $BiCl_3$ 挥发。

2.2.6.3　锑的化合物性质

在灼热的情况下，锑容易氧化并产出三氧化锑白烟，锑与卤族元素能直接化合而放出大量热能。把锑粒置入氯气中甚至可发生燃烧，生成三氯化锑。

锑的硫化物中具有实际意义的是三硫化锑(Sb_2S_3)，其他可能存在的硫化物如 Sb_2S_4，但很少研究。

三硫化锑有两种形态：一种是结晶形，呈银灰色，属斜方晶系；另一种为无定形，视生成条件而有灰黑、红、黄、棕、紫等色。无定形三硫化锑在惰性气体或 H_2S 气氛中加热至 200℃，即变为结晶形。

三硫化锑的比重为 4.5～4.7，熔点 546℃～550℃，沸点 1080℃～1090℃。

三硫化锑极易氧化，常生成 Sb_2O_3，其反应为：

$$2Sb_2S_3+9O_2=2Sb_2O_3+6SO_2$$

三硫化锑在一定温度下能被铁还原为金属锑。用废铁置换的沉淀熔炼是锑的一种工业生产方法。

三硫化锑加热高于 360℃时能与 H_2 起反应，即：

$$Sb_2S_3+3H_2=3H_2S+2Sb$$

超过 500℃时，如气、固两相接触良好，此反应进行迅速，可用于工业生产。

三硫化锑溶于盐酸，生成三氯化锑，即：

$$Sb_2S_3+6HCl=2SbCl_3+3H_2S$$

三硫化锑与三氧化锑在惰性气体下加热，能发生还原反应，产出金属锑和 SO_2；但若在一层熔剂覆盖下受热时，则只互相熔化而形成所谓锑玻璃（$2Sb_2S_3\cdot Sb_2O_3$）。这种化合物熔点（517℃）低，在焙烧硫化锑矿石时，往往漏入炉渣内形成损失。

锑的氧化物已经确定的有 Sb_2O_3、Sb_2O_4、Sb_6O_{13} 和 Sb_2O_5，后两种高价氧化物是不稳定的。在强碱性氧化物的接触下，低价氧化锑可氧化成 Sb_2O_5，如同时有碱性金属氧化物存在，即可结合成锑酸盐。

四氧化锑可看成是一种盐类，即锑酸锑（$SbSbO_4$），为白色粉状物，仅溶于浓盐酸而不溶于其他酸。四氧化锑具有不熔化和不挥发的特性，在硫化锑矿石或精矿焙烧过程中往往引起炉结。最适于四氧化锑生成的温度是 500℃～900℃。

三氧化锑在常温下为白色结晶粉末，有两种结晶状态：一种为斜方晶体，比重 5.6；另一种为正方晶体（八面体），比重 5.22～5.33。在高温时，正方晶体的 Sb_2O_3 变为斜方晶体，转变温度为 570℃。正方晶体的三氧化锑是一种良好的白色颜料，有锑白或锑白粉之称，可用于搪瓷、橡胶、塑料、织染等，工业作为遮复剂、填充剂、触媒剂及防火剂。三氧化锑的熔点为 656℃。三氧化锑的易挥发性是挥发焙烧的理论基础。三氧化锑是一种两性氧化物，不溶于水，亦不溶于稀硫酸和稀硝酸，但能溶于盐酸，其反应为：

$$Sb_2O_3+6HCl=2SbCl_3+3H_2O$$

三氧化锑能完全溶解于酒石酸（$C_4H_6O_6$），这种性质已在工业分析上得到应用。

所有锑的氧化物都容易在不高的温度下被固体碳或 CO、H_2 等还原性气体还原为金属。

在锑的卤素化合物中三氯化锑（$SbCl_3$）最为重要，这是一种白色斜方晶系结晶体，比重 3.1～3.3，熔点 72℃～73.2℃，溶化后为无色液体，能在空气中烟化，商业上称为锑油。

2.2.6.4　汞的化合物性质

（1）汞的氧化物。汞能生成三种氧化物：即氧化汞（HgO）、氧化亚汞（Hg_2O）和过氧化汞（HgO_2）。其中只有氧化汞是稳定的，后两种氧化汞都容易分解。

氧化汞随着晶粒的大小，具有红色和黄色两种形态。黄色的化学活性较红色大。但都能溶于盐酸和硝酸，稍溶于水，不溶于醚和醇。当加热至 426℃以上时，氧化汞就分解成为汞和氧。

（2）汞的硫化物。硫化汞（HgS）是最重要的汞矿物，具有三种不同的形态：红辰砂（a－HgS，比重 8.18）、黑辰砂（a′－HgS，比重 7.7）和 β－辰砂（β－HgS，比重 7.2）。后两种不稳定，如升高温度或有某些触媒剂存在时，都会变成红辰砂。

辰砂易挥发，在常压下不熔化，升华点为 580℃。当辰砂加热到 350℃以上时，就分解为汞和硫。

硫化汞不溶于一般的稀酸，仅溶于王水和煮沸的盐酸。硫化汞也不溶于苛性钠、苛性钾以及硫化铵中，但易溶于碱金属或碱土金属硫化物的水溶液中，这种性质是湿法提汞浸出过程的依据。

（3）汞的卤素化合物：汞能与卤族元素形成许多化合物，其中比较稳定并重要的是汞的氯化物，即升汞（$HgCl_2$）和甘汞（Hg_2Cl_2）。

甘汞为白色结晶体，熔点为 302℃，升华点为 383.7℃，加热时挥发并分解为 $HgCl_2$ 和 Hg。甘汞

实际上不溶于水，仅微溶于硝酸或盐酸中，但易溶于王水中。甘汞是极少数汞的无毒化合物之一。

升汞的外表与甘汞没有区别，熔点为277℃～280℃，沸点为302℃，能溶于水、酸以及酒精中。升汞是剧毒物质。

2.3 几种主要重有色金属的用途及产销

2.3.1 铜的用途及产销

铜是一种具有广泛用途的金属，其应用范围仅次于钢铁和铝。它具有优良的导电、导热性能和良好的延展性能，在干燥的空气中有较强的耐腐蚀性能，能与锌、锡、镍等组成具有优良机械性能的合金。

电气工业是最大的用铜户，其用量约占铜产量的一半以上。例如：制造一部3000千瓦的发电机大约需铜580千克；架设100千米，断面为150mm^{2}的输电线路大约需铜400余吨。

铜合金广泛地用在制造各轴承、开关、油管、换热器、高强度和高韧性铸件、抗热性和高导电性零件等各个方面。

在机械制造业中需要大量的铜板和铜材。

铜是国防工业极其重要的材料，制造飞机、坦克、大炮等需要大量的铜。例如制造100万发子弹就要用铜约14吨。

铜还以各种化合物的形式应用于农药、医疗和民用等工业部门。

我国是一个铜资源严重不足的国家，各类铜矿山年生产能力约50万吨，而铜的冶炼能力在150万吨以上，加工能力则在250万吨以上。2000年以来，我国对铜的需求量大幅提升，成为铜原料和成品铜的进口大国。

2.3.2 镍的用途及产销

镍与铂、钯相似，具有高度的化学稳定性，加热到700℃～800℃时仍不氧化。镍在化学试剂碱液和其他试剂中稳定。镍系磁性金属，具有良好的韧性，有足够的机械强度，能经受各种类型的机械加工(压延、压磨、焊接等)。

纯镍特别是镍合金在国民经济中获得广泛的应用。镍具有良好的磨光性能，故纯镍用于镀镍技术中。特别值得指出的是纯镍还用在雷达、电视、原子工业、远距离控制等现代新技术中。在火箭技术中，超级的镍或镍合金用做高温结构材料。

镍粉是粉末冶金中制造各种含镍零件的原料，在化学工业中广泛用作催化剂。

镍的化合物也有重要用途。硫酸镍主要用于制备镀镍的电解镍，蚁酸镍则用于油脂的氢化，氢氧化亚镍用于制备碱性电池。硝酸镍还可以在陶瓷工业中用做棕色颜料。但是，纯镍金属和镍盐在现代工业用途中消耗不多，而主要是制成合金使用。在工业发达国家中耗镍最多的是美国和英国，占其总产量的60%～70%，其中用于合金的镍量达到80%以上。

随着我国改革开放，工业技术飞速发展，电气工业、机械工业、建筑业、化学工业等对镍的需求也愈来愈大。近十年，我国的镍工业又有了很大的发展。

概括起来镍的用途可分为六类：

(1)作金属材料，制作不锈钢、耐热合金钢和各种合金，占镍消费量的70%。

(2)用于电镀，其用量约占镍消费量的15%。

(3)在石油化工的氢化过程中做催化剂。

(4)用于化学电源，是制作电池的材料。

(5)制作颜料和染料。

(6)制作陶瓷和铁素体。

目前,我国已成为世界第一大不锈钢消费国。近几年来镍的消费始终处于上升态势,2002 年为 11.6 万吨,2003 年为 12.7 万吨,估计 2004 年将达到 13.3 万吨,2005 年为 14.5 万吨。过去十三年,中国镍的消费年增长率为 12.4%,但近五年来镍的消费增长率达到了 26%。由于镍消费领域的不断拓宽,未来全世界对镍的需求将稳定地维持在一个较高水平。

2.3.3 铅的用途及产销

铅能与锑、锡、铋等金属组成各种合金,如印刷合金、易熔合金等。最常用的合金元素是锑,可与铅组成一系列用途广泛的硬铅。

铅的耐腐性特别好,在化学工业上常制成板、皮、管等材料,广泛用于各种设备的防腐衬里及防护材料。铅的化合物(如铅白、密陀僧等)常作为颜料用于油漆、玻璃、陶瓷、橡胶等工业。大量的铅以四乙铅形态加入汽油,作为内燃机燃料的抗爆剂。

现代铅的世界年产量相当于锌的 80%左右。由于铅、锌共生关系,主要产锌国家大都也是主要产铅国家。

2.3.4 锌的用途及产销

锌在潮湿空气中往往形成碱式碳酸锌[$ZnCO_3 \cdot 3Zn(OH)_2$],可以防止锌继续被大气侵蚀。更为重要的是锌的电位较铁负,通过电化作用它能代替铁被腐蚀,所以锌被广泛用于镀复钢铁以防腐蚀。

锌能与许多金属形成性质优良的合金,其中对机械工业、国防工业与交通运输业作用最大的是黄铜(铜—锌合金)与青铜(铜—锌—铅—锡合金)。

高纯锌制造的 Ag—Zn 电池,具有体积小而能量大的特点,适用于飞机及宇宙飞船上仪表的电源。

锌的熔点低,熔化后流动性良好,适于浇铸精密铸件。

目前世界上锌的消费量为 600 万吨左右。主要用于镀锌及精密铸造。某国家锌用途的分配如下:38%镀锌、26%精密铸造、16%黄铜、7%板材、4%氧化物、9%其他。

世界上锌的生产在 20 世纪 60 年代后发展很快。1960 年锌的世界生产量为 308.1 万吨,到 1978 年世界总产量约 700 万吨。现在全世界锌的产量基本稳定在 740 万吨左右。

2.3.5 锡的用途及产销

锡是无毒金属,具有良好的抗蚀性,即使受到腐蚀,产生的化合物也无毒性,因此有 80%的锡用于镀锡(主要是马口铁)及压展成 0.04 毫米以下的锡箔,用于食品和电气工业。

易熔合金大都含有锡,锡也是青铜和耐磨合金的重要组分。锡合金也用于原子能反应堆中代替锆作为包裹材料。纯锡广泛用于半导体工业和超导材料。

氧化锡是优良的白色颜料,用以制造珐琅、宝石和玻璃等。

目前全世界年产锡通常在 20 万吨左右。主要产锡国家为马来西亚、泰国、印度尼西亚、玻利维亚。锡也丰产于中国。

2.3.6 其他几种重有色金属的用途及产销

2.3.6.1 镉的用途及产销

镉大量用于电镀工业。镉和铋一样也是低熔合金的主要原料之一。镉的热中子捕获截面比较大,可作为核反应堆的反射、控制和调节材料。镉也用于制造蓄电池、焊料、光电管及其他光学材料。镉的化合物用于油漆、搪瓷、玻璃,作为高级颜料。

目前镉的世界年产量1万吨左右。主要产镉国家为俄罗斯、日本、美国、加拿大、比利时、法国及意大利。

2.3.6.2 铋的用途及产销

铋与铅、锡、镉等金属可组成一系列低熔合金，用于制造电保险丝、自动装置讯号器材、焊锡等。铋合金具有充填性能，常用于铸字。高纯铋用于核反应堆作载热体或冷却剂，也可用于雷达设备的部件。铋也可用于高矫顽力的磁性材料。铋及其化合物可用于医药。

铋的世界年产量约3000吨，主要产铋国家有秘鲁、玻利维亚、墨西哥、日本、加拿大及澳大利亚。

2.3.6.3 锑的用途及产销

锑油用于涂镀钢铁，使之青铜化，也用于医药和防腐剂。

锑还可形成许多工业上有用的化合物。如锑酸铅为一种黄色颜料；锑酸钠可用于搪瓷工业；吐酒石($KSbO_4C_4H_6$)用于医药等等。

锑的世界年产量7万吨左右，主要产锑国家除中国外还有玻利维亚、南非、俄罗斯、泰国、土耳其、墨西哥、加拿大、摩洛哥、澳大利亚。

2.3.6.4 汞的用途及产销

汞加热时有显著的膨胀性，故广泛用于制作温度计。又由于比重大、导电率低，在电器和机械工业中可用以制造汞弧整流器、水银灯、血压表、气温计、水银真空泵及其他测试仪表。

汞与钠的合金钠(汞齐)容易被水分解，可用来电解食盐溶液，生产氯气和苛性钠。汞能溶解许多有色金属和贵金属，这种特性是混汞法和汞齐冶金的基础。

在医药上汞广泛用于消毒、利尿、治疗胃病、皮肤病等。在农业上可用作杀虫剂。

红色硫化汞是一种高级颜料，广泛用于绘画、印色、化妆品和印刷术，也用于制造防腐油漆。在军火工业上雷汞多年来用于制造火帽，作为起爆剂。

汞在工业上采用铁坛盛装，每坛净重76磅，折合34.5千克。历年来全世界汞的总产量大都在八、九千吨至一万吨。主要产汞国家有西班牙、意大利、墨西哥、美国和加拿大。中国也是丰产金属汞的国家之一。

2.4 几种主要重有色金属的矿物、矿石及精矿组成和分类

2.4.1 铜的矿物、矿石及精矿组成和分类

铜在地壳中的含量约为0.01%，其矿体常为分布较广而富集的矿床，有利于开采和利用。自然界中的铜多数以化合物(即铜矿物)存在。铜矿物与其他矿物聚合成铜矿石，开采出来的铜矿石，经过选矿而成为含铜品位较高的铜精矿。

2.4.1.1 铜的矿物

根据铜化合物的性质，铜矿物分为自然铜、硫化矿和氧化矿三种类型。目前，以自然铜的存在形式在自然界几乎找不到了。其矿物主要是硫化矿和氧化矿，特别是硫化矿分布最广。目前能够得上冶炼经济品位的氧化矿已越来越少。世界铜产量的90%来自硫化矿。表2—1列出了三种矿石类别中的各种铜矿物。

表2—1 铜的矿物

矿石类别	矿物名称	化学分子式	理论成分				
			Cu	Fe	S	As	Sb
自然铜	自然铜	Cu	100				

矿石类别	矿物名称	化学分子式	理论成分				
			Cu	Fe	S	As	Sb
硫化铜	辉铜矿	Cu_2S	79.8		20.2		
	铜蓝	CuS	66.4		33.6		
	斑铜矿	Cu_3FeS	55.5	16.4	28.1		

续表

矿石类别	矿物名称	化学分子式	理论成分				
			Cu	Fe	S	As	Sb
	黄铜矿	$CuFeS_2$	34.5	30.5	35.0		
	黝铜矿	Cu_3SbS_3	46.7	23.5			29.8
	砷黝铜矿	Cu_3AsS_3	52.7	26.6		20.7	
氧化矿	赤铜矿	Cu_2O	88.8				
	黑铜矿	CuO	79.9				
	蓝铜矿	$2CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$	69.2				
	孔雀石	$CuSiO_3 \cdot Cu(OH)_2$	57.5				
	硅孔雀石	$CuSiO_3 \cdot 2H_2O$	36.2				
	胆矾	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	25.5				
	水胆矾	$Cu_2SO_4 \cdot 3Cu(OH)_2$	56.2				
	氯铜矿	$CuCl_2 \cdot Cu(OH)_2$	59.5				

2.4.1.2 铜的矿石

含铜品位在当地当时的技术和经济条件下，具有开采价值的岩石称为铜矿石。目前，工业生产上开采的铜矿石，其最低品位为0.4%～0.5%。

硫化铜矿石中，除了铜的硫化物外，最常见的其他金属硫化物有黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、镍黄铁矿等。这些复合矿石被叫做铜锌矿、铜铅矿和铜镍矿。

氧化铜矿石中，常见的其他金属矿物有褐铁矿、赤铁矿和菱铁矿等及其他金属的氧化物。

铜矿石中的脉石矿物，主要是石英，其次为方解石、云母、垂晶石等。脉石矿物中的主要成分是SiO_2、CaO、MgO、Al_2O_3。铜矿石中还含有少量的砷、锑、铋、硒、碲、钴、钼和金、钼等贵金属和稀散金属。

2.4.2.3 铜精矿

由铜矿床开采出来的铜矿石，在送往冶炼厂冶炼之前需预先进行富集选矿，其目的是分离各种矿物，并使铜富集成精矿。铜精矿是炼铜的基本原料。表2—2列出了某些生产厂家的铜精矿成分。

表2—2 某些铜精矿成分

名称		精矿成分（%）								
		Cu	Fe	Pb	Zn	S	SiO_2	CaO	Al_2O_3	MgO
国内	一厂	11.26～12.66	31.04～32.8	—	—	30.82～32.7	8.73～11.09	0.57～1.05	—	0.65～2.68
	二厂	18.60～18.87	21.39～22.4	—	0.18	20.55	15.43～18.40	2.34～2.02	—	0.75～1.22
	三厂	15.00～17.00	34.55	—	—	27.00～30.00	12.98	1.286	—	—
	四厂	16.44	32.04	0.19	0.56	29.00	7.84	0.48	0.67	—

国外	犹他厂(美)	29.20	24.90	—	—	31.00	7.50	—	—	—
	佐贺关厂(日)	25.60	24.80	0.25	0.62	24.00	10.80	—	—	—
	哈里亚瓦尔厂(芬)	20.70	31.80	—	3.22	33.20	4.80	—	—	—
	诺兰达厂(加)	23.70	28.60	0.90	0.40	27.60	8.20	—	—	—

金川公司经高硫磨浮选矿分离出的铜精矿成分为Cu：68%、Ni：3.5%～4.5%、S：21%、Fe：3.8%(称之为二次铜精矿)。

2.4.2 镍的矿物、矿石及精矿组成和分类

镍在地壳中的含量估计约为0.02%，相当于铜、铅、锌三种金属加起来的两倍之多，但富集成可供开采的镍矿床则寥寥无几。

2.4.2.1 镍的矿物

镍矿通常分为三类：即硫化镍矿、氧化镍矿和砷化镍矿。砷化镍矿的含镍矿物为红镍矿(NiAs)、砷镍矿($NiAs_2$)、辉砷镍矿(NiAsS)，此类矿物只有北非摩洛哥有少量产出。目前镍的生产约有70%产自硫化镍矿，30%产自氧化镍矿。

2.4.2.2 镍的矿石

(1)镍的硫化矿石。

自然中广泛存在的镍硫化矿是(Ni·Fe)S(比重为5，硬度为4)，其次是针硫镍矿NiS(比重5.3，硬度2.5)，另外还有辉铁镍矿3NiS(比重4.8，硬度4.5)、钴镍黄铁矿$(NiCO)_3S_4$或闪锑镍矿(Ni·SbS)等。

硫化镍矿通常含有主要以黄铜矿形态存在的铜，所以镍硫化矿又常称为铜镍硫化矿，另外硫化矿中含有钴(其量为镍量的3%～4%和铂族金属)。

铜镍硫化矿可以分为两类：致密块矿和浸染碎矿。含镍高于1.5%，而脉石量少的矿石称作致密块矿；含镍量低，而脉石量多的贫矿称作浸染碎矿。从工艺观点来看，这种分类便于对各类矿石进行下一步的处理。贫镍的浸染碎矿直接送往选矿车间处理，而含镍高的致密块矿直接送去熔炼或者经过磁选。

铜镍硫化矿的特点是很坚硬，难于破碎，其次是受热时不爆裂，其原因是矿石中的硫化物主要是磁硫铁矿。

铜镍硫化矿石中的平均含镍量变动很大，由十万分之几到5%～7%或者更高。一般是矿石可能含量比较低，但在个别情况下铜的含量可能与镍的含量相等或比镍高。铜镍硫化矿的一般化学成分见表2－3。

表2－3 铜镍硫化矿的化学成分(%)

Ni	Cu	Fe	S	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	Co	其他
5.62	1.77	44.68	27.68	10.01	6.85	1.29	1.4		
2.30	1.9	29.1	17.2	26.8	9.0	3.4	4.2		
2.54	1.08	33.6	20.7	22.4	6.0	1.9	1.7		
0.34	0.46	11.00	2.0	40.45	16.18	8～10	8.12		
1.75	2.6	24.5	11.5	32.0	10	5.0	5.5		
4.83	0.83	51.57	28.00	1.64	0.09		1.0		
7.00	2.56	38.52	27.20	9.3		1.96	3.1	0.17	
4.59	1.46	20.63	13.97	24.30		3.24	6.15		
3.28	4.59	43.22	27.83	7.55		1.16	1.77		
3.46	3.54	46.98	31.55	6.70		0.64	2.42		

(2)镍的氧化矿石。

镍的氧化矿石由含镍在0.2%的蛇纹石经风化而产生的硅酸盐矿石。与铜矿石不同，一般氧化镍矿并不与硫化矿相连在一起。

氧化镍矿分为三类：位于石灰岩与蛇纹石之间的接触矿床的矿石；位于石灰岩上的层状矿石；含少量镍的铁矿（即镍铁矿石）。第一类矿的特点是含镍高，但矿石成分变化很大。第二类矿的特点是矿床规模大，成分较均匀，但含镍量很低。第三类矿——镍铁矿当含铁较高时，则直接送往高炉内熔炼得到铁合金。

在氧化矿石中镍重要以含水的镍镁、硅镁、硅酸盐存在，镍与镁由于其两价离子直径相同，常出现类质同晶现象。自然界发现的氧化矿物列在表2—4中。

表2—4 镍的氧化矿物

矿物	化学式	硬度	比重
氯镍矿	NiO	5.5	6.5
镍翠玉	$NiCO_2 \cdot 2Ni(OH)_24H_2O$	5.0	2.6
镍钒	$NiSO_4 \cdot 7H_2O$	2.0	2.0
细粒蛇纹石	$2NiO \cdot 3SiO \cdot 3H_2O$		2.55
暗蛇纹石或滑面暗蛇纹石	$(Ni \cdot MgO) \cdot SiO_2 \cdot nH_2O$	2～3	2.3～2.8
油光蛇纹石	$(Ni \cdot Mg \cdot Ca \cdot Al)SiO \cdot nH_2O$		
硅铝镍铁矿	$(Ni \cdot Mg \cdot Ca \cdot Al)SiO_2 \cdot nH_2O$		
硅镍石	$4Ni \cdot 3SiO_2 + MgO \cdot SiO_2 + 12H_2O$		
镍绿泥石	$RSiO_3 \cdot 2H_2O$，R=Ni、Mg与Fe		2.77

常见的氧化镍矿物是暗镍蛇纹石、滑面暗镍蛇纹石和镍绿泥石，它们的成分一般可以用$(Ni \cdot MgO)SiO_2 \cdot nH_2O$表示，为了便于冶金计算起见，可把它作为$Ni \cdot SiO_3 \cdot mMgOSiO_3 \cdot nH_2O$，其中系数$m$和$n$按矿石的元素和矿物的成分来确定。

在氧化矿中几乎不含铜和铂族元素，但常常含有钴，其中镍与钴的比例一般为(25～30)∶1。

氧化镍矿的特点之一是矿石中含镍量和脉石成分非常不均匀。由于大量黏土的存在，氧化镍矿的另一特点是含水分很高，通常为20%～25%，最大到40%。氧化镍矿通常含镍很低，只有0.5%～1.5%，在极少量的富矿中含镍才达到5%～10%。氧化矿的一般化学成分列于表2—5中。

表2—5 常见氧化矿的化学成分(%)

Ni	Co	S	Fe	SiO_2	Al_2O_3	MgO	CaO	结晶水
5.2	0.5	0	10.0	53.0	0.5	15.0	1.7	9.9
1.3	0.04	0	12.0	39.0	5.0	14.0		10.0
0.96		0.1	12.7	38.2	21.25	1.02	1.72	
1.47		0.1	13.1	34.34	24.6	0.79	1.52	
4.34		0.08	14.0	48.58	8.10		2.72	

(3)镍的砷化矿石。

含镍的砷化矿发现很早(1865年)，而且在炼镍史上起过重要作用，但是后来没有发现这一类型的大矿床，因而现在从含镍砷矿中提炼镍仅限于个别国家。含镍的砷矿物有红砷镍矿(NiAs)、白毒砂或砷镍矿($NiAs_2$)和辉砷镍矿(NiAsS)。

2.4.2.3 镍精矿

金川公司冶炼厂所用的原料主要是自产的铜镍精矿，还有部分外购原料作为补充，以保证公司镍产品逐年提高的需要。

(1)铜镍精矿的化学成分。

冶炼厂使用的精矿原料一般可分为前期精矿和后期精矿两种类型。前期精矿主要是指1983

年以前来自一矿区龙首矿和露天矿所产原料经选矿得到的精矿，此类精矿含镍 3.5%～5%、铜 1.6%～2.5%、钴 0.14%～0.2%。此外还含有金、银及铂族金属，在冶炼过程中进行综合回收；后期精矿主要是指现在一矿区龙首矿和三角矿柱（龙首矿和露天矿之间）及二矿区井下开采的矿石，经选矿供给电炉和闪速炉熔炼用的精矿，其成分列于表 2－6 中。

表 2－6　铜镍精矿的化学成分(%)

炉型	Ni	Cu	Fe	Co	S	SiO_2	CaO	MgO
电炉	6.09	3.02	35.36	0.17	25.43	10.29	1.76	8.29
闪速炉	6.605	2.81	39.57	0.19	27.19	8.13	1.09	6.10

值得说明的是金川镍闪速炉投产后使用的精矿与原设计有一定的差距。原设计中 Ni7%、Cu3%、Co2%、S26%、MgO　5%、$SiO_2$6%、Fe41%。但闪速炉投产后所使用的精矿中 MgO 和 S 含量都较高，使精矿的矿物组成有一定的变化。

表 2－7　金川与国外硫化镍精矿化学成分(%)

国家	厂家	工艺法	Ni	Cu	Co	Fe	S	MgO	SiO_2	CaO
加拿大	哈利特高尔顿	湿法	10	2	0.5	38	31			
加拿大	汤母森	电炉	7.5	0.25		41	28	2	12	
加拿大	铜崖	鼓风炉	6.0		42	28				
芬兰	哈里亚法尔塔	闪速炉	6.0	0.5	0.24	38	26	7	15	
澳大利亚	卡尔古里	闪速炉	10.57	0.93	0.19	27.05	29.58	5.53	10.13	
中国	吉林	电炉	6.52	0.46	0.2	22.18	15.98	1.02	26.43	3.16
中国	金川	电炉	6.09	3.20	0.17	35.36	25.43	8.29	10.29	1.76
中国	金川	闪速炉	6.605	3.81	0.19	39.57	27.2	6.10	8.13	1.09
俄罗斯	柳琴斯克	闪速炉	7.63	3.57	0.34	47.86	33.02	0.437	2.04	
博茨瓦纳	皮克威冶炼厂	闪速炉	2.9	3.4						

(2)铜镍硫化精矿的矿物组成。

金川硫化镍精矿的主要金属矿物成分是镍黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、黄铁矿、墨铜矿等；脉石矿物主要为蛇纹石、滑石、绿泥石等。脉石矿物都是高铁镁的硅酸盐类，在电炉或内速炉熔炼中变为渣相矿物。

金川各矿源所选出镍精矿的矿物成分略有不同，与国外几个著名矿山所产的镍精矿也有差异，这种差异不仅表现在数量上，而且也表现在金属矿物种类和脉石种类上，其差异对冶炼工艺有一定的影响。

2.4.3　铅的矿物、矿石及精矿组成和分类

2.4.3.1　铅的矿物

在自然界中分布最广、开采最多的是硫化铅矿，其主要组成为方铅矿（PbS），属原生矿，主要共生矿物为闪锌矿（ZnS），故常合称为铅锌矿，主要伴生矿物为辉银矿（Ag_2S），含银高时称为银铅矿，此外还常伴生有黄铁矿（FeS_2）、黄铜矿（$CuFeS_2$）、硫砷铁矿（FeAsS）、辉铋矿（Bi_2S_3）和其他硫化矿物。铅矿或铅锌矿的脉石大都为石英、方解石、重晶石等。

2.4.3.2　铅的矿石

氧化铅矿主要由白铅矿（$PbCO_3$）和铅矾（$PbSO_4$）组成，属次生矿，常出现在原生矿的上层，或与硫化矿共存而形成硫化氧化复合矿。铅矿或铅锌矿除含有 Cu、As、Sb、Bi、Cd 和金银外，有些还含有少量 In、Ti、Ge、Te 等稀散金属。

我国的辽宁、吉林和湖南等省的铅矿都是含有多金属的铅锌矿床。云南、青海等省蕴藏有很多铅

锌氧化矿。广东某铅锌矿既含有硫化矿物又含有氧化矿物，属于复合矿。

2.4.3.3 铅的精矿

现代开采的铅矿石的含 Pb 量变动在 0.4%～1.5%范围。这种低品位原矿石不能直接冶炼，必须预先经过选矿对铅、锌和铜等加以分离和富集，以获得含 30%～75%Pb 的铅精矿。几例具体成分如表 2—8 所示。

表 2—8 铅精矿成分(%)

		Pb	Zn	Cu	S	Fe	SiO_2	CaO	Ag (g/T)	Au (g/T)
国内	一厂	62.5	8.5	1.0	15.5	4.0	4.6	1.0	—	—
	二厂	57.5	6.7	0.2	13.5	5.2	0.6	3.4	—	—
	三厂	38.0	6.2	0.04	27.7	18.7	3.7	0.5	—	—
国外	赫尔菇兰厂(美国)	66～73	0.6～2.0	0.2～1.3	15～16	2.5～4.0	—	—	34～68	1.2～1.6
	特雷尔厂(加)	64.0	8.0	—	18.2	6.5	12～13	—	—	0.1～1.0
	皮里港厂(澳)	74.5	4.6	0.7	15.2	2.0	1.3	—	1000～5000	0.4

2.4.4 锌的精矿组成和分类

目前生产锌的原料大都是浮选硫化锌精矿。炼锌厂所采用的几种锌精矿的化学成分列于表 2—9。

表 2—9 硫化锌精矿的化学成分(%)

Zn	Fe	S	Pb	Cd	Cu	As	Sb	SiO_2	CaO + MgO
44.57	10.92	32	1.80	0.19	—	0.39	0.037	4.96	—
48.87	10.3	31.21	1.84	0.23	—	0.24	0.023	6.24	1.37
53.45	3～5	28～30	0.4～1	0.11	0.3～0.5	0.09	0.01	3.59	1.05
57.2	4.3	30.8	1.87	0.11	0.02	—	—	0.30	—
58.9	2.7	29.2	1.14	0.39	0.07	—	—	0.77	—
59.4	3.35	32.55	0.27	0.34	0.16	—	0.0035	3.43	—

从表 2—9 看出，硫化锌精矿的主要成分为 Zn、Fe 和 S，三者共占总量的 90%～95%。硫的含量变化不大，为 30%左右，锌与铁的含量波动范围较大：40%～60%的 Zn，2%～12%的 Fe。但是锌含量增加时，铁含量就会降低，反之亦然。所以提高精矿品位主要在于降低其中的铁含量。从经济价值来考虑，处理锌精矿的目的，首先应该回收锌与硫，因为两者加起来约占精矿总量的 80%。

锌精矿中的锌主要是以闪锌矿(ZnS)的形态存在。含铁高的锌精矿，往往有一部分，甚至一大部分以闪锌矿($nZnS \cdot mFeS$)的形态存在。如果精矿中这种复杂的锌矿物较多，则选择冶炼方法时必须慎重。单独存在于锌精矿的铁矿物主要是黄铁矿。

现在开采的锌矿床，许多是铅锌复合矿。所采矿石照例经优先浮选，分别得到铅精矿和锌精矿。锌精矿中一般含铅为 0.5%～2%，对锌的冶炼影响不大，也比较容易在冶炼过程中回收。但也有些铅锌复合矿难于分选，以选一种铅锌混合精矿较为合适，这种混合精矿可采用密闭鼓风炉炼铅锌。也有更为复杂的铜铅锌矿，选出的锌精矿可能含铅高，但只要含铜不太高，也可以采用鼓风炉处理。

到现在为止还没有发现单独的镉矿床，硫镉矿主要伴生在锌矿石中，因此镉是炼锌的副产品。精矿中的微量元素 In、Ge、Ga、Re、Hg 等，在选择冶炼方法时，则必须考虑加以综合回收。

硫化锌精矿的粒度细小，小于 0.07 毫米粒级的占 50%以上。精矿的粒度对选择工艺条件也是重要的。采用沸腾焙烧处理粒度较小的精矿时应选择较小的鼓风直线速度。

锌精矿的堆比重为 1.7～2。送到冶炼厂的浮选锌精矿一般含水分 10%～15%，冶炼前大都要进行干燥。

炼锌的主要原料除了硫化锌精矿以外，还有氧化矿。在氧化矿中锌主要以菱锌矿($ZnCO_3$)存在。

这种矿石尚无完善的选矿富集方法，往往以原矿的形式送到冶炼厂。这种矿石含 SiO_2 很高，无论采用现行的哪一种方法进行冶炼，都存在一定的困难。而且这种原料往往含有较多的锗、氟和氯，对冶炼过程也有不利影响，有待研究出合理的冶炼方法。

随着冶金技术的不断发展，以前作为废料处理的含锌物料（如含锌 5%～6%的炉渣），现在大都采用烟化法处理，得到大量的氧化锌粉，给锌冶炼开辟了一个重要原料来源。如澳大利亚皮里港铅锌冶炼厂年产电锌 4.5 万吨，完全是处理本厂铅炉渣烟化所得的氧化锌物料。表 2—10 列出几种氧化锌物料的化学成分。

表 2—10　氧化锌物料的化学成分(%)

Zn	Pb	SiO_2	As	Sb	Cl	F
55～60	8～12	2.2～3.2	0.2～0.3	0.08～0.12	0.2	1.0～1.5
58～60	9～12	—	0.3～0.4	0.06～0.09	0.01～0.15	0.8～1.4
61.9	9.8	2.3	—	—	—	—

氧化锌粉物料的堆比重较小，为 0.6～0.7，同时含有较多的挥发性杂质 As、Sb、F、Cl 等，还含有一些还原剂（燃料中的有机物）。这种氧化锌粉直接进行湿法冶金是不利的。我国炼锌厂是将这种氧化锌粉预先在多膛炉里进行中温焙烧（最高温度为 650℃～700℃），脱除这些杂质，然后再送往湿法处理。皮里港铅锌冶炼厂，是将烟化炉氧化锌粉（堆比重为 0.7 吨/米^3），在回转窑中进行焙烧脱氟脱氯，氧化锌粉的堆比重也提高到 3.0 吨/米^3。

焙烧前后的氧化锌成分（%）如下：

	Zn	Pb	F	Cl
焙烧前	66.0	12.5	0.25	0.20
焙烧后	68.0	12.0	0.005	0.02

氧化锌粉物料中往往富集有 In、Ge、Cd、Tl 等稀有元素，必须注意综合回收。近年来国外许多鼓风炉炼锌厂也大量处理各种氧化锌物料，包括炼钢厂的含锌烟尘。

2.4.5　锡的矿物、矿石及组成和分类

2.4.5.1　锡的矿物

迄今发现的锡矿物已达 20 种，其中最有工业价值的为锡石（SnO_2），其次为黝锡矿（$Cu_2S \cdot FeS \cdot SnS_2$），还有一些只能作为稀有金属矿开采，如锡砷硫钒铜矿[$Cu_3(As、Sn、V、Fe、Ta)S_4$]、钽锡石（$Ta_2O_5 \cdot SnO_2$）和钙铌钽矿（铌铁锰钙的锡钽酸盐和铌酸盐）等。

2.4.5.2　锡的矿石

锡的矿床根据成因不同，分为两大类，即脉锡矿床和砂锡矿床。

脉锡矿床是由于花岗岩和花岗闪长岩岩浆侵入后，继之产生的伟晶花岗岩过程，气化过程和高温热液过程而形成的，最常见的锡矿床发展区在活性花岗岩侵入圈的内外层附近。脉锡矿床分为以下几种类型：(1)锡石—伟晶花岗岩矿床；(2)锡石—石英矿床；(3)锡石—硫化物矿床；(4)锡石—氧化物矿床。中国资源中占主要地位的脉锡矿床是后两种。

脉锡矿床暴露于地表，遭受自然界风化（化学和物理）作用的破坏后，因为锡石的硬度、比重及化学稳定性大而积集在脉锡矿风化后生成的疏松沉积层中就形成砂锡矿，因此砂锡矿通常在脉锡矿床附近出现。以下几种砂锡矿比较重要：(1)残坡积砂锡矿床；(2)冲积砂锡矿床；(3)海滨砂锡矿床。中国目前占首要地位的砂锡矿是残坡积砂锡矿床，其次为冲积砂锡矿床。

从各类矿床开采的锡矿石，除含锡石外，还含伴生金属矿物和大量脉石等，含锡品位一般很低。目前，中国开采的脉锡矿床最低锡品位为 0.5%～0.2%，残坡积砂锡矿床为 0.1%，冲积砂锡矿床为

0.01%。据报道，国外开采砂锡矿的最低锡品位为0.01%～0.02%，而开采单纯锡石的脉锡矿最低锡品位为0.1%～0.2%，但对含多种金属的脉锡矿和砂锡矿则含锡品位可以更低。例如，马来西亚开采的砂锡矿最低为0.01%～0.02%，印尼为0.04%～0.05%，玻利维亚开采的脉锡矿含锡1.2%～1.7%，而美国某矿从钼矿中回收锡钨的共同品位只有0.001%。

2.4.5.3 锡精矿和中矿

锡矿石照例必须经过选矿，以获得适合熔炼要求的锡精矿。

锡精矿的成分是决定冶炼流程的重要依据之一，对现有生产技术经济指标也有重要影响。通常锡精矿品位越高，则冶炼成本越低，反之亦然。因此，在可能条件下，总是希望获得高品位锡精矿。国内外各炼锡厂进厂的锡精矿平均成分如表2—11所示。

表2—11 国内外各炼锡厂锡精矿的平均成分(%)

厂名	Sn	Pb	S	As	Sb	Cu	Bi	Fe	WO_3	CaO	SiO_2
国内一厂	41.34	10.30	0.44	0.59	0.013	0.09	—	19.47	—	0.24	0.99
国内二厂	50.07	1.63	4.62	1.65	0.49	0.01	—	10.24	—	1.50	3.40
国内三厂	60.72	0.2～0.8	0.2～1	0.5	—	—	0.1～0.3	3～7	2.0	0.5～1	1.5～4.2
东方冶炼(马)	75.52	0.024	0.06	0.02	—	0.006	0.004	0.52	TiO_2 0.31	—	—
佩尔蒂姆炼锡厂(印尼)	70.12～73.66	0.028	0.13～0.21	0.005	0.001	0.043	0.001	0.93～2.4	—	—	1.08～1.1
文托炼锡厂(玻)	41.3	0.097	5.5	0.48	0.024	0.16	0.058	12.3	0.05～0.8		1～15
得克萨斯炼锡厂(美)	28.43	2.69	4.05	0.58	0.089	0.19	0.10	23.5			
新西伯利亚炼锡厂(俄)	40～60	0.4～1.2	3～6			0.2～0.5		4.2～7.7			11～19.0

从表2—11可见，提供炼锡厂的精矿是很不相同的。国外炼锡厂根据生产实际，将锡精矿分为三种类型：(1)高品位精矿，含锡50%以上，常常超过70%；(2)中等品位精矿，含锡30%～50%；(3)低品位精矿，含锡小于30%。

中国各炼锡厂锡精矿含锡波动在40%～60%之间，根据含杂质种类和数量的不同分为：(1)高铁或高铁、铅的精矿；(2)高硫、砷精矿；(3)低铁精矿。对于不同类型的精矿应采用不同的冶炼流程。

除锡精矿外，中国一些选厂在处理的矿石中锡石粒度细、含铁高、单体锡石少、铁锡连生体多的情况下，产出多种锡产品，即在保持、甚至提高最终锡精矿品位的同时，产出部分富中矿(5%～10%Sn)和难选中矿(1%～2%Sn)，使锡的选矿回收率提高约10%，增加了锡的产量。富中矿用烟化炉挥发富集后提取锡，难选中矿采用氯化挥发法回收锡和其他伴生金属，这样锡的选冶综合回收可以达到70%或更高。

玻利维亚等国的选矿厂，根据矿石特点产出低品位(10%～30%Sn)的锡精矿和中矿(3%～3.5%Sn)，也大幅度地提高了选锡的回收率。低品位锡精矿的直接冶炼，各国均在实验研究之中，当前还需经过复杂的炼前处理，然后用还原熔炼法提取锡。

2.4.5.4 国内外的锡矿资源

据最近报道，国内外锡矿资源按金属计约为1000万吨。总储量的90%以上集中在东南亚、南美和非洲几个国家。从我国南部经泰国、马来西亚、印尼直到澳大利亚是世界有名的锡矿带(占67%)，其次为南美洲的玻利维亚和巴西等(占16%)，第三是俄罗斯和英国(占9%)，第四是非洲的尼日利亚和刚果金等(占7%)。

就开采矿床类型而言，现在世界上约70%的锡是由砂锡矿得到的。有的国家，例如马来西亚、印尼、泰国和尼日利亚约95%的锡是采自砂锡矿，而玻利维亚则约95%是采自脉锡矿，俄罗斯70%为脉锡矿，30%为砂锡矿。据估计，东南亚各国的海底砂锡是有前途的。

我国锡的资源很丰富，主要的锡矿产地集中在云南南部和广西的西北部及东北部，其次是广东、湖南和江西。新中国成立以来，勘探的资料证明，现有的锡储量中，脉锡矿约占65%，最重要的是锡石一硫化物矿床。当前的总采选量中，砂锡矿约占75%，其中以残坡积砂锡矿为主。

2.4.6 其他几种重有色金属的矿物、矿石及精矿组成和分类

2.4.6.1 炼镉原料

镉是一种较稀有的元素，在自然界以硫化镉矿物存在，但没有单独矿床，常与铅锌矿共生，含量在0.01%～0.7%之间，在选矿过程中大部分进入锌精矿。因此，目前绝大多数的金属镉是从锌冶炼的中间产品中回收的。含锌的铅和铜矿也含有一定量的镉，常可附带回收。

炼镉原料大都是冶金工厂的半产品，主要有：锌湿法冶金净化工序产生的铜镉渣，锌蒸馏工厂的富镉兰粉，铜、铅、锌冶炼的烟尘，锌钡白工厂的浸出渣等，其中镉的含量一般波动较大。

2.4.6.2 炼铋原料

(1) 铋的矿物。铋的天然矿物有：自然铋（Bi)、辉铋矿（BicS)、铋华（Bi_2O_3)、菱铋矿（$nBi_2O_3 \cdot rnCO \cdot HzO$)、铜铋矿（$3Cu_2S \cdot 4Bi_2S_3$)、方铅铋矿（$Pb_2Bi_2S_5$）及含铋方铅矿等。主要的铋矿物是辉铋矿，大多与铜、铅、钨、钼等金属矿物共生。通常需预先选矿分离出铋精矿，作为冶炼原料。

(2)我国炼铋原料来自单独铋矿石或其精矿的约占50%，其余来源于铅、铜、锡、钨等选矿、冶炼中的副产品。

(3)铋的精矿。按其选矿方法和特点可分为以下两类：

①精矿：由铋矿或铅、锡、钨、钼、铜等复合矿经浮选而得，晶位波动较大(Bi10%～60%)，其中以硫化铋和自然铋为主。

②中矿：由上述选矿过程中所得的中间产品，特点是成分复杂，含Bi常在5%～15%，伴生金属含量较高。

炼铋原料，按其来源和特点还可分为以下两类：

①其他金属生产过程中的副产品。如铅或锡的精炼渣，铅、锡、铜电解阳极泥等。

②低品位多金属复杂矿。品位较低，含有少量伴生金属，无法选矿富集，也不能直接处理，其提取方法视其具体情况而定。

2.4.6.3 炼锑原料

(1)锑的矿物。锑的工业矿物主要是辉锑矿(Sb_2S_3)，其次是硫汞锑矿($HgS \cdot 2Sb_2S_3$)、脆硫锑铅矿($Pb_2Sb_2S_5$)和黝铜矿($Cu_8Sb_2S_5$)，这些都是原生矿物。再次是次生的方锑矿(Sb_2O_3)、锑华(Sb_2O_3)、锑赫石(Sb_2O_4)及硫氧锑矿($2Sb_2S_3-Sb_2O_3$)，这些氧化矿物是原生锑矿的风化产物。

(2)锑的矿石。辉锑矿呈灰黑色，属斜方晶系，常呈长而闪亮的柱状晶体，或呈柱状晶簇，伴生的金属矿物多为方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、褐铁矿及毒砂，有时含有自然金和自然银。脉石矿物多为石英、方解石、重晶石、氟石等。

我国是世界上辉锑矿最多的国家，分布很广，储量丰富，并且比较纯净，只湘中和湘西某些矿山含

有自然金，也有个别锑矿与白钨矿共生。其他重要产地为南非、墨西哥和玻利维亚。在南非与辉锑矿伴生的黄铁矿中也含有金，目前是世界上重要的黄金产地之一。

硫汞锑矿产于墨西哥和阿尔及利亚，与脆硫锑铅矿及辉锑矿共生。中国也发现有丰富的硫汞锑矿，广西则有脆硫锑铅矿产地。非洲的津巴布韦，南美的秘鲁，玻利维亚以及美国和加拿大都产脆硫锑铅矿。黝铜矿产于南非、法国、玻利维亚和秘鲁，与辉锑矿共生，但储量不大。

方锑矿和锑华，多出现于辉锑矿床的露头和上部，呈柱状结晶，色白带有浅灰色。中国个别矿山产有这种氧化矿，与硫化矿共生，称为混合锑矿。外国仅阿尔及利亚是方锑矿的重要产地。

锑赭石呈柱状结晶，颜色为白色、硫黄色或淡红色，也多产于硫化锑矿床的露头部分，很少形成单独的矿床，仅意大利和阿尔及利亚有少量生产。

锑矿属于热水矿床类型，为一种浅生矿床，含锑矿物呈脉状，或浸染于石灰岩、硅化石灰岩或页岩内。

(3)锑的精矿。锑矿的品位一般很低，开采出来的矿石大都要经过重选和浮选，产出锑精矿，含锑50%～60%(纯 Sb_2S_3 含锑 71.4%)，然后再进行锑的提取。

2.4.6.4 炼汞原料

(1)汞的矿物。目前已知的含汞矿物有三十多种，其中有工业价值的有辰砂、β—辰砂、硫汞锑矿($HgS \cdot 2Sb_2S_3$)及汞黝铜矿($2Cu_2S \cdot HgS \cdot Sb_2S_3$)，而以辰砂最常见。

(2)汞的矿石。辰砂为原生矿物，系由碱性溶液沉淀生成，伴生矿物有黄铁矿—黄铜矿、辉锑矿及雄黄等。一般，辰砂在矿床中很少富集在一起，多呈细脉或浸染分散于岩石内，因此开采所得原矿石品位很低，大都在1%以下，一般为0.5%左右。由于汞矿石的焙烧比较简单，汞又容易从矿石中挥发出来，所以含汞在0.1%以上的汞矿石，如果该地区技术、经济、环保条件都比较好，即可直接送去冶炼。随着汞矿石品位愈来愈低，有可能开采品位为0.01%的汞矿，同时汞矿中常含有砷和锑矿物应综合回收。低品位汞矿冶炼时燃料消耗大，要求庞大的设备，劳动条件难以改善，因此，与其他有色金属一样，汞矿的选矿也显得愈来愈重要。

(3)汞的精矿。由于辰砂具有天然的鲜艳红色，许多矿山大都采用初步手选，然后经重选与浮选选出汞精矿。例如将含汞0.76%的原矿石经过破碎筛分到100目，经浮选可以得到含汞为21%的汞精矿。某厂湿法炼汞所用汞精矿的化学成分(%)如下：Hg10～15，S19～21，$Al_2O_3$10～11，$Fe_2O_3$14～18，CaO5～6，MgO0.5～1.0，$SiO_2$10～15。

关于浮选汞精矿的干燥，中国某厂试制成功一种电热螺旋干燥机，改变了过去板上人工翻矿、捅矿、搬运的重体力劳动和汞害严重的劳动条件。

2.5 几种重有色金属的冶炼方法

2.5.1 铜的冶炼方法

由铜矿石或精矿提取铜，有湿法和火法两种方法。在具体生产中采用哪一种方法决定于矿石的化学成分和矿物组成、矿石中铜的含量、环境条件(燃料、水、电力、耐火材料等的价格)诸因素。目前，对硫化矿主要是采用火法冶金，这种方法适应性较强。所以，全世界以火法冶金获得铜的占大多数，利用湿法冶金获得铜的只有15%左右。

图2—1所示为火法炼铜的主要流程。图中点线表示较少用，点画线表示应用正在增加。在处理硫化矿石和精矿的实践中，一般采用鼓风炉熔炼、反射炉熔炼、电炉熔炼和闪速炉熔炼四种熔炼方法。此外，也有采用连续炼铜的。

从火法处理硫化矿的历史不难看出，铜冶金方法逐步向节能、高效、少污染方向发展。20世纪30

年代前，鼓风炉熔炼是主要的炼铜方法；30 年代后，反射炉熔炼取代了鼓风炉熔炼；70 年代，闪速熔炼迅速发展，成为当前能替代反射炉的成熟方法。近年来，连续炼铜的三菱法和诺兰达法已应用于工业生产，在一些电力充足且价格便宜的地区和国家采用电炉熔炼还是比较适当的。

湿法冶金是处理氧化矿、选矿尾矿和铜矿山废矿石发展起来的。此法是用硫酸、氨的水溶液以及其他溶剂来浸出矿石，铜进入溶液中，并在下一步以金属、氧化物或硫酸铜（胆矾）的形式从溶液中析出。目前，湿法冶金已发展到处理硫化精矿、复合矿等，直接处理硫化矿是湿法冶金的一个主要发展方向。但从目前来看火法处理硫化矿仍然是现代冶金的主流，湿法处理硫化矿在效率和能耗方面尚不如闪速熔炼和三菱连续炼铜等火法优越。从今后变化情况来看，铜矿日益贫化，低品位硫化矿、氧化矿、复合矿及尾矿成为主要来源。同时，湿法冶炼不产出 SO_2，无大气污染问题，故湿法冶炼将是今后处理这些原料的好方法。

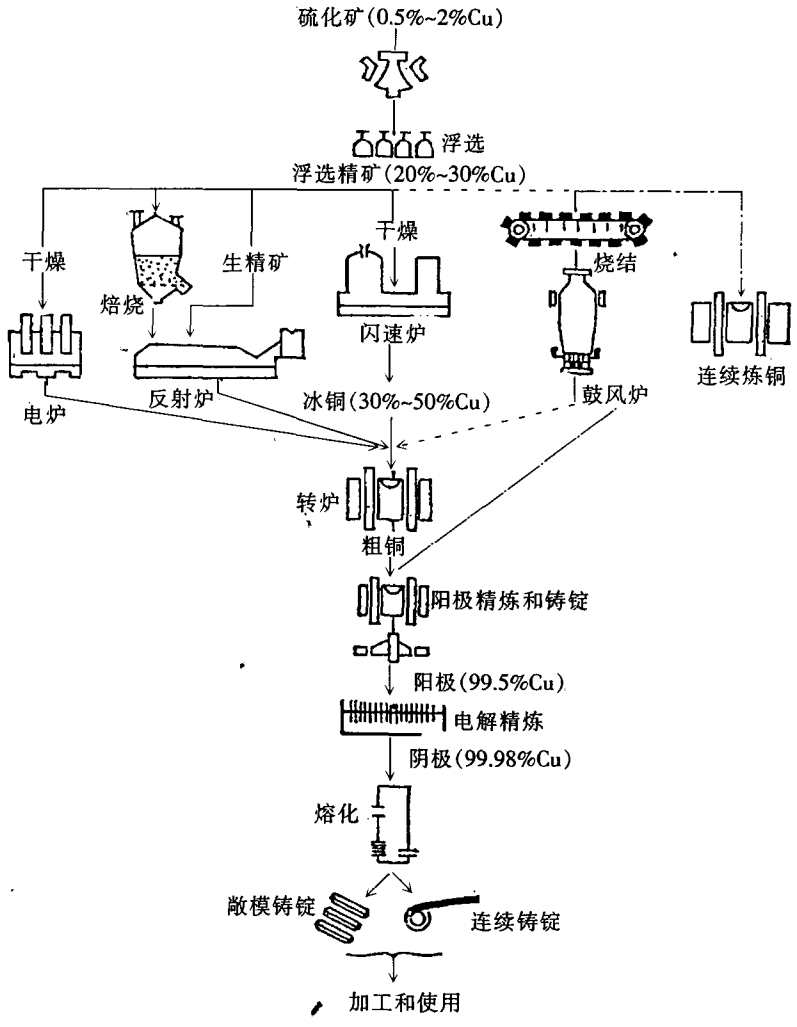


图 2—1　火法炼铜的主要流程

图 2—2 所示为湿法炼铜的主要流程。

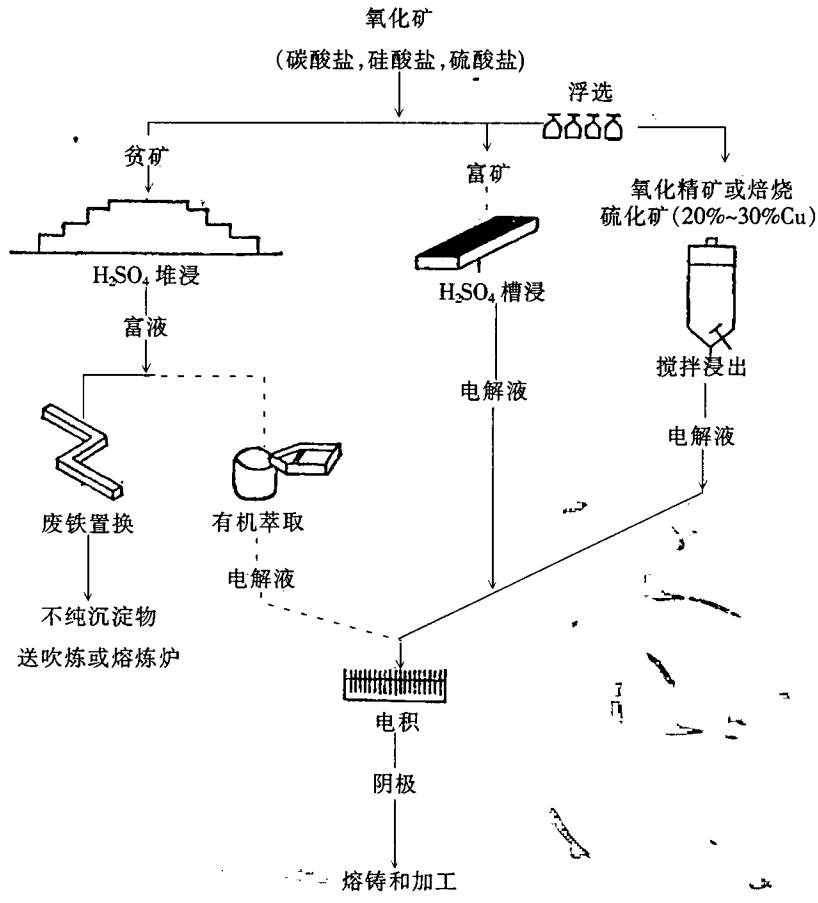


图 2—2　湿法炼铜的主要流程(……表示应用较少但正在增加)

2.5.2　镍的冶炼方法

随着科学技术的不断发展,镍的冶炼方法得到了进一步改进,工艺过程的自动化水平也有较大提高。目前,比较通用的方法概括起来有火法冶炼和湿法冶炼两大类。

2.5.2.1　镍的火法冶炼

氧化镍矿火法冶炼:

鼓风炉还原硫化熔炼　吹炼　电炉还原　粗镍锭、镍块;

电炉还原熔炼　镍铁;

回转窑粒铁熔炼　含镍粒铁;

高炉熔炼　镍磷铁。

硫化镍矿火法冶炼:

鼓风炉熔炼　转炉吹炼　分层熔炼　熔铸　电解精炼　电镍;

反射炉熔炼　转炉吹炼　浮选分离　熔铸　电解精炼　电镍;

电炉熔炼　磨浮分离　熔铸　电解精炼　电镍;

闪速炉熔炼　磨浮分离　熔铸　电解精炼　电镍;

另外,通过上述熔炼方法经氧气顶吹转炉吹炼,利用羰基法可以制取镍丸或镍粉。

2.5.2.2　镍的湿法冶炼

氧化矿湿法冶炼:

高压酸浸　硫化氢还原　硫化镍精矿;

还原焙烧　氨浸出　氢还原　镍粉、镍块；

硫化镍矿湿法冶炼：

常压酸浸　还原熔炼　电解精炼　电镍；

高压氨浸　氢还原　镍粉。

由于镍矿具有品位低、成分复杂、伴生脉石多、属难熔物等特点，所以使镍的生产方法比较复杂。根据矿石的种类、品位和用户要求的不同，可以生产多种不同形态的产品，通常有纯镍类：电镍、镍丸、镍块、镍锭、镍粉；非纯镍类：烧结氧化镍和镍铁等。近些年来，由于合金钢冶炼技术的发展，原来大多数采用纯镍类原料生产合金钢和不锈钢的企业，已改用非纯镍类，原因是这样做比较经济。

2.5.2.3　高镍锍铜镍分离方法介绍

由于高镍锍除含镍和硫以外，还含有相当数量的铜，并富集了原料中的铂族金属和金、钴等贵金属，因此，高镍锍的分离和精炼是镍冶炼工艺中的突出问题。在镍冶金发展的早期阶段，通常采用三种方法处理高镍锍，即分层熔炼法、优先浸出法、低压羰基法。进入 20 世纪 70 年代以来，国内外高镍锍铜镍分离和提取工艺得到了飞速发展，可大致分为两大类：一类为湿法选择性浸出法，另一类为羰基法。

湿法选择性浸出法因其铜镍提取方法不同，大致可分为五种。

(1)硫酸选择性浸出——电积法：芬兰哈贾伐尔塔精炼厂、南非的吕斯腾堡厂均采用这一工艺，但其流程又不完全相同。如芬兰哈贾伐尔塔精炼厂处理的高镍锍含(%)：Ni75、Cu15、S7、Co0.7、Fe0.5、Ni/Cu=5。原先采用两段常压浸出，由于镍浸出率低，现已改为三段常压浸出。吕斯腾堡厂处理的高镍锍含(%)：Ni 约 50、Cu 约 28、S 约 22，采用两段加压浸出，电积提铜和电积提镍。这种浸出分离与部分净液相结合的工艺流程比较简单，缺点是电能消耗大，当 Ni/Cu 比低时选择性浸出效果较差。

(2)硫酸选择性浸出——氢还原：本工艺与上一工艺相比不同之处在于以加压氢还原取代镍电积。代表性的工厂为 1974 年投产的美国镍港精炼厂。其流程为高镍锍熔化－水淬－细磨，然后经一段常压浸出和两段加压浸出，浸出液经净化后用加压氢还原法制得镍粉。南非英帕拉厂所采用的流程与镍港精炼厂类似，不同之处是采用三段加压浸出。本工艺与上一工艺相比，流程比较简单，但能源消耗和药剂消耗都比较多；镍粉售价虽较高，然而在市场销售上的灵活性不如电解镍。

(3)舍里特·高而顿法：即加压氨浸－氢还原法，代表性的工厂为澳大利亚的克威那拉镍精炼厂。该厂原设计处理硫化镍精矿，1974 年后改为处理卡尔古利镍冶炼厂的高镍锍。该法的优点是在较低温度和压力下，在碱性介质中浸出，设备的结构和防腐蚀等方面比较容易解决，缺点是消耗大量氨，大部分硫最终氧化成硫酸根，且对含铜高的原料亦不太适合。

(4)盐酸浸出法：代表性工厂为挪威的克里斯蒂安松精炼厂的试验工厂。其方法是经细磨后的高镍锍用含 HCl275g/L、Ni^{2+} 25g/L 的溶液在 70h～75℃常压下浸出 12h，浸出率为 98.7%。该法选择性浸出效果很好，提镍能耗也比较低，但设备腐蚀比较严重。

(5)氯气浸出法：挪威的克里斯蒂安松厂除了曾试验过上述盐酸浸出法外，1975 年后又开始试用氯气选择性浸出新工艺，几次改进后，于 1981 年建成年产 4×10^4t～5.5×10^4t 阴极镍的精炼厂。该法的实质是，在 110℃下通氯气选择性浸出镍，浸出液经置换脱铜，用碳酸镍中和脱铁，溶剂萃取分离镍、钴，分别电积得到阴极镍和阴极钴。在阴极上产生的氯气返回禁出。高镍锍中的铜、硫几乎全部以 CuS 形态留于禁出渣中。该流程的特点是禁出液中 Ni^{2+} 高达 230g/L，总的溶液量少，阳极析出的氯气返回利用。与其他工艺相比，流程较为简化。

第二类为羰基法生产，以国际镍公司铜崖精炼厂采用的中压法为代表。其高镍锍的成分(%)：Ni62、Cu14、S2、Fe2、Co1，在旋转转炉内用氧气吹至 S0.2%～4%，在 180℃、7.2MPa 压力下羰基化，产出高纯镍粉及 Ni－Fe 粉，铜和贵金属富集于残渣中。该法比蒙得法效率高，但不像蒙得法要求原料中不能含硫和铜。高压法虽然比中压法效率要高，但过程要求在 200℃、18MPa～20MPa 压力下进

行。中压法对原料中的镍铜及含硫量的要求比高压法要严格。

从上述高镍锍的分离和精炼工艺发展来看，总的趋势是分离与精炼紧密结合，逐渐简化流程。但各厂所采用的具体工艺流程及工艺条件都不尽相同，原因是与各厂的原料成分及产品形态要求不同有关，另一方面也说明高镍锍分离和精炼的工艺还有待进一步研究开发。

2.5.3 铅的冶炼方法

现代铅的生产几乎全为火法，湿法冶金到目前为止仍处于实验研究阶段。火法炼铅按冶炼原理可分为三大类：

(1)焙烧—还原熔炼：最普遍采用的是烧结焙烧—鼓风炉熔炼，其中包括铅锌密闭鼓风炉法及电炉熔炼法。

(2)反应熔炼：此法是先将一部分 PbS 氧化成 PbO 和 $PbSO_4$，然后使之与未反应的 PbS 发生相互作用而生成金属铅。其反应为：

$$PbS+2PbO=3Pb+SO_2$$

$$PbS+PbSO_4=2Pb+SO_2$$

所用设备有膛式炉、反射炉、电炉和短窑等。

(3)沉淀熔炼：此法是用铁作为沉淀(还原)剂，在一定温度下与 PbS 发生沉淀反应为：

$$PbS+Fe=Pb+FeS$$

所用设备有坩埚和电炉。

据统计，目前烧结焙烧—鼓风炉熔炼法生产的铅占 85%～90%，只宜处理富铅精矿的简单直接炼铅法(膛式炉、电炉、短窑等反应熔炼法)，到 20 世纪 70 年代初已从过去的 10%～16%下降到 2%左右，而铅锌密闭鼓风炉则上升至 8%～10%。

2.5.4 锌的冶炼方法

锌的冶炼方法较其他重金属多，一般可分为火法与湿法两大类。各种炼锌方法在工业上采用的状况列于表 2—12。

表 2—12 各种炼锌方法的发展

炼锌方法	投入工业生产时间	各种炼锌方法产量占总产量的比例				
		1960 年	1965 年	1970 年	1975 年	1980 年
湿法炼锌	1916 年	40	49	62.8	70.0	79
鼓风炉炼锌	1950 年	2.0	6	11.0	11.4	9
竖罐炼锌	1930 年	11.0	11	7.2	7.2	5
电炉炼锌	1936 年	7.5	8	6.3	6.3	6
平罐炼锌	1800 年	34.5	26	5.1	5.1	1

从表 2—12 可以看出，平罐炼锌在工业上采用的最早，但由于缺点太多，现已几乎完全被淘汰。竖罐炼锌在技术上虽有许多优点，但需要优质冶金焦并且未能完全克服环境污染问题，无法与湿法炼锌相竞争。鼓风炉炼锌到 1950 年才在工业上采用，在 20 世纪 60 年代曾经得到一定的发展，但此后由于湿法炼锌的迅速进展，鼓风炉炼锌除能处理铅锌混合矿及含锌氧化物料直接生产金属铅锌这一突出优点以外，并无其他优于湿法炼锌之处。电炉炼锌始终只在少数工厂采用，由于受电源及技术上的缺点，今后也不会得到推广。

在表 2—12 所列的炼锌方法中，后四种火法炼锌的区别在于加热方式与冶炼设备不同。但无论采用哪一种火法炼锌，其基本原理都是：氧化锌在高温下能被炭质还原剂还原挥发出来，而与原料中其他成分分离，然后冷凝得液体锌。因此，硫化锌精矿在火法冶炼时，需要预先经过氧化焙烧，将 ZnS

氧化为 ZnO，然后将这种含 ZnO 的焙烧产物，配以适当的炭质还原剂，在高温（大于 100℃）下进行还原蒸馏或还原挥发熔炼，使以气态挥发的锌进入冷凝器得到液体锌。这种金属锌往往含有较易挥发的杂质，如铅和镉，需要进一步精炼提纯。火法炼锌的原则工艺流程如图 2—3 所示。

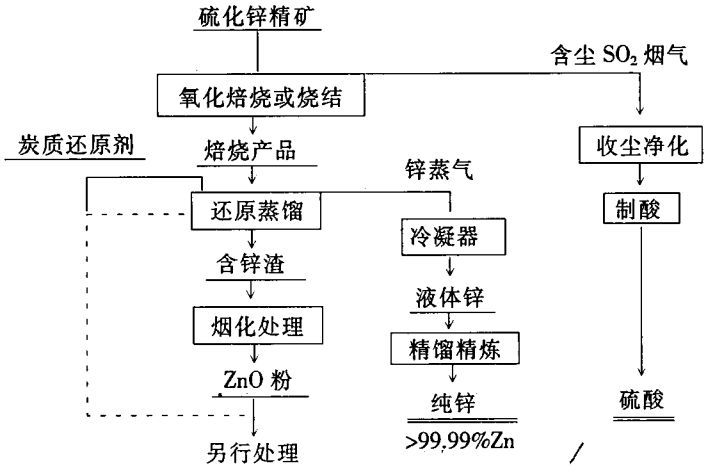


图 2—3　火法炼锌原则工艺流程

湿法炼锌的原理如下：氧化锌能溶解于稀硫酸溶液中，而与其他不溶的脉石成分等分离，然后从硫酸锌溶液中用电积法把锌提取出来。其原理工艺流程如图 2—4。

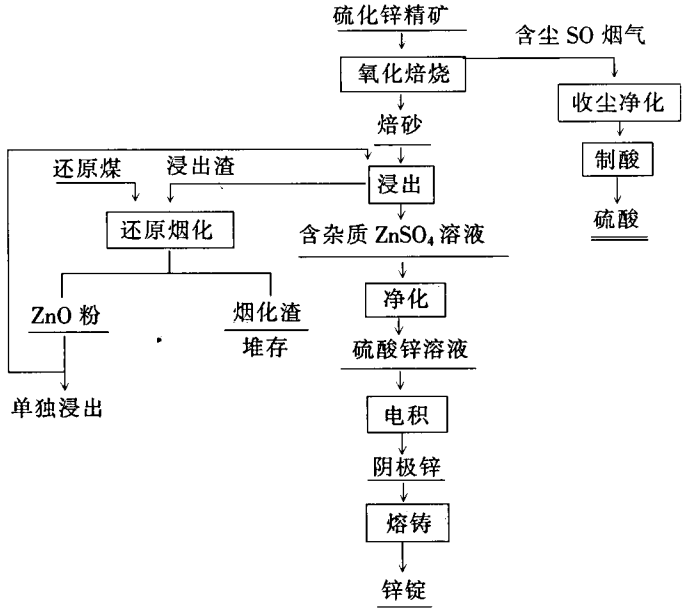


图 2—4　湿法炼锌原则工艺流程

究竟选用哪一种炼锌方法，除其本身的优缺点外，还要考虑原料的特性与建厂地区的具体条件。例如前述含铅较高的锌精矿采用鼓风炉熔炼较为适当；又如建厂地区缺乏矿物燃料，则不宜采用火法炼锌，因为蒸馏法炼锌，生产 1 吨锌需要消耗 2～3 吨煤；而湿法炼锌生产 1 吨锌大约消耗 4000 度电，显然缺电地区是不宜选用湿法炼锌的。对于一种具体原料和具体地区，选择一种合理的冶炼流程，是一项颇为细致复杂的工作，需要作出详细的调查研究和方案对比，甚至要预先进行实验，才能得出正确的结论来。

从上述两种冶炼方法的工艺流程可以看出，无论采用哪一种冶炼方法，硫化锌精矿都要先进行焙

烧，使其中两种主要元素（锌与硫）达到较完全的分离，然后从焙烧产品中用火法或湿法提取锌，从烟气中回收硫以生产 H_2SO_4 或元素硫。

2.5.5 锡的冶炼方法

锡是史前金属之一，锡的生产具有悠久的历史。我国是世界上最早生产锡的国家之一。

在古代，人类利用锡的氧化物容易还原这个性质，创造了从锡矿石或精矿中提取锡的还原熔炼法。现代锡的生产仍然是用这个方法。但是，随着科学和技术的发展，锡的生产不断地得到改进，能够处理成分复杂的矿石，并达到较高的技术经济指标，因此，锡的还原熔炼流程变得更加充实而日臻完善。图 2—5 所示是我国炼锡厂生产锡的原则流程。

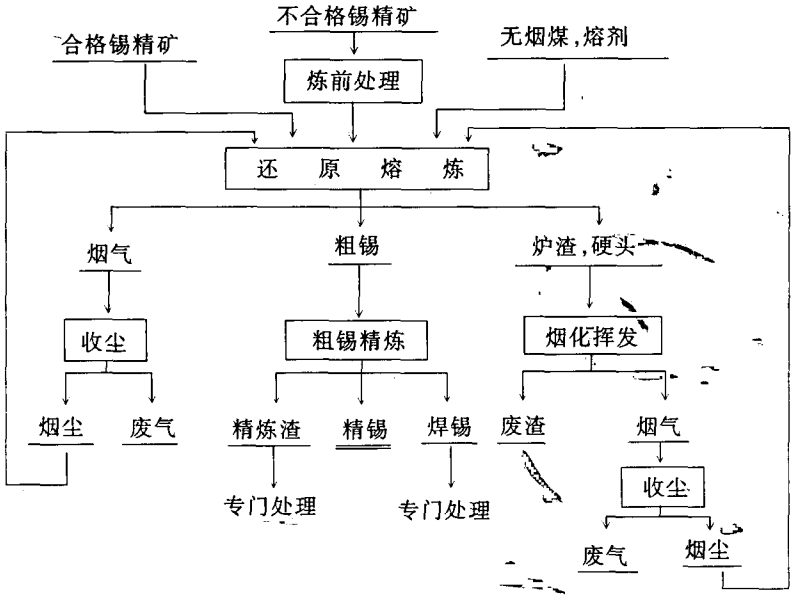


图 2—5 我国炼锡厂生产锡的原则流程

总的来说，现代锡的生产一般包括四个主要过程：炼前处理、还原熔炼、炼渣和粗锡精炼。

炼前处理是为了除去对冶炼有害的硫、砷、锑、铅、铋、铁、钨、钽、铌等杂质，同时达到综合回收各种有价金属的目的。炼前处理的方法包括精选、焙烧和浸出等作业，根据所含杂质的种类不同，可采用一个或几个作业组成的联合流程。但是，根据我国某厂的实践，对于单纯含铅、铋、铁高的锡精矿，也可不经过炼前处理。当采用结晶分离法精炼除铅、铋或烟化挥发法处理高铁质炉渣和硬头等中间产品时，同样能得到任何牌号的精锡，技术经济指标也不错。

还原熔炼也称一次熔炼，主要是使锡的氧化物还原成比较纯的粗锡，同时将铁的氧化物还原成 FeO 并与脉石成分造渣。因此，控制较弱的还原气氛和适当的温度是还原熔炼的关键。但是，为避免铁的氧化物还原成金属铁而采取的这种技术控制，必然会限制着锡的氧化物的完全还原，因此炉渣含锡较高（称为富渣），这种富渣必须进一步处理。

炼渣也称二次熔炼，将富渣加 CaO 后在强还原条件下再熔炼，产出贫渣和硬头（铁锡合金），贫渣抛弃，硬头再返回一次熔炼，这就是长期以来所用的两段熔炼法。现在我国炼锡厂已不用这种炼渣法，而代以烟化炉挥发法了，这样产出的废渣含锡低，金属回收率高，同时大量减少了铁的循环。

粗锡精炼主要是除去粗锡中常见的铁、铜、砷、锑、铅、铋和银等杂质，满足工业上对锡质量的要求，同时综合回收有价值的金属。一般分为火法精炼和电解精炼，现在普遍采用火法精炼。

2.5.6 其他几种重有色金属的冶炼方法

2.5.6.1 铋的生产方法

由于炼铋原料来源多，品位不一，成分复杂，因此提铋的流程包括火法或湿法加火法富集后炼得粗铋，粗铋经火精炼或电解加火精炼炼成精铋。

在火法直接提取粗铋的流程中，一般均以高品位铋精矿为原料，如果原料为 Bi_2S，则采用加铁的沉淀熔炼，如原料为自然铋，则采用熔析熔炼。然而在绝大多数情况下，铋精矿中既有自然铋，又有氧化铋，也有硫化铋，因此，一般采用还原—沉淀—熔析混合熔炼，即在熔炼过程中兼有三种反应，以何种反应为主，则根据配料及操作条件而定，目的是最大限度地使铋转入粗铋，而对于杂质，特别是铜、铅、锡、砷、锑等，尽量使之进入烟尘、炉渣、冰铜或黄渣中。

在湿法火法综合富集炼铋的流程中，根据原料性质不同，一般可用 HCl、H_2SO_4 + NaCl、$FeCl_3$ 或 HNO_3 等溶剂浸出含酸性脉石的低品位复杂铋矿；对冶金中间产品则利用水解使之生成 BiOCl 或 $Di(OH)_3$ 沉淀，或用铁置换得海绵铋，然后熔炼成粗铋。

某些冶金过程的半产品，如铅浮渣、铅阳极泥等含其他杂质较多时，则也可先经一系列的火法过程（如氧化、还原、挥发等），使铋富集，然后炼成粗铋。

粗铋可直接火精炼得精铋，但当杂质很多时，火法精炼流程复杂，故也可先经电解精炼（用 HCl + $BiCl_3$ 或硅氟酸铋为电解液），然后再火法精炼。因此铋的冶炼流程原则上可由富集、炼成粗铋、精炼等三步组成，具体流程视原料来源及具体情况而定。图 2—6 为特雷尔铅厂从阳极泥中提铋的原则流程。

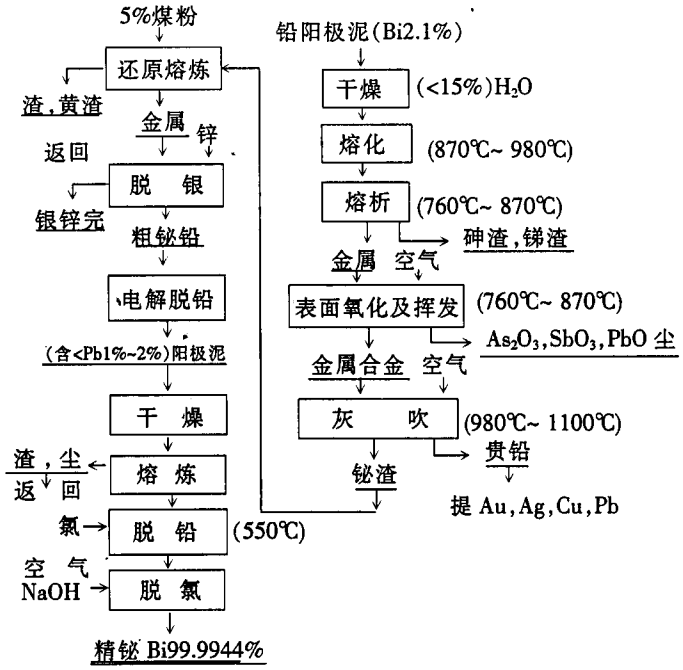


图 2—6 特雷尔铅厂阳极泥提铋原则流程

2.5.6.2 锑的生产方法

锑有三种主要商品，即生锑、锑氧（三氧化锑或锑白）及纯锑（金属锑）。

（1）生锑的生产方法：生锑是很纯的三硫化锑，由高品位辉锑矿石或浮选精矿熔析制成。工业上要求生锑含 S 不低于 26.0%（纯 Sb_2S_3 含 28.6%S），其中游离 S 不超过 0.1%；盐酸不溶物不超过 0.1%，王水不溶物不超过 0.1%。

熔析生锑时须将矿石或精矿加热至红热(约650℃),三硫化锑才能熔化析出来与脉石分离。熔析温度太低时,三硫化锑熔化不完全,过高则挥发损失增多。析出的三硫化锑熔体,冷却后须呈蓝灰色,如为红色,则说明温度太高。

熔析后剩余的残渣,含锑仍多在15%以上。一般经验,含锑40%的矿石或精矿才适于采用熔析法提炼生锑,熔析辉锑矿的设备,大都用反射炉。熔融的生锑多铸成20公斤重或大块的方锭。

(2)三氧化锑的生产方法:三氧化锑的生产有直接和间接两种方法。直接法是用纯净的锑矿石或精矿,经过氧化焙烧制成,但技术条件要求严格,一般不易获得颗粒细小、色泽洁白的锑氧粉。间接法是由等级较高的金属锑经过熔化、氧化、快速冷凝制成。我国现采用间接法,所用设备为一种特殊结构的小型反射炉。

工业上要求锑白含Sb_2O_3不低于99%,在98℃～102℃温度下的挥发物不超过0.5%,通过240目的筛上物不超过0.25%,水溶物不大于0.49%。锑白的另一重要指标是其白度。

(3)纯锑的生产方法:工业生产上主要有三种提取金属锑的方法,分述如下:

①沉淀熔炼:硫化锑精矿的沉淀熔炼,过去曾风行一时,现多为其他生产方法所取代,但在英、美、德、俄等国某些冶炼厂仍在小规模地采用。

硫化锑精矿与废铁共热能生成硫化亚铁和金属锑,其反应为:

$$Sb_2S_3+3Fe=2Sb+3FeS$$

这个反应是由于在一定温度范围内,Fe与S的亲和力大于Sb与S的亲和力,所以锑能被铁置换出来而沉淀为金属锑。由于铁的用量照例超过理论量,所产的锑含铁很高,称为粗锑。

Sb_2S_3和FeS离解压之差在400℃时为8毫米汞柱,而在1100℃时为3.5毫米汞柱。这就是说,在这种温度范围内Sb_2S_3的离解压较FeS大3.5毫米至8毫米汞柱,所以置换反应能进行得完全。但还要考虑到产物间相互作用的影响。FeS与Sb_2S_3可互溶成锍,其中熔有铁和锑。只有当锍为锑所饱和时,锑才能从锍中析出来。又硫化亚铁的比重与液态锑差不多,析出的锑不容易沉降,所以还需加入纯碱(Na_2CO_3),芒硝(Na_2SO_4)或食盐(NaCl)等熔剂,使硫化亚铁成为比重较小的熔体,然后析出的锑才能沉降。有人建议采用如下的配料比:硫化锑10份,铁屑6份,碳酸钠5份,炭粉1份。

沉淀熔炼,分为三期:第一期为加铁置换熔炼,第二期为精炼除铁,第三期为起花精炼。

沉淀熔炼的设备,小规模生产多采用坩埚炉,较大规模则采用反射炉。

②挥发焙烧一还原熔炼:这种炼锑法包括三个阶段。第一阶段为辉锑矿的氧化挥发焙烧,产出三氧化锑;第二阶段使三氧化锑还原为金属锑,通常是一种含有杂质的粗锑;第三阶段为粗锑的精炼,主要是脱砷。实际上第二、三阶段往往在同一炉内完成操作,即三氧化锑还原之后,接着进行精炼,达到要求的品级后,再进行铸锭,作为成品。

在工业生产上,辉锑矿的氧化挥发焙烧可在各式各样的设备内进行,其中包括古老的直井炉,近代的沸腾炉,以及烧结机、回转窑、鼓风炉、旋涡炉等。

焙烧炉的选择主要决定于锑矿石的品位、块度或粒度、燃料种类、生产规模以及当地条件。譬如,直井炉适用于含锑10%～25%的块状矿石,及有优良的焦煤来源、生产规模较小、动力供应和机械设备薄弱的地区。

沸腾焙烧炉处理硫化锑精矿,容易结炉,但可用于处理低品位硫化矿或硫化氧化混合矿。烧结机和回转窑也只适于处理低品位的锑矿石。

外国某些炼锑厂曾采用过高料柱鼓风炉熔炼块状硫化锑矿石或含锑的团矿,直接产出金属锑,但不可避免地有大量三氧化锑挥发,需用收尘设备捕集,并且所用矿石含锑品位要求在25%～40%范围内。

中国采用低料柱鼓风炉处理硫化锑精矿团矿,使锑全部氧化挥发为适于还原熔炼的三氧化锑。这个方法称为鼓风炉挥发熔炼,是炼锑技术上一项重大的变革。用旋涡炉可能更好地实现硫化锑精矿原料的综合利用,是锑冶金另一新的发展。

③湿法炼锑：湿法炼锑主要包括锑矿石或精矿的浸出及浸出液的电积两大过程。近年来由于火法炼锑所引起的环境污染问题严重，致使湿法炼锑日益受到重视。

2.5.6.3 镉的生产方法

根据原料性质，目前主要采取两种处理方法：湿法及联合法。

湿法提镉主要用以处理湿法炼锌产出的铜镉渣，其主要过程为：(1)使金属镉氧化成易溶解的氧化物；(2)用硫酸浸出镉的氧化物；(3)溶液净化和用锌粉置换沉淀海绵镉；(4)镉绵再溶解及净化；(5)镉的电积或置换沉淀；(6)镉的重熔与精炼。

联合法生产镉主要用于处理含镉的升华物(烟尘、蓝粉)。根据原料性质，联合法有很多方案，一般包括两个基本过程：(1)含镉的原料用火法富集，然后使镉转入溶液，得到高品位海绵镉；(2)海绵镉和石灰制团，在蒸馏罐内蒸馏得到粗镉及粗镉重熔与精炼。

2.5.6.4 汞的生产方法

汞的生产主要采用火法，很少采用湿法。火法炼汞包括两个主要过程：即汞矿石的挥发焙烧及汞蒸气的冷凝。汞矿石在氧化气氛及 650℃～750℃的温度下焙烧时，硫化汞即分解氧化为二氧化硫和金属汞，蒸气随炉气逸出，在冷凝系统内冷凝成液态金属汞，同时产生一部分汞贫。汞贫系一种半产品，需另行处理以回收其中的汞。火法炼汞的主要设备，国外多采用回转窑，而国内则采用高炉、蒸馏炉和沸腾炉。

湿法炼汞的原理是：HgS 能溶于硫化钠水溶液中，形成 $HgS \cdot Na_2S$ 化合物，可采用置换法或电解法提取汞。这种方法适于处理浮选汞精矿，由于可减少环境污染，现已开始在工业上推广。

第3章　重有色金属火法冶金原理基础知识

3.1　冶金炉渣基础知识

3.1.1　概述

炉渣，熔化后称为熔渣，是火法冶炼的一种产物，其组成主要来自矿石、熔剂和燃料灰分中的造渣成分。由于火法冶金的原料和冶炼方法种类繁多，因而炉渣的类型很多，成分复杂。但总的来说，炉渣是各种氧化物的熔体，这些氧化物在不同的组成和温度条件下可以形成化合物、固熔体、溶液以及共晶体等。

在有色冶金中，炉渣的产出量较大，一般来说按重量计是金属或锍量的3～5倍。因而冶炼过程的技术经济指标在很大程度上与炉渣有关。

炉渣起着以下作用：

(1)炉渣的主要作用是使矿石和熔剂中的脉石和燃料中的灰分集中，并在高温下与主要的冶炼产物金属、锍等分离。

(2)熔渣是一种介质，其中进行着许多极为重要的冶金反应。

(3)在炉渣中发生金属液滴或锍液滴的沉降分离，沉降分离的完全程度对金属在炉渣中的机械夹杂损失起着决定性的作用。

(4)对某些炉型来说，炉内可能达到的最高温度决定于炉渣的熔化温度。

(5)在金属或合金的熔炼和精炼时，炉渣与金属熔体的组分相互进行反应，从而通过炉渣对杂质的脱除和浓度加以控制。

(6)在某些情况下，炉渣不是冶炼厂的废弃物，而是一种中间产物。

(7)在用矿热电炉冶炼时，炉渣以及电炉周围的气膜起着电阻作用，并可用调节电极插入渣中深度的方法来调节电炉的功率。

(8)在金属硫化矿烧结焙烧过程中，熔渣是一种结合剂，能吸收细粒炉料，黏结起来形成结块。

(9)炉渣能带走大量热量，从而增加燃料的消耗。

(10)炉渣对炉衬的化学侵蚀及机械冲刷会缩短炉的使用寿命。

要使炉渣起到上述作用，就必须根据各种有色金属冶炼过程的特点，合理地选择炉渣成分，使之具有适合要求的物理化学性质。

3.1.2　炉渣的组成

冶金炉渣是极为复杂的体系，常由五、六种或更多的氧化物组成，并含有如硫化物等其他化合物。炉渣中含量最多的氧化物通常只有三种，其总含量可达80%以上。对大多数炉渣来说这三种氧化物是 FeO、CaO、SiO_2，对某些炉渣则是 CaO、Al_2O_3、SiO_2。

组成炉渣的各种氧化物可分为三类：

(1)碱性氧化物：CaO、FeO、MnO、MgO 等，这类氧化物能提供氧离子 O^{2-}。

(2)酸性氧化物：SiO_2、P_2O_5 等，这类氧化物能吸收氧离子而形成络合阴离子。

(3)两性氧化物：Al_2O_3、ZnO 等，这类氧化物在酸性氧化物过剩时可供给氧离子而呈碱性，而在碱性氧化物过剩时则又会吸收氧离子形成络合阴离子而呈酸性。

对于冶金炉渣的酸碱性，习惯上常用硅酸度表示，其计算方法为：

$$\text{硅酸度}=\frac{\text{酸性氧化物中氧的重量之和}}{\text{碱性氧化物中氧的重量之和}}$$

3.1.3 炉渣的物理化学性质

炉渣的物理化学性质直接关系到冶炼过程的顺利进行及能耗和金属回收率等技术经济指标。

3.1.3.1 炉渣的电导

炉渣的电导是通过1平方厘米、长度为1厘米的炉渣的导电度得出：

$$L=\kappa\cdot\frac{S}{l}$$

导电度L与面积S成正比，与距离l成反比，比例系数κ为比电导，即称电导，其单位为欧姆$^{-1}$·厘米$^{-1}$。

有色冶金炉渣在1300℃的κ值约为0.1～0.2(欧姆$^{-1}$·厘米$^{-1}$)。

炉渣的导电机理包括两个方面，即熔渣内电子流动而引起的电子导电和离子迁移而引起的离子导电。

3.1.3.2 炉渣的黏度

黏度是炉渣的重要性质，关系到冶炼过程能否顺利进行，也关系到金属或锍能否充分地通过渣层沉降分离。冶炼过程要求炉渣具有小而适当的黏度。

决定黏度大小的炉渣成分是其中酸性氧化物和碱性氧化物的含量。

在同样的过热温度下，酸性渣(硅酸度大于1)的黏度比碱性渣(硅酸度小于1)的黏度高。无论是碱性渣或酸性渣，当过热温度提高时，黏度都是下降的。

3.1.3.3 炉渣的比重

炉渣的比重大小影响到金属或锍与炉渣的澄清分离效果。组成炉渣各氧化物单独存在时固体的比重如下：

氧化物	SiO_2	CaO	FeO
比　重	2.6	2.33	5

液态炉渣的比重比固态炉渣的比重约低0.4～0.5(克·厘米$^{-3}$)。

3.1.3.4 炉渣的表面性质

冶炼过程中耐火材料的腐蚀、金属或锍的汇集、金属或锍与炉渣的分离以及多相反应界面上进行的反应等，皆受到炉渣和金属或锍表面性质的影响。对熔炼过程有直接意义的表面性质是熔渣与熔融冰铜间的界面张力。界面张力与其他性质一样，也是随熔渣的成分和温度而变化。温度升高有利于提高渣锍间的界面张力。

3.2 化合物的离解－生成反应

3.2.1 概述

有色冶金物料中含有各种化合物，如氧化物、碳酸盐、硫化物、氯化物等。各种化合物在受热时分解为元素(或更简单的化合物)和一种气体的反应就是化合物的离解反应，而其逆反应则是化合物的生成反应，这类反应统称为离解－生成反应。常见的离解－生成反应类型为：

氧化物　$4Cu+O_2=2Cu_2O$

$4Fe_3O_4+O_2=6Fe_2O_3$

碳酸盐　$CaO+CO_2=CaCO_3$

硫化物　$2Fe+S_2=2FeS$

氯化物　　$Ti+2Cl_2=TiCl_4$

还原剂化合物　　$2C+O_2=2CO$

$2CO+O_2=2CO_2$

对于绝大多数的离解－生成反应可以用以下通式表示：

$$A_{(s)}+B_{(g)}=AB_{(s)}$$

反应的标准自由焓变化

$$\Delta G^\circ=-RT\ln K_p=-RT\ln\frac{1}{P_B}=RT\ln P_B$$

P_B 为反应平衡时气相 B 的分压，称为化合物 AB 的离解压。

3.2.2　氧化物的离解和金属的氧化

3.2.2.1　离解压 Po_2

对氧化物的离解－生成反应，可用下述通式表示：

$$2Me_{(s,c)}+O_2=2MeO_{(s,c)}$$

P_{O_2} 仅取决于温度，与其他因素无关。Po_2 为反应处于平衡时气相 O_2 的平衡压，称为氧化物的离解压。Po_2 与温度 T 的关系式为：

$$\log Po_2=\frac{\Delta G^\circ}{4.576T}$$

3.2.2.2　铁氧化物的离解－生成反应

当 O_2 含量很小时，Fe 可溶解少量 O_2 形成固熔体，随着温度升高，固熔体含 O_2 逐渐增多。

当 O_2 含量增加到 22.28%时，应出现 FeO，但实际上并不存在此化合物，存在的是 Fe－O 固熔体浮氏体。浮氏体在 570℃以下不存在，570℃时浮氏体将离解为 α－Fe 固熔体和 Fe_3O_4。

当 O_2 含量增加到 27.64%时，存在化合物 Fe_3O_4，Fe_3O_4 是稳定化合物，在 1597℃时熔化为液体。当温度超过 1100℃后，Fe_3O_4 可溶解 O_2 而形成固熔体，其中含 O_2 量在 1452℃时最大。

当 O_2 含量增加到 30.06%时，存在化合物 Fe_2O_3，Fe_2O_3 是不稳定化合物，在 1452℃时分解为 Fe_3O_4 固溶体和 O_2。

由以上分析可看出，Fe 氧化为 Fe_3O_4 或由 Fe_2O_3 离解为 Fe 的过程都是逐步进行的，在 570℃以上为 $Fe\rightleftharpoons FeO\rightleftharpoons Fe_3O_4\rightleftharpoons Fe_2O_3$，在 570℃以下为 $Fe\rightleftharpoons Fe_3O_4\rightleftharpoons Fe_2O_3$。

当温度高于 570℃时：

$$2Fe+O_2=2FeO$$

$$\Delta G^\circ=-125860+31.92T \qquad \log P_{O_2}=-\frac{27504}{T}+6.98$$

$$6FeO+O_2=2Fe_3O_4$$

$$\Delta G^\circ=-152,220+61.17T \qquad \log P_{O_2}=-\frac{33265}{T}+13.37$$

$$4Fe_3O_4+O_2=2Fe_2O_3$$

$$\Delta G^\circ=-140380+81.38T \qquad \log P_{O_2}=-\frac{30690}{T}+17.79$$

当温度低于 570℃时：

$$\frac{3}{2}Fe+O_2=\frac{1}{2}Fe_3O_4$$

$$\Delta G^\circ=-134790+40.50T \qquad \log P_{O_2}=-\frac{29458}{T}+8.85$$

在室温下 Fe_2O_3 是稳定的，金属铁将逐渐氧化为 Fe_2O_3。

与铁氧化物一样逐级离解的氧化物还有：

$$MnO_2 \longrightarrow Mn_2O_3 \longrightarrow Mn_3O_4 \longrightarrow MnO \longrightarrow Mn$$
$$CuO \longrightarrow CuO_2 \longrightarrow Cu$$
$$TiO_2 \longrightarrow Ti_3O_5 \longrightarrow Ti_2O_3 \longrightarrow TiO \longrightarrow Ti$$
$$MoO_3 \longrightarrow M_{O_2}O_5 \longrightarrow MoO_2 \longrightarrow Mo$$

3.2.3 碳酸盐的离解

碳酸盐是冶金工业中常用的原材料。作为冶炼原料的有菱镁矿($MgCO_3$)、菱铁矿($FeCO_3$)、菱锌矿($ZnCO_3$)等,作为熔剂使用的有石灰石($CaCO_3$)、白云母[$(Ca,Mg)CO_3$]等。碳酸盐通常预先加热焙烧使其离解为氧化物,有时也可直接加入冶金炉内,使之在炉内完成离解过程。

碳酸盐离解反应的通式为:

$$MeO_{(S)} + CO_2 = MeCO_{3(S)}$$

对碳酸盐的离解反应为:

$$\Delta G^\circ = -RT\ln K_p = -RT\ln \frac{1}{P_{CO_2}} = RT\ln P_{CO_2}$$

根据反应 $\Delta G^\circ - T$ 二项式得:

$$RT\ln P_{CO_2} = A + BT$$

$$\log P_{CO_2} = \frac{A+BT}{4.576T} = \frac{A'}{T} + B'$$

对 $CaO + CO_2 = CaCO_3$,常用 $\Delta G^\circ = -40852 + 34.51T$,则

$$\log P_{CO_2} = -\frac{8920}{T} + 7.54$$

当在大气中焙烧 $CaCO_3$ 时,大气中 CO_2 含量约为 0.03%,即大气中 CO_2 分压 $P_{CO_2} = 0.0003$。因而 $CaCO_3$ 开始离解温度可由 $P_{CO_2} = 0.0003$ 大气压求出:

$$\log 0.0003 = -\frac{8920}{T_{开}} + 7.54$$

$$T_{开} = 807K(534℃)$$

根据以上计算,$CaCO_3$ 在大气中只要加热到 534℃即可分解,然而低温离解速度慢,同时,由于离解后产生的 CO_2 将使气相中 P_{CO_2} 升高,阻滞反应的进行,因而应将离解温度提高到使 P_{CO_2} 稍大于大气总压力,这样离解反应将能迅速进行。通常将 $P_{CO_2} = 1$ 大气压时的温度称为碳酸盐的化学沸腾温度。

$$\log 1 = -\frac{8920}{T_{沸}} + 7.54$$

$$T_{沸} = 1183K(910℃)$$

3.3 氧化物的还原

金属氧化物在高温下还原为金属是火法冶金中最重要的一个冶炼过程,广泛地应用于黑色、有色及稀有金属冶金中。火法还原按原料和产品的特点可分为以下几种情况:

氧化矿或精矿直接还原为金属,如锡精矿的还原熔炼;

硫化精矿经氧化焙烧后再还原,如铅烧结矿、锌烧结矿的还原;

湿法冶金制取的纯氧化物还原为金属,如三氧化钨粉的氢还原、四氯化钛的镁热还原;

含两种氧化物的氧化矿选择性还原其中一种氧化物,另一种氧化物富集在半成品中,如钛铁矿还原铁后得出含高二氧化钛的高铁渣等。

按所用还原剂的种类来划分,还原过程可分为气体还原剂还原、固体碳还原、金属热还原等。

由于火法冶金过程需要用燃料燃烧来得到高温,而燃料与还原剂又是相互联系的,因而将首先介

绍燃烧反应。

3.3.1 燃烧反应

火法冶金所用的燃料中，固体燃料有煤和焦炭，其可燃成分为C；气体燃料有煤气和天然气、液体燃料有重油等，其可燃成分主要为CO和H_2。也仅用还原剂又是染料本身，如煤和焦碳，有时是燃料燃烧产物，如CO和H_2。参与燃烧的助燃剂为O_2，主要来自空气，有时是氧化物中所含的O_2。因而，燃烧反应是与C—O系和C—H—O系有关的反应。

3.3.1.1 C—O系燃烧反应

碳氧系主要有以下四个反应：

(1)碳的气化反应

$$C+CO_2=2CO \qquad \Delta G^\circ=40800-41.70T \text{ 卡}$$

(2)煤气燃烧反应

$$2CO+O_2=2CO_2 \qquad \Delta G^\circ=-135000+41.50T \text{ 卡}$$

(3)碳的完全燃烧反应

$$C+O_2=CO_2 \qquad \Delta G^\circ=-94200-0.20T \text{ 卡}$$

(4)碳的不完全燃烧反应

$$2C+O_2=2CO \qquad \Delta G^\circ=-53400-41.90T \text{ 卡}$$

碳的完全燃烧反应和不完全燃烧反应的ΔG°在任何温度下都是负值，温度升高变得更负，因而这两个反应在高温下能完全反应。在O_2充足时，C完全燃烧成CO_2，O_2不足时将生成一部分CO，而C过剩时，将生成CO。

煤气燃烧反应的ΔG°随温度升高而加大，因而温度高时，CO不易反应完全。对碳的气化反应，温度低时为正值，温度高时为负值。

3.3.1.2 H—O和C—H—O系燃烧反应

(1)氢的燃烧：

$$2H_2+O_2=2H_2O \qquad \Delta G^\circ=-120440+28.05T \text{ 卡}$$

氢的燃烧反应热力学规律与煤气燃烧反应相同，即温度升高后H_2的不完全燃烧程度加大。

(2)水煤气反应：

$$CO+H_2O=H_2+CO_2 \qquad \Delta G^\circ=-7280+6.725T \text{ 卡}$$

(3)水蒸气与碳反应。用空气来燃烧碳时，由于空气中含有水蒸气，因而存在H_2O与C的反应：

$$2H_2O+C=2H_2+CO_2 \qquad \Delta G^\circ=26240-28.28T \text{ 卡}$$

$$H_2O+C=2H_2+CO \qquad \Delta G^\circ=33520-34.98T \text{ 卡}$$

(4)甲烷的离解和燃烧。当采用天然气为燃料和还原剂时，甲烷CH_4是其主要可燃成分。CH_4的离解反应为：

$$CH_4=C+2H_2 \qquad \Delta G^\circ=21550-26.16T \text{ 卡}$$

升高温度和降低压力有利于CH_4的离解。

在使用天然气时，通常预先用空气、水蒸气、CO_2等使CH_4裂化为CO和H_2：

$$2CH_4+O_2=2CO+4H_2$$

$$CH_4+H_2O=CO+3H_2$$

$$CH_4+CO=2CO+2H_2$$

以上三种反应除第一个反应为弱放热反应外，其余皆为强吸热反应，因而裂化时需要加热。

3.3.2 氧化物用气体还原剂CO、H_2还原

(1)氧化物用CO还原，可用通式进行表示：

$$MeO+CO=Me+CO_2$$

(2)氧化物用 H_2 还原,可用通式进行表示:

$$MeO+H_2=Me+H_2O$$

3.3.3 氧化物用固体还原剂 C 还原

氧化物用 CO 还原时,反应为 $MeO+CO=Me+CO_2$,随着还原反应的进行,气相中 CO 含量降低,CO_2 含量升高,逐渐趋于平衡,反应将不能继续进行。因而必须连续供应还原气体并排出还原气体产物。也可用加入固体 C 的办法来降低体系中 CO_2 浓度。

当有固体 C 存在时,还原反应分两步进行,首先使 CO 还原氧化物:

$$MeO+CO=Me+CO_2$$

反应生成的 CO_2 与 C 反应(气化反应):

$$CO_2+C=2CO$$

这样又重新产生 CO,此时,气相成分将取决于气化反应的平衡。

根据气化反应的平衡特点可知,温度高于 1000℃上下时,CO_2 几乎全部转变为 CO,CO_2 可忽略不计。而温度低于 1000℃上下时,CO 和 CO_2 将共存,即 CO_2 不能完全转变为 CO。因而讨论 MeO 被 C 还原的反应,应区分温度高低。

通常将氧化物用 C 还原称为直接还原,而氧化物用 CO 和 H_2 还原称为间接还原。

(1)高温下用 C 还原 MeO。温度高于 1000℃时,气相中 CO_2 平衡浓度很低,当忽略不计时,还原反应可由下述两步相加而成:

$$\begin{array}{rl} & MeO+CO=Me+CO_2 \\ + & CO_2+C=2CO \\ \hline & Me+C=Me+CO \end{array}$$

(2)温度低于 1000℃时用 C 还原 MeO。当还原温度低于 1000℃时,碳的气化反应平衡成分中 CO、CO_2 共存,这时,MeO 的还原将取决于以下两反应的同时平衡:

$$MeO+CO=Me+CO_2$$

$$CO_2+C=2CO$$

3.4 硫化矿的火法冶金

大多数重有色金属都是以硫化物形态存在于自然界中,如铜、铅、锌、镍、钴等,一般的硫化矿都是多金属复杂矿,具有综合利用的价值。

硫化矿的现代处理方法大都是围绕着金属硫化物的高温化学过程。提取金属的方法较处理氧化矿复杂,主要原因是硫化物不能直接用碳把金属还原出来。因此硫化物的冶炼途径,必须根据硫化矿石的物理化学特性和成分来选择。

现代硫化矿的处理过程虽然比较复杂,但从硫化矿物在高温下的化学反应来考虑,大致可归纳为以下五种类型:

(1)硫化矿氧化焙烧:

$$2MeS+3O_2=2MeO+2SO_2$$

(2)硫化物直接氧化为金属:

$$MeS+O_2=Me+SO_2$$

(3)造锍熔炼:

$$MeS+Me'O=MeO+Me'S$$

(4)硫化物与氧化物的交互反应:

$$MeS+2MeO=3Me+SO_2$$

(5)硫化反应：

$$MeS+Me'=Me+Me'S$$

3.4.1 金属硫化物的热力学性质

(1)硫化物的热离解。某些金属如 Fe、Cu、Ni、As、Sb 等具有不同价态的硫化物，其高价硫化物在中性气氛中受热到一定温度即发生如下的分解反应：

$$2MeS=Me_2S+\frac{1}{2}S_2$$

并产生元素硫和低价硫化物。例如，在火法冶金过程中常遇到的硫化物热分解反应有：

$$2CuS=Cu_2S+\frac{1}{2}S_2$$

$$FeS_2=FeS+\frac{1}{2}S_2$$

$$2CuFeS_2=Cu_2S+2FeS+\frac{1}{2}S_2$$

$$3NiS=Ni_3S_2+\frac{1}{2}S_2$$

上列的硫化物热分解反应表明，在高温下低价硫化物是稳定的，因此在火法冶金过程中实际参加反应的是金属的低价硫化物。

由金属硫化物热分解产出的硫，在通常的火法冶金温度下都是气态硫，S_2 是稳定的。

(2)金属硫化物的离解－生成反应。在火法冶金的作业温度下，二价金属硫化物的离解－生成反应可以用下列通式表示：

$$2Me+S_2=2MeS$$

离解压 P_{S_2} 与自由焓 ΔG° 的关系式为：

$$\Delta G^\circ=-RT\ln K_p=4.576T\log P_{S_2}$$

在高温下，高价硫化物分解为低价硫化物的分解压较大，而在高温下，低价硫化物较稳定，其离解压一般都很小。

3.4.2 硫化矿的氧化富集熔炼——造锍熔炼

用硫化精矿生产金属铜是重要的硫化物氧化的工业过程。由于硫化铜矿一般都是含硫化铜和硫化铁的矿物。例如 $CuFeS_2$(黄铜矿)，其矿石品位随着资源的不断开发利用，变得含铜量愈来愈低，其精矿品位有的低到含铜只有 10%左右，而含铁量可高达 30%以上。如果经过一次熔炼就把金属铜提取出来，必然会产生大量含铜高的炉渣，造成 Cu 的损失。因此，为了提高 Cu 的回收率，工业实践先要经过富集熔炼，使铜与一部分铁及其他脉石等分离。

富集熔炼是利用 MeS 与含 SiO_2 的炉渣不互溶及比重差别的特性而使其分离。其过程是基于许多的 MeS 能与 FeS 形成低熔点的共晶熔体，在液态时能完全互溶并能溶解一些 MeO 的物理化学性质，使熔体和渣能很好地分离，从而提高主体金属含量，并使主体金属被有效的富集。

这种含有多种低价硫化物的共熔体在工业上一般称为冰铜(锍)。例如冰铜的主体为 Cu_2S，其余为 FeS 及其他 MeS。铅冰铜除含 PbS 外，还含有 Cu_2S、FeS 等其他 MeS。又如镍冰铜(冰镍)为 $Ni_3S_2\cdot FeS$，钴冰铜为 $CoS\cdot FeS$ 等。

3.4.2.1 锍的形成

造锍过程也可以说就是几种金属硫化物之间的互熔过程。当一种金属具有一种以上的硫化物时，例如 Cu_2S、CuS、FeS_2、FeS 等，其高价硫化物在熔化之前发生如下的热离解，如：

黄铜矿　　$4CuFeS_2=2Cu_2S+4FeS+S_2$

斑铜矿　　$2Cu3FeS_3=3Cu_2S+2FeS+\frac{1}{2}S_2$

黄铁矿　　$FeS\longrightarrow FeS+S_2$

上述热离解所产生的元素硫，遇氧即氧化成 SO_2 随炉气逸出。而铁只部分地与结合成 Cu_2S 以外多余的 S 相结合进入锍内，其余的铁则进入炉渣。

由于铜对硫的亲和力比较大，故在 1200℃～1300℃的造锍熔炼温度下，呈稳定态的 Cu_2S 便与 FeS 按下列反应熔合成冰铜：

$$Cu_2S+FeS=Cu_2S\cdot FeS$$

同时反应生成的部分 FeO 与脉石氧化物造渣，发生如下反应：

$$2FeO+SiO_2=2FeO\cdot SiO_2$$

因此，利用造锍熔炼，可使原料中原来呈硫化物态的和任何呈氧化物形态的铜，几乎完全都以稳定的 Cu_2S 形态富集在冰铜中，而部分铁的硫化物优先被氧化生成的 FeO 与脉石造渣。由于锍的比重较炉渣大，且两者互不溶解，从而达到使之有效分离的目的。

镍和钴的硫化物和氧化物也具有上述类似的反应，因此，通过造锍熔炼，便可使欲提取的铜、镍、钴等金属成为锍这个中间产物产出。

3.4.2.2　锍的吹炼过程

用各种火法熔炼获得的中间产物——铜锍、镍锍或铜镍锍都含有 FeS，为了除铁和硫均需经过转炉吹炼过程，即把液体锍在转炉中鼓入空气，在 1200℃～1300℃温度下，使其中的硫化亚铁发生氧化，在此阶段中要加入石英石(SiO_2)，使 FeO 与 SiO_2 造渣，这是吹炼除铁过程，从而使铜锍由 $xFeS\cdot yCu_2S$ 富集为 Cu_2S、镍锍由 $xFeS\cdot yNi_3S_2$ 富集为镍高锍 Ni_3S_2、铜镍锍由 $xFeS\cdot yCu_2S\cdot zNi_3S_2$ 富集为 $yCu_2S\cdot zNi_3S_2$(铜镍高锍)。这是吹炼的第一周期。对镍锍和铜镍锍的吹炼只有一个周期，即只能吹炼到获得镍高锍为止。

对铜锍来说还有第二周期，即由 Cu_2S 吹炼成粗铜的阶段。

铜锍的成分主要是 FeS、Cu_2S，此外还有少量的 Ni_3S_2 等，它们与吹入的空气作用(空气中的氧)，首先发生如下反应：

$$\frac{2}{3}Cu_2S_{(l)}+O_2=\frac{2}{3}Cu_2O_{(l)}+\frac{2}{3}SO_2$$

$$\Delta G^\circ=-61400+19.40T\ 卡$$

$$\frac{2}{7}Ni_3S_{2(l)}+O_2=\frac{6}{7}NiO_{(s)}+\frac{4}{7}SO_2$$

$$\Delta G^\circ=-80600+22.48T\ 卡$$

$$\frac{2}{3}FeS_{(l)}+O_2=\frac{2}{3}FeO_{(l)}+\frac{2}{3}SO_2$$

$$\Delta G^\circ=-72500+12.59T\ 卡$$

以上三种硫化物发生氧化的顺序为：$FeS\longrightarrow Ni_3S_2\longrightarrow Cu_2S$。也就是说，铜锍中的 FeS 优先氧化生成 FeO，然后与加入转炉中的 SiO_2 作用生成 $2FeO\cdot SiO_2$ 炉渣而除去。在 Fe 氧化时，Cu_2S 不可能绝对不氧化，此时也将有小部分 Cu_2S 被氧化而生成 Cu_2O。所形成的 Cu_2O 可能按下列反应进行：

$$Cu_2O_{(l)}+FeS_{(l)}=FeO_{(l)}+Cu_2S_{(l)}$$

$$\Delta G^\circ=-16650-10.22T\ 卡$$

$$2Cu_2O_{(l)}+Cu_2S_{(l)}=6Cu_{(l)}+SO_2$$

$$\Delta G^\circ=8600-14.07T\ 卡$$

在有 FeS 存在的条件，FeS 将置换 Cu_2O，使之成为 Cu_2S，而 Cu_2O 没有任何可能与 Cu_2S 作用生

成 Cu。也就是说，只有 FeS 几乎全部被氧化以后，才有可能进行 Cu_2O 与 Cu_2S 作用生成铜的反应。也说明了铜锍吹炼必须分为两个周期：第一周期吹炼除 Fe，第二周期吹炼成 Cu。

3.5 粗金属的火法精炼

3.5.1 粗金属火法精炼的目的、方法及分类

由矿石经熔炼制取的金属常含有杂质，当杂质超过允许含量时，金属对空气或化学药品的耐蚀性、机械性以及导电性等有所降低，为了满足上述性质的要求，通常需要用一种或几种精炼方法处理粗金属，以便得到尽可能纯的金属。在有些情况下要求金属纯度很高，在其他情况下，精炼的目的是为了得到一种杂质含量在允许范围的产品。此外，有些精炼是为了提取金属中无害的杂质，因它们有使用价值，如从铅中回收银。

火法精炼常常是根据下列步骤来实现的：

第一步，均匀的熔融粗金属中产生多相体系（如金属－渣、金属－金属、金属－气体）。

第二步，把上述产生的各两相体系用物理方法分离。

可把精炼的产物分为三类：金属－渣系、金属－金属系、金属－气体系。

3.5.2 熔析精炼

所谓熔析是指熔体在熔融状态或其缓慢冷却过程中，使液相或固相分离。熔析现象在有色金属冶炼过程中广泛地应用于粗金属精炼，如粗铅熔析除银、粗锌熔析除铁除铅、粗锡熔析出铁等。

熔析精炼过程是由两个步骤组成：

第一步，使在均匀的合金中产生多相体系（液体＋液体或液体＋固体）。产生多相体系可以用加热、缓冷等方法。

第二步，是由第一步所产生的两项按比重不同而进行分层。

在均匀合金中产生多相的方法有下列两种：

(1)熔化。将粗金属缓缓加热到一定温度，其中一部分熔化为液体，而另一部分仍为固体，借此将金属与其杂质分离。

(2)结晶。将粗金属缓缓冷却到一定温度，熔体中某种成分由于溶解度减小，因而成固体析出，其余大部分熔体仍保持在液体状态，借此以分离金属及其所含杂质。

3.5.3 萃取精炼

在熔融粗金属中加入附加物，此附加物与粗金属内杂质生成不溶解于熔体的化合物而析出，这是在恒温情况下进行的。例如粗铅加锌除银、粗铅加钙除铋精炼等。

3.5.4 氧化精炼

氧化精炼的实质是利用空气中的氧通入被精炼的粗金属熔体中，使其中所含的杂质金属氧化除去，该法的基本原理基于金属对氧亲和力的大小不同，使杂质金属氧化生成不溶于主体金属的氧化物，或以渣的形式聚集于熔体表面，或以气态的形式（如杂质 S）被分离。

氧化精炼过程，通常是把粗金属在氧化气氛中熔化，将空气或富氧鼓入金属熔池中或熔池表面，有时也可加入固体还原剂。发生的反应主要使杂质金属 Me′的氧化，生成的杂质金属氧化物 Me′O 从熔池中析出，或以金属氧化物挥发，而与主体金属分离。

当空气鼓入熔池中形成气泡时，就会在气泡与熔体接触的界面处发生如下反应：

$$2[Me]+O_2=2[MeO]$$

$$2[Me']+O_2=2[MeO]$$

由于杂质 Me′浓度小，直接与氧接触机会少，故杂质金属 Me′直接被氧化的反应可以忽略。因此金属熔体与空气的氧接触时，熔融的主体金属便首先氧化成 MeO，随即溶解于[Me]中，并被气泡搅动向熔体中扩散，使其他杂质元素 Me′氧化，实质上起到了传递氧的作用。故氧化精炼的基本反应以下式表示：

$$[MeO]+[Me']=[Me'O]+[Me]$$

3.5.5 硫化精炼

用硫除去金属中的杂质是有色金属精炼过程中若干反应的基础。如粗铅中的铜、粗锡中的铜和铁，或粗锑中的铜和铁，都常用加硫方法将铜、铁除去。

熔融粗金属加硫以后，首先形成金属硫化物 MeS，其反应为：

$$Me+S=MeS$$

此金属硫化物与溶解于金属中的杂质 Me′、Me″等发生相互反应，MeS 与 Me′间的反应可用下式表示：

$$MeS+Me'=Me'S+Me$$

反应的方向决定于 ΔG°，而 ΔG° 又有决定于 MeS 与 Me′S 的标准自由焓，亦可通过比较硫化物离解压的大小作出判断，即：

$$\Delta G^\circ=\Delta G^\circ_{Me'S}-\Delta G^\circ_{MeS}=\frac{1}{2}RT\ln P_{S_2(Me'S)}-\frac{1}{2}RT\ln P_{S_2(MeS)}$$

若使反应向右进行，必须要 $P_{S_2(Me'S)}<P_{S_2(MeS)}$，即主金属硫化物在给定温度下的离解压大于杂质硫化物的离解压时，杂质硫化物才能形成。如果所形成的各种杂质硫化物在熔体中的溶解度很小，而且比重也比较小时，那么，它们便浮到熔体表面而除去。

第4章　设备、设施维护基础知识

4.1　机电设备维护基础知识

设备是工业企业生产的物质技术基础，是决定工业企业生产效能的重要因素，它对提高产品质量，节约原材料和动力的消耗，保证安全生产都具有很大意义。因此，设备管理已经成为工业企业管理的重要组成部分。

4.1.1　设备管理的任务和内容

机械设备管理的任务，简单地说，就是要管好、用好、修好设备，充分发挥设备的生产效能，保证安全生产和全面完成生产任务。具体地说就是根据技术上先进、经济上合理的原则，正确地选择和配备所需要的设备，为企业提供优良适用的技术设备。在设备投入生产以后，要做到对现有设备潜力的挖掘，革新改造，实行增产节约，要促使企业尽快掌握引进设备的操作方法和维修技术，及时解决在用或在修设备的备品备件的供应问题，在节约的前提下保证设备的正常的选择、使用、磨损，直到报废，包括设备的技术管理、设备的经济管理、设备的日常管理等。

4.1.2　设备分类和管理

设备分类方法很多，可以按用途、生产中所起的作用、技术特性等分类，其分类方法应视企业的大小和设备的情况以及管理的繁简来决定。设备在生产线可分为A类设备(重点设备)、B类设备(主要设备)、C类设备(一般设备)三种。在管理中突出重点设备，以主要维修力量保证设备的完好，并有良好的技术状况和精度储备。机械设备的选择是设备管理的第一个环节，选择设备是技术上先进，经济上合理的原则。设备寿命的长短、效率和精度高低，在很大程度上取决于设备的合理使用。正确、合理的使用设备要注意以下几点：(1)根据设备的结构、性能来安排加工、生产任务；(2)每台设备必须配备经过培训的操作工人，定人定机，凭证操作；(3)重视设备的润滑保养工作；(4)注意对设备操作、维修工作人员的思想教育和技术培训；(5)要为设备创造良好的工作条件，环境清洁整齐，配备必要的测量、控制和保险的仪器、仪表。另外，设备管理还应有相应的考核指标，例如：

$$\text{设备完好率}=\frac{\text{完好设备台数}}{\text{设备拥有台数}}\times 100\%$$

$$\text{设备工时利用率}=\frac{\text{实际作业时间}}{\text{实有能力时间}}\times 100\%$$

$$\text{单位产品维修费用}=\frac{\text{年维修费用}}{\text{年产品总量}}$$

$$\text{故障停台率}=\frac{\text{故障停台时间}}{\text{生产运转时间}}\times 100\%$$

$$\text{设备事故损失率}=\frac{\text{年事故损失费}}{\text{年生产总值}}\times 100\%$$

$$\text{计划检修完成率}=\frac{\text{完成的计划检修台数}}{\text{预定的检修台数}}\times 100\%$$

4.1.3　设备的维修保养以及点检

4.1.3.1　设备保养

一般来说，设备保养应达到整齐、清洁、润滑、安全的要求。机械设备普遍执行以下保养制度：

(1)例行保养和日常保养，由操作者进行清扫、润滑、紧固工作。这项保养每天进行一次。

(2)一级保养，设备进行局部解体和检查，由操作者和维修人员每周进行一次。

(3)二级保养，对设备进行部分解体检查和处理，局部恢复精度，每年进行一至二次，由专业的维修人员负责。

4.1.3.2 设备的维修

设备维修的目的是通过修理和更换磨损零部件，使设备的效能得以恢复，按工作量大小和修后设备性能的恢复程度分为大修、中修、小修。

(1)小修：在工作现场更换和恢复少量的磨损零件。

(2)中修：更换和恢复设备上的主要零部件。

(3)大修：更换和恢复全部磨损零部件，要求达到出厂标准。

4.1.3.3 设备的点检

点检是按照要求对设备的某些指定部位，通过人的感觉器官和检测仪器进行有无异常的检查，点检是设备管理的重要的基础工作，是编制维修计划的重要依据。其作用有以下几点：

(1)能及早发现设备的隐患，及时采取措施排除故障，从而保证正常生产。

(2)可以减少事故重复出现，提高开动率。

(3)可以使操作人员交接班内容具体化、规格化，易于执行。

(4)可以对单台设备的运转情况积累资料，便于分析、摸索维修规律。

4.2 耐火材料基础知识

4.2.1 概述

凡是耐火度不低于1580℃、具有抵抗高温骤变和炉渣侵蚀、并能承受高温荷重的无机非金属材料统称耐火材料。工业炉窑种类繁多，结构形式各异，所以，对不同的冶金炉窑耐火材料也就不同，就一个炉窑来说，其各部分的使用温度、炉体结构、操作条件不同，选用的耐火材料也就不同。

在冶金炉窑工作过程中，耐火材料不但受到高温作用，还受到各种各样的物理、化学和机械作用。如在高温下承受炉窑的荷重和在操作过程中所产生的应力作用；由于高温的急变或高速流动的高温所产生的炉气或火焰、烟尘、液态金属、炉渣的冲刷和块状物料的撞击作用等等。因此，对耐火材料有一系列的要求。同时，耐火材料的质量高低决定着炉窑的使用寿命以及热修、冷修的周期，影响着产品的产量、燃耗及成本。

4.2.2 耐火材料的分类及性质

4.2.2.1 耐火材料的分类

(1)按化学一矿物组成分为：

氧化硅质耐火材料；

硅酸铝质耐火材料；

氧化镁质耐火材料；

炭质耐火材料；

特种耐火材料。

(2)按耐火材料的化学性质分为：

酸性耐火材料；

碱性耐火材料；

中性耐火材料。

(3)按耐火材料的耐火度为：

普通耐火材料，耐火度为 1580℃～1770℃；

高级耐火材料，耐火度为 1770℃～2000℃；

特级耐火材料，耐火度为大于 2000℃。

(4)按制造工艺可分为：

天然岩石；

泥浆浇注；

可塑成型；

半干成型；

捣打；

熔铸等制品。

(5)按烧制方法可分为：

不烧砖；

烧制砖；

耐火混凝土；

熔铸砖。

4.2.2.2 耐火材料的化学矿物组成

(1)化学组成。

除炭质耐火材料外，其他普通耐火材料主要化学成分都是氧化物。不同的耐火材料有不同的化学成分，而每一种耐火材料按各个成分的含量多少，又分为占绝对数量的基本成分和占少量的杂质成分两部分。例如：黏土质耐火材料的主要成分为 Al_2O_3 和 SiO_2，其主要杂质成分为 Fe_2O_3、CaO、Na_2O、K_2O 等。

(2)矿物组成。

耐火材料原料及制品中所含矿物的种类及数量，统称为矿物组成。对具有相同化学成分的耐火材料，其矿物组成不一定也相同，而耐火材料的一系列指标又主要决定于矿物组成。

耐火材料矿物成分为主晶和基质两类。主晶是耐火材料中主要组成的骨料；基质是包围于主晶四周，起胶结作用的结晶矿物或非结晶玻璃质。它的熔点较低，起着熔剂作用。

4.2.2.3 耐火材料的物理性能

(1)气孔率：指材料中的气孔体积占材料总体积的百分数。

耐火材料中的气孔按存在形式的不同可以分为三种类型：闭口气孔——不与大气相通的气孔；开口气孔——与外界大气相通的气孔；连通气孔——贯通整个耐火砖的气孔。

气孔率越小，耐火材料抵抗侵蚀的能力及结构强度越高；气孔率越高，特别是互不连通的气孔越多，材料的导热能力越低。轻质黏土砖、轻质高铝砖等保温材料均采用增加气孔率的方法来降低其导热能力。

(2)吸水率：它是材料中气孔部分所吸收水的质量占材料干燥质量的百分率。

(3)透气性：耐火材料的透气性的大小可以用透气系数来表示，即在 10Pa 的压力差下，1 小时通过厚度为 1m 的 $1m^2$ 面积耐火材料的空气量。

对一般耐火材料来说，制品的透气性越小越好，但是在特殊的情况下，却需要具有一定的透气性。如用氩气通过透气砖，对钢液进行净化处理，这种制品的透气性就被看作主要性能指标之一。

(4)体积密度：材料的干燥质量与材料总体积之比，称为体积密度。体积密度大的耐火砖，内部很致密，气孔率低，同时抵抗炉渣侵蚀的能力较强。

(5)真比重:是指耐火材料的单位体积(不包括气孔体积)所具有的质量。真比重经常作为鉴定耐火材料的纯度和耐火原料及制品烧结程度的依据。

(6)常温耐压强度:它是指耐火制品在常温下,单位面积上所能承受的最大压力。常温耐压强度是评定耐火材料质量的重要指标之一。耐火制品应该具有较高的强度,是因为耐火制品不仅要经受砌体结构的静荷重作用,还要承受撞击、磨损、冲刷等机械作用。一般耐火制品的耐压强度要求不小于 10MPa～15MPa,但实际上大多数耐火材料的耐压强度都在 15MPa 以上。对耐火材料常温耐压强度的要求,一般比实际使用时的实际负荷要高得多。例如耐火砖在冶金炉窑上所承受的实际负荷一般不超过 98kPa～196kPa,炉顶砖不超过 392kPa～490kPa。

(7)弹性变形:它是用于分析耐火制品在使用过程中受热时所产生的应力和应变特性的。弹性变形与耐火制品的热稳定性有直接关系,弹性变形越大,热稳定性越好,即表示缓冲因热膨胀所产生的应力的能力。

(8)热膨胀:耐火制品和一般物体一样,受热或冷却都会产生热胀冷缩的现象,称为热膨胀。

耐火制品的热膨胀直接影响到制品的热震稳定性,热膨胀越大,热震稳定性越差。热膨胀值的大小也决定炉体砌筑时必须要留有一定的膨胀缝,否则就会使炉体在烘烤时因砌体膨胀而开裂或崩塌。

由多种矿物组成的耐火制品,在受热过程中,不同温度范围产生不均等的热膨胀。因此,在制品内部也常出现不均等的膨胀,产生膨胀应力,这是造成耐火制品开裂甚至损坏的重要原因。

(9)导热性:耐火材料的导热能力用导热系数来表示,导热系数越大则耐火材料的导热能力愈大。

(10)导电性:在低温下,除碳质、石墨黏土质、碳化硅质等耐火材料有较好的导电性外,其他耐火材料都是电的绝缘体。但在温度升高时则开始导电,在 1000℃以上其导电性能提高特别显著。在耐火材料用作电炉内衬和电的绝缘材料时,这种性质具有重要的意义。

(11)比热容:工程上通常用常压下加热 1kg 物质使之温度升高 1℃所需的热量称为比热容。比热容随着温度的升高而增大。耐火材料的比热容取决于其自身的矿物组成,并影响到蓄热量的大小。对于间歇式的炉窑关系到蓄热损失的大小。

4.2.3 耐火材料的高温使用性能

4.2.3.1 耐火度

耐火材料抵抗高温而不熔融的性能叫耐火度。耐火度只是表示耐火材料软化到一定程度时的温度,是一个相对的指标。

耐火度和熔点是两个不同的概念。对纯物质来说,从固态熔融成液态有一定的平衡温度,即熔点。如氧化铝的熔点 2050℃,氧化硅的熔点 1713℃,但耐火材料一般都不是单一的物质组成,而是由多种物质组成,所以它的熔点是在一定的温度范围进行的,因此它没有固定的熔点,而是随着温度的升高发生连续软化的现象。首先是易熔杂质开始熔化,随着温度的升高,溶液量不断增加,直至制品全部熔融。

耐火材料的耐火度只能表明其抵抗高温作用的能力,不能作为使用温度的上限,因为耐火材料在实际使用过程中,在经受高温作用的同时,还伴随着荷重和炉渣侵蚀等各种作用,使耐火材料能够承受的温度降低。

4.2.3.2 热稳定性(即耐急冷急热性)

耐火材料对于急冷急热的温度变化的抵抗性能,称为热稳定性。在各种冶金炉窑中耐火材料往往处在温度急剧变化的条件下工作,例如,铜阳极炉的操作口、放渣口等部位,这里的耐火砖都受着强烈的急冷急热作用。由于耐火材料的导热性较差,炉子生产过程中造成的砖的表面和内部的温差很大,又由于材料受热膨胀或冷却时的收缩作用,均使砖内部产生应力,当这种应力超过砖本身的结构强度时,就产生裂纹、剥落,甚至使砖体崩裂,这种破坏作用往往是炉体遭到损坏的重要原因之一。

在冶金炉中对于温度变化剧烈或变化频繁的部位,应选择热稳定性较好的耐火材料砌筑,在使用

过程中，尽量避免温度的激烈波动。

4.2.3.3 抗渣性

耐火材料在高温下抵抗熔渣侵蚀的能力称为抗渣性。这些熔渣包括熔炼的炉渣、轧钢皮、灰渣等等。熔渣侵蚀是各种冶金炉窑中耐火材料损坏的主要原因，所以抗渣性对耐火材料有着极为重要的意义。

耐火制品在高温冶金炉中，不仅有化学侵蚀，还有物理溶解与机械冲刷作用。这些作用一般是同时存在的。如在高温下熔渣与耐火材料起化学反应生成易熔化物，从材料表面熔融下来，使耐火砖由表面至内部一层层地被侵蚀。此外，在高温条件下液态炉渣通过耐火砖的气孔渗入，有可能使耐火砖某些成分物理溶解于炉渣中，加上流动性熔渣的机械冲刷作用，也将引起耐火材料的表面逐渐脱落。

4.2.3.4 高温体积稳定性

耐火材料的高温体积稳定性是指耐火材料在高温下长期使用时体积发生不可逆变化。其结果是使耐火砖的体积发生收缩或膨胀，通常称为残存收缩或残存膨胀(即重烧收缩或膨胀)。

耐火制品在高温条件下使用时，如果产生过大的重烧收缩，会使炉子砌体的砖缝增大，影响砌体的整体性，甚至会造成炉体损坏，尤其是炉顶砖，它的收缩会引起炉顶下沉变形。相对来说，重烧膨胀危害较小，尤其是不大的膨胀对于延长砌体的寿命，特别是炉顶寿命常有较好的作用，但过大的重烧膨胀，也会破坏砌体的几何形状，特别是炉顶，重烧膨胀会使炉顶隆起，破坏它的几何形状和应力的均匀分布，使炉顶崩塌。

4.2.4 耐火砖的生产过程

根据长期的生产实践总结出了其生产工序和加工方法为：原料——原料加工——配料及混练——成型——干燥——烧成——成品检查——成品入库。

(1)原料：由合适的化学矿物组成；原料中的杂质含量要少且均匀分布；便于开采加工制造，而且成本要低。

(2)原料加工：大致分为选矿、干燥、煅烧、破碎和筛分几个方面。

(3)配料：将不同粒度的物料按一定的比例进行配合的工艺称配料。在耐火制品生产中，通常力求制得高密度的砖坯，为此要求砖料的颗粒组成具有较高的堆积密度。要达到这一目的，只要将几种颗粒互相填充就能得到高致密度的制品。

(4)混练：混练是将不同组分和粒度的物料，用适量的结合剂及添加剂经混合碾压作用达到分布均匀和充分湿润的砖料制备过程。

(5)成型：将砖料加工成一定形状的坯体或制品的过程称为成型，通常成型也使坯体或制品获得较致密的均匀的结构，并且有一定的强度。

(6)烧成：烧成是指对砖坯进行煅烧的热处理过程。目前所用的烧成设备，主要是倒焰窑和隧道窑两种。

4.2.5 常用耐火砖

凡含 Al_2O_3 在 30%～46%范围内的耐火制品统称为黏土质耐火制品。黏土砖是最普通的耐火砖，外表呈浅棕色、黄色或黄白色。

(1)黏土砖的组成。

黏土砖是用黏土烧成制得的熟料作为骨料，用生黏土作结合剂，制出所需要的形状，然后烧结而成。其主要成分是：SiO_2 45%～65%和 Al_2O_3 30%～46%，这两种成分在砖内结合成硅酸铝化合物形式。其他还有 Fe_2O_3、CaO、MgO、TiO_2、K_2O 以及 Na_2O 等杂质，约占 5%～7%。

(2)黏土砖的特性。

①耐火度。Al_2O_3 含量愈多，对应的液相线温度愈高。一般黏土砖的耐火度在 1580℃～

1730℃，当温度升高到1545℃时就产生液相，砖开始变软，达到1800℃时全部变为液相。

②荷重软化点。因为黏土砖在较低温度下开始软化，如果受外力就变形，所以黏土砖的荷重软化点比其耐火度低得多，只有1350℃，所以黏土砖不适宜用于高温及荷重较大的地方。

③抗渣性。黏土砖含SiO_2在50%～65%之间，属于弱酸性耐火材料，故对酸性熔渣具有一定的抵抗能力，但容易被碱性熔渣所侵蚀。

④耐急冷急热性。黏土砖的膨胀系数小，所以它的耐急冷急热性好。在850℃时水冷次数一般为10～25次。可以用于温度波动频繁之处，烘炉时也不易产生炸裂现象。

⑤体积稳定性。在1375℃时，黏土砖残存收缩约0.5%～0.7%。黏土砖在高温下砖的体积会缩小，会使炉子砌砖体的砖缝变宽，给炉子寿命带来危险。

(3)黏土砖的用途。

黏土砖的原料来源丰富，制造工艺简单，原料成本低廉，工作温度在1400℃左右，且对酸碱性炉渣有一定的抵抗能力，所以在冶金生产中应用很广泛。高炉、热风炉、平炉、加热炉以及各种有色冶金炉都有使用黏土砖，且适用于温度变化大的部位。

4.2.6 不定型耐火材料

4.2.6.1 耐火混凝土(耐火浇铸料)

耐火混凝土是由耐火骨料、耐火掺和料和胶结剂按一定的比例组成，经搅拌成型、养护硬化后而得到的耐火材料，允许使用温度为1500℃～1800℃。它可以制成任何形状的大块预制件，从而使炉体砖缝减少，增强了炉子的整体性、气密性和抗渣性，有利于提高炉体的使用寿命。多用于加热炉、均热炉、热处理炉、回转窑、隧道窑、多膛焙烧窑和蒸气锅炉等许多热工设备上。

4.2.6.2 耐火捣打料

耐火捣打料是由耐火骨料、粉料、胶结剂和添加剂等组成，按比例拌和后，用捣打方式施工，则称为耐火捣打料。

捣打料可以代替耐火砖用来捣筑冶金炉的某些部位，也可以捣筑整个炉子，与耐火砖整个砌体比较，捣筑而成的炉体具有无砖缝、坚实致密、不容易渗漏金属、抗侵蚀能力强的特点。

4.2.6.3 耐火泥

耐火泥加水或水玻璃等黏结剂调制成泥浆或不加水的干泥浆，用来填充砌砖缝，使分散的砖块结合成整体，既增加了砌体的强度又防溢气及高温熔体的侵入。砖缝是炉子砌体的薄弱环节，容易溢气而影响炉温，也容易被熔融炉渣由此侵入而腐蚀耐火材料。因此，要求填充砖缝的火泥具有良好的黏结性能，有较好的致密性，并具有与耐火砖相近似的高温性能。

耐火泥的选用应根据砖砌体的化学性质、砖缝大小来确定。一般选用的耐火泥性质和耐火砖性质相同，根据砖缝的不同应选用不同粒度的火泥和调制不同稠度的泥浆，砖缝大的选用粒度和稠度大的泥浆，砖缝小的选用粒度和稠度小的泥浆。对于要求抗水性和强度大的砌体应采用干砌，如平炉、铜精炼炉炉顶等部位。

4.2.6.4 耐火涂料

耐火涂料也称为耐火涂抹料。它是用颗粒较小的骨料、掺和料和胶结剂或另掺外加剂，按比例调制成膏状或浆状，以涂抹方法施工的耐火涂抹料。耐火涂料应用广泛，大致有两种情况：

(1)在使用温度较低，设备构造复杂和衬体较薄时，经常采用耐火涂料施工，制作衬体。

(2)在使用温度较高和有特殊要求的部位，经常采用涂抹料制作涂层，以保护原来的衬体，提高设备的使用寿命。

耐火涂料涂层厚度不易过厚，一般为3mm～5mm。其性能要求是：首先应具有良好的黏结性，贴附内壁而不脱落；其次对用于高温炉的耐火涂料除满足第一个要求外，还要求其耐火性能、抗渣性、耐磨性都要高于砌体的内衬。

第5章　安全与卫生知识

5.1　安全生产基础知识

5.1.1　有关安全术语

(1)安全生产

消除或控制生产过程中的危险因素，保证生产顺利进行。

(2)本质安全

通过设计等手段使生产设备或生产系统本身具有安全性，即使在误操作或发生故障的情况下也不会造成事故。

(3)职业安全

以防止职工在职业活动过程中发生各种伤亡事故为目的的工作领域及在法律、技术、设备、组织制度和教育等方面所采取的相应措施。

(4)安全管理

为了在生产过程中保护劳动者的安全和健康，改善劳动条件，预防工伤事故的发生，实现劳逸结合，加强安全生产，使劳动者安全顺利地进行生产所采取的一系列法制措施、组织措施和技术措施。

(5)事故

职业活动过程中发生的意外突发性事件的总称，通常会使正常活动中断，造成人员伤亡或财产损失。

(6)职工伤亡事故

职业活动过程中发生的职工人身伤亡或急性中毒事件。

(7)急性中毒

职工在短时间内摄入大量有毒物质，发病急，病情变化快，致使暂时或永久丧失工作能力或死亡的事件。

(8)未遂事故

由设备和人为差错等诱发产生的有可能造成事故，但由于人或其他保护装置等原因，未造成职工伤亡或财物损失的事件。

(9)事故隐患

可导致事故发生的物的危险状态、人的不安全行为及管理上的缺陷。

(10)不安全行为

职工在职业活动过程中，违反劳动纪律、操作程序和方法等具有危险性的做法。

(11)违章指挥

强迫职工违反国家法律、法规、规章制度或操作规程进行作业的行为。

(12)违章操作

职工不遵守安全规章制度，冒险进行操作的行为。

(13)工作条件

职工在工作中的设施条件、工作环境、劳动强度和工作时间的总和。

(14)工作环境

工作场所及周围空间的安全卫生状态和条件。

(15)工作场所

职工从事事业活动的地点和空间。

(16)劳动强度

劳动的繁重和紧张程度的总和。

(17)特种设备

由国家认定的,因设备本身和外在因素的影响容易发生事故,并且一旦发生事故会造成人身伤亡及重大经济损失危险性较大的设备。

(18)高温作业

指工业企业和服务行业工作地点具有生产性热源,其气温等于或高于本地区夏季室外通风设计计算温度2℃的作业。

5.1.2 安全生产方针及原则

(1)安全生产方针

我国的安全生产方针,又称劳动保护方针,在1952年第二次全国劳动保护工作会议上提出了劳动保护工作必须贯彻安全生产的方针。在1987年全国劳动安全监察会议上又进一步规定为"安全第一,预防为主"的方针,并一直沿用至今。

(2)"三同时"原则

"三同时"是指凡是我国境内新建、改建、扩建的基本建设项目(工程)、技术改造项目(工程)和引进的设备项目,其劳动安全卫生设施必须符合国家规定的标准,必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入生产和使用。

(3)"五同时"原则

"五同时"是指企业的生产组织及领导者在计划、布置、检查、总结、评比生产的时候,同时计划、布置、检查、总结、评比安全工作。

(4)"四不放过"原则

"四不放过"是指在调查处理工伤事故时,必须坚持"事故原因分析不清不放过,事故责任者和群众没有受到教育不放过,没有采取切实可行的防范措施不放过,对事故责任者没有进行处罚不放过的原则。

(5)"三个同步"原则

"三个同步"是指安全生产与经济建设、企业深化改革、技术改造同步规划、同步发展、同步实施的原则。

5.1.3 安全生产责任制

5.1.3.1 班组长的安全生产职责

(1)认真执行各项安全生产规定,开好班前、班后会,切实做到安全生产"五同时"。

(2)认真执行交接班制度,做到交接清楚,责任明确。

(3)模范遵守安全操作规程,严肃劳动纪律,坚决反对各种违章现象。

(4)结合生产实际及作业特点,对工人进行经常性的安全教育。

(5)认真开展新工人入厂"三级教育"中的班组安全教育,在新工人正式操作之前,指定专人负责带领。

(6)重视班组安全建设,注意发挥班组安全员、工会小组长和群众劳动保护监督检查员的作用。

(7)经常检查生产中的安全隐患,发现问题及时解决,对不能解决的问题,要采取可靠的措施,并及时上报。

(8)严肃查处各种事故苗头和未遂事故,将事故消灭在萌芽之中,真正做到预防为主。

(9)发生轻伤事故要立即上报,并本着“四不放过”原则进行处理。

(10)发生重伤以上事故,要保护好现场,立即上报,详细记录,并组织全班人员认真分析,吸取教训,落实防范措施。

5.1.3.2 岗位工人的安全生产职责

(1)遵守劳动纪律,执行安全规章制度和安全操作规程,做到“我不伤害自己,我不伤害他人,我不被他人伤害”。

(2)保证本岗位工作地点和设备、工具的安全整洁,不随便拆除安全防护装置,不随便动用他人负责的机械和设备。

(3)正确佩戴、使用劳动防护用品。

(4)学习安全知识,提高操作技能,及时处理或上报安全隐患,提出合理化建议,改善环境和劳动条件。

(5)认真填写交接班记录,有妨碍安全的问题尽量在本班解决,否则必须交接清楚。

(6)积极参加各种安全竞赛评比活动,争当安全生产先进模范。

(7)发生伤亡事故,积极参加抢救。

(8)有权拒绝违章指挥,有权对违反安全法规和国家标准的错误决定或行为,提出批评或控告。

5.1.4 安全教育制度

5.1.4.1 安全教育规定

(1)各单位必须认真地对新工人进行安全生产的入厂教育、车间教育和现场教育,并且经过考试合格后,才能准许其进入操作岗位。

(2)对于从事特种作业的人员必须进行专门的安全培训和操作技术训练,经过考试合格后,才能持证上岗操作。

(3)在采用新的生产方法、新的技术设备、或调换工人的工作岗位,必须对工人进行操作法和新工作岗位的安全教育。

5.1.4.2 新工人入厂“三级教育”的内容

(1)厂级安全教育的主要内容:

①工厂的性质及其主要工艺过程;

②我国安全生产的方针、政策法规和管理体制;

③各项安全规章制度、劳动纪律和有关事故案例;

④工厂内特别危险的地点和设备及其安全防护注意事项;

⑤新工人的安全心理教育;

⑥有关机械、电气、起重、运输等安全技术知识;

⑦有关防火防爆和工厂消防规程知识;

⑧有关防尘防毒注意事项;

⑨安全防护装置和个人劳动防护用品的正确使用方法;

⑩新工人的安全生产责任制等内容。

(2)车间安全教育的主要内容:

①本车间的生产性质和主要工艺流程;

②本车间预防工伤事故和职业病的主要措施;

③本车间的危险部位及其应注意事项;

④本车间的安全生产一般情况及其注意事项;

⑤本车间的典型事故案例;

⑥新工人的安全生产职责和遵章守纪的重要性。

(3)班组安全教育的主要内容：

①班组的工作性质、工艺流程、安全生产的概况和安全生产职责范围；

②新工人将要从事的工作性质、安全生产责任制、安全操作规程以及其他有关安全知识和各种安全防护、保险装置的作用；

③工作地点的安全生产和文明生产的具体要求；

④容易发生工伤事故的工作地点、操作步骤和典型事故案例介绍；

⑤个人防护用品的正确使用和保管；

⑥发生事故以后的紧急救护和自救常识；

⑦车间常见的安全标志、安全色介绍；

⑧遵章守纪的重要性和必要性。

5.1.5 事故报告制度

(1)伤亡事故发生后，负伤者或事故现场人员，应立即直接或逐级报告。

(2)有关人员接到重伤、死亡、重大伤亡事故报告后，应立即报告安全管理部门或当地市公安部门、人民检察院、工会等。

(3)安全管理部门接到死亡、重大死亡事故报告后，应立即按系统逐级上报。死亡事故报至省、自治区、直辖市主管部门或安全管理部门；重大死亡事故报至国务院有关主管部门或安全管理部门。

(4)发生死亡、重大死亡事故的企业应当保护事故现场，并迅速采取必要措施抢救人员和财产，防止事故扩大。

(5)在伤亡事故发生后隐瞒不报、谎报、故意迟延不报、故意破坏事故现场，或者无正当理由拒绝接受调查以及拒绝提供有关情况和资料的，由有关部门按照国家有关规定，对有关单位负责人和直接责任人员给予行政处分；构成犯罪的，由司法机关依法追究刑事责任。

5.1.6 事故管理

5.1.6.1 伤亡事故的分类

按照伤害程序伤亡事故可分为：

轻伤事故：指一次事故只有轻伤的事故。

重伤事故：指一次事故只有重伤无死亡的事故。

死亡事故：分为重大死亡事故和特大死亡事故两种。

重大死亡事故：指一次事故死亡 3～9 人的事故。

特大死亡事故：指一次事故死亡 10 人以上的事故。

轻伤：指职工负伤后休息一个工作日以上，未构成重伤的。

重伤：凡有下列情况之一的，均作为重伤处理：

(1)经医生论断成为残废的。

(2)伤势严重，需要进行较大手术才能挽救的。

(3)人体要害部位严重灼伤、烫伤，或虽非要害部位，但灼伤、烫伤占全身面积三分之一以上的。

(4)严重骨折(胸骨、肋骨、脊椎骨、肩甲骨、腕骨、腿骨和脚骨等因受伤引起骨折)，严重脑震荡。

(5)眼部受伤较剧，有失明可能的。

(6)手部伤害：

①大拇指轧断一节的；

②食指、中指、无名指、小指任何一只轧断两节或任何两指各轧断一节的；

③局部肌腱受伤甚剧，引起机能障碍，有不能自由伸曲的残废可能的。

(7)脚部伤害：

①脚趾轧断三只以上的；

②局部肌腱受伤甚剧，引起机能障碍，有不能行走自如的残废可能的。

(8)内部伤害：内脏损伤、内出血或伤及腹膜等。

(9)凡不在上述范围内的伤害，经医生诊断后，认为受伤较重，可根据实际情况参考上述特点，由企业行政会同基层工会作个别研究，提出初步意见，由当地安全管理部门审查确定。

5.1.6.2 事故原因分析

直接原因是指直接导致事故发生的原因，包括人的不安全行为和物的不安全状态两个方面。间接原因是指直接原因赖以产生和存在的原因，如技术和设计上的缺陷；没有安全操作规程，或规程内容不具体、不可行；教育培训不够；劳动组织不合理；对现场缺乏检查和指导；没有或不认真实施防范措施；对事故隐患整改不及时等。

5.1.6.3 事故的起因物和致害物

在伤亡事故统计分类中，事故的起因物是指直接导致事故发生的物体和物质。事故的致害物是指直接引起伤害及中毒的物质。事故的起因物和致害物是互相关联的，所以，在事故统计分类中，必须严格区分起因物和致害物，并依据起因物来确定事故类别，其原则如下：

(1)以起因物方面的因素来划分事故类别。

(2)一起事故同时存在两个及以上原因时，应以先发的、诱导性的原因为主。

(3)确定事故类别应突出事故的专业特征。

5.1.6.4 工伤范围

(1)从事本单位日常生产工作或者本单位负责人临时指定的工作，在紧急情况下，虽未经本单位负责人指定但从事直接关系本单位重大利益的工作。

(2)经本单位负责人安排或者同意，从事与本单位有关的科学试验、发明创造和技术改进工作的。

(3)在生产工作环境中接触职业性有害因素造成职业病的。

(4)在生产工作的时间和区域内，由于不安全因素造成意外伤害的，或者由于工作紧张突发疾病造成死亡或经第一次抢救治疗后全部丧失劳动能力的。

(5)因履行职责招致人身伤害的。

(6)从事抢险、救灾、救人等维护国家、社会和公众利益的活动的。

(7)因公、因战致残的军人复员转业到企业工作后旧伤复发的。

(8)因公外出期间，由于工作原因，遭受交通事故或其他意外事故造成伤害或者失踪的，或因突发疾病造成残废或者经第一次抢救治疗后全部丧失劳动能力的。

(9)在上下班规定时间和必须路线上，发生无本人责任或者非本人主要责任的道路交通事故的。

(10)法律、法规规定的其他情形。

5.1.7 高处作业的分级和种类

5.1.7.1 高处作业

凡在坠落高度基准面 2 米以上(含 2 米)有可能坠落的高处进行的作业，均称为高处作业。

5.1.7.2 高处作业分级

(1)高处作业高度在 2 米～5 米时，称为一级高处作业。

(2)高处作业高度在 5 米以上至 15 米时，称为二级高处作业。

(3)高处作业高度在 15 米以上至 30 米时，称为三级高作业。

(4)高处作业高度在 30 米以上时，称为特级高处作业。

5.1.7.3 高处作业种类

高处作业种类分为一般高处作业和特殊高处作业两种。

特殊高处作业包括以下几个类别：

(1)在阵风风力六级(风速 10.8 米/秒)以上的情况下进行的高处作业,称为强风高处作业。

(2)在高温或低温环境下进行的高处作业,称为异温高处作业。

(3)降雪时进行的高处作业,称为雪天高处作业。

(4)降雨时进行的高处作业,称为雨天高处作业。

(5)室外完全采用人工照明时进行的高处作业,称为夜间高处作业。

(6)在接近或接触带电体条件下进行的高处作业,统称为带电高处作业。

(7)在无立足点或无牢靠立足点的条件下进行的高处作业,统称为悬空高处作业。

(8)对突然发生的各种灾害事故,进行抢救的高处作业,称为抢救高处作业。

一般高处作业指除特殊高处作业以外的高处作业。

5.1.8 安全色及安全标志

5.1.8.1 安全色

我国规定了红、蓝、黄、绿四种颜色为安全色,其含义和用途如表 5－1 所示:

表 5－1 安全色的含义及用途

颜色	含义	用途举例
红色	禁止 停止	禁止标志 停止信号:机器、车辆上的紧急停止手柄或按钮,以及禁止人们触动的部位
		红色也表示防火
蓝色	指令 必须遵守的规定	指令标志:如必须佩带个人防护用具 道路指引车辆和行人行走方向的指令
黄色	警告 注意	警告标志 警戒标志:如厂内危险区域和坑池边周围的警戒线 行车道中线 机械上齿轮箱的内部安全帽
绿色	提示 安全状态 通行	提示标志 车间内的安全通道 行人和车辆通行标志 消防设备和其他安全防护装置的位置

注:①蓝色只有与几何图形同时使用时,才表示指令。

②为了不与道路两旁绿色行道树相混淆,道路上的提示标志用蓝色。

5.1.8.2 安全标志

安全标志是由安全色、几何图形和图形符号所构成,用以表达特定的安全信息。目的是引起人们对不安全因素的注意,预防发生事故。但不能代替安全操作规程和防护措施,不包括航空、海运及内河航运上的标志。

安全标志分为禁止标志、警告标志、指令标志和提示标志四类。

(1)禁止标志

禁止标志的含义是不准或制止人们的某种行动。其几何图形为带斜杠的圆环、斜杠和圆环为红色,图形符号为黑色,其背景色为白色。

(2)警告标志

警告标志的含义是使人们注意可能发生的危险,其几何图形是正三角形,三角形的边框和图形符号为黑色,其背景色为具有指令含义的蓝色,图形符号为白色。

(3)指令标志

指令标志的含义是告诉人们必须遵守某项规定。其几何图形是圆形,其背景色是具有指令意义

的蓝色，图形符号为白色。

(4)提示标志

提示标志的含义是向人们提示目标和方向，其几何图形是长方形，底色为绿色，图形符号及文字为白色。

5.2 劳动保护与卫生基础知识

在生产过程、劳动过程和生产环境中存在各种职业危害因素，它们对职工的健康可能造成不良影响，甚至导致职业危害。为改善劳动条件，防止各种职业性损害，保护劳动者的健康，提高劳动生产率，让职工了解和掌握一些职业卫生的基本常识，提高广大职工的自我防护水平是十分必要的。以下对常见的职业危害因素及其对健康的影响和防护措施进行简单介绍。

5.2.1 常见的危害因素

5.2.1.1 常见职业危害因素

在从事矿山开采、选矿、冶炼、化工、机械加工和建筑等生产活动中，存在的某些因素，对员工的健康可能产生一定影响，我们把这些因素称之为职业危害因素。职业危害的因素主要有以下三类：

(1)与生产过程有关的职业危害因素：主要有粉尘、氯气、二氧化硫、硫酸雾、硫化氢、一氧化碳、氮氧化物、二氧化碳、镍、铅、锰、噪声、振动、强热辐射、x 射线和 γ 射线等。

(2)与劳动过程有关的职业危害因素：长时间强迫体位、个别器官和系统的过度紧张等。

(3)与生产环境有关的职业危害因素：如露天作业的高气温，厂房狭小，照明不良等。

5.2.1.2 职业危害因素对健康的影响

职业危害因素对接触者健康造成的各种不良影响统称为职业性损害。职业性损害主要表现为：

(1)职业特征：是职业危害因素引起的机体某些改变，而对健康没有实质性影响的表现，如皮肤着色等。

(2)非特异作用：职业危害因素可降低机体对一般疾病的抵抗力，使患病率增高，病情加重，病程延长。

(3)工作有关疾病：职业危害因素是该病发生的许多因素之一，但不是唯一的直接原因。通过控制职业危害因素，改善劳动卫生条件可使所患疾病得到防止或缓解。

(4)职业病：在从事生产过程中，由职业危害因素引起的特征疾病称为职业病。但在立法意义上，职业病却具有一定的范围，即国家规定的法定职业病。凡属法定职业病的患者，在治病和休息期间及在确定为伤残或治疗无效而死亡时，均应按国家规定给予劳保待遇。

5.2.2 工业粉尘

5.2.2.1 工业粉尘对健康的危害

工业粉尘根据其种类、理化性质、进入人体内的剂量和作用部位的不同，可引起不同的病变。

粉尘所引起最常见且危害最大的是职业性尘肺，尘肺是由于长期吸入生产性粉尘而引起的以肺组织弥漫性纤维化为主的全身性疾病。尘肺的发病一般比较缓慢，多在接触粉尘 6～12 年后才发病，有的长达 15～20 年以上，短的可在接触粉尘 1～2 年后即发病。尘肺是一种慢性疾病，一经发生，即使脱离粉尘作业，病变仍可继续发展。由此提示我们，从事过粉尘作业的员工，虽已调离粉尘作业，还应定期进行体检观察。

尘肺患者主要表现胸痛、气短、咳嗽、咳痰。可并发肺结核、肺部感染、自发性气胸、呼吸衰竭和慢性肺源性心脏病等多种并发症，使患者生活、工作质量严重下降，并由于各种并发症的发生而导致死亡。

5.2.2.2 预防措施

为了防止粉尘的职业危害，保护员工健康，国家颁布了一系列防止粉尘危害的政策法规，还制定了生产场所空气中粉尘的最高允许浓度，如果生产场所空气中粉尘浓度达到了国家规定的卫生标准，基本上就可以防止尘肺病的发生。

通过组织措施和技术措施进行工艺技术改造，在工程设计、施工和验收过程中严格执行“三同时”制度，在生产过程中对有粉尘的岗位，采用湿式作业以及密闭、通风和除尘措施。广大员工在生产过程中要加强防尘设施的保养维护，使其正常运行，尽量使生产场所空气中粉尘浓度达到国家卫生标准。

如果采取了一定的措施，而粉尘浓度仍达不到国家规定的卫生标准，就必须加强个体防护，采用各种防护用品，以达到防止或尽量减少粉尘随着呼吸进入人体肺部。个体防护用具主要有防尘口罩、防尘服、防尘帽和防尘呼吸器等，对个体防护用品要正确使用，定期维修，保持其良好的防尘性能，才能达到良好的防尘效果。

5.2.3 氯气

氯气为黄绿色具有异臭的强烈刺激性气体，主要分布在精炼厂的镍电解系统、钴系统、化工厂的氯酸车间等岗位。

5.2.3.1 氯气对健康的危害

低浓度的氯气，对眼睛和上呼吸道黏膜具有刺激作用。高浓度的氯气吸入后，可损伤呼吸道深部，引起支气管炎、肺炎和中毒性肺水肿。主要表现为：

(1)急性中毒：轻度者出现黏膜刺激症状：眼红、流泪、咳嗽。中度者胸部紧迫感、呼吸不畅，出现支气管炎、支气管肺炎的表现。有时可发生喉头痉挛和水肿，造成窒息。氯气还可引起反射性呼吸抑制，发生心跳骤停而死亡。

(2)慢性中毒：长期接触低浓度氯气，可引起慢性支气管炎、支气管哮喘和肺水肿。氯气可引起职业性痤疮，还可引起牙齿酸蚀症。

5.2.3.2 预防措施

车间空气中氯气的最高容许浓度为 $1mg/m^3$。

预防氯气中毒的关键：一是杜绝意外事故的发生；二要防止生产设备和管道的跑、冒、滴、漏；三要做好废气的回收和利用。另外要加强个人防护，正确使用防毒口罩和面具。

容易发生事故的岗位，应有急救设备，如抢救用的防毒面具。发生急性氯气泄漏事故时，工作人员应用湿毛巾捂住口和鼻部，测风向迅速脱离现场。

对发生急性氯气中毒人员，必须迅速脱离现场，并及时送职工医院职业病科抢救。

患有过敏性哮喘、过敏性皮炎、上呼吸道慢性炎症、肺结核病等疾病的员工，不应从事有氯气的工作岗位。

5.2.4 二氧化硫

二氧化硫为无色、有辛辣气味的刺激性气体，主要分布在火法冶炼和硫酸生产等车间岗位环境中，是工业废气的一种，是大气主要污染物之一。车间空气中二氧化硫的最高容许浓度为 $15mg/m^3$。

5.2.4.1 二氧化硫对人体的危害

二氧化硫属中等毒性物质，对眼及呼吸道黏膜有强烈的刺激作用，大量吸入可引起肺水肿、喉水肿、声带痉挛而窒息。

(1)急性中毒：仅见于生产事故。轻度中毒时发生流泪、畏光、咳嗽、鼻、咽、喉灼痛、声音嘶哑、胸闷、呼吸急促、全身不适、乏力。严重中毒可在数小时内发生肺水肿。吸入极高浓度的二氧化硫，可引起反射性声门痉挛而窒息。

(2)慢性影响:长期吸入低浓度二氧化硫,可引起神经衰弱综合症。常有鼻炎、咽炎、喉炎、支气管炎、嗅觉和味觉减退等症状。少数人可有中毒性肺硬变和牙齿酸蚀症。

5.2.4.2 预防措施

和预防氯气中毒一样,一是杜绝意外事故的发生;二要防止生产设备和管道跑、冒、滴、漏;三要做好废气的回收和利用;四要加强车间岗位的通风。另外要加强个人防护,正确使用防毒口罩和面具。

有明显的眼、鼻、喉及呼吸道疾病,手、面部湿疹,支气管哮喘和肺气肿等疾病者,不应从事接触二氧化硫作业的工作。

5.2.5 锰及其化合物

锰是一种脆而硬的灰色金属。主要是通过电焊作业时接触锰烟和锰尘。车间空气中锰及其化合物的最高容许浓度(换算成二氧化锰)为 15mg/m³。

5.2.5.1 对人体健康的危害

锰是人体必需的微量元素,但过量的锰进入人体可引起中毒;主要损害人体的中枢神经系统。

(1)急性中毒:较少见。

(2)慢性中毒:职业性锰中毒多呈慢性。发病工龄一般为 3～5 年,长者达 10～20 年。慢性锰中毒主要表现为:头晕、头痛、睡眠障碍、记忆减退、嗜睡、乏力、四肢酸痛、肌肉痉挛等神经衰弱综合症;多汗、流涎、心悸、性欲减退等植物神经功能紊乱症状;反应迟钝、性格孤僻、感情淡漠等精神症状。锥体外系受损症是锰中毒最突出的表现,主要表现为肌张力增强,另外还可引起锥体系和末梢神经受损。

5.2.5.2 预防措施

电焊作业尽量使用无锰焊条,加强焊接作业点的通风排毒,在密闭条件下焊接要尽量排出烟尘,焊接时必须戴防护口罩。

凡患有神经系统疾病、精神病、内分泌疾病等不能从事锰作业,凡从事电焊作业一年以上的员工,应定期到职工医院职业病科进行体检。

5.2.6 镍及其化合物

镍是银白色硬金属,主要是通过硫化镍矿的开采和冶炼过程中接触,常接触的镍化合物有:硫化镍、一氧化镍、氧化镍、氢氧化镍、硫酸镍、氯化镍及碳酸镍等。生产环境中以气态存在的是羰基镍,空气中的镍及其化合物的最高容许浓度:可溶性镍化合物为 0.5mg/m³,不溶性镍化合物为 1mg/m³,羰基镍为 0.001mg/m³。

5.2.6.1 镍对人体健康的危害

镍是人体必需的微量元素,但镍进入人体过量是有害的。

镍对呼吸道黏膜有刺激作用,可引起化学性支气管炎和支气管肺炎。镍对皮肤有过敏作用,可引起皮炎或湿疹,称"镍痒疹"。镍具有致癌性,从事镍作业的工人中肺癌和鼻咽癌高发,已被流行病学所证实。

5.2.6.2 预防措施

主要是要通过工艺技术改造,加强矿井、车间通风除尘措施,使矿井、车间空气中镍及其化合物的浓度达到国家卫生标准。另外要加强个体防护措施,在含镍粉尘超标的岗位作业时要带防尘口罩,杜绝含镍粉尘通过呼吸道进入人体。

从事镍矿开采和冶炼的人员应定期到职工医院进行健康检查。

5.2.7 生产性噪声

噪声不仅使人厌烦,影响正常工作与休息,而且对人体健康有不良影响。生产性噪声是指机器运

转、气体排放、工件撞击与摩擦等产生的强烈噪声，长期接触强烈生产性噪声所引起的噪声聋是一种职业病。

5.2.7.1 噪声对人体健康的危害

噪声对人体的影响是多方面的，大致可分为特异性影响和非特异性影响。

(1)对听觉系统的影响：长期接触强烈的生产性噪声可引起听力损失，甚至导致噪声性耳聋。

(2)对听觉外系统的影响：长期接触强烈的生产性噪声对人体中枢神经系统、心血管系统、消化系统、内分泌系统也有不同程度的不良影响，可使员工作业能力下降，产生不良的心理效应。

5.2.7.2 预防措施

国家规定噪声的卫生标准是：工业企业车间和作业场所的工作地点噪声不得超过85dB(A)，若接触时间每日不足8小时，按时间减半放宽3dB(A)。通过工艺改革、设备保养维护、合理布局来控制声源是噪声治理的根本措施，如果噪声仍达不到要求时，加强个体防护是保护工人免受噪声危害的重要措施之一；应给接触噪声工人配戴耳塞、耳罩等防护用品，在强噪声作业岗位要建立隔音休息室。另外可缩短工人接触噪声时间，要定期对接触噪声的工人进行健康检查，重点从听力保护方面做相应的调查，患有明显的听觉器官、心血管系统、神经系统等器质性疾病者，不宜从事接触噪声的工作。

5.2.8 工业伤害现场急救知识

在工业生产过程中，由于人、机、料、环之间的矛盾，如：人的违章作业，机器设备存在隐患、故障，作业环境中有毒有害物质，管道的跑、冒、滴、漏等，致使造成伤害事故是难免的。而伤害事故发生后，如果能够正确救护，对挽救伤员的生命，防止伤情扩大有非常重要的作用。因此，职工掌握一些现场急救知识，在遭到意外伤害后能有效地自救或他救是十分必要的。

5.2.8.1 基本急救法

发生工伤后，现场情况危急，要求争分夺秒抢救伤员，要抓住重点，要求先救命、后救肢。优先处理颅脑伤、胸伤、肝脾破裂等危及生命的内脏伤，然后处理肢体出血、骨折等；救护工作要求迅速、准确。

检查程序为先看神志是否清楚、有无呼吸(正常15～20次/分)，继摸脉搏、听心跳(正常60～100次/分)，再查瞳孔是否散大及对光反应，然后检查局部有无创伤、出血和骨折等。

心跳停止、呼吸停止、瞳孔放大固定为死亡三大特征，由此可确定死亡。

(1)人工呼吸法

人工呼吸法主要有口对口人工呼吸法、俯卧压背人工呼吸法和仰卧压胸人工呼吸法三种，其中最常用的是口对口人工呼吸法。主要方法有：

①人工呼吸前的准备：将伤员搬到空气新鲜流通处，取出假牙、解开衣服、腰带等，同时将口、鼻内痰等清除干净，再根据所选人工呼吸的方法，采取相应体位。

②口对口人工呼吸法：伤病员取仰卧位，救护者一手将病人下颌向上，向后托起，使病人头尽量向后仰，以保持呼吸畅通，另一手将病人鼻孔捏紧。救护者先深吸一口气，对准病人口用力吹入。吹完，嘴离开，捏鼻之手放松，如此反复实施；如果吹气时胸壁上举，吹气停止后病人口、鼻部有气流呼出，表示有效。每分钟吹16～18次，直至病人自主呼吸恢复为止。

③俯卧压背人工呼吸法：病人取俯卧位，救护者屈膝跨于病人臀部、大腿间，把双手平放背部肩胛下角(第七对肋骨处)，然后俯身向前，慢慢向下、向前用力压缩，将肺内空气压出。松手，待胸部扩大后再压，如此反复实施。每分钟压16～18次，直至病人自主呼吸恢复为止。

④仰卧压胸人工呼吸法：病人取仰卧位，头充分后仰，救护者跪跨于病人大腿两侧，双手平放在两乳房下部。然后俯身向下、向前挤压，将肺内空气压出。松手，待胸部扩大后再压，如此反复实施。每分钟压16～18次，直至1病人自主呼吸恢复为止。

(2)心脏挤压法

对心跳停止的伤员，首先要采用心脏挤压术进行抢救。主要步骤为：

①心脏挤压术前的准备：病人仰卧于硬板或平地上，救护者站在其左侧。挤压部位是胸骨下 1/2 处或两乳头连线正中处，手掌平放在正中于胸部。

②双手挤压法：救护者双手重叠，将下手掌放于准备位置后，凭借救护者体重将力量传至臂、手掌。用力适度，有节奏带冲击性地挤压，使胸下陷 3～4 厘米。每次挤压后，随即放松，使胸部复位、心脏扩张，挤压与放松时间大致相等。每分钟挤压 60 次左右，直至出现心跳为止。

(3)复苏法综合应用

口对口人工呼吸法和心脏挤压术，在绝大多数场合下是交替使用。一般是救护者每吹一口气，再作四次心脏挤压。或救护者先吹两口气，然后作 8～10 次心脏挤压。如此反复实施，使吹进去的氧气，随着心脏挤压运送到全身各处。

(4)止血

①止血的方法：较小伤口用纱布、棉衣或布类做成垫子放在伤口上，然后加压包扎，或在肢体弯曲处，如肘、膝弯曲处加垫，然后尽量屈曲肢体进行捆扎，以达到止血的目的。在上述方法均不能止血的情况下，最好选用弹性好的橡皮管、橡皮带，亦可就地取材，用腰带、毛巾、布带等，将肢体抬高，局部垫上敷料、毛巾或衣服等软织物，将止血带适当拉长，在伤口的近心端绕肢体两周，至伤口无出血打结固定。

②扎止血带的注意事项：

a. 止血带不要直接捆扎在皮肤上，要在皮肤上垫好敷料或毛巾等垫子；

b. 尽量靠近伤口近心端，在上臂不能扎在中部，以免桡神经损伤；

c. 扎紧时松紧适宜，至刚好止住血为宜，不能太紧，以防止远端肢体坏死；

d. 止血带每 40～50 分钟应放松 1～2 分钟，以免肢体缺血坏死，伤口大、病情重可延长时间。放松时应将创口压紧以减少出血；

e. 须在明显部位加以标记，注明扎带时间。

5.2.8.2 几种重要部位损伤的急救

颅脑损伤、胸部损伤和腹部损伤后，可首先控制出血，并立即送附近医院抢救，途中注意保持昏迷伤员的呼吸道畅通。如有内脏脱出，一般不要还纳入腹，可用干净毛巾或数层纳布覆盖。

5.2.8.3 烧伤的急救

烧伤因丧失体液，创面暴露时可发生休克、感染等严重后果，甚至危及伤员生命，所以应及时地进行烧伤的现场救护，减轻病情，抢救生命。

(1)迅速脱离火源，尽快脱去着火或沸液浸渍的衣服。

(2)除烧伤外，检查有无其他伤害，如休克、窒息，大出血时应首先处理。

(3)用敷料或干净被单、衣服等包裹创面，创面不可涂有色外用药，创面水泡不要弄破。

(4)如伤员口渴，可饮用盐开水，不可喝生水或过多喝开水。

(5)经以上初步救治后，应立即送往医院救治。

5.2.8.4 酸、碱烧伤的急救

(1)迅速脱离现场，清除残余化学物质，脱去衣服。

(2)用大量自来水冲洗，时间不能小于 30 分钟。

(3)不宜用中和剂。

(4)如有头、面部、眼睛等烧伤，应优先处理。

5.2.8.5 氯气中毒的急救

(1)迅速脱离有毒环境，并移到空气新鲜处。

(2)有窒息情况时，用粗针头刺入气管，同时眼结膜要用生理盐水反复冲洗。

(3)对呼吸、心跳停止者，就地进行人工呼吸和心脏挤压法进行救治。

5.3 环境保护基础知识

5.3.1 环境保护

自然环境是人们赖以生存和发展的物质基础，而人类的活动又时刻冲击和影响环境的质量。环境保护工作的任务就是要在发展经济与保护环境之间选择一条协调发展的最优途径。在更好地利用自然资源的同时，使人为破坏自然环境的行为不再发生和得到控制。保护环境就是防止和消除污染，避免自然环境恶化和生态破坏，为人民创造清洁适宜的生活和劳动环境，保护人民健康，促进经济发展。

环境保护还必须研究环境与工业生产、经济活动之间的内在关系和必然联系，研究如何合理开发和综合利用资源，以达到在人与环境的物质交换中，既能最大限度地取得目前的直接经济效益，又能取得长远的和间接的经济效益。

5.3.2 环境保护的主要内容

环境保护的主要内容，就是运用现代环境科学的理论和方法，在利用自然资源的同时，有计划地保护环境，预防环境质量的恶化，控制环境污染，使人类和环境得以和谐发展，不断提高人类环境质量和生活质量，造福于后代。

5.3.3 环境污染

环境污染，一般是指由于人类的生产活动，使环境的组成部分或状态发生了变化，环境质量恶化，从而扰乱和破坏生态系统和人们的正常生产、工作环境。而环境本身的自净作用，对于外界影响又有一定的抗拒和消化能力。目前，所谓的环境污染，则是随着人类生活和生产规模的不断扩大，排入环境中有害物质的数量和品种超出其本身自净能力，破坏了环境的机能，使环境发生了人类所不希望的物理、化学和生物特性的变化，使人类健康、社会财富、生产发展、生物生存、自然资源等受到影响和破坏。如过量二氧化硫的排放，使大气中二氧化硫的含量超过允许的正常范围，危害人体和生物，并被雨水稀释，降落到地面引起土壤酸化等：

工业污染源主要是工业企业中的废水、废气、废渣、噪声等，它是城市中的主要污染源。

5.3.4 防止环境污染的措施

环境污染问题是由自然社会、经济技术等多种因素引起的，情况十分复杂，因此必须采取立法、经济、教育、行政、技术等相结合的手段，对损害和破坏环境的活动，施加影响才能达到控制、保护和改善环境的目的，除了各种污染物的具体治理技术外，还要采取有效的综合防治措施。

第一，把环境保护纳入国民经济计划和管理的轨道，要以《中华人民共和国环境保护法》等法律、法令、条例为依据，具体包括：

(1)要把保护环境与自然资源作为制定国民经济计划时不可缺少的内容之一，实行全面规划合理布局。

(2)进行基本建设时，要贯彻执行环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产(即“三同时”的原则)。

(3)在老企业的技术改造中，要把消除污染作为技术改造的内容之一，对一些危害严重的污染源，要分期分批限期解决。

(4)对企业的管理，不仅要求提高产品的数量和质量，还必须按照国家规定对环境标准进行控制

和减少污染，只有这样，才能解决日益严重的环境污染问题。

第二，做好基本建设项目的环境规划工作，把好新建企业这一关，不再增加新的污染源，对环境进行全面规划，做到防患于未然。

第三，制定控制环境污染的技术政策，主要有：

(1)改革工艺，优先发展和采用无污染和少污染的工艺。

(2)减少燃料用量，改变能源结构。

(3)禁止和限制生产和使用高污染的物品等。

(4)建设综合性工业基地。

第四，用经济手段管理环境，在国民经济发展的同时，要相应的增加环境保护投资。对环境污染的治理要从经济上给以优待，对于治理环境污染的资金，银行要给以低息长期贷款。对治理建设固定资产折旧实行减税，对利用废弃物生产的产品要实行利润留成。

第五，绿化造林。

第六，安装净化装置。

5.3.5 控制环境污染源

环境控制主要是污染源的控制，就是在对污染源进行调查的基础上运用技术的、经济的、法律的以及其他手段的措施对污染源监督，控制污染物的排放量，以改善环境质量。

控制污染源的主要措施包括：

(1)控制排放污染物的标准，即根据环境标准的要求考虑技术上可行，经济上合理并结合地区的、企业的环境特征，制定各种排放污染物的标准和指标。如污染物排放标准(或允许排放量)，单个设备排污控制指标，单位产量排污控制指标，单位产量用水量指标，燃料消耗指标，原材料消耗指标等。这些标准和指标经国家有关部门批准公布即成为污染源控制的法律依据。

(2)控制污染物排放，即按照有关标准控制污染源的排放量，这是改善环境质量的重要措施。对确定的污染源要加以监督，发现排放污染物超过标准时，应对责任者实行经济和法律的制裁，以促使排污责任者改进生产工艺和设备，改变原料和燃料成分构成，综合利用资源，减少排污量。

5.3.6 环境管理的主要对象及主要内容

环境管理就是对那些可能造成损害或已经造成损坏并破坏环境质量的活动进行有效的控制和管理。就企业环境管理对象来说主要有：

(1)资源开发和利用。资源是指自然资源，包括水、矿产、大气、土地、动植物和其他海陆自然资源。在开发和利用时进行管理，以达到合理开发和合理利用的要求。

(2)预防和治理环境污染。企业环境污染与生产过程能源的质量有关，与选择的生产工艺，技术装备以及科学的管理水平有关，与企业管理者对环境污染危害的认识水平、科学知识水平、管理方法及管理手段等都有密切关系。

环境管理的主要内容有：

(1)组织污染源调查，弄清和掌握污染状况，建立污染源档案，并定期进行环境监测。

(2)编制企业环境保护规划和计划，并作为企业生产目标的一个内容，纳入企业生产发展规划和计划中去。

(3)制定便于考核的污染物排放指标、环境设施运转指标、绿化指标等，同生产指标一样进行考核，做好环境指标的统计。

(4)建立各种管理制度，经常检查督促。

(5)加强基建工程管理工作，严格控制新污染源的产生。

(6)组织开展环境管理教育和技术培训，提高各级领导干部和广大职工的认识水平和技术水平。

(7)把环境保护纳入企业的劳动竞赛,表彰先进,发动群众,以推动环境保护工作。

5.3.7 环境监测统计指标

环境监测统计指标主要有:

(1)废水,包括用水量、工业废水排放总量、废水处理率、废水中的污染物等。

(2)废气,包括废气排放量、废气处理率、废气中污染物排放总量、可回收利用的可燃废气总量、可回收利用的余热总量。

(3)废渣,包括废渣产生量、废渣综合利用率、废渣处理率、废渣占地面积。

(4)锅炉及工业炉窑,现有和已经改造的锅炉和工业炉窑数。

(5)"三废"综合利用产品价值,"三废"综合利用利润。

(6)厂区绿化面积。

(7)污染处理装置,物理、化学、生物处理装置等。

5.3.8 环境标准归类

5.3.8.1 目前实行的主要环境标准有以下几种:

(1)工业"三废"排放标准;

(2)大气环境质量标准;

(3)生活饮用水卫生标准;

(4)城市区域环境噪声标准;

(5)工业企业噪声卫生标准;

(6)机动车辆允许噪声标准;

(7)工业企业设计卫生标准;

(8)食品卫生标准;

(9)放射防护标准;

(10)农田灌溉水质标准;

(11)渔业水质标准;

(12)海水水质标准。

5.3.9 工业污染

5.3.9.1 工业废水的污染

工业生产不可避免地要对水资源产生污染。水污染是指排入水体的污染物超过了水的自净能力从而使水质恶化的现象。

有色冶金工业污染源排出的废水含有多种重金属,主要污染物有氰化物、氟化物、硝基化合物、酚、汞、镉、铬等各种污染物,其中有机污染物主要消耗水中的溶解氧而使生物死亡,无机物中的硫化物、亚硫酸盐等物质也具有这种危害作用,而某些工业废水中有毒性的废水主要集中在化工、冶金等生产部门。

5.3.9.2 工业废气的污染

通过人类生活和生产活动或某些自然现象(如火山喷出高浓度二氧化硫等有毒气体)都可使大气受污染,但最主要的是生产活动中产生有毒气体,那么工业废气是怎样使大气受到污染的呢?一般可概括分为以下两类:第一类从不同类污染源向大气中排放的气体以及粉尘等污染物(或称污染质)并因其性质、浓度及时间等因素造成大气污染,一般称为一次污染物。第二类因为大气污染物之间相互作用以及污染物与大气成分发生反应或因为太阳引起光化学反应等而使污染物变质,即产生新的污染物而造成污染,一般称为二次污染。

5.3.9.3　工业废气中主要污染物的形状

它的形状一般可分为两种：一种是气体状污染物，主要包括二氧化碳、氧化氮、氧化碳及种类众多的有机物气体；另一种是粒状污染物，主要包括固体粒子和液体粒子，一般说煤烟是气体和粒子状污染物两种成分的混合物。

第6章　质量管理知识

6.1　全面质量管理基础知识

6.1.1　质量管理发展简史

质量管理在其发展过程中，大体经历了三个阶段。

6.1.1.1　质量检验阶段

质量检验的思想源远流长，但是作为一种科学的管理方式，形成于20世纪初至20世纪30年代。主要代表人物是美国工程师、科学管理的创始人泰罗。其主要的贡献是首次将检验作为一种管理职能从生产过程中分离出来，建立了专职检验制度，包括设立专职检验人员、检验机构；制定检验的基本依据——技术标准，最终使质量检验从经验走向科学。

6.1.1.2　统计质量管理阶段

统计质量管理形成于20世纪40年代到50年代，主要的代表人物是美国贝尔电话实验室工程师休哈特、道奇和罗米格等。休哈特首创控制图用于工序控制中，把数理统计这门科学运用到质量管理中来，对生产过程中影响质量的各种因素实施质量控制，从理论上实现了质量管理从事后把关向事前预防的转变。

在统计质量管理的发展过程中，美国质量管理专家戴明以及世界上众多学者做出了许多贡献，在实践中也取得显著成果。

6.1.1.3　全面质量管理阶段

全面质量管理的理论提出于20世纪60年代，至今仍在不断地发展和完善之中，其主要代表人物是美国质量管理专家费根堡母和朱兰等。

全面质量管理是在科学技术日新月异、市场经济迅速发展的背景下产生的。为了实现全面的质量目标，必须实行从市场调研、产品开发、制造、检验、售后服务、全面的质量管理，必然要实行从组织的最高领导到一般员工，全员参加的质量管理，即所谓的全面质量管理。

应该看到，质量管理的各个发展阶段之间就其过程而言，如朱兰所说："大部分是彼此首位重叠的"，是不断地继承、扩展和完善的过程，而不是相互替代、相互排斥，截然分开的，它们共同构筑成现代质量管理科学。

6.1.2　全面质量管理的基本概念

全面质量管理的英文字头是TQC(Total Quality Control)，所以简称TQC，最先起源于美国。所谓全面质量管理，就是企业全体职工及有关部门同心协力，把专业技术、经营管理、数理统计和思想教育结合起来，建立起产品的研究设计、生产制造、售后服务等全过程的质量保证体系，从而用最经济的手段，生产出用户满意的产品。其基本核心是强调提高人的工作质量，保证和提高产品质量，达到全面提高企业经济效益的目的。全面质量管理的基本特点是从过去的事后检验和把关为主转变为预防和改进为主；从管结果为管因素，把影响质量的诸因素查出来，抓住主要矛盾，发动全员、全部门参加，依靠科学管理的理论、程序和方法，使生产的全过程都处于受控状态。

(1)质量(quality)一组固有特性满足要求的程度。

注①术语"质量"可使用形容词如差、好或优秀来修饰。

注②"固有的"就是指在某事或某物中本来就有的，尤其是那种永久性的特征。

(2)要求(requirement)明示的、通常隐含的或必须履行的需求或期望。

(3)质量管理(quality management)在质量方面指挥和控制组织的协调的活动。

(4)质量方针(quality policy)由组织的最高管理者正式发布的该组织总的质量宗旨和方向。

(5)质量目标(quality objective)在质量方面所追求的目的。

(6)组织(organization)职责、权限和相互关系得到安排的一组人员及设施。

(7)产品(product)过程的结果。

注①有下述四种通用的产品

——服务(如运输);

——软件(如计算机程序、字典);

——硬件(如发动机机械零件);

——流程性材料(如润滑油)。

注②服务通常是无形的,并且是在供方和顾客接触面上至少需要完成一项活动的结果。服务的提供涉及,例如:

——在顾客提供的有形产品(如维修的汽车)上所完成的活动;

——在顾客提供的无形产品(如为准备税款申报书所需的收益表)上所完成的活动;

——无形产品的交付(如知识传授方面的信息提供);

——为顾客创造氛围(如在宾馆和饭店)。

软件由信息组成,通常是无形产品并可以方法、论文或程序的形式存在。

硬件通常是有形产品,其量具有计数的特性。流程性材料通常是有形产品,其量具有连续的特性。硬件和流程性材料经常被称之为货物。

(8)过程(product)一组将输入转化为输出的相互关联或相互作用的活动。

注①一个过程的输入通常是其他过程的输出。

注②组织为了增值通常对过程进行策划并使其在受控条件下运行。

注③对形成的产品是否合格不易或不能经济地进行验证的过程,通常称之为"特殊过程"。

(9)特性(characteristic):

注①特性可以是固有的或赋予的。

注②特性可以是定性的或定量的。

注③有各种类别的特性,如:

——物理的(如:机械的、电的、化学的或生物学的特性);

——感官的(如:嗅觉、触觉、味觉、视觉、听觉);

——行为的(如:礼貌、诚实、正直);

——时间的(如:准确性、可靠性、可用性);

——人体功效的(如:生理的特性或有关人身安全的特性);

——功能的(如:飞机的最高速度)。

(10)质量特性(quality characteristic)产品、过程或体系与要求有关的固有特性。

注①"固有的"就是指在某事或某物中本来就有的,尤其是那种永久性的特性。

注②赋予产品、过程或体系的特征(如:产品的价格、产品的所有者)不是它们的质量特征。

(11)合格(conformity)满足要求。

(12)不合格(nonconformity)未满足要求。

(13)缺陷(defect)未满足与预期或规定用途有关的要求。

注①区分缺陷与不合格的概念是重要的,这是因为其中有法律内涵,特别是与产品责任问题有关。因此,术语"缺陷"应慎用。

注②顾客希望的预期用途可能受供方信息的内容的影响,如所提供的操作或维护说明。

6.1.3 数理统计方法在质量管理中的应用

6.1.3.1 产品质量的波动

在生产实际中，经常可以观察到这样的现象，由同一个工人，在同一台设备上，用同一批原材料，同一种方法生产的同一种产品的质量具有波动性。造成这种波动的原因主要来自以下五个方面因素变化的结果。

人(Man)：操作者的质量意识、技术水平及熟练程度、身体素质等。

机器(Machine)：机器设备、工具的精度和维护保养状况等。

材料(Material)：材料的成分、物理性能和化学性能等。

方法(Method)：加工工艺、工艺装备、操作规程、测试方法等。

环境(Environment)：工作地点的温度、湿度、照明、噪音和清洁条件等。

这五个方面的因素通常成为五大因素，或称 4M1E。我们可以根据造成波动的原因，把波动划分为两大类：一类是正常波动，一类是异常波动。

正常波动是由偶然性、不可避免的因素造成的波动。正常波动是质量管理中允许的波动。

异常波动是由系统性原因造成的质量数据波动。异常波动是质量管理中不允许的波动。

质量管理的一项重要工作就是通过搜集数据、整理数据，找出波动的规律，把正常波动控制在最低限度，消除系统性原因造成的异常波动。针对要解决的质量问题先搜集数据，将搜集到的数据进行整理归纳，形成数、表、图形或计算出特征值，如平均值、中位数、百分比等，然后对这些数、表、图形进行观察分析，找出其中的统计规律。这些规律告诉我们生产或工作是否合乎要求，要不要采取措施等情况，最后，经过进一步的判断找出主要问题，对症下药，并利用专业技术或采取组织协调措施，以便达到提高质量的目的。

6.1.3.2 数据的特征值

在质量管理中的常用方法中，统计特征值可以分为两类：一类表示数据的集中位置，如平均值、中位数等；一类表示数据的分散程度，如极差、标准偏差等。例如有 5 个数据，分别为 2、4、5、8、9，计算以下几种特征值。

平均值：将所有的数据都加起来作为分子，数据的个数为分母，商的有效数字多取一位，平均值用 $\bar{x}$ 表示。

$$\bar{x}=\frac{2+4+5+8+9}{5}=5.6$$

中位数：将搜集到的质量数据按大小顺序排列，排在中间的那个数就叫中位数。用符号 $\tilde{x}$ 来表示。

$$\tilde{x}=5$$

当搜集的质量数据总数为奇数时，位置居中间的数只有一个。当搜集到的质量数据总数为偶数时，居中位置有两个数，此时，中位数为居中两个数据的算术平均值。

极差：是指数据中最大值与最小值之差。一般用符号 R 表示。

$$R=9-2=7$$

极差虽然能够表示数据的分散程度，但是只使用了最大值与最小值，而未考虑其他数据的分布情况，因此反映实际情况的精度较差。

标准偏差：比较精确表示离散程度的特征数，用 S 表示。

$$S=\sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}$$

$$S=\sqrt{\frac{(2-5.6)^2+(4-5.6)^2+(5-5.6)^2+(8-5.6)^2+(9-5.6)^2}{5-1}}=2.88$$

6.1.3.3 统计方法

质量管理的方法和技术体系中，核心是统计方法和电子计算机技术在质量管理中的应用。

表 6－1 常用统计方法一览表

名称	主要应用范围	主要目的
实验设计/因素分析	产品设计、市场分析	方案优选
方差分析/回归分析	数据分析、市场分析	确定主要因素、因素之间关系
安全性评价/风险分析	产品设计、市场分析、性能评定或缺陷分析	确定质量水平、安全性、风险性
显著性检验	工序控制、数据分析、缺陷分析、性能评定	确定主要因素、预测风险性
质量控制图	工序控制、工序能力研究	工序稳定状态判定、维持
统计抽样检验	产品验收、工序控制	确定质量水平、节约检验费用
工序能力分析	工序控制	工序评价
质量成本分析	质量经济性分析、评价、质量水平改进	分析原因、降低成本
排列图、因果图	工序控制、质量分析、质量改进	抓主要问题、分析原因
直方图	工序控制	工序状态、工序能力分析
散布图	工序控制、质量分析	分析因素间的关系
分层法	数据分析、缺陷分析、性能评定	抓主要问题、分析原因
调查表	数据分析、缺陷分析	确定主要因素、分析原因

6.1.4 **质量改进**

质量管理基本工作方式——PDCA 循环

PDCA 循环是美国质量管理专家戴明提出的，又称戴明环。P、D、C、A 是英文单词“计划(Plan)、执行(Do)、检查(Check)、处理(Action)”的第一字母的拼写，含义是做一切工作都必须经过四个阶段，它是提高产品质量的一种科学管理的工作方法。

6.1.4.1 PDCA 反映出四个阶段的基本工作内容

P 阶段：就是要以提高质量、降低消耗为目标，通过分析诊断，制定改进的目标，确定达到这些目标的具体措施和方法，这就是计划阶段。

D 阶段：就是要按照已制定的计划内容，克服各种阻力，扎扎实实地去做，以实现质量改进目标，这就是执行阶段。

C 阶段：就是对照计划要求，检查、验证执行的效果，及时发现计划过程中的经验及问题，这是检查阶段。

A 阶段：就是把成功的经验加以肯定，制订标准、规程、制度，巩固成绩，克服缺点，这就是总结阶段。

这种“PDCA”的工作程序，还可以具体分为以下八个步骤进行。

第一步，分析现状，找出存在的主要质量问题。对于存在的质量问题，要尽可能用数据加以说明。在分析现状时，切忌“没有问题”，“质量很好”等自满情绪。

第二步，诊断分析产生质量问题的各种影响因素。这就要逐个问题、逐个影响因素详加分析，切忌主观、笼统、粗枝大叶。

第三步，找出影响质量的主要因素。影响质量的因素往往是多方面的，从大的方面来看，可以有操作者、机器设备、检测工具、原材料、工艺方法以及环境条件等方面的因素。从小的方面来看，每项大的影响因素中又包含许多小的影响因素。要想解决质量问题，就要在许多因素中，全力找出主要的

直接影响因素，以便从主要影响因素入手，解决质量问题。

第四步，针对影响质量的主要因素，制定措施，提出改进计划，并预计其效果。措施和活动计划应该具体、明确。一般应明确：为什么要制定这一措施；预计达到什么目标；在哪里执行这一措施；由哪个单位、谁来执行；何时开始、何时完成；如何执行等等，即通常所说的 5W1H 的内容。

第五步，按既定的计划执行措施，即“执行”阶段。

第六步，根据改进计划的要求，检查、验证实际执行的结果，看是否达到了预期的效果。即“检查”阶段。

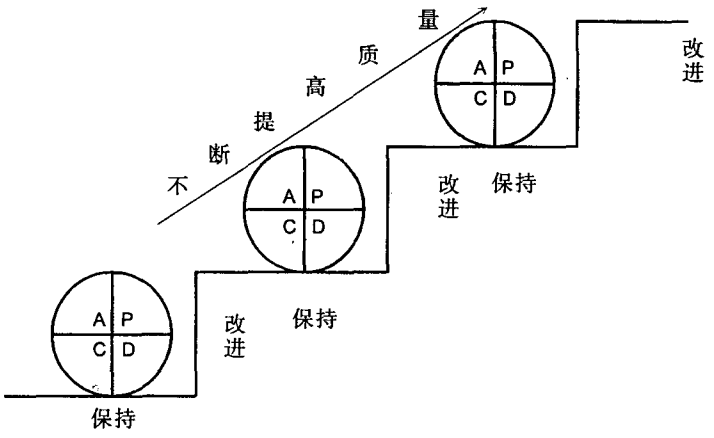


图 6—1 “循环”转动示意图

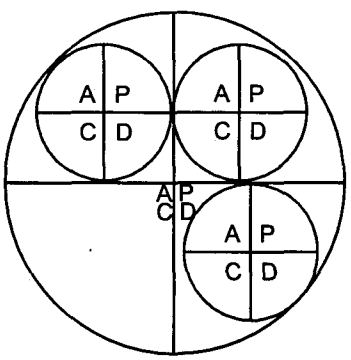
第七步，根据检查的结果进行总结，把成功的经验和失败的教训都纳入有关的标准、制度和规定中，巩固已经取得的成绩，同时防止重蹈覆辙。

第八步，提出这一循环尚未解决的问题，把它们转到下一次 PDCA 循环的第一步去。

6.1.4.2 PDCA 循环的特点

(1)不断转动，逐步提高。循环好像一个转动的“车轮”在爬楼梯，每转动一次就完成一个 PDCA 循环，向着新的目标，在新的水平上转动，随着 PDCA 循环，质量工作将得到不断的改进和提高。

(2)大环含小环，小环保大环，相互促进。企业的大循环是靠内部各环节的小循环来保证的。各环节小循环要由企业大循环来带动。每一个循环四个阶段之间，各类大、小循环之间都是密不可分的、有序的动态过程。



(3)推动 PDCA 循环，关键在于“总结”阶段，所谓总结，就是指总结经验，肯定成绩，纠正错误，以利再战。这是 PDCA 循环所以上升、前进的关键，如果只有三个阶段，没有将成功的经验和失败的教训纳入有关标准、制度和规定中，就不能巩固成绩，吸取教训，也就不能防止同类问题的再度发生。因

此，推动 PDCA 循环，一定要始终如一，抓好总结阶段。

6.2 2000 版 ISO9000 质量管理体系基础知识

6.2.1 ISO9000：2000 系列标准的四个核心标准

6.2.2.1 新版 ISO9000 族标准，具有以下的特点：

ISO9000：2000 质量管理体系基本原则和术语。

ISO9001：2000 质量管理体系——要求。

ISO9004：2000 质量管理体系——业绩改进指南。

ISO19011：2000 质量和环境审核指南。

6.2.2 2000 版 ISO9000 族标准的特点、实施要求

6.2.2.1 新版 ISO9000 族标准，具有以下的特点：

(1)面向所有组织，通用性强。新版 ISO9000 族标准适用于所有的产品、行业和各种规模的组织。

(2)确立八项原则，统一理念。

(3)鼓励过程方法，操作性强。

(4)强化关键，即领导作用。

(5)自我评价测量，突出改进。

(6)关心各相关方，利益共享。

6.2.2.2 实施要求

(1)强调质量并非在产品检验中得到，而是形成于生产的全过程。

(2)为把握产品的质量，ISO9001 要求“必须使影响产品质量的全部因素在生产全过程中始终处于受控状态”。建立质量保证体系，首先要求明确职责，针对所有可能影响产品质量的各个因素都要采取有力措施，作出如何加强管理和控制的决定，对与质量有关的人员规定其职责和职权，使之责任落实到人，产品质量真正得到控制。

(3)ISO9000 标准要求证实：“企业具有持续提供符合要求产品的能力。”质量认证是取得这一证实的有效方法。

(4)ISO9000 标准还强调“质量管理必须坚持进行质量改进”。贯彻 ISO9000 标准是企业加强质量管理、提高产品质量的过程，这个过程包含许多工作绝非一蹴而就所能奏效的。

6.2.3 ISO9001：2000 标准的主要特点和要求

2000 版 ISO9001 标准在结构、内容、构思等方面与 1994 版标准相比发生了明显的变化。新版标准采用了以过程为基础的质量管理体系机构模式，这与 1994 版 ISO9001 标准以 20 个要素为基础的机构模式完全不同，以过程为基础的结构模式比以要素为基础的结构模式更切合实际，被更多地运用在当今的管理活动中。

6.2.3.1 主要特点：

(1)标准具有广泛的适用性。ISO9001：2000 标准作为通用的质量管理体系标准可适用于各类组织，不受组织类型、规模、经济技术活动领域或专业范围、提供产品种类的影响和限制。

(2)明显改善了 ISO9000 系列标准与 ISO14000 系列标准的兼容性。

(3)标准条款和要求的可取舍性。

(4)有效解决质量管理体系文件的可操作性。

2000 版 ISO9001 标准在质量管理体系文件方面实现的两个重要目的是:建立一种简单的文件格式以适用于不同规模的组织;文件的数量和内容更切合组织的过程活动所期望的结果。

基于上述两方面,新版标准在质量管理体系文件的要求上做了简化。有关质量手册的要求,条款 4.2.1b)表明,手册的内容可根据组织的管理需求确定。对有关程序文件的要求,条款 4.2.1c)提出标准要求的程序文件有六个:4.2.3 文件控制程序、4.2.4 记录控制程序、8.2.2 内审程序、8.3 不合格品控制程序、8.5.2 纠正程序、8.5.3 预防程序文件。

对有关质量记录的要求,标准在不同的条款中共提出了二十一个用于质量管理体系的质量记录。这些记录是:管理评审记录;组织成员的教育、培训、技能和经历记录;用于证明产品满足要求和产品实现过程的记录;反映产品要求评审结果和采取措施的记录;设计、开发输入记录;反映设计、开发评审结果和采取措施的记录;反映设计、开发验证结果和采取措施的记录;反映设计、开发确认结果和采取措施的记录;反映设计、开发审定结果和采取措施的记录;反映供方评价和自我评价结果的记录;监测和测量达不到验证效果时反映过程确认的记录;对可追溯性产品建立唯一性标识的记录;顾客财产管理和使用记录;不存在测量基准时反映测量设备校准和验证的记录;测量设备的校准和验证记录;反映质量管理体系内审计过的记录;证明产品符号标准及合同要求的记录;对不合格品采取纠正措施的记录;反映纠正结果的记录和预防活动结果的记录。

6.2.3.2 要求:

纵览 2000 版 ISO9001 标准的内容可以发现,标准突出了过程识别、对影响因素的控制、持续改进、体系运行有效性四方面的要求。

6.2.4 质量管理八项原则及其应用指南

6.2.4.1 原则 1——以顾客为中心

组织依存于他们的顾客,因而组织应理解顾客当前和未来的需求,满足顾客需求并争取超过顾客的期望。实施本原则要开展的活动:

(1)全面地理解顾客对于产品、价格、可依靠性等方面的需求和期望。

(2)谋求在顾客和其他受益者(所有者、员工、供方、社会)的需求和期望之间的平衡。

(3)将这些需求和期望传达至整个组织。

(4)测定顾客的满意度并为此而努力。

(5)管理与顾客之间的关系。

6.2.4.2 原则 2——领导作用

领导者建立本组织相互统一的宗旨和方向。他们应该创造并保持使员工能充分参与实现组织目标的内部环境。实施本原则要开展的活动:

(1)努力进取,起领导的模范带头作用。

(2)了解外部环境条件的变化并对此做出响应。

(3)考虑到包括顾客、所有者、员工、供方和社会等所有受益者的需求。

(4)明确地提出组织未来的前景。

(5)在组织的各个层次树立价值共享和精神道德的典范。

(6)建立信任感、消除恐惧心理。

(7)鼓舞、激励和承认员工的贡献。

(8)向员工提供所需要的资源和在履行其职责和义务方面的自由度。

(9)进行开放式的和真诚的相互交流。

(10)教育、培训并指导员工。

(11)设定具有挑战性的目标。

(12)推行组织的战略以实现这些目标。

6.2.4.3 原则 3——全员参与

各级人员是组织之本，只有他们的充分参与，才能使他们的才干为组织受益。实施本原则员工要开展的活动：

(1)承担起解决问题的责任。

(2)主动地寻求机会进行改进。

(3)主动地寻求机会来加强他们的技能、知识和经验。

(4)在团队中自由地分享知识和经验。

(5)关注为顾客创造价值。

(6)对组织的目标不断创新。

(7)更好地向顾客和社会展示自己的组织。

(8)从工作中得到满足感。

(9)作为组织的一名成员而感到骄傲和自豪。

6.2.4.4 原则 4——过程方法

将相关的资源和活动作为过程来进行管理，可以更高效地得到预期的效果。实施本原则要开展的活动：

(1)对过程给予界定，以实现预期的目标。

(2)识别并测量过程的输入和输出。

(3)根据组织的作用识别过程的界面。

(4)评价可能存在的风险、因果关系以及内部过程与顾客、供方和其他受益者的过程之间可能存在的相互冲突。

(5)明确地规定对过程进行管理的职责、权限和义务。

(6)识别过程内部和外部的顾客、供方和其他受益者。

(7)在设计过程时，应考虑过程的步骤、活动、流程、控制措施、培训需求、设备、方法、信息、材料和其他资源，以达到预期的结果。

6.2.4.5 原则 5——系统管理

识别、理解和管理作为体系的相互关联的过程，有助于组织实现其目标的效率和有效性。实施本原则要开展的活动：

(1)通过识别或展开影响既定目标的过程来定义体系。

(2)以最有效地实现目标的方式建立体系。

(3)理解体系的各个过程之间的内在关联性。

(4)通过测量和评价持续地改进体系。

(5)在采取行动之前确立关于资源的约束条件。

6.2.4.6 原则 6——持续改进

组织总体业绩的持续改进应是组织的一个永恒的目标。实施本原则要开展的活动：

(1)将持续地对产品、过程和体系进行改进作为组织每一名员工的目标。

(2)应用有关改进的理论进行渐进式的改进和突破性的改进。

(3)周期性地按照“卓越”的准则进行评价，以识别具有改进潜力的区域。

(4)持续地改进过程的效率和有效性。

(5)鼓励预防性的活动。

(6)向组织的每一位员工提供有关持续改进的方法和工具方面的教育和培训，如：—PDCA 循环—解决问题的方法—过程重组—过程创新。

(7)制定措施和目标，以指导和跟踪改进活动。

(8)对任何改进给予承认。

6.2.4.7 原则7——基于事实的决策方法

有效决策是建立在数据和信息分析基础上。实施本原则要开展的活动：

(1)对相关的目标值进行测量，收集数据和信息。

(2)确保数据和信息具有足够的精确度、可靠性和可获取性。

(3)使用有效的方法分析数据和信息。

(4)理解适宜的统计技术的价值。

(5)根据逻辑分析的结果、经验和直觉进行决策并采取行动。

6.2.4.8 原则8——互利的供方关系

组织与其供方是相互依存的，互利的关系可增强双方创造价值的能力。实施本原则要开展的活动：

(1)识别并选择主要的供方。

(2)清楚地、开放式地进行交流。

(3)把与供方的关系建立在兼顾组织、社会的短期利益和长远目标的基础之上。

(4)共同开发，改进产品和过程。

(5)共同理解顾客的需求。

(6)分享信息、对未来的计划。

(7)承认供方的改进和成就。

上述质量管理八项原则与质量保证和质量管理之间的关系：质量管理八项原则是一个组织在质量管理方面的总体原则，这些原则需要通过具体的活动得到体现。其应用可分为质量保证和质量管理两个层面。就质量保证来说，主要目的是取得足够的信任以表明组织能够满足质量要求，因而所开展的活动主要涉及测定顾客的质量要求、设定质量方针和目标、建立并实施文件化的质量体系，最终确保质量目标的实现。就质量管理来说，要考虑作为一个组织经营管理(这里说的不是营销管理)的重要组成部分，怎样保证经营目标的实现。组织要生存、要发展、要提高效率和效益，当然离不开顾客，离不开质量。因而，从质量管理的角度，要开展的活动就其深度和广度来说，要远胜于质量保证所需开展的活动。

6.2.5 质量管理体系十二项原理

质量管理体系共有质量管理体系说明、质量管理体系要求与产品要求、质量管理体系方法、过程方法、质量方针和质量目标、最高管理者在质量管理体系中的作用、文件、质量管理体系评价、持续改进、统计技术的作用、质量管理体系与其他管理体系的关注点、质量管理体系与优秀模式之间的关系十二项原理。下面仅介绍“文件”、“持续改进”、“统计技术的作用”三个原理的基本知识。

6.2.5.1 文件

(1)文件的价值。文件能够沟通意图、统一行动，它有助于：

①符合顾客要求和质量改进；

②提供适宜的培训；

③重复性和可追溯性；

④提供客观证据；

⑤评价质量管理体系的持续适宜性和有效性。

(2)质量管理体系中使用的文件类型有：

①向组织内部和外部提供关于质量管理体系的一致信息的文件，这类文件称为质量手册。

②表述质量管理体系如何应用于特定产品、项目或合同的文件，这类文件称为质量计划。

③阐明要求的文件，这类文件称为规范；

④阐明推荐的方法或建议的文件，这类文件称为指南；

⑤提供如何一致地完成活动和过程的信息的文件，这类文件包括形成文件的程序、作业指导书和图样；

⑥对所完成的活动或达到的结果提供客观证据的文件，这类文件称为记录。每个组织确定其所需文件的详略程度和所使用的媒体，取决于下列因素，诸如组织的类型和规模、过程的复杂性和相互作用、产品的复杂性、顾客要求、适用的法规要求、经证实的人员能力以及满足质量管理体系要求所需证实的程度。

6.2.5.2 持续改进

标准在条款 11.5.1 中提出质量管理体系持续改进的要求，该条款的要求涉及质量管理体系的各个方面。如在该条款中提到的质量方针与目标、内部质量管理体系审核和管理评审、产品实现过程中的质量控制和对产品质量影响因素的控制、顾客的需求和相关法律法规的要求等。持续改进活动中的一个关键的环节，是对顾客需求从现有的和期望的角度来考虑，这要求组织在质量管理活动中要有对未来需求进行预测的能力。持续改进质量管理体系的目的在于增加顾客和其他相关方满意的可能性，改进包括下述活动：

①分析和评价现状，以识别改进范围；

②设定改进目标；

③寻找可能的解决办法以实现这些目标；

④评价这些解决办法并作出选择；

⑤实施选定的解决办法；

⑥测量、验证、分析和评价实施的结果以确定这些目标已经满足；

⑦将更改纳入文件。

必要时，对结果进行评审，以确定进一步改进的机会。从这种意义上说，改进是一种持续的活动，顾客和其他相关方的反馈，质量管理体系的审核和评审也能用于识别改进的机会。

6.2.5.3 统计技术的作用

使用统计技术可帮助组织了解变异，从而有助于组织解决问题并提高有效性和效率。这些技术也有助于更好地利用可获得的数据进行决策，在许多活动的状态和结果中，甚至是在明显的稳定条件下，均可观察到变异。这种变异可通过产品和过程的可测量特性观察到，并且在产品的整个寿命期（从市场调研到顾客服务和最终处置）的各个阶段，均可看到其存在。统计技术可帮助测量、表述、分析、说明这类变异并将其建立模型，甚至在数据相对有限的情况下也可实现。这种数据的统计分析为更好地理解变异的性质、程度和原因提供帮助。从而有助于解决，甚至防止由变异引起的问题，并促进持续改进。GB/Z19027 给出了统计技术在质量管理体系中的指南。

6.2.6 ISO9001：2000 标准条款的理解

ISO9001：2000 标准由前言、引言、正文和附录四部分组成。下面仅介绍正文中测量、分析和改进的部分条款。

对测量、分析和改进部分提出了对组织的业绩、体系、过程、产品测量的具体要求和分析测量信息，持续改进质量管理体系有效性的要求。测量顾客满意的方法有多种，满意度调查表不是唯一的方法，电话了解、顾客论坛、座谈会等不同方式都可应用。顾客满足的尺度和程度也因人而异，组织必须监视顾客满意的情况，不仅要使顾客满意，还要使顾客高兴。

条款 11.2.3）过程的监视和测量：组织应采取适宜的方法对质量管理体系过程进行测量。这些方法应证实过程实现所策划的结果的能力，当未能达到所策划的结果时，应采取适当的纠正和纠正措施，以确保产品的符合性。

条款 11.2.4）产品的监视和测量：组织应对产品的特征进行监视和测量，以验证产品要求已得到满足。这种监视和测量应根据所策划的安排，在产品实现过程的适当阶段进行，应保持符合接收准则的证据，记录应指明有权放行产品的人员，除非得到有关授权人员的批准，适用时得到顾客的批准，否

则在策划的安排完成之前，不应放行产品和交付服务。

条款 11.3)不合格品控制：组织应确保不符合产品要求的产品得到识别和控制，以防止其非预期的使用或交付。不合格品控制以及不合格品处置的有关职责和权限应在形成文件的程序中作出规定。组织应通过下列一种或几种途径，处置不合格品：

(1)采取措施，消除已发现的不合格品；

(2)经有关授权人员批准，适用时经顾客批准，让步使用、放行或接收不合格品；

(3)采取措施，防止其原预期的使用或应用。

应保持不合格的性质以及随后所采取的任何措施的记录，包括所批准的让步的记录。不合格品得到纠正之后应对其再次进行验证，以证实符合要求。当在交付或开始使用后发现产品不合格时，组织应采取与不合格的影响或潜在影响的程度相适应的措施。

理解：11.3 不合格品控制该条款指的是产品不合格。产品包括了各过程的结果和最终产品。该条款提到的“应保持不合格的性质以及……”中的不合格性质是指不合格的类别属性及原因分析。

条款 11.4)数据分析：组织应确定、收集和分析适当的数据，以证实质量管理体系的适宜性和有效性。并评价在何处可以持续改进质量管理体系的有效性。这应包括来自监视和测量的结果以及其他有关来源的数据。数据分析应提供以下的信息：

(1)顾客满意；

(2)与产品要求的符合性；

(3)过程和产品的特性及趋势，包括采取预防措施的机会。

理解：11.4 数据分析该条款不仅用于管理评审，各部门、人员也应有效地作出与自己相关的数据分析。至于收集什么数据，由组织自行决定，只要符合 11.4 的要求即可。统计技术可以根据需要采用，也可用其他适用的方法，由组织根据实际作出决策。

条款 11.5.1)持续改进：组织应利用质量方针、质量目标、审核结果、数据分析、纠正和预防措施以及管理评审，持续改进质量管理体系的有效性。

条款 11.5.2)纠正措施：组织应采取措施，以消除不合格的原因，防止不合格品的再发生。纠正措施应与所遇到不合格的影响程度相适应。应编制形成文件的程序，以规定以下方面的要求：

(1)评审不合格(包括顾客抱怨)；

(2)确定不合格的原因；

(3)评价确保不合格不再发生的措施的需要；

(4)确定和实施措施的结果；

(5)记录所采取措施的结果；

(6)评审所采取的纠正措施。

条款 11.5.3)预防措施：组织应确定措施，以消除潜在不合格的原因，防止不合格的发生。预防措施应与潜在问题的影响程度相适应。应编制形成文件的程序，以规定以下方面的要求：

(1)确定潜在不合格及其原因；

(2)评价防止不合格发生的措施的需要；

(3)确定和实施所需的措施；

(4)记录所采取措施的结果；

评审所采取的预防措施。

理解：11.5.2 纠正措施和 11.5.3 预防措施。两个车间生产同样的产品，使用同样的生产线，其中一个车间发现不合格品后采取的纠正措施在另一个车间实施时，不能称为预防措施。一个过程的纠正措施可能是对产品的预防措施。重要的是发现问题和采取措施，要在问题发生之前有效地防止，而不在于判定为纠正措施还是预防措施。在一般情况下，组织往往难以下决心采取预防措施，但如果关注目标，看到顾客满意趋于恶化，就会感到有必要采取预防措施，通过数据分析确定改进的机会。

第7章　相关法律法规基础知识

7.1　劳动法的相关知识

7.1.1　劳动法概述

7.1.1.1　劳动法的概念

劳动法是调整劳动关系以及与劳动关系密切联系的其他社会关系的法律规范的总和。制定劳动法的目的是保护劳动者的合法权益，维护和发展和谐稳定的劳动关系，维护社会安定，促进经济发展和社会进步。我国的劳动法是指1994年7月5日第八届全国人大常委会第八次会议通过于1995年1月1日起正式生效的《中华人民共和国劳动法》。

7.1.1.2　劳动法调整的社会关系

(1)劳动关系。劳动关系是劳动者与用人单位在劳动过程中发生的相互关系，劳动法调整的劳动关系的主体和内容都是特定的。即一方面劳动关系双方当事人为劳动者和劳动力使用单位，这是特定的，不可调换；另一方面劳动者和用人单位的范围也是特定的，不可随意扩大。如劳动者仅指工薪劳动者，不包括农民、国家公务员、军人等广义劳动者。

(2)与劳动关系密切联系的其他社会关系。劳动关系不是一种孤立的社会关系，它在运行过程中及其发生前后都会形成与之相联系的其他社会关系，一般包括以下几种：

①劳动行政部门在就业培训、职业介绍等方面与劳动者和用人单位之间所发生的劳动行政关系。

②社会保险机构在失业、养老、医疗、住房等社会保险方面与用人单位和劳动者所形成的社会保险关系。

③劳动争议处理机构在劳动争议审理过程中与发生劳动争议双方当事人所形成的劳动争议处理关系。

④工会组织在依法维护劳动者合法权益、参与企业民主管理过程中与用人单位和劳动者之间所形成的社会关系。

⑤劳动行政主管部门在监督劳动法实施过程中与用人单位之间所发生的劳动法律监督关系。

因此，我国劳动法包括的法律很多，除劳动法外还包括国务院、劳动和社会保障部颁布施行的大量的行政规章和各地权力机关、行政机关颁布施行的地方性法规和规章。

7.1.2　劳动合同

7.1.2.1　劳动合同的含义及特征

(1)含义：劳动合同是劳动者与用人单位为确立劳动关系，明确双方的劳动权利和义务而达成的一致协议。

(2)特征：①主体的特定性。劳动合同双方当事人是特定的。一方是劳动者个人，另一方是用人单位。

②内容的特定性。双方当事人的协议内容是劳动过程中双方的劳动权利和义务。

③形式的合法性。根据劳动法规定，劳动合同都应当采用书面形式。

7.1.2.2　劳动合同的订立

(1)劳动合同订立的原则。我国《劳动法》第17条规定："订立和变更劳动合同应当遵循平等自愿，协商一致的原则，不得违反法律、行政法规的规定。"根据这一规定，订立和变更劳动合同必须遵循

合法原则和平等自愿、协商一致的原则。

(2)劳动合同的主要条款。劳动合同条款是通过劳动者与用人单位平等协商,将双方的劳动权利和义务具体化,它由必备条款和约定条款所构成。必备条款主要包括以下内容:

①劳动合同的期限。劳动合同期限可分为无固定期限,有固定期限和以完成一定工作为期限;

②工作内容:是指劳动者的生产(工作)岗位以及应达到的数量、质量指标或应完成的任务;

③劳动保护和劳动条件。一般包括劳动安全卫生制度设施、女工和未成年职工特殊保护制度、工作时间制度及带薪休假制度等;

④劳动报酬。一般包括工资、奖金、津贴、补贴等形式;

⑤劳动保险和福利。劳动者应当享受医疗、工伤、福利等待遇;

⑥劳动纪律。劳动者在劳动过程中应遵循的规章和制度;

⑦劳动合同终止的条件。即劳动合同约定期限届满或出现致使劳动合同无法继续履行的情况;

⑧违反劳动合同的责任。用人单位违反劳动合同,应当支付劳动者的劳动报酬和经济补偿,并可支付赔偿金。劳动者违反劳动合同,应当承担被除名、辞退等责任,若违反劳动合同对用人单位造成损失的,劳动者应当赔偿损失。

约定条款是指除《劳动法》规定的以上七项必备条款之外,可由当事人协商约定的其他内容,如试用期、保密事项等。

7.1.2.3 劳动合同的解除

劳动合同的解除是指劳动合同生效以后,尚未履行完毕之前,一方或双方提前结束合同的法律效力的法律行为。依据提出解除合同的主体不同,劳动合同的解除可分为双方协议解除和用人单位或劳动者的单方解除。

协议解除是劳动合同经当事人双方协商一致而解除,劳动法对这种解除没有规定条件,只要求双方对解除合同的意思表示一致即可。而为了避免用人单位解除劳动合同的任意性以维护劳动关系的稳定,我国劳动法对于用人单位的单方解除条件都作出了明确的规定,并相应规定了不同的解除程序和经济补偿。

(1)过错性解除。是指因劳动者主观上有一定的过错,而影响劳动合同的履行。它包括:

①劳动者在试用期间被证明不符合录用条件;

②严重违反劳动纪律或用人单位规章制度;

③严重失职,营私舞弊,对用人单位利益造成重大损失;

④被依法追究刑事责任的,用人单位在劳动者被限制人身自由期间,可与其停止劳动合同的履行。

以上四种情况属于职工有一定的过错,为此劳动法规定,符合四类情况之一的,用人单位一经证实后,就可以解除劳动合同,无需提前通知,也不必给予经济补偿。

(2)非过错性解除。是指劳动者无主观上的过错,只是因为客观原因导致劳动合同的难于履行。包括:

①劳动者因病或非因工负伤,医疗期满后不能从事原工作,又不能从事用人单位另行安排工作的;

②劳动者不能胜任工作,经过培训或者调整工作岗位,仍不能胜任工作的;

③劳动合同订立时所依据的客观情况如生产设备条件、劳动安全卫生条件等发生重大变化致使原劳动合同无法履行,经当事人协商不能就变更劳动合同达成协议的;

④经济性裁员。用人单位进行经济性裁员必须符合法定的条件并遵循法定程序。

(3)劳动者单方解除。劳动者单方行使劳动合同解除权,依据用人单位是否有过错,也可以分为提前通知的解除和无需提前通知的解除。无需提前通知的解除,是指当劳动者在试用期内或用人单位以暴力、威胁或者非法限制人身自由的手段,强迫劳动者,以及用人单位未按照合同的约定支付劳

动报酬或提供劳动条件，劳动法赋予劳动者立即解除权。

提前30日通知的解除，即我们通常俗称的辞职。劳动者只要提前30日以书面形式通知用人单位即可，但双方有特别服务期约定的除外。

(4)用人单位不得解除合同的情况：

①患职业病或因工负伤并被确认丧失或部分丧失劳动能力的；

②患病或者负伤在规定医疗期的；

③女职工在孕期、产期、哺乳期内的；

④法律、行政法规规定的其他情形。

7.1.2.4 劳动合同的终止

劳动合同期满或者当事人约定的劳动合同终止条件出现，劳动合同即行终止。劳动合同终止之后，如果生产工作需要，当事人可通过协商一致，继续签订劳动合同。现实生活中经常出现用人单位与劳动者之间既无劳动合同又存在劳动关系的一种状态，除用人单位故意不与职工签订劳动合同之外，通常是合同期满后既没有续订合同，又没有终止劳动关系，而形成的事实劳动关系。对于事实劳动关系，劳动行政机关除责令补签劳动合同之外，对用人单位故意拖延不订劳动合同的，还要给予一定的经济处罚。

7.1.2.5 集体合同

(1)集体合同的概念。集体合同是由工会代表职工与企事业单位根据法律、法规的规定就劳动报酬、工作时间、劳动安全卫生、保险福利等事项在平等协商一致基础上签订的书面协议。集体合同可以弥补劳动立法和劳动合同的不足。

(2)劳动合同和集体合同的关系。集体合同和劳动合同都涉及劳动关系双方当事人的劳动权利和义务，都是协调用人单位与劳动者之间的关系的法律形式，两者之间联系密切、相辅相成、互为补充。但集体合同与劳动合同之间又有着明显的区别，主要表现在以下几点：

①合同主体不同。劳动合同的双方是劳动者个人和用人单位；集体合同签约双方是工会和用人单位。

②合同内容不同。劳动合同仅限于订立该合同本人的劳动条件，而集体合同则是全体劳动者最低劳动标准。

③合同的效力不同。集体合同的法律效力高于劳动合同，劳动合同的条款不能与集体合同相抵触，如果两者之间发生抵触时，以集体合同条款为准。

7.1.3 工作时间与休息休假

7.1.3.1 工作时间的概念和种类

工作时间又称劳动时间，是指法律规定的劳动者在一昼夜和一周内从事劳动的时间。它包括每日工作的小时数，每周工作的天数和小时数。工作时间的种类：

(1)标准工作时间，又称标准工时。是指法律规定的在一般情况下普遍适用的，按照正常作息办法安排的工作日和工作周的工时制度。我国的标准工时为劳动者每日工作不超过8小时，平均每周工作不超过44小时，在1周(7日)内工作5天。实行计件工作的劳动者，用人单位应当根据每日工作8小时、每周工作44小时的工时制度，合理确定其劳动定额和计件报酬。

(2)缩短工作时间。是指法律规定的在特殊情况下劳动者的工作时间长度少于标准工作时间的工时制度。即每日工作少于8小时。缩短工作适用于：

①从事矿山井下、高山、有毒有害、特别繁重或过度紧张等作业的劳动者，每日工作少于8小时；

②夜班工作时间缩短1小时；

③哺乳未满1周岁婴儿的女职工。根据国务院规定，有不满1周岁婴儿的女职工，其所在单位应当在每班劳动时间给予其两次哺乳时间，每次30分钟，也可以合并使用，每次哺乳时间为1小时；

④未成年工。未成年工实行低于8小时工作制。

(3)延长工作时间。又俗称加班加点,是指超过标准工作日的工作时间,即日工作时间超过8小时,每周工作时间超过44小时。我国劳动法对延长工时作了如下规定:

①用人单位依法安排劳动者在每日法定标准工作时间以外延长工作的,按照不低于劳动合同规定的劳动者本人小时工资标准的150%支付劳动者工资;

②用人单位依法安排劳动者在休息日工作,又不能安排补休的,按照不低于规定的劳动者本人日或小时工资标准的200%支付劳动者工资。

③用人单位依法安排劳动者在法定节假日工作的,按照不低于劳动合同规定的本人日或小时工资标准的300%支付其工资;

④用人单位由于生产经营需要,应与工会和劳动者协商之后,方可延长时间;

⑤用人单位安排劳动者加班每日一般不得超过1小时,特殊原因需要延长时间的,也应确保劳动者的身体健康,每日不得超过3小时,每月不得超过36小时。

7.1.3.2 休息休假的概念和种类

休息休假是根据法律的规定和劳动合同的约定,劳动者免于从事生产或工作而自行支配的时间。

休息时间的种类:

(1)公休假,又称为周休,是法律规定两个相邻的工作周之间应休息的时间。

(2)法定节假日,是指根据国家、民族的传统习俗而由法律规定的在节日实行的休假。我国法定休假节日包括:元旦一天(1月1日),春节三天(初一、二、三),国际劳动节三天(5月1日～5月3日),国庆节三天(10月1日～10月3日),目前合计为10天。

(3)探亲假,是我国法律规定,给予分居两地的职工在一定期限内回家与父母或配偶团聚的假期。

(4)年休假,是指职工每年享有一定时间的带薪连续休假。

7.1.4 工资概述

7.1.4.1 工资的概念和形式

(1)工资是指用人单位依据国家有关规定和集体合同、劳动合同约定的标准,根据劳动者提供劳动的数量和质量,以货币形式支付给劳动者的劳动报酬。

(2)工资支付的六种形式:①计时工资;②计件工资;③奖金;④津贴和补贴;⑤加班工资;⑥特殊情况下支付的工资。

7.1.4.2 最低工资

(1)最低工资的概念。最低工资是指劳动者在法定的工作时间内提供了正常的劳动,由用人单位支付给劳动者最低的工资报酬。

(2)最低工资的确定。目前我国各地区的经济发展规模、速度不同,各地的生活水平不平衡,决定了我国难以实行全国统一的最低标准。因此,劳动法规定了各省、自治区、直辖市人民政府根据本地区的基本情况,自行制定当地的最低工资标准。2002年最低工资标准:北京市465元、上海市535元、广州市500元、天津市440元、成都市340元、长沙市360元。

7.1.4.3 用人单位代扣劳动者工资的法律规定。有下列情况之一的,用人单位可以代扣劳动者工资:

(1)用人单位代扣代缴的个人所得税;

(2)用人单位代扣代缴的应由劳动者个人负担的社会保险费用;

(3)法院判决、裁定中要求代扣的抚养费、赡养费和赔偿费;

(4)法律、法规规定可以从劳动者工资中扣除的其他费用;

(5)劳动者因本人原因给用人单位造成经济损失的赔偿费。

7.1.5 劳动保护概述

7.1.5.1 劳动保护的含义

劳动保护，其广义是指对劳动者各个方面合法权益的保护，其狭义仅指对劳动者在劳动过程中的安全和健康的保护，即安全技术和劳动卫生规程。

7.1.5.2 安全技术规程

是指以防止和消除劳动过程中伤亡事故的技术规则。具体有：建筑安装安全技术规程；电气安全技术规程；机械安全技术规程；矿山安全技术规程；锅炉压力容器安全技术规程；防火防爆安全技术规程；高处作业安全技术规程；其他安全技术法律规范。

7.1.5.3 劳动卫生规程

是指以防止和消除职业病、急性中毒等、慢性职业伤害的技术规则，基本内容旨在保护劳动者身体健康的法规。具体包括：防止有毒物质危害的规定；防止粉尘危害的规定；防止噪音和强光危害的规定；防止电磁辐射危害的规定，防暑降温、防冻取暖和防潮湿的规定；通风和照明的规定；卫生保健的规定。

7.1.5.4 工伤事故的认定及处理

工伤事故是指劳动者在工作中所发生的伤亡事故和职业病，由于引起事故的原因不同，实际生活中对工伤事故的认定经常容易引起纷争，因此，国家有关部门为了保障劳动者在工伤后能获得及时医疗救治、经济补偿和职业康复，分散工伤风险，促进工伤预防，对工伤认定和待遇都作了相应的规定。

7.1.5.5 女工、未成年工的特殊保护

女工是指从事体力劳动和脑力劳动的所有女性劳动者。未成年工是指年满16周岁未满18周岁的男女劳动者。对女工和未成年工的特殊保护，是由他们的生理特点决定的。

(1)女工特殊保护的内容有：禁止安排女职工从事有害妇女健康的劳动；对女职工的“四期”保护；女职工劳动保护的其他措施。

(2)未成年工特殊保护的主要内容有：禁止安排未成年工从事禁忌的劳动；禁止安排未成年工延长工作时间和进行夜班工作；定期为未成年工进行健康检查。

7.1.6 社会保险

7.1.6.1 社会保险的概念和特征

社会保险，是指国家依法建立的，劳动者在年老、患病、伤残、生育和失业时，能够从社会获得物质帮助的制度。它具有以下特征：

(1)社会保险的社会性，即社会保险对象包括社会上的不同层次，不同行业的劳动者，覆盖面非常广。

(2)社会保险的强制性。由国家依法建立的社会保险在实行范围、保险项目、保险待遇、保费标准等方面都具有强制性，劳动关系的当事人无权选择。

(3)社会保险的互济性。社会保险基金由社会统一筹措，统一调剂使用，体现了保障的作用，这种社会保险基金的社会统筹程度越高，劳动者社会保险的程度也就越高。

7.1.6.2 社会保险的内容

(1)养老保险，是指对符合法定退休条件的劳动者给予基本社会保障的社会保险项目。目前我国没有实行统一的职工养老保险规定，而是各地方根据实际情况制定本地的养老保险制度。

(2)医疗保险，是指劳动者非因工患病、负伤而暂时或永久丧失劳动能力时，获得物质帮助的社会保险项目。

(3)生育保险，是指女职工因怀孕和分娩而从国家和社会获得物质帮助的一种保险项目。

(4)失业保险，是指劳动者非自己意愿而失去职业时，国家和社会在一定期限内对其提供帮助的社会保险项目。

7.1.7 劳动争议概述

7.1.7.1 劳动争议的含义

指劳动关系双方当事人因劳动的权利和义务而发生的纠纷。

7.1.7.2 解决劳动争议的机构和法律途径

我国《劳动法》第七十七条规定："用人单位与劳动者发生劳动争议，当事人可以依法申请调解、仲裁、提起诉讼，也可以协商解决。"将我国劳动争议的处理程序以法律的形式确定下来，为正确处理劳动争议提供了法律保障。

(1)自行协商。指用人单位发生劳动争议后，在无须第三人参加的情况下，双方当事人就解决争议、化解矛盾，协调劳动关系共同进行协商，达成和解协议的行为。

(2)向劳动争议调解委员会申请调解。劳动争议调解委员会是设立在用人单位内的劳动争议处理机构，它由职工代表、用人单位代表和工会代表三方组成。

(3)向劳动争议仲裁委员会申请仲裁。劳动争议仲裁委员会是依法设立的、独立裁决劳动争议案件的专门机构，它通常由劳动行政部门代表、同级工会代表、用人单位方面的代表组成。

(4)向人民法院提起诉讼。劳动争议当事人不服劳动争议仲裁委员会的裁决，在法定期限内，可向用人单位所在地或者劳动合同履行地的基层人民法院提起诉讼。

7.2 产品质量法的相关知识

7.2.1 产品质量的概念

产品质量法是调整产品质量监督管理关系和产品质量责任关系的法律规范的总称。我国的产品质量法典，即1993年2月22日颁布，同年9月1日实施的《中华人民共和国产品质量法》。该法于2000年7月8日修订。

产品质量法以提高产品质量水平，明确产品质量责任，保护消费者的合法权益为基本宗旨。

7.2.2 产品、产品质量与产品质量责任

产品。产品质量法所称的产品，是指经过加工、制作、用于销售的产品。因此，天然的物品和非用于销售的物品，不属于该法所称的产品。

产品质量。国际标准化组织(ISO)规定的产品质量的定义是，产品能满足规定的或者潜在需要的特性和特性的总和。产品的安全性、适用性、可靠性、维修性、有效性、经济性等质量指标反映，代表了产品的质量状况。

产品质量责任。指产品的生产者、销售者以及对产品质量负有直接责任的人违反产品质量法规定的产品质量义务应承担的法律后果。在下列三种情况下，可判定上述主体应承担产品质量责任：

(1)产品不具有安全性和普通公众期待的使用性能，违反该义务，无论是否造成了消费者的损失，均应承担产品质量责任。

(2)产品质量不符合生产者、销售者以各种公开的方式明确表示产品所依据和达到的质量标准，应承担相应的法律责任。

(3)产品有缺陷，所谓缺陷是指产品存在危及人身、财产安全的不合理危险，并且产品缺陷造成实际的人身财产损害。

7.2.3 产品质量检验和认证机构

7.2.3.1 产品质量检验机构

产品质量检验机构是指专门承担产品质量检验工作的法定技术机构。

7.2.3.2 产品质量认证机构

产品质量认证工作应由专门的机构进行，我国的产品质量认证是由专门的认证委员会完成的。认证委员会在国务院标准化行政主管部门统一管理下，以独立于生产者、销售者的第三方身份开展认证活动。

7.2.3.3 对产品质量检验、认证机构的基本要求

(1)从事产品质量检验、认证的社会中介机构必须依法设立，不得与行政机关和其他国家机关存在隶属关系或者其他利益关系。

(2)产品质量检验机构必须具备相应的检测条件和能力，经省级以上人民政府产品质量监督部门或者其授权的部门考核合格后，方可承担产品质量检验工作。

(3)产品质量检验、认证机构必须依法按照有关标准，客观、公正地出具检验结果或者认证证明。

7.2.4 生产者和销售者的产品质量义务

7.2.4.1 生产者的产品质量义务

(1)生产者应使产品质量符合下列要求：

①不存在危及人身、财产安全的不合理危险，有国家标准、行业标准的应当符合该标准；

②具备产品应当具备的使用性能，但是对产品存在使用性能的瑕疵做出说明的除外；

③符合在产品或者其包装上注明采用的产品标准，符合以产品说明、实物样品的方式表明的质量状况。

(2)包装及产品标识应当符合下列要求：

①特殊产品，如易碎、易燃、易爆的物品，有毒、有腐蚀性、有放射性的物品，其他危险物品储运中不能倒置和有其他特殊要求的产品其标识、包装质量必须符合相应的要求，依照规定做出警示标志或者中文警示说明；

②普通产品，应有产品质量检验的合格证明，有中文标明的产品名称、生产厂的厂名和地址等标识；应标明生产日期和安全使用期或者失效日期；产品本身易坏或者可能危及人身、财产安全的产品，有警示标志或中文警示说明。

(3)禁止性规定：

①不得生产国家明令淘汰的产品；

②不得伪造产地，不得伪造或者冒用他人的厂名、厂址；

③不得伪造或者冒用认证标志、名优标志等质量标志；

④不得掺杂、掺假，不得以假充真、以次充好，不得以不合格产品冒充合格产品、名优标志；

⑤不得销售掺杂、掺假、以假充真、以次充好、以不合格产品冒充合格的产品。

7.2.4.2 销售者的产品质量义务

(1)进货验收义务；

(2)保持产品质量的义务；

(3)保证产品质量法对产品标识的要求的义务；

(4)不得违反禁止性规范。主要有：①不得销售失效变质的产品；②不得销售产品标识不符合产品质量法规定的产品；③不得伪造产地，不得伪造或冒用他人的厂名、厂址；④不得伪造或者冒用认证标志。

7.2.5 产品责任

针对生产者来讲，因产品存在缺陷造成人身、他人财产损害的，生产者应当承担赔偿责任。也就是说，无论生产者处于什么样的主观心理状态，都应承担赔偿责任。除非能够证明有下列情形之一的，不承担赔偿责任：

(1)未将产品投入流通的；

(2)产品投入流通时,引起损害的缺陷尚不存在的;

(3)将产品投入流通时的科学水平尚不能发现缺陷的存在的。

对销售者来讲,由于销售者的过错使产品存在缺陷,造成人身、他人财产损害的,销售者应当承担赔偿责任。销售者不能指明缺陷产品的生产者也不能指明缺陷产品的供货者的,即使没有过错也应当承担赔偿责任。

损害赔偿。产品质量法规定,因产品存在缺陷造成人身、他人财产损害的,受害人可以向产品的生产者要求赔偿,也可以向产品的销售者要求赔偿。属于产品的生产者的责任,产品的销售者赔偿后,有权向产品的生产者追偿。属于产品的销售者的责任,产品的生产者赔偿后,有权向产品的销售者追偿。

人身伤害的赔偿范围分为三种情况:第一,产品缺陷造成受害人人身伤害的,侵害人应当赔偿医疗费、治疗期间的护理费、因误工减少的收入等费用;第二,造成残疾的还应支付残疾者的生活自助具费、生活补助费、残疾赔偿金和其抚养的人所必需的生活费等;第三,造成受害人死亡的应当支付丧葬费、死亡赔偿金和死者生前抚养的人所必需的生活费等。

财产损害的赔偿范围。产品质量法规定,对于因产品缺陷造成受害人财产损失的,侵害人应当赔偿损失。

7.2.6 违反产品质量法的法律责任

7.2.6.1 生产者、销售者的民事责任

依产品质量法的规定,生产者、销售者的民事责任主要是修理、更换、退货以及赔偿损失,销售者有先行负责及赔偿义务,属于生产者或供货者的责任的,销售者有权追偿。

7.2.6.2 生产者、销售者的行政责任

根据修订后的产品质量法规定,拥有行政处罚权的质量监督部门、其他行政管理部门根据具体违法情节处罚的种类包括:责令停止违法行为,没收违法所得,罚款,吊销营业执照,可以单处或并处。此外,没收的对象除违法生产、销售的产品和违法所得外,对生产者专门用于生产假冒伪劣产品、不合格产品的原辅材料、包装物、生产工具应予没收。

7.2.6.3 生产者、销售者的刑事责任

生产者、销售者触犯刑法则第三章第一节规定的罪名的依法追究刑事责任。

7.3 环境保护法的相关知识

7.3.1 环境保护法的概念和特点

7.3.1.1 环境保护法的概念

环境保护法是指调整因保护和改善环境,合理利用自然资源,防治污染和其他公害而产生的社会关系的法律规范的总称。环境保护法的目的是为了协调人类与环境的关系,保护人民健康,保障经济社会的持续发展。

7.3.1.2 环境保护法的特点

(1)综合性。环境保护法保护的对象相当广泛,包括自然环境、人为环境和整个地球的生物圈;法律关系主体不仅包括一般主体的公民、法人及其组织,也包括国家乃至全人类,甚至包括尚未出生的后代人。

(2)技术性。由于环境保护法不仅协调人与人的关系,也协调人与自然的关系,因此环境保护法必须与环境科学技术相结合,必须体现自然规律,特别是生态、科学规律的要求,这些要求往往通过一

系列技术规范、环境标准、操作规程等形式体现出来。

(3)社会性。环境保护法所关注和规范的是社会公共利益和保障基本人权，它反映了全体社会成员的共同愿望和要求，代表人类的共同利益，侧重于社会领域的法律调整。

7.3.2 环境保护法的基本原则

7.3.2.1 协调发展原则

环境保护法规定，国家制定的环境保护规划必须纳入国民经济和社会发展计划，国家采取有利于环境保护的经济技术政策和措施，使环境保护工作同经济建设和社会发展相协调。

7.3.2.2 预防原则

预防原则是“预防为主、防治结合、综合治理原则”的简称，指采取各种预防措施，对环境问题防患于未然；对已产生的污染积极进行治理，综合利用各种防治手段治理污染，保护和改善环境。

7.3.2.3 污染者负担原则

污染者负担是指排污者承担污染环境造成的损失及治理污染的费用，开发利用资源者承担经济补偿的责任，开发利用环境资源者有保护环境资源的义务，造成环境破坏的单位和个人负有恢复、整治环境资源的责任。

7.3.2.4 公众参与原则

环境质量的好坏，直接关系到每个人的生活质量和追求幸福生活的权利，保持清洁、舒适、优美的环境，既是人们的愿望，也符合公众的利益。人们享有在良好的环境中生活的权利，依法参与环境管理的权利，对污染和破坏环境的行为进行监督的权利，同时也有保护和改善环境的义务。

7.3.3 环境保护法的基本制度

7.3.3.1 环境规划制度

环境保护法第 12 条规定：县级以上人民政府环境保护行政主管部门，应当会同有关部门对管辖范围内的环境状况进行调查和评价，拟订环境保护规划，经计划部门综合平衡后，报同级人民政府批准实施。在环境保护中，规划有着重要的作用，是在环境保护中贯彻预防原则，从而改变以往被动治理的一项根本措施。环境规划制度是对其规范化、法制化，从而形成的一项综合性的先进的环境管理制度。

7.3.3.2 清洁生产制度

清洁生产是指不断采取改进设计、使用清洁的能源和原料、采用先进的工艺技术与设备、改善管理、综合利用等措施，从源头削减污染，提高资源利用效率，减少或者避免生产、服务和产品使用过程中污染物的产生和排放，以减轻或者消除对人类健康和环境的危害。清洁生产制度则是对上述各环节、内容和措施的法定化、正规化和制度化。

7.3.3.3 环境影响评价制度

环境影响评价是指在一定区域内进行开发建设活动，事先对拟建项目可能对周围环境造成的影响进行调查、预测和评定，并提出防治对策和措施，为项目决策提供科学依据。环境影响评价制度是从环境保护的角度决定开发建设活动能否进行和如何进行的具有强制性的法律制度。

7.3.3.4 “三同时”制度

“三同时”制度，是指建设项目需要配置的环境保护设施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的环境法律制度。该制度系我国首创。

7.3.3.5 排污收费制度

排污收费制度是指国家环境管理机关根据法律、法规的规定，对排污者征收一定数额的费用的一项法律制度。征收排污费的对象主要是超过国家或地方污染物排放标准排放污染物的企业事业单位，但有例外，如企事业单位向水体排放污染物，不超过国家或者地方规定的污染物排放标准的缴纳

排污费，超过国家或者地方规定的污染物排放标准的缴纳超标准排污费，即对排放水污染物的实行达标排放的征收排污费，超标准排放征收超标准排污费的双收费制度。

对排污者而言，其缴纳了排污费，并不免除其负担治理污染、赔偿污染损失和法律规定的其他义务和责任。

7.3.3.6 总量控制制度

总量控制制度是指国家环境管理机关依据所勘定的区域环境容量，决定区域中的污染物质排放总量，根据排放总量削减计划，向区域内的企业个别分配各自的污染物排放总量额度的一项法律制度。总量控制的对象主要是指国家“九五”期间重点污染控制的地区和流域，包括酸雨控制区和 SO_2 控制区；淮河、海河、辽河流域；太湖、滇池、巢湖流域。

7.3.3.7 环境保护许可证制度

环境保护许可证制度，是指从事有害或可能有害环境的活动之前，必须向有关管理机关提出申请，经审查批准，发放许可证，方可按许可证的规定进行该活动的一整套法律制度措施。在许可证制度中，使用最广泛的是排污许可证。

7.3.3.8 限期治理制度

限期治理制度是指对污染严重的污染源，由法定国家机关依法限定在一定期限内治理并完成治理任务，达到治理目标的一整套法律制度措施。限期治理的对象包括两大类：(1)严重污染环境的污染源；(2)位于需要特别保护的区域内的超标准排污的污染源，需要特别保护的区域指风景名胜区、自然保护区和其他需要特别保护的区域。

7.3.3.9 环境标准制度

环境标准制度是国家为了保护环境质量、控制污染、按照法定程序制定并实施各种环境技术规范的法律制度。环境质量标准和污染物排放标准是环境标准体系中最重要的两类标准。

环境质量标准是环境中所允许含有有害物质或因素的最高限额。环境质量标准是确认环境是否被污染以及排污者是否应承担相应民事责任的依据。污染物排放标准是允许污染源(如工厂或设施等)排放污染物或有害环境的能量的最高限额。污染物排放标准是认定排污行为是否合法以及排污者是否应承担相应行政法律责任的根据。

7.3.4 环境法律责任

7.3.4.1 环境行政责任

环境保护法规定的行政责任主要表现在，环境管理部门对违法者可以实施以下行政处罚：警告、罚款、责令停止生产或使用；责令重新安装使用；责令停止、关闭；责令限期治理缴纳排污费，支付消除污染费用，赔偿国家损失；责令限期改正；责令停止违法行为；责令消除污染，没收违法所得；责令搬迁；责令改正等。

7.3.4.2 环境民事责任

依据我国民法通则、环境保护法及相关法律的规定，环境民事责任实行无过错责任制度，即行为人因污染危害环境而侵害了公共财产或者他人的人身、财产，不问是否有过错，即承担民事赔偿责任，除非因不可抗力、受害者自我致害或因第三者的过错时可以免除行为人的民事赔偿责任。

7.3.4.3 环境刑事责任

环境刑事责任是指行为人故意或过失实施了严重危害环境的行为，并造成了人身伤亡或公私财产的严重损失，已经构成犯罪要承担刑事制裁的法律责任。

7.4 安全生产法基本知识

7.4.1 安全生产法的概念

所谓“安全生产”，就是指在生产经营活动中，为避免发生造成人员伤害和财产损失的事故而采取相应的事故预防和控制措施，以保证从业人员的人身安全，保证生产经营活动得以顺利进行的相关活动。

安全生产法是调整安全生产相关社会关系的法律法规的总称。我国的安全生产法典是《中华人民共和国安全生产法》，于2002年6月29日通过，自2002年11月1日起施行。以下简称《安全生产法》。

7.4.2 安全生产法的调整对象

《安全生产法》专门调整涉及安全生产的相关关系的法律，因此，其适用的范围只限定在生产经营领域，不属于生产经营活动中的安全问题，不属于本法的调整范围。这里的“生产经营活动”，既包括资源的开采活动、各种产品的加工和制作活动，也包括各类工程建设和商业、娱乐业以及其他服务业的活动。《安全生产法》规定，法律、行政法规对消防安全和道路交通安全、铁路交通安全、水上交通安全、民用航空安全另有规定的，分别适用有关法律、行政法规。

7.4.3 生产经营单位主要负责人对本单位安全生产的责任

依照《安全生产法》第五条的规定，生产经营单位的主要负责人应对本单位安全生产工作全面负责。

《安全生产法》第十七条规定了生产经营单位主要负责人的职责，包括：

(1)建立健全安全生产责任制。

安全生产责任制是指将不同的安全生产责任分解落实到生产经营单位的主要负责人或者正职、负责人或者副职、职能管理机构负责人、班组长以及每位工人身上。明确安全责任、分工负责。

(2)组织制定本单位安全生产规章制度和操作规程。

安全生产规章制度是党和国家安全生产方针、政策、法律、法规在生产经营单位的具体化。制定安全生产规章制度和操作规程本身是一项安全生产的基础工作，是搞好生产经营单位安全生产的重要保证。

(3)保证本单位安全生产投入的有效实施。

安全生产投入是保障生产经营单位安全生产的重要基础，作为生产经营单位的主要负责人，有责任保证安全生产投入的有效实施，发挥安全生产投入资金的作用。

(4)督促、检查本单位为安全生产工作，及时消除生产安全隐患。

单位负责人要定期召开有关安全生产的会议，听取有关职能部门安全生产工作的汇报，对反映的安全问题或者存在的事故隐患，认真组织研究，制定切实可行的安全措施，并督促有关部门限期解决。经常组织安全检查，对检查中发现的安全问题或者事故隐患，指定专人负责，立即处理解决。

(5)组织制定并实施本单位的生产安全事故应急救援预案。

事故救援预案是一种事故发生之前就已经预先制定好的事故求援方案。实施事故求援预案，可以及时、有效、正确地实施现场抢救和其他各种救援措施，最大限度地减少人员伤亡和财产损失。单位负责人要根据本单位安全生产的状况，采取切实可行的安全措施，制定出符合实际、操作性强的生产安全事故应急救援预案。一旦事故发生，主要负责人要按照事故应急救援预案中的救援方案，立即

开展各项工作。

(6)及时、如实报告生产安全事故。

生产经营单位发生事故，主要负责人接到事故报告后，应当迅速采取有效措施，组织抢救，防止事故扩大，减少人员伤亡和财产损失，同时按照国家有关法律法规的规定，及时、如实地报告有关人民政府及其安全生产监督管理部门和有关部门，不得瞒报、谎报或者拖延不报，不得故意破坏事故现场、毁灭有关证据。

7.4.4 生产经营单位的从业人员在安全生产方面的权利和义务

7.4.4.1 从业人员的安全生产基本权利

《安全生产法》主要规定了各类从业人员必须享有的有关安全生产和人身安全的最重要、最基本的权利。这些基本安全生产权利，可以概括为以下五项：

(1)享受工伤保险和伤亡求偿权。

《安全生产法》第四十四条规定："生产经营单位与从业人员订立的劳动合同，应当载明有关保障从业人员劳动安全、防止职业危害的事项以及依法为从业人员办理工伤社会保险的事项。生产经营单位不得以任何形式与从业人员订立协议，免除或者减轻其对从业人员因生产安全事故伤亡依法应当承担的责任。"第四十八条规定："因生产安全事故受到损害的人员，除依法享有获得工伤社会保险外，依照有关民事法律尚有获得赔偿的权利的，有权向本单位提出赔偿要求。"第四十三条规定："生产经营单位必须依法参加工伤社会保险为从业人员缴纳保险费。"

(2)危险因素和应急措施的知情权。

《安全生产法》规定，生产经营单位从业人员有权了解其作业场所和工作岗位存在的危险因素及事故应急措施。要保证从业人员这项权利的行使，生产经营单位就有义务事前告知有关危险因素和事故应急措施。

(3)安全管理的批评检控权。

《安全生产法》针对某些生产经营单位存在的不重视，甚至剥夺从业人员对安全管理监督权利的问题，规定从业人员有权对本单位的安全生产工作提出建议；有权对本单位安全生产工作中存在的问题提出批评、检举、控告。

(4)拒绝违章指挥和强令冒险作业权。

《安全生产法》第四十六条规定："生产经营单位不得因从业人员对本单位安全生产工作提出批评、检举、控告或者拒绝违章指挥、强令冒险作业而降低其工资、福利等待遇或者解除与其订立的劳动合同。"这一规定不仅是为了保护从业人员的人身安全，也是为了警示生产经营单位负责人和管理人员必须照章指挥，保证安全，并不得因从业人员拒绝违章指挥和强令冒险作业而对其进行打击报复。

(5)紧急情况下的停止作业和紧急撤离权。

在生产经营作业过程中常常会发生一些意外的或者人为的直接危及从业人员人身安全的危险情况，为了最大限度地保护现场作业人员的生命安全。《安全生产法》第四十七条规定："从业人员发现直接危及人身安全的紧急情况时，有权停止作业或者在采取可能的应急措施后撤离作业场所。生产经营单位不得因从业人员在前款紧急情况下停止作业或者采取紧急撤离措施而降低其工资、福利等待遇或者解除与其订立的劳动合同。"

7.4.4.2 从业人员的安全生产义务

(1)遵章守规，服从管理的义务。

安全生产规章制度和操作规程是从业人员从事生产经营，确保安全的具体规范和依据。遵守规章制度和操作规程，实际上就是依法进行安全生产。依照法律规定，生产经营单位的从业人员不服从管理，违反安全生产规章制度和操作规程的，由生产经营单位给予批评教育，依照有关规章制度给予处分；造成重大事故，构成犯罪的，依照刑法有关规定追究其刑事责任。

(2)佩带和使用劳保用品的义务。

正确佩带和使用劳动防护用品是从业人员必须履行的法定义务,这是保障从业人员人身安全和生产经营单位安全生产的需要。从业人员不履行该项义务造成人身伤害的,生产经营单位不承担法律责任。

(3)接受培训,掌握安全生产技能的义务。

随着生产经营领域的不断扩大和高新安全技术装备的大量使用,生产经营单位对从业人员的安全素质要求越来越高。《安全生产法》第五十条规定:"从业人员应当接受安全生产教育和培训,掌握本职工作所需的安全生产知识,提高安全生产技能,增强事故预防和应急处理能力。"这对提高生产经营单位从业人员的安全意识、安全技能、预防、减少事故和人员伤亡,具有积极意义。

(4)发现事故隐患及时报告的义务。

发现事故隐患并及时报告是贯彻预防为主的方针,加强事前防范的重要措施。《安全生产法》第五十一条规定:"从业人员发现事故隐患或者其他不安全因素,应当立即向现场安全生产管理人员或者本单位负责人报告;接到报告的人员应当及时予以处理。"这就要求从业人员必须具有高度的责任心,防微杜渐,防患于未然,及时发现事故隐患和不安全因素,预防事故发生。

7.4.5 安全生产的监督管理

《安全生产法》第四章共十五条,从不同的方面规定了安全生产的监督管理,这是安全生产管理制度的一个重要组成部分,在安全生产工作中发挥着重要作用。

7.4.5.1 安全生产的国家监督

安全生产的国家监督,主要是指县级以上地方各级人民政府和负有安全生产监督管理职责的部门对安全生产工作的监督管理。同时,为了督促负有安全生产监督管理职责的部门及其工作人员依法履行安全生产监督管理职责,监察机关依照行政监察法的规定,有权对负有安全生产监督管理职责的部门及其工作人员履行监督检查的职责实施监察。

(1)县级以上地方各级人民政府的安全生产监督管理职责。

《安全生产法》第五十三条规定:"县级以上地方各级人民政府应当根据本行政区域内的安全生产状况,组织有关部门按照职责分工,对本行政区域内容易发生重大生产安全事故的生产经营单位进行严格检查;发现事故隐患,应当及时处理。"这一条对县级以上地方各级人民政府应当组织有关部门对相关生产经营单位进行严格检查,并及时处理事故隐患作出了明确规定。具体体现了"安全生产、政府有责"的要求。

(2)负有安全生产监督管理职责的部门的监督管理。

负有安全生产监督管理职责的部门,承担着对安全生产进行日常性监督检查的工作职责,其对安全生产的监督管理属于专门机关的监督管理,在安全生产监督管理中居于核心地位,发挥着极其重要的作用。安全生产法从几个方面对负有安全生产监督管理职责的部门的监督管理作了规定:一是明确要求负有安全生产监督管理职责的部门,必须严格依法对涉及安全生产的事项进行审查批准并加强监督检查;二是规范负有安全生产监督管理职责的部门审查、验收的行为;三是赋予负有安全生产监督管理职责的部门以相对广泛的职权,并明确要求生产经营单位对其依法履行监督检查职责要予以配合;四是明确对安全生产监督检查人员的素质要求,以及执行监督检查任务时应当遵守的义务;五是明确要求安全生产监督检查人员对检查情况作出书面记录并签字;六是对负有安全生产监督管理职责的部门应当互相配合作出了原则要求。

《安全生产法》第五十五条规定:"负有安全生产监督管理职责的部门对涉及安全生产的事项进行审查、验收,不得收取费用;不得要求接受审查、验收的单位购买其指定品牌或者指定生产、销售单位的安全设备、器材或者其他产品。"这是对负责安全生产监督管理职责的部门在对涉及安全生产的事项进行审查、验收时的行为规范的要求。

(3)监察机关的监督。

监察机关是人民政府行使监察职能的机关，依法对国家行政机关、国家公务员和国家行政机关任命的其他人员实施监察。负有安全生产监督管理职责的部门属于行政机关，其工作人员是国家公务员，因此，他们应当属于监察机关的监察对象。《安全生产法》第六十一条规定："监察机关依照行政监察法的规定，对负有安全生产监督管理职责的部门及其工作人员履行安全生产监督管理职责实施监察。"这是对监察机关依法对负有安全生产监督管理职责的部门及其工作人员依法履行职责实施监察的规定，也是和行政监察法有关规定的衔接。

7.4.5.2 安全生产的社会监督

安全生产法除了明确规定了政府和有关部门对安全生产的监督管理外，还规定了有关社会力量对安全生产工作监督，包括社会公众的监督、中介机构的监督、基层群众自治性组织的监督和新闻媒体的监督。安全生产法对安全生产的社会监督作了以下规定：

(1)任何单位和个人都有权向负有安全生产监督管理职责的部门报告事故隐患或举报安全生产违法行为。《安全生产法》第六十四条规定："任何单位或者个人对事故隐患或者安全生产违法行为，均有权向负有安全生产监督管理职责的部门报告或者举报。"

(2)充分发挥各种社会组织的监督作用。

《安全生产法》第六十二条规定："承担安全评价、认证、检测、检验的机构应当具备国家规定的资质条件，并对其作出的安全评价、认证、检测、检验的结果负责。"这是对有关安全生产中介服务机构的要求。

《安全生产法》第六十五条规定："居民委员会、村民委员会发现其所在区域内的生产经营单位存在事故隐患或者安全生产违法行为时，应当向当地人民政府或者有关部门报告。"这是对基层群众性自治组织的安全生产监督职责的规定。

《安全生产法》第六十七条规定："新闻、出版、广播、电影、电视等单位有进行安全生产宣传教育的义务，有对违反安全生产法律、法规的行为进行舆论监督的权利。"这是对新闻媒体等宣传舆论单位的安全生产宣传教育义务和监督安全生产违法行为的权利的规定。

7.4.6 违反《安全生产法》的法律责任

7.4.6.1 违反《安全生产法》的民事责任

(1)承担安全评价、认证、检测、检验工作的机构出具虚假证明，给他人造成损害的，与生产经营单位承担连带赔偿责任。如果因为出具虚假证明文件，而给要求出具安全评价、认证、检测、检验报告的生产经营单位以外的人造成了损害，要与该生产经营单位承担连带赔偿责任。

(2)生产经营单位将生产经营项目、场所、设备发包或者出租给不具备安全生产条件或者相应资质的单位或者个人，导致发生生产安全事故，给他人造成损害的，与承包方、承租方承担连带赔偿责任。即受损失方可以要求发包单位、出租单位和承包单位、承租单位的任何一方承担全部赔偿的责任。

(3)生产经营单位发生生产安全事故，造成人员伤亡、他人财产损失的，应当依法承担赔偿责任。这是生产经营单位依法应当承担的损害赔偿的民事责任。

(4)因生产安全事故受到损害的从业人员，除依法享有工伤社会保险外，依照有关民事法律尚有获得赔偿的权利的，有权向本单位提出赔偿要求。

7.4.6.2 违反《安全生产法》的行政责任

《安全生产法》第七十七条至第九十三条对违反《安全生产法》的行政责任作了规定。行政处罚是追究行政责任的主要方式。行政处罚主要有警告；罚款；没收违法所得；没收非法财物；责令停产停业；暂扣或者吊销许可证、暂扣或者吊销执照；行政拘留。

7.4.6.3 违反《安全生产法》的刑事责任

生产经营单位违反《安全生产法》的规定并触犯刑法构成犯罪的，按照刑法的有关规定追究刑事责任。

第·二·篇

操·作·实·践

第一单元·初级工

第1章　铜冶炼初级工

1.1　开炉准备

在对冶金炉窑点火烘炉前，必须对系统进行单体试车及联动试车，对整个系统进行细致的检查，对存在问题的设备、设施进行检修，按开炉计划的要求，在规定的时间内具备正常运行和满足正常生产的条件，开炉前须将炉膛、烟道及炉体周围清扫干净。开炉准备工作是生产实践过程的一个重要环节，开炉准备工作对于烘炉，按计划投料生产以及提高炉寿命起着重要的作用，开炉准备工作是保证按升温曲线烘烤的前提条件。

1.1.1　材料准备

为了保证冶金炉窑在开炉中能正常顺利进行，需对材料、备件及工器具进行准备。对开炉所需材料可分为以下几类：

1.1.1.1　燃料

(1)开炉需要的燃料包括：木材、焦炭、重油。

(2)质量要求：

①必须保证木材干燥，一般木材的长度控制 2m～3m；

②重油不得含物理水分；

③焦炭粒度 30mm～40mm。

1.1.1.2　工器具

开炉过程中需要配备的工器具有：大锤、手电、电池、钢板尺、钢卷尺、铁铲等。

1.1.1.3　其他材料

针对不同的炉窑所需要不同的其他材料，如矿热电炉和贫化电炉烘炉所需材料有：铁丝、角钢、石棉布、焦粉、水碎渣、黏土砖、石棉绳、电缆、空气开关、高压胶带、槽钢等。

针对不同的炉型在烘炉过程中所采用的材料和工器具都有所不同，具体要按照各自的开炉方案准备材料。

1.1.2　试车

开炉准备应对设备进行单体试车，试车内容主要包括：配加料系统、排烟收尘系统、电器仪表系统、控制系统及水、汽、风、油等各管路阀门。试车的具体内容包括：

(1)确认控制仪表及计算机系统工作正常；

(2)确认加料系统正常；

(3)确认水系统正常；

(4)汽、风、油等控制阀门灵活可靠；

(5)排烟机负荷试车，确认余热锅炉、电收尘等排烟系统正常；

(6)确认炉基、炉体无异常变形或损伤；

(7)确认其他相关设施运行正常。

1.2 烘炉

1.2.1 烘炉的目的及意义

烘炉是不定型耐火材料施工和使用中的关键环节。其作用主要是排除衬体中的游离水、化学结合水和获得高温使用性能。烘炉得当，能提高炉窑及热工设备的寿命，否则，水分排除不畅通，将使衬体产生裂纹，降低强度，严重时甚至引起衬体的剥落或爆炸事故。衬体低温阶段脱水是比较多的，主要是游离水，还有部分结合水；随着温度的继续升高，结合水和结晶水则不断排除，不同耐火材料在烘烧过程中脱水率不同，因此烘炉曲线的制定，应根据不同的耐火材料进行制定。在衬体烘烤时，测温点的位置要有代表性，一般应将热电偶的位置设在烘烤温度最高、升温速度较快的部位，同时热电偶端面应与衬体平齐或缩进 5mm 左右，这样才能较真实的代表衬体温度，也就是说，烘烤制度中所指的保温温度，是衬体工作面的温度。在冶金炉的烘烤过程中，应精心操作，严防熄火或者过热损毁衬体，衬体温度应当均匀、稳定，同时应根据烘炉情况，随时调整烘烤温度，以保证烘炉质量。

烘炉的目的和意义就是通过对衬体的烘烤，将耐火材料中的水分排除，使耐火材料逐步完成晶格变形，完成膨胀过程，从而使耐火材料达到在生产过程中保持稳定。

1.2.2 烘炉的方式方法

冶金炉窑的烘炉方式一般采用木材和重油烘炉，个别炉窑采用特殊的烘炉方式，如电炉采用电阻丝和电极送电引弧烘炉等。

1.2.2.1 闪速炉烘炉

在升温过程中，通常按照以下原则进行控制。

(1)以控制的热电偶温度为主要控制依据，综合考虑炉体其他区域(反应塔、沉淀池、贫化区)炉膛及耐火砌体的温度变化，以保证炉体耐火材料和钢骨架等各个部位的均匀膨胀。

(2)按升温曲线控制温升，实际控制过程中最大温度波幅与理论曲线相差不超过±20℃，避免温度大起大落。

(3)遵循多油枪、小油量的原则，即固定使用反应塔四支油枪后，逐渐增加沉淀池和贫化区的油枪数量，然后再逐渐增多各油枪的油量。

(4)遵循均衡升温的原则，即根据炉内各区域的温度分布，决定需要点燃的油枪位置和油枪的燃油量，尽量控制炉内各区域温度同步。

(5)遵循稳定炉内负压的原则，炉内始终保持微负压状态。

(6)燃烧要求：

①燃油雾化完全，燃烧充分，即燃烧不冒黑烟，炉内没有积油；

②油枪的火焰略向下喷射，绝对不许火焰向上；

③火焰离枪头 200mm 左右开始燃烧，火焰长度约 3m～4m，绝对不许烧到对面的炉墙。

升温技术条件：

检修性质不同，所选用的升温曲线和升温技术条件也不同，故障和小修后开炉，炉体没有挖补和更换耐火材料，升温要求比较低，一般不制订升温曲线，根据检修停炉时间升温 3～5 小时即可，若炉内状况较好，没有必要在沉淀池增加油枪；年度检修和大修后开炉要求比较高，升温曲线根据挖补的部位、面积和新更换耐火材料的性质而定。

主要技术条件：

反应塔总油量 600kg/h～1200kg/h。

反应塔二次风量 8000Nm^3/h～12000Nm^3/h，风温在保证最高蒸气压力的情况下，控制最高温度。

反应塔一次风量大于 550Nm^3/h，压力大于 0.45MPa，一次风温控制要求同二次风，各油喷嘴处风压 0.4MPa 以上。

1.2.2.2 电炉烘炉

电炉烘炉分电阻丝烘炉和电弧电阻烘炉。

电阻丝烘炉的目的是烘干炉体水分，其要求是使炉膛温度达到 160℃～200℃，炉底热电偶温度达到 85℃以上。

电弧电阻烘炉的目的是使炉体温度均匀上升至作业温度，其要求是熔池温度达到 1300℃左右，炉膛温度达到 750℃，炉底热电偶温度达到 700℃。

1.2.2.3 白银炉烘炉

从点火开始至升温达到加料温度为止的这一段时间称为烘炉阶段，烘炉质量的好坏，直接影响炉体寿命的长短，必须予以充分的重视。

烘炉时间长短和升温速度，要视炉体检修范围而定。炉体大修（指炉顶、炉墙及炉底全部重新砌筑），一般烤炉不少于 7 天，升温速度不大于 20℃/h，低温烘烤炉体时间较长（48h～60h）；炉体中修（指炉顶和炉墙全部重砌），烘炉时间 5～6 天，升温速度可适当增大；炉体小修（指炉顶和炉墙局部检修），烘炉时间 3～4 天，一般用快速升温方法，升温速度可达 30℃/h～45℃/h。

白银炉烘炉期间要注意以下事项：

(1)点火后约 4h 开始烧重油，按升温曲线升温，温差控制在±20℃。

(2)烧油时要每 4h 倒换一次油嘴，使炉体南北两侧受热均匀，油嘴不得伸入太深，以防烧坏油嘴，放置要平，不得偏上偏下或南北斜置。

(3)在升温过程中，要随时检查拉杆，及时松拉杆，注意放松量适度。

(4)炉尾升温到 400℃时，要堵好加料孔，并开动加料皮带，以防烧坏。

(5)炉头温度升至 800℃时，改烧粉煤，密封炉子工作门，启动排烟机。

(6)炉尾升温到 700℃时，炉中开始烧粉煤。

(7)加强水套水温检查，防止水量太小、冒蒸气或发生断水故障。

(8)烘炉结束前，准备好开炉用料，要使用 S/Cu 高、含 $SiO_2$3%～8%、CaO2%～4%的低熔点炉料。

(9)烘炉完毕，炉温升至 1400℃时进行加料。

1.2.2.4 诺兰达炉烘炉

(1)升温之前的要求：

①余热锅炉系统调试正常，处于备用状态；

②电收尘系统调试正常，处于备用状态；

③高温排烟机调试正常，处于备用状态；

④汽化烟罩处于冷态使用状态；

⑤无油压缩风和压缩供风系统处于正常供风状态；

⑥供油系统处于正常备用状态（柴油、重油）；

⑦燃烧风机处于正常备用状态；

⑧加料端燃烧器处于正常备用状态；

⑨临时燃烧系统处于正常备用状态；

⑩排烟管道上所有的阀、闸门均处于备用状态；

⑪风口高温计冷态调试正常；

⑫炉体耐火砖检查验收合格，风口全部装好；

⑬准备好临界时测温装置，安装在3#、37#风眼和测量孔处；

⑭准备好柴油30吨，重油50吨，木柴3吨，块煤5吨。

(2)注意事项

①升温期间，炉温严格按升温曲线进行，温度偏差不得超过升温曲线±20℃(以温度较高的一支热电偶为准)；

②升温期间，须有专人监督耐火砖的膨胀情况及炉体的变化情况；

③升温期间，须有专人监督燃烧器的使用情况，严禁重油、柴油喷入炉内；

④从开始点火起，余热锅炉就应进入低负荷进行状态；

⑤升温初期，加料端应适量送压缩空气，以防止燃烧器受热变形损坏；

⑥升温期间，严防炉体发生任何转动现象；

⑦升温期间，要注意汽化水套的使用膨胀；

⑧升温期间，如有异常情况应及时汇报。

1.2.2.5 自热炉烘炉

(1)临时短时间(12小时以内)停炉后的开炉。

判断炉内有无明火，耐火砖是否发红，首先加入木柴点火，待木柴燃烧至最旺时，加煤用氧吹，待炉内火焰较旺时进行送氧油操作，送氧油时先送氧后送油，送油时必须缓慢打开进油阀，严禁关闭回油阀，待少量油进入炉内后，方可进一步调节进油阀将油流量调节至要求的油量。当炉内熔体面完全熔化后即可进行正常吹炼作业。

(2)计划检修停炉后的开炉。

烘炉时严格控制烘炉温度，温度波动范围为±100℃，烘炉时间根据实际情况可适当延长，但不能缩短。自热炉中修后烘炉温度控制见表1—1、自热炉大修后烘炉温度控制见表1—2。

表1—1 自热炉中修后烘炉温度控制表

烘炉阶段	木柴烘炉	焦炭烘炉	重油烘炉
温度控制	常温～300℃	300℃～500℃	500℃～1200℃
时间要求	烘炉时间不少于36小时，升温速度23℃/h～28℃/h，且当温度升至300℃时进行恒温作业，恒温时间不少于24小时。	烘炉时间不少于30小时，升温速度14℃/h～20℃/h，且当温度升至500℃时进行恒温作业，恒温时间不少于18小时。	烘炉时间不少于50小时，升温速度20℃/h～25℃/h，且当温度升至800℃时进行恒温作业，恒温时间不少于20小时。当温度达到1200℃时即可投料生产。

表1—2 自热炉大修后烘炉温度控制表

烘炉阶段	木柴烘炉	焦炭烘炉	重油烘炉
温度控制	常温～300℃	300℃～600℃	600℃～1200℃
时间要求	烘炉时间不少于44小时，升温速度15℃/h～20℃/h，且当温度升至300℃时进行恒温作业，恒温时间不少于48小时。	烘炉时间不少于76小时，升温速度8℃/h～13℃/h，且当温度升至600℃时进行恒温作业，恒温时间不少于46小时。	烘炉时间不少于120小时，升温速度8℃/h～13℃/h，且当温度升至800℃时进行恒温作业，恒温时间不少于58小时。当温度达到1200℃以上时即可投料生产。

1.2.2.6 转炉烘炉

常用的烘炉方式是采用木材和重油进行烤炉，首先用木柴烘烤2～3个班，使炉内潮气基本挥发排掉、炉膛温度达到重油闪点以上(约150℃)，再利用重油按升温曲线继续升温至1000℃以上。

1.2.2.7 卡尔多炉烘炉

卡尔多炉共有两个炉体，一般为一用一备，当在用卡尔多炉达到使用寿命需进行更换时，备用卡尔多炉首先在修炉平台处用木柴和焦炭进行烘烤，待更换炉壳时停止烘烤，更换完后继续进行烘烤。

主要做法有：

(1)岗位人员必须将炉膛中杂物清扫干净，方可用“木柴”及“焦炭”烘炉。

(2)用“焦炭”及“重油”烘炉前，必须满足下列条件：

①水、汽、油、氧等各管路阀门及机械电气仪表设备进行彻底全面检查，待一切正常方可烘炉。

②控制室人员要对炉体的倾动进行试车，倾动制动是否良好，正常后方可烘炉。

③岗位人员对辅助设备如旋转烟罩、氧料枪进行全面试车，确保正常方可烘炉。

(3)烘炉要依据烘炉温度控制表进行控制，用各种燃料进行烘炉时可根据炉体的实际情况进行烘烤，烘烤时间可长于烘炉温度控制表所规定的时间，但不能短于所规定的时间(附烘炉温度控制表见表 1—3)。

(4)烘炉时按时按量进行燃料的添加作业，特别在木柴烘炉期间，严禁断火(更换炉壳时可停止烘炉)，炉温要保持均匀，温度波动范围±100℃。

(5)油氧烘炉时，为使炉体受热均匀，可间断低速转动炉体。

(6)在烘炉期间，每两小时检测一次炉膛温度。

(7)升温过程中加强炉体检查，特别注意炉帽连接处的膨胀，及时调节销子螺帽。

表 1—3　卡尔多炉烘炉温度控制表

烘炉阶段	木柴烘炉	焦炭烘炉	重油烘炉
温度控制	常温～300℃	300℃～600℃	600℃～1200℃
时间要求	烘炉时间不少于 48 小时。烘炉速度 4℃/h～8℃/h。	烘炉时间不少于 40 小时，烘炉速度 12℃/h～18℃/h。且当温度升至 600℃时进行恒温作业，恒温时间不少于 12 小时。	烘炉时间不少于 12 小时，烘炉速度 62℃/h～68℃/h。温度升至 900℃时进行恒温作业，恒温时间不少于 3 小时。当温度达到 1200℃时即可投料生产。

1.2.2.8　阳极炉烘炉

烤炉按烘炉温度控制表进行，用木材作燃料，及时送入压缩风，由常温以每小时上升 150℃速度升温至 380℃，然后保持 6 小时，要求低温脱水要彻底；然后改烧重油，每小时上升 20℃的速度，升温至 800℃，重油烤炉数小时后盖上炉口盖，随着炉温的升高逐渐增加油量，并调节燃油风量。此时镁砖晶格变形，要有适当恒温，一般保持 35 小时(视炉体大修、中修、小修情况)，继续升温，不能忽高忽低，烘炉温度波动范围为±100℃，不准停火降温，最后升至 1000℃左右，烘炉结束。在升温过程中，及时调节好炉口水套水量，加强炉体检查，特别注意端盖的膨胀，及时调整拉杆弹簧，发现转动障碍时应及时处理，要不时转动炉子，使炉衬各部位加热均匀。

烘炉时间根据炉况的不同，一般按下表进行：

炉　况	大　修	中　修	小　修
时间(h)	96	48	4～8

对炉衬全部更换的炉子其开炉时执行大修烘炉条件；对停炉较长时间的炉子或局部挖补的炉子，其开炉执行中修时的烘炉条件；对 12 小时以内停炉或对氧化还原孔进行更换的炉子，其开炉执行小修时的烘炉条件。烘炉温度控制表见表 1—4、表 1—5 及表 1—6。

表 1—4　精炼炉小修后烘炉温度控制表

烘炉阶段	重油烘炉
温度控制	炉膛温度～1250℃
时间要求	烘炉时间视停炉时间长短烘烤 4～8 小时，当炉膛温度达到 1250℃时后即可投料生产。

表 1—5　精炼炉中修后烘炉温度控制表

烘炉阶段	木柴烘炉	重油烘炉
温度控制	常温～500℃	500℃～1250℃
时间要求	烘炉时间不少于 14 小时，升温速度 52℃/h～57℃/h，且当温度升至 500℃时进行恒温作业，恒温时间不少于 5 小时。	烘炉时间不少于 34 小时，升温速度 22℃/h～27℃/h，且当温度升至 1000℃时进行保温作业，恒温时间不少于 5 小时。当温度达到 1250℃时恒温 3 小时后即可投料生产。

表 1—6　精炼炉大修后烘炉温度控制表

烘炉阶段	木柴烘炉	重油烘炉
温度控制	常温～500℃	500℃～1250℃
时间要求	烘炉时间不少于 40 小时，升温速度 13℃/h～18℃/h，且当温度升至 500℃时进行恒温作业，恒温时间不少于 10 小时。	烘炉时间不少于 56 小时，升温速度 12℃/h～17℃/h，且当温度升至 1000℃时进行恒温作业，恒温时间不少于 10 小时。当温度达到 1250℃时保温 6 小时后即可投料生产。

1.3　试生产

1.3.1　试生产的目的

试生产是在烘炉完毕后，当炉内温度达到作业要求时投料进行的摸索性生产。其目的是保证炉窑的安全运行以及各个所属设备、设施的安全运行，为生产和经济技术指标提供最佳生产依据。

1.3.2　试生产的方式方法

1.3.2.1　闪速炉试生产方式方法

通常，闪速炉的投料量是根据系统的运行状况分阶段逐渐增加的，整个过程大致分为两个阶段：

(1)调整阶段，通常 3～7 天小料量，这一阶段主要是调整铜锍品位、炉墙挂渣以及让各系统特别是炉体有个调整适应过程。

(2)正常生产阶段，正常作业投料量进行。

1.3.2.2　电炉试生产方式方法

在投料试生产期间，电炉应先采用低负荷、少投料的生产方法，待炉体膨胀趋于恒定后，再加大投料量，提高电负荷，从而转入正常生产。

1.3.2.3　白银炉试生产方式方法

试生产一般分两个步骤进行：即加料熔化、涨液面；开动风口和放冰铜。

加料熔化、涨液面：炉温升至 1400℃时恒温 8h，可往炉内加料，炉料成分按开炉和停炉混合物料要求，同时检查加固水套，用镁泥填好水套间隙，做好开风眼的准备。一般加料 1～2 昼夜，熔体液面就可涨至风口以上，这时可打开风口。

开风口：需注意应逐个打开风口，使风量逐步增加，加料量逐步增大。同时入炉料中 SiO_2 含量升至 8%～12%，CaO 含量升至 4%～6%，其他成分不变，直到炉况正常后，改变物料按正常生产入炉混合物料要求。

放冰铜：当熔池总液面升至渣口以上，冰铜液面达到放铜要求时，即可打开铜口放冰铜，转入正常操作。

1.3.2.4　自热白银炉试生产方式方法

在炉子烘烤达到要求后，即可转入投料试生产阶段，试生产是检验设备性能，设计及检修质量的重要环节，在试生产阶段对于提高操作人员的技能，摸索系统工艺参数，使之迅速达到设计能力起着关键作用，试生产阶段进料通常按设计进料量的40%，60%，80%，100%分阶段进行。

1.3.2.5　转炉试生产方式方法

(1)确认内部系统试车正常。

(2)通过调度与相关单位进行联系确认外部系统试车正常。

(3)灭掉油枪并用黄泥糊好油枪孔。

(4)用卤水和镁泥糊补好炉口。

(5)以上准备工作完毕，转炉即具备生产条件。

(6)向上道工序要料准备生产。

1.3.2.6　卡尔多炉试生产方式方法

将自热炉产出粗铜液加入卡尔多炉内进行吹炼作业，第一炉次不加任何冷料，确保卡尔多炉砌体缝吸收铜液，使之坚固致密不漏铜。

1.4　开炉、试生产注意事项

1.4.1　电炉

(1)电阻丝烘炉阶段炉子必须严格密封，严禁断电。

(2)电极的焙烧长度不宜过大，发现糊面不够，须及时加电极糊。

(3)电弧电阻烘炉阶段必须保证电极正常工作，防止电极压不下来和断电极事故发生。

(4)组织好炉体维护人员，随时监控炉体变化，及时调节拉杆弹簧，防止拉杆拉断或弹簧压死造成炉体散架等事故发生。

(5)必须确保水系统和液压系统的安全运行，防止断水和漏油而引起着火烧坏设备等事故。

(6)送电前把电极系统和炉顶烟道冷却水打开，送电后先保持8小时微正压操作，让电极周围冒烟烘烤电极，注意防止炉膛温度过高，电极氧化严重。

(7)开始送电采用较高电压，送电稳定后，改低电压。

(8)掌握开炉过程，严格监护炉体变化情况，及时调整技术条件，保证开炉质量。

(9)水淬渣不得混入焦粉，以防低冰镍含铁过高，引起事故。

(10)焦粉不得有杂物，沟坑必须按要求挖好，防止送电后断弧，影响开炉进度。

(11)开炉前必须做好一切防范措施，防止开炉过程中发生漏炉、着火事故。

(12)开炉升温要严格按升温曲线进行。

(13)试生产时要按生产计划合理用电，严格控制工艺参数，以便做工作试验，核实工艺参数，保证安全生产。

(14)制定安全技术操作规程，严格要求作业人员按规程操作。

1.4.2　转炉

(1)加强对设备、设施的巡回检查，防止出现意外。

(2)试生产初期炉温较低，可适当提高吹炼温度。

(3)炉体大修后的前10～20炉，一定要控制好操作料面和送风强度，以免引发恶性喷溅，损伤护板和炉壳。

(4)出现异常现象，立即启动事故预案处理。

1.5 火法冶炼

1.5.1 进料的准备

(1)进料前的检查：

①按生产作业参数要求检查生产作业参数是否在正常范围之内；

②检查计算机上指示灯是否正常显示；

③对照炉窑及所属设备点检表逐项检查；

④风、油、水、汽、氧管道是否完好、无泄漏；

⑤排烟收尘系统是否正常；

⑥检查出的问题要逐项汇报处理，不能及时处理和汇报的做好记录。

(2)进料前准备的材料及备品、备件。进料前须准备好投料、炉前炉后放出作业所需的材料及备品备件，如圆钢、吹氧管、泥球、耙子等。

1.5.2 原辅材料样品采集

(1)对原辅材料的采样。对所加入的物料，如：铜精矿、冰铜、外来物料、石英等进行采样分析，为生产提供参考依据。

(2)采样方式方法：

精矿的采样方法：

①在运行的加料皮带上每隔1h～2h取一次样，每班取4～6次；

②每次取样5铲，取样点间隔不小于5m；

③每次取样时都要随机截取运行皮带上料的横断面。

(3)石英石、石灰石的采样方法：

①同一等级矿石产品为一批，采样时用采样工具在离表层0.2mm以下深度处采取份样，采取的份样应近似相等，每点采取的份样量不得少于500g；

②采样时必须注意矿石粒度大小和不同色泽的比例，不得随意挑选，若采样点落在粒度过大的块矿上，需用锤子击碎，采取代表该块矿石的样品。

(4)汽车、火车的采样：

用汽车、火车装运时，在离车壁0.3m～0.5m处，布置采样点，点间距离为0.1m～1m，每班采取的份样量不少于500g，石英石、石灰石的样品量不少于交货量的万分之一。

冰铜、粗铜等放出过程中由炉前工在每个放出口用样勺取一个样。

1.6 冶炼作业

铜冶炼作业分为熔炼、吹炼、火法精炼三个阶段。

1.6.1 加料

熔炼进料作业包括称料、混料、运输、进料等过程。按照规定的配料比将物料准确地称量均匀混

合后，用皮带运输机或其他机械送至炉顶料仓以备加料，再通过皮带运输机或其他机械加入炉内。

转炉的入炉物料可为固体或液体。固体物料包括自产冷料及外购的物料；液体物料为系统产出的冰铜液。液态冰铜可借助桥式吊车用包子直接加入转炉，固体物料可用吊车加入转炉。

1.6.2 冶炼作业

1.6.2.1 矿热电炉

(1)送电操作：

①送电前必须检查各楼层是否有人在电极周围工作，无人方可送电；

②送电前将六根电极完全抬离渣面；

③电极绝缘检查，让电焊机的地线接地，火线接触电极，如果起弧说明接地，不起弧，说明绝缘良好，发现接地，必须查明原因，排除故障后方可送电。

(2)渣面和冰铜面的测定：

①用圆钢或检测标尺，从测渣口迅速插入炉底；约一分钟左右后，迅速拔出来；

②用标尺进行测量渣层厚度和冰铜层厚度；

③操作时钎子不许碰撞带电物体，操作者必须戴好破布手套或皮手套，注意观察黏渣层厚度。

1.6.2.2 闪速炉

闪速熔炼的生产过程是一个复杂的系统控制过程，对全系统每一道工序，每一个岗位的操作和控制都有极为严格的要求。闪速熔炼生产正常进行的目标是：

(1)按合适的镍锍品位生产出镍锍。

(2)按合适的 Fe/SiO_2 产出炉渣。

(3)产出温度合适的镍锍和炉渣。

通常闪速熔炼生产的正常进行，是以生产技术控制和生产操作控制两方面的工作为基础，二者相互依存、相互促进、缺一不可。技术控制是生产操作控制的基础和依据；生产操作控制为生产技术控制提供保障。

生产技术控制：

闪速炉生产技术控制是指各系统运行、操作的技术条件的设定和调整过程。

针对闪速炉生产正常进行的目标，在保证其他系统按正常的技术条件进行控制和操作的情况下，闪速炉生产技术控制工作主要是围绕着镍锍温度、镍锍品位、渣 Fe/SiO_2、贫化区电单耗和还原剂率的控制来展开、进行的。

1.6.2.3 白银炉

白银炉的正常操作中有加料、粉煤燃烧、清理风口、返转炉渣、放冰铜、放渣、料仓和皮带管理。

(1)进料

对加料的要求是，按指定加料量，连续均匀地把炉料加入炉内，要防止断料和加料过多，加料量要视炉况好坏而定，炉况好，炉温高，可酌情多加料；反之，则须少加料。要及时清理加料管的黏结物，清除炉料中的大块与杂物，保持加料管畅通，要注意调整加料管气封风量，风量不宜过大，以免造成加料管黏结。如发现高铁渣使加料管难通时，要及时报告或要求改料。

(2)粉煤燃烧

炉温是熔炼进行正常作业的保证，必须严格按技术操作条件要求进行，要注意调整炉膛压力和温度，合理调节风煤比，使粉煤在炉膛中燃烧完全，保证炉内有足够的温度，混烟室出口温度也要符合要求。要及时清除燃烧器出口处的结块，检查混烟室，换热器等设备的密封情况，加强堵漏，提高烟气中二氧化硫浓度。要与鼓风机，排烟机，仪表及送粉煤岗位勤联系，做好送粉煤、供风、调压和燃烧等项工作，特别要防止粉煤和粉煤仓着火或爆炸恶性事故的发生。

(3)清理风口

往炉内熔池中多送风是强化白银炉熔炼获得良好指标的重要因素。因此，要经常清理风口，保持风口畅通，在炉况正常时，要求清理的次数不小于 8 次/小时。进风量要保持稳定，清理风口前后风量不超过 1000 标米^3/小时，要根据风口直径大小配备合适的风口钎子，风口钢钎头部直径允许比风口直径小 7mm～8mm。对于备用风口要进行送风保护，防止自动烧开，冰铜倒灌堵死风口。鼓风压力要求稳定，要检查风口盒，闸门和法兰等处漏风情况，发现问题及时处理。

(4)返转炉渣

返转炉渣作业对白银炉熔炼过程中渣含铜指标有很大影响，必须高度重视，要根据白银炉与转炉两工序的操作情况，决定返转炉渣的时间，不允许连续进转炉渣，要求进渣间隔时间大于 30 分钟，进渣时要均匀缓慢，每包倒渣时间不少于 3 分钟，放渣时不准许进转炉渣，以免渣含铜增高，要及时清理返渣口黏结物和流槽结渣，保持进渣系统畅通。要检查转炉渣口水套水温(不大于 45℃)，防止断水和水套漏水，发现问题要及时处理。

(5)放冰铜

随着冶炼过程的进行，熔池中冰铜量逐渐增多，需间断放出，放出的时间和数量，要与转炉炉前和放渣岗位联系，当转炉需要冰铜或冰铜面很多时，要及时把冰铜放出。要控制炉内冰铜高度，即不能低于虹吸通道入口，也不允许高于渣口高度。当冰铜面低于虹吸通道入口时，将发生虹吸进渣故障，此时要及时用氧所烧开；当冰铜面超过渣口高度时，要放铜降低冰铜面，否则放渣将带铜或发生跑铜事件。清理流槽黏结物，保证放铜操作安全顺利进行。

(6)放渣

炉渣是废弃之物，需从炉内间断放出。放渣时间和排渣数量要与放铜，返炉渣岗位联系，排放渣量要根据渣层厚度而定，要按放渣－返转炉渣－放冰铜的程序进行操作，进转炉渣后必须沉淀 20 分钟以上方可放渣，在正常操作时，渣层厚度控制在 250mm～350mm 之间，最低渣层不低于 150mm。放渣时发现带铜或进转炉渣，应立即停止放渣。放渣时要注意检查渣型，发现高硅渣或高铁渣等异常渣型时，要迅速改料或暂时停返转炉渣。

(7)料仓和加料皮带的管理

对于料仓和加料皮带的管理，要做到供料及时，设备运转正常。此外还要加强对炉体重要水套的水温检查，水套水温差维持在 6℃～10℃。要及时清除烟道结块，保持烟气排出畅通。

1.6.2.4 诺兰达炉

当炉体热态测试完毕，将炉体转至 48 度位置采用加料端、放渣端燃烧器进行保温，同时开始进热料。进料过程为：先进两包热态转炉渣($Fe/SiO_2=2:2$)，后加 200 吨左右的热态冰铜，品位 45%，确认炉内冰铜面可超过风眼中心线 200mm 后，只要其他准备工作完毕，就开始进行投料生产。开始转动炉体时，先正、反转动炉体 2～3 次，每次只将风口浸入渣层一定厚度后就立即转出，确保风眼炉衬挂渣，随后按正常作业程序即可。

1.6.2.5 自热炉

(1)自热炉用油吹炼作业包括：

①启动精矿、石英、申克秤皮带，当料入炉后，将氧枪枪头下放至距液面 200～500mm 位置，氧枪下放距离可以从氧枪机上标尺看出；

②提高氧气量，将氧量提至生产作业参数规定的数值，按用油为燃料时的吹炼作业参数调整作业；

③吹炼正常时，炉内有“呼呼”的声音、炉口无渣粒喷出、从氧枪口冒出的烟气火焰呈黄色、烟气会有节奏向外冒又向炉内吸；

④吹炼进料过程中，根据进料量，调整氧枪；

⑤当吹炼声音变得越来越大，氧枪孔喷出渣粒，说明炉温低，增加燃油量，10 分钟后观察，若吹炼正常，停止调整，反之继续增加油量；

⑥吹炼过程中当炉内发出“啪啪”的放炮声时，提枪并执行停料作业，检查氧枪枪头，发现有漏水，汇报并安排维修人员换枪。

(2)自热炉用煤吹炼作业包括：

①启动精矿、石英、煤申克秤，物料入炉后，将氧枪枪头下移至距渣面 200mm～500mm 位置，氧枪下移位置可以从氧枪机标尺看出；

②缓慢提高氧量，将氧量调节至要求的数值，同时按用煤为燃料时的吹炼作业参数调整作业；

③用煤进行吹炼时，炉内有微弱的“呼呼”声、炉口无渣粒喷出、从加料口冒出的烟气又吸入炉、冒出的火焰呈黄色，说明吹炼作业正常。

④吹炼进料过程中，根据进料量，调整氧枪；

⑤当吹炼声音变得越来越大，氧枪孔喷出渣粒，说明炉温低，增加煤量，10 分钟后观察，若吹炼正常，停止调整，反之继续增加煤量；

⑥吹炼过程中当炉内发出“啪啪”的放炮声时，提枪并执行停料作业，检查氧枪枪头，发现有漏水，汇报安排维修人员换枪。

(3)自热炉停止吹炼作业程序为：

①接到停料信号后，调节氧气调节阀调节氧量，并相应降低油量；

②将精矿、煤、石英申克秤设定值减至零，停所有配料申克秤；

③缓慢提枪，当枪提到 7.0m 位置时，关闭重油切断阀；

④打开蒸气吹扫阀，将氧枪内的重油吹扫干净；

⑤当枪提至一定位置后，停止提枪，检查枪头黏结物的大小，若黏结物较大，无法通过氧枪口，应将黏结物清理后方可提枪。用油吹炼时，关闭重油调节阀和切断阀，关闭氧气调节阀、切断阀；用煤吹炼时，关闭氧气调节阀、切断阀；

⑥视情况调整炉膛负压。

(4)清理氧枪、加料口作业主要有：

①自热炉用煤或用油吹炼，氧枪和加料口都需要清理，清理条件是：

a. 加料口炉结黏结仅剩 1/3 或料加不到炉子中心。

b. 加料口堵塞，料无法入炉。

c. 氧枪上黏结物直径超过 350mm。

②清理程序：

a. 停止吹炼作业。

b. 提枪应视氧枪黏结大小确定提枪位置，开始清理氧枪和加料口，用钎子和大锤敲下氧枪和料管上的黏结物，氧枪清理完毕，将枪提至 10.1 米。

c. 提枪时，氧枪不能提升过快或利用刮枪上的黏结物。

d. 对氧枪进行检查，发现氧枪头漏水，汇报安排维修人员换枪。

e. 熔体面的检测。

f. 根据进料情况判断炉内熔体面，熔体面的检测通常在交接班和放渣前进行。如自热炉在进行吹炼或保温作业时，停止上述作业后再进行测量。

g. 接到炉长指令，开动氧枪小车，使探杆对准炉口。

h. 操作探杆，使探杆插到炉底停止。

i. 探杆在炉内停留约 10 秒后，将探杆提出炉口。

j. 用专用标尺或钢卷尺测量炉渣和粗铜层高度，探杆上黏结物上层为渣层，下层为粗铜层，通常渣层黏结物比粗铜层黏结物厚，测出的结果记录在生产原始记录表内。

k. 测量完毕，用钎子敲下探杆上的黏结物，取炉渣黏结物进行检查，若发现炉渣黏结物夹带生石英颗粒，表明石英加入量过大，再次吹炼作业时应降低熔剂率。

l. 将探杆提升到原位，根据测量熔体面的结果，组织下一步的生产。

(5)自热炉保温作业程序有：

①选择氧枪，开动氧枪小车将氧枪对准氧枪口。

②将氧枪下放至保温位置，按保温生产作业参数调整作业。

③如用油吹炼转为保温作业时，先将精矿、石英申克秤减至零，停申克秤皮带，将氧枪提至保温位置，按保温生产作业参数调整进行保温作业。

④如用煤吹炼转为保温作业时，先进行停料作业，再执行保温作业。

1.6.2.6 转炉

(1)吹炼操作。

①先进热料具备开风条件，吹炼 10～15 分钟后加石英继续吹炼。渣造好先进一包热渣，然后放渣继续吹炼；

②转炉渣成分：Fe48%～55%，$SiO_2$24%～28%；

③操作风压，用标准计量映数值；

④吹炼炉温 1150℃～1230℃(筛炉温度不高于 1250℃)；

⑤造渣温度 1200℃～1230℃；

⑥造铜温度 1230℃～1250℃(最高不允许超过 1280℃)。

(2)炉口的维护。

①当炉口结块较大，其厚度超过 200mm 时必须清理炉口。

②炉口放渣宽度不小于 300mm，厚度不得大于 100mm，确保炉口宽、平、浅，炉口不合格时必须用镁泥修补好。

③打炉口时，炉长应与打炉口操作工密切配合，准确地指挥打炉口机操作，不得将炉口砖打落。

1.6.3 生产记录

生产记录包括生产原始记录和工艺设施运行记录，记录按作业步骤进行记录，每小时记录一次。

生产原始记录表的记事栏中应填写当班生产情况，包括：进料速度、熔剂配加量等，同时必须注明当班控制仪表运行情况；工艺设施运行记录表的记事栏中应填写当班发生设备故障及处理情况，且每班必须定性描述炉体、烟道的变形情况及砌体的状况，同时对工艺设施运行情况、水冷件运行情况进行检查。所有岗位记录应纸化填写，做到记录内容准确，填写及时，字迹清晰整洁，能准确识别；记录不得随意更改、涂抹及填写与记录要求无关的内容；所写记录需要更改时，在错误数据中间划两横，在旁边或上边写上正确数据；记录规定的填写内容不得空项，必要时，应注明空项理由或在空格内用斜线“/”画满。

1.6.4 设备操作

按照设备开、停机作业程序执行。

开车、停机条件：

(1)开机前，应据工艺、电气、机械、水等按规程检查和维护。

(2)设备本身及其附件，联络信号安全装置完好无损。

(3)工艺设施及其附件完好无损。

(4)电气设施及其附件完好无损。

(5)水系统及外部设施完好无损。

(6)各润滑点、连接点、紧固点等处情况良好。

(7)当高压风及水系统等出现故障时，应立即停车处理。

(8)机械主传动系统出现故障时，应立即停车处理。

(9)炉衬损耗严重时,应立即停车处理。

1.6.5 设备运行记录

为保证设备的正常运行和管理,设置了相关设备运行记录。设备运行记录主要包括:工艺点检卡、设备运转岗位交接班记录、润滑记录。

按格式要求记录当班设备运行和检修状况,记录要真实、客观。

1.6.6 安全消防及环保设备设施操作

(1)操作人员应懂得各系统设备设施性能,熟悉操作流程、技术指标及事故的处理方法,懂得冶金炉窑安全作业知识。

(2)放渣与出炉前要对包子和包子房进行检查,确认包内和包子房内干燥无油,包子房内无人,禁止向炉子及包内乱扔杂物。

(3)在清理包子房卫生时,设专人监护进行。

(4)吊加热料时,要缓慢谨慎,必须由指吊工指挥进行。

(5)加冷料前必须确认冷料干燥、无水、无油,而且加大块冷料要用钢丝绳捆绑,确保牢固结实。

(6)严禁用湿布擦拭电气元件或用湿手操作电气按钮。

(7)严格执行《氧气管网的运行、维护、管理规程》。

(8)进热料必须在空炉情况下进行,严禁在吹炼过程中停炉进热料。

(9)各岗位严格执行各岗位《技术操作规程》。

1.7 产出

1.7.1 产品放出作业

锍、炉渣的放出及转炉的出炉严格按照各炉窑作业程序执行。

1.7.2 产品样品采集

产品样品由炉长采取、交化验分析。技术操作规程如下:

(1)保证样勺干燥无污染。

(2)取样前先对样勺进行预热半分钟以上,以防放炮伤人。

(3)样勺长短要适中防止烫伤,便于操作。

(4)先用样勺拨开表面浮渣后再取样。

(5)取样时要快、准、稳,防止化样勺。

(6)为防止污染,所取的第一个样废弃不要。

(7)每次取完样要及时用水冷却样勺。

1.8 设备维护及保养

1.8.1 设备维护

(1)应严格执行润滑制度,油质应符合规定,不经主管部门批准,用油不许代替。

(2)润滑用油必须妥善保存,须用专门容器盛放,严禁敞口露天存放,以防灰尘、水分进入。润滑

制度如下表：

加油部位	加油点数	润滑材料	润滑制度	加油人
交流电动机轴承	10	ZN—4	一年检修更换一次	电工
涡轮涡杆减速机	1	N68	每班检查油面保持规定油面	运转工
开式齿轮	4	ZN—4	每周加油一次	运转工
滑动轴承	4	ZN—3	每周加油一次	运转工
传动滚	10	ZN—4	每次检修加油一次	钳工
行星减速机	4	N100	每次检修加油一次	钳工
旋转支架轴承	2	ZN—4	每次检修加油一次	钳工
滚圈	1	高温润滑脂	每班加油一次	运转工
钢丝绳	1	ZN—3	每月加油一次	运转工

(3)每班对设备彻底清扫一次，保持设备本体及周围环境清洁整齐。

(4)设备应无跑冒滴漏现象，油污应及时清理。

(5)工具、备品及废物应摆放整齐，以免影响设备运转和操作。

(6)清扫设备应严禁用水冲电机和炉体，以免马达受潮，炉体变形。

1.8.2 设备点检

(1)电机振动、发热、运转声音等情况。

(2)减速机振动、润滑、运转声音等情况。

(3)抱闸磨损程度、松紧程度、运转状况。

(4)开式齿轮磨损状况、润滑状况、运转状况。

(5)各连接螺栓紧固状况。

(6)炉体外表温度是否均匀，炉体小于300℃，炉底小于230℃。

(7)炉衬损坏程度。

(8)炉体变形程度。

(9)各润滑点润滑状况。

(10)检查出的问题应及时处理，若处理不了时及时汇报调度及有关人员。

第2章　镍冶炼初级工

2.1　开炉

2.1.1　开炉准备

在对冶金炉窑点火烘炉前，必须对系统进行单体试车及联动试车，对整个系统进行细致的检查，对存在问题的设备、设施进行检修，按开炉计划的要求，在规定的时间内具备正常运行和满足正常生产的条件。开炉前须将炉膛、烟道及炉体周围清扫干净。

开炉准备工作是生产实践过程的一个重要环节，开炉准备工作对于烘炉、按计划投料生产以及提高炉寿命起着重要的作用，开炉准备工作是保证按升温曲线烘烤的前提条件。

2.1.1.1　材料准备

为了保证冶金炉窑在开炉中能正常顺利进行，需对材料、备件及工器具进行准备。对开炉所需材料可分为以下几类：

(1)燃料。

①开炉需要的燃料包括木材、焦炭、重油。

②燃料的质量要求：

a. 必须保证木材干燥，一般木材的长度控制 2m～3m；

b. 重油不得含物理水分；

c. 焦炭粒度 30mm～40mm。

(2)工器具。

开炉过程中需要配备的工器具有大锤、手电、电池、钢板尺、钢卷尺、铁铲等。

(3)其他材料。

针对不同的炉窑所需要不同的其他材料，如矿热电炉和贫化电炉烘炉所需材料有铁丝、角钢、石棉布、焦粉、水碎渣、黏土砖、石棉绳、电缆、空气开关、高压胶带、槽钢等。

针对不同的炉型在烘炉过程中所采用的材料和工器具都有所不同，具体要按照各自的开炉方案准备材料。

2.1.1.2　试车

开炉准备应对设备进行单体试车，试车内容主要包括配加料系统、排烟收尘系统、电器仪表系统、控制系统及水、汽、风、油等各管路阀门。试车的具体内容包括：

(1)确认控制仪表及计算机系统工作正常。

(2)确认加料系统正常。

(3)确认水系统正常。

(4)汽、风、油等控制阀门灵活可靠。

(5)排烟机负荷试车，确认余热锅炉、电收尘等排烟系统正常。

(6)确认炉基、炉体无异常变形或损伤。

(7)确认其他相关设施运行正常。

2.1.2　烘炉

2.1.2.1　烘炉的目的及意义

烘炉是不定型耐火材料施工和使用中的关键环节。其作用主要是排除衬体中的游离水、化学结合水和获得高温使用性能。烘炉得当，能提高炉窑及热工设备的寿命；否则，水分排除不畅通，将使衬体产生裂纹，降低强度，严重时甚至引起衬体的剥落或爆炸事故。衬体低温阶段脱水是比较多的，主要是游离水，还有部分结合水；随着温度的继续升高，结合水和结晶水则不断排除，不同耐火材料在烘烧过程中脱水率不同，因此烘炉曲线的制定，应根据不同的耐火材料进行制定。在衬体烘烤时，测温点的位置要有代表性，一般应将热电偶的位置设在烘烤温度最高、升温速度较快的部位，同时热电偶端面应与衬体平齐或缩进 5mm 左右，这样才能较真实地代表衬体温度，也就是说，烘烤制度中所指的保温温度，是衬体工作面的温度。在冶金炉的烘烤过程中应精心操作，严防熄火或者过热损毁衬体，衬体温度应当均匀、稳定，同时应根据烘炉情况，随时调整烘烤制度，以保证烘炉质量。

烘炉的目的和意义就是通过对衬体的烘烤，将耐火材料中的水分排除，使耐火材料逐步完成晶格变形，完成膨胀过程，从而使耐火材料在生产过程中达到稳定。

2.1.2.1 烘炉的方式方法

冶金炉窑的烘炉方式一般采用木材和重油烘炉，个别炉窑采用特殊的烘炉方式，如电炉采用电阻丝和电极送电引弧烘炉等。

(1)闪速炉烘炉。在升温过程中，通常按照以下原则进行控制。

①以上升烟道临时热电偶温度为主要控制依据，综合考虑炉体其他区域(反应塔、沉淀池、贫化区)炉膛及耐火砌体的温度变化，以保证炉体耐火材料和钢骨架等各个部位的均匀膨胀。

②按升温曲线控制温升，实际控制过程中最大温度波幅与理论曲线相差不超过±20℃，力戒温度大起大落。

③遵循多油枪、小油量的原则，即固定使用反应塔四支油枪后，逐渐增加沉淀池和贫化区的油枪数量，然后再逐渐增多各油枪的油量。

④遵循均衡升温的原则，即根据炉内各区域的温度分布，决定需要点燃的油枪位置和油枪的燃油量，尽量控制炉内各区域温度同步。

⑤遵循稳定炉内负压的原则，炉内始终保持微负压状态。

⑥燃烧要求：

a. 燃油雾化完全，燃烧充分，即燃烧不冒黑烟，炉内没有积油；

b. 油枪的火焰略向下喷射，绝对不许火焰向上；

c. 火焰离枪头 200mm 左右开始燃烧，火焰长度绝对不许烧到对面的炉墙。

油枪选择原则：根据炉内温度均匀进行配置。

升温技术条件：

检修性质不同，所选用的升温曲线和升温技术条件也不同，故障和小修后开炉，炉体没有挖补和更换耐火材料，升温要求比较低，一般不制定升温曲线，根据检修停炉时间升温 3～5 小时即可，若炉内状况较好，没有必要在沉淀池增点油枪；年度检修和大修后开炉，要求比较高，升温曲线根据挖补的部位、面积和新更换耐火材料的性质而定。

主要技术条件：

反应塔总油量 2000kg/h 以内。

反应塔总风量 20000Nm^3/h，二次风温在保证最高蒸气压力的情况下，控制最高温度。一次风温控制要求同二次风，各油喷嘴处风压 0.4MPa 以上。

(2)电炉烘炉。电炉烘炉分电阻丝烘炉和电弧电阻烘炉。

电阻丝烘炉的目的是烘干炉体水分，其要求是使炉膛温度达到 160℃～200℃，炉底热电偶温度达到 85℃以上。

电弧电阻烘炉的目的是使炉体温度均匀上升至作业温度，其要求是熔池温度达到 1300℃左右，炉膛温度达到 750℃，炉底热电偶温度达到 700℃。

(3)转炉烘炉。

常用的烘炉方式是采用木材和重油进行烤炉，首先用木柴烘烤 2～3 个班，使炉内潮气基本挥发排掉，炉膛温度达到重油闪点以上(约 150℃)，再利用重油按升温曲线继续升温至 1000℃以上。

2.1.3 试生产

2.1.3.1 试生产的目的

试生产是在烘炉完毕后，当炉内温度达到作业要求时投料进行的摸索性生产。其目的是保证炉窑的安全运行以及各个所属设备、设施的安全运行，为生产和经济技术指标提供最佳生产依据。

2.1.3.2 试生产方式方法

(1)闪速炉试生产方式方法：

通常，闪速炉的投料量是根据系统的运行状况分阶段逐渐增加的，整个过程大致分为两个阶段：

①调整阶段，通常 3～7 天，这一阶段主要是调整镍锍品位、炉墙挂渣以及让各系统特别是炉体有个调整适应过程；

②正常生产阶段，投料。

(2)电炉试生产方式方法：

在投料试生产期间，电炉应先采用低负荷，少投料的生产方法，待炉体膨胀趋于恒定后，再加大投料量，提高电负荷，从而转入正常生产。

(3)转炉试生产方式方法：

①确认内部系统试车正常；

②通过调度与相关单位进行联系确认外部系统试车正常；

③灭掉油枪并用黄泥糊好油枪孔；

④用泥糊补好炉口；

⑤以上准备工作完毕，转炉即具备生产条件；

⑥向上道工序要料准备生产。

2.1.4 开炉、试生产注意事项

2.1.4.1 电炉

(1)电阻丝烘炉阶段炉子必须严格密封，严禁断电。

(2)电极的焙烧长度不宜过大，发现糊面不够，须及时加电极糊。

(3)电弧电阻烘炉阶段必须保证电极正常工作，防止电极压不下来和断电极事故发生。

(4)组织好炉体维护人员，随时监控炉体变化，及时调节拉杆弹簧，防止拉杆拉断或弹簧压死造成炉体散架等事故发生。

(5)必须确保水系统和液压系统的安全运行，防止断水和漏油而引起着火烧坏设备等事故。

(6)送电前把电极系统和炉顶烟道冷却水打开。送电后，先保持一个班微正压操作，让电极周围冒烟烘烤电极，注意防止炉膛温度过高，电极氧化严重。

(7)开始送电采用较高电压，送电稳定后，改低电压。

(8)掌握开炉过程，严格监护炉体变化情况，及时调整技术条件，保证开炉质量。

(9)水淬渣不得混入焦粉，以防低冰镍含铁过高，发生事故。

(10)焦粉不得有杂物，沟坑必须按要求挖好，防止送电后断弧，影响开炉进度。

(11)开炉前必须做好一切防范措施，防止开炉过程中发生漏炉、着火事故。

(12)开炉升温要严格按外温曲线进行。

(13)试生产时要按生产计划，合理用电，严格控制工艺参数，以便做工作试验，核实工艺参数，保证安全生产。

(14)制定安全技术操作规程,严格要求作业人员按规程操作。

2.1.4.2 转炉

加强对设备、设施的巡回检查,防止出现意外。

试生产初期炉温较低,可适当提高吹炼温度。

炉体大修后的前10～20炉,一定要控制好操作料面和送风强度,以免引发恶性喷溅,损伤护板和炉壳。

出现异常现象,立即启动事故预案处理。

2.2 火法冶炼

2.2.1 进料

2.2.1.1 进料的准备

(1)进料前的检查包括:

①按生产作业参数要求检查生产作业参数是否在正常范围之内;

②检查计算机上指示灯是否显示正常;

③对照炉窑及所属设备点检表逐项检查;

④风、油、水、汽、氧管道是否完好、无泄漏;

⑤排烟收尘系统是否正常;

⑥检查出的问题要逐项汇报处理,不能及时处理和汇报,并做好记录。

(2)进料前准备的材料及备品备件。进料前须准备好投料、炉前炉后放出作业所需的材料及备品备件,如圆钢、吹氧管、泥球、耙子等。

2.2.1.2 原辅材料样品采集

(1)对原辅材料的采样

对所加入的物料,如镍精矿、低镍锍、钴冰铜、外来物料、石英等进行采样分析,为生产提供参考依据。

(2)采样方式方法。低镍锍、钴冰铜放出过程中由炉前工在每个放出口用样勺取一个样。精矿、石英定期在料仓取样。外来物料在进货时取样,厂内物料由车间定期取样。

2.2.2 冶炼作业

镍冶炼作业分为熔炼、吹炼两个阶段。

2.2.2.1 加料

熔炼进料作业包括称料、混料、运输、进料等过程。按照规定的配料比将物料准确地称量均匀混合后,用皮带运输机或其他机械送至炉顶料仓以备加料,在通过皮带运输机或其他机械加入炉内。

转炉的入炉物料可为固体或液体。固体物料包括自产冷料及外购的物料;液体物料为系统产出的冰铜液。液态冰铜可借助桥式吊车用包子直接加入转炉,固体物料可用吊车加入转炉。

2.2.2.2 冶炼作业

(1)矿热电炉。

①送电操作:

a. 送电前必须检查各楼层是否有人在电极周围工作,无人方可送电;

b. 送电前将电极完全抬离渣面;

c. 电极绝缘检查,让电焊机的地线接地,火线接触电极,如果起弧说明接地,不起弧,说明绝缘良

好，发现接地，必须查明原因，排除故障后方可送电。

②渣面和冰铜面的测定：

a. 用圆钢，从测渣口迅速插入炉底，约一分钟后，迅速拔出来；

b. 用标尺进行测量，圆钢上的黏结物较粗的为渣层厚度，较细的为冰铜层厚度；

c. 操作时钎子不许碰撞带电物体，操作者必须戴好手套，注意观察黏渣层厚度。

③工艺参数：

渣　面：2.1m～2.4m；

冰铜面：0.45m～0.8m；

炉渣温度：1200℃～1400℃；

冰铜温度：1100℃～1250℃；

一次电流：0A～272A；

二次电压：1V～400V；

电压级：2级～27级；

炉膛负压：－10Pa～－80Pa。

(2)闪速炉。

闪速熔炼的生产过程是一个复杂的系统控制过程，对全系统每一道工序，每一个岗位的操作和控制都有极为严格的要求。

①闪速熔炼生产正常进行的目标是：

a. 按合适的镍锍品位生产出镍锍；

b. 按合适的 Fe/SiO_2 产出炉渣；

c. 产出温度合适的镍锍和炉渣。

通常闪速熔炼生产的正常进行是以生产技术控制和生产操作控制两方面的工作为基础，二者相互依存、相互促进、缺一不可。技术控制是生产操作控制的基础和依据，生产操作控制为生产技术控制提供保障。

②生产技术控制。闪速炉生产技术控制是指各系统运行、操作的技术条件的设定和调整过程。

针对闪速炉生产正常进行的目标，在保证其他系统按正常的技术条件进行控制和操作的情况下，闪速炉生产技术控制工作主要是围绕着镍锍温度、镍锍品位、渣 Fe/SiO_2、贫化区电单耗和还原剂率的控制来展开和进行的。

(3)转炉。镍吹炼PS转炉生产为周期、间断作业方式，每一个作业班工作内容如下：

①吹炼操作：转炉进低镍锍—吹炼、加石英、冷料－进低镍锍还原—放渣—吹炼、加石英、冷料—循环进行直至吹炼终点、高镍锍出炉。

②高镍锍浇铸、缓冷作业。

③工艺参数控制。镍冶炼PS转炉吹炼的控制工艺参数及操作制度：

a. 高镍锍含铁控制：

——由炉长控制，转炉吹炼至高镍锍含铁满足控制要求时，才允许放出。

——转炉吹炼，当炉口火焰呈绿色时，说明吹炼已接近终点。

——停风后，炉长用样勺取锍样判断，当热态式样表面呈油光色泽，断面为金黄色，冷态式样全为银白色时，说明吹炼已到终点。

——出炉后快速分析，确认高镍锍合格。

——决定出炉。

b. 高镍锍重量控制：

——高锍排放后，由缓冷岗位负责浇铸，其重量通过铸模的铸满程度来控制。

——高镍锍浇铸后，上表面距离铸坑上沿最大不能超过10mm。

——浇铸到最后，所余的高镍锍不足以铸满坑时，每班允许有一个半坑，并在下个班补铸，以第二次浇铸时间为准执行缓冷工艺技术条件。

c. 高镍锍保温、缓冷时间控制：

——高镍锍浇铸后要求保温若干个班，缓冷若干个班以上才能起出。

——高镍锍保温、缓冷由缓冷岗位执行。

——高镍锍浇铸后必须在 10min 内盖上保温盖，从盖盖到揭盖期间所经历的时间为保温时间。

——高镍锍浇铸到起出的时间为缓冷时间。

d. 工艺参数：

——吹炼炉温 1150℃～1230℃。

——造渣温度 1200℃～1230℃。

——出炉温度 1230℃～1250℃。

——渣含硅 20%－28%。

(4)生产记录。生产记录包括生产原始记录和工艺设施运行记录，记录按作业步骤进行记录，每小时记录一次。

生产原始记录表的记事栏中应填写当班生产情况：进料速度、熔剂配加量等，同时必须注明当班控制仪表运行情况；工艺设施运行记录表的记事栏中应填写当班发生设备故障及处理情况，且每班必须定性描述炉体、烟道的变形情况及砌体的状况，同时对工艺设施运行情况、水冷件运行情况进行检查。所有岗位记录应纸化填写，做到记录内容准确，填写及时，字迹清晰整洁，能准确识别；记录不得随意更改、涂抹及填写与记录要求无关的内容；所写记录需要更改时，在错误数据中间划两横，在旁边或上边写上正确数据；记录规定的填写内容不得空项，必要时，应注明空项理由或在空格内用斜线"/"画满。

2.2.2.3 设备操作

按照设备开机、停机作业程序执行，开、停车条件：

(1)开机前，应据工艺、电气、机械、水等按规程检查和维护。

(2)确认设备本身及其附件、联络信号安全装置完好无损。

(3)确认工艺设施及其附件完好无损。

(4)确认电气设施及其附件完好无损。

(5)确认水系统及外部设施完好无损。

(6)确认各润滑点、连接点、紧固点等处情况良好。

(7)当高压风及水系统等出现故障时，应立即停车处理。

(8)机械主传动系统出现故障时，应立即停车处理。

(9)炉衬损耗严重时，应立即停车处理。

2.2.2.4 设备运行记录

(1)为保证设备的正常运行和管理，设置了相关设备运行记录。

(2)设备运行记录主要包括：工艺点检卡、设备运转岗位交接班记录、润滑记录。

(3)按格式要求记录当班设备运行和检修状况，记录要真实、客观。

2.2.2.5 安全消防及环保设备设施操作

(1)操作人员应懂得各系统设备设施性能，熟悉操作流程及技术指标、事故的处理方法，懂得冶金炉窑安全作业知识。

(2)放渣与出炉前要对包子和包子房进行检查，确认包内和包子房内干燥无油，包子房内无人，禁止向炉子及包内乱扔杂物。

(3)在清理包子房卫生时，设专人监护进行。

(4)吊加热料时，要缓慢谨慎，必须由指吊工指挥进行。

(5)加冷料前必须确认冷料干燥、无水、无油，且吊加冷料大块要用钢丝绳捆绑，确保牢固结实。

(6)严禁用湿布擦拭电气元件或用湿手操作电气按钮。

(7)严格执行《氧气管网的运行、维护、管理规程》。

(8)进热料必须在空炉情况下进行，严禁在吹炼过程中停炉进热料。

(9)各岗位严格执行各岗位《技术操作规程》。

2.2.3 产出

2.2.3.1 产品放出作业

低镍锍、炉渣的放出及转炉的出炉严格按照各炉窑作业程序执行。

2.2.3.2 产品样品采集

产品样品由炉长采取，交化验分析。技术操作规程如下：

(1)保证样勺干燥无污染。

(2)取样前先对样勺进行预热半分钟以上，以防放炮伤人。

(3)样勺长短要适中防止烫伤，便于操作。

(4)先用样勺拨开表面浮渣后再取样。

(5)取样时要快、准、稳，防止化样勺。

(6)为防止污染，所取的第一个样废弃不要。

每次取完样要及时用水冷却样勺。

2.3 设备维护及保养

2.3.1 设备维护

(1)应严格执行润滑制度，油质应符合规定，不经主管部门批准，用油不许代替。

(2)润滑用油必须妥善保存，须用专门容器盛放，严禁敞口露天存放，以防灰尘、水分进入。

(3)润滑制度见下表：

加油部位	加油点数	润滑材料	润滑制度	加油人
交流电动机轴承	10	ZN—4	一年检修更换一次	电工
涡轮蜗杆减速机	1	N68	每班检查油面保持规定油面	运转工
开式齿轮	4	ZN—4	每周加油一次	运转工
滑动轴承	4	ZN—3	每周加油一次	运转工
传动滚	10	ZN—4	每次检修加油一次	钳工
行星减速机	4	N100	每次检修加油一次	钳工
旋转支架轴承	2	ZN—4	每次检修加油一次	钳工
滚圈	1	高温润滑脂	每班加油一次	运转工
钢丝绳	1	ZN—3	每月加油一次	运转工

(4)每班对设备彻底清扫一次，保持设备本体及周围环境清洁整齐。

(5)设备应无跑冒滴漏现象，油污应及时清理。

(6)工具、备品及废物应摆放整齐，以免影响设备运转和操作。

(7)清扫设备应严禁用水冲电机和炉体，以免马达受潮，炉体变形。

2.3.2 设备点检

(1)电机振动、发热、运转声音等情况。

(2)减速机振动、润滑、运转声音等情况。

(3)抱闸磨损程度、松紧程度、运转状况。

(4)开式齿轮磨损状况、润滑状况、运转状况。

(5)各连接螺栓紧固状况。

(6)炉体外表温度是否均匀,炉体温度小于300℃,炉底温度小于230℃。

(7)炉衬损坏程度。

(8)炉体变形程度。

(9)各润滑点润滑状况。

(10)检查出的问题应及时处理,若处理不了时,及时汇报调度及有关人员。

第3章　铅冶炼初级工

3.1　铅鼓风炉的开炉

3.1.1　烘炉

3.1.1.1　电热前床的构造

电热前床一般是两端头为半圆形的容器，外壳为普通钢板制成，两侧以立柱拉杆紧固，如反射炉一样。壳内最低层用耐火材料捣制，上砌普通耐火砖，然后再砌镁砖成倒拱形，墙为镁砖或铬镁砖砌筑，前床顶为高铝砖或普通黏土砖砌成拱形，开有三个安放电极的孔，另一端上部安放着与鼓风炉连接的排放溜口。电极用卷扬机提升或降低，电极为石墨制成，以黄铜制造的水套式夹持器夹紧（称电极夹），电极夹以紫铜母线与导电排连接。

为了保护渣线一带的砌体，在炉壳上与渣线一带相应处可作成水套式的；为了保护放渣口砌体，在渣口外设有小水箱；为了鼓风停风方便，进渣口上设水套及通风排尘罩。为了保护电极孔砌体和密封，电极孔外设内壁为圆锥柱形的护圈水套，安放电极后放入密封块以密封，防止空气氧化电极及防止烟气外冒；为了吊装电极和设备，在前床上面空间设有电动葫芦。

表3－1　某厂电热前床的主要设备性能

床面积	10平方米	后墙距第三根电极中心距	1800mm
变压器容量/工作量	1250千伏安/691千伏安	熔池深度	1350mm
二次电压/工作电压	28.9～90伏特/50伏特	炉膛全高	1860mm
最大电流/接线方法	800安培/△Y(输出△)	炉膛宽度	2100mm
电极直径	400mm	炉子最大处理量	180吨/24小时
电极中心距	1100mm	一次最大放渣量	20吨/次
电极行程	1200mm	电极最大移动速度	0.8m/分
前墙距第一根电极中心距	1000mm	电动机型号	JZ－11－6；P＝1.8千瓦；Ⅱ－40%；n＝190转/分

电热前床的砌体，有的工厂试用磷酸盐水泥捣制，有的炉墙采用铁合金产出的渣子加工成砖砌筑，均取得了一定的经验和效果。

3.1.1.2　电热前床起弧

用电热前床作炉渣分离保温设备，烘烤炉缸和烘烤电热前床应同步进行。烤炉的目的是将耐火砖砌体中的水分逐步蒸发出来，因此一般先用木柴、木炭小火烘烤，条件许可时用电阻丝最为理想。如用木柴、木炭烘烤一定要注意清灰（如用电阻丝烤炉就不存在清灰问题）。特别要注意的是升温不能太急，以防止耐火砖砌体破裂，引起液铅的渗漏和炉缸反拱砖的脱落浮起、堵塞咽喉口，严重时整个炉底拱起而逼迫停炉。新砌的炉缸一般需烘烤5～7天，经修补过的炉缸只需烤炉，但清灰困难。电阻丝可分为几组，控制组数的开启使砌体逐步升温，时间约7～8天使炉温达400℃～500℃后，改用电弧烘炉。升温曲线如图3－1所示。

电弧烘炉有热渣起弧和冷渣起弧两种方法。热渣起弧是待铅鼓风炉开炉产出的熔渣流入前床后再通电起弧，随着熔渣的流入而逐步升温。该方法简单实用，节省材料和时间，但如果起弧不顺利，则会危及鼓风炉的生产。冷渣起弧则可以避免上述问题，因为有时间来处理存在的各种问题，故为工厂普遍采用。下面着重叙述冷渣起弧的生产实践。

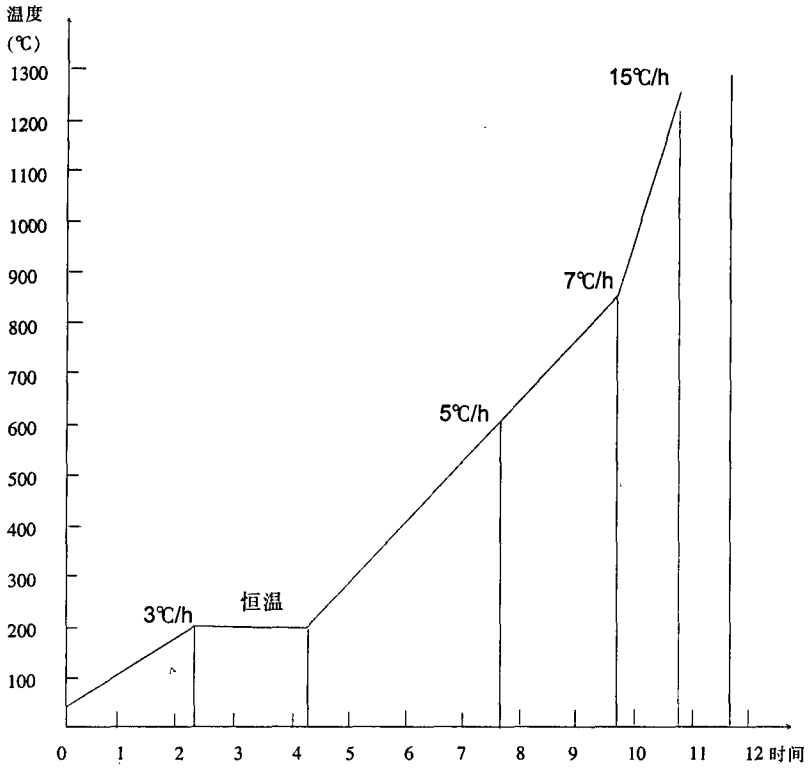


图 3—1　电热前床烤炉升温曲线图　　时间(天)

(1)起弧前的设备检查、调整：

①对供电及其控制系统进行全面检查，必须安全、准确好用，绝缘部分应保证良好的绝缘性能；

②对水冷系统进行试车，做到无跑、冒、滴、漏；

③对电极提升机构进行试车，必须灵活可靠好操作；

④将放低铅、冰铜口堵好。

(2)起弧的物质准备：

①清扫炉内灰屑杂物；

②炉内铺设水碎渣(干的)、钢筋、焦炭、木炭、木柴。

水淬渣铺设规格：沿炉子的方向炉底铺设一层水淬渣，如是新砌炉，可铺厚一些，再安一层钢筋，一层水淬渣往上铺 3～4 层，每层厚度为 150mm～200mm。

焦炭层厚 0.1m～0.15m，在电极周围再堆一些。焦炭层上面铺设木炭，木炭上铺设木柴。木炭、木柴的数量以保证引燃焦炭为准，然后洒上些废机油，以便点火引燃木柴。

钢筋(圆钢、角钢、槽钢、厚钢板条、废铁轨均可，尽可能废物利用)的长度必须使第一根与第三根电极均能全部压倒，如电极中心距 1200mm，电极直径 Φ408mm，则钢筋长度不少于 2808mm。铺好后，严禁提升电极。

③水冷系统通水。

④点燃木柴升温，待炉内温度升至 400℃～500℃，电极发红(往往达不到)，即可通电起弧。(点火可用氧气管燃烧后从放渣口插入点火并助燃，或从进渣口点燃，点燃后可设法鼓风助燃，鼓风入口处的木柴燃完后要添加新木柴)。

(3)起弧：

①电源接法：

$Y_1 \rightarrow Y_2 \rightarrow Y_3 \rightarrow Y_4 \rightarrow Y_5 \rightarrow \triangle_1 \rightarrow \triangle_2$

视具体情况逐级调整。

②接通电源开关起弧。起弧后，岗位人员必须严守岗位，密切注视炉况，及时调整电极，以防断弧，视温度情况及时调整极数及电源接法(Y－△)。

③熔渣进入前床后，视渣层厚度及炉内温度，再调整成$\triangle_3$(一般$\triangle_3$可满足生产需要)，转入正常生产。

④起弧过程中要及时调节水套及电极夹水温(围炉水套水温±40℃～60℃)

(4)起弧后注意事项：

①熔渣进入前床前后，应对前床各部分作2～3次检查。

②熔渣进入前床时，必须注意电极的升降。严防断电降温造成渣子凝结，电极结死而无法调整，影响鼓风炉开炉进门，熔渣进入前床后则可堵好放渣口。

整个起弧过程必须作好原始记录，送电起弧一般在鼓风炉计划点火开炉前2～4天进行，现将某厂冷渣起弧的电烘烤供电计划列表如下：

表3－2　某厂的一次电烘供电计划

起止时间	电压(伏特)	电流(安培)	耗电(千瓦时)	备　注
8：00～9：00	80	500	108	
9：00～9：30	—	—	—	停电检查
9：30～13：00	80	500	432	
13：00～14：00	—	—	—	停电检查
14：00～16：00	80	500	216	
16：00～24：00	80	1000	1732	
0：00～7：30	70	1500	2120	
7：30～8：00	—	—	—	停电检查
8：00～16：00	70	2000	3000	
16：00～24：00	70	2600	3930	
0：00～7：30	60	3500	4250	
7：30～8：00	—	—	—	停电检查
8：00～16：00	60	3800	4930	
16：00～24：00	60	3800	4930	
0：00～8：00	50	4000	4320	
8：00～16：00	50	4500	4850	
计划总耗电量			34818(度)	

3.1.1.3　电热前床的试生产操作

随着鼓风炉熔渣不断进入前床，电极插入熔渣的深度也随着变化。此时，热的来源，主要是靠强大的电流通过熔渣时产生的焦耳热(焦耳－楞次定律；热量$Q=0.24RI^2T$，R为电阻，I为电流强度，T是通电时间)。当电压一定时，电流随电极插入熔渣的深度而增加，故正常操作时，一般以升降电极插入熔渣的深度来调节电流，从而达到调整炉温的目的。只有当调整电极插入深度还不能满足所需温度时，才改变电压(亦即改变电源接法的级数)。通常电极插入深度为熔渣层厚的0.4～0.5倍。控制电压大约为40伏特，电流约为4000安培。烟化炉需要熔渣时，将放渣口钎子退出，即可出渣，通过溜槽流入渣包(若烟化炉的前床是阶梯式配置，则可经溜槽流入烟化炉)。若放渣口不出熔渣时，即烧氧气升温烧通。烧氧气时要防止将小水箱烧坏，同时注意安全烧氧，防止氧气回火伤人。放完渣后，用黄泥堵死渣口再插入钎子。前床内按比重分离出来的金属铅及冰铜，从底铅口放出，如果

鼓风炉冰铜，则前床应再设置一个冰铜放出口，专作放冰铜用。

在生产过程中，因电极烧损，在下放电极或接长电极时，应停电进行。电极断裂落入前床内时，应尽可能设法捞出。放渣前应停电 15～20 分钟，放渣后再恢复送电。在鼓风炉停风期间，前床进渣口不准盖死，以免发生事故。如遇突然停电，需将电极提起（卷扬或手动提升装置）。如停电时间较长，需将床内熔体放光，待来电鼓风炉开起来有熔渣流入前床后，再行热渣起弧。正常操作时，需检查水套是否有水，严禁水进入前床，也不允许水套断水，以防烧坏水套。生产过程中应经常检查炉子砌体情况，以防发生意外。

3.1.2 铅鼓风炉熔炼的试生产

3.1.2.1 开炉

新建的或检修后的鼓风炉开炉前，必须对整个炉子（包括炉子的砌体、供水系统、供风系统）进行周密检查、试车，看是否符合要求，对开炉用的粗铅（又称底铅）、木柴、木炭、焦炭、返渣、烧结块等要准备充足，所需工具要准备齐全。

（1）烘烤炉缸。一般先用木炭小火烘烤，使水分逐渐蒸发。烤炉缸时切不可升温太急，以防砖缝开裂或使砖破裂，否则当生产时由于砖缝渗铅而损坏炉缸，严重时甚至使炉缸浮起来（称翻底）而被迫停炉。木炭烘烤期间，必须勤清灰，否则积存大量灰尘，使炉缸难以烘烤，逐渐提高温度，应注意水套供水，一般木柴烘烤 4～7 天。木炭、木柴烘烤均要清灰，温度难控制，现在有的工厂采用电阻丝烘烤。

（2）开炉。开炉前，先将安全口堵好（砌炉缸时堵好亦可），缸吸道内插入六角钢钎，用耐火泥与焦粉混合料（加适当水调好）扎好，缸吸口继续用木炭烘烤。

不论炉子大小，开炉的操作顺序一般为：炉缸铺设木柴　点火　投木柴（开始送风）投木炭　进底焦、底铅　进渣料　进轻本料　进本料转入正常生产。

点火后将山型水套处砌好，再砌咽喉井，咽喉眼插入钢钎，当进完渣料后，要注意以风口检查炉内液面情况，当发现有渣跳跃现象，咽喉即放渣。密切注意咽喉渣流是否含有铅液，一旦发现咽喉来铅，应立即将缸吸钢钎退出放铅，若钎子退出后不出铅，应立即全力以赴烧氧，力求迅速烧通，以免影响整个开炉进程，延误正常生产。

开炉所需投入的木柴、木炭、底焦、底铅量，视炉子大小及其具体情况而定。总的原则是：投入木柴，木炭的数量，必须保证能引燃底焦为准。投入的木柴，必须沿炉子长方向平行投入，防止架空，木柴规格力求大小均匀，一般直接为 100mm～150mm，长 1m～1.5m 的为好。底铅投入量，以熔化后能充满炉缸为准。

3.1.2.2 试生产作业

鼓风炉的正常作业包括：进料（燃料和炉料）；咽喉、缸吸、风口、水套冷却系统的照应；熔炼产物（炉渣、粗铅）的放出操作等。

（1）进料：在炉顶的一端操作平台上，设有焦炭、烧结块、返渣等专门料仓，炉料靠电动机械矿车或皮带，料斗等分别从炉顶侧面或中部入炉内。一般进料顺序为：焦炭　返渣　烧结块。现将国内某些铅鼓风炉每批料量实例列于表 3—3 中。

所选焦率视熔炼过程采取高、低料柱而定。一般在高料柱作业时，焦率为 11%～12.5%，低料柱作业时焦率为 9%～11.5%。

侧面加料，要求大块物料分布于炉子中央，而小块物料分布于两侧。加料后，正常情况下，物料料面成锅底形（中央区较低）。为了使鼓入的空气在炉内分布良好以及炉气上升均匀，关键在于稳定料面，控制加入物料的块度，布料均匀而防止炉顶上火等。

（2）虹吸出铅：虹吸是根据连通管的原理，使炉内的铅液面与虹吸井内的铅液面保持平衡。一般连续放出流入铅包送往火法精炼或流入铸钢槽中铸锭。改变虹吸铅坝高度，可调节炉内铅液面高度。操作时铅坝的高度应相互适当。若铅坝过低，部分冰铜将进入虹吸道。因温度降低，冰铜易凝结，粗

铅中的铜易凝析，堵塞虹吸道，造成操作困难。若铅坝过高，则会使渣中含铅增高。

表 3—3　铅鼓风炉每批料量实例

项目		类别				
		1	2	3	4	5
鼓风炉风口断面积(m^2)		8.6	6	2.5	1.2	0.28
加料设备		电动加料车	电动加料车	卷扬箕斗	手推矿车	手推矿车
每批料量(吨)		1.5～2.0	1.0～2.0	1.1～1.2	0.39～0.4	0.11～0.12
配料比	烧结块	95～100	90～100	90～100	90～100	85～90
	返渣	0～5	0～5	0～10	0～10	4～5
	铁屑	—	—	—	—	8～10

(3)咽喉排渣：炉缸内的炉渣、冰铜等根据渣量多少，分为连续排出与间断排出两种。从炉子前端的放渣口(咽喉口)放出，流入前床或渣锅内，并在此分离，上层熔渣流入渣车运往渣场，也可流入渣包送往烟化炉吹炼；或水淬，水淬渣用抓斗或箕斗提升装车运往渣场。

咽喉渣坝高度要与虹吸铅坝选配恰当，渣坝太高，易引起风口上渣，炉缸内铅面太低；渣坝太低，炉内铅渣分离不好，渣含铅高，同时容易引起喷风。

咽喉操作，要注意炉前风压，渣温高低及其流动性，及时排放黏渣，防止咽喉眼堵死、结死。

(4)风口照应：对风口处的情况观察能及时判断炉况，并保证最大限度将风送入炉内。从风口盖(风口帽)窥测小孔，观察炉内情况，风口内呈帘状或网状并有光辉点，说明炉内还原能力适当，炉况正常。如果炉口呈暗红色或呈暗色，表明炉况不正常，风难鼓入炉内，应及时处理。如果发现有上渣现象(有蓝色火苗或渣跳跃一冒气泡)时，应立即通知咽喉岗位检查并进行处理。

(5)冷却水套系统的照应：不论是汽化冷却或水冷却，都要求水套内水温稳定并且不得断水。冷却水的循环量取决于水套受热程度及排出水所规定的温度。水温太低时则易于助长炉结的形成；水温过高，可能产生蒸气，使冷却水不能进入水套，水套内缺水时间长了就有被烧坏的危险。

对汽化冷却，要控制好汽包内高、低水位，注意汽包压力变化，要定期检查安全阀是否灵活准确。

在开炉、开风、停风、打炉结过程中，都要特别注意水温(或水位、压力)的波动情况，及时调节(或上水)。特别应注意的是：冷却水不可用硬水或不清洁的水，以便减少水套积垢。长期生产中，水套下底角落积垢最多，使水套冷却使用变坏，严重时水套有被烧穿的可能，故应定期检查，冲洗除垢。

有炉缸的鼓风炉熔炼产物主要在炉缸内进行分离沉淀，但排出的炉渣还有少量的金属和锍微粒，需进一步进行回收；无炉缸鼓风炉，熔炼产物均在炉外进行分离。如炉渣含 Zn 低，无回收价值，则用沉淀锅或活动前床；若炉渣含 Zn 较高需用烟化处理时，熔渣除需分离沉淀外，还需进行保温储存，则采用反射炉或电热前床。由于电热前床具有效率高、分离性好、劳动条件好等特点，故目前国内大型铅厂均采用电热前床，鼓风炉和电热前床采用连续排放器进行连接。

附：某单位铅鼓风炉试生产的一次开炉规程。

(1)开炉前准备工作。

①物料按时上到进料点。

木柴：4t，要求直径＜50mm，长度＜1.5m，水分＜3%。

木炭：3t。

粗铅：40t～60t，要求含铅＞95%，含铜＜1%，含锑＜1.5%。

其他：若干破布、火把、8～10 提桶机油。

②水套及各水冷件试水正常，管道及阀门均无漏水。

③在鼓风炉炉缸内均匀铺设300mm厚的木柴。

④工具、物资准备到位。

风镐、钎子、氧气、吹氧管、冬粉、卤水、稻草、麻片、锤子、六方钢备足在相应岗位上。

⑤设备试车正常，并在点火开炉前再次对烟道喷雾、进料、放铅、放渣、风口等岗位各机电设备进行检查确认。仪表及计量设备均应校对准确。

⑥变压吸附制备富氧空气装置具备生产富氧空气条件。

⑦前床具备进熔融渣铅条件。

(2)开炉步骤。

①落实以上工作后，各水套、水冷件送水，开3#(或4#)和5#(或6#)水泵专供烟道水套送水。注意打开各进出水阀门，关闭排污阀，必要时打开3#泵的补充水阀门。

②排放器砌好坝并扎垫好(砌2至3块砖，高240mm左右)。汽包放空阀打开，蒸气并网阀关闭。风口大盖及放空阀打开、支风阀关闭。汽包及时上水，且不准上满，每次达1/2至2/3汽包高度即可。

③接点火指令后，用火把沾机油，点燃后投入炉内。

④分3批投入木柴。待每批木柴燃旺后再投入下一批，要求水平投入，不架空、无死角，燃不好的地方加淋机油助燃；根据木柴燃烧情况，由开炉总指挥通知鼓风机房开启鼓风机送小风，鼓风炉富氧空气阀门打开一个(烧结富氧空气阀门不关闭)，风量控制在3000Nm³/h左右。

⑤木柴投完后，分两批投入木炭。

⑥木炭投完后，分三批加入底焦(每批6车×180千克＝1080千克)。注意应待焦炭上燃后才加下一批。加底焦后由开炉总指挥通知鼓风机房将鼓风炉两个富氧空气阀门全部打开，风量控制在10000Nm³/h左右。调度室根据底焦燃烧情况调整输送至烧结焙烧的富氧空气量。

⑦分三批投底铅，每批15t～20t，投第二批前先加6批焦炭。投完第一批底铅后加风至13000Nm³/h，投完第二批底铅后加风至15000Nm³/h，加完第三批底铅后加风至18000Nm³/h。

⑧投完底铅后，南北均按正常进料(即180千克焦炭→1500千克烧结块)，慢慢提起料面，逐步加风至2000m³/h～2400m³/h。

⑨密切注意坝高，使铅渣流动正常，流动不好时，应及时烧氧处理。

⑩铅渣熔体进入前床后，视熔体厚度按前床起弧规程操作。

(3)注意事项。

①专人负责相关准备工作，分项检查落实，各责任人及时向开炉总指挥汇报准备工作进展情况。

②开炉总指挥及上下协调联系由专人负责。

③进料操作由技术员负责；排放操作由副工长负责；电热前床操作由副工长负责；技术室人员协助开炉过程各项工作。

④开炉时，鼓风炉当班班组除班长及两个进料人员分别在排放、进料岗位待命外，班组其他人员一律参与投料工作，开炉总指挥要妥善组织好未当班班组长及生产骨干全过程参与开炉。

⑤综合室负责组织厂部职能人员和其他工段人员参与开炉投料，并做好有关生活后勤工作。

⑥所有参与开炉人员必须听从指挥。

⑦技术室负责安全协调，督促开炉人员严格遵守“三规一制”，确保安全生产。

⑧技术室负责合理、科学、分配、使用富氧空气。

⑨开炉过程中经常检查、观察风口情况及其变化，进料岗位和排放岗位保持密切联系，及时调整鼓风量、调整投料速度。

3.1.2.3 停炉

铅鼓风炉的停炉分为临时停炉(一般称停风)以及计划停炉两种。临时停炉主要是炉料供应不及时，设备故障或打炉结等，需暂时停炉一段时间(一般不超过30小时)，然后恢复正常生产。临时停炉又可分有准备或无准备两种。

(1)有准备的临时停炉:停炉前,停止进料、降料面,打开副烟道,防止炉内温度过高,影响收尘。待料面块要降低至所需高度时,咽喉处排黏渣,至喷风时,则停止鼓风并打开放风阀,关闭进风总阀,同时将炉子两边的风口大盖各打开4～5个,关闭支风管阀门,防止炉气(含CO)回入风管,引起爆炸。取出咽喉小水箱,清理咽喉井。风口堵黄泥,可防止冷风入炉,消耗焦炭。清理虹吸溜子,虹吸道插入钎子,铅井处用木炭保温。停风后,待料面温度稍降后,按每平方米炉床面积加入200kg～300kg焦炭(一般称压底焦)。再开风时,一般采用比正常作业低些的风压,同时加入几批返渣,进行洗炉。然后再逐步提高料面,转入正常作业。

(2)无准备的临时停炉:突然发生停风、停电、停水、水套烧穿等故障时,由于一时准备不足,故停炉时应迅速将咽喉冰铜眼的放风阀打开,并且打开几个风口大盖,同时关闭进风总阀及支风管阀,以防回风爆炸及炉内液面回升使风口上渣。如停炉在两小时内,视具体情况,咽喉井可不打掉,从咽喉眼、虹吸口处插钎子,做好烧氧气的准备工作。停炉两小时以上,则风口应堵黄泥,咽喉井进行清理。

(3)计划停炉:又称正常停风,因为要将炉内残存物料全部清理,修筑炉体,故一般停炉两个月左右。正常停炉前,停止进料,加入几批返渣洗炉,待料面降到最低位置,熔渣排除干净后,再关风停炉。将安全口附近清理,安放好溜子及铅包,烧开安全口,放完炉缸底铅。卸下水套,待温度下降,清理炉缸,进行修理。

3.2 火法冶炼

3.2.1 进料

工作准备:

(1)接班后认真检查。包括设备运转情况,水冷件供出水情况,仔细阅读上个班的原始记录和听取交班人员的口头所述。

设备的运转:批进料小车的平稳移动,推杆和炉门的正常开合,以及小车限位的准确定位和电子秤的计量情况。

水冷件的供水在进料岗位主要是批鹅颈管烟道和裤衩烟道的供水情况,以水管的出口水温一般为60℃～80℃即可,同时要注意小车门内的存水量要满。

(2)观察炉内状况。鼓风炉炉况如何,应根据从岗位观察到的现象综合分析作出正确的判断。炉况正常的标志:①料面不明火、无喷气口、炉气均匀上升且温度不高(小于300℃),炉料整个水平均匀下降;②炉结少,无悬料;③冷却系统水温稳定;④炉前风压稳定;⑤风口网并见光辉点;⑥排放渣铅温度高、流动性好、渣含铅低。

当炉内的炉结较多,并且有隔墙、有洞眼、喷风较为严重时,就必须及时向班长汇报,用长炮对炉结进行临时性处理,处理不了的要立即向调度或工段汇报。

3.2.2 原材料的取样及其质量要求

3.2.2.1 铅烧结块

(1)化学成分(%):

Pb:38～48,SiO_2:5～9,CaO:8～12,S≤3.5。

(2)物理规格:

块度40mm～150mm,坚硬不夹带外来杂物。

(3)烧结块含铜在1.5%以下时,烧结块含硫以1.5%～2.0%为宜;当含铜在1.5%以上时,则含硫应适当提高。

表 3—4　烧结块化学成分%

编号	Pb	Zn	S	Fe	Sio2	CnO	Lu
1	42～48	4.5～5.5	1.6～1.7	9.5～12.5	8～10	7～9	0.4～0.45
2	43.5	6.27	1.48	11.44	11.18	8.45	
3	43.39	6.45	2.06	12.88	11.56	8.28	0.8
4	40.5	5.75	3.13	13.0	16.28	8.5	0.5

3.2.2.2　焦炭：

应符合 Q/ZYJ15.02.03《生产用焦炭》的规定

含硫≤1%　　挥发物≤1.9%　　灰分：A≤15%

含水分：WQ≤5%

固定硫：75%～80%　　发热值：25MJ/kg～29MJ/kg　　块度：40mm～120mm

焦末含量≤4%　　孔隙率：40%～50%　　着火点：600℃～800℃

3.2.2.3　莹石块矿(处理故障时用)

CaF_2>65%　　SiO_2≤32%　　块度：40mm～100mm　　不带杂物

3.2.2.4　铁屑(铁粉)

Fe>60%　　块度<30mm

当烧结块残硫较高时，为了降低铜硫含量，在炉内加入少量铁屑，一般添加量为 1%～3%

3.2.2.5　采样操作程序

(1)由鼓风炉进料岗组负责取样。

(2)取样地点在鼓风炉进料小车里。

(3)每班取四个样(每隔两小时取一次样)，每次取样量不少于 25g，采中混合后不少于 100g 送质检处加工站。

(4)每班样分析 Pb、Fe、SiO_2、CaO、Sb、Bi、MgO、Zn。

3.2.3　进料条件

3.2.3.1　炉内条件

炉况正常，风量、风压稳定，上火均匀，温度可控。

3.2.3.2　焦炭、块

焦炭与烧结块满足生产工艺所需的质量要求，同时确保一定的数量。

3.2.3.3　进料顺序及批料

(1)进料顺序：焦炭——→(返渣)烧结块，必要时才进返渣。

进料要及时，必须两边轮流交叉进料；因设备故障等特殊原因被迫单边进料时，应及时通知备料和调度。

(2)批料。

烧结块每批六车、每边三车，每车 1500kg。

焦炭每批六车，每边三车，正常操作按焦率 12%计算，即每车 180kg。

若电子秤失灵，可暂时凭经验估计进料，并向公司计控室报告修理。

3.2.4　进料作业

3.2.4.1　进料岗位操作法

(1)严格按工艺技术条件规定进料，认真准确做好记录。

(2)接班认真检查，包括炉状况、设备运转情况、水冷件供出水情况、烧结块和焦炭质量；　阅读

上个班的原始记录和听取交班人员的口头介绍。发现问题要及时处理，处理不了的要立即向调度或工段汇报。

(3)进料要及时，必须两边轮流交叉进料，正常情况(批进料系统设备正常和炉况正常)下，两边进料次数应基本相等，累计进料次数相差不准超过三批；保持料面上烟上火均匀，防止跑空风，若有悬料或跑空风，必须及时处理。因设备故障等特殊原因被迫单面进料时，应及时通知备料工段和调度。

(4)若电子秤失灵，可暂时凭经验估计进料，并向计控部门报告修理。

(5)停风降料面时，必须先征得调度同意，打开烟道；通知汽化岗位人员打开鹅颈管补充水阀门；同时，要通知 4000m² 收尘岗位；当降到需要高度时，告知排放岗位准备停炉。

(6)停风以后，待炉内烟气很薄时，每边压焦各 3 批，开风后，进料前再每边压底焦各三批。

(7)打炉结后开风，须先降料面，待上火均匀时才逐步进行补焦、进料操作。

(8)停风后，炉顶水冷系统停止送水；开风前务必先送水，并调试好水量。

(9)一般停风待料或停风四小时以内，料面降至 2m～2.5m；停风大于六小时，料面降至 3.3m～3.5m。

(10)密切注意风量、风压的变化，及时准确下料，保持风量、风压的稳定；如风量、风压突然升降低，且幅度较大时，应立即与排放岗位或带班班长联系，并积极配合处理。

(11)认真做好岗位记录，做到及时、准确、详细、工整。

3.2.4.2　配料

配料即调节焦率，正常时，焦率为 11.5%～12.5%

焦炭的消耗量与焦炭的质量、炉料的性质、操作制度以及鼓风情况等因素有关。如果炉料含铅高、热交换性能好，炉渣为易熔的高铁渣，低料柱操作，炉子焦率就较低；反之则高。高料柱作业时，焦率一般为 12%～13%，低料柱作业时则为 10%～11.5%。在生产过程中，通常保持鼓风量不变，改变和调节焦率，从而改变鼓风炉内的还原气氛。焦率过高，还原气氛过强，生产能力反而下降，且易引起炉缸积铁、产生黄渣和形成炉结，并导致所谓的“热顶”现象。焦率过低则还原气氛弱，渣含铅升高。料面温度降低，也会导致炉况恶化。

3.2.4.3　料柱高度

正常生产时为 3.6m～3.0m，即料面上实 1.2m～1.8m；在处理高锌铅矿或烧结块粉料时，可适当降低。

在生产实践中，由于对料柱控制的高低不同，而出现两种作业制度，即高料柱(3.6m～6.0m)和低料柱(2.5m～3.5m)，低料柱作业的特点是炉子生产能力较高，焦炭消耗低，炉顶温度高(约600℃)，被炉气带走的铅尘量大，渣含铅高，故铅回收率低，这是此作业的一个重大缺点。高料柱作业时，炉顶温度低(100℃～150℃)，因而被炉气带走的铅尘少，炉渣含铅低，故回收率高，但炉子生产能力较低，焦炭消耗大。尽管如此高料柱作业制度仍被生产实践广泛采用。

当有下列特殊情况时，可考虑采用低料柱操作法：

(1)烧结块含铅品焦较高(50%以上)；

(2)烧结块强度较低；

(3)为取得较高的床能率指标，80t/m² · d～90t/m² · d；

(4)小型的鼓风炉熔炼。

表 3—5　鼓风炉高、低料柱操作的指标比较

技术指标	单位	高料柱操作	低料柱
料柱高度	M	3.6～5.5	2.5～3.5
床能率	%	50～55	60～70
炉渣含铅	%	1～2	2～3.5

续表

焦率	%	10～13	8～10
料面烟气温度	℃	100～300	300～600
鼓风强度	$m^3/m^2 \cdot min$	25～35	40～60
烟尘率	%	0.5～2.0	3～5
铅直接回收率	%	97～96	85～90

3.2.5 鼓风炉供风

3.2.5.1 鼓风流量

铅鼓风炉的鼓风量主要根据焦炭燃烧需要的氧量来确定。所送风量必须稳定，任何风量波动均能给炉子作业带来负面影响，实际上，往往由于炉料、焦炭质量及操作上的原因，加入炉内焦炭量相应减少或因料柱阻力升高，而使送风量减少造成风焦比严重失调。对鼓风炉风量的控制更确切地说是对风焦比的控制。

一般按照焦炭碳量的50%～55%燃烧成CO，其余45%～50%燃烧成CO_2的比例来计算。

3.2.5.2 鼓风压力

鼓风压力主要取决于炉内料柱的阻力，并随炉况而波动，设计常根据工厂实践资料来确定，当高料柱操作时，一般为11KPa～20KPa；低料柱操作时，一般为6.7KPa～11KPa。当鼓风炉风口区宽度过大或选用的风口比较小时，应取较高的鼓风压力值，反之则取较低的鼓风压力值。

表3－6 鼓风炉鼓风风量和压力实例

厂 名	风口压过面积 m^2	风口区宽度 M	风口比 %	料柱高度 M	鼓风压力 KPa	鼓风量 m^3/min	鼓风强度 $m^3/m^2 \cdot min$
株冶	8.65	1.35	3.77	3.0～3.6	10.7～13.3	260～400	41.6～46.2
水口	6.0	1.12	4.48	3.5～4.5	8～13.3	60～70	25～30
鸡街冶	6.24	1.3	4.0	3.5	10.7～13.3	330	52
江西冶	1.2	0.9	5.44	2.8～7.2	8～10.7	45～50	35～40

3.2.5.3 供风和风量的确定

鼓风炉的床能率随着单位时间内鼓入炉内的风量的增加而提高，可用下面关系式表示：

$$a = \frac{k \cdot \eta}{n \cdot m}$$

其中：a为鼓风炉的床能率[$t/(m^2 \cdot d)$]；G为每昼夜处理料量(t/d)；k为鼓风量[$m^3/(m^2 . min$]；n为1kg碳燃料所需的单位空气量(m^3/kg)；m为接炉料重量计的碳质燃料单位消耗量(kg/h)；η为鼓风时率，为炉子每昼夜工作时间(h)与24h之比，一般为0.9～0.95。

由上式可知：炉子的生产率与单位时间入炉的风量成线性关系，因此鼓风炉应采用最大可能的风量来进行熔炼。但是最大风量不能超过极限鼓风量的数值。

所谓极限鼓风量是指鼓风炉正常作业时，炉料处于稳定状态所允许的最大鼓风量，若高于此风量，则会破坏料层的稳定性，炉料将发生膨胀、架空，引起空气沿炉子横截面积分配不匀。

决定鼓风炉内炉料的行为的主要参数为重度、块度、料块间通道面积、轻重物料之比、物料大小颗粒之比。极限鼓风量是随物料假密度、料块尺寸和料块通道面积增加而增大，而料块间通道面积的数值影响最大。另外，极限鼓风量也随着各种层厚度比和各种层物料的性质的不同而变化。如果焦炭层厚度大于矿石和返料层厚度，极限鼓风量会急剧下降；若矿石和返粉层厚度高于焦炭层时，则极限鼓风量提高。这就是为什么铅还原熔炼鼓风炉允许供给的空气量比铜氧化熔炼的鼓风炉要少得多的原因。

3.2.5.4 炉温与炉顶压力

铅鼓风炉自上而下可分为六个区域：预热区、上还原区、下还原区、熔化区、风口区和炉缸区。

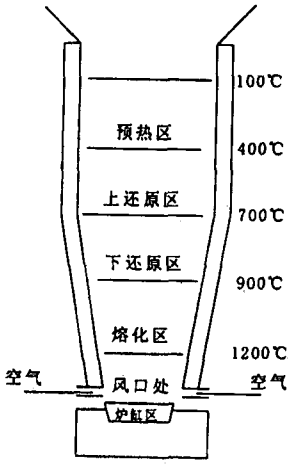


图 3—2　铅鼓风炉内区域划分及其温度范围示意图

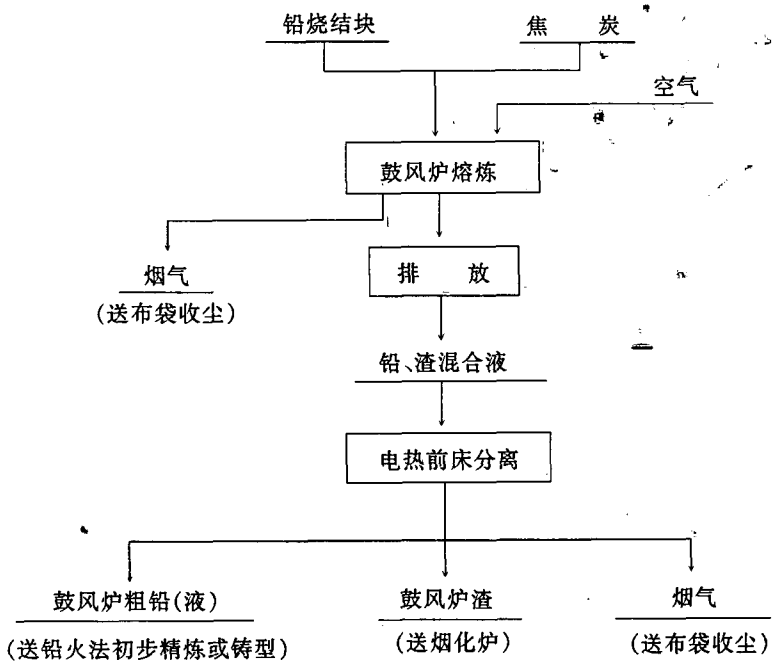
铅液放出温度为 800℃～1000℃，炉渣温度为 1100℃～1200℃，在没有炉缸的情况，渣铅的温度为 1100℃～1200℃，连续排出进入电热前床。

为防止炉顶冒烟和大量漏气，应控制微负压操作，一般炉顶压力为－10Pa～－50Pa。

3.3　冶炼

3.3.1　生产理论技术

3.3.1.1　铅鼓风炉还原熔炼的工艺流程



3.3.1.2　熔炼的目的

(1)从炉料中使铅的化合物还原成金属铅并将贵金属(Au、Ag、In)富集于其中，即产生粗铅。

(2)使炉料各种造渣成分结合产出炉渣,并最大限度地使锌进入渣中。

(3)当炉料含铜、砷、镍、钴等有价金属时,使其分别集中于铅冰铜或砷冰铜中,以便综合回收。

3.3.1.3 熔炼过程

鼓风炉是一种最容易造成还原气氛,具有垂直作用空间,与圆形或矩形竖井相似的冶金设备。其作业过程是炉料(包括燃料)从炉顶分批加入,随着熔炼的进行而逐渐下移,而空气则经过炉腹下部的风口鼓入并向上透过,两者形成逆流运动。从风口鼓入的空气,首先在风口区形成氧化燃烧带,即空气中的氧与下移的赤热的焦炭中的固定碳起氧化燃烧作用形成二氧化碳;二氧化碳又与赤热的焦炭作用,被还原为一氧化碳,此还原性高温气体沿炉体上升,与下移的烧结块相互接触而发生物理化学变化,依此形成粗铅,炉渣及铅冰铜等液体产物,流经赤热(1300℃～1500℃)的底焦后,(有炉缸的)被充分过热进入炉缸按比重分层,然后分别从虹吸、咽喉(排渣口)流出,(无炉缸的)从炉底通过压差从排放井内排出,以混合物流入电热前床进行分离,而含有烟尘的炉气则从炉顶排出,进入收尘系统。

3.3.2 工艺控制与技术指标

3.3.2.1 工艺参数

(1)料柱高度。正常生产时为 3.6m～3.0m,即料面上实 1.2m～1.8m,处理高锌铅矿或烧结块粉料多时,可适当降低。

(2)焦率。正常时为 11.5%～12.5%。处理炉料或焦炭的质量有变化时可适当调整。

(3)炉顶温度。炉顶温度≤390℃。

(4)V 型口坝高。一般为 200mm～260mm,在生产过程中,以保证铅渣排出顺畅,泉涌好,不喷风为度。

(5)风量、风压。风量:16000Nm^2/h～22000Nm^3/h,风压:8000Pa～14000Pa。

(6)气压系统:

①水质为工业软化水;

②系统试验压力:0.5884MPa;

③工作压力:0.3927MPa;

④工作安全阀压力:0.4119MPa;

⑤汽包水位:±300mm(可调,汽包水平中心轴线为零位);

⑥水冷件出水温度:40℃～60℃。

(7)电热前床:

①二次侧电压:正常为△/V 级,化结壳时可升为△/V 级;

②二次侧电流:5000A～8000A,停炉期间,前床内液面稳定不变时,电流为 3000A～4000A;

③水冷件出水温度:40℃～60℃;

④液面控制:总液面≤1200mm,铅层厚度控制在 300mm～500mm 之间,冰铜层≤1500mm;

⑤前床内熔体保持良好的熔融状态。

(8)风口:送风良好,不漏风;目测呈网状或帘状,有光辉点。

3.3.2.2 主要技术经济指标

(1)炉渣含铅:≤3.5%;

(2)焦炭消耗:≤335kg/t 粗铅;

(3)焦率:11.5%～12.5%;

(4)床能力:(52～56)t/m^2.d;

(5)粗铅直收率:≥92%。

3.3.2.3 产出物料及质量要求

(1)鼓风炉粗铅:应符合 Q/ZYJ06.02.04《鼓风炉粗铅》的规定。

①化学成分(%)：

Pb≥95，Sb0.4～1.5；Bi≤0.45。

②粗铅不夹带黄泥，硅块等杂物。

(2)铅鼓风炉渣：

①化学成分(%)：

Pb≥3.5；Fe20～26；CaO17～23；$SiO_2$16～22；Zn≤14。

②炉渣为热熔融体，无外来杂物。

表 3—7　国内一些炼铅厂鼓风炉熔炼的技术经济指标

指　标	1厂	2厂	3厂	4厂	5厂
鼓风炉风口区断面积/m^2	8.6	6	2.5	1.2	6.2
从精矿到粗铅的回收率/%	94～96.5	95.46	——	94.5～96.5	95.4～96.1
鼓风炉熔炼铅回收率/%	95.5～97.5	97.09	95.5～97.5	95.5～97	95～97
床能力/[t/cm^2.d]	45～60	53.6	60～70	70～85	50～55
利用率/t/(m^2.d)	15～23	22.06	17～18.5	13.4～18.2	16～18
焦率/%	11～13	11.22	9～10	9.5～10.5	7～9.5
年工作日	320	306.5	——	——	300～320

3.3.3　铅鼓风炉还原熔炼的基本原理

铅鼓风炉还原熔炼，基于烧结块金属氧化物在高温下与还原剂作用，而将其中的金属还原出来。基本反应，可以下式表示：

$$n\,Me + m\,X = Me + m\,X_nO$$

式中 Me 代表金属，O 代表氧，X 代表还原剂，m、n 为系数。

在铅鼓风炉生产作业中，通常作为还原剂的是焦炭，也有个别工厂采用少量的无烟煤或天然焦部分替代冶金焦，鼓风炉发生的主要反应过程概括起来是：还原、沉淀、硫化及造渣过程，碳质燃料的燃烧过程。

(1)金属氧化物的还原实质。(添加内容)

(2)在还原熔炼中烧结块的主要组分的行为有：

①铅行为；

②铜行为；

③锌行为；

④铁行为；

⑤砷、锑的行为，两者的性质基本相似，部分以正价氧化物的形态一起逸出，大部分形成质的金属，进入粗铅，只有少部分进入炉渣。在熔炼时砷化物、金属锑也与镍、钴和铁组成，形成黄渣。只有在烧结块中含有足够的镍和钴时，单独产出的黄渣才是有利的；

⑥金、银等金属的行为，铅是金和银的良好捕集剂。熔炼时，绝大部分的金和银进入粗铅，小部分进入冰铜炉渣。锗大部分进入炉渣，铟进入粗铅渣中。

(3)铅鼓风炉内的物理化学变化。

炉料在通过鼓风炉还原熔炼的过程中由上而下时，将发生一系列的物理化学变化，是由于炉气和温度对炉料总作用的结果。在鼓风炉熔炼过程中沿炉内不同高度炉气成分和温度是不同的，故所发生的物理化学变化也各异。

①炉料预热区（190℃～400℃）。在此区炉料被烘干，带入的水分被蒸发，易还原的氧化物（PbO、Cu_2O 等）开始被还原。

②上还原区(400℃～700℃)。在此区结晶水开始脱除,碳酸盐及某些硫酸开始离解,还原过程进一步加强,$PbSO_4$ 被 CO 还原成 PbS。CO_2 与 C 反应生成 CO,还原析出的铅滴进行聚集,在向下流动过程中将 Au、Ag 捕集。铁的高价氧化物被还原成低价氧化物。

③下还原区(700℃～900℃)。在此区 CO 还原作用强烈进行,上述两区开始的反应在此区基本完成,$CaSO_4$、$MgSO_4$、$ZnSO_4$ 的离解和硫化物的沉淀反应,金属铜和铅在硫化反应分别进行,形成铅冰铜,另外高价砷、锑的氧化物被还原或低价氧化物、硅酸铅呈熔融状态并开始被还原。

④熔化区(900℃～1300℃)。此区位于燃烧层上,上述各区反应均在此区完成,SiO_2、FeO、CaO 造渣,并将 Al_2O_3、MgO、ZnO 溶解其中,CaO、FeO 置换硅酸铅中的 PbO,游离出来的氧化铅则被固体碳还原为金属铅,所有炉料完全熔解,形成的液体流经一面赤热的焦炭层过热,进入炉缸,而灼热的炉气则上升与下降的炉料作用,发生上述化学反应,造渣、造锍(冰铜)作用完成,析出的 PbO 则被 CO 或 C 还原成铅。

⑤风口区。

⑥炉缸区。过热后的各种熔融体,流入炉缸后继续完成上述未完成的化学反应并按密度差分层。其上部温度为 1200℃～1300℃,下部为 1000℃～1100℃,最下层为粗铅(密度约 11g/cm³),其上层为黄渣(密度约 7g/cm³),再上层为铜锍(密度为 5g/cm³),最上层为炉渣(密度为 3.5g/cm³)。产出的粗铅经渣层、铅锍和黄渣层而沉降,将贵金属捕集。

⑦风口区(1300℃～1500℃)。这是炉内温度最高的区域。此区几乎为焦炭层所充满,其厚度在 0.4mm～0.8mm。在靠近风口水平的有限高度内的氧位最高,为氧化带,焦炭在此燃烧产生 CO_2 和 CO,温度也最高(1400℃～1500℃),是鼓风炉的焦点区,紧靠氧化带上方为还原带,发生碳的气化反应 $C+CO_2=2CO$,使炉内的还原气氛逐渐增强,因此反应为吸热反应,所以温度有所下降(约 1300℃),熔体通过焦点区时被过热,进入炉缸区。

3.3.4 铅鼓风炉熔炼产物

铅鼓风炉还原熔炼可获得两种不同的产物:粗铅、铅锍、黄渣(砷冰铜)、炉渣、炉气(含烟尘),下面将分别叙述。

3.3.4.1 粗铅

烧结块除铅外,还有一些有价金属,在鼓风炉还原熔炼时,铅液在汇采长大和流入电热前床澄清分离的过程中,吸收了炉料中的绝大部分金银等贵金属,也溶解了被还原的杂质元素如铜、砷、锑、锡、铋等,使其含铅品位在 95%～98%,称为粗铅。

3.3.4.2 炉渣

每生产 1t 粗铅通常可产出 1t～2t 炉渣,炉渣的容积是粗铅的 3～6 倍,因此,在冶炼过程的经济技术指标上很大程度上与炉渣有关。

任何金属的提炼过程实际上都是将脉石或分造渣与主金属分离的过程。冶炼前加入熔剂的目的是为了获得与金属良好分离的炉渣,因此,炉渣的主要作用是:

(1)使矿石中的脉石、熔剂及燃料中的灰分造渣,并在高温下与欲提取的金属分离。

(2)熔渣是一种介质,其中进行着许多极为重要的冶金反应。溶解在炉渣中的硅酸铅可直接被还原剂还原,铅在炉渣中的损失决定于这一反应的完全程序。

(3)在炉渣中发生金属液滴或锍流滴的分离。沉降分离的完全程度对金属在炉渣中的机械夹杂损失起着决定性的作用。

(4)在鼓风炉内炉渣是热状况的调节剂。炉内最高温度决定于炉渣的熔点,一般最高温度为炉渣熔点再过热 150℃～250℃,当炉渣组成一定时,向炉内增加热量不可能提高炉内温度,只会增加炉料的熔化速度。

(5)在用于渣沉淀保温的电热前床中,炉渣和电极周围的气膜起着电阻的作用,可用调节电极插

入渣中深度的方法来调节前床内的温度。

要使炉渣起到上述作用，就必须根据冶炼过程的特点，合理选择炉渣成分，使之具有良好的物理化学性质，即适当的熔点，较低的密度和黏度等。表 3－8 为一些工厂的鼓风炉炼铅炉渣的化学成分。

表 3－8　炼铅炉渣的化学成分(%)

渣别	Pb	Cu	ZnO	SiO_2	CaO	FeO	Al_2O_3	备　注
1	1.8	0.5	15.8	22.0	16.24	31.80	——	MgO+CaO
2	1.96	0.27	13.7	21.76	18.24	30.8	——	MgO+CaO
3	1.5	——	12～15	26	17	28.6	——	MgO+CaO
4	——	——	12.5～17.5	21～24	14～17	33.5～38.6	——	MgO+CaO
5	2.3	——	23	21.0	19.7	25.6	5.7	MnO_2 4.3
6	1.47	0.25	7.93	26.54	14.40	27.54	6.95	ZnO、FeO 项中的数值是 Zn、Fe 的百分比
7	2.02	0.24	11.70	23.46	16.61	29.09	3.77	
8	1.32	0.26	12.25	23.58	17.54	28.13	5.95	
9	1.15	0.03	3.34	24.70	17.34	29.15	6.31	
10	2.0		18.00	20.50	14.50	21.80	6.30	

3.3.4.3　铅炉渣的物理化学性质

(1)炉渣的硅酸度 K：炉渣中酸性氧化物高时(即所谓硅酸度高时)，称为碱性炉渣。

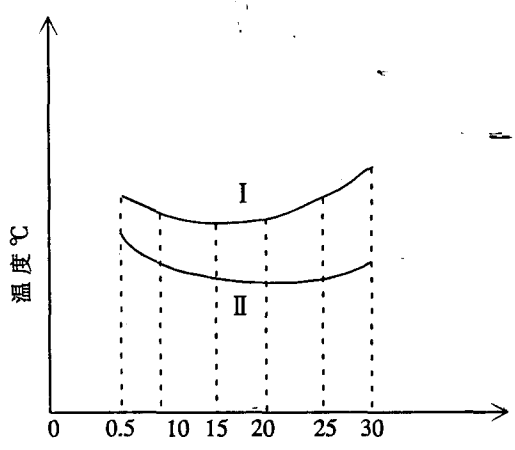
硅酸度 K 表示炉渣中酸性氧化物(包括 Si^{2+}、Zn^{2+}、Fe^{6+}、Al^{3+})中的氧量与碱性氧化物(包括 Fe^{2+}、Fe^{3+}、Ca^{2+}、Mg^{2+})中的氧量的总和之比。即：

$$K=\frac{SiO_2\text{ 等酸性氧化物中的 }O_2\text{ 含量}}{(CaO+FeO+MgO)\text{等碱性氧化物中的 }O_2\text{ 含量}}$$

如果 K 值大，表示炉渣酸度高，一般不易熔化，“过冷间隔”开，黏度大。

(2)熔点：铅鼓风炉熔炼产物的熔点大致是：粗铅：327.4℃，冰铜 950℃～1000℃，黄渣 1050℃～1100℃。炉渣的熔点不能低于最难熔化的产物，即冰铜和黄渣的熔点，否则这些液体产物便不能过热，因此，铅炉渣的熔点不应低于 1000℃～1100℃。熔点过低的炉渣，铅的硅酸盐就不能很好还原，会增加铅的损失，但熔点过高的炉渣又会被燃料消耗，并因熔化速度慢而降低了生产率。而且当炉渣熔点不高于 1150℃～1200℃，K 值为 1～1.5 时，波动范围为 1050℃～1140℃。

(3)炉渣的“过冷间隔”：就是从熔化开始至熔化结束，自由流动之间的温度间隔，完全取决于炉渣的组成。如图 3－3，是炉渣过冷间隔与硅酸度的关系。



I——炉渣流动温度曲线　　II——炉渣开始熔化温度曲线

图 3－3　炉渣过冷间隔与硅酸度关系

"过冷间隔"过小，则熔化至自由流动的过程太快，反之太慢。从图可看出，炉渣硅酸度增高时，则"过冷间隔"增大。

(4)黏度：黏度小，则流动性好，反之则不好。黏度小的炉渣，在炉缸内粗铅和冰铜的分离良好，金属回收率也高。若炉渣"过冷间隔"小，则渣的流动性好。在1200℃左右，K 值为1～1.5时，炉渣的黏度为5～10泊。炉渣的黏度与炉温及渣成分有关。温度越高，黏度越小。硅酸盐渣的黏性依下列金属氧化物顺序递增：Fe^{2+}、Mn^{2+}、Fe^{3+}、Mg^{2+}、Cu^{2+}、Al^{3+}，即铁与锰多的炉渣黏性较小，而铝多时则黏性增大。

(5)比重：炉渣同其他熔炼产物分离是否良好，主要依据是比重。要使各熔融产物之间的沉淀分离进行完全，就必须选择具有较小比重的炉渣。当 $K=1$～1.5时，铅鼓风炉炉渣的比重在3.3～3.6之间。

3.3.4.4 各主要成分对炉渣性质的影响

(1)二氧化硅(SiO_2)：是酸性氧化物，能与各种碱性氧化物形成各种硅酸盐。SiO_2 熔点1710℃，比重2.6。当炉渣中 SiO_2 过多时，则过剩的 SiO_2 将以固态存在于炉渣中，使炉渣黏度增多，影响熔体分离，造成渣含铅高。而且炉渣对锌、铁等的化合物的溶解能力降低。

(2)氧化亚铁(FeO)：是造渣成分中最重要的碱性氧化物。熔点1360℃，比重5.0。它能增加渣的易熔性和使炉渣的比重加大。氧化亚铁与二氧化硅结合生成最稳定的硅酸亚铁，其熔点为1205℃，比重3.9。炉渣中的氧化亚铁含量增高后，虽说可增加对锌、铁化合物的熔解能力，然而却使炉渣的比重增大，影响沉淀分离，造成渣含铅增加。

(3)氧化钙(CaO)：是炉渣中最强的碱性氧化物，会使炉渣熔点猛增，而且降低锌、铁化合物(特别是ZnS、FeS)的熔解能力，造成炉渣黏度大，流动性不好，分层不佳，渣含铅高。

(4)氧化镁(MgO)：熔点2800℃，比重3.58，属碱性氧化物。它会增加炉渣的熔点及黏度。

(5)氧化铝(Al_2O_3)：是一种两性氧化物。熔点2050℃，比重3.9～4.0。氧化铝作为碱性氧化物存在于炉渣中，会使炉渣熔点增高，黏度增大，特别是作为酸性氧化物时更为明显。

(6)氧化锌(ZnO)：冷炉渣中的氧化锌是以各自不同的硅母基盐、亚铁酸盐以及游离的氧化物的形态存在。若炉渣中的氧化亚铁越多，则溶解的氧化锌就越多。在铅熔炼中，一般希望氧化锌在渣中的熔解量越多越好，因为可以从渣中回收更多的锌以减少锌的损失。

氧化锌熔点1900℃，比重5.6，两性氧化物。渣中含氧化锌过多，会使渣黏度增加。铅炉渣成分一般在下列范围内变动(%)：

SiO_2	FeO_2	CaO	ZnO	MgO	Al_2O_3
19～35	28～40	0～20	0～30	<3～5	<3～5

现在国内外一些炼铅厂炉渣产出率和化学成分实例列于表3－9中。

表3－9 铅鼓风炉渣产出率和化学成分实例

	炉渣产出率(%)	炉渣化学成分(%)							
		Pb	Fe	SiO_2	CaO	ZnO	Cu	S	Al_2O_3
1	50～60	1.47	2754	26.54	14.40	7.43	0.25	1.89	6.95
2	45～60	2.02	25.09	23.46	16.61	11.70	0.24	—	—
3	45～70	1.32	2813	23.58	17.54	12.25	0.26	1.45	5.45
4	45～55	2.84	29.65	30.05	12.42	5～7	0.1～0.3	1.7	1～3
5	55	2.47	35.40	17.68	14.30	9.4	0.46	—	—
6	54～58	1.50	2915	24.70	17.34	3.34	0.03	0.79	6.31
皮里港(澳)	—	2.00	21.80	20.50	14.50	18.00	—	1.7	6.30
希乐姑兰(美)	—	1.85	25.60	20.00	9.00	12.10	0.25	1.0	5.00

3.3.4.5　铅炉渣渣型的选择

炉渣的选择必须考虑到技术和经济两个方面。既要尽量降低熔剂的消耗，从而减少产渣量和渣含金属的绝对损失，又要符合熔炼对炉渣成分的基本要求

(1)炉渣选择的原则：

①造渣成分低廉，即配入的熔剂量尽可能少；

②渣的比重小，以易于分离；

③渣的黏度要小，在熔炼时流动性好；

④适当高的熔点，使熔体能过热。

(2)炉渣的选择方法：

关于炼铅炉渣合理成分的选择历来为冶金学家和冶金工作者所关注。从不同的观点提出解决这一课题的一些方法，大体可归纳为如下两种：

第一种是所谓“标准渣型”的方法。该方法认为各种锌的化合物对铅炉渣成分的选择具有决定性的影响，氧化锌在炉渣中呈溶解状态及复杂化合物(硅酸盐、铝酸盐、亚铁酸盐、锌酸盐等)形态存在。炉渣中的 FeO 含量越高，ZnO 的溶解越完全，而 CaO、SiO_2、MgO 及 Al_2O_3 在炉渣中的含量增高，会使 ZnO 的溶解度降低。为此提出：在锌质炉渣中，$ZnO+SiO_2$ 之和应为 40%，而 $ZnO+CaO$ 之和不超过 28%～29%。

尽管如此，对炉渣的大量研究工作仍然偏重于对液态炉渣的结构和对熔体物理化学性质的基础研究，以确定合理的工业渣型所必须遵守的一般原则。

实际上炉渣合理成分选择是一个重要而且复杂的问题，它不仅与熔体的性质有关，还与烧结块的物理化学性质(如熔点、热固性、还原性等)有关。由于不同的工厂所采用的技术和经济的具体实践不同而存在着很大差异，所以解决这一问题的最好办法是根据工厂的实践原料特性、工艺流程、统计资料诸因素，通过实验确定。

3.3.4.6　降低渣含铅的主要措施

(1)铅进入炉渣的途径：

①化学损失：由于熔化速度大于还原速度或因还原能力弱，造成氧化铅及硅酸铅还原不完全。

②热处理损失；熔解于渣中的铅的硫化物(PbO)以及冰铜中的铅造成的损失；

③机械损失：由于沉淀分离不好，夹杂在渣中的金属铅及冰铜造成的损失。

由于燃料、原料、熔剂的性质、操作技术熟练程度、生产要求、设备性能及鼓风制度等因素的变化，而造成铅的损失。所以，只有对炉渣进行物相分析，才能分清主次，找出原因，确定降低渣含铅的措施。

实践表明，当渣含铅越高时，化学损失的比例越大；当渣含铅低时，物理损失比例增加。不难看出，降低渣含铅的途径有：防止固体碎料从炉子的上部未来得及还原便直接进入炉缸；减少由于还原不完全，而以氧化铅、硅酸铅或亚铁酸铅形态进入炉渣；加速渣中金属铅滴的聚合，以便较彻底地从渣中沉淀分离。

(2)降低渣含铅的方法：

①采用高钙渣法：选择最合理的炉渣成分是降低渣含铅的主要措施。高钙渣中的氧化钙是铅炉渣中碱性最强的氧化物，其作用。

a. 促使渣中呈盐(如硅酸铅)的氧化铅被置换出来，从而被还原剂还原成金属铅。

b. 氧化钙能与硫化铅作用生金属铅。

c. 氧化钙可降低金属与渣之间的表面张力，以减少炉渣比重，利于沉淀分离。

d. 氧化钙高，炉渣熔点也高，使熔炼产物过热。

②改善炉渣在炉内的分离条件：控制好咽喉井渣坝高度与虹吸铅坝高度，以改善炉渣在炉内的沉淀分离条件，这是降低炉渣中金属铅的根本途径。控制渣坝及铅坝的高度，即控制炉缸内铅液面和渣

面高度。铅坝高，则炉缸内铅面也高，反之则低。渣坝高，则本床内的渣面增高，反之则低。一般控制渣坝低于风口 100mm 左右。炉况正常时，宜尽量提高渣坝，以延长炉渣在炉内的澄清分离时间，以降低渣含铅。

在砌筑炉缸时，控制虹吸溜子高度比咽喉眼底（炉子排渣口）高出 50mm～100mm。则正常生产时，炉缸内铅层比渣厚，有利于沉淀分离，使渣含铅降低。

③正确控制炉内还原能力：化学损失的主要原因是炉内还原能力弱，则部分铅的氧化物（特别是硅酸铅）未完全还原便进熔渣造成损失。其次，还原能力弱时，可能会产生磁性氧化铁（即 Fe_3O_4），呈分散状颗粒悬浮于熔渣中。除增加渣黏度外，还与锌、铅等硫化物在炉缸内发生反应，生成亚铁酸盐和二氧化硫，当二氧化硫逸出时将剧烈搅动熔体，使分离条件变坏，造成铅的损失。熔炼过程应严格控制在炉料的熔化速度等于或略小于还原速度为宜。

④采用高料柱作业：由于炉料预热温度高，则反应就迅速；物料在炉内作业时间较长；在焦率不变时，高料柱比低料柱还原能力强，还原反应比较完全。故采用高料柱作业，对降低渣含铅是有很大意义的。

⑤其他措施：

a. 稳定料柱。料柱稳定则入炉风压、风量、透气性、熔炼速度、还原气氛也相对稳定了。

b. 稳定风压与风量。一般增加风压，则增加入炉风量。风压、风量稳定则炉内焦点区稳定，还原气氛稳定。风压过大，易造成咽喉喷风，影响炉内分离条件，因此一般控制风压不超过 130mmHg。为了稳定风压与入炉风量，要控制好料柱和风口送风须畅元阻。

c. 及时排除铅、砷冰铜（即黏渣）。烧结块中有部分的残硫、砷，在熔炼过程常有少量的冲淡铜产生。如不及时排除，将影响炉内分离沉淀。在电热前沉淀时，底铅、冰铜也要定时排放，以减少液渣带铅。

d. 消来咽喉出渣冒泡、或喷风时，应及时迅速处理。

e. 做到均衡生产，避免过多的停风待料。

f. 设置电热前床或活动前床，使渣中的金属铅、冰铅及冰洞进一步沉淀分离。电热前床放渣前停电，利于渣、铅分离。

3.3.5 铅锍和黄渣

3.3.5.1 铅锍及其处理

组成铅锍的成分是各种金属硫化物 PbS、Cu_2S、FeS、ZnS 和少量的 Ag_2S 等。在生产实践中，锍量少，同时又是高铁质炉渣时，往往获得的是锍和炉渣的混合物。

铅锍的熔点与成分有关，波动于 850℃～1050℃，硫化锌能显著提高其熔点。因为锌在锍中以硫化物形态存在，但在锍中的溶解度有限，当温度降低时，则从熔体中析出。

锍具有很好导电性，可以认为：熔融硫化物部分全部处于离子状态。

铅冰铜中的铅为金属铅和少量的硫化铅，有一部分硫化铅与斑铜矿（$3Cu_2S \cdot Fe_2S_3$）形成共晶；铜除了大部分以斑铜矿存在于铅冰铜中以外，还有小部分以金属铜、辉铅矿和黄铜矿形式存在；铁在铅冰铜中除斑铅矿外，则以 FeSn 和 Fe_3O_4 存在。

富锍的处理方法有火法和湿法两种。火法处理是用转炉吹炼，与铜转炉吹炼相似，可产出含 80%～85%Cu，8%～10%Pb，1.2%～1.5%的粗铜。湿法处理首先进行焙烧脱硫，然后用硫酸浸出、过滤、浓缩、结晶得到硫酸铜产品。

3.3.5.2 黄渣及其处理

黄渣由某些金属的砷化物或锑化物组成，其中砷的含量比锑大得多，所以也称砷冰铜。铁和砷锑的化合物是黄渣的主体，同时也含有铜和铅的砷化物或锑化物。

黄渣的熔点较铅锍高，约为 1150℃～1200℃，甚至更高（取决于其中金属铁的含量），黏度也大，

容易在电热前床内结壳，使操作困难。

为了加收黄渣中金和银，将其与熔铅在转炉内混合，使金、银转入粗铅，然后从粗铅中提取金和银。

可以将黄渣进行脱砷熔烧，然后经富集熔炼，提高其中的铜、镍和钴含量，然后送去撮铜、镍和钴。

最合理的方法是将黄渣送炼铜厂，与一般铜锍一道吹炼，约有 9%的铜，几乎全部的金和银都进入粗铜，所有的砷和锑以及 80%的铅者则挥发进入烟尘中。

3.3.6 炉气(含烟尘)

鼓风炉的炉气既是炉内燃料燃烧和冶金反应的最终产物，也是鉴别熔炼过程好坏的尺度。

铅鼓风炉烟尘的成分主要是被上升气流带走的粉状炉料、燃料灰和高温挥发的化合物，所以烟尘的颗粒较细。由于各厂处理的原料不同，故所得的粉尘成分也各异。但是，铅鼓风炉烟尘的主要组成是铅和锌，此外，还有 Hg、Ge、B、F、Cl、Au、Ag 以及脉石成分等。

高料柱熔炼时，烟尘率为 0.5%～2.0%，低料柱熔炼时一般为 3%～5%。

3.3.7 连续排放

3.3.7.1 连续排放的岗位操作法

(1)严密注意炉内熔体排出情况，保证铅稳定流出，表现为排放器内泉涌好而不喷风，渣铅流动性好，渣流赤亮，且流量大。

(2)经常清理排放器结物，确保 V 型口坝及溜子的黏结物不上涨，保证铅渣畅流入电热前床。溜子腐蚀时，必须用耐火材料补好。

(3)排放器及溜子用稻草、麻片保温，避免结壳。

(4)经常检查排放口，并用六方钢，甚至用微型爆破器及时清理，防止炉内积渣而使风口恶化。

(5)使用爆破器时，要严格执行“三规一制”有关规定。

(6)经常检查排放器区域水套，保证不断水。

(7)有准备的计划停风：随着料面降低，要相应逐步降低口坝砖高度。紧急突然停风应立即打掉坝砖以便彻底排除炉内熔渣。停风后半小时排放口必须插 1～2 根六方钢钎，插入炉内 500mm，且要上翘。开风前必须先从山型及排放口处理，上、下烧通后方可送风。

(8)开风 20 分钟后，若排放口无渣流，应检查风压、料面、坝高等情况及排放口是否堵塞；经处理无效时，则应立即打开山型排渣，以保护风口。

(9)垫坝：用卤水调和镁粉，湿度适宜，准备好专用坝砖，再迅速放风。垫坝时要求坝平整、牢固，垫好 1～2 分钟后，慢慢送风。卤水制备：一包盐精加两泥桶热水熔化和匀即可，浓度以手沾水油腻感强为好，冷却后使用。

(10)调整风量：先征得调度同意或工段负责人许可，调整后的风量不准超过标准控制范围。

3.3.7.2 连续排放的工作原理

铅渣混合连续排放器又叫罗依排放器。它的基本原理是利用 U 型口坝的高度调整井内液层高低来平衡炉内的压力。炉内的压力主要是鼓风压力、采购物料的重力，炉外即排放器的压力主要是熔融的铅渣的压力，调节坝的高度相应调节了铅渣的高度和压力，使炉内的压力稍大于排放器的压力，则炉内的铅渣能呈泉涌状顺利排出而又不喷风。由于铅的比重远远大于渣比重，排放器的压力主要靠铅液重力，所以上述原理又称“铅封原理”。

3.3.7.3 连续排放岗位的操作要求

排放岗位总的要求是铅渣呈泉涌状，井溜渣口干净，水套送水好，物件摆齐整。每 15 分钟检查排出的 Pb 渣及井溜保温情况，经常用六方钢透排放口，确保畅通。

3.3.7.4 U 型口坝砖的垫砌

应先准备好扎泥、坝砖、清理干净 V 型口结渣，降下放空闸，必要时，鼓风机房落下大风闸，使 Pb 渣不流出，迅速的扎泥、坝砖，硅底及边上要堵严密，用钎子压着新垫的坝砖，关闭放空间恢复正常作业。注意扎泥必须用卤水调氧化镁粉成熟泥状，不可用清水调，卤水要冷的，不能用热的，热卤水调会失去黏性。

3.3.7.5 注意事项

(1)排放器的液面结壳的影响：意味着炉外压力增大，相当于垫高坝砖的效果，会造成保温不好，泉涌不畅，炉内液铅渣不能顺畅排出，使溜子上的铅渣发黏，时间一长，溜子堆起，炉内液面升高易使风口上渣。

(2)根据排放的铅渣的温度、流动性、火焰的变化调整炉内的各项控制参数。

①铅渣的黏度适当，温度也正常，而排放井内发生轻微的咕咕声，就说明内外的压力有一点压差过大，可以从料柱与风量这两个参数作适当地调整。

②在铅渣的黏度较大，温度偏低、铅渣的颜色发红时，其流动性偏差，针对此种情况，可以和风口岗位与进料岗位联系，进行综合的分析后，根据烧结块的质量适当提高焦率即可。

3.3.8 风口与水冷系统

铅鼓风炉的水冷系统包括汽化系统、鹅颈管烟道系统、炉子的烟罩系统、裤衩系统、前床的围炉系统。

每一个系统分别各由一个总阀控制，根据所需水压的高低分别配备与之相当的水泵动力，同时每一块分水套都有单独的一套进水、出水、阀门系统，这样就可以合理的、适量的调节流水量和水的温度。

3.3.8.1 汽化岗位操作法

(1)上水部分(包括软水罐、水泵、供水管)。

(2)保持软化水的供给，掌握水压、水位达到上限时停泵。

(3)软化水不足或缺乏时，可以临时采用生活水代替。

(4)要随时准备好备用水泵。

3.3.8.2 汽化部分(包括水套、步升和下降管、汽包、总管等)

(1)经常检查汽包的安全交阀、压力表、水位计，使之保持良好的工作状态。

(2)蒸汽压力异常高时必须尽快处理，并打开放空阀进行上水排污。

(3)经常检查各水套的使用情况，保持进出水畅通，阀门完好。

(4)不经常调整的阀门每月检查一次，扳动，使之开关灵活。

3.3.8.3 排污部分

(1)定时排污，各班组第一早班排污。冬天气候寒冷冰冻时，要增加排污频次。

(2)排污时开、关阀门要迅速。

3.3.8.4 蒸汽输入总厂管网时应事先报告调度，征得同意后方可进行；打开并网阀时要缓慢。

3.3.8.5 汽化水套

以前的铅鼓风炉采用自然水循环冷却水套的方法。由于自然水在水套内循环易形成水垢，可能导致水套的损坏，而且冷却水循环带走大量热能，造成燃料和热量的耗失。所以近年来的铅鼓风炉已普遍改用汽化水套。实践证明，水套的汽化冷却可以节约大量的水(仅为水冷时的 5%～10%)，副产蒸汽由于使用软化水而增长了水套的寿命，提高了炉温，减轻了炉结，炉汽更稳定，维护更方便。

汽化水套的工作原理与锅炉相似。汽化水套系统的设计，首先应根据实验测定或经验公式确定热负荷，并根据汽包的有效容积，汽包的空间容积和闲置容积确定汽包的总容积。

表 3－10　对长 1m 的不同内径的设计参数

泡包内径/mm	1000	1100	1200	1300	1400	1600
水位高度/mm	600	650	700	750	800	900
蒸气空间/mm	400	450	500	550	600	700
汽包总容积/m^3	0.79	0.95	1.13	1.33	1.54	2.00
有效容积/m^3	0.42	0.51	0.61	0.71	0.82	1.10
蒸气空间容积/m^3	0.29	0.36	0.44	0.53	0.63	0.80
闲置容积/m^2	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.10

从汽包中心线至上排水套的下降管入口中心水平之间的高差，可由水力计算决定。在通常情况下，若是自然循环，总蒸发量小于 2t/h 时可取高差 6m，总蒸发量大于 2t/h 时则应取高差 8m～10m。若是强制循环，汽包至注水泵间的高差为 3m～4m。上升管的管径比下降管的管径大，二者之比一般为 1.3～1.5。管路应避免急剧的直角转弯。水套上端的上升管出口处不许存气，以免水套被烧坏。

3.3.8.6　汽包系统的组成及工作原理

汽包系统一般由汽包、给水泵、水套、进水管(下降管)、出水管(上升管)、安全附件(压力表)、水位表以及安全阀组成。其工作原理是利用水由液态转变为气态时所需的相变潜热带走冷却水套的热量。工作过程是：当汽包上水到一定水位后，汽包内的水顺着下降管进入水套，在水套中进行吸热并由液态部分转变为气态再从水套出水管上升到汽包，在汽包内进行汽水分离，水再进入系统循环，蒸气则送外管网或放空。由于水蒸发汽化，汽包水位逐步下降，达到控制下限时需启动给水泵补充水量，使汽化系统循环水的循环、吸热、汽化等过程顺利进行，并延续下去。

3.3.8.7　汽化系统水位过高、过低的影响

水位过高，不仅汽化的蒸气含水高而且下降管与上升管的压差大，水套进出水温度差别也较大，对炉结的生成会起促进作用。

水位过低会破坏水的循环，甚至造成严重缺水使水套受热面对热变形、损坏，甚至烧红等事故。

3.3.8.8　汽化水必须定期的排污

汽化水套的污垢主要是水中的可微钙、镁等盐类分解沉积以及固态物质在水套内壁上的黏附形成水垢。随着时间的流逝水垢越来越厚，将影响传热减少了蒸发量，甚至影响水套使部分过热损坏。因此，汽化水套必须定期排污。

3.3.8.9　风口岗位操作法

(1)经常检查风口状况，保证送风良好，目测风口呈网状或帘状并有光辉点。

(2)若有漏风、发红、发空、发黑、发黏等现象应及时处理，并报告班长。

(3)原则上每班必须用六方钢钎打风口三次，且必须打至炉子中心。处理炉况时，按需要增加打风口频次。

(4)处理风口故障时，必须先用钢钎打进超过水套内壁后，再烧氧气。特别注意氧气不能开得太大，小心操作，以避免烧坏水套。

(5)停风时，要及时打开南北两边各 3～4 个风口大盖，打开放空闸，关闭大、小风闸，停风两小时以上，风口必须堵好黄泥，堵泥必须严密，不漏风。

(6)每次停风后、开风前要普遍打一次风口，堵的黄泥必须扒出来；送风前打开大风闸，风送过来后打开小风闸，再关闭放空闸。

3.3.8.10　观察风口

(1)从风口观察炉内的还原情况，还原能力适当的特征：风口呈帘状网状，能见到光辉点，打风口时，能带出少量的焦炭块而钎子上无黏渣或铅黏附；还原能力不足的特征：风口发硬，有时发红、发黑；还原能力过强的特征：风口照亮刺眼，捅风口时不硬，但钎子上黏有一层铅渣的熔融物。

(2)风口上渣时,风口岗位应立即打开 1～2 个风口大盖,让渣流出,不至于使全部风口灌死。此时不准减风,更不允许停风。上渣的风口需使炉内渣面下降,风筒内渣凝固后再处理。在排放岗位则是立即检查是否堵了,若是堵则通过用六方钎透或放炮或烧氧气使其畅通,同时根据具体情况打低坝高使熔液快速流出,若时间不允许拖延的话,则马上打开山型将炉内的渣铅放出。在这个过程中不准风量放空。

引起风口上渣的有:①放出口堵;②V 型口堵;③坝过高,时间长。

3.3.9 电热前床

3.3.9.1 电热前床是利用电能转变为热能来加热炉渣的一种冶金设备,其作用:

(1)作为鼓风炉与烟化炉之间的熔渣贮存器,因为烟化炉是间断周期性作业,故要求前床的贮存量必须满足烟化炉吹炼一次的最大装料量。

(2)保持熔渣温度在 1200℃左右。

(3)使炉渣夹带的铅及冰铜在前床内进一步分离,以降低渣含铅,提高铅的直收率。

3.3.9.2 电热前床的工作原理

利用电能转变为热能从而产生高温加热炉渣的一种冶金设备,根据焦耳—楞次定律:热量 $Q=0.24\ I^2RT$,当电压一定时电流随电极插入熔渣的深度增加而增大,因此,在正常操作时,一般以升降电极插入熔渣的深度来调节电流高低,从而达到调节炉温的目的。只有当调整电流不能满足所需温度时,才提高电压。

3.3.9.3 电热前床的构造

一般是两端头为半圆形的容器,外壳为普通钢板制成,两侧以立柱拉杆紧固。某厂电热前床壳内最低层用耐火材料捣制,上砌铬渣砖,然后用 460mm×200mm×75mm 以直形铬渣砖砌成倒拱形,炉墙为两层 320mm×150mm×75mm 的直形铬渣砖砌筑,前床顶为 300mm×150mm×75mm 的直形镁铬砖上加密封层和轻质保温砖砌成拱形,开有三个安放电极的孔,一端头有放渣孔及底铅、冰钢放出孔,另一端上部有安放与鼓风炉连接的渣溜口。为了保护渣口、冰钢口处炉墙的腐蚀,某厂使用 330mm×400mm×400mm 的铬渣块两层,放出孔径 Φ80mm,使用寿命达两年。冰钢口比渣口低 150mm,渣口底度为 872mm,虹吸道两边是 460mm×230mm×75mm 的双竖铬渣砖砌筑,虹吸道用 460mm×200mm×75mm 的直形铬渣砖砌筑,虹吸道口的尺寸为 200mm×160mm,电热前床的内尺寸为 6300mm×3000mm×2017mm。

生产实践表明:前床中渣层带的内层衬砖在高温熔体的冲刷侵蚀下使用寿命很短,一般为 9～12 个月,研究分析认为:在作业温度下,炉渣对炉墙砌体的化学侵蚀不是砖衬损坏的主要原因,而是由于电极附近所放出的大量热能使电极周围的炉渣强烈过热而密度减少,促使熔体急剧上浮到熔池表面,并沿熔池表面从电极向四周流动,这种从电极至炉墙又从炉墙至电极的炉渣不断循环流动,造成对炉墙的极大冲刷,这是电热前床炉墙损坏的主要原因,其厂采用致密度高、耐磨性好的铬渣砖砌筑,壳体外侧设置水套,借助水冷降温,达到保护砖衬的目的,使用达两年之久。

3.3.9.4 电热前床岗位操作

(1)放渣。

①做好放渣的准备工作:扎好放渣活动溜子,确保溜子通畅而可靠;检查活动溜子是否摆动灵活,打开收尘管道阀门,摆放好两个空渣包,准备好倒锥、铁锤等工具,必要时还必须备好烧氧器材;若水淬,则应事先通知烟化送水,摆放好冲水长溜并扎好。

②总液面达 1200mm 时,开始放渣。

③放渣前 10 分钟～15 分钟停电。

④退出渣塞,待渣流变大后,放渣口水量加大;若退出后无渣流,则烧氧处理,严禁没退出钎子即烧氧。

⑤及时指挥吊运渣包，活动烟罩必须随放渣溜子摆动而移位，以尽量抽走烟尘。

⑥放渣时要做好随时堵渣的准备，做好堵泥，备好麻袋和铁板等。

⑦堵渣时要两人配合，迅速准确地堵好渣口，并插好钎子(必须过炉墙)，放渣口水箱少量水循环冷却。堵好渣后，立即恢复送电，并调整好三相电流。

⑧清理现场，关闭收尘管道阀门。

⑨配合吊车工倒掉或转运渣包中的锅皮。

(2)接电极。

①首先做好接电极的准备工作，包括工具，新电极和电极头。

②接电极必须在放完一次后进行。

③一切准备工作就堵后，停电，并挂好警示牌。

④将电极夹至适宜位置，有必要时，还要下放电极再固定好电极夹，并清理干净连接丝扣。

⑤有电葫芦吊新电极，按要求全部丝扣，再撤出葫芦吊，盖好电极孔。

⑥恢复送电，并送三相电流。

(3)下放电极。

①预先停电，并挂好警示牌。

②用电葫芦吊着电极，再松开电极夹，使电极能上、下活动。

③调整电极夹至行程中点，并调整电极至合适位置，然后将电极夹牢。

④撤出电葫芦吊，盖好电极孔。

⑤恢复送电，调整好三相电流。

(4)常规操作。

①尽可能使用自动控制调整电热前床的三相电流。无法自动控制，采用手动控制，及时调整电极位置，保持三相电流基本平衡，在规定范围内小幅波动。

②经常检查前床各部水冷件送水和电极送电情况，发现问题要及时处理、汇报。

③常测量前床液面情况，总液面不准超过 1.2m；铅面达 500mm 时必须放铅，300mm 时停止放铅。

④转换使用生产水或二回水时，必须先打开转换后要使用的水源阀门，再关闭转换前使用的水源阀门。

⑤岗位人员交接班时必须现场探测床内液面，双方签字确认。

⑥正常情况时，二次侧电压为△I 级，二次侧电流为 5000A～7000A；特殊情况下要提高电流或电压时，必须经调度或工段同意，但电流最高不能超过 8000A。调整电压时，必须停电再进行。

⑦检查并记录三相电流，经常检查变压器油温、油位。发现变压器有异响，油温高于 85℃时，必须请电工检查处理，并向调度汇报。

⑧前床停电前，必须采用手动控制，提升电极后再停电，并挂好警示牌。送电前也必须先提升电极。

⑨如高压电源突然停电，要立即检查原因，落实停电持续时间，将电极提离渣面(若卷扬无电，则手动盘车)；根据停电时间长短，向工段或调度汇报，待命进行下一步处理。

⑩计划停电，时间不长，将渣放出，电极提离渣面。

⑪停电时间很长(如系统计划停电检修)，则将渣放尽后，在底铅口接溜子将床内铅渣放完。

⑫计划停风时间较长时(如普通停产检修)，则须保留 450mm～500mm 的铅层，将渣放至与渣口齐平，电流控制在 3000A～4000A 之间。

⑬鼓风炉因故停风时，前床渣口插称六方钢钎，并每隔一小时将钎子往里打进一次。

⑭放渣小水箱安装时，将镁粉用卤水调成泥状，均匀铺在小水箱背面，卡紧固定好小水箱周边并用石棉绳扎密实。

(5)放铅。

①放铅时将铅坝扎泥扒掉,取出钢钎,扒出浮渣,使铅顺畅流出。

②经常清理、疏通虹吸道内积渣结壳,清理虹吸井四周内壁。

③放铅之前,必须做好一切准备工作,确保分配器灵活,两台平车运转正常,10t 吊车正常,放铅长、短溜畅通,铅模摆放好。

④换铅模时,必须抬直分配器并固定好。

⑤铅层达 500mm 时开始放铅,300mm 时停止放铅,用黄泥将铅坝扎起,虹吸道内插钎子,井内加木炭保温。

(6)粗铅冷却转运操作。

①平车上的铅模装满铅液(铅模上空 100mm),开动卷扬机拖至 10t 吊车下,挂好链条吊运至冷却场。

②待表面结壳后,用热水细流冷却。

③吊出铅后的空铅模必须趁热刷好黄泥,吊至平车或铅模堆放处摆好。

④粗铅冷却后吊出,摆放整齐,质检处过磅后运往熔铅工序或指定位置。

(7)热铅输送岗位。

①热铅输送必须在调度同意、输送设备(包括 10t 吊车和电动平车,圆铅模)正常的前提下进行。

②输送液铅之前必须先通知熔铅工序或精炼调度。

③每次转运热铅不得超过两件。

(8)放冰铜。

①做好放冰铜的准备工作:确认冰铜小水箱不漏水后,扎好冰铜溜子,确保溜子通畅可靠、摆动灵活,打开放冰铜收尘管道阀门,摆放好两个空冰铜包,准备好倒锥、铁锤等工具,必要时还必须备好烧氧器材。

②当冰铜液面高度达到 300mm、总液面高度小于 1050mm 时,开始进行放冰铜操作。

③放冰铜前 10～15 分钟停电。

④退出冰铜塞,待冰铜流量变大后,增加冰铜小水箱冷却水量;若冰铜塞退出来后没有冰铜熔体流出,则进行烧氧处理。

⑤放冰铜过程中出现跑冰铜事故时,严格按"铅鼓风炉跑渣、跑铅应急处理预案"进行预防、应急准备和应急处理。

⑥及时指挥吊运冰铜包,活动烟罩必须随冰铜溜子摆动而移位,以尽量抽走烟尘。

⑦放冰铜时随时作好堵冰铜口和堵枪的准备,并备好麻片和铁板。

⑧放冰铜过程中,铅液面高度超过 650mm 时,立即堵住冰铜口。

⑨堵冰铜口时要两人配合,迅速准确地堵好冰铜口,并插好钢钎(必须过炉墙),冰铜口小水箱送小量水循环冷却。堵好冰铜口后,立即恢复送电,并调整好三相电流。

⑩清理现场,关闭放冰铜收尘管道阀门。

⑪配合吊车工倒掉或转运冰铜包中的锅皮。

(9)其他事项。

①前床总液面达 1.2m 时必须放渣。电热前床从炉底到拱脚梁的高度为 1.42m,到半月形水套底面为 1.56m,因为前床内熔渣温度高达 1200℃左右,辐射热量很大,且距渣面越近热辐射越大,温度越高,为了保护排放溜子、拱脚梁和半月形水套,以及防止采用提高总液面压铅导致冰铜或炉渣沉底甚至过虹吸道的做法,前床总液面达 1.2m 时必须放渣。

②前床内铅层始终要保留 300mm 以上。保留一定的铅层,是为了不至于高熔点的物质如冰铜和炉渣处于前床底部,否则冰铜或铅渣的床底部因为温度梯度下降使温度不高而凝结,有时被吸入虹吸道,即过渣将虹吸道堵死。

③虹吸道过渣的处理办法：虹吸道有过渣迹象时，应马上停止放铅，迅速从渣口将渣放出，如果虹吸道被堵死，应先用同镐将虹吸井溜清干净，然后烧氧将虹吸道烧通，在烧氧时要注意烧氧角度(30℃左右)和烧氧位置，虹吸井尺寸 300mm×520mm，位置应在虹吸井中心，这样才不会将虹吸道烧坏。

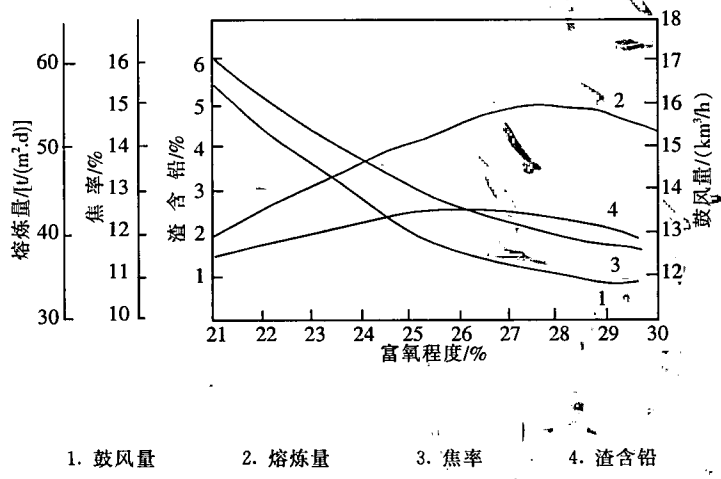
④渣口出铅处理办法：造成渣口流铅只能是虹吸道堵塞，放不出铅；或床内长“横隔膜”，当床内铅层达 650mm 以上时，必须停止处理，否则铅有可能将放渣小水箱、前床外壳和放渣短溜洗烂。处理办法见虹吸故障。

3.3.10 富氧熔炼与热风熔炼

据统计在炼铅生产中，每生产 1t 铅，平均需消耗空气 $11.0\times10^3 m^3$，其中铅鼓风炉约占 25%。在熔炼过程中起作用的是其中的氧，随着氧引入的同时，还带入约四倍于氧的氮，这样即消耗能源又浪费燃料，还大大增加烟气的排放量。因此在炼铅生产中采用富氧空气来强化和改善工艺过程，意义重大。

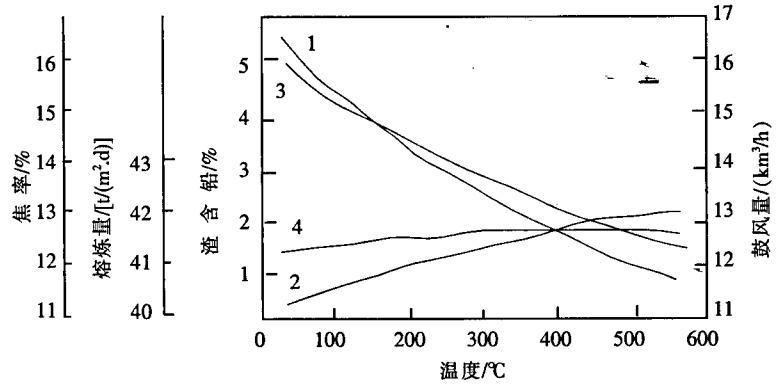
采用富氧空气熔炼，由于入炉空气中氧的浓度增高，气体中氧分压增大，使燃料燃烧速度加快，炉温升高，高温区集中，加快炉料的熔化速度和熔体产物的过热程度，因而可提高炉子的生产能力；另外烟气量减少，温度低，烟尘损失也随之降低，金属回收率随之也提高。

富氧与热风对铅烧结块鼓风炉熔炼指标的影响见图 3—4、图 3—5。



1. 鼓风量　　2. 熔炼量　　3. 焦率　　4. 渣含铅

图 3—4　铅烧结块富氧鼓风炉熔炼的主要指标与含氧的关系



1. 鼓风量　　2. 熔热量　　3. 焦率　　4. 渣含铅

图 3—5　铅烧结块鼓风炉热风熔炼指标与热风温度的关系

Y－K 炼铅厂从 1962 年开始进行富氧鼓风炉熔炼的工业试验，试验结果如下：

熔炼的技术指标	鼓风含氧(%)			
	21	24～25	27～29	30～33
鼓风量/[$m^3/(m^2 \cdot min)$]	53.6	59.6	31.8	27.1
熔炼量/%(以空气熔炼为 100)				
按炉料计	100	117	111	116
按烧结块计	100	105	116	130
按铅计	100	105	127	153
焦炭消耗/%				
占炉料	15.4	14.0	11.5	11.5
占烧结块	17.4	17.9	12.5	11.7
按生产 1t 铅计	100	100	66	57
温度/℃				
炉渣	1160	1150	1110	1090
烟气	317	279	315	304
烟气中的 CO_2 ：CO	0.77	0.83	——	1.19
烧结块含铅/%	40～42	41～43	44～48	47～50
炉渣成分/%			2.15	2.30
Pb	1.96	2.07	18.6	17.60
ZnO	18.2	17.2	32.6	31.7
FeO	38.2	37.2	21.2	22.9
SiO_2	19.0	19.6		

Y－K 炼铅厂的炼铅鼓风炉多年富氧熔炼的实践表明，使用 28%～3.9%的富氧空气，焦炭消耗降低 4%～35%，熔剂消耗降低 41%～62%，烧结块中的铅含量从 38%提高到 44%～47%，炉渣产量减少 37%～38%，鼓风炉单位生产率提高 6%～10%。

采用热风熔炼时，由于热风带入炉内的热量显著增加，使反应物质的活性增强，因而使燃料的燃烧速度和完全程度提高，获得与富氧熔炼时同等效果。随着对天然气的开发使用和热原利用的发展，为实行热风熔炼创造了条件。

国外一些炼铅厂富氧鼓风熔炼的数据列表于 3－12 中。

表 3－12　某些炼铅厂富氧鼓风熔炼情况

厂名	规模/(kt/a)	鼓风含氧/%	提高床能率/%	降低焦率/%	渣含铅/%
YNMHeHT 厂	160	26	74～100	50	1.8～1.9
Y－K 铅锌联合企业	100	28～30	25	30	1.8～2.3
Trail 厂	190	24	25	10	4.0
Pirie 厂	250	25	50	10～15	2.4～2.6
Kellogg 厂	120	23.5	25	10	
Hoboken	125	26.5	35	10	1.3～1.4
契岛厂	70	24	30	30	

我国水口山矿务局三厂对富氧熔炼进行了工业试验，其结果列于表 3－13 中。

表 3－13　水口山矿务局三厂富氧鼓风与空气鼓风的比较

指标名称	富氧熔炼	空气熔炼	指标名称	富氧熔炼	空气熔炼
送工业氧量/m^3/h	69	0	粗铅焦耗/(kg/t)	249	273
鼓风含氧量/%	23.6	21	烧结块含铅/%	41.67	41.71
鼓风强度/[m^3. min]	49.95	53.08	粗铅含铅/%	97.88	98
粗铅产量/(t/d)	104.84	97.4	铅直收率/%	89.49	85.8
鼓风炉处理量/(t/d)	306.89	289.79	渣含铅/%	2.93	3.26
床能率/[t/(m^2. d)]	99.48	94.09	烟尘率/%	3.34	3.58
焦率/%	8.51	9.17			

从上述铅烧结块鼓风炉还原熔炼的热风与富氧熔炼的结果来看，这两项措施都可强化熔炼过程与降低能耗。但必须指出，采用热风时，最好是利用本厂余热来预热空气，并要考虑风机的能力。随着工厂废热综合利用的不断发展，热风熔炼的前景更是广阔，即使利用其他燃料生产热风，也可节省昂贵的冶金焦。而采用富氧时，必须考虑氧气来源与炉内反应过程对氧的利用率。总体而言，富氧熔炼时的渣含铅略有提高，然而，适当调整焦率，也能使渣含铅降到空气熔炼所能达到的水平。铅在渣中的损失数量不能只考虑渣含铅值，也要考虑产出炉渣的数量。

3.4　炼铅鼓风炉常见故障处理

3.4.1　炉顶故障及其处理方法

3.4.1.1　炉顶冒烟火产生的原因

主要是各种可燃烧气体如 CO、锌蒸气等在料面上燃烧的结果。生成原因：

(1)料面太低，使炉气逆流而上的阻力减小，从而使炉气上升速度加快，大量的 CO 来不及同炉料作用，便逸到料面上燃烧，同时由于料面过低，炉温高，造成锌在料面燃烧。

(2)鼓风流量过高，炉料疏松，使焦点区上移，产生炉顶上燃。

(3)焦率过高，块度过细，造成在上部燃烧。

(4)采用焦炭含挥发物过多。

(5)炉内炉结严重，影响降料、或引起悬料。

(6)风焦比不当，焦炭过剩，大量 CO 在炉顶燃烧。

消除措施：

(1)调节好风量、风压。

(2)调整焦率，改善焦炭质量。

(3)提高料柱。

(4)改善炉料的物理规格及化学成分。

(5)消除炉结和悬料。

3.4.1.2　料面跑空风产生的原因

(1)炉结严重，造成炉子横切面积缩小，炉气集中通过，上升速度增长过快，炉料无法堵住空洞而跑空风。

(2)炉料粉状物多，透气性差，使风压升高，将粉料吹出形成空洞。

(3)风量过高，风压过大，碎粉料处阻力小，炉气集中，将碎粉料吹跑形成空洞而跑空风。

消除措施：

(1)停风,清除炉结,或用大爆破器清除。

(2)改进烧结配料和操作,提高烧结块强度。

(3)降料面,再均匀及时布料,使料面恢复到正常高度。

(4)调整用量。

3.4.1.3 降料速度慢产生的原因

(1)风口送风不好,或有部分风口已被堵死。

(2)渣型选择不当,炉料或炉渣熔点高、难熔化使降料慢。

(3)焦率过高,使还原能力增强,造成焦点区上移,风口区温度降低,炉料熔解量减少。

(4)炉料块度过小或强度太低,入炉后被压成粉状,造成炉子透气性差影响降料速度。

消除措施:

(1)处理好风口,扩大送风面积。

(2)烧结改料调整炉渣成分,并加入萤石洗炉。

(3)调整好风焦比。

(4)改善物料块度组成,尽量防止碎料入炉。

3.4.1.4 不降料产生的原因

(1)炉子上部整个板死现象,当炉子上部板死时,炉上上火无力,不下料,排放喷大风,风口发空、发黑、发硬。

消除措施:用大爆破器放爆将板层炸开,当板层炸开后,排放将不再喷风,炉上上火有力,排放渣铅流动性马上转好,正常进料即可。

(2)风口区上部板死

原因:长时间缺焦或落风时间过长、过频,长时间低料柱操作,生料、粉料过多、渣型选择不当等等都有可能造成风口区上部板死。

现象:炉上上火无力,不下料,风口发黑、发硬、发空、无焦,排放喷大风,故鼓风压力过高。

消除措施:当风口区上部板死时,处理难度相当大,如果判断是风口区上部板死时,应立即停风口处理,停风后,马上打开山型,用大爆破器往上炸,尽量将板结层炸开,如条件许可,也可将排放口这头炉门打开,用大爆破器往下炸,将隔层炸开,必须将隔层炸开一个洞,才能开风。开风后,应采用低风量鼓风并往洞内补焦,同时从排放口这头起打几个风口,尽量往中心打。

3.4.1.5 炉结的形成及措施

鼓风炉炉壁上部、中部以及炉缸内都有可能形成炉结。薄层或小块炉结对炉子作业不会造成不良影响。然而,如果炉结不断发展长大,炉子工作断面也就逐渐缩小,气流集中上升,料柱上部的温度升高,出现焦点区上移或拉长以至出现上燃热顶等现象,导致生产率和铅的回收率大幅度下降,甚至被迫停炉。

炉结的成因是多方面的。炉料含锌、含硫过高,粉料过多是形成炉结的一个重要因素。铅、硫化铅和锌(ZnO 还原形成的锌蒸气随气流上升并被氧化再形成 ZnO)的蒸气压都相当大,这些蒸气在炉子上部与粉料一起凝结,形成上部炉结。粉料过多还破坏了炉内气流的均匀运动,引起跑空风、上燃、热顶和局部高温等现象,使部分易熔物料和粉料熔结而黏附在炉壁上,也会形成上部炉结。

ZnS 对熔炼过程更为有害。因为炉料中的 ZnS 在熔炼时不起化学变化,又只有一部分能溶解在炉渣及铅冰铜中。过剩的那部分 ZnS 由于其熔点很高(1800℃～1900℃)便以半熔状态析出,积聚并黏附在炉壁上开成炉结。如果含 ZnS 高的炉渣及铅冰铜下降到炉缸之后,由于温度降低而析出 ZnS,并与过剩的 ZnS 沉积物及其他金属硫化物形成炉缸内炉结或锌壳(横隔膜),其危害性更大。这种炉结在炉缸内形成埂堰,破坏了熔体的分层放出。而横隔膜则在熔渣层下方形成泡沫状的锌冰铜独立层,其黏度大,熔点高,严重时会把炉缸全部覆盖起来,使新生的铅液不能沉降到底铅层,而与其他熔炼产物一道从放渣口流出,破坏了正常作业,并产生大量铅蒸气,严重污染环境。

风压和焦率过高也会助长炉结的形成。风压或焦率太高时，将会引起焦点区拉长或上移，高温区不集中和温度下降，使炉内半熔或熔融物及金属蒸气与挥发物冷凝而黏附于炉壁上形成炉结。焦率过高时，炉料中的 ZnO 被还原而不能深入渣中。随气流上升的金属锌蒸气再被氧化成粉末状的 ZnO 沉积在炉壁上形成炉结。

高铁和高铜炉料熔炼时，有时也会产生炉结。铁质炉结称为积铁，形成在炉缸内，也可能是铁质横隔膜。它是由于焦炭及鼓风分布不均匀而造成局部的强还原气氛使部分氧化铁还原成金属铁的结果。而当新生铅液含铜较高时，进入炉缸后，因温度下降而有一部分铜析出，逐渐积累，或堵塞粗铅放出口(虹吸道)，或在炉缸底部或壁上形成铜质炉结。

高料柱熔炼时，炉结一般是在炉子的中下部首先形成，其后，一些粉料和难熔组分被某些黏稠硫化物(如 ZnS 等)黏附其上，使炉结逐渐向炉子上部扩展长大。低料柱熔炼时，由于料面的温度比较高，热顶现象比较严重，下降炉料中的半熔物料与上升的 Pb、PbS、Zn、Zns 及 ZnO 等凝结物将粉料黏合而黏附在炉壁上，所以，炉结首先在炉子上部的料面附近形成。

3.4.2 风口故障及其处理方法

3.4.2.1 风口发黑、发红、发暗、发空、发硬

产生的原因：

(1)焦率太低，熔体过热差。

(2)焦率太高，焦点区上移，风口区温度下降。

(3)炉料粉料多，炉内透气性差。

(4)风焦比失调，造成炉温下降。

(5)焦炭分布不均匀，炉中心无焦炭。

消除措施：

(1)调整好风焦比，以提高炉温。

(2)炉料必须均匀，特别是焦炭，要在整个炉子水平断面上均匀铺开。

(3)防止粉碎料入炉。

(4)降料面处理，集中压一次底焦，提高风口区温度。

3.4.2.2 发亮又发黏的风口处理

风口发亮，白光刺眼，用钎子捅时发黏，中心特别硬此种现象属还原能力过强，应适当降低焦率，同时增加鼓风压力使炉子中心氧气充足，温度提高，反应顺利。

3.4.2.3 风口上渣

产生的原因：

(1)排放口堵塞，未及时处理或处理时间太长。

(2)炉内悬料塌落，炉缸熔体回升。

(3)突然停风，造成风压猛降，炉缸内熔体回升。

(4)渣坝太高或井内结壳。

消除措施：

(1)突然停风，迅速打开几个风口大盖，并尽量用大锤将渣坝打掉，使熔渣排出，以免将风口堵死。

(2)加强对排放的维护、检查，发现排放井内结壳应及时清除。排放眼堵塞要及时烧氧或放炮处理，若时间过长则打开山型放出。

(3)计划停风，必须将炉内黏渣排尽，开风时用氧气从山型及排放口往炉内上下烧通、烧活。

(4)如果风口全部堵死，尽量打通排放口这头几个风口，并采用低风量鼓风。

(5)如果风口灌死，打开风口大盖，用风镐将冷渣清过水套，烧氧或用钢钎打通。

(6)当风口有上渣迹象时，不许落风，更不准停风，应烧氧或放炮将排放口黏渣排出，或将渣坝降

低。若排放口喷风，可压稻草、湿麻袋。

3.4.3 连续排放故障及处理方法

连续排放故障一般是排放口堵死，排放井内结死渣、发黏，造成排放溜子堆起无法将炉内黏渣排出等。

产生原因：

(1)渣型选择不当，渣含锌、氧化钙过高，高熔点炉渣易凝结使炉渣发黏。

(2)风焦比失调，造成渣温降低而变黏。

(3)炉料含锌过高，若烧结熔烧脱硫不好则生成大量的硫化锌进入渣中，使炉渣发黏。

(4)渣坝太高，致使炉缸内高熔点熔体无法排出，停留过久，温度下降，造成排放口堵塞。

(5)料柱过低，未及时进料，排放口也未及时降坝，造成炉内的压力(主要是鼓风压力和炉料的重力)小于炉外的压力(炉外即排放器的压力主要是熔融的铅渣的压力，通过渣坝高度来调节)，使炉渣发黏或排不出。同时料柱过低，使炉料未经过预热区、上还原区、下还原区而直接进入熔化区，还原反应不完全，特别是生料、粉料多时，更易造成排放口堵塞或渣发黏。

(6)落风时间过长、过频，使炉内压力大大小于炉外压力，炉渣在炉内待的时间过长，渣温越来越低。

(7)排放喷风时间过长，炉内温度越喷越低。

消除措施：

(1)稳定渣型，使锌、铜含量适当，严禁生料入炉，鼓风炉加入萤石洗炉。

(2)调整风焦比，如料柱过低，将料柱提起到正常高度。

(3)降低排放渣坝高度，排放井内及时清干净，减少炉渣在炉内、井内停留时间，如排不出，需烧氧或放炮处理，如时间过长，需打开山型，从山型往炉内烧氧，炉渣烧出喷风后，再从山型往下烧，上下烧通，排放口流渣后将山型堵死。

(4)如果需放风处理设备故障，上部炉结、垫喷坝等故障时，落风时间绝不能超过半个小时，且每班频次不能超过四次。

(5)排放喷风时应及时垫坝，如果风口有渣跳跃、起泡泡的现象，此时不能降风、垫坝，排放岗位应烧氧处理，如果端头渣过不来，应加入萤石洗炉。如果喷得过大，应不落风垫坝，或用麻袋压住。

3.4.4 虹吸故障

虹吸道堵塞产生的原因：

(1)烧结块含铜高，浮渣多，在虹吸道凝结。

(2)前床内长“横隔膜”。

(3)铅坝太低，渣面过高，将前床内铅压出，冷铜在虹吸道凝析。

处理方法：

(1)烧氧气将虹吸道凝析物烧熔排出。

(2)如果前床内“横隔膜”时，需用长钢钎或烧氧将“横隔膜”消除，如还不行，就用爆破器炸开，但有两个必要条件：①必须向厂部请示批准后，放可放爆；②前床总液面高度小于 1.2m，同时可从炉顶加入低锌返渣、低铜铅、萤石等洗炉，也可直接在前床内加入萤石洗炉。前床内长“横隔膜”还可用碳极将“横隔膜”冲破，具体操作如下：

①停电并挂“严禁合闸”禁止牌；

②将碳极用葫芦吊离地面，吊离高度以碳极下端在前床拱顶碳极孔内为准；

③用铁丝将碳极与葫芦吊缠紧；

④剪断铁丝，利用炭极的重力和加速度冲破“横隔膜”。用此方法要注意不要将碳极吊得过高，否

则有可能将护圈水套和拱顶冲坏。此方法较危险，宜少用。

(3)严格控制好前床内铅层高度、渣层高度，及时排放冰铜，保证虹吸道畅通。

3.5 反射炉炼铅

本章要掌握反射炉的进料、冶炼及相关知识

3.5.1 进料

本节要掌握原材料的质量要求，样品和仪表数据的采集，进料前的准备工作，组织进行配料、进料作业、调整入炉物料配料比。

3.5.1.1 原材料的质量要求

(1)熔铅浮渣：

Pb≤85%，块度≤500mm，无外来杂物。

(2)工业碳酸钠(苏打)：

Na_2CO_3≥95%，粉状。

(3)铁屑：

Fe>90%，碎屑状，不带锈。

(4)生产用焦炭：

块度：25mm～40mm，不得混有外来杂物。

(5)氧化铅渣：

Pb≤90%

(6)布袋：

①涤纶针刺毡　　Φ130mm　　L 5500mm

②无破损、穿孔现象。

3.5.1.2 取样和仪表数据的采集

(1)原料的取样。

①熔铅浮渣每炉取样。在浮渣场用尖铲分数次取样混合均匀；

②工业碳酸钠(苏打)每批取样。在苏打堆场每进一批分数次取样混合均匀；

③铁屑每批取样。在铁屑堆场每进一批分数次取样混合均匀；

④生产用焦炭每批取样。在焦炭堆场每进一批用尖铲分数次取样混合均匀；

⑤氧化铅渣每周取样。在氧化铅堆场用尖铲分数次取样混合均匀；

⑥采样时不得剔除其他外来杂物，将每种样用样袋装好，并注明单位、批号、日期、样品名称、化验理化指标。

(2)产品的取样。

①浮渣反射炉中的粗铅每周取二个样；

②铅冰铜每炉、每包取一个样；

③浮渣反射炉中的烟尘，每周取一个样。

(3)仪表数据的采集：

①反射炉炉膛温度：1200℃～1300℃；

②烟气出炉温度：≤1250℃；

③收尘烟气入口温度：120℃～140℃；

④收尘烟气出口温度：>80℃；

⑤脉冲喷吹清灰压力值：0.15KMPa～0.25KMPa；

⑥收尘布袋压差:0.15KMPa～0.8KMPa。

3.5.1.3 进料前的准备工作

(1)设备状况。

①检查各种设备是否运转正常;

②反射炉炉膛、火室是否炉结,产生炉结及时清理;

③检查水套进出水情况及流量。

(2)炉内条件。

①炉膛温度须在850℃～1100℃;

②无炉结块;

③炉膛呈微氧化性的黄色火焰。

(3)配料。

①熔剂配料入桶顺序:a. 焦炭、b. 铁屑、c. 苏打;

②熔剂装入桶中,严格按照配料比进行配料;

③各种物料要按规定控制好粒度;

④砖头、土屑、爆炸物、湿料不得入炉。

(4)浮渣的批量。

①熔铅浮渣等物料装在铁板上,每板在4t～5t,7～8板;

②严禁用氧化铅桶装料、进料。

(5)准备工作。

①穿戴好劳动保护用品,戴好安全帽及防护镜;

②检查工具、吊绳、吊具是否牢固,发现问题及时整改、更换;

③检查各种原材料的质量达标情况;

④进料前收尘布袋要进行喷吹,降低布袋压差,确保抽力良好。

3.5.1.4 组织进行配料、进料作业

(1)配料的目的和原理。

①在原料中配铁的目的:

a. 炉料中配入3%的铁,可以减少造渣消耗的苏打量,保证造钠冰铜的需要;

b. 降低渣含铅。试验表明,炉料含铁增加1%,铅的回收率提高1%～2%;

c. 降低渣的熔点,但配铁过多,可能生成铁酸锌和铁酸亚铁(磁性铁,其熔点为1527℃)。

②配料中加氧化铅的目的及原理:

a. 目的是破坏砷冰铜,使砷挥发或造渣,减少砷冰铜,降低冰铜含铅;

b. 原理:

$$2Cu_3As+3PbO+3PbS=6Pb+As_2O_3+3Cu_2S$$

在半熔状态时:

$$2PbO+PbS=3Pb+SO_2\uparrow \text{此反应显著}$$

氧化铅用量视炉料情况而定。炉料氧化程度很差时,含砷也高,则可多配,否则少配,一般加入2%～8%的氧化铅,最多不超过8%。

③配料中加入焦炭的目的及原理:

$$2PbO+C=2Pb+CO_2$$

$$PbO+C=Pb+CO$$

同时也有其他还原反应进行:

$$ZnO+C=Zn+CO$$

$$FeSO_4+2C=FeS+2CO_2$$

④覆盖熔池表面，防止金属氧化。

(2)配料操作步骤：

①浮渣处理量：(25～40)吨/炉

②配料比：

浮渣 100　　苏打 4～8　　铁屑 1～4　　焦炭 1～3　　氧化铅 4～8

③严格按照配料比配料，如氧化铅多，则适当增加焦炭量。

④浮渣量多时，可适当增加苏打量；浮渣少时，可减少苏打量。根据物料调整配比。

⑤控制好各种物料粒度，物料装在铁板上，苏打装入桶内。

⑥严禁湿料、砖头、爆炸物，土屑混入物料中入炉。

⑦禁止用氧化铅桶装料、进料。

⑧氧化铅桶中物料必须倒装在铁板上检查。

(3)进料作业程序。

①进料前停鼓风机，收尘风机频率控制在 10HZ，炉膛温度控制在 850℃～1100℃。

②进第一次料时，先进两板浮渣，再进熔剂，然后进浮渣或碎料 1～2 板覆盖，盖盖子升温 1 小时后出铅。

③进第二次料时，炉膛内物料熔化基本化平，再进余下的二分之一炉料，先进浮渣 1～2 板，然后是熔剂，最后是浮渣或碎料 1～2 板覆盖，盖盖子升高温 5 小时熔化。

④调整好炉子抽力，使炉膛呈微氧化性的黄色火焰，炉温保持在 1200℃～1300℃。为加速熔化可打开操作门，观察炉内熔体。当熔体表面水平如镜，无鼓泡现象，用钢钎插入熔体无硬块，当钢钎抽出熔体，黏渣厚薄均匀、光滑、无疙瘩时，则为熔化终点。

3.5.2　冶炼

本节要掌握各岗位的安全、技术、设备、环保操作要领。掌握主要经济技术指标和产出物料成分及质量要求。

3.5.2.1　熔炼工艺流程及原理

(1)铅浮渣反射炉熔炼工艺流程见图 3－6。

(2)基本原理。

①熔铅熔析除铜后，从熔铅锅捞出的浮渣合有铅、铜和其他有价金属。为了回收其中的铅、富集铜成冰铜，采用苏打－铁屑法。此法是将苏打、铁屑、氧化铅、焦炭等熔剂和浮渣混合，在反射炉内于 1200℃～1300℃的高温下进行熔炼。物料完全熔化后，再加入铁屑搅拌、造冰铜，造渣、冰铜、铅的比重不同而分层放出。

②加入苏打的目的在于降低炉渣及冰铜的熔点，改善渣和冰铜的流动性，使熔炼过程在较低的温度下进行，同时可降低渣和冰铜的含铅量。

③加入苏打的原理：

a. 苏打大部分(60％)造钠冰铜，使铁大部分熔于钠冰铜中，置换硫化铅中的铅，降低冰铜含铅。

b. 钠冰铜熔点低、黏度小，便于被置换的铅脱离冰铜层进入铅液。

c. 砷冰铜熔点 730℃，造碱性渣，生成低熔点钠盐，改善渣的黏度和流动性，减少渣含铅、铜。

d. 置换进入渣中的铅降低渣含铅。

④加入铁屑的目的是造冰铜。

⑤加入铁屑的原理：

a. 保证冰铜所需的铁，冰铜含铁保持在 15％左右为宜，此时冰铜的熔点为 900℃～1000℃，流动性好，冰铜含铅在 5％以下。

b. 熔于钠冰铜内，置换 PbS 中的铅。

$$PbS+Fe=FeS+Pb$$

c. 破坏砷冰铜，使熔于砷冰铜的铅析出。

$$Cu_3As+2Fe=3Cu+Fe_2As$$

$$Cu_3Sb+2Fe=2Sb+Fe_2As$$

$$Cu+PbS=CuS+Pb$$

如加铁过量，可能有金属铜析出，在冰铜与铅层之间产生铜质炉结。

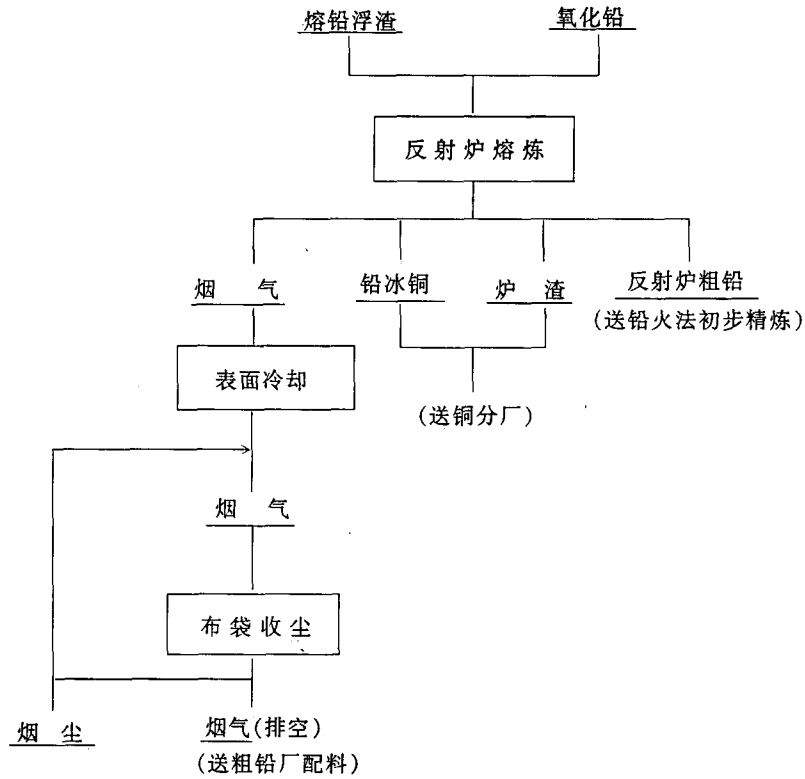


图 3-6　铅浮渣反射炉熔炼工艺流程图

3.5.2.2　安全环保操作要领

(1)操作岗位安全环保操作方法。

①严格遵守“三规一制”。

②浮渣时，要检查吊绳是否牢固，要集中精力密切与吊车工配合。

③铲料时，要注意观察渣堆情况，防止浮渣倒塌伤人。

④吊运物料时，要检查吊绳是否完好、牢固，把吊绳挂稳后才能指挥起吊。

⑤进料时，必须保持物料干燥，潮湿物料严禁铲入铁板入炉。

⑥进料时，操作人员必须等物料停稳后，再调整进料位置，操作人员要沉稳，集中精力取完吊绳并离开操作平台后，吊车工才能起吊。如吊绳被铁板和铅黏在一起时，严禁在钢丝绳拉紧的状态下用钢钎去撬。

⑦进完料后，要及时盖住进料口，避免烟尘低空污染环境。

⑧一切与熔体接触的工具或物料，应预热干燥。防止放冰铜、放铅鼻子、放铅和扎溜时铅液和冰铜伤人。

⑨加铁屑时，操作人员要站在操作门的斜对面，铁屑应保持干燥，需均匀搅拌，防止夹带爆炸物品。

⑩开溜时，操作人员要掌握浅、宽、平的原则。

⑪打锤时，操作人员不准戴手套打锤，要注意周围是否有障碍物，掌钎者必须戴手套并站在打锤者斜对面，周围 2m 范围内严禁站人。

⑫吊运热冰铜、热铅时，操作人员要检查吊绳是否牢固，挂耳子时钢丝绳必须要挂稳后才能指挥起吊。严禁将 3 个以上冰铜包叠放在一起吊运、摆放。

⑬配料时应严格检查，防止爆炸物混入炉内。操作人员在运送铁屑、焦炭、黄泥过马路、铁路时，要“一停二看三通过”。

⑭操作人员必须保证炉顶防护栏杆完好无损，如有损坏应及时修复。

⑮吊砣打碎浮渣时，操作人员要集中精神，密切与吊车工配合，同时，要检查吊绳、吊具是否牢固，浮渣铁板周围严禁站人。

⑯堆存、转运铁屑、纯碱、冰铜时，防止散失撒落。撒料要及时回收。

⑰尽量使用二回水，并确保二回水返回循环系统。

⑱严格执行工艺操作规程，降低冰铜含铅以减少下一道工序污染。

⑲严禁用氧化铅桶进料。

(2)烧火岗位安全环保操作方法。

①严格遵守“三规一制”。

②操作现场如有障碍物，烧火人员应排除后再进行操作，工具应放在指定地点。

③加煤时，要保持火室微负压，防止火焰喷出伤人。

④加煤途中，如遇吊板，吊料时，烧火人员应立即撤离现场到安全区。

⑤加煤前，烧火人员要经常检查煤的质量，防止爆炸物品入炉。

⑥添煤时，要打开岗位通风除尘管道闸门，注意周围是否有人，防止铁铲伤人。

⑦烧火人员要经常检查各种水套进出口的水量，如遇停水时，应立即打开生产水阀，关闭二回水阀，防止汽化而使水套爆炸。

⑧加煤时，烧火人员严禁站在烧火门正前方，应站在两侧，防止回火伤人，如遇回火较大时，应检查炉膛物料熔化情况，调节副烟道闸门和收尘抽力。

⑨高温熔化期间，如遇跑溜时，应立即停风，采取相应的补救措施。

⑩清理炉渣时，应检查渣斗车及扒渣工具是否牢固，防止热渣伤人。

⑪在处理火室炉结时，烧火人员不准戴手套打锤，掌钎者必须戴手套并站在打锤者斜对面，双方要注意力集中，相互配合好。

⑫放渣装车时，热渣应进行水冷却处理，防止烧坏汽车。

⑬加煤、放冰铜、放铅前，应先打开岗位通风收尘设施。操作完及时关闭通风收尘设施。收尘设施应定期清理，以确保设施正常运行。

⑭在块煤堆放、转运过程中，应防止散失遗撒；煤渣倒入指定渣斗。如有遗撒，应及时清扫干净。

(3)收尘岗位安全环保操作方法。

①严格遵守“三规一制”。

②启动排风机前，应打开轴承箱冷却水，要仔细检查机械，电器是否正常，确认无异常情况后方可启动按钮。

③排风机启动后，操作人员应根据生产实际情况，调整变频调速器。不能随意调大变频调速器参数，防止因温度过高而烧坏收尘布袋。

④操作人员不能擅自更改微电脑软件程序、定时定压差、脉冲喷吹间隔及温度控制等工艺参数。

⑤严禁将杂物及工具掉入布袋内，避免造成布袋破损。

⑥严格控制收尘工艺参数，保证：

收尘烟气入口温度＜(120℃～140℃)；

脉冲喷吹清灰压力值:0.15kMPa～0.25kMPa;

气动阀工作压力值 0.3kMPa;

空气干燥机再生压力值 0.3kMPa;

储气罐压力值 0.6kMPa;

布袋出口含尘浓度≤200mg/Nm³。

⑦严禁在有气压的情况下,拆除或修理气动部件。

⑧检查布袋时要用 36V 以下的照明灯。

⑨检查 U 型管冷凝器时,人要站稳。

⑩严禁在排风机绞笼运行时进行维护和清扫卫生。

⑪所有压差传感器、温度传感器、电压表、压力表及其他显示仪表,操作人员不能乱动,应每年送检校准一次。

⑫启动绞笼时,要检查设备是否正常,严禁拆除绞笼盖板,不准用清灰工具从送来漏斗中伸入绞笼内,防止伤手。

⑬打开 U 型管冷凝器冷却水阀时,不能开得过大,防止 U 型管水蒸气伤人。

⑭更换布袋时,要停排风机,关闭气包进口阀门及主烟道进口阀门,防止烟气伤人。

⑮在处理布袋箱或脉冲阀故障时,废弃物不能乱扔,防止高空落物伤人。

⑯布袋收尘袋箱上下楼梯要手扶栏杆,防止滑倒跌伤。

⑰定期清理和维护好收尘设施设备,确保设备干净,仪表清晰,运转正常。

⑱每班检查布袋箱一次,确保布袋完好,及时更换旧布袋。

⑲认真执行岗位原始记录填写规则,做好岗位原始记录的填写和保管,保证原始记录真实、完整、及时、准确。

⑳认真推行定置管理,对本岗位环境经常进行整顿和清扫,保证室内外及作业现场整洁,做到文明生产。

㉑确保冷却用的二回水返回循环系统。

(4)渣斗岗位安全操作方法。

①严格遵守"三规一制"。

②每次开车前应对转动部分、钢丝绳、电器等设备进行全面检查,如发现问题及时处理,确认正常后方可启动按钮开动渣斗,否则不准开车。

③严禁将超长物(超过渣斗的长度)和超重物及潮湿泥土倒入箕斗内。

④严禁用棍棒开、停电器。

⑤箕斗在运行中,严禁用手触动各电气部位。

⑥如遇设备发生故障,必须在白班和钳工或电工一起协同处理,严禁个人单独蛮干。

⑦钢丝绳滑出滑轮,必须使用渣斗固定保险杠。首先应将渣斗定位并保证其牢固无滑动现象后方可处理,严禁用手拨动钢丝绳。

⑧上下楼梯要手扶栏杆,防止滑倒跌倒,在渣斗平台上作业时,要注意站立位置和操作姿势,以免跌入渣斗。

⑨废布袋、废砖应倒入指定地点集中处理。

3.5.2.3 工艺技术操作要领

(1)放铅的操作步骤。

①接班进料后熔化一个小时出铅。出铅前,准备好堵铅眼的木头和泥料,并检查铅桶是否干燥,吊绳是否牢固,有无断股的现象;卡子是否卡紧牢固,若存在安全隐患应及时整改。

②出铅时,先清除扎溜泥料和铅眼木头,再用烧红的铁杆打开铅口放铅,当铅液流量不大时清理溜口,堵上铅眼木头,并填满泥料。

③在出铅的同时，进行炉料的升温熔化作业。

(2)加铁、沉淀操作步骤。

④穿戴好劳保用品，戴上防护镜，并检查铁屑里是否有易燃物品。

⑤用铁铲分数次从操作门将铁屑均匀打入炉内。

⑥加铁后，用烤干的铁耙子由操作门两侧向中间耙均匀。耙子应在冰铜层中扒动，不宜插入铅液层中。

⑦经扒动，若熔体表面仍有铁屑残留，冰铜层发黏时，表示加铁已够，应立即停止加铁。

⑧加铁后进行高温沉淀约 1 小时。

(3)放渣、放冰铜操作步骤。

①放渣前将扎溜泥和好，检查冰铜包及与熔体接触的工具是否干燥。

②溜口要开得浅、宽、平，采用“宽口、薄溜、高温”放出，并随时清除溜口的黏结块。

③放渣、放冰铜过程中，注意取样观察检查，当发现有铅带出时，应立即堵溜，停止放冰铜，每包冰铜放出后，应插上“铁鼻子”。

④取样观察冰铜的方法是：

a. 将一勺样倒在倾斜 15 度的铁板上，液体流动较慢，冷却过程无铅泡现象，冷凝后呈灰黑色或略带灰黄色，无光泽，击之易碎，断面呈均匀的玻璃质，则是炉渣。

b. 如渣液在板上流动较快，冷却过程有鼓泡现象，表面呈铁灰色，击之较难碎裂，断面有铜红色条纹结晶光泽，则说明已有冰铜带出。

⑤放完冰铜后，停风扎溜，收尘停车。扎溜前清除溜口上的黏结物；扎溜时泥料要分层夯实，以防跑溜。

⑥扎溜的同时司炉工进行清炉，清炉作业要尽量快，防止炉温下降太多，收尘布袋开始喷吹。清好炉后，收尘开车小于 16HZ，升温并保温 1 小时到 1000℃交班。

(4)收尘布袋的操作步骤。

①先关闭布袋箱入口的电动阀门、关闭气包进口阀口，排风机频率调至 10HZ。

②打开操作门，通风 5～10 分钟。

③采用 36V 以下低压安全灯作照明检查布袋。

④再进入布袋箱内操作，严禁将杂物及工具掉入布袋内，避免造成布袋破损。

⑤更换布袋时，应有 2 人以上同时进行操作。

⑥重新按顺序安装好喷吹管，检查并清理仓室内的杂物，盖严顶盖。

3.5.2.4　主要经济技术指标和产出物料成分及质量要求

(1)主要经济技术指标。

①铅的直收率：≥95%

②铅的回收率：≥96%

③床能力：(4～6)t/m² · d

④苏打单耗：≤90kg/t

⑤块煤耗：≤300kg/t

⑥焦耗：≤25kg/t

⑦铁屑耗：≤55kg/t

(2)产出物料及质量要求。

①浮渣反射炉粗铅：

a. 化学成分(%)：Pb≥95%　　Sb：0.35～1.2　　Cu≤0.55　　Sn≤0.8

b. 物理规格：不得夹带渣及冰铜。

②铅冰铜：

a. 化学成分(%):Cu≥16　　Pb≤10

b. 物理规格:不夹带金属铅、砖块、泥土等杂物。

③浮渣反射炉烟灰:应符合 Q/ZYJ06.02.02.11《浮渣反射炉烟尘》的规定。

a. 物理规格:无外来杂物。

④浮渣反射炉渣:

a. 化学成分(%):Pb≤3%

b. 物理规格:无外来杂物。

3.5.2.5　主要设备

(1)浮渣反射炉。

①炉床面积 13m²,熔池宽度 2500mm,炉顶跨度 3700mm。

②炉基:钢筋混凝土基础,厚约 2m,上面砌红砖厚约 0.5m,并留有拉杆沟槽。

③加固钢结构:

a. 护炉钢壳:在渣线到炉底设有 20mm 厚钢壳,保护炉底和炉墙,防止漏铅。

b. 加强结构:整个炉体用立柱和拉杆紧固,直升烟道边有钢结构加固。

c. 拱脚架:用以支撑炉子拱顶。

④耐火砌体:

a. 炉底:下层砌 180mm 厚黏土砖,中层为黏土质捣筑层,筑成 60°反拱,上层砌 230mm 厚铬镁砖。

b. 炉墙:外层为 230mm 厚黏土砖,内层为 380mm 厚铬镁砖。渣线以上为 350mm 厚黏土砖。

c. 拱顶:拱顶中心角 60°,火室拱顶为 350mm 厚的黏土砖,炉膛拱顶用 300mm 厚铬镁砖,上盖一层 115mm 厚硅藻土保温砖。

⑤工艺结构:火室端设有两个烧火门;火室炉桥下设有两个进风口和两个出灰门;熔池一边的侧墙设有两个操作门,另一边侧墙有放渣、放冰铜、出铅口和放底铅口。出铅口采用虹吸出铅,拱顶上设有水管进料口。

(2)低压脉冲收尘器。

①主要技术参数见表 3-14:

表 3-14　低压脉冲收尘器主要技术参数

序　号	名　称	技 术 参 数
1	脉冲主机	BMC-Ⅱ型
2	总收尘面积	503m²
3	布袋个数	224/2
4	布袋规格	Φ130mm×5500mm
5	风机	Y6-48-100
6	电机	Y250M-455kw
7	风量	Q=19778m³/h~39677m³/h
8	风压	P=3531Pa~9332Pa

②主要部位的运行调整参数:

a. 电机温度≤80℃

b. 布袋收缩率<2%

c. 脉冲清灰压力值 0.15kMPa~0.25kMPa

d. 收尘器入口烟尘温度<120℃~140℃,出口温度>80℃

e. 储气罐压力值<0.6kMPa

③常见故障与处理方法见表 3-15:

表 3—15　低压脉冲收尘器常见故障及处理方法

序号	故障现象	故障原因	处理方法
1	开机，面板上无显示，控制柜不工作	a. 电源未接通 b. 柜内工作电源保险管烧断	a. 查接通电源为 220V b. 更换保险管
2	温度显示为“1”	a. 温度信号线断 b. 温度传感器坏 c. 温度数显仪显示芯片坏	a. 检修接通温度信号线路 b. 更换温度传感器 c. 更换芯片
3	温度显示不准确	a. 温度传感器坏 b. 温度数显仪漂移	a. 维修或更换温度传感器 b. 调校，标定温度数显仪
4	报警器不响	报警器坏	更换报警器
5	压差显示为“0”	连接压力计两端的静压管同时脱落或阻塞	疏通或调换静压管
6	压差显示为“1”	a. 压差信号线断 b. 压差传感器坏 c. 压差数显仪显示芯片坏	a. 检修接通压差信号线路 b. 更换压差传感器 c. 更换芯片
7	压差显示不正常	a. 压差采样管脱落或阻塞 b. 采样管堵塞 c. 采样管接错	a. 检查更换，接好采样管 b. 清理、疏通采样管及粉尘沉降罐
8	压差远低于设备额定阻力	a. 布袋严重破损	a. 更换布袋，有条件应定期全部更换
9	压差超过额定阻力	a. 电磁阀不动作 b. 脉冲阀不喷吹 c. 压气压力不够 d. 喷吹管脱落	a. 修理或更换电磁阀 b. 修理脉冲阀 c. 调整气压力至额定值 d. 重新安装固定喷吹管
10	脉冲阀号显示正常，但脉冲电磁阀不工作	a. 柜内脉冲电磁阀电源保险管断 b. 脉冲电磁阀线圈断或阀芯卡阻	a. 更换保险管 b. 修理或更换电磁阀
11	电磁阀不动作或漏气	a. 接触不良或线圈断路 b. 阀门内有脏物 c. 弹簧失去作用或损坏	a. 调换线圈 b. 清洗电磁圈 c. 调换弹簧
12	脉冲喷吹阀号不显示	a. 柜内电源故障 b. 柜内显示保险管坏	a. 检查电源线路直到正确 b. 更换保险管
13	脉冲阀常闭(不工作)	a. 控制柜无信号，输出线中断 b. 电磁阀失灵或排气孔被堵 c. 小膜片有砂眼或破口	a. 检修控制柜，接通输入输出线 b. 检修或更换电磁阀 c. 更换小膜片
14	脉冲阀常开(漏气)	a. 电磁阀不能关闭 b. 小阀节流孔完全阻塞 c. 大膜片上的夹片松脱 d. 膜片因压气压力高而损坏 e. 弹簧失效	a. 检修或更换电磁阀 b. 清除节流孔中污物 c. 重新安装脉冲阀，装好垫片 d. 调换压力到规定值，并更换膜片 e. 更换失效弹簧

续表

序号	故障现象	故障原因	处理方法
15	脉冲阀喷吹无力或不能全开	a. 大膜片节流孔过大或膜片有砂眼 b. 电磁阀排气孔部分堵塞 c. 压气压力不到规定值	a. 更换膜片 b. 疏通排气孔 c. 若供气系统气压不够，则通知有关部门提高风压，若够，则重新检查减压阀是否正常
16	风机排出口浓度显著增加	a. 布袋破损 b. 布袋使用时间过长，绒毛脱落，导致过滤效果下降 c. 布袋口与花板间漏气	a. 据上仓内粉尘的分布情况确定破损袋位并更换 b. 将布袋全部更换 c. 重新安装布袋
17	减压阀不减压或不回压	a. 内置弹簧失效 b. 因气源不干净而被卡阻	a. 更换弹簧 b. 清洗内部构件 c. 更换减压阀
18	冷冻式压缩空气干燥机不动作	a. 电源未接道 b. 电磁放气切换阀	a. 接通电源 b. 修理或更换电磁放气切换阀

3.6 设备维护与保养

3.6.1 设备点检制度

(1)设备管理技术人员开出日点检任务单(或周点检任务单)交给点检员。

(2)点检员按点检单的内容，带上合适的工具，合理安排时间，按点检线路沿途对设备作好点检，并把逐点点检的诊断结果，填入各设备点检记录本，以备案待查。

(3)根据点检记录，进行分类和统计，研究找出各故障可能发生的原因，并寻找相应的对策，然后汇报相关职能部门，做好相应的物质、材料准备。

(4)根据各类问题发生的原因，采取相应的紧急措施或作好计划维修方案。

(5)对点检、检测工作定期进行总结，并逐步完善点检周期和标准，按照 PDCA 循环系统不断改进和完善。

3.6.2 设备维护与保养

3.6.2.1 加强设备维护及基本要求

设备的正确使用、精心维护是设备管理的主要任务之一，而设备管理的好坏直接影响生产。“工欲善其事，必先利其器”，“生产是战场，设备是刀枪”。加强设备维护是保证设备正常运行的重要措施，它是控制设备技术状态变化、降低设备运行故障、延长设备寿命的重要保证。同时也是保证产品质量、降低生产成本、获得最佳经济效益的重要途径。

(1)了解设备性能及其运行条件，掌握设备的运行操作。在使用设备之前，了解设备的构造、性能特点、使用环境和操作条件；掌握设备的操作规程、润滑、完好标准、安全性能和检查方法等，新工人上岗前进行必要的设备知识培训和实际操作训练，生产工段是设备使用现场，工段要有计划，定期对工人进行知识培训和知识更新，同时加以量化考核，督促操作工人学习各种必备知识，更好地掌握设备的使用维护。

(2)了解设备的使用和维护要求。在长期的生产实践过程中得出设备使用维护的经验：“三好、

四会、五懂”。“三好”即管好——操作者负责管好自己的设备，专人负责，他人不得随意操作；用好——操作者严格按设备操作维护规程和生产工艺操作规程使用设备，严禁违章作业；修好——操作者能排除一般设备常见故障，配合维修人员修理设备。“四会”即会使用、会维护、会检查、会排除故障。“五懂”即懂设备构造、懂运转原理、懂性能和操作维护、懂润滑作用、懂损坏原因和排除方法。

(3)设备维护的总体要求：整齐、清洁、润滑、安全。整齐是指工具、附件放置整齐，设备零部件及安全防护设施齐全、线路管道完整；清洁是要求设备内外清洁无污物，各部位无跑、冒、滴、漏，设备周围整洁干净；润滑是要求按质、按量加入润滑油(脂)，加油器具和储油器具清洁无污染，设备油路畅通；安全是要求定人定机，做好交接班，正确操作和维护设备，发现异常及时处理和报告，防止事故的发生。

(4)建立健全和严格执行设备的交接班制度，操作者应做好设备的运转记录和检查记录，严格执行交接班制度，要做到现场交接班。

(5)实行设备维护的检查评比。检查评比的内容主要是考核是否达到了“整齐、清洁、润滑、安全”和“三好四会”的要求，定期进行检查评比和考核，督促操作工人加强设备维护。

3.6.2.2　设备维护规程

设备维护规程是对具体设备的维护保养的相应规章制度，作为操作工人必须严格遵守相应的规程，保证生产设备的正常运转，火法熔炼主要设备的操作维护规程如下：

(1)电动进料小车维护规程：

①开车前检查各部位紧固件是否松动，如有松动及时紧固。

②以手盘车检查轮组转动是否灵活。

③开车前检查小车轨道上及小车运行范围内有无障碍物。

④检查减速机及轴承润滑情况，及时加油，保证润滑良好。

⑤检查电液推杆有无动作，确认油缸是否正常工作，若无反应及时汇报处理。

⑥运行中检查轴承及各部件是否有异响，如有异响及时汇报相关部门处理。

⑦检查小车轨道上运行是否平稳，确保小车不出轨。

⑧检查电液推杆是否同步，小车门有无卡阻现象。

⑨检查小车门的供水情况，保证车门不缺水。

⑩保持设备铭牌完好。

⑪每班清扫设备卫生一次，确保设备整洁。

(2)鼓风炉维护规程：

①检查各部位水套水冷件的供水情况，保证水冷件不断水，不缺水。

②检查各部位水冷件及水管有无渗漏现象，发现渗漏及时通知相关部门处理。

③定期对风口汽化水套，二层汽化水套进行排污，确保水套内无杂物。

④检查各阀门是否转动灵活，对长期不使用的阀门应定期扳动以确保其运转可靠。

⑤经常检查水套千斤顶和连接紧固螺栓，如有松动或损坏则及时处理。

⑥定期检查水箱内水质状况，发现水质变化及时更换。

⑦经常检查各连接金属软管情况，如有泄漏则及时处理或更换。

⑧定期对汽包清洗、排污。

⑨定期对汽包安全阀进行校验试验。

⑩检查各炉门的开启关闭是否灵活可靠。

⑪检查水套间密封情况，发现漏液及时用耐火材料封堵。

⑫检修时检查炉结机的工作情况，发现问题及时通知相关部门处理。

⑬每班清扫周围卫生，保证设备现场的整洁。

(3)给水泵的维护规程：

①开车前检查各部位零件是否完好，各紧固件是否松动，发现松动则及时紧固。

②开车前盘车确认转动灵活方可启动。

③开车前须打开进出口阀门。

④经常检查电动机和各轴承温度变化情况。

⑤经常检查填料压盖的松紧程度，如填料磨损过多，则及时更换。

⑥经常检查联轴器及防护罩是否完好。

⑦泵长期备用则每个班必须盘车 180°，以免轴产生弯曲。

⑧生产期间泵进行切换必须先开启备用泵才可停车。

⑨经常检查泵与电机的振动和声音情况，发现异常应停车处理后方可开车。

⑩经常检查水箱的水位情况，注意及时补水，严禁泵在无水时运行。

⑪联轴器的检查基准面（外圆面）不准碰敲，以免造成安装误差，导致设备故障。

⑫每班对设备清洁一次，保证设备干净、无油污、铭牌良好。

(4)铅电热前床设备维护规程：

①经常检查各部位水冷件的供水情况，严禁水冷件缺水或断水。

②经常检查供水阀门情况，长期备用阀门则定期扳动确保其正常工作。

③经常检查各连接软管的情况，确认无泄漏情况。

④经常检查各溜槽的工作情况，如发现穿溜等情况应及时修补或更换。

⑤经常检查进渣口砌体的腐蚀情况，如发现腐蚀严重应及时报告有关部门及时处理。

⑥经常检查放渣口砌体和水箱的腐蚀情况，发现洗穿、洗坏现象及时报告处理。

⑦经常检查炉顶和拱脚梁情况，如发现炉顶开裂或拱脚梁烧坏应及时报告有关部门处理，床顶应避免与水接触。

⑧经常检查钢壳和炉底以及虹吸口的情况，如发现洗穿、洗环、胀裂现象应及时报告相关部门处理。

⑨经常检查炭极与护圈水套及操作台的绝缘情况，经常清扫灰尘，避免短路现象及烧坏护圈水套。

⑩每次送电前，应将碳极提开至脱离渣面。

⑪碳极卷扬的维护规程参照炉门卷扬机维护规程执行。

⑫更换碳极时必须断电。

⑬经常检查渣包的疲劳状况，发现异常及时报告处理。

⑭每班清扫变压器和开关柜室的卫生，保证设备整洁。

(5)罗茨鼓风机维护规程：

①检查各部位连接螺栓及紧固件的情况，发现松动及时紧固。

②检查各部位的轴承温度。

③检查齿轮及减速器处油位是否符合要求，检查轴封处是否漏油。

④检查润滑系统是否正常，定期加润滑油脂。

⑤检查送风阀，放空阀是否运行良好。

⑥检查风机在运行中有无异常声响或振动，出现异常应及时处理。

⑦有带油泵的润滑系统则应检查油泵运行是否正常，润滑管路是否畅通。

⑧每班对设备应擦拭一次，确保设备无灰尘、无油污、铭牌完好。

第4章　TD炉系统初级工

概述及工艺原理：

在竖罐炼锌过程和火法精炼过程中产生一定数量的中间物料，该物料主要成分是ZnO，还有一定量的单质金属锌。这些含单质锌的中间物料，返回上道工序进行配料制团，不但使原料费用增加，而且也影响蒸馏过程，有部分明锌在焦结过程中损失掉，同时使焦结矿的质量下降。把该物料的单质锌直接提取出来，是非常有经济价值的。TD炉就是专门处理此类物料的冶炼设备。

TD炉炼锌是将上述物料中的金属锌分离出来。兰粉，锌粉及浮渣等TD炉原料经筛分及合理配料后，通过旋转式叶片加料器连续加入炉内。物料在炉内受到煤气燃烧的间接加热，旋转混合，使颗粒状金属锌表面氧化物迅速剥离，金属锌熔融在一起，因熔融的液态锌与炉渣比重不同，渣浮在液态锌上面随TD炉旋转排出，液态锌在炉窑底部积聚，定时放出铸锭，铸锭后的锌锭称为TD锌。

通过本章学习应了解TD炉开炉所需材料及开炉试车方案，熟悉(熟知)开炉升温曲线、开炉顺序、试生产注意事项及要求，掌握试车技术操作规程。

4.1　TD炉的开炉准备

为延长TD炉炉体及相关设备使用寿命，保证正常、平衡的运行，在开炉前必须做好开炉的准备工作。

TD炉开炉准备工作的内容：

设备试车，试车前先检查TD炉炉本体及运转部件，确认正常后，空运转4小时；检查送风机、引风机的电源、润滑等情况，确认正常之后，空运转2小时。

4.2　TD炉的烘炉

TD炉炉体内衬砌筑完工后，自然干燥3～4天，之后用煤气火升温，升温时间为7天。在这期间，15～35小时时间段是烘炉阶段。

4.2.1　烘炉的目的和意义

TD炉内衬是用高温耐火材料砌筑而成，在温度变化的过程中，耐火材料内部晶格结构发生变化，同时还需要慢慢脱掉砖中的水分，所以，必须按要求均匀稳定的升温。

4.2.2　烘炉的方式和过程

升温前对TD炉本体、炉体设备、加料设备、收尘设备、铸锭机、引风机、送风机进行检查，确认各部正常后方可开炉升温。开炉顺序：先开引风机，开10分钟之后，再开煤气及送风机，然后启动TD炉运转。

4.3　试生产

目的及意义：考察实际生产是否符合设计要求，存在什么问题和缺陷以便进一步修改和完善。

试生产方式方法：准备原料，开炉升温，加料控温，检查、核对指标，出锌铸锭。

4.4 TD炉进料

TD炉所用原料主要来源于竖罐蒸馏炼锌过程中产生的大量兰粉、锌粉、浮渣以及蒸锌精馏过程中产出的硬锌。入炉原料不需烘干、成型等预处理，只要按一定的比例将其混合均匀，一起直接加入炉内即可。

4.4.1 进料前的准备

兰粉、锌粉、浮渣、硬锌等原料运至TD炉贮料场后，按照质量要求捡出砖、石、铁等杂质，按比例混合均匀。

4.4.2 原料样品采集

因为TD炉原料在TD炉内只发生物理变化，所以炉料入炉前不需采样进行化验分析。

4.5 TD锌的冶炼

4.5.1 TD锌冶炼的作业程序

当原料准备完毕，升温结束后，TD炉正常加料进行生产作业。首先，将物料加入大料仓通过圆盘给料机、螺旋输送机带入小料仓；之后，由旋转叶片加料器送入TD炉，原料在TD炉内经高温物理变化后，产生的粉渣由振动运输机、螺旋输送机送入渣斗，之后用汽车运往制团工序；熔融态的锌液经积聚后放入锌包，用单轨吊车吊到铸锭机铸成TD锌锭。TD炉内物料的加热由燃烧筒完成，送风机将空气吹入燃烧嘴与煤气混合在燃烧筒内燃烧向物料间接加热，产生的烟气经布袋收尘器、排风机入烟囱排空。

TD炉系统分为加料收尘岗位、热工调整岗位和出渣、出锌岗位，各岗位担负着不同的生产作业任务。

4.5.2 TD锌冶炼工艺参数

为了保证生产的顺利进行，必须保证以下几个工艺参数：

(1)温度指标：燃烧筒温度890±20℃

(2)压力指标：煤气压力≥1000Pa，布袋进出口压差≤1200Pa

(3)TD锌的生产记录：

生产记录是为已完成的生产活动及其达到的结果提供客观证据的文件。其目的是证实生产过程的受控状态，为追溯生产事故、事件原因提供依据，为采取纠正、预防措施提供重要参数。因此，对生产记录的要求是：

(1)各岗位记录必须由指定的专人负责填写，做到及时、准确、真实、工整；

(2)各种记录一律用蓝色墨水的钢笔或圆珠笔填写(有特殊要求的除外)；

(3)按规定的时间间隔记录，严禁做假记录；

(4)记录字迹工整、清晰，出现填写错误时要按规定要求更改，不准涂抹；

(5)记录纸张要保持干净、整洁，不准折边、折角及破损；

(6)记录的收存要及时完整，严禁遗失。

4.6 TD锌的产出

4.6.1 TD炉出锌作业

(1)上岗前穿戴好一切劳动保护用品。
(2)作业前确认作业环境是否良好,作业工具不准潮湿。
(3)出锌时不能站在出锌口正面,锌包不能过满,应低于上沿40mm。
(4)锌包起吊和运行过程要平衡,锌包周围不得站人,以免锌液溅出伤人。
(5)铸锭前要仔细检查铸模是否潮湿,以免发生爆炸。
(6)接锌、码锌时,注意不要砸伤,每组锌不能超过45块。
(7)锌块起吊挂钩时,人要站在锌堆侧面,起吊时,接锌人必须离开地坑。
(8)扎振动筛料的工具不准潮湿,应先预热干燥。
(9)扎料时,人不准站在振动筛上,应站在筛子侧面。
(10)设备出现故障,必须先停车后再处理。
(11)天气潮湿时,不可用手直接接触开关按钮,必须戴上绝缘手套。

4.6.2 TD锌的采样

因TD锌作为中间物料供下道工序使用,在无特殊要求时不做采样分析,其化学成分按标准规定计算。

4.7 安全技术操作规程

4.7.1 加料收尘岗位

(1)工作前穿戴好一切保护用品。做好班前讲话和记录。
(2)作业前确认作业环境和作业工具是否安全可靠。
(3)检查、清扫,处理设备故障,卡料、堵料及加油等要先拉闸、挂牌。
(4)检查布袋时,先把进口插板、出口蝶形关严,拉闸、挂牌。
(5)使用原料不准洒水,若有水或着火,应向班长汇报,妥善处理。
(6)使用电器设备时,应遵守电器操作规程。

4.7.2 调整岗位

(1)上岗前戴好一切劳动保护用品,作好班前讲话和记录。
(2)作业前确认作业环境和作业工具是否安全可靠。
(3)煤气操作严格按煤气安全技术规程执行。
(4)炉内作业必须用送风机进行换风。
(5)煤压、负压出现单项掉闸,立即缩小没掉闸的煤压。
(6)调整方法和大中修开停炉等作业,按技术操作规程执行。
(7)使用电器设备,遵守电器操作规程。

4.8 TD炉系统设备的维护及保养

TD炉系统运转设备较多，主要包括：TD炉本体、送风机、引风机、燃烧筒、振动运输机、旋转叶片加料器、铸锭机、出锌吊车、布袋等。因此，为保证生产连续稳定运行必须做好设备维护保养工作。通过本章学习应了解各种设备的型号、结构、性能、作用；熟悉(熟知)设备使用、维护、保养规程；掌握设备操作、使用、润滑、检查方法。

4.8.1 TD炉系统的设备使用与维护

(1)螺旋输送机的使用与维护。

①开车顺序：

a. 开车前与各岗位取得联系，并通知车间调度，检查减速机及各油杯是否缺油；

b. 盘车检查是否有障碍物，是否卡壳、损坏；

c. 按电气设备操作顺序开车。

②停车顺序：

a. 与前一工序联系好，停止加料，将机内料全部排空；

b. 通知下一工序，作好停车准备；

c. 按电钮停车。

③注意事项：

a. 在运转中禁止跨越螺旋机；

b. 如螺旋机卡住可停车处理；

c. 不允许用湿手操作电源开关。

(2)TD炉送风车使用与维护。

①润滑：

a. 带有轴体箱的每半年换一次油；

b. 加油以油标为准，低于油标的随时加油；

c. 油温在30℃，加30#机油。

②巡回检查：

a. 每1小时巡回检查一次；

b. 检查内容：轴瓦、机体是否发热、有振动，声音是否正常；

c. 各部螺栓是否松动。对轮是否响，管路有无水、油、汽泄漏现象。

③岗位责任制：

a. 在工段的领导下，按班提供对TD炉所需的风量；

b. 对风车的安全运转负责，发现问题及时处理；

c. 对设备勤检查，合理注油和定期换油；

d. 负责所属设备卫生及本体清洁。

(3)单轨吊车使用与维护。

①开停车顺序：

a. 查各紧固件有无松动，各润滑点是否良好；

b. 查钢丝绳磨损情况及有无串槽、重叠现象；

c. 查吊钩磨损情况；

d. 查限位器是否灵活可靠，大车控制器是否良好，合上电源，检查各控制按钮是否正常。

②开车：

a. 合上紧急开关，开车应做到启动时由慢到快，停车时由快到慢，严禁开“飞车”、“摇摆车”；

b. 不准吊超过额定负荷的物件；

c. 不得同时用两个电葫芦按相反方向运动的控制按钮操作；

d. 不得使用电位器；

e. 吊运物体时，物体底部必须离地面 0.5 米；

f. 吊运物体时，必须做到稳起稳落，在提升操纵前，钢丝绳不得过分松弛，避免重物突然提离地面；

g. 当吊钩放到最低位置时，卷筒上的钢丝绳最少保留三圈以上；

h. 吊运重物只听从一人指挥，但“停车”信号不论由谁发出都立即停车；

i. 吊运氧气瓶等到容器，必须有切实可靠的安全措施；

j. 用一根钢丝绳吊、运长物件时（指光滑的方箱体和圆柱体），如果钢丝绳的张力大于 60 度角时，为防止在吊运过程中钢绳串动，使重物脱落钢丝绳中部，须在吊钩上缠一圈；若张拉角度大于 60 度角，不允许用一根钢丝吊运；

k. 用两根钢丝绳吊长物体时，钢丝绳张开角大于 90 度角，则每根钢丝绳都必须在物体上缠一圈，若张力大于 120 度角，不能吊运；

l. 物体翻转时，不许大度角的斜拉斜吊；

m. 同一轨道上有两台以上的吊车吊运时，两车必须相距 5 米以上；

n. 必须用两台吊车共吊一物体时，承载需均匀，两台吊车提升机械的钢丝绳都必须保持垂直，工作时两台吊车相应机构的动作必须同步；

o. 电动葫芦不能进行撞击，不得作为重锤使用，也不得作为拖拉工具使用；

p. 运行必须遵守“十不吊”准则；

q. 电动葫芦在运行中必须不断响铃，以示警告；

r. 不准斜拉斜面吊。

③停车：

a. 必须适当提前将控制器回到零位，使吊车由于运动惯性而缓和地停在所需要的位置；

b. 能采取打反车停车，只有在特殊情况下或事故状态时方允许使用这种方法，但也只能打到反向一挡；

c. 要把电葫芦靠近驾驶室，吊钩与地面相距不少于 2 米；

d. 切断电源，并锁上保护柜；

e. 运行中突然遇紧急停电或线路下降时，必须把大车控制器回到零位，并将总电源切断。

④注意事项：

a. 禁止用湿手操纵操作按钮；

b. 遇暴风骤雨时，须马上拉下电源开关；

c. 操作者在操作起吊物品时与电葫芦后面相距 1～2 米。

4.8.2 TD 炉的使用、维护与巡检

(1)润滑：

①干油杯半月换油一次；

②加黄甘油（钙基润滑脂）。

(2)巡检：

①对炉体各运转连接紧固螺栓要检查，避免松动；

②各润滑点是否异常；

③各部声音是否异常；

④振动是否正常，声音是否过大；
⑤各电机是否正常，温度是否在规定值内。
(3)维护：
①按时、按点、按质对各加油点注油；
②坚持巡检制度，发现问题，及时处理；
③维护保养好设备，保持本体及周围卫生。
(4)岗位责任制：
①在班长的领导下，认真执行各种操作规程；
②明确本岗位的基本职责；
③按规定的操作条件进行操作；
④遵守安全操作规程；
⑤交接所属区域的文明卫生。

第5章　锌冶炼竖罐蒸馏初级工

学习目的：了解蒸馏炉的基本结构，掌握开炉准备及调整的基本方法。全面掌握蒸馏炉的开炉、火法冶炼及炉体维护、保养等基础知识，为提高炉日产量、降低渣含锌创造良好条件。

5.1　开炉

为了减少对耐火材料急冷急热的温度冲击，延长炉体寿命，对大修、中修及新筑的竖罐蒸馏炉均要求按计划升温开炉，然后才能转入正常生产。开炉主要包括：罐体、燃烧室、冷凝器升温、罐内填充底料、导通冷凝器。

5.1.1　材料的准备

首先应对炉体各部位进行全面检查，要求炉带紧固，炉内不准积存砖石，准备好各层空气挡板和测温套管；通知仪表检修维护人员安装好电偶及仪表；空气、煤气进口炉体的各种扫除门、补炉门全部密封，安装空气挡板，开关为零，开预热风机，检查升温负压管道，要求全部密封，点火前开预热风机2～3小时，负压指标控制在－600Pa～－800Pa。

5.1.2　开炉升温

开炉升温必须按规定速度升温，以减弱温度变化对耐火材料性能的影响，避免炉体各部位的损坏，有利于延长炉体使用寿命。

开炉升温的方式及过程：开炉升温的方式采用混合煤气在炉外燃烧，热废气引入燃烧室进行升温。一般分低温、中温、高温三个阶段。为防止煤气在蒸馏炉内燃烧时产生局部高温，在蒸馏炉的上、中、下各部位外边砌筑临时燃烧炉，将废气引入炉内，从而使整个燃烧室和罐的上、中、下各部温度分布均匀合理。必须指出的是，点火初期燃烧室温度低，煤气容易灭火，应保证煤气燃烧完全，否则废气中过剩的CO进入燃烧室、换热室将会引起操作事故。点火升温后还要注意抹缝堵漏。

其操作步骤：

(1)打开升温孔，按煤气点火顺序点火；

(2)随着燃烧室温度的上升和需要热量的增加，应逐步加大煤气量，增加堵漏抹缝和抽力，使燃烧后的废气中过剩CO增加，延长煤气燃烧部位，使炉温按规定曲线上升；

(3)开炉时因五节(上盖)进口温度低，煤气量开的较小，只能保持上部温度，所以开炉时一般右四节、三节处装火管，目的是为了提高中、下底温度，缩小上、下的温差。

当炉温达到950℃以上进入高温阶段，此时停止使用外部燃烧设备，应引入正常生产系统使用预热煤气(俗称换大煤气)，然后把废气引入与正常生产炉组相联通的废支道(俗称通废支)继续升温。

开炉生产注意事项：

开炉升温过程中，煤气不能直接送入燃烧室而是让其在炉外燃烧。开炉时燃烧室的温度很低(在煤气着火点650℃以下)，一旦有火源很容易造成爆炸，所以开炉时先把煤气在炉外燃烧，把热废气引进燃烧室。当燃烧室温度达到850℃以上时，再把煤气通入燃烧室内。

5.1.3　煤气的性质及使用中应注意的事项

(1)煤气是一种无色、无味、有毒、易燃的气体，在一定的条件下，与空气混合容易发生爆炸，燃点

(着火点)650℃,主要成分有 CO、CO_2、H_2O、N_2 及少量有机气体。煤气之所以有毒,是因为含有 CO,人吸入 CO 后,夺取血液中红血球中的氧造成中毒。症状是头痛、头晕,严重时失去知觉。

(2)使用煤气时注意中毒和爆炸是首要问题,使用过程中应严格遵守煤气使用安全技术操作规程。

5.2 冶炼

学习目的:掌握热工系统各项工艺指标及各岗位操作规程。

5.2.1 竖罐蒸馏冶炼概述

由于竖罐蒸馏炉内进行的主要反应是吸热反应,且需要 1000℃以上高温,因为锌蒸气很容易被氧化,所以反应过程必须是密闭的,因此蒸馏炉采用煤气在罐体两侧的燃烧室燃烧,间接加热的方式供热,罐体采用高导热性的碳化硅材质砌筑。空气、煤气与燃烧后的高温废气在换热室换热后,在燃烧室充分混合燃烧。因罐体高达 12 米,空气采用分层加入,所以使煤气能均匀燃烧、罐体受热均匀,从而提供罐内反应全过程所需热量。

蒸馏燃烧废气一部分进入焦结炉,作为焦结炉热源,后经余热锅炉后,经布袋收尘最后排空,另一部分气体经降温后进入布袋收尘,最后经风机排出。

在蒸馏炉开动 5～6 个月后,竖罐蒸馏炉罐体出现漏损现象,罐内压力大于燃烧室压力,锌蒸气进入燃烧室迅速氧化成氧化锌,此时应组织热补炉,竖罐漏损生成的氧化锌逐渐沉积黏附在整个废气系统,因此要经常扫除换热室、废气道及排风机叶轮的积尘,保持废气畅通。

5.2.2 蒸馏炼锌过程中控制工艺参数及操作制度

(1)燃烧室温度指标:上部、中部 1310℃～1350℃,下部、底部 1240℃～1310℃

换热室温度指标:850℃～1080℃

废总温度指标:≤850℃(800℃±20℃)

(2)煤气压力指标:

净化煤气:600Pa～1100Pa

升温煤气:800Pa～1400Pa

(3)废气总道压力指标:－230Pa±10Pa　　尾压≥－200Pa

(4)煤气成分指标:

①净化煤气:CO 浓度≥28.0%

②冷凝废气:CO 浓度≥69.5%

③混合煤气:CO 浓度≥39.0%　　发热值≥1600kcal/m^3

(5)废气含氧≤4.2%

(6)换热室上、下道压力差:≤50Pa

(7)补炉用料的灰浆配比条件:

(8)补炉风压:0.4MPa～0.6MPa

5.2.3 操作制度

调整岗位:

(1)热工调整的操作原则:

①严格控制好两个总条件,即煤压,负压;

②遵守三保关系,即煤气保废气,废气保空气,空气保燃烧室;

③严格遵守空气挡板开关原则；

空气分布应上大下小。最低层空气不超过十分之二。动下层空气先查上层空气，每次开动不超过十分之二；

④因故总条件受到限制时，则应该保持上部温度高于中、下、底温度。

(2)正常操作方法见下表5—1所示：

表5—1　竖罐蒸馏炼锌正常操作方法

序号	温度变化情况	产生原因	调整方法
1	燃烧室上、中、下底温度都低，换热室废气温度也低	总热量供应不足	开大抽力挡板开大煤气蝶形
2	上部温度低，中、下底部温度也低	煤气量不足	开大煤气量
3	上部温度低，中、下底部温度在指标	上部空气量不足	开一层空气挡板
4	上部温度低，中、下、底部，废气温度都高	煤气过多	减少煤气量
5	上、中、下、底温度高，废气温度也高	总热量多	关抽力、减煤气
6	上部温度高于指标，下、底温度在指标，而中部温度低	中部空气量少	开二、三、四层空气挡板
7	上、中温度都在指标以上，底部温度不低，下部温度低	下部空气量少	开五、六层空气挡板
8	上、中、下部温度都在指标以上，而底部温度低	底部空气量不足	开七层空气挡板
9	燃烧室各点温度在指标以上，换热室废气温度超高指标以上	抽力大，煤气大有过剩的CO在换热室燃烧	关小抽力和煤气开大中、下、底空气挡板
10	燃烧室某一点温度突然升高	罐漏、锌蒸气，氧化燃烧	通知工段或补炉岗位查罐补炉

补炉岗位：

①补炉操作的基本原则：

a. 准：找漏位要准；

b. 快：补炉要快；

c. 好：补炉质量要好；

d. 省：用灰要省。

②操作方法：

a. 将配好的补炉灰浆注入浆罐内；

b. 通知调整工减煤气；

c. 查找漏位。先打开三阶燃烧室底门，无漏位有烟，往上打门，无漏位无烟，往下打门，门不用时封严。观察到发亮的绿色火焰即是漏位。漏裂严重时可缩小罐口压力，停风停压，来查清漏位；

d. 用钎子清除裂漏处的积灰和疙疤；

e. 枪咀对准回收筒，开浆试枪。喷出的浆应呈雾状；

f. 将枪插入燃烧室，对准漏位，间距10mm～20mm，喷浆，直到补好为止。当罐壁见黑色时，应停止补炉，待全红再继续补炉；

g. 枪烧热时，为避免枪内灰浆烧结，将枪拿出，对准回收桶吹出枪内积存的灰浆，同时用刷子蘸水刷枪降温；

h. 当罐壁出现大窟窿时，可用干灰和成泥浆抹插砖或打顶砖，再用灰浆喷补的办法处理；

i. 补完炉后，封门刷缝。通知调整工，二冷工恢复正常操作；

j. 浆罐内剩余灰浆打回和浆筒，按规定刷洗浆罐和有关用具；

k. 热补后，黏附在罐壁上的灰料能降低传热性，因此补灰要薄。当灰层很厚时，应扒掉重新补层灰料；。

l. 定时扒燃烧室底部的杂质。

扫除岗位：

①扫除换热室：

a. 打一个门扫除一个，扫除完立即堵上抹严，再扫下一个；

b. 按废气顺流方向由上往下依次扫除；

c. 用耙子，风管把氧化锌、疙疤扫净。

②煤气接链扫除：

a. 准备好拉链车子，对准煤气上盖；

b. 找电工接好电源；

c. 关死煤气闸门；

d. 拉链钎子对准煤气筒砖孔，来回拉扫；

e. 全部扫完后，盖上上盖，放漏斗灰；

f. 按点火顺序重新点火送煤气。

③扫除废气总道：

a. 按废气顺流方向逐个打门扫除；

b. 打一个门，用耙子或风管扫除氧化锌、疙疤等。扫完立即封门抹严。

④扫除煤气总道：

a. 周围四米以内不准有火源；

b. 不准点火，按煤气顺流方向逐一个门扫除；

c. 人站上风，用风管侧吹煤气，扫除口呈微正压；

d. 用高压水管插入管道内，来回冲刷积物；

e. 使水积物由漏斗溢出，冲刷干净，封门抹严。

⑤吹扫空气道：

a. 打开空气扫除门，注意喷火伤人；

b. 用风管插入空气筒砖孔内，逐个吹扫干净；

c. 扫完后封门抹严。

5.2.4 生产记录

生产记录是记录生产在受控状态下的必要手段，要求每小时按表实际温度记录一次，并在记事栏上写清生产过程中影响温度变化的特殊作业，从而更有效地预防生产过程中的不足，努力提高温度合格率，所以生产记录的书写要求字迹清晰、规范、及时、准确、真实等。

生产记录作为原始记录，应存档封存，书写要做到按规定，大、中修炉时要特别标明。

第6章　热镀锌配料初级工

掌握本岗位技术操作规程、安全技术规程、本岗设备的使用维护和保养，掌握全面质量管理的一般知识，熟练熔铸过程的生产操作，准确填写原始记录。

6.1　开炉

6.1.1　开炉操作

(1)用煤气在炉底燃烧，烘炉时间为九个生产班。

(2)使用煤气应有两人以上在场，都应站在上风方向，先明火，后给煤气并将煤气点燃，合理调节煤气量大小来达到升温要求。

(3)按升温计划进行升温，升温过程中如果温度超指标可恒温，不用降温的方法达到指标。

6.1.2　烘炉的目的和意义

(1)彻底去掉修炉时所用的耐火材料中的水分，防止因升温过快造成炉内壁水分急剧蒸发，而使耐火材料大片脱落。

(2)增加耐火材料的耐用性，从而延长炉体的使用寿命。

6.2　火法冶炼

6.2.1　进料

(1)进料准备：

①加料前将炉体各部位检查好，不堵不漏，外部无挂锌，扫除口封严，锌包处理干净，包轮灵活好用及磅秤无损坏；

②将生产所用该品种模子摆放整齐；

③准备生产所需的铅、铝、锑。

(2)原料标准：

精锌(0#锌标准)、纯铝、纯锑、纯铅。

6.2.2　冶炼

(1)工艺参数：

①混锌炉炉膛锌液温度550℃～600℃；

②配料搅拌时间：25分钟以上；

③铸锭后保温时间：3～4小时；

④化废锌炉锌液温度指标550℃～620℃。

(2)热镀锌生产的正常操作：

①根据炉子需要同前一道工序联系原料，并检查记录，加到混锌炉内；

②根据备料情况，计算出需加Al、Sb、Pb量，按量加入炉内；

③关好炉门，待铝、锑或铅完全熔化后，启动转子，搅拌 25 分钟以上；

④确认取样工具完好并烘干，与监督部门人员一同在锌液上部和下部各取一个样，送中心化验室分析；

⑤取样合格后，出锌、搂皮、铸锭；

⑥冷却后起模吊到指定地点，作好标识，待监督部门判级。

(3)热镀锌生产扒渣的要求及操作：

要求：迅速、干净、少带明锌

操作：

①适当调节煤气，烘烤扒渣工具；

②扒渣由里向外扒到炉门，待渗出锌液后扒出；

③扒完渣后关好炉门，适当开煤气，调整温度到指标；

④渣放凉后，捡出明锌，装车计量，推入渣场，并记入原始记录中。

(4)化废锌操作：

①化锌前检查炉内锌液面高度，防止锌液外溢伤人；

②化锌炉提温到 550℃～600℃，煤气保持微正压；

③吊车工与挂扣人员应配合好，将大锭吊到化锌炉内；

④盖好炉盖后，给煤气提温至 600℃，大锭完全熔化后，再化第二块。

生产记录：

热镀锌记录字迹工整、清晰、内容详细、准确。

设备操作：

单轨吊车的操作(详见设备操作使用规程)。

6.3 产出

6.3.1 产品放置作业

成品大块锌放在指定位置，每垛不许超过六块，不同品种不许放在一起，保持大块锌的表面清洁、干燥。

6.3.2 产品样品采集

(1)确认取样工具完好并烘干。

(2)先用取样勺在炉内锌液中空取两次倒出。确认样勺内无杂质，以保持取样准确性。

(3)在炉内锌液上、下部各取一个，装入试样袋标明炉号、品种分析的元素。

6.4 设备维护及保养

单轨吊车使用规程

(1)开车前准备。

①检查各坚固件有无松动，各润滑点润滑是否良好，检查钢丝绳磨损及有无串槽重叠现象，检查吊钩磨损情况；

②检查限位器是否灵活可靠，大车控制器是否良好。合上电源，检查各种控制按钮是否正常。

(2)开车。

①不准吊超过额定负荷的物件；

②不得同时用两个电葫芦按相反方向运动的控制按钮操作；

③吊运物体时，物体底部必须离地面 0.5 米，操作者在重物后 2 米以外行走，重物下方不应走人；

④吊运物体时，必须做到稳起稳落。在提升操作前，钢丝绳不得过分松弛，避免重物突然提离地面；

⑤当吊钩放到最低位时，卷筒上的钢丝绳最小保留三圈以上；

⑥物体翻转时，不许大于 5°的斜拉斜吊；

⑦同一轨道上有两台以上的吊车运行时，两车必须相距 5 米以上；

⑧吊车运行时，重物下方不应走人；

⑨电动葫芦不能进行撞击运动，不得作为重锤使用，也不得作为拖拉工具用；

⑩运行必须遵守“十不吊”准则：

a. 吊物上站人或浮放物不吊；

b. 超负荷不吊；

c. 信号不清不吊；

d. 易燃易爆不吊；

e. 设备带病或吊物直接加工不吊；

f. 钢丝绳不合格不吊；

g. 埋在地下不吊；

h. 液体金属过满不吊；

i. 歪拉斜吊有锐角刃角未垫好不吊；

j. 违章指挥不吊；

k. 吊车工作时，不允许将吊物长时间悬于空中。

第7章　竖罐蒸馏冷凝系统初级工

7.1　开炉

学习目的：了解和掌握开炉前一冷器升温的过程，及开炉试生产的注意事项，熟练掌握冷凝工序中正常操作程序及应控制的工艺参数，残渣含锌和液体锌的初步取样方法，设备维护及保养的初步知识。

7.1.1　开炉准备

大、中修及悬矿开炉准备工作是为了使蒸馏炉能够按计划投入生产，保证炉体的正常运行，提高蒸锌产量，降低生产成本。

开炉前需要准备的材料有以下几种：

焦炭质量标准：块度 40mm～80mm，水分＜12%。

测温电偶，模盒压力计（计控准备）。

升温用煤气胶管。

冷凝系统大、中修设备试车包括：排矿辊、搅笼无负荷运转 24 小时，调整转子电机槽轮与转子槽轮高度使其平行，减少皮带磨损，下延部冷却水套通水，检查是否漏位。悬矿开炉时，排矿辊、搅笼运转要超过 2 个小时。

7.1.2　烘炉

冷凝系统烘炉主要是一冷器的升温，为了减少对一冷器耐火材料急冷急热的温度冲击，延长一冷器的使用寿命，降低材料成本，大、中修一冷器升温，利用罐内升温废气和煤气升温。升温方式，首先利用点燃的煤气管插入冷凝器内烘炉，其次通过调整加料口盖板大小及二冷器大直管上盖、放散管插板来调整罐内升温废气量以控制一冷器的温度，升温时间为 3 天，第一个班以 240℃开始升温，每个班按 60℃均匀升温，温度达到 800℃时开始恒温。悬矿一冷器升温与罐内加焦同时进行，同时借助煤气管升温。

7.1.3　开炉注意事项

(1)加焦前一冷器必须明火，防止一冷器放炮，影响正常开炉；

(2)按计划加焦，防止悬焦事故发生；

(3)开炉加锌时，关严二冷水和强化器水，各部密封后方可加锌；

(4)开炉加锌时锌液温度控制 570℃～600℃，防止锌液凝结。

7.2　火法冶炼

学习目的：掌握冷凝操作的作业程序及操作制度，严格控制各项工艺参数，按质量认证要求作好生产记录，掌握设备操作规程及安全规章制度。

7.2.1　冶炼作业

800℃的焦结矿经桥式吊车加入蒸馏炉内，料在罐内成为一个很高的料柱，料柱借自身重力向下移动，依次经过上延部、罐本体和下延部，最后经排矿辊排出。还原反应基本上在罐本体内完成。罐

本体利用间接加热达到1000℃以上。在下延部连续鼓入空气，使底部炉料过剩的碳燃烧：提高下延部的温度，可以使反应继续进行。并使锌蒸气向上运动，降低残渣含锌。燃烧后产生的CO_2立即与C作用产生CO。CO作为还原剂与ZnO作用产生锌蒸气。反应方程式如下：

$$C+O_2=CO_2$$

$$CO_2+C=2CO$$

$$CO+ZnO=Zn+CO_2$$

锌蒸气在炉料下行和下延部送风的双重作用下，不断向上运动。因此保证料柱连续均匀地移动是竖罐炼锌顺利生产的重要条件，加料、排料的正常运行就是要保证连续均匀的移动料柱。由于料柱横断面是长方形(2537×290)，会造成两头下料慢，中央下料快的现象。这样在下延部增设了三块挡板，通过调节挡板来调节各部分的下料量，达到均匀下料的目的。

冷凝器是竖罐炼锌最终得到金属锌的重要设备。锌蒸气和CO的混合气体在冷凝器中最大限度地冷凝为液体锌，并使混合气体中剩余的锌最大限度地回收。基于上述任务，冷凝分第一冷凝器和第二冷凝器两个阶段。简称一冷和二冷。一冷主要产出液体锌，二冷则回收剩余炉气中的锌。

一冷采用飞溅式冷凝器。借机械转动的转子，把液体锌在冷凝器内扬起成为锌雨，锌蒸气则以锌雨液滴为冷凝核心，达到快速冷凝的目的。此法的冷凝效率可达95%左右。经过一冷后的炉气，温度约400℃，还有一部分的锌蒸气随气流带走雾状液滴。采用湿法强化洗涤净化，使炉气中的锌变成兰粉状的物料，此为二冷。同时二冷器为罐本体和一冷器提供抽力。冷凝器废气经洗涤机加压送往煤气吊堡供热工系统使用。

7.2.2 工艺参数

(1)冷凝系统工艺参数的控制。

①直管温度：340℃～420℃；

②罐口压力：0Pa～150Pa；罐漏时0Pa～50Pa；

③风差：80Pa～150Pa；罐漏时20Pa～50Pa；

④罐口与二水封压力差：≤100Pa；

⑤料面深度：料前1400mm～1500mm，料后600mm～800mm，料面钎子长度2500mm；

⑥排出压力：≤500Pa；

⑦送风：1.0m^3/分·炉；

⑧洗涤机进口和水平管道压力≥50Pa；

⑨转子角度：48°～50°，转子头下缘距冷凝器底≥100mm。

(2)冷凝系统操作基本原则。

①全部冷凝系统必须经常保持正压，各点压力均应大于20Pa，防止外部空气进入，如果出现负压，吸入空气量少时，锌蒸气被氧化使冷凝效率降低，当吸入空气量多时，与炉气中大量的CO接触，将发生爆炸危险。为此，必须加强系统密封，经常保持炉气畅通，防止堵塞引起后部形成负压，对系统各部位要按规定扫除。

②严格控制冷凝温度，在保证锌池不凝的前提下，以较低温度为好。在出锌时可适当提温，以保证液锌运输过程中不凝。

③经常检查转子工作角度及转速、转子头磨损情况，检查锌液面控制等是否处于最佳状态。

④保持二冷凝器水力喷射机经常处于良好状态，使气流畅通无阻。

⑤冷凝系统作业，严禁两个及两个以上岗位同时进行操作，防止引起压力波动或废气回流发生爆炸和喷火伤人，同时防止冷凝废气扩散，引起煤气中毒。

7.2.3 生产记录

生产记录是记录生产在受控状态下的必要手段。要求直管温度、料面按实际每小时记录一次。

更有效预防生产过程中的不足，并作为生产状态分析的依据。

生产记录的要求按质量认证标准执行。具体是：

(1)记录的内容必须能反映产品生产、服务过程和结果，提供真实依据。

(2)记录必须认真填写，保证数据齐全、准确、真实。

(3)记录必须有填写人和有关人员签字，时间明了，必要时有单位盖章或批准人签字。

(4)记录必须用蓝色、黑色钢笔或圆珠笔填写，不允许用铅笔或红色笔(特殊规定的记录除外)填写，不得随意涂改，如有改正，必须在更改处盖更改人名章或签字，将更改的内容写在更改处的上方。

(5)记录不得空项，空白处应划"/"线或盖"空白项未发生"章。

(6)记录可以是书面或任何媒体形式。

记录的编码是记录的识别标记，每个记录只有唯一的编码，编码规则：

JL(记录代号)/HX("葫锌"代号)

XX(部门代号)·XX(序号)

30－2(二冶蒸馏)·01－06

7.2.4 设备操作

(1)加料岗位

①按炉、按时将焦结矿准确地加入竖罐内。要求做到不满罐，不等斗，按规定调整下料频率，要求不停牙，不咬牙。使料面达到规定指标。

②返回物料要符合要求，按规定在5小时内随同焦结矿同时加入罐内。每班清理返粉一次，并作好估量记录。

③按包干每三周处理一次前后罐头，清理上延部悬挂物，保证气体畅通和料面稳定。

④负责开停炉准备与检查工作。开炉负责接胶管通水，停炉负责停水卸胶管，加焦炭时要求做到不停牙，不悬焦，不悬料。

⑤按包干及时更换料面钎子，检查大铓和大铓盘。保持料面标尺刻度清晰，保持大铓盘冷却水的畅通，大铓密封不严要及时处理或更换。

⑥负责加料口的密封和收尘工作，不许有冒烟，冒火和漏气现象。并负责所属区域的环境卫生。

⑦有权监督焦结矿的质量、料量波动，有问题及时反映工段及车间负责人。

(2)二冷岗位

①负责二冷凝器各部位气体畅通无阻，及时和一冷工研究，决定扫除、扒锌粉、处理方箱、更换转子等工作。

②负责罐口、二水封压力及两者的压力差、直管温度、冷凝温度在规定指标之内。并作好有关生产定额的记录，下班之前向值班调度作出汇报。

③负责清理起运兰粉，经常检查二冷器兰粉槽内兰粉高度，防止二冷水进入一冷凝器内发生爆炸。

④大、中修，悬矿，按包干炉提出检修计划，并且作好开炉前的准备工作。处理悬矿时，按包干炉负责二冷凝器各部分的清扫工作。

⑤确保二冷凝器各部位畅通，使一水力喷射机自始至终都可伸进手去，经常检查强化器堵和水力喷机的水嘴，确保两者的效用。

⑥接班后按炉组拉直管刷子并以刷子头进方箱上眼为标准。

⑦按包干炉及时清扫斜管，每10分钟拉一次斜管刷子。

⑧负责二冷系统及废气水平管道的密封工作。

⑨负责维护送风流量计的正常使用，按规定指标，不得任意停、缩风。

⑩冬季时按包干炉组负责二冷系统的水管不能结冻；若结冻，及时负责化开。

⑪按包干二冷工负责清扫兰粉车及水封牙子工作。

⑫负责所属区域的环境卫生工作。

(3)一冷岗位

①按包干负责检查转子头的大小,做到及时更换。保证转子轴长、角度的合理性和全部炉号的转子不丢转。转子10～15天更换一次。

②按包干炉负责清洗冷却水管一次。并要求做到及时更换不适用的冷却水管。

③与二冷工联系及时扒锌粉,扫方箱等(随时扫方箱、每周扒一次锌粉)悬矿后期,方箱下眼要保证能通过小铲。

④按包干炉清理锌槽和流槽的挂渣打。负责转子电机的维护和设备的清洁。

⑤按包干校对实际锌液面高度。

⑥保证倾斜部、一冷凝器、方箱、直管根等处不冒火、不漏气。

⑦保证锌液正常循环,及时掏隔墙。

⑧负责一冷器在开、停炉期间的全部工作。

⑨负责停水、停电等其他的特殊操作。

⑩维护好一冷凝器的有关设备。

⑪负责所属区域的环境卫生,保证文明生产。

(4)排出岗位

①维护好所属的运转设备(排矿辊、搅龙)。

②要求排出压力在规定的指标之内。如超过指标要及时与二冷工联系解决,并负责每班扎一次各炉风管,确保进风管不堵。

③及时调偏心距,防止排矿辊打滑。如得到加料工调挡板的通知,要取得班长同意后方可调整。

④要经常检查排出皮带,保证残渣的输送。为保持皮带轮有油,每周注油两次。

⑤负责维护排出压力计、排出流量计的正常使用,保证正常送风及仪器清洁。

⑥开炉时,负责炉子所属的搅龙、排矿辊的试车工作,同班长一起固定好挡板。为保持排矿辊轴瓦有油,每10天注油一次,搅龙前后轴瓦每天注油一次。

⑦负责每周清理一次排放辊斜坡,使其不堆渣泥,为保证风管道畅通,负责每周一次扫除炉前总风管。

⑧开炉加焦炭,要与加料工密切配合,严格地按计划排焦。

⑨负责一阶、一阶半的设备维护和所属区域的环境卫生。

⑩负责搅笼水封水的调整,保证干渣的正常排出。

(5)洗涤机岗位

①及时调整压力,保证废气管道及洗涤机入口为正压操作。

②确保冷凝废气系统各部压力正常,废气畅通。

③对洗涤机设备要勤检查,合理注油,定期换油。

④每班对备用洗涤机盘车、检查和注油。确保备品车随时能够正常开动。(冬季,每小时盘车一次)

⑤洗涤机如发生异常现象(轴瓦热,振动等),要及时研究进行妥善解决。

⑥负责水平管道和洗涤机进出口管道的扫除工作。

⑦对碉堡、强化器要定期检查,保证气体畅通无阻。

⑧负责洗涤本水封槽内兰粉的起运工作。

⑨负责所属区域的环境卫生。

⑩设备运行记录包括交接班记录和洗涤机运行记录,每小时巡检一次,做好记录。

⑪停电时洗涤机的操作:先关死洗涤机出口闸门。保持系统正压,如果压力过大,要打开放散口

(水封盖),但严禁将分炉的放散管同时打开。

7.3 设备维护及保养

学习目的:初步掌握常用运转设备的维护规程,了解设备点检制度。

设备维护规程是对设备日常维护方面的要求和规定。主要内容包括:

(1)设备要达到整齐、清洁、紧固、润滑、防腐、安全等的作业内容,作业方法使用的工器具及材料,达到的标准及注意事项。

(2)日常点检及定期检查的部位、方法和标准。

(3)检查和评比操作工人设备维护的内容。

冷凝系统主要维护洗涤机、皮带、运输机、排矿辊、电机减速箱及搅笼电机减速箱等运转设备,能按要求对设备进行清扫、润滑、紧固等作业。

设备点检制:按照规定的人和时间周期,用确定的方法检查设备的指定部位,依照标准判断设备的技术状况和规定检修工作的设备维护管理制度。

冷凝系统操作主要对洗涤机、单轨吊车、转子电机、排矿辊电机、搅笼电机、皮带运输机进行生产点检,并做好记录。

第8章　氧化锌初级工

8.1　开炉准备

开炉准备的意义和目的：

精馏塔寿命长短、产品质量好坏、产量高低，除塔盘本身质量和砌筑质量外，主要取决于精馏过程技术条件控制及开炉操作，关系到是否顺利地按计划投入生产。

8.1.1　开炉材料的准备

应先检查好供水、供电、供气设备是否良好，管路是否畅通，阀门是否开关好使，检查各种控制仪表的测量范围、灵敏度，准确性是否满足生产要求，编制升温计划。检查塔盘砌筑质量，砌缝是砌筑物最薄弱的地方，易被金属液及锌蒸气所侵蚀，砌缝质量好坏直接影响整个塔体的质量。

黏土砖的组成成分是：Al_2O_3 为30%～48%，SiO_2 为50%～65%。碱金属与碱土金属的氧化物为5%～7%。黏土砖属于弱酸性的耐火材料，能抵抗酸性渣的侵蚀作用，但对碱性渣抵抗能力稍差；热稳定性较好，850℃水冷次数10～15次；荷重软化开始温度比其他耐火度要低得多，只有1350℃左右，而且软化开始温度和终了温度间隔很大。

SiC的组成主要是由金刚砂再加少量耐火黏土或水玻璃或其他黏结剂制成，它的耐火度很高（在加入30%石墨时耐火度即高达2000℃），热膨胀系数小，有很好的耐急冷热性能。而在生产实践过程中，其易与金属铁形成硅化铁（熔点1400℃左右）。所以碳化硅盘温度不应超过1300℃，以免由于塔温波动时造成破裂。

其反应方程式为：　　$SiC+Fe=FeSi+C$

8.1.2　烘炉

准备工作就绪以后，开始对系统各部位进行烘烤升温，目的主要是除去耐火材料中的水分，稳定耐火材料性能，达到耐火材料性能，不漏、不裂，其操作要点如下：

在塔外建小煤炉，将煤燃烧产生的废气由下延部通入塔盘内，利用废气带入的热量干燥塔盘，废气从塔顶排出，烘塔升温开始应慎重。在100℃以下，升温速度应为2.5℃/h，防止水分蒸发太快，使塔盘灰缝出现空隙，在100℃～200℃时，升温速度每小时为5℃，超过400℃时，经恒温后，可以从塔顶检查排出废气含水情况，确认不含水分了，密闭下延部，塔顶用石棉纸保温。

下延部升温可用煤气进行升温，时间一般为加料前的第十六个班次，它的起始温度为240℃。在400℃以下时，其升温速度为5℃/h，超过400℃时，其升温速度为10℃/h，在900℃时应恒温，时间为16个班次。

在塔盘、下延部升温的同时，燃烧室、回流塔也应进行升温，操作方法类似，所用的燃料为煤气。

操作要点：精馏塔寿命长短，主要取决于精馏过程中技术条件的控制及开炉操作。热工操作，温度稳定，燃烧室上部、下部、左右温度均一致，温度波动范围一般不得超过5℃，废气温度均匀一致，在生产实践中，煤气温度越高越好，才能最大限度发挥煤气的燃烧值。

8.1.3　开炉加料

在各部烘烤升温完成，燃烧室经烧结降温达到880℃时，熔化炉温度升到720℃左右时开始加料（其目的是最大限度缩小锌液与塔盘的温差）。加料前要做好一切准备工作，如安装溜槽、加料管。将加料器和自动给料器用煤气火烧红。检查熔化炉的密封情况（要防止过满溢出流入塔内），除此之外

还要全面检查。

加料操作：

(1)选用烟气量大的燃烧物，如废旧料、油毡纸等，从下延部点火，使燃烧废气通入塔内。待塔顶冒浓烟3～5分钟后即快速取出可燃物，并密封，避免再漏进空气，同时向塔供料。

(2)料进入加料口后捞出浮渣，盖上加料盖板，抹好，并点燃煤气，加料要严格按照增料计划进行加料，一般铅塔第一班加料量为1.7吨/小时，以后每班增料400千克，一直到正常生产料量为止。

(3)塔加料后，主塔燃烧室仍保持880℃，并缓慢提温，经过两个小时后，料流到塔中部以下时，主塔燃烧室开始提温，先慢后快，下延部见锌后快速提温，2.5小时内达到1050℃，以后各班根据氧化炉温度提高主塔燃烧室温度，一直到正常生产指标。

(4)铅塔下延部见锌后将锌引入方井中，进入熔析炉；下延部见锌判断方法，根据料量计算见锌时间；当塔顶冒出大量锌蒸气时封住氧化炉喷嘴，然后封塔顶，将锌蒸气导入氧化炉分配室。

8.2 间接法生产氧化锌原理

8.2.1 概述

氧化锌在常温下是一种白色粉末状物质，其分子式为ZnO，分子量是81.38，熔点是1973℃，它具有良好的遮盖力和着色力，广泛应用于化学、橡胶、医药等工业。

8.2.2 原理

间接法生产氧化锌的原理是：利用精馏塔产出的锌蒸气，与空气中的氧在氧化炉中发生化学反应生成氧化锌，其化学方程式为：

$$Zn+1/2O_2=ZnO$$

氧化锌生产分为两个阶段，即第一阶段是利用精馏铅塔的蒸发与回流，产生具有一定压力的锌蒸气；第二阶段，在氧化炉中，锌蒸气与空气中的氧发生化学反应，生成氧化锌。

8.2.3 原料

氧化锌生产使用的原料是B#，它含有少量的铅，不含或含有少量镉，是精馏生产的一种中间产品。

8.2.4 燃料

净化煤气，对其质量要求：

煤气成分：一氧化碳含量≥28%

煤气发热值：大于5643kJ/m³

煤气含尘量(包括焦油)小于0.2g/m³

煤气温度：净化后小于40℃

8.3 氧化锌生产的工艺流程

作业程序：B#锌加入熔化炉，经过自动给料器、加料器进入到铅塔，在铅塔中经过多次蒸发与回流，产生具有一定压力的锌蒸气，进入气体分布室，一部分锌蒸气冷凝形成副产品精锌，另一部分进入

氧化室与空气中的氧发生化学反应生产氧化锌。经过人字管道、集尘斗、冷却管道、布袋分配箱，布袋形成氧化锌。在铅塔中一部分回流下来的馏余锌经过下延部、精炼炉，又形成了B#锌、粗铅和锌基铝铁化合物。B#锌返回熔化炉。

8.4 氧化锌质量标准

成品氧化锌，物理质量标准：

(1)批号字迹清楚、完整。

(2)扎口整齐无跳线，无氧化锌夹层，袋不漏不裂。

(3)每袋净重25千克，毛重25.3±0.1千克。

(4)氧化锌袋内不许有任何杂物。

(5)对斗1的氧化锌装袋，可以不使用内衬塑料薄膜，但对其他的应使用内衬塑料薄膜。

8.5 技术操作指标和条件

(1)氧化锌班产：5t～6.5t。

(2)氧化锌温度：750℃～1050℃。

(3)主塔温度：1000℃～1300℃。

(4)氧化炉渣产出率：<5%。

(5)喷嘴结壳高度：<20mm。

(6)氧化锌回收率：>97.25%。

(7)单耗：≤900t/t。

8.6 设备结构及操作

氧化锌生产的主体设备是精馏塔，塔盘规格为990mm×457mm，共有61块塔盘。氧化炉一座，喷嘴16个，规格50mm×150mm，布袋室一座。布袋规格1240mm×300mm。

氧化锌由塔本体、燃烧室、换热室、氧化炉构成，借助流槽与熔化炉、熔析炉等相连形成一套系统。

(1)塔本体：塔本体主要由蒸发部和回流部构成，塔内的金属液体和蒸馏出来的金属气都是按"之"路下流或上升，使蒸气和液体能够充分的接触，一方面可使锌液在下流过程中有机会受热而蒸发，同时上升气流中夹带的高沸点金属蒸气有机会冷凝。在塔盘组成中多数是蒸发盘和回流盘。蒸发盘安装在蒸发部，盘的构造是W型。回流盘呈U形，液体在盘内呈S形流动，安装在回流部分。其中在塔盘组成中蒸发盘是使金属蒸发，回流盘是使金属回流，空心盘是使气体运动速度得到缓冲，大沿盘是使回流下的锌不流入燃烧室。

(2)燃烧室：燃烧室是塔体的主要部位，它的作用是煤气与空气接触在内部燃烧，给塔盘供热。

(3)换热室作用是予热空气，使空气温度升高，提高燃烧效率。

(4)氧化炉：氧化炉是使由铅塔上升的锌蒸气导入氧化炉中，在氧化炉中一部分冷凝成液体副产品精锌，另一部分由喷嘴喷出与空气接触，生成氧化锌。

(5)熔化炉：熔化炉用来熔化原料，使温度达到一定温度，满足加料准备；用来使锌混合在一起，使其均匀；通过料量标尺，测量加入料。

(6)熔析炉：又称精炼炉，铅塔馏余锌经下延部、方井进入熔析炉。它的作用是熔析分离铅、铁和锌，储存B#锌、硬锌和粗铅，在大池内馏余锌经过熔析后分为三层；下层是粗铅，中间层是B#锌，上层是硬锌。

8.7 正常操作条件与调整

(1)操作原则

氧化锌的生产过程要求连续、均衡地进行。为此,操作应遵守下列基本原则:加料均匀、连续、准确不断料,保持塔体供热稳定,保证塔体内部畅通,以达到优质高产的目的。

(2)热工操作

氧化锌塔的热工操作与精馏蒸馏操作基本相同,都是通过给塔体供热,使塔内原料蒸发回流,因此在过程中需要连续不断地给塔体供热,这就需要燃烧室的温度稳定,因此热工操作是重中之重。

热工操作基本原则是三勤一稳,即勤联系、勤检查、勤调整和稳定煤气压力。

勤联系:联系加料工和司炉工,观察加料和喷嘴情况;联系精炼工,了解下延部流量情况。

勤检查:检查仪表指示温度变化情况,检查炉内燃烧情况等。

勤调整:温度要变化,应小动、勤动为宜。

稳定煤气压力:严格控制煤气总道压力。

在操作时还要特别注意:

①当各炉燃烧室温度都有同样的变化时,应变动总条件。

②调整燃烧室的温度时,变动其中一个条件而在温度未准确反映具体情况以前,不同时变动第二个条件。

③炉内燃烧情况未能确定掌握以前,不能盲目的进行调整,必须首先了解和掌握炉内燃烧的基本情况,才能相应的采取措施。

④布袋和氧化炉的温度要调整小挡板来控制。

8.8 炉体维护和保养

炉体的好坏、产量的多少、质量的优劣,完全取决于炉体的运行情况,在实际生产中应强化维护,从而确保炉体安全平稳运行。

(1)扫除:扫除操作时严禁使用铜质或铅质工具,一般应避免使用铁质工具,如果非使用铁质工具不可,工具必须完好,当见红时拿出换用,严禁将铁质工具掉入熔化炉、加料器、回流塔、氧化炉等,如果不慎掉入,必须尽快捞出。

(2)升降温:炉体升降温要严格执行计划。尤其在升温过程中要严格执行。

8.9 延长炉体寿命

(1)降低直产率。

(2)不断改进升温方法,缩小多点之间的温差。

(3)提高原料质量。

第9章　精馏锌精炼初级工

9.1　精馏塔开炉

9.1.1　开炉的准备

9.1.1.1　开炉准备的意义和目的

精馏塔寿命长短、产品质量好坏、产量高低，除塔盘本身砌筑质量外，主要取决于精馏过程技术条件控制及开炉操作，关系到是否顺利地按计划投入生产。

9.1.1.2　开炉材料的准备

应先检查好供水、供电、供气设备是否良好，管路是否畅通，阀门是否开关好使，检查各种控制仪表的测量范围、灵敏度，准确性是否满足生产要求，编制升温计划。检查塔盘砌筑质量，砌缝是砌筑物最薄弱的地方，易被液体金属及锌蒸气所侵蚀，砌缝质量好坏直接影响整个塔体的质量。

黏土砖的组成成分是：Al_2O_3 为30%～48%，SiO_2 为50%～65%。碱金属与碱土金属的氧化物为5%～7%。黏土砖属于弱酸性的耐火材料，能抵抗酸性渣的侵蚀作用，但对碱性渣抵抗能力稍差；热稳定性较好，850℃水冷次数10～15次；荷重软化开始温度比其他耐火度要低得多，只有1350℃左右，而且软化开始温度和终了温度间隔很大。

SiC主要是由金刚砂再加少量耐火黏土或水玻璃或其他黏结剂制成，它的耐火度很高（在加入30%石墨时耐火度即高达20000℃），热膨胀系数小，有很好的耐急冷热性能。而在生产实践过程中，其易与金属铁形成硅化铁（熔点1400℃左右）。所以碳盘温度不应超过1300℃，以免由于塔温波动时造成破裂。

其反应方程式为：$SiC+Fe=FeSi+C$

9.1.1.3　烘炉

准备工作就绪以后，开始对系统各部位进行烘烤升温，目的主要是除去耐火材料中的水分，稳定耐火材料性能，达到耐火材料性能，不漏、不裂，其操作要点如下：

在塔外建小煤炉，将煤燃烧产生的废气由下延部通入塔盘内，利用废气带入的热量干燥塔盘，废气从塔顶排出，烘塔升温开始应慎重。在100℃以下，升温速度应为2.5℃/h，防止水分蒸发太快，使塔盘灰缝出现空隙，在100℃～200℃时，升温速度每小时为5℃，超过400℃时，经恒温后，可以从塔顶检查排出废气含水情况，确认不含水分了，密闭下延部，塔顶用石棉纸保温。

下延部升温可用煤气进行升温，时间一般为加料前的第十六个班次，它的起始温度为240℃。在400℃以下时，其升温速度为5℃/h，超过400℃时，其升温速度为10℃/h，在900℃时应恒温，时间为十六个班次。

在塔盘、下延部升温的同时，燃烧室、回流塔也应进行升温，操作方法类似，所用的燃料为煤气。

操作要点：精馏塔寿命长短，主要取决于精馏过程中技术条件的控制及开炉操作。热工操作，温度稳定，燃烧室上部、下部、左右温度均一致。温度波动范围一般不得超过5℃，废气温度均匀一致。在生产实践中，煤气温度越高越好，才能最大限度发挥煤气的燃烧值。

9.1.2　开炉加料

在各部烘烤升温完成，燃烧室经烧结降温达到900℃时，熔化炉温度升到720℃左右时开始加料（其目的是最大限度缩小锌液与塔盘的温差）。加料前要做好一切准备工作，如安装溜槽、加料管。将

加料器和自动给料器用煤气火烧红。检查熔化炉的密封情况(要防止过满溢入塔内),用精锌封冷凝器底座,用高镉锌封住小冷凝器底座等,除此之外还要全面检查。

加料操作:

(1)选用烟气量大的燃烧物,如废旧料、油毡纸等,从下延部点火,使燃烧废气通入塔内。待塔顶冒浓烟 3～5 分钟后即快速取出可燃物,并密封,避免再漏进空气,同时向塔供料。

(2)料进入加料口后捞出浮渣,盖上加料盖板,抹好,并点燃煤气。加料要严格按照增料计划进行加料,一般铅塔第一班加料量为 1.7 吨/小时,以后每班增料 400 千克,一直到正常生产料量为止。

(3)塔加料后,主塔燃烧室仍保持 880℃,并缓慢提温,经过两个小时后,料流到塔中部以下时,主塔燃烧室开始提温,先慢后快,下延部见锌后快速提温,1 小时内达到 1050℃,以后各班根据冷凝器温度提高主塔燃烧室温度,一直到正常生产指标。

(4)铅塔下延部见锌后将锌引入方井中,进入熔析炉;镉塔下延部见锌后将锌引入纯锌槽。下延部见锌判断方法:根据料量计算见锌时间,或者根据下延部温度上升情况判断是否见锌,当塔顶冒出大量锌蒸气时封塔顶并保温。密封流槽,将锌蒸气导入铅塔冷凝器,最后密封铅塔冷凝器,对镉塔来说,当大冷凝器冒出锌蒸气时,封大冷凝器顶部扫除口和流槽并保温;将锌蒸气导入小冷凝器,最后加以密封。

装压密砖一般在加料 48～72 小时,用碳化灰浆刷压密砖缝,至此,全部工作结束,转入正常生产。

9.2 火法炼锌

某厂精馏炉使用的原料为蒸锌(即粗锌),对于原料质量要求是:

杂质总合<1.3%,锌含量>98.7%,铅含量<1%,铁含量<0.04%,镉含量<0.05%,铜含量<0.005%,砷含量<0.01%,锑含量<0.02%,锡含量<0.01%。

对固体锌的要求:锌锭表面洁净,无杂物,无大边,单重 20 千克～25 千克。

对液体锌的要求:蒸锌液面无浮渣。

锌液温度指加热炉的锌液温度为 600℃～650℃。

精馏生产对燃料的要求:

精馏使用的燃料是净化煤气,对其质量要求如下:

煤气成分:一氧化碳含量 28±1%

煤气发热值:大于 1300 千卡/立方米

煤气含尘量(包括焦油):小于 0.2 克/立方米

煤气温度:净化后小于 40℃

9.2.1 精馏法的基本原理

粗锌进行精炼的方法有:精馏法、熔析法和真空蒸馏法。

熔析法仅能除去杂质 Pb 和 Fe,通常不单独使用,只是精馏法的一种辅助方法。

精馏法生产的特点主要有以下几点:

(1)在空气密闭的状态下进行生产。

(2)精馏塔结构比较复杂,需要热传导良好的优秀碳化硅塔盘,具有热传导效果好,供热要求稳定,生产出的精锌纯度高,含锌为 99.99%～99.995%。

粗锌中的杂质主要是铅、镉、铁等,它们的沸点分别为锌 906.97℃,镉 767.58℃,铅 1740℃,铁 3235℃。利用锌及杂质元素沸点不同的特点,控制不同的温度,经过多次蒸馏,多次分凝回流,就可以将锌与其他的杂质金属分离开来,得到高纯度的金属锌。

精馏工艺分为两个阶段,第一个阶段是在铅塔中脱除高沸点杂质金属铅和铁;第二个阶段是在镉

塔中脱除低沸点杂质金属镉。无论是在铅塔中还是在镉塔中，都包括蒸馏和分凝回流两个物理过程，无论是在蒸发盘还是在回流盘中，都同时进行着蒸馏和分凝回流，只不过在蒸发盘中主要是蒸馏，在回流盘中主要过程是分凝回流。

在一定的温度条件下，液相中低沸点金属蒸馏为气相，气相中的高沸点金属分凝为液相回流，液相中的低沸点金属再蒸馏为气相，气相中的高沸点金属再分凝为液相回流，如此反复交错地多次进行，应该着重指出每一个循环过程都不是简单地机械重复，而是每经过一次循环，都发生一次新的变化，低沸点金属在气相中富集，高沸点金属在液相中富集。

从 Zn—Cd 二元素沸点与组成关系知，如果离开蒸发盘进入回流盘的蒸气温度 Ta 为 905℃，蒸气组成 a 点含镉 1%，在蒸气上升过程中，温度下降到 Tb895℃，其中蒸气冷凝为液体，其组成 b 点含镉 0.01%，未冷凝的蒸气组成 b 点含镉 2%，冷凝的液体往下流，温度上升到 900℃，一部分液体蒸馏为气体，c 点含镉为 1.5%。未蒸馏的液体组成 c 点含镉 0.05%。如此反复的循环，液体中含镉越来越少，气体中含镉愈来愈多，最后得到精锌和高镉锌。因此，蒸馏的过程是在温度一定的条件下，实行多次蒸馏与分凝的过程，从而达到不同金属分离的目的，从铅塔下延部排出的铅、铁含量很高的馏余锌进入熔析炉，使锌和铅、铁熔析分离。熔析精炼的原理是：根据锌、铁、铅熔点和比重的不同，控制一定的温度，使它们分层分离出来。

950℃以上，锌和铅能以任何比例相互熔解为均质合金，即当温度降低时，铅锌合金分为两层；上层为含少量铅的锌，下层是含少量的锌的铅。至于铁，也随熔析温度而变。因此锌铁化合以 FeZn、Fe_5Zn_{21} 的形态溶于粗锌中，随着温度的降低，锌铁分离愈来愈好，冷却时以糊状结晶一硬锌析出，使锌铁分离。

9.2.2 工艺流程

9.2.2.1 传统工艺流程

精馏法的工艺流程包括：粗锌熔化、液体合金分馏、液体金属熔析精炼和产品铸锭四个步骤，由两座铅塔、一座镉塔和一座 B# 锌组成。见图 9—1 所示。

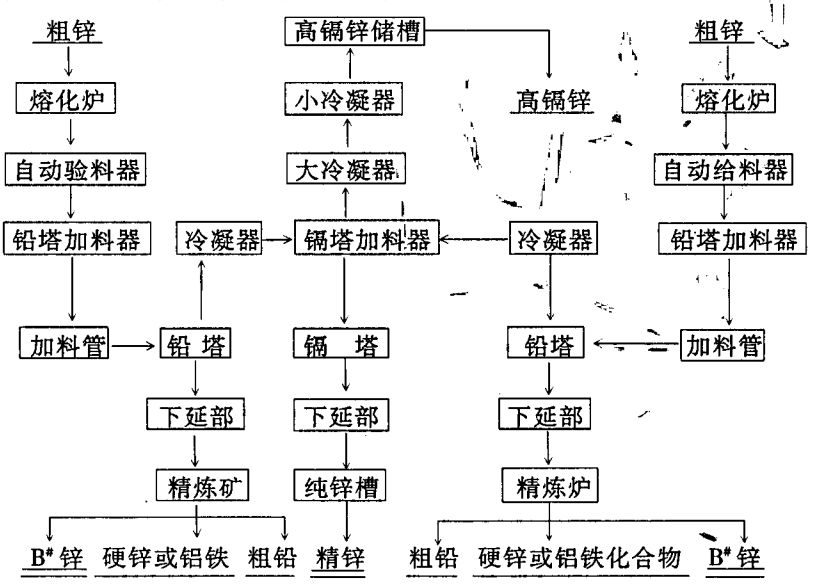


图 9—1 三塔型精馏生产工艺流程图

粗锌液体和块锌加入熔化炉，经过带有液体锌流量的铅塔加料器加入铅塔，脱除高沸点杂质铅、铁等。含镉的锌蒸气导入镉塔冷凝器内冷凝为含镉锌，铅塔下延部排出的馏余锌进入熔析炉、熔析池进行熔析精炼得到 B# 锌、硬锌和粗铅，B# 锌从熔析池溢入储锌池储存，定时放出，加入 B# 锌铅塔熔

化炉中，硬锌由捞锌机定时抽出，作为提铟原料。含镉锌经过带有锌封的镉塔加料器加入镉塔进行锌镉分离，经过脱镉的锌通过下延部流入纯锌槽储存，用煤气火保温，定时出锌，用连续铸锭机铸锭，最后码垛入库。含镉高的锌蒸气进入镉塔大冷凝器，经过溜槽导入小冷凝器冷凝成高镉锌，后送往精镉车间提取精镉，处理B#锌的铅塔生产与处理粗锌的铅塔生产过程类似，不同的地方是B#锌塔冷凝器得到精锌而不是含镉锌，B#锌含镉量小于0.001%，又称“无镉锌”。

精馏系统塔型有：

四塔型：二座铅塔、一座镉塔、一座B#锌塔

三塔型：二座铅塔、一座镉塔

二塔型：一座铅塔、一座镉塔

七塔型：四座铅塔、两座镉塔、一座B#锌铅塔

在上述各种塔型中，对于精锌直接产出率60%～65%的工艺四塔型是合理的，对于精锌直接产出率为70%～75%的工艺七塔型是经济合理，但有的工厂为了延长炉体寿命，采取降低直产率（一般为50%～60%）。这种方法在降低成本方面很有效果。

9.2.2.2 加铝除铁的工艺流程

因为铝和铁的亲和力大于锌和铁的亲和力，根据这一性质，往锌精馏系统中加入一定比例的铝（铝铁比控制在0.8～1.2之间），控制一定的条件，使铝与铁生成铝铁化合物，经氧化渣或自行飘浮而将铁除去。

9.2.2.3 技术操作指标

铅塔燃烧室温度：1050℃～1300℃。

镉塔燃烧室温度：1000℃～1300℃。

铅塔冷凝器温度：700℃～850℃。

镉塔冷凝器温度：850℃～900℃。

开炉升温换大煤气温度波动：<30℃。

熔化炉温度：600℃～650℃。加块时控制在630℃～680℃。

精炼炉温度：480℃～540℃。捞硬锌时：700℃～750℃。

储锌槽的温度：580℃～640℃。

出铅时的温度：480℃～520℃。

铅塔废气温度：600℃～800℃。

镉塔废气温度：500℃～700℃。

硬锌含铁：≥18%。

捞锌基铝铁化合物周期：20～40天。

出铅周期：一个月。

扫除下延部周期：铅塔7～10天，镉塔1个月。

9.2.3 设备结构及操作

精馏塔由塔本体、燃烧室、换热室构成，此外借助溜槽与熔化炉、熔析炉、纯锌槽和冷凝器相连，形成一个密封的精馏系统。

塔本体：塔本体主要由蒸发部和回流部构成，塔内的金属液体和蒸馏出来的金属气都是按“之”路下流或上升，使蒸气和液体能够充分的接触，一方面可使锌液在下流过程中有机会受热而蒸发，同时上升气流中夹带的高沸点金属蒸气有机会冷凝。塔盘共十三种，十五个型号，其中多数是蒸发盘和回流盘。蒸发盘安装在蒸发部，盘的构造是W型，中间高出的部分称为塔盘底，回流盘呈U形，液体在盘内呈S形流动。安装在铅镉塔的回流塔和镉塔的蒸发部的下部，回流部不外加热，靠金属蒸气的热量来保持温度。为此，在回流部的外面砌有耐火轻砖和保温砖。铅塔由底盘、蒸发盘、空心盘、大沿

盘、加料盘、回流盘、导气盘等十种型号的塔盘组成。镉塔由底盘、回流盘、蒸发盘、空心盘、大沿盘、加料盘、扫除回流盘、氧化物障碍盘、导气反扣盘、导气液封盘等十三种型号的塔盘组成。

设置空心盘的作用是使气体运动速度得到缓冲，大沿盘外壁中部有一圈突出的边沿形似伞，回流部塔盘漏锌时，可以避免沿塔外壁流入燃烧室，而流到压密砖上，通过压密砖将锌引出，压密砖设置在燃烧室盖上，用高温水泥捣制一体。

换热室作用是预热空气，实践证明，空气温度预热的越高，其燃烧值也就越大，而废气温度越低，说明燃气的热效率利用高。

冷凝器是用 SiC 砖砌筑的矩形柱状空间，供金属蒸气冷凝为液体，为便于调节冷凝器温度，它的外围设有保温窗，用来调节冷凝器温度。在实践中，保温窗的砖容易掉，应在建筑中注意。

熔化炉：每座铅塔配置一个用耐火砖砌筑的熔化炉，用来熔化粗、块锌，熔化炉有反射式直接加热炉和密闭间接加热炉两种，熔化炉的作用为：

熔化各种粗锌，将固体、液体锌加热到一定的温度，满足加料的准备。

混锌作用，即将各种锌混合在一起，使成分均匀。

计量作用，经过标尺掌握炉内锌液量，利用锌液流量控制装置均匀地向塔内加入锌液。

熔析炉，又称精炼炉，铅塔馏余锌经下延部、方井进入熔析炉。它的作用是熔析分离铅、铁和锌，储存 B# 锌、硬锌和粗铅。在大池内馏余锌经过熔析后分为三层：下层是粗铅，中间层是 B# 锌，上层是硬锌。B# 锌流入小池内保温储存，定时排出，粗铅和硬锌视量抽出和捞取。

纯锌槽：每座镉塔配置一座用耐火砖砌筑的纯锌槽，用以储存纯锌，并保温。

加料器：带有锌封的加料器通过加料管和加料盘连接，因为镉塔的压力波动较大，所以镉塔加料器比铅塔加料器大。

9.2.4 正常操作条件控制与调整

正常操作条件控制主要有：

9.2.4.1 操作原则

精馏塔的生产过程要求连续、均衡地进行。为此，操作应遵守下列基本原则：加锌连续、均匀、稳定、控制好冷凝器温度，使塔内金属蒸发速度和金属蒸气冷凝速度相适应，保证塔体各部畅通无阻，以达到产量高、质量好、消耗少、塔龄长、安全生产的目的。

9.2.4.2 热工操作

精馏塔燃烧室热工操作与竖罐蒸馏基本相似，国内都采用煤气间接加热。由于塔内反映纯金属加热蒸发的物理过程，因此，燃烧室温度高低，供热多少，决定于处理量对精锌质量的要求。精馏塔供热要求温度稳定，燃烧室温度在原有基础上提高 5℃，塔内锌的蒸发有明显反应，但是随着塔体开动时间的延长，塔盘内壁有一层氧化锌，热阻逐渐增大，严重影响热的传导。因此，从塔开塔初期到终期，燃烧室的温度应相应提高，前后温度指标相差 100℃以上。

热工调整正常操作基本原则是“三勤一稳”，即勤联系、勤检查、勤调整和稳定煤气压力。

勤联系：联系熔化工，了解加料情况和铅镉塔冷凝器保温窗开关情况；联系精炼工，了解下延部流量情况。

勤检查：检查仪表指示温度变化情况，检查炉内燃烧情况等。

勤调整：温度有变化，应小动勤动为宜。

稳定煤气压力：严格控制煤气总道压力。

9.2.4.3 热工调整的原则

当各炉燃烧室温度都有同样的变化时，应变动总条件(煤气或抽力)。

调整燃烧室的温度时，变动其中一个条件而在温度未准确反映具体情况以前，不同时变动第二个条件。

炉内燃烧情况未能确定掌握以前，不能盲目的进行调整，必须首先了解和掌握炉内燃烧的基本情况，才能相应的采取措施。

9.2.4.4　冷凝器温度控制

铅、镉塔冷凝器与铅、镉塔直接相连，冷凝器温度的高低直接受主塔的制约。同时，冷凝器温度的高低反过来又影响主塔温度，控制冷凝器温度，主要是使塔内金属蒸发速度和蒸气冷凝速度相适应，保证精锌产量和质量，防止塔顶和冷凝器被崩开。影响冷凝器温度的主要因素是：加料量、供热量及变化，及时调整冷凝器保温窗，使冷凝器温度基本保持稳定。

9.2.4.5　熔析精炼操作

离开铅塔的锌液温度约为 890℃，进入熔析炉的熔析池后，温度降至 480℃～540℃，经过静止熔析一段时间分层，B# 锌溢出，流入温度为 600℃～650℃的储锌池（小池）中，B# 锌定时放出，硬锌定期捞出，粗铅定期用抽铅机抽出，铸锭。

熔析操作的关键是控制熔析温度和熔析时间。熔析池温度太低、硬锌含铅高、发灰，严重时熔析池会被凝死；温度太高，硬锌发白，B# 锌含铁、含铅高，造渣多，熔析时间短，三者分离不好；时间过长，硬锌抓底。熔析较好的硬锌为兰色针状结晶。熔析池和储锌池之间的过道也不允许淹没，否则将使含铁、铅升高。两池之间的隔墙不允许破坏，否则将会造成 B# 锌与馏余锌混合，使 B# 锌含铁、含铅高。对采用加铝工艺的熔析炉，熔析池的上层是锌基铝铁化合物（即含 $FeAl_3$ 的熔体），中间层是 B# 锌，下层是粗铅。

由于铅塔馏余锌含有较多高沸点杂质（如铅铁等），在下延部随着温度的降低，液体流动性变差，同时随着空气的进入，液体锌极易氧化成氧化渣，堵塞塔盘或下延部，因此需及时疏通下延部，防止憋开下延部及下延部崩开、爆炸。在生产过程中，要随时掌握馏余锌的流量变化，以便判断塔内情况。

9.2.4.6　出锌铸锭

纯锌槽锌液温度的高低将影响铸锭质量，一般控制在 580℃～640℃。温度过高黏模，温度过低锌液表面氧化皮除去困难。因此要准确控制纯锌槽温度，经常检查锌液面上升情况，对精锌产量情况及时作出判断，定时将精锌从出锌口放入精锌包中，用电葫芦吊至铸锭机上铸锭，采用将精锌直接引入保温炉再经自动浇铸装置进行铸锭的工艺，操作与上面类似。

为除去锌表面的氧化渣，在锌液浇铸的同时要进行搂皮操作。当锌液注入模后，用耙板将氧化渣搂至锌模一端的撮板附近，然后耙板和撮板配合将氧化渣从模中移出。搂皮时要求走板稳，起板稳，送渣准，可根据锌液温度的高低，采用不同的手法搂皮。温度高时，可浅插，慢起板；温度低，适当深插板，快走板，还可采用二段搂皮。情况不同，手法不同，要保持锌锭的完整，尽量不在锌模中起板，力争使锌锭回圆角。

9.3　精馏塔维护和保养

必须做到工具完好无损，铁质工具达到红热温度时不得连续使用，要及时更换。精馏生产必须做到连续、均衡、畅通。在生产中，系统中某环节出现不畅通时就要进行扫除操作，扫除时要准确、迅速，尽量降低对塔体温度的影响，又要保证工具完好，确保产品质量。在实际生产中，为使锌镉充分分离，要经常对镉塔回流塔及冷凝器进行扫除，扒出氧化渣。

镉塔回流塔冷凝器扫除部位及操作顺序：

扫除部位：1#、2#、3# 眼，冷凝器顶部及隔板。

扫除顺序：1# 眼→2# 眼→冷凝器→1# 眼→2# 眼→3# 眼或 2# →冷凝器→1# 眼→2# 眼→3# 眼。

扫除镉塔、回流塔冷凝器时要求工具完好，工具上砍掉疙疤，然后刷 SiC 灰浆。操作时动作迅速，工具见红就换，扫除完毕再检查工具是否完整无缺。

扫除操作时严禁使用铜质或铅质工具，一般应避免使用铁质工具，如果非使用铁质工具不可，不

能把工具掉入熔化炉、加料器、冷凝器、回流塔、下延部、方井、熔析炉、纯锌槽及液体锌包内，如果不慎掉入，必须尽快捞出。

精馏塔在升温与停塔过程中，要严格按照生产技术要求去做，严禁违章操作，尤其在升温过程中更要严格执行。

在延长塔体寿命方面：

降低精锌直接产出率，增加 B# 锌铅塔处理能力，合并扩大熔析炉。精锌和 B# 锌产量几乎各半，有的工厂还合并扩大熔析炉，不但可以提高熔析除铅铁的效率，还可以节省燃料。

改进升温方法，缩小各点温差，使各部位温差控制在 5℃范围内，除此之外，还改进了回流塔的升温方法，改善了回流塔的状况。

提高粗锌质量，加料连续、均衡准确，稳定塔内气体压力，降低粗锌中的铁、铜等可以延长塔体寿命。国外使用 1.5T 的大锭，随着接触熔池部分的锌锭表面匀速熔化，大锭以同样的速度匀速下降，可以使加料连续、均衡准确。为了稳定塔内气体压力，防止过压放炮，在塔上安装了精确的压力计，直接和调节设备相连。

第10章　锡冶炼焙烧初级工

10.1　开炉准备

(1)设备检查知识：

开炉前，首先要检查沸腾炉炉膛风帽是否畅通，检查各种机电设备及仪表是否完好，发现问题及时处理。再检查生产冷却用水供给情况，保证圆筒冷却器用水，与精矿配料、粗炼配料、收尘系统联系好，做好配合开炉的准备工作。

(2)加料和布料操作的基本知识：

开炉所使用的精矿，一般配还原煤2%～4%，以使点火时容易燃火，并维持升温所需要的热量。5m² 的沸腾炉开炉需要在炉膛铺设4t配有还原煤2%～4%的精矿。加料顺序是先开动双轴螺旋给料机、电子皮带、圆盘给料机，把精矿从沸腾炉的精矿料斗输送到沸腾炉的炉膛内。输送的精矿量从电子皮带秤上直接计量，精矿数量达到4t后，按开机时的相反顺序停止圆盘给料机、电子皮带、双轴螺旋给料机，停止加料。

炉内布料要求精矿在炉膛内分布厚薄均匀，用耙子将堆积在进料口一侧炉壁上的精矿扒平，均匀分布在风帽上，并封好炉门。

(3)开炉操作规程：

①烘炉与点火开炉。

②用木柴烧火烘炉2～3个班，烧火分布均匀，烘炉过程每班要翻炉两次，每间隔4小时翻动一次。

③当沸腾层温度达400℃～450℃时，停止烧柴烘炉并拣出未燃尽的木柴及柴头，然后从炉门加入拌柴油糠和适量粉煤，开小抽风和鼓风使物料沸腾燃烧。

④炉料着火且有大量火星，沸腾层温度上升到600℃以上时，可开动加料系统投料，注意加强操作，慢慢调节炉温、抽风量、鼓风量、风压直至正常生产。

10.2　作业过程

10.2.1　记录的填写

正常作业需要记录的参数有鼓风量、风包压力、炉顶压力、进料速度、每班进料量，班进料量为每班(8小时)记录一次，其他参数每1小时记录一次。

10.2.2　控制运行参数

10.2.1.1　沸腾炉技术操作规程

(1)技术参数

①沸腾焙烧温度(沸腾层温度)920±40℃

②炉顶压力：－100Pa～20Pa

③入炉风量：1500Nm³/h～2000Nm³/h

④风包压力：10000Pa～15000Pa

⑤给料速度：2.3t/h～2.8t//h

(2)正常操作作业

①要经常与配料联系，保证圆盘料仓有料，做到供料定量、均匀、不结块；给料速度控制在 2.3t/h～2.8t/h，鼓风量按 600m³/t·矿～700m³/t·矿比例的范围进行调整。

②认真观察炉子状况和仪表显示情况，发现炉温，风压等变化较大时，应及时处理。

③连续的将旋风收尘器收下的烟尘返回炉内，发现炉内物料结块、黏壁、沉积时，要打碎、扒出。

④经常注意观察冷却圆筒的供水情况，保证焙砂出筒温度小于 60℃，以免烧坏皮带。

⑤炉顶应保持微负压操作。

⑥严格按操作规程操作，保证炉子的生产正常。

10.2.3 处理故障

作业过程中的异常现象有：炉温不稳定(升高或降低)、炉顶正压、炉顶和进料口冒烟、沉积、炉料结块导致死炉。

10.2.4 交接班

交接班时，当值人员应向接班人员确认各设备的完好情况、开停机情况、炉况、工器具交接、安全设施完好情况、原料准备情况等。

10.3 质量管理

10.3.1 质量判断

焙烧产品质量要求：

锡精矿沸腾炉焙烧产出的焙砂，一般情况要求含(As+S)≤0.95%，当连续 4 个班出现焙砂含(As+S)≥1.1%时，说明产品出现了异常的质量波动，过程存在导致产品质量不稳定的因素。

10.3.2 质量控制

质量管理活动的要求：

锡精矿沸腾炉焙烧的质量管理，首先要求确保精矿配料——沸腾炉焙烧系统各设备和硬件设施的完好性，以达到对系统过程的调节和控制，保持对精矿成分、配料计算、配料过程、沸腾炉焙烧作业的各个运行系统的特征参数形成完整的原始记录，实现对焙砂质量形成全过程监控，保持对焙砂质量的异常波动的跟踪和分析，采取必要的纠正和预防措施，最终实现对焙砂质量的稳定和确保焙烧作业的金属回收率。

第11章　锡冶炼电炉初级工

11.1　开炉准备

开炉前应认真做好下列准备工作：

(1)炉膛内和烟道要彻底清扫干净，做到无碎砖、尘土及其杂物遗留在内。

(2)检查炉子及烟道是否有异常现象。

(3)检查炉子电极升降是否灵活，螺母是否紧固。

11.2　烘炉

烘炉时要先烘烟道，后烘电炉炉膛，要严格按烘炉曲线进行，应注意保证炉膛内温度均匀上升与分布。在烘炉过程中应及时以热工仪表测定各部位的实际温度，详细记录并绘制实际的烘炉曲线。一般烘炉操作步骤为：

(1)接通知烘炉后，与相关工序联系，要求做好烘炉准备，并将有关工作门打开。

(2)从炉门进入炉内时，先将炉底和炉墙碳砖部分抹上一层耐火泥浆，防止高温氧化。

(3)将干柴放入炉膛内，再在干柴表面洒一部分燃油，并用长火把将干柴点燃烘炉。

(4)严格按升温曲线升温，起弧烘炉要防止明弧烘炉。烘炉完毕后封炉门准备投料熔炼。

11.3　还原熔炼

11.3.1　进料和布料操作的基本知识

进料作业包括称料、混料、运输、进料等过程。按照规定的配料比将物料准确地称量均匀混合后，用皮带运输机或其他机械送至料斗以备加料。电炉熔炼为多次进料一次放锡、放渣操作，每次进料前必须先将电极断电，然后打开一个加料口，加完本口料后关好口，再打开下一个加料口加料，加料时注意防止炉内喷火伤人。电炉布料一般要求入炉物料在炉内均匀分布。

11.3.2　还原熔炼操作

进料完毕后，将电极通电进行熔炼，熔炼过程中要注意按要求调节好炉内电流，以确保熔炼炉底温度，防止结底和过流。当本批物料熔炼过程基本完成后开始准备进第二批物料。熔炼每批物料过程基本相同，但本炉最后一批料进完后，要注意操作为放锡、放渣工作创造条件。

11.3.3　放锡放渣操作

11.3.3.1　放锡放渣前的准备工作

(1)确认物料已还原好，工作场地周围无安全隐患。

(2)准备好放锡放渣时所需的工器具(如氧气、氧管、钢钎、大锤、炉嘴钎、铁铲、锡瓢、漏瓢等)，并摆放到位。

(3)检查放锡放渣槽、大小前床、渣包、锡包、锡桶是否干燥、干净、畅通无杂物。

(4)准备好堵炉嘴黄泥、玻璃水等放炉材料。

11.3.3.2　放锡放渣

放锡时先用铁锤将炉嘴钎轻轻的向内打，用吹氧管将放锡口烧穿，放出锡渣。烧放锡口时用铲子将放锡口遮住以防锡、铁渣飞溅伤人。粗锡放出时呈暗红色，放入大前床内。当锡口附近的锡流表面出现颜色发白的熔体时说明放锡工作完毕，开始改道进行放渣工作。炉渣放入渣槽内。放完锡渣后将炉嘴清理干净，然后用炉嘴泥重新堵住，再打入一根炉嘴钎封好炉嘴，将电极插到炉底，通电，先将炉底温度升起，当炉底温度达到要求后，便进入下一炉投料熔炼工作。

11.3.3.3　原始记录的填写要求

正常作业需要记录的参数有每次给料时各相电压、电流、炉膛温度、炉内负压、进料时间、进料量。每班进料量和每炉产出物料量。每班(24 小时)记录一次等。

11.3.3.4　交接班

交接班规定：交接班时，当值人员应向接班人员确认各设备的完好情况、开停机情况、炉况、工器具交接、安全设施完好情况、原料准备情况等。

11.3.4　质量管理

11.3.4.1　电炉产出物料质量要求

锡精矿沸腾炉焙烧产出的焙砂，一般情况要求粗锡含铁≤2.5%，当连续四炉超出要求，说明产品出现了异常的质量波动，过程存在系统性导致产品质量不稳定的因素。

11.3.4.2　质量控制

质量管理活动的要求：

电炉还原熔炼的质量管理，首先要求确保配料－反射炉系统各设备和硬件设施的完好性，以达到对系统过程的调节和控制，保持电炉作业的各个运行系统的特征参数形成完整的原始记录，粗锡含铁的异常与波动的跟踪和分析，采取必要的纠正和预防措施，最终实现对粗锡含铁的稳定和确保反射炉作业的金属回收率。

第12章　锡冶炼反射炉初级工

12.1 开炉准备

开炉前应认真做好下列准备工作：

(1)炉膛内和烟道要彻底清扫干净，做到无碎砖、尘土及其杂物遗留在内。

(2)检查炉子及烟道是否有异常现象。

(3)检查炉子骨架上的所有纵、横拉杆是否焊牢，其螺母是否紧固。

12.2　烘炉

烘炉时要先烘烟道，后烘反射炉膛，要严格按烘炉曲线进行，应注意保证炉膛内温度均匀上升与分布。在烘炉过程中应及时用热工仪表测定各部位的实际温度，详细记录并绘制实际的烘炉曲线。一般烘炉操作步骤为：

(1)接通知烘炉后，与相关工序联系，要求做好烘炉准备，并将有关工作门打开。

(2)从炉门将干柴放入炉膛内，再在干柴表面洒一部分燃油，并用长火把将干柴点燃烘炉。

(3)严格按升温曲线升温，粉煤烘炉要定期扒出炉内煤灰。

(4)烘炉过程要注意防止烧坏烧嘴，若烧嘴烧红须及时采取相应的降温措施(如开二次风5～10分钟)。

12.3　还原熔炼

12.3.1　进料和布料操作的基本知识

进料作业包括称料、混料、运输、进料等过程。按照规定的配料比将物料准确称量均匀混合后，用皮带运输机或其他机械送至炉顶料仓以备加料。进料时将料仓闸板打开将炉料投入炉内，与此同时减小进风量和减少炉内负压，进完料后关好料仓闸板，恢复正常风量和负压。反射炉布料一般按炉头炉尾少布、炉中多布、放锡口不布料的原则进行。同时，物料投入炉内时要注意防止炉内喷火伤人。

12.3.2　还原熔炼操作

进料完毕后，炉料即进入了还原熔炼阶段。当炉料熔化三分之二时，便可开始扒炉(翻料作业)。扒炉的目的是为了加快炉料熔化过程，并促进渣锡分离。扒炉是根据炉料熔化情况，用钢耙顺料堆脚进行搅动，扒炉要扒平，并扒到边、角、底的物料，扒炉动作要快，发现炉底有结块时及时用撬棍撬起，必要时用高压风吹炉底结块，使炉料熔化均匀、迅速。当熔炼进行到6～7小时左右时，炉料基本熔化完毕，此时炉温已上升到1300℃～1350℃，标志着造渣过程基本完成，炉渣开始进行过热阶级。这时应对炉内再进行一次扒炉，将沉入炉底的炉料全部搅起。再根据经验判断已达到还原熔炼终点(约再经过30分钟左右)便可放锡放渣。

12.3.3　放锡放渣操作

锡反射炉还原熔炼放锡放渣有一次放锡、一次放渣和多次放锡、多次放渣两种，在这介绍一次放

锡一次放渣的操作过程。

12.3.3.1 放锡放渣前的准备工作

(1)确认物料已还原好,工作场地周围无安全隐患。

(2)准备好放锡放渣时所需的工器具(如钢钎、大锤、炉嘴钎、铁铲、锡瓢、漏瓢等),并摆放到位。

(3)检查放锡放渣槽、大小前床、渣包、锡包、锡桶是否干燥、干净、畅通无杂物。

(4)准备好堵炉嘴黄泥、玻璃水等放炉材料。

12.3.3.2 放锡放渣

放锡时先用铁锤将炉嘴钎轻轻向内打并扭转至松动,然后轻轻往外拉。拉炉嘴钎时应用铲子将放锡口遮住以防锡渣溅出伤人。粗锡放出时呈暗红色,放入大前床内。当锡口附近的锡流表面出现颜色发白的熔体时说明放锡工作完毕,开始改道进行放渣工作。炉渣通过小前床澄清分离后流入渣包内。放渣时用钢钎将炉嘴泥打开,尽量扩大炉嘴使渣尽快放出。放完渣减小进风量和减小炉内负压,进行投料。投料时应尽量将炉内残余的物料压出。投完料后将炉嘴清理干净,然后用炉嘴泥重新堵住,再打入一根炉嘴钎。恢复正常进风量和炉内负压,进行下一炉熔炼。

12.3.3.3 记录的填写

(1)原始记录的填写要求

正常作业需要记录的参数有一、二次风量、炉膛温度、炉内负压、每班进料量,每班产出物料量每班(8小时)记录一次,其他参数每1小时记录一次。

(2)反射炉技术参数

反射炉炉膛温度:1000℃～1400℃

炉内负压:－10Pa～10Pa

一次风量:1700Nm³/h～2700Nm³/h

二次风量:3500Nm³/h～5000Nm³/h

12.3.3.4 交接班规定

交接班时,当值人员应向接班人员确认各设备的完好情况、开停机情况、炉况、工器具交接、安全设施完好情况、原料准备情况等。

12.4 质量管理

12.4.1 反射炉产出物料质量要求

锡精矿沸腾炉焙烧产出的焙砂,一般情况要求富渣含锡≤13%,粗锡含铁≤1.5%,当连续四炉超出要求,说明产品出现了异常的质量波动,过程存在系统性导致产品质量不稳定的因素。

12.4.2 质量控制

质量管理活动的要求:反射炉还原熔炼的质量管理,首先要求确保配料——反射炉系统各设备和硬件设施的完好性,以达到对系统过程的调节和控制,保证反射炉作业的各个运行系统的特征参数形成完整的原始记录,保持对富渣含锡、粗锡含铁的异常与波动的跟踪和分析,采取必要的纠正和预防措施,最终实现对富渣含锡、粗锡含铁的稳定和确保反射炉作业的金属回收率。

第13章　锡冶炼烟化炉初级工

13.1　开炉

13.1.1　开炉的准备

(1)准备好钢钎、大锤、铁铲、氧管等各岗位所需要的工器具。

(2)检查煤仓存煤情况，至少保证一仓满煤。

(3)给各水冷水套供水，调节适当水量。

(4)认真检查调速电机、搅拌机是否运转正常。

(5)打开进渣口，封好炉门放渣口。

(6)与收尘室、鼓风机房、排烟风机房、余热锅炉、供煤班和汽化冷却进行联系，确认符合开炉要求。

13.1.2　工艺参数(见下表)

	1#烟化炉	2#烟化炉
鼓风压力	$0.7\sim1.25\times10^5$Pa	$0.7\sim1.25\times10^5$Pa
一次风量	$1000m^3/h\sim3000m^3/h$	$1500m^3/h\sim3500m^3/h$
二次风量	$5000m^3/h\sim7000m^3/h$	$4500m^3/h\sim6500m^3/h$

13.2　冶炼作业

13.2.1　进料的准备

(1)与风机房联系开抽风。

(2)与鼓风机房联系开鼓风。

(3)把给煤机及搅拌机的开关打到“工作”位置，将仪表盘上的转差离合调速器指示到最低位置。

13.2.2　进液料

液料从渣槽慢慢流入炉内，待加入液料700kg～900kg时给煤点火。操作步骤：打开煤旋塞阀→启动给煤机→打开风旋塞阀→启动搅拌机，然后慢慢转动滑差调节器的调速旋钮在200～500转/分，开始采用小煤点火，并根据来煤情况适当打开平衡风阀，随着液料的加入，逐渐调整给煤量进入正常作业。

13.2.2.1　冶炼作业

(1)分批加入黄铁矿，每隔10～15分钟加入一次，前面稍多10～20铲，后面逐渐减少。放渣前20分钟停止加入黄铁矿。

(2)打开液渣口进渣时，不能正对洞口，防止喷火伤人；倒液渣时不能靠近，以免液渣飞溅伤人。开煤时，打开风旋塞阀要慢；倒液渣、加冷富渣、黄铁矿、调大粉煤时，不能近距离正视加料口或三次风口；吹炼过程中，进料、塞口子时严禁调换煤仓，调节粉煤时，调速旋钮要慢开、快关。

(3)终点判断。从三次风口、烟巷观察烟气浓度，烟气浓度低时，从加料口取样送取样房进行炉前分析，含锡渣品位≤0.3%时，开口放渣。

13.2.2.2 放渣

(1)开口放渣前检查冲渣水是否正常；开冲渣泵时，须有人监护出水口；开口放渣时，眼睛不能近距离正视放渣口。

(2)用钢钎或者氧管捅开放渣口，出渣后严禁人从溜槽上通过，槽子不流渣后方能关闭冲渣水；渣槽渣冷结后，方可清理溜槽；出渣后铁水多或烟气黄时，立即远离渣槽。

(3)出渣后用小铁瓢取5～6个点的渣，每个点少量装入取样桶。

13.2.2.3 生产记录

记录好时间、炉次和每炉进渣时间、进渣数量、炉前分析时间、炉前分析品位、黄铁矿加入量。

13.2.2.4 设备的运行记录

记录好煤仓的用煤及停煤时间。

13.2.3 设备维护及保养

设备维护：

确保给煤系统电机、冲渣泵电机油位达到规定线，每班清扫一次设备。

设备检查：

每班巡检设备两次，每周点检设备一次。

第14章　锡火法精炼初级工

14.1　概述

14.1.1 精炼的必要性

锡精矿还原熔炼产出的粗锡含有许多杂质，即使是从富锡精矿炼出的锡其纯度通常也不能满足工业上的要求。为了达到标准牌号的精锡，总要进行锡的精炼。在多数情况下，精炼时还能从锡中回收有价金属，如铟、砷、铋、铜等，这样就可以提高金属的综合利用率及降低精炼的成本。粗锡中常见的杂质有铁、砷、锑、铜、铅、铋。

14.1.2　粗锡的一般成分及精锡标准

国家对精锡产品质量有严格要求，其标准如表14－1所列。

表14－1　精锡标准

牌号	化学成分%								
	Sn不小于	杂质不大于							
		As	Fe	Cu	Pb	Bi	Sb	Cd	Zn	A
国标 Sn99.95	99.95	0.003	0.004	0.004	0.010	0.006	0.014	0.0005	0.0008	0.0008
国标 Sn99.90	99.90	0.008	0.007	0.008	0.040	0.015	0.020	0.0008	0.0008	0.0008

14.1.3　锡的火法精炼原则流程

火法精炼锡的过程是由一系列的连续作业组成，其中每一种作业都能够除去一种或两种杂质。火法的优点是生产能力较高，并且不使金属长期停滞在生产过程中，积压的锡量少。此外，锡火法精炼使杂质能够依次地提取出来，并富集于各种渣中，为综合回收这些金属提供了条件。

各冶炼厂粗锡所含杂质不同，生产规模不同，以及原材料供应及设备条件不一样，因而火法精炼流程也不一样，图14－1是我国锡火法精炼普遍采用的原则流程图。

图14－1中加铝除砷、锑在火法精炼流程中的位置有两种情况：一是摆在结晶、熔析除铅、铋之前，二是摆在其后。两者对除砷、锑的效果相同。对整个流程来讲各有利弊。第一种的优点是砷、锑脱除达到标准后连续结晶机内槽中的晶体的硬度和黏度较小，可减轻螺旋器的负荷，晶体和液体的分离条件得到改善，有利于除铅、铋。同时在加铝除砷、锑后，除残余铝如果操作不仔细，残留下来的铝也会在结晶机内槽中继续氧化造渣而除去。而缺点是除锑的程度要求低于标准含量，因结晶提纯对锑在晶体中富集可能使含锑合格的锡在结晶处理后反而不合格。加铝除砷、锑摆在结晶、熔析之后的优点是加铝除锑只需达到精锡标准即可。

本章就加铝除砷、锑在结晶、熔析除铅、铋之前的流程工艺进行讲述。

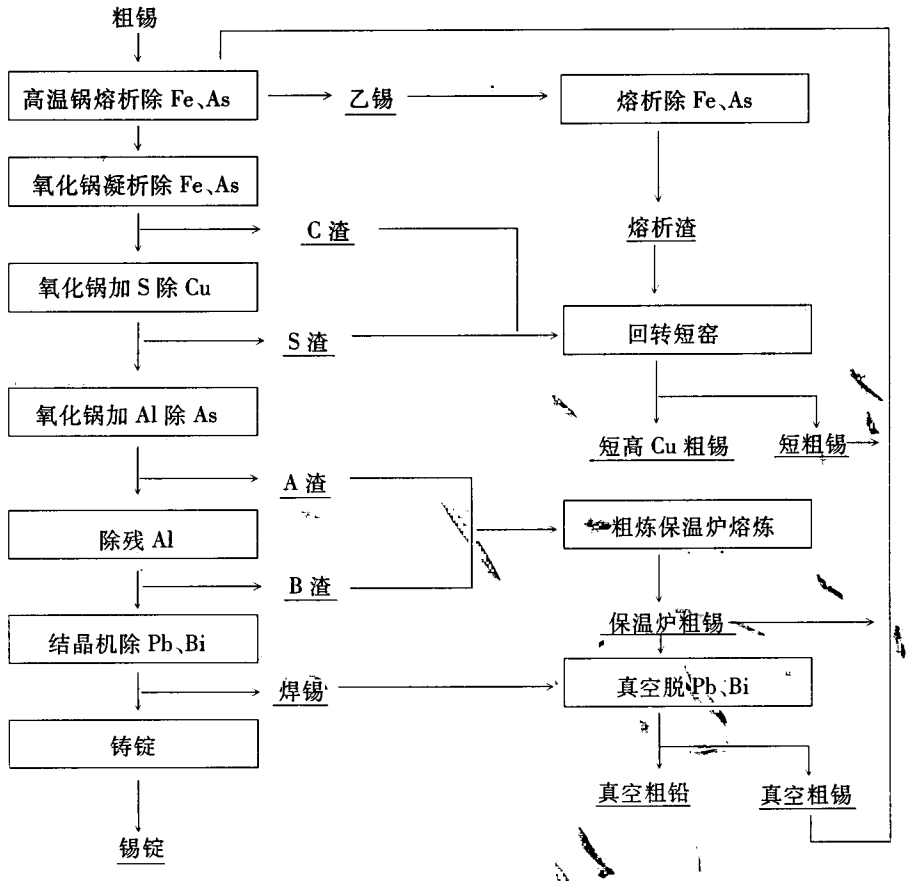


图 14－1　锡火法精炼原则流程图(某厂)

14.2　锡火法精炼

14.2.1　高温锅熔析除铁、砷

锡精矿经还原熔炼得到的粗锡，以及处理中间返回品：乙锡、炭、硫渣等产出的粗锡含铁含砷都很高(见表 14－2)。熔析法除铁、砷的理论是根据铁、砷等杂质在锡液中与锡生成的高熔点金属化合物，在锡液中的溶解度随温度升高而增大，将含铁、砷高的固体粗锡，加热到锡的熔点以上，高熔点金属间化合物仍保持固体状态，而锡熔化成液体，分开固体和液体，从而使锡和铁、砷分离。于溶解度降低，铁、砷及其化合物结晶为固体析出，分离出固体后得到较纯的液体锡，达到锡与铁、砷分离。

表 14－2　可能存在于粗锡中的化和物及其熔点

化合物	SnAs	Sn_3As_2	Fe_2As	FeAs	Cu_3As	FeS	CuS	$FeSb_2$	Cu_2Sb	FeSn	$FeSn_2$
熔点℃	605	596	919	1030	830	1090	1135	729 分解	586 分解	745～800	1110

14.2.1.1　氧化锅除杂作业

粗锡中的 Fe、As、Cu、Sb 这几个主要杂质将在氧化锅作业中除去。

(1)凝析除 Fe、As

粗锡在高温锅进行熔析除 Fe、As 后虽然能够除去大部分的 Fe、As 等杂质，但得到的粗锡含 Fe、As 仍较高，必须凝析除 Fe、As。

(2)凝析除 Fe、As 的原理

凝析法除 Fe、As 与熔析法除 Fe、As 相反，是利用铁、砷在液态锡中的溶解度随着温度下降而降

低，当含铁、砷液体锡温度下降时，原来溶解在液锡中过饱和部分的铁、砷便以固态形式凝析出来，另外，铁、砷和锡生成的高熔点化合物以及铁砷相互间生成的高熔点化合物温度降低时，也以固体形态从液体中凝析出来，然后将它们捞去达到进一步精炼的目的。

(3)操作实践

将从高温锅用锡泵泵过来的液锡(300℃～450℃)利用降温管控制温度在 235℃～250℃，加入木屑充分搅拌，观察所起浮渣呈灰黑色粉末，并夹带闪耀的细小颗粒，即可停止搅拌进行捞渣。再加第二次木屑搅拌捞渣直到液面不含浮渣，在加木屑时注意不易过快、过多，以防含水木屑飞溅伤人。

14.2.1.2 加硫除铜

(1)加硫除铜的原理

其实质是利用铜对硫的亲和力大于锡对硫亲和力，当硫加入液锡中后，硫就优先与铜生成一种稳定的化合物 Cu_2S(硫化亚铜)，1130℃密度 5.6g/cm³，而不熔于锡，以浮渣形式浮于锡液表面然后捞去，从而达到除铜的目的，其反应式如下：

$$2Cu+S=Cu_2S(固)+18900\ 卡$$

但由于锡液的浓度大，加入的硫绝大部分先溶解于锡液中，然后再与铜反应。

$$Sn+S=SnS+22000\ 卡$$

生成硫化亚锡在锡中的溶解度随温度升高而升高，在低温时硫化亚锡的溶解度很低。为提高除铜效率，必须进行搅拌使生成的硫化亚锡很好与锡液中的杂质金属铜接触，从而加速下列反应的进行：

$$2Cu+SnS=Cu_2S+Sn-3100\ 卡$$

(2)操作实践

根据在凝析除铁、砷作业之前取样分析反馈的液锡含铜百分含量，计算出该锅锡的含铜量，由反应式：$2Cu+S=Cu_2S$ 计算需加入的硫量，考虑一些杂质消耗硫以及硫的燃烧损失，实际的硫量要比理论量过量 20%～30%，硫量若在 100kg 以内，就一次加完，在 100kg 以上时分二次或多次加入，若加入量大则影响搅拌。

加硫黄时，应开着搅拌机，边搅拌边小铲加入，不宜过急过多，减少硫在液面燃烧，提高硫利用率，硫黄加完后，应充分搅拌，促进反应进行，提高除铜效率。由于樱草属植物和铜的反应，是放热反应，所以加硫过程中，会使锡液温度上升，但必须严格控制作业温度在 240℃～280℃范围，浮在锡液面的称为硫渣，当浮渣由黄色黏稠物逐渐变成黑色粉末时，说明反应结束，便可停止搅拌，开始捞去硫渣。为降低硫渣含锡，在作业后期还可加入木屑，使渣、锡分离好，获得干燥粉状硫渣，降低硫渣含锡量。

如果液锡含铜高于 0.5%时，为防止铜对凝析除铁、砷的影响，应先进行加硫除铜作业，再凝析除铁、砷，加硫的温度控制在 300℃～320℃，加硫过量 30%～35%。

14.2.2 加铝除砷、锑

锡精矿经熔炼所产出的粗锡中的锑是不能用熔析法或凝析法除去的，另外，粗锡经熔析和凝析法处理后，虽然除去了其中大部分的砷，但锡中含砷量还有 0.15%以上。

进一步除去粗锡中的砷、锑通常是用较正电性的金属铝与砷、锑反应，生成不溶性砷化物和锑化物，这些化合物都作浮渣除去。

14.2.2.1 加铝除砷、锑的原理

铝和砷生成高熔点化合物 AlAs，熔点 1600OC，反应式如下：

$$2Al+Sn_3As_2=2AlAs+3Sn$$

化合物 AlAs 熔点高，比重较轻，几乎不溶于锡，所以易浮于液锡面上，以浮渣形式除去。加铝除锑的原理和除砷相似，铝能与锑生成高熔点的化合物 AlSb，熔点 1050℃，反应式如下：

$$2Al+Sn_3Sb_2=2AlSb+3Sn$$

化合物 AlSb 比重也较轻，从锡液结晶析出浮于面上成浮渣除去。

另外加铝也能除去锡中残留的铁和铜，因为铝也和它们生成高熔点的化合物，Al_3Fe(熔点1160℃)、Al_2Fe(熔点为1170℃)、Cu_3Al(熔点为1016℃)，但因为大部分铁和铜经熔析、凝析作业和加硫除铜作业后已除去，所以残留的铁、铜不多，在计算铝消耗时稍多加一点即可。

14.2.2.2 加铝除砷、锑实践

在工厂生产中生产精锡都必须加铝除去砷、锑，为缩短作业周期，加铝除砷、锑可同时进行。

加铝量的计算根据液锡含砷和锑量的不同，对于(As+Sb)<0.2%，(As+Sb)：Al=1：1，对于(As+Sb)：Al=1.5：1，将凝析除铁、砷和加硫除铜的作业完毕的液锡升温至320℃～380℃(具体升温温度与锡含锑量有关，含锑量达2%以上时，温度升高至380℃～550℃)，清理锅边和锅面残余浮渣(用长杆小铲将结在锅边的残渣铲起)

加铝作业时，边搅拌边加入铝片，铝片加入完毕，观察已全部溶解，再延时搅拌10～30分钟，待铝与锑反应完全后停止搅拌，用水冷降温管降温至230℃～250℃，拉出降温管(降温过程中可以间断搅拌，提高热交换率)。然后边搅拌边缓慢少量地加入氯化铵，直到液面出现黑色松散的粉末停搅拌、捞渣。

降温的目的是为了使高熔点的 AlSb 冷凝析出，加氯化铵的目的是利用其分解的气体使黏稠的铝渣疏松多孔，促进锡液滴的集合，降低渣含锡，提高锡直收率。

温度控制在260℃左右，逐渐加入氯化铵除残铝，观察锡液颜色判断除残铝效果，直到液面出现一层灰白色粉末，观察锡液洒落地面“起珠”、“打滚”，视为除残铝结束，即可捞渣。

加氯化铵除残铝是根据下面反应进行的：

$$4Al+12NH_4Cl+3O_2=4AlCl_3+6H_2O+12NH_3$$

特别注意事项：加铝除砷、锑过程中严防铝渣与水或水蒸气接触，因为铝渣与水或水蒸气接触后会生成剧毒的砷化氢气体：

$$2AlAs+3H_2O=Al_2O_3+2AsH_3$$

特别当铝渣温度高、接触的水多、空气湿度大时，砷化氢更易产生，其量也更大，因此对作业人员会产生很大的威胁，严重吸入者会导致死亡。砷化氢气体无色无味，当周围空气中存在此气体时，人们往往不易察觉，所以铝渣堆存、运输时要特别注意。

14.2.2.3 作业设备

火法精炼熔析除铁、砷，凝析除铁、砷，加硫除铜，加铝除砷、锑都是在精炼锅进行。我国某厂把进行熔析除铁、砷的精炼锅称为高温锅，把完成凝析除铁、砷、加硫除铜、加铝除砷、锑一系列除杂的精炼锅称为氧化锅。高温锅除铁、砷作业完毕的液锡由转锡泵转入氧化锅进一步除杂作业。

精炼锅由钢板焊接而成，制作简单，使用寿命常，导热性好，升温、降温容易控制。锅的容量根据生产规模而定。我国某厂采用的精炼锅容积30吨，氧化锅锅面安装可掀式圆形烟罩，强制抽风回收精炼过程中产出的各类烟尘。精炼锅安装在炉灶上，炉体用黏土质耐火砖砌成燃烧火道，炉灶所用燃料为煤气。

精高温锅用移动式搅拌机，电机功率45KW。

14.3 高温氧化锅操作实践部分

14.3.1 高温锅熔析除铁、砷

锡精矿经还原熔炼得到的粗锡，以及处理中间返回品：乙锡、炭、硫渣等产出的粗锡含铁含砷都很高。熔析法除铁、砷的理论是根据铁、砷等杂质在锡液中与锡生成的高熔点金属间化合物在锡液中的

溶解度随温度升高而增大。将含铁、砷高的固体粗锡加热到锡的熔点以上，高熔点金属间化合物仍保持固体状态，而锡熔化成液体，分开固体和液体，从而使锡和铁、砷分离。

14.3.1.1 开机

(1)开机准备

开机准备是为实现顺利开机提供各种保障。开机前必须准备好生产用到的各种材料如木糠、粉煤及工器具，如钢钎、螺丝、扳手、铲子和温度计等。

(2)移动式搅拌机的开机前检查

①检查各连接螺杆的完好可靠性。

②检查安全防护罩是否齐全。

③用手扳动皮带轮数圈，如无卡紧、摩擦、受力均匀方可准备启动。

④检查电缆有无裸露或断相，如有应通知电工包接好。

⑤检查精炼锅内的物料高度，如太少则不能启动。

(3)移动式锡泵的开机前检查

①使用前应检查锡泵电缆是否有破损裸露、缺相，检查插头是否完好。

②启动前应检查并确认出锡管是否已经搭接好。

14.3.1.2 冶炼作业

(1)进料

①进料的准备：

根据备料有关规定及时掌握的各种粗锡含杂质的特点，合理搭配入锅各粗锡(如：某厂产保温炉含砷锑高，短窑粗锡含铜高，真空炉粗锡含铅高等)，有利于除杂的进行。备料应该考虑的主要几种杂质有 Pb、As、Sb、Fe、和铜。

②吊入锅内的粗锡不能过多，防止粗锡熔化后或搅拌时溢出锅面流入炉膛。

(2)生产作业

①当粗锡质量较好时，粗锡的熔化温度控制在 300℃～400℃；粗锡质量较差时，熔化温度控制在 400℃～500℃。

②粗锡熔化后，经短时间搅拌捞出锡钩，加入适当的煤或木糠，充分搅拌 15 分钟以上，捞出乙锡。然后捞净锡钩。再加煤或木糠充分搅拌，再一次捞乙锡，直到锅中锡液面呈金属锡的颜色，中间不夹固态物，不黏稠。

③用锡泵泵出部分液锡到下道工序后(转锡温度 300℃～450℃)，加粗锡熔化。

④液锡泵到下道工序氧化锅离锅面不能超过 10cm。

⑤捞出的乙锡分堆冷却，乙锡块度必须小于 30cm，乙锡含锡不大于 75%；及时将冷却后的乙锡装入乙锡斗。

⑥当粗锡质量差，形成硬头沉到锅底时，可升温至 450℃～550℃，加煤搅拌捞乙锡直到液面干净且无结底。如依旧无法处理时，泵干锡液，并及时倒锅。

(3)主要工艺参数

①处理能力：30t～120t 粗锡/天。

②控制温度：300℃～500℃。

(4)生产记录

高温锅岗位生产记录包括投入粗锡的种类、数量、主要工艺参数、作业时间、生产中的工艺故障等，必须在生产记录上详细记录，记录本上不能留空格，没有的项目可填“无”或在格内画对角斜杠。

(5)设备操作

①移动式搅拌机操作：

a. 启动：确认一切正常后方可启动。先将安全开关扳至“启动”位置，然后按下启动按钮，并观察

电流大小，倾听电机响声。

b. 运行过程中应注意观察搅拌机的运行情况，发现问题及时汇报处理。

c. 工作完毕后，应将安全开关扳至“停止”位置。

②移动式锡泵操作：

a. 启动前应把锡泵放入熔化锡中浸泡 10～15 分钟后，再用手转动联轴套数圈后无卡紧现象且受力均匀。试通电数秒，确认正转后或反转，最后确认上述符合要求后，启动泵正转。

b. 停机时应先把电源切断，把锡泵吊出液面，并抖落锡泵上的残锡。

(6)设备运行记录

设备运行记录包括设备点检、巡检记录、设备维护记录和设备检修记录，每项记录都应及时、真实、详细，记录本上不能留空格，没有的项目可填“无”或在格内画对角斜杠。设备检修记录要注明设备故障时间、处理时间、处理过程简述、处理人员。

14.3.1.3 设备维护及保养

(1)设备维护

高温锅主要设备包括搅拌机、锡泵等，均须每班进行清洁维护，以免发生设备短路、影响润滑效果。搅拌机和锡泵的轴承传动点一般采用耐磨的润滑剂。

(2)设备点检

①随时检查电机、轴承温度，一般情况下电机、轴承温度不超过 70℃。

②开启搅拌机时三相电源是否平衡，电压是否在规定值范围内(不超过额定值±5%)，若有异常，立即通知电工检查。

14.3.2 氧化锅作业

粗锡中的 Fe、As、Cu、Sb 这几个主要杂质将在氧化锅作业中除去。

14.3.2.1 开机

(1)开机准备

开机前必须准备好本岗位生产用到的各种材料，如木糠、硫黄、铝豆、和氯化铵以及工器具，如钢钎、螺丝、扳手、铲子和温度计等。

(2)固定式搅拌机的开机检查

①检查各连接螺杆的完好可靠性。

②检查安全防护罩是否齐全。

③用手扳动皮带轮数圈，如无卡紧、摩擦、受力均匀方可准备启动。

④检查电缆有无裸露或断相，如有应通知电工包接好。

⑤检查精炼锅内的物料高度，如太少则不能启动。

(3)移动式锡泵的开机前检查

①使用前应检查锡泵电缆是否有破损裸露、缺相，检查插头是否完好。

②启动前应检查并确认出锡管是否已经搭接好。

14.3.2.2 冶炼作业

(1)进料

用锡泵从上道工序高温锅泵转到氧化锅的液锡离锅面不能超过 10cm，液锡温度 300℃～450℃。

(2)生产作业

①凝析除铁、砷

操作前取样目测，然后送样到化验室化验 Cu 含量。控制锡液温度在 235℃～250℃，根据样条的目测情况，搅拌并加入适量木糠，加木糠时，不宜过快，第一次加完搅拌 10～30 分钟，当浮渣呈黑色粉末状可停止搅拌进行捞渣；再加第二次木糠，搅拌捞渣，直到液面不含浮渣。

②加硫除铜

a. 根据化验室反馈的化验结果，计算出该锅锡的含铜总量，含铜总量计算如下：含铜总量＝该锅粗锡总量×化验结果。把温度控制在260℃～300℃，按总铜量的30%～35%加入硫黄。加入时，应边搅拌边加入。当液面上出现一层浮渣，且浮渣由黄色黏稠状逐渐完全变成黑色粉末时，造渣过程结束，捞出S渣。

b. 若粗锡含铜大于0.5%时，也可以先造S渣再造C渣。造完S渣后，仍有浮渣，可以先捞乙锡。S渣过稠时，可以加入木糠或氯化铵少量，进行搅拌。

c. 捞完S渣后，取样目测，送样化验室化验(Sb＋As)含量。

③加铝除砷、锑

a. 造高铝渣(A渣)。

b. 将捞完C、S渣的锡液升温到280℃～380℃(具体温度与锡液中的含锑量有关，锑量达2%以上时，温度还要升高约380℃～550℃)。清理锅边、锅面，然后边搅拌边加入铝粒，铝粒的加入量可按下式计算：加铝量＝取样时锅中锡总量×(Sb＋As)%×(26～30)%。

c. 当铝粒全部溶解，再延时搅拌10～30分钟，待Al与As、Sb反应完全后停止搅拌，用水冷降温管降温至230℃～250℃，拉出降温管(降温过程可以间断搅拌)。并清理干净降温管。然后边搅拌边缓慢少量地加入氯化铵，直到液面出现黑色松散的粉末(即A渣)，停止搅拌，捞渣。

d. 造低铝渣(B渣)。

e. 在造A渣时，锡液温度会升高，用降温管降温至260±30℃左右。逐渐加入氯化铵，直到液面出现一层灰白粉末(即B渣)，且锡液有“起珠”、“打滚”现象，捞渣。

f. 产出的A、B渣可以混，但不能与C、S渣混，所用渣斗标注产渣渣名。

(3)产品样品采集及处理

①捞完B渣后取样，化验结果Sb达到控制标准，将锡液用锡泵泵至结晶机用保温锅。

②若化验结果Sb未达到控制标准，为该锅锡不合格。按氧化锅岗位工作标准复加铝处理。

(4)主要工艺参数

①处理能力：30t～120t粗锡/天。

②凝析除铁、砷温度：235℃～250℃。

③加硫除铜温度：260℃～300℃。

④加铝温度：280℃～550℃。

⑤造高铝渣(A渣)温度：230℃～250℃。

⑥造低铝渣(B渣)温度：260℃±30℃。

(5)生产记录

氧化锅岗位生产记录包括投入主要工艺参数、作业时间、各种杂质的含量、物料的消耗以及生产中的工艺故障等，必须在生产记录上详细记录，记录本上不能留空格，没有的项目可填“无”或在格内画对角斜杠。

(6)设备操作

①固定式搅拌机操作：

a. 启动：确认一切正常后方可启动。先将安全开关扳至“启动”位置，然后按下启动按钮，并观察电流大小，倾听电机响声。

b. 运行过程中应注意观察搅拌机的运行情况，发现问题及时汇报处理。

c. 工作完毕后，应将安全开关扳至“停止”位置。

②移动式锡泵操作：

a. 启动前应把锡泵放入熔化锡中浸泡10～15分钟后，再用手转动联轴套数圈后无卡紧现象且受力均匀。试通电数秒，确认正转或反转，最后确认上述符合要求后，启动泵正转。

b. 停机时应先把电源切断，把锡泵吊出液面，并抖落锡泵上的残锡。

(7)设备运行记录

设备运行记录包括设备点检、巡检记录、设备维护记录和设备检修记录，每项记录都应及时、真实、详细记录，记录本上不能留空格，没有的项目可填“无”或在格内画对角斜杠。设备检修记录要注明设备故障时间、处理时间、处理过程简述、处理人员。

14.3.2.3 设备维护及保养

(1)设备维护

氧化锅主要设备包括搅拌机、锡泵等，均须每班进行清洁维护，以免发生设备短路、影响润滑效果。搅拌机和锡泵的轴承传动点一般采用耐磨的润滑剂。

(2)设备点检

①随时检查电机、轴承温度，一般情况下电机、轴承温度不超过 70℃。

②开启搅拌机时三相电源是否平衡，电压是否在规定值范围内(不超过额定值±5%)，若有异常，立即通知电工检查。

14.3.3 结晶机除铅、铋

结晶法除铅(铋)是将含铅(铋)的液态粗锡冷却或将含铅(铋)的固态粗锡加热熔化时，分别都产出固相和液相，但固相和液相成分相差较大，固相(晶体)含铅(铋)较少，含锡较高。反之液相含铅(铋)较固相高，这样，就可使杂质金属铅(铋)富集到液相中去，从而达到除杂质铅(铋)得到较纯的晶体锡的目的。

在冷凝或熔化时产出的晶体含锡比原来的锡铅合金高，而含铅则比原来低，而新的液相含锡比原来降低，而含铅则比原来增高。若将晶体和液体分开，将晶体加温熔化，和上次一样再结晶一次，这次产出的晶体比原来又升高，含铅比原来降低，这样反复进行多次，晶体含锡不断提高，不断提纯，直达到合格精锡。同样，如果将新的液相再冷却结晶，则此次产出的液相含铅在原来的基础上再次增加，这样反复进行多次，最后可得到铅、锡共晶成分(含 Sn61.9%、Pb38.1%)的焊锡。

和其他除铅、铋法相比，结晶机具有以下优点：

(1)过程比较简单，铅和锡分离过程只在一个设备内完成。

(2)生产效率高，且占面积小。

(3)劳动强度低，劳动条件好。

14.3.3.1 开机

(1)开机准备：开机准备是为实现顺利开机提供各种保障。开机前必须准备好生产用到的各种材料、工器具，如柴油、钢钎、螺丝、垫圈、扳手等。

(2)试机前，对设备和仪表进行全面和检查、认真清理槽内的杂物，减速器油位是否在 1/2～1/3。当设备无异常，槽内无卡壳，仪表控制部件均在原始位置，才能进行试机。

试机内容包括：各组电阻丝的通断状态，电压、电流表、设备转动情况。某厂结晶机电阻丝电压：380v 电流 2.5A～3A。电阻丝的通断状态可从开关时电流表的摆动、调功器指示灯、仪表指针体现出来。调节各段电阻丝调功器观察仪表指针是否随之发生相应变化，若发生相应变化则说明电阻丝正常。开动电动机，转速 200r/min～500r/min，观察齿轮啮合情况是否良好，电机是否有杂音。螺旋轴转动时，应顺畅匀速，无刮底、卡壳现象，若有异常应立即找出原因并消除，重新试机。

(3)烘槽：经过试机无异常后可以开始烘槽。烘槽是将结晶机槽体预热到一定温度，以便缩短进料后进入生产阶段时间。

试机完成后，开动螺旋轴，电机传速 200r/min～500r/min。给结晶机各段电阻丝、保温桶送电，烘槽过程中必须确定螺旋轴的正常转动，以免螺旋轴受热不均匀，发生弯曲变形，影响设备性能。槽尾段电阻丝可根据情况在烘槽 15～45 分钟后断电，以节约电耗。

在烘槽时间内，应将上道工序转到保温锅中（中转锅）的锡液升温（或保温）至300℃±60C。

（4）原料取样方式方法：进料前应对原料中影响结晶机操作较大的元素铅、铋进行化验，并以此作为指导操作的依据。取样前将取样瓢在锡液中预热10～30秒，舀少许锡液倒入样模中，冷却后送化验。结晶机处理的原料中含铅、铋一般分别为1%～10%、0.006%～0.6%。

（5）当槽体烘到预定温度（槽头300℃～400℃以上）可以开始进料，进料即把保温锅中的锡液用锡泵泵到保温桶中，再从保温桶流入槽内，流量控制在2t/h～4t/h，进料3t～4t后进料量适当减小到1t/h～2t/h，就开始洒水降温。降温时，要控制好洒水量，防止晶块过大损坏设备。当槽内晶体上到槽中部时通过调节电阻丝功率、洒水量，使槽内晶体物料分布、温度分布逐渐趋于合理状态，即形成一定的成分梯度和温度梯度。

（6）试生产：当槽头有晶体锡产出时，即进入试生产阶段。试生产阶段结晶锡尚未合格，其目的是为了观察结晶锡质量是否随操作变化发生相应变化，以判断其是否符合工艺要求。在试生产时，应不断观测槽内各段温度变化并取样鉴定，随时了解、掌握槽内物料的变化情况，根据原料含铅量利用调节电阻丝功率、螺旋转速、进料量和洒水量等手段使槽内物料分布、温度梯度达到最佳，直至产出合格结晶锡，使之进入正常生产操作。

14.3.3.2　冶炼作业

结晶机正常操作包括根据生产情况调节电阻丝功率、螺旋转速、进料量、洒水、放焊锡、撬叶片、结晶锡处理等。

正常生产情况下，槽内金属结晶应呈粗砂状，槽头结晶较黑，有氧化渣，当槽尾有焊锡富集时，槽尾焊锡呈银白色，应及时排放，放焊锡时应坚持少量多次的原则。焊锡排放可用焊锡模、焊锡桶、焊锡锅来装，在正常生产时，焊锡的排放量可从结晶机的平衡来计算，即：

处理原料中的含铅总量＝焊锡含铅总量＋结晶锡含铅总量

生产中要经常撬动叶片，防止结大块，并将黏在叶片上和叶片间的锡撬走，以免其影响晶体向上输送和锡液的回流，使结晶合格锡粒顺利溜合锡斗内，斗满后将其倒入合锡锅中。若在生产中产，不能直接倒入全锡锅中，要根据当天生产情况采取回槽再处理、搭配放行或等待以后处理。当设备运行异常时，应立即取样化验，视化验结果再处理。

结晶锡样品的采集应在合锡斗中各点均匀取少许结晶锡熔化后倒入样模中，冷却后送检，焊锡取样可从焊锡模（桶、锅）中取少许焊锡冷却后送制样再化验。

操作条件对生产的影响：

（1）温度是影响结晶机精锡、焊锡质量的主要因素，槽头温度低产出的精锡含铅、铋高，不合格；槽尾温度过高会使焊锡含锡大幅升高。

（2）螺旋轴转速，在温度、进料量不变的情况下，螺旋轴转速是调整产品质量的主要因素。转速快，物料在槽中停留时间短，精锡产量高，但质量低。

（3）锡液回流，其大小取决于设备结构，包括结晶机的坡度、叶片和内槽间的间隙。回流过大产渣率高，锡直收率低，焊锡含锡高；回流过小，固、液相分离差，晶体含铅、铋高，不易合格。

14.3.3.3　主要工艺参数。

槽内温度：182℃～232℃。

单机处理量：24t/d～40t/d。

保温锅转锡温度：≥260℃。

正常生产进料量：1t/h～2t/h。

螺旋转速：200r/min～1200r/min。

结晶锡、焊锡的产量、品位、主要工艺参数、作业时间等必须在生产记录上详细记录。

14.3.3.4　设备运行记录

设备运行记录包括设备点检、巡检记录、设备维护记录和设备维修记录，每项记录都应及时、真

实、详细记录。

结晶机生产常用到的锡泵启用时应将锡泵浸入锡液中预热 10～15 分钟，通电前检查是否转动灵活，确认灵活转动后，试通电数秒，确认正转或反转，最后确认上述符合要求后，启动泵正转。停泵时关掉电源拉起锡泵，抖落泵内锡液。

14.3.3.5　设备的点检

设备的点检、巡检主要内容有减速器油位是否在 1/2～1/3 位置高度，大小齿轮啮合是否良好，轴支点（轴承）润滑是否良好，联轴器螺杆是否松动，各电阻丝的通断状态、鼓风机等是否存在异常响声等。

14.3.3.6　停机检修

（1）停机作业：包括正常停机、事故停机。事故停机主要有突然停电时间过长，洒水过多结大块，温度控制过低，机械故障等。

①正常停机准备：进料完毕后，停止保温桶供电，并按正常作业操作 2～4 小时，将槽内物料拉空，吊装好退槽时使用的锡斗，烧柴油将槽内剩余的物料熔化，放到锡斗内（即放退槽锡）。

②事故停机：发生事故须停机可直接吊装好退槽锡斗，必要时可边放锡液边烧柴油。

（2）结晶机检修

电热结晶机形状为双层的“U”形槽，夹层内从下往上依次装有石棉板、保温砖、槽形耐火砖，电阻丝分布在槽形耐火砖凹槽内，从槽头到槽尾分为数段，根据各段对温度的不同要求，安装发热量不等的电阻丝，以便从槽头到槽尾温度不断降低。整个槽体有一定倾斜度（一般为 3～7 度），内槽中装有一根螺旋轴，轴上固定有叶片（螺旋片），叶片有采用焊结和螺丝固定两种方式，叶片与螺旋轴垂直线有一定的角度，一般为 3～4.5 度。

14.3.3.7　结晶机常见故障的判断及处理

（1）结晶机常见工艺故障

结晶机常见工艺故障有结晶锡含铅、铋超标、焊锡含锡过高等。结晶锡含铅超标主要原因有各电阻丝功率过低、洒水过多使槽中温度过低、槽中焊锡富集过多、螺旋转速过快等。其解决方法是调节电阻丝功率、将转速调慢、根据粗锡含铅量采取加大焊锡排放等。结晶锡含铋超标主要原因是粗锡中含铅、铋比例不足，操作温度偏低等，粗锡中含铅、铋比值应尽可能保持在 15～20 以上，含铅高有利于除铋，其原因是铅和铋原子间的结合能力大于锡和铋、锡和铅原子间相互结合的能力，因此，若粗锡含铅高、含铋低时，产出的精锡含铅、铋都较低；若粗锡含铋高，则必须另外加精铅到粗锡中去或多搭配高铅低铋物料到粗锡中。

焊锡含锡过高一般是由于操作不当所引起，如排放焊锡过多或一次性排放大量焊锡、放焊锡时槽尾温度过高等。

（2）常见设备故障处理

结晶机常见的设备故障有：叶片断（脱）落、电阻丝短路、断路、齿轮离位等。

叶片断落其主要原因是由于洒水过多使槽内物料结大块或槽内有异物将叶片崩断，叶片断落后应立即将叶片、大块或异物从槽内取出。减小进料量或停止进料，将槽中锡料拉空一些，使螺旋轴显露出来，停下螺旋电机，焊好叶片，如果是用螺杆固定的将叶片基座、叶片上的螺丝头敲出，重新用螺杆上好，上叶片时为了调整叶片角度，可适当在叶片、基座间垫一些垫片。

电阻丝短路可从调功器、电流表上体现出来，发现后应立即对结晶锡取样化验，并检查线路、槽体是否有漏锡，并通知电工。如果槽体漏锡应做事故退槽，退完槽待槽体冷却后，将电阻丝、耐火砖、保温砖拆除，清理槽内锡料，重新装槽，经检查无异常后可以开机。

电阻丝断路主要有保险熔断、电阻丝断等，应立即取结晶锡样化验并通知电工。若电阻丝断则应做事故退槽处理，将电阻丝取出焊好重装，或更换新电阻丝。

齿轮离位表现为齿轮啮合不好，且有巨大响声和槽体振动。应急处理可在槽尾端洒水降温使槽

尾端板与螺旋轴末端、大叶片间锡液凝固将螺旋轴往上顶，及时通知钳工调整减速器、齿轮。

14.3.3.8 关键设备维护保养

结晶机关键设备包括调功器、调速器、螺旋电机、减速器、传动齿轮等，均须每班进行清洁维护，以免发生设备短路，影响润滑效果。

结晶机齿轮啮合点和轴承一般采用耐磨的黄油作润滑剂，减速器则用流动性好的机油。

14.3.4 铸锭

铸就是将上道工序输送来的结晶锡或锡液铸成符合要求的锡锭。

精锡中常见的杂质 As、Fe、Cu、Pb、Bi、Sb、Al 等在进入合锡锅前经过多道作业基本已合格，但为确保产品质量仍须对精锡取样化验。

14.3.4.1 开机准备

开机前必须准备好铸锭所用各种工具，如点火用的火把、刮面用的铲子、打编号用的打字夹、锤子等，打字夹应预先编好批号。

14.3.4.2 试机

转动放锡槽一周以上，试压下每个锡模顶杆检查其灵活性，搅拌机通电数秒，观察其运转情况，开动抽风机、鼓风机检查是否有异常。

14.3.4.3 铸锭作业

点燃煤气，把结晶机放行到合锡锅的锡粒升温、熔化（温度 240℃～340℃），待锅中锡粒基本熔化后吊入搅拌机搅拌 10～30 分钟（加木糠搅拌），然后捞除液面氧化渣入专用渣斗中。将干净的取样瓢浸入锡液中预热后舀取锡液倒入样模中（样模应事先清理干净），目测后送化验，同时将锡液升温到 300℃～340℃，吊出搅拌机，吊入专用锡泵。化验结果合格（即化验结果中各顶杂质含量均低于控制标准）可进行试生产。

试生产的目的在于判断系统是否运行正常并将锡模清洗干净。打开降温冷却水，试浇铸一至两圈，产出的锡锭必须集中堆放，返回空锅中重熔。试生产时要观察锡液流动是否流畅，铸锭机运行、顶杆、放锡槽是否正常，确认符合上述条件后可进行正式浇铸。

放锡人员应根据模子标记准确控制每锭重量，刮面人员及时刮除锡液表面层，待锡液凝固后铲除周边的毛刺，保证锡锭的物理外观质量，打字人员给锡锭打好编号后将锡锭码堆，浇铸完毕要做好废锡、渣的回收工作，停止冷却水。锡泵的使用请参考结晶机锡泵使用方法。

生产合金时，浇铸温度可适当提高到 340℃～380℃，不用刮除表面层。

生产低铅、特号锡时在浇铸前必须先加木糠除铁。

铸锭主要工艺参数

精锡：每件重 25kg±1kg。

浇铸温度 300℃～340℃。

合金：每件重 25kg±5kg。

浇铸温度 340℃～380℃。

各元素控制标准见概论有关介绍。

14.3.4.4 生产记录

铸完每批锡锭后必须做好生产记录工作，包括锡锭品种、批号、浇铸吨位、浇铸温度、浇铸时间、作业人员等，生产中产出的中间物料必须做好标识。

14.3.4.5 设备运行记录

包括本岗位所属设备的运行状况，设备的点检、巡检记录，设备维护记录和设备检修记录，必须及时、真实、详细记录，以为检修提供依据。

14.3.4.6 设备维护及保养

铸锭所用主要设备有圆盘铸锭机、搅拌机、抽风机、鼓风机等。所属设备必须每班进行清洁，检查润滑情况，各连接螺丝是否松动，搅拌机皮带是否有松弛现象。

14.3.4.7　设备润滑

铸锭需润滑设备搅拌机，必须定时对其转动部分进行检查是否足够润滑，轴承是否有卡紧、窜动。如有问题应及时排除、添加黄油。

14.3.4.8　设备点检

生产过程中必须严格按要求对设备进行点检(一般为两小时一次)，并做好记录，铸锭设备点检主要内容有：圆盘铸锭机顶杆、弹簧、各连接螺杆、配件等是否正常、齐全；搅拌机电机发热、响声是否正常；轴承是否卡紧、窜动；抽风机、鼓风机是否有异常响声。

14.3.4.9　常见故障的判断处理

(1)工艺故障处理

铸锭主要工艺故障为各种杂质超标，在铸锭前某元素超标(除铁超标外)，可根据情况采取返回或搭配处理，返回处理可直接将锡液返回上道工序或铸大锭返回，但须做好标识。当超标不严重时应优先考虑搭配处理，再考虑返回。

在精锡铸锭过程中，由于熔铸温度过高(高于350℃)或由于各种原因熔铸时间拖延加长(超过两个小时)时，易发生铁超标，此时应重新取样化验铁元素。若在其后发生铁超标，应全部回锅熔化，加入木糠搅拌除铁，重新浇铸，或分批与其他低铁精锡搭配铸锭。

搭配超标锡时，可按下式计算：

(超标锡中该元素总量＋搭配锡中该元素总量)/(超标锡量＋搭配锡量)×100%≤该元素控制标准

(2)设备故障处理

①合锡锅穿锅，就是合锡锅穿孔，锡液漏出锅外。一旦发生穿锅应及时将锅中锡液泵到其他空锅或铸大锭，必要时可以倒锅，即将锅头吊起把锅中锡倒入空锅中。

②搅拌、抽风机、鼓风机等设备停转，应立即判断是否停电，若没有停电要及时打下设备开关，检查设备是否卡紧、连接螺杆是否脱落，是否存在短路、断路等。

第二单元·中级工

第15章　铜冶炼中级工

15.1　开炉

开炉是火法冶炼生产实践过程的一个重要环节。开炉工作做得好，对于冶金炉窑的正常生产以及冶金炉窑的炉寿命起着至关重要的保障作用。开炉分故障后开炉、小修开炉、中修开炉和大修开炉等。

故障后开炉是指冶金炉窑本体发生意外故障被迫停炉抢修后的开炉；小修开炉是指冶金炉窑本体完好，而相关的辅助设施或辅助系统发生故障或计划检修后的开炉，一般小修停炉时间较短，开炉过程简单。

中修开炉是指对冶金炉窑本体结构及其相关的辅助系统年度计划检修后的开炉，中修时间较长。

大修开炉一般指冶金炉窑本体需要大面积的修补或更换而进行的检修。由于检修性质和范围不同，开炉的周期和方式也不同，但不管哪种性质的检修后开炉，都分以下几个阶段进行：

(1)开炉前的准备工作；

(2)烘炉升温；

(3)投料试生产；

(4)熔体排放并转入正常生产。

15.2　开炉准备

在开始升温前，必须经过细致的检查，对存在问题的设备、设施进行检修，按开炉计划的要求，在规定的时间内具备正常运行生产的条件。具体要求如下：

(1)对各配加料设备、设施进行检查、检修并进行空负荷连续运行；环保收尘系统运行正常，具备正常供料、排烟、收尘条件。

(2)具备正常供氧、供风、供水条件。

(3)具备所有仪表、称量设备及系统正常工作的条件。

(4)余热锅炉系统具备正常生产的条件。

(5)检查确认燃油系统油泵、阀站、调节阀和油枪工作正常，具备正常生产条件。

(6)冷却水系统检查确认各配水点工作正常、无泄漏，各调节阀工作正常，活动自如。

(7)对炉体烧损、腐蚀严重的砖体进行修补；对炉体观察孔、油枪孔、渣口、铜口进行检查或修补；对放渣、放铜流槽或衬套进行检查或更换；对炉体的紧固弹簧、拉杆进行过检查、调整。

(8)清理出炉内杂物，放好干木材，做好点火前准备工作。

(9)其他附属设施运行正常，具备开炉升温条件。

15.2.1　对闪速炉的要求

(1)对沉淀池的检尺设施进行检查、完善；对升温过程中暂不使用的观察孔、油枪孔进行密封。

(2)风根秤、配加料刮板空负荷连续运行无异常；各调节阀开关位置准确，开关灵活。

(3)精矿喷嘴系统

①检查确认精矿喷嘴系统设施正常，无烧损、磨损，料管位置合适，具备正常生产条件。

②检查确认油枪完好，金属软管无泄漏，油枪位置合适。

(4)热风系统

①一次风系统

检查确认一次风系统压力正常，各用风点压力、流量正常，无泄露；检查确认加热器检修完毕，调试正常。

②二次风系统

a. 检查反应塔二次风系统旁通切换阀关闭。

b. 检查确认反应塔二次风控制系统和计量系统正常，手动、自动均可自如控制。

c. 检查确认沉淀池鼓风系统正常。

(5)排污膨胀器

检查确认各调节阀、安全阀工作正常，位置合适。

15.2.2 对矿热电炉或贫化电炉的要求

15.2.2.1 电极系统

检查确认电极升降缸、上下闸环、集电环、铜瓦及其楔紧装置工作正常，油管、水管无泄漏，电极运行灵活可靠。

15.2.2.2 液压系统

检查确认液压站油泵、调节阀、控制阀工作正常可靠，要求检修后液压油必须经过过滤，蓄力器氮气无明显泄漏，压力在 4.0MPa 以上。

15.2.2.3 变压器系统

检查确认电炉变压器系统工作正常，短网应进行打压、紧固、清理、检查等维护工作。

15.2.3 转炉系统

对其炉体系统、加料系统、水冷系统、控制系统及吊车等进行相应的检查、检修，具备正常生产的条件。

15.2.4 系统试车

试车包括软化水系统试车、排烟收尘系统试车、配加料系统试车、仪表系统试车、电气系统试车、环保系统试车。

15.2.4.1 软化水系统试车

(1)软化水系统试车包括炉体水系统试车、放出口水系统试车等。

(2)水系统试车材料、备件和工器具准备。

15.2.4.2 排烟收尘系统试车

试车目的是为了考查排烟蝶阀动作情况以及蝶阀在各种开度，风机在各种负荷条件下的负压情况。

排烟收尘系统试车的条件是排烟收尘各系统各设备及附属设施安装到位，以及仪表控制系统安装到位。

15.2.4.3 电炉液压电极系统试车

液压电极系统试车主要包括液压控制部分、电极导电部分以及电气控制部分。

试车必须具备的条件：

(1)电极现场安装到位，电极检查处理完毕，经试压验证、验收后进行。

(2)有关液压站及电极控制的电气部分必须安装到位。

(3)电极系统各级绝缘必须通过测试。

(4)试车前必须将现场清理干净,拆除一切多余管道及设施。

(5)试车前检查所有控制阀门处于关闭状态。

(6)试车前必须将电极壳固定在加糊平台上,以防试车电极下滑。

15.2.4.4 配加料系统试车

配加料系统主要包括上料皮带、料仓、皮带秤、刮板运输机等。其试车内容主要包括上料皮带机的调试、皮带秤的调试、刮板运输机调试,最后完成配送和配加料系统连动试车调试任务。

试车必须具备的条件:

(1)设备设施必须安装到位,并经过现场验收。

(2)有关设备的电器控制部分必须安装完毕。、

(3)炉顶加料设施安装到位。

15.2.4.5 仪表系统试车

仪表部分所涉及到的主要有主体部分,收尘排烟部分,供水部分,配加料系统,测温用热电偶。其试车目的是为生产工艺提供准确可靠的控制检测参数。试车前要仔细检查一次元件的安装、管路桥架、补偿导线的铺设是否符合规范要求,补偿导线及电线电缆有无破损,接线端子是否准确牢靠。

15.2.4.6 环保系统试车

环保系统试车主要是对各环保风机、环保管道和系统阀门配置进行检查以及对系统各个用风点、总管和支管进行风量和负压测试,以便能保障现场用风作业环境的清洁卫生。

15.3 烘炉

15.3.1 烘炉作业

15.3.1.1 电炉烘炉

(1)电阻丝烘炉

①安装临时烤炉供电线路及配电设备。

②用铁丝制作电阻丝。

③在安装电阻丝前将炉底清扫干净,然后在炉底铺上干水渣或石英砂。

④电阻丝沿炉子纵向平行地铺设,电阻丝每隔 1.5 米用一块砖隔开,以防短路,电阻丝与角钢用螺丝连接。

⑤在炉顶电极孔插入 3 个热电偶,热电偶插入炉膛 100mm。在炉底装 3 个热电偶,检查控制室测温仪表是否准确。

⑥烘炉前,在电阻丝安装完毕后密封炉体,关闭所有烟道蝶阀和料管观察孔及闸门,封闭返渣流槽口。

⑦烘炉期间每小时记录一次温度、电流。

⑧在上述工作完成后,立即按供电计划与技术要求供电。电阻丝烘炉时间为 7～9 天。

(2)重油烘炉焙烧电极

①架设好重油管道,首先将电极壳插入炉膛,在电极壳上打排气孔,孔间距 300mm。

②电极压要放在加好电极糊后进行,防止送电时铜瓦打弧。

③电极糊加到铜瓦上缘 0.5 米,焙烧过程中及时添加电极糊,防止电极糊全部熔化形成隔层,造成电极硬断,要保持糊面高度。

④打开铜瓦冷却水，电极处于下限位置，按升温曲线升温，焙烧电极需要最高温度750℃，时间2－3天。

⑤重油烘炉焙烧电极时采用炉膛微正压操作。

⑥电极焙烧好的判断方法：炉膛内一段电极呈暗红色，没有流出电极糊，电极壳上的排气孔火苗短而无力。电极焙烧好后停止烧重油。

(3)电弧电阻烘炉

①电阻丝烘炉后，拆除电阻丝烘炉时炉内的遗留杂物，继续为熔池铺一定厚度的水渣。

②在每根电极下挖坑，每两根电极间挖沟。

③在坑沟中铺满焦粉，焦粉中埋入圆钢，连接同相两根电极。

④如果有焙烧好的电极，把炉内电极末端小于Φ600mm的电极打掉，防止开炉中电极硬断。

⑤变压器采用星型接法，送电引弧。

⑥除炉前、炉后压板外，开启所有电极冷却水，在炉体冷却铜砖温度达到80℃后送铜砖水。

⑦根据炉子升温情况打开副烟道。送电后两天内保持微正压操作。

⑧送电引弧正常后，砌死工作门，按规定的升温曲线调节负荷大小。

⑨调节炉体拉杆弹簧，保持要求尺寸。

⑩开炉过程中对炉体横向、纵向及炉顶拱高的变化进行测定。

⑪烘烤炉前、炉后溜槽，作好放铜、放渣的各项准备工作。

⑫在烘炉最后一天，视炉膛、炉体各部位温度，调整电压级，为正常生产作准备。

⑬待炉前放出熔体后，方可进料转入正常生产。

15.3.1.2　转炉烘炉

(1)烘炉的要求

烘炉前必须认真检查炉内是否有掉砖、下沉、塌落等现象，并将风眼中的镁粉及杂物清理干净。

缓慢升温，在晶型转变点(镁质砖衬一般在380℃、820℃附近)必须恒温20小时以上。

炉衬砌体受热要均匀，为了防止局部过热应及时转动炉体。

升温过程温度要稳定上升，不要波动过大，避免停风、停油故障发生，以免耐火砖衬因温度突变而爆裂。

及时观察炉体受力情况，使炉衬砌体合理膨胀。

目前采用重油烘炉，一般大修时间为72小时以上，中修、小修可适当缩短。其最终温度达到1000℃以上就可以联系要料。

(2)烘炉的燃料及使用

烘炉所使用的燃料主要是木柴和重油。将其主要特征列于表15－1

表15－1　转炉用燃料的主要特征

燃料种类	成分/%(质量百分数)							发热量 /MJ·kg^{-1}	空气量 /Nm^3	废气量 /Nm^3	废气热值 /MJ·m^{-3}
	H_2	H_2S	CH_4	C	S	H_2O	O_2				
木柴	4.5	—	—	84.2	—	22	32	—	3.8	4.5	2.89
重油	11.5	—	—	84.2	2.5	1.0	0.7	40.49	10.54	11.27	3.59

在使用重油烘炉前，先用木柴烘烤，使炉内潮气基本挥发排掉、炉膛温度达到重油闪点以上(约150℃)，再利用重油继续升温。此举的主要作用在于：

(1)木柴发热值较低且便于引燃，在升温初期，达到均匀、缓慢升温的目的，使砖体避免遭受急剧的热量冲击。

(2)使重油易于点燃并稳定燃烧，提高重油利用率，减少因温度较低、重油燃烧不全而产生的大量烟气。

(3)烘炉操作

以重油烤炉为例:首先检查重油、雾化风管线是否完好,准备好油枪,同重油间联系供油无问题后,用木柴或棉纱引火,用小油,小风进行烘烤,待温度缓慢上升、油枪燃烧稳定之后,根据升温曲线要求和热电偶所测温度,适时调整油量。冬天要注意重油的管路保温,防止重油凝结影响烤炉,更应该防止重油着火发生火灾。

15.3.2 开炉方案及升温曲线

15.3.2.1 闪速炉开炉方案及升温曲线

(1)年度检修一般指对闪速炉放出口等关键部位进行小面积挖补,闪速炉上升烟道到反应塔段不熄火,实际上是热态检修,闪速炉升温过程约为 7～8 天,控制 4℃/h～6℃/h 升温,以及 750℃、1100℃两个恒温点。大修则一般指闪速炉熄火停炉检修,为冷态检修,对炉墙、炉顶甚至炉底等关键部位都进行挖补或完全更换,升温过程比较缓慢,需要约 15～30 天的升温时间,也有 750℃、1100℃两个恒温点。升温曲线见、。

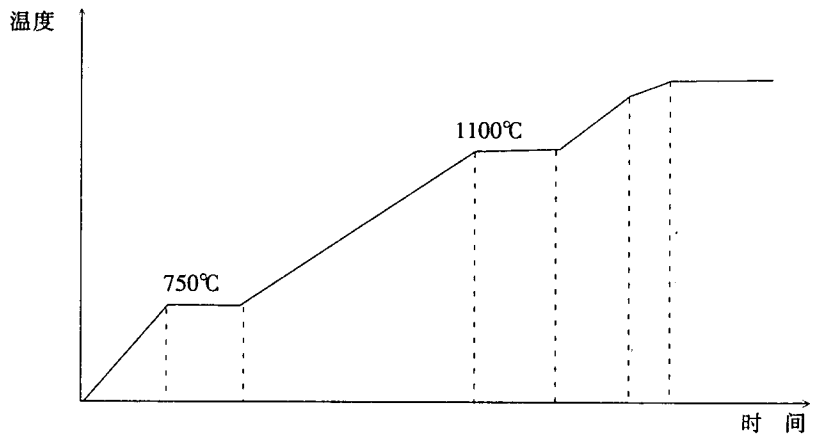


图 15－1 闪速炉升温曲线图

(2)主要技术条件

①反应塔总油量 600kg/h～1200kg/h。

②反应塔二次风量 8000Nm³/h～12000Nm³/h,风温在保证最高蒸气压力的情况下,控制最高温度。

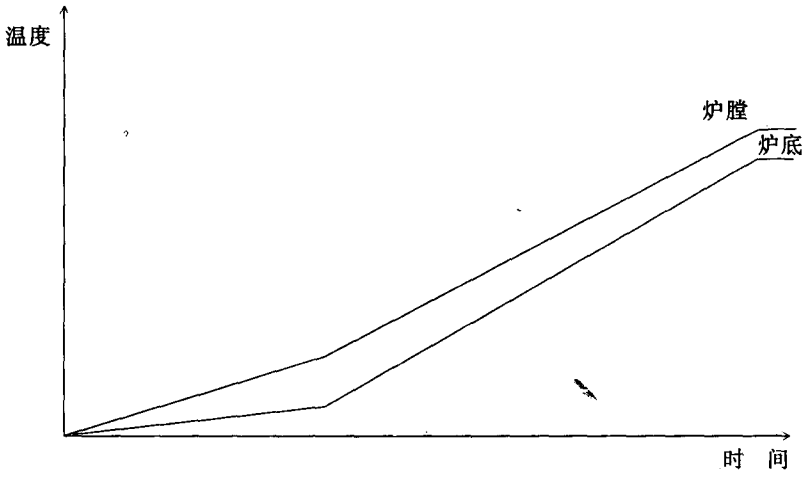
③反应塔一次风量大于 550Nm³/h,压力大于 0.45MPa,一次风温控制要求同二次风,各喷油嘴处风压 0.4MPa 以上。

④沉淀池总油量 400l/h～1200l/h。

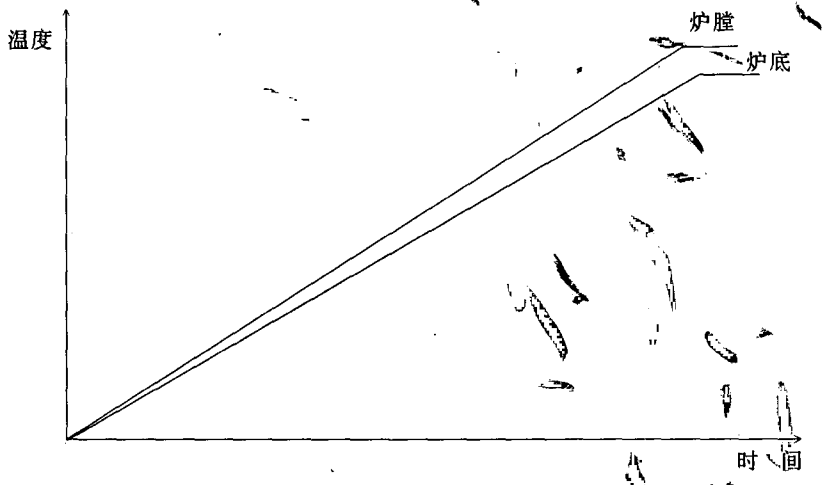
⑤重油间供油压力 0.6MPa～0.9MPa,喷嘴处压力为 4.5MPa～5.0MPa。

⑥沉淀池负压小于－10Pa。

15.3.2.2 电炉开炉方案及升温曲线



电炉大修烘炉升温曲线



电炉中修、小修烘炉升温曲线

15.3.2.3 转炉开炉方案及升温曲线

为保证合理升温，要求严格按所用耐火材料的升温曲线进行升温，例如转炉大修后升温曲线如图15—2所示：

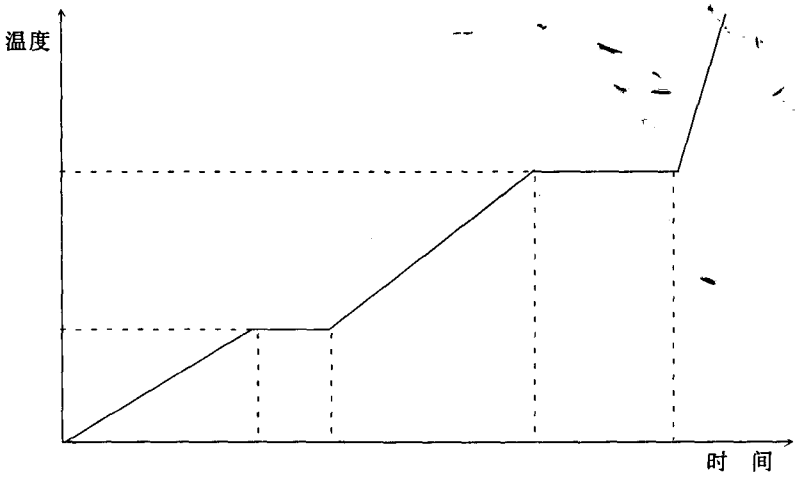


图 15—2 大修后升温曲线

其他炉型的升温曲线见各自具体的开炉方案。

在系统试车和烘炉作业结束后，具备开炉条件。为实现顺利开炉需制定开炉方案，具体内容如下：

(1)询问上下道工序是否具备开炉条件。

(2)岗位操作人员经过培训并全部到岗。

(3)电气、仪表控制系统及相关设施正常送电运行。

(4)联系上石英、冷料。

(5)联系余热锅炉上水运行。

(6)联系软化水泵房给供水。

(7)联系鼓风机房开启风机。

(8)开启环保、排烟风机，并将排烟机控制方式切换至远程控制。

(9)做好相关设备、设施(如液体吊车、渣包、浇铸坑等)的准备工作。

15.4 试生产

15.4.1 试生产的目的

试生产的目的是在烘炉完毕后，当炉内温度达到作业要求时投料进行的摸索性生产。其目的是保证炉窑的安全运行以及各个所属设备、设施的安全运行，为生产和经济技术指标提供最佳生产依据。

15.4.2 试生产方式方法

15.4.2.1 闪速炉试生产方式方法

上升烟道临时热电偶温度达到1200℃以上时，即可转入试投料阶段，此时要求反应塔空间温度达到1300℃以上。

通常，闪速炉的投料量是根据系统的运行状况分阶段逐渐增加的，整个过程大致分为两个阶段：

(1)调整阶段，通常3～7天，小料量。这一阶段主要是调整镍锍品位、炉墙挂渣以及让各系统特别是炉体有个调整适应过程；

(2)正常生产阶段，正常料量投料。

15.4.2.2 电炉试生产方式方法

在投料试生产期间，电炉应先采用低负荷，少投料的生产方法，待炉体膨胀趋于恒定后，再加大投料量，提高电负荷，从而转入正常生产。

(1)试生产具备的条件

①各个系统带负荷试车是否正常，若有问题及时解决。

②炉前、炉后溜槽砌筑安装和烘烤结束，返渣溜槽安装就绪。

③炉前冰镍口烧开后液体有较好的流动性。

④各种工器具准备齐全，堵口泥球准备好。

⑤操作人员经过培训就位。

⑥炉体升温曲线达到目标值。

⑦生产前要先把炉体拉杆弹簧调节到规定要求。

⑧炉前、炉后安装好高温流体测温热电偶。

(2)试生产参数及物料要求

渣面：1.8m～2.1m。

冰铜面：＜600mm。

炉渣温度：1200℃～1300℃。

冰铜温度：1100℃～1200℃。

炉膛温度：＜900℃。

15.4.2.3　转炉试生产方式方法

开炉准备工作完成后进行试生产。试生产注意事项：

(1)加强对设备设施的点检工作，发现问题及时汇报处理。

(2)试生产初期炉温较低，可适当提高吹炼温度。

(3)炉体大修后的前10～20炉，一定要控制好操作料面和送风强度，以免引发恶性喷溅，损伤护板和炉壳。

(4)出现异常现象，立即启动事故预案处理。

15.5　火法冶炼

15.5.1　进料

15.5.1.1　进料的准备

(1)穿戴好一切劳保用品，准备好手电、手锤和圆钢。

(2)详细阅读本班的生产指令和上一班的交接班记录，了解上班的生产情况。

(3)掌握炉内渣面、熔体面情况。

(4)检查配加料系统是否正常。

(5)了解来料的情况，如温度、成分。

(6)准备合格的进料材料及工器具。

15.5.1.2　进料的条件

(1)系统试车正常。

(2)设备开启并运行正常。

(3)人员经过培训并到位。

(4)无安全隐患。

15.5.1.3　配料

(1)通过化验分析，掌握原料中含多少硫化亚铁和二氧化硅。

(2)通过计算掌握炉渣中硫化亚铁被氧化生成氧化亚铁的量。

(3)通过计算可知需多少石英与氧化亚铁造渣。

(4)随着熔炼的进行，石英应少加、勤加。

15.5.2　冶炼

15.5.2.1　加料岗位安全技术操作规程

(1)认真贯彻勤加、少加、均匀加和根据炉况负荷加的原则。

(2)控制好加料量。

(3)在下列情况下可以局部停止加料，待炉况处理好后恢复正常加料。

①翻料后局部形成结壳，可在结壳的部位覆盖炉料后再停止加料。

②渣温低、炉后放渣困难，可以暂不加料或控制加料以便提高渣温。

(4)渣子发黏、温度较低、不好放时,应及时调整炉况。

15.5.2.2 矿热电炉控制室岗位送电操作

(1)接到班长或加料组长送电通知后,立即通知电工对供电线路及设备进行检查,并通知油冷室值班人员启动油泵。

(2)接到电工检查完好的通知后,将电极抬离渣面并检查电极绝缘是否良好。

(3)通知电工检查隔离开关室。

(4)发出送电警告。

(5)待送电允许信号灯亮后,操作转换开关,合闸;待红灯亮,三相高、低压电压表均有指示,电流无指示即为送电正常。

(6)缓慢操作电极下插,调整电流达规定值并记下送电时间。

(7)本班时间内非电器的短时间停电检修,按程序送电。

(8)凡停电检修,应由检修者拉下隔离开关挂,上"有人工作"示意牌,检修完毕,由检修者摘牌后,方可送电。

15.5.2.3 液压岗位操作规程

(1)主油泵启动时,溢流阀必须调为零,禁止负荷开车。

(2)主管箱岗位,在六根电极上限,中液位时,保持能看见油标。

(3)滤油机压力为 2kg/cm^2,立即更换滤纸。

(4)滤油机机箱油少时及时关闭吸油阀。

(5)每班必须检查蓄能罐氮压力,不得低于 30kg/cm^2,不得超过 65kg/cm^2。

(6)使用压缩机时必须检查它的三级压力,检查润滑。

(7)伺服阀、锥阀正常工作时,不得随意关闭阀门。

(8)不准用湿手、湿布擦抹电器设备,不准在电器上吊挂衣物等。

(9)发现跑油应立即停电(必须与控制室进行联系)再行处理。

15.5.2.4 刮板配料岗位安全技术操作规程

(1)开车前必须检查刮板机各润滑点是否缺油,链板是否变形和掉环,密封盖板是否盖好,液压油缸是否漏油,闸门和电振是否被杂物卡住,是否有人在检修设备,一切都正常后,方可开车。

(2)将各开关搬至要求的位置,按下列顺序开车。

刮板——焙砂闸门——电振器。

停车按下列顺序进行:

电振器——焙砂闸门——刮板。

(3)拉料时槽内保持三分之二的料面高度,如发生浮链子,应停止供给熔剂和焙砂,开空车拉完槽内的料后,再按开车顺序恢复供料。

(4)在电极周围工作时,人和导电物体不许接触电极,不许用任何导电体同时接触电极,清扫电极卫生时,必须停电进行。

(5)电振器、刮板机发现异常声音时,必须及时停车查明原因。

(6)电极、减速机轴承工作温度不超过 60℃。

(7)焙砂料仓最大压力 10kg/cm^2,工作油压 7kg/cm^2,所有油门均处于开启位置,冬季油压可适当提高。

(8)水银开关灯亮表示料仓满,灯熄表示料仓空。

(9)打开大料仓下料口活动门,处理下料口堵料时,刮板机必须启动,下料正常后必须关好手动阀门。

(10)正常操作时,所有观察口活动门必须关闭好。

(11)刮板机掉链子、卡链子或坠砣回不去时必须立即停车处理。

(12)发现链条被料卡住，必须停车处理，处理时可倒回链子。

(13)如果电振器不下料，可以从以下几个方面进行检查：额定电流为 4.1A，电磁铁与铁芯间隙一般为 1.8mm～2.1mm，电振器料斗是否被卡住，紧固螺丝是否松动。

(14)配料规程：生产工段长或技术指定人员的配料比准确配料。

(15)检修时应切断安全开关，操作人员离开岗位时必须切断电源。

(16)刮板停车必须在空负荷下进行，带负荷开车，以防烧电机或堵塞管。

(17)白班认真检查电炉旋涡收尘器，发现有积灰，应及时放空。

(18)每班必须检查刮板层灭火器是否充足，不足应立即向工段长汇报，联系补充足。

(19)维修检查设备必须挂检修牌。

(20)3# 电炉开车时头部须有人监视。

15.5.2.5　返渣清理工岗位安全技术操作规程

(1)当转炉给电炉打返渣信号后，应及时与控制室、加料人员联系，并且详细检查炉四周有无工作人员，取得控制室、加料人员许可后，要求立即给转炉指吊工回可以返渣信号。

(2)当给出返渣信号后，立即提起密封砣，以免使转炉返到操作台和炉顶上，或发生其他事故。

(3)电炉发生事故和其他原因(检修、电极上限、渣面过高、停电等)确认不返转炉渣时应提前 5 分钟汇报调度台，指示灯一定要打到红灯位置。

(4)转炉渣返完时，把密封砣盖好，减少炉内冷风吸入量，并打出禁止信号。

(5)清理返渣流槽时，不得站在流槽内。要求劳保品必须齐全，并且指示灯一定是红灯。

(6)发现返渣流槽水套漏水及炉内有积水，没有查明原因之前不得给绿灯信号定渣。

(7)如加料层有人检修，处理料管，烟道或有人清理防护孔时严禁返渣或暂停返渣，待人员离开后方可返渣。

(8)长时间停电之后，返第一包转炉渣时一定要配合加料工，详细检查炉内是否有漏水现象和积水，确定无疑后方可返渣。

(9)交班前 15 分钟之内，返转炉渣的流槽可交下班清理。

15.5.2.6　平板车岗位安全技术操作规程

(1)开车前检查电机车，平板车各部位是否完好，各润滑点是否有润滑油，铁道上是否有障碍物，料罐是否放正以及滑线、弓子、接触器、空气开关和控制器是否完整、好用。

(2)合上空气开关，开车检查控制器和制动装置是否完好，快、中、慢速度是否准确，电动机、机车、平板车运行声音是否正常。

(3)电机车的开动由慢到快，不许快速动车和快速打反车停车，防止过流烧坏电动机，打坏大、小齿轮和造成机车掉道，慢速对罐、挂钩，防止撞坏卷扬滑道。

(4)对罐要稳，信号要准，当钩头挂好，钢丝绳没有问题，把罐一次提起 500mm 不下滑后，便可给提升信号，挂罐时电机车操作者必须看清手势方可开动车，严禁开电机车者在无人指挥下自己开车对罐上料。

(5)料罐吊车正常后，平板车立即离开罐下，防止料罐滑下砸坏平板车，提升料罐时，严禁电机车从下面通过，下放料罐时不许平板车在下面等罐，以防料罐滑下砸坏平板车，料罐放到接近摘钩位置时，平板车开过去落罐。

(6)装料时，料罐必须对正、对准，并与回转窑放料工配合好，防止跑料埋平板车。

(7)不许用金属物体接触滑线，配合电工更换弓子时必须要停电，料罐晃动时严禁放罐，以防造成接地打坏滑线和钢丝绳。

(8)钩摘不掉或挂不上需要人上罐处理时，手必须扶住物件，防止下跌伤人。

(9)开车过程中要注意前方是否有人或障碍物，但不许站在电机车外开车。

(10)平板车在窑下放完料后，若铁道上喷有焙砂或其他杂物，未清干净不得强行开车，以防掉道

和烧电机。

(11)放罐时力求稳、准,料罐放正后方可摘钩。

(12)操作人员离开电机车时,必须切断电源,带走或妥善保管好钥匙。

(13)八小时以内不得乱窜岗位,严格遵守各项规章制度,严禁违章作业。

(14)对本岗位的电器设备、必须遵照有关电器安全规程,保障设备及人身安全。不属本岗位的设备不得随意操作,不得在没有防护措施下带电操作。

(15)对违章作业,冒险作业或有不安全因素,应及时监督、阻止。

(16)两台平板车运行中必须注意前后距离,严禁两台车碰撞。

15.5.2.7 接电极壳岗位安全技术操作规程

(1)焊接电极壳前,必须认真检查楼板上的胶皮和电极的绝缘情况,做好安全防护措施,必须穿戴好劳保用品,操作时,严防发生触电事故。

(2)焊接电极壳必须对齐,对正、上下电极壳筋片要对准,电极筋片间焊长度要求每片间连接长度大于 30mm。

(3)要求电极壳的筋片要满焊、焊牢。

(4)电极壳的焊接要求满焊,无气孔,无砂眼,符合焊接质量标准,焊接后必须把渣子清干净,检查焊缝质量达到合格后才能离开岗位。

(5)电极壳长度最高以不妨碍加电极糊的正常操作为准,最低不能下楼板。

(6)离开现场时,必须认真检查和清理,以防焊接时留下的火花引起电极着火事故。

(7)运送电极壳时,不许人坐电梯,电极壳不许伸出电梯箱外,不许自己开电梯,必须由加糊组人员专门开电梯。

(8)4 楼的备用电极必须摆放整齐,不得妨碍加电极糊的正常工作。

(9)焊接筋片时,必须注意做好绝缘工作,防止电机及壳接地放炮或发生伤亡事故,焊接者焊接时要严防掉入电极,并戴好防毒口罩、防尘帽等,边上必须有专人监护。

(10)焊接电极时,必须与控制室操作人员密切配合,升降电极时,应及时与控制室取得联系。

(11)使用加糊电葫芦出现故障必须汇报调度联络处理。

15.5.2.8 加电极糊岗位安全技术操作规程

(1)上岗前必须穿戴齐全劳保用品,严禁上班前或班中喝酒,违者班长或组长有权阻止其上岗或停止其工作。

(2)检查电梯钢丝绳,机械设备及传动部分的润滑是否符合使用要求,并负责各润滑点加油。

(3)检查所用的物体是否超出电梯轿箱。

(4)检查电葫芦、钢丝绳、钩头、按钮及电极糊斗子是否完好。

(5)使用电梯前,必须开电梯上下来回开动几次,检查运行是否正常,抱闸是否好用。

(6)电梯开到四楼时,电梯内外轨道必须对平、对正,到其他各层时,电梯轿箱底面与楼板面对平。

(7)非操作人员严禁乘坐电梯,除操作人员工作需要必须乘坐外,其他人员不允许乘坐。

(8)所有运送物件必须放稳、放正,防止滑动或滚动。

(9)电梯在运行中发现开不动或运行速度有变化应及时汇报处理。

(10)电梯工作完毕后,必须将电梯开回地面层,并切断总电源,锁上开关箱。

(11)电梯停在各层楼时,必须关好安全门或采取其他安全措施。

(12)电极糊斗子装糊时,吊杆法兰盘必须露出糊面,防止加料时造成短路放炮。

(13)加糊时,吊杆上必须拴好结实的绝缘绳,防止接地放炮,操作人必须离开电极 3 米以外,防止放炮烧人,不许一手拿按钮,一手接触电极,避免触电伤人。

(14)加糊时,人或导电物体不许同时接触两根电极,以防发生事故。

(15)电葫芦不得超载运行,不得斜拉歪吊。

(16)电葫芦钩头、钢丝绳不许接触电极壳或与电极接触的斗子,以防接地打坏钩头和钢丝绳。

(17)严禁从楼上往下扔任何东西。

15.5.3 设备开、停车判断

(1)电炉发生电极软断,需停电焊电极壳底,重新焙烧电极,待电极焙烧好后,再送电。

(2)电炉发生漏炉事故,需立刻停电降温。

(3)电炉炉前发生跑铜事故,需立刻停电。

(4)电炉炉后发生跑渣事故,需立刻停电。

(5)维修电极和处理电极附属设施时,需停电处理,处理完毕后再送电。

15.5.4 物料计量

(1)焙砂:卷扬电子秤计量。

(2)电炉渣:目前无计量设施,计算时,每包平均按 25 吨计算。

(3)石英:电子皮带秤计量。

(4)焦粉:电子皮带秤计量。

(5)烟灰:按收尘中间仓吹灰缸计量。

15.5.5 化验分析

(1)焙砂进行化验分析,分析元素为 Ni、Cu、Fe、Co、S、CaO、MgO、SiO_2。

(2)对电炉渣进行分析,分析元素为 Ni、Cu、Fe、Co、S、CaO、MgO、SiO_2。

(3)对低镍锍进行分析,分析元素为 Ni、Cu、Fe、Co、S。

15.5.5.1 闪速炉作业

闪速熔炼的生产过程是一个复杂的系统控制过程,对全系统每一道工序,每一个岗位的操作和控制都有极为严格的要求。

闪速熔炼生产正常进行的目标是:

按合适的镍锍或铜锍品位生产出镍锍或铜锍;

按合适的 Fe/SiO_2 产出炉渣;

产出温度合适的镍锍或铜锍和炉渣。

通常闪速熔炼生产的正常进行,是以生产技术控制和生产操作控制两方面的工作为基础,二者相互依存、相互促进、缺一不可。技术控制是生产操作控制的基础和依据;生产操作控制为生产技术控制提供保障。

(1)生产技术控制

闪速炉生产技术控制是指各系统运行、操作的技术条件的设定和调整过程。

针对闪速炉生产正常进行的目标,在保证其他系统按正常的技术条件进行控制和操作的情况下,闪速炉生产技术控制工作主要是围绕着冰铜温度、冰铜品位、渣 Fe/SiO_2、贫化区电单耗和还原剂率的控制来展开进行的。

①冰铜温度的控制

闪速炉对操作温度要求十分严格,操作温度不但影响经济技术指标和熔体的排放,还直接关系到炉体的安全运行。

操作温度过低,熔炼产物黏度高,流动性差,炉渣与低镍锍的分离不好,进入渣中的有价金属量增大,最终造成熔体排放困难,有价金属损失增大;温度过高,将加剧低镍锍对炉体耐火材料的侵蚀,长期高温操作可能会导致漏炉等重大工艺事故。因此,温度控制是闪速炉技术控制的关键部分。

在实际生产过程中,严格将闪速炉冰铜温度控制在 1150℃～1250℃之间,主要通过调整反应塔

反应温度、调整热量在熔体和烟气中的分配、调整热量在炉渣和冰铜中的分配来控制冰铜温度。

a. 调整反应塔热负荷控制冰铜温度

闪速炉反应塔反应温度高低是影响冰铜温度的最关键因素，只有控制合适的反应塔反应温度，才能稳定控制低镍锍温度。影响反应温度的主要是：反应塔喷嘴的工况条件，反应塔燃油量，反应塔总风量(即富氧浓度)，干精矿的理化性能和加入的烟灰量等。

b. 改善反应塔喷嘴的工况条件

反应塔喷嘴的工况条件也就是平时所说的喷嘴工作状况，若喷嘴工作状况良好，则风矿混合均匀，反应塔反应区高低合适，氧气利用率高，炉内反应均匀，需要额外补充的热量少，反应塔油耗低，这种状况的低镍锍温度比较容易控制；若喷嘴工作状况不好，则相反，冰铜温度不易控制。此时，为了保证炉况起见，必须使参与反应的部分精矿过热，则容易导致冰铜过热，温度过高。因此保持反应塔喷嘴工作状况良好，对闪速炉生产控制至关重要。这需要不断改进喷嘴结构，不断摸索喷嘴最佳工作位置，始终保持反应塔喷嘴喉口部没有结瘤等措施来保障。

②合理控制反应塔燃油量

闪速炉处理的精矿理化性能不同，精矿自身反应放出的热量是不同的，维持反应热平衡所需要的重油加入量也不同。在实际生产过程中综合考虑各种因素来确定反应燃油量。精矿理化性能好，在反应塔喷嘴工况条件好、总风量小、目标低镍锍品位高、炉况比较好的情况下，则需要补充的燃油量小；反之则需要补充的燃油量大。燃油量的大小是以反应塔油单耗指标来衡量的。反应塔油单耗即每吨精矿的耗油量，油单耗按下式计算：

反应塔油单耗＝反应塔重油加入量÷精矿处理量

③给定合适的反应塔总风量

当精矿氧单耗一定时，闪速炉反应塔总风量越大，富氧浓度就越低，反应产生的烟气量也就越大，相应烟气带走的热量也就越多，因此在一定的范围内反应塔总风量越大油耗就越高。但总风量过小会影响风矿均匀混合，影响喷嘴工况，甚至影响生产能力。

④干精矿的理化性能

这里所说的理化性能主要包括精矿成分、粒级、物相组成等，精矿中含 Fe、S、MgO、Fe_3O_4 等成分和精矿粒级对油单耗影响最大，一般含 Fe、S 高则油单耗低，含 MgO、Fe_3O_4 高、粒度大则油单耗高。要求精矿粒级合格率为：－200 目＞80%。

⑤烟灰加入量

一般烟灰加入量越大反应塔油单耗越高。

a. 调整熔体和烟气中的热量分配来控制锍温度

合理调整热量在烟气和熔体中的分配量对稳定控制锍温度也非常关键，反应产生的烟气带走的热量约占总热收入的 60%～65%，因此烟气带走的热量多，熔体温度就相对比较低。一般通过调整反应塔总风量来控制。若锍温度持续偏高，适当提高总风量可有效降低锍温度。

b. 调整炉渣和锍中的热量分配来控制锍温度

这是专门针对贫化区操作的，选择合适的贫化区电极电气制度，控制电极插入熔体的深度，可有效控制热量在炉渣和低镍锍中的分配量。一般电极插入熔体越浅，进入低镍锍的热量就越少，电极产生的热量对锍温度的影响也就越小。

(2)锍品位的控制

闪速炉的突出特点之一是可以调整产出的锍的品位。

锍品位是闪速炉技术控制的一个重要的控制参数，对保障闪速炉安全，维持闪速炉、转炉、贫化电炉三个工序连续、稳定、均衡生产及经济技术指标控制起着决定作用，因此控制合适的低镍锍品位对闪速炉生产控制也是至关重要的。

①高品位锍的特点

要生产高品位锍，则需要氧化精矿中大量的 Fe 和 S，所产生反应热就多，可相应减少闪速炉反应塔燃油量，有利于节能。高品位锍还有以下特点：

a. 锍品位越高，炉渣和锍的熔点越高，需要更高的温度来保持熔体应有的流动性，提高了闪速炉对耐火材料的性能及质量要求；但另一方面，高品位锍对炉体耐火砖侵蚀小，有利于闪速炉安全运行。

b. 锍品位越高，对入炉物料的氧化程度越大，炉渣中 Fe_3O_4 的含量升高，炉渣黏度增大，氧化进入渣中的有价金属量也增大，有价金属回收率降低。

c. 锍品位越高，精矿在闪速熔炼过程中脱硫率越高，转炉吹炼时间相应缩短，有利于提高转炉生产能力。

闪速炉生产组织主要根据来料情况、系统配套能力并结合指标控制、工艺设施状况等，决定冰铜目标控制品位。

②锍品位的控制

在实际生产中，锍品位的控制是通过调整精矿氧单耗进行控制的，同时精矿理化性能、闪速炉炉况、烟灰加入量等对闪速炉锍品位有明显的影响。一般精矿品位高、理化性能好，反应塔精矿喷嘴工况条件比较好，烟灰产率低时，需要控制的精矿氧单耗比较低，所产出的锍品位也相对较高。

实际生产中，只要给定精矿量、氧单耗、总风量、反应塔油量等关键参数，计算机将自动计算出所需要的二次风量和氧气量。计算机是依据以下公式计算并设定的。

$$\text{氧气量}=(\text{精矿量}\times\text{氧单耗}+\text{反应塔油量}\times 2.1-\text{总风量}\times 0.21)\div(0.9-0.21)$$

$$\text{二次风量}=\text{总风量}-\text{氧气量}$$

其中：0.9 为纯氧浓度，0.21 为空气氧含量，2.1 为重油耗氧系数。

(3)渣 Fe/SiO_2 的控制

在闪速熔炼过程中，精矿中的 FeS 被氧化为 FeO 后和熔剂中的 SiO_2 形成炉渣，借助于炉渣和锍比重的差异和相互溶解度低的特点，将有价金属富集在锍相，而杂质则富集在渣相中。因此炉渣是熔炼过程中的必然产物。实际生产中对炉渣特性(即渣型)有以下要求：

①炉渣性能要求

a. 有价金属在渣中溶解度低，即进入渣中的有价金属量少；

b. 与炉渣的分离良好，流动性好，易于排放和堵口。

通常所说的渣型可以通过渣 Fe/SiO_2 反映出来，生产过程通过调整反应塔加入的熔剂量(即熔剂率)来控制渣 Fe/SiO_2。一般控制渣 Fe/SiO_2 在 1.15～1.25 之间。精矿中的 SiO_2 含量、锍品位调整等对闪速炉渣 Fe/SiO_2 影响较大。

②Fe/SiO_2 与炉渣性能的相互关系

渣 Fe/SiO_2 高低对闪速炉生产过程影响很大，主要为：

Fe/SiO_2 高，炉渣导电性好，渣热容低，提高渣温相对比较容易，炉渣温度对锍温度影响小；同时也有渣含 Fe_3O_4 高，黏度大，流动性较差，渣含有价金属量较大的缺点。

Fe/SiO_2 低，炉渣导电性相对降低，热容大，炉渣温度对锍温度影响大；但有渣含 Fe_3O_4 相对低，流动性较差，渣含有价金属量较少。

闪速炉渣 Fe/SiO_2 根据来料成分变化需要不断调整，一般若精矿含 $MgO>6.5\%$，渣含 $MgO>9\%$，则控制炉渣 Fe/SiO_2 较低。

(4)生产操作控制

生产操作控制是指各系统为保证闪速熔炼过程顺利进行，按照一定的技术条件进行操作和控制，确保闪速炉正常生产。主要控制参数为：重油压力、温度、流量，一次风压为、流量，氧单耗、总风量、精矿量、炉膛负压以及贫化区电极负荷等关键参数的操作控制。

上述对矿热电炉、闪速炉的冶炼作业进行了简单论述，其他炉窑的冶炼操作见各自相关单位具体的操作规程。

15.5.5.2 转炉作业

(1)运行参数判定

转炉生产工艺作业参数

表 15－2 转炉生产工艺作业参数

序号	项目	单位	监控参数范围
1	单炉低镍锍处理量	T/炉	视转炉能力
2	入炉平均送风量	Nm^3/h	转炉设计量
3	入炉平均风压	MPa	≤0.140
4	管中瞬时风压	MPa	0.04～0.145
5	排烟机前负压	Pa	－700～－1400

(2)设备开、停车判定

转炉在生产过程中的设备开停车判定如下：

①准备

a. 通过调度通知外围单位(余热锅炉、收尘、风机房等)做好开车准备。

b. 经检查炉内无熔体，炉长转动炉子到吹炼位置，通知炉后工清理风眼。

c. 炉长堵上油枪孔，并与炉后工协作糊补炉口。

d. 通知控制工联系后试车。

②进锍

炉长提前 10 分钟通知炉长助理做好进料准备。

炉长将炉口转到进料位置。

炉长助理指挥吊车将低镍锍准确、缓慢倒进炉内。

③开风

进两包热料后开风。

控制工按炉长指令执行以下操作：

a. 与车间协调员联系，通知高压风机房开风。

b. 提排烟机负荷到 80%，并确认排烟机负荷反馈值 70%以上。

c. 按风机参数要求逐步提风机负荷。

d. 炉长确认入炉风压大于 0.04MPa 后，转动转炉至吹炼位置，观察炉口火焰状况，确认送风正常，将密封小车开到下限位。

e. 入炉风压大于 0.06MPa 后，控制工合事故开关。

④吹炼

吹炼 5～8 分钟待炉温升起后，炉长通知控制室加入熔剂。

当炉温升高后，炉长通知控制室或炉长助理加入冷料继续吹炼。

炉长观察火焰和炉口喷溅物，判断渣造好后进行放渣作业。

吹炼至终点，由炉长判定产出。

⑤停风

渣造好或吹炼至终点时准备停风。

炉长打铃通知炉后工停止清风眼操作，将捅风眼机开到炉后两侧位置。

控制工得到炉长停风指令后，断开事故开关。

炉长将密封小车开到上限位，转动炉体，将风眼区转出熔体面。

控制工以风机操作要求参数范围，逐步降风机负荷到零。

如果是出炉停风，停风后 10 分钟内，控制工降排烟机负荷为 0，并确认。

⑥放渣

渣造好，并经进料还原后准备放渣。

放渣前，炉长助理检查渣包。

执行停风操作。

炉长进行放渣操作，放渣期间，由炉长采取渣样，交质检中心化验分析。

⑦出炉

当通过火焰、热样断面、荧光分析结果最终确认，由炉长决定出炉。进行以下操作：

执行放渣操作，将渣内残渣放净。

通知炉长助理做好出炉准备。

炉长进行出炉操作。

(3)物料计量

转炉的投入、产出物料，分别采取不同的计量方式。包装物料如低镍锍、钴冰铜、冷料、高镍锍等采用吊车称计量。仓加物料如冷料、石英等采用定量给料机计量。风量、烟气量、水量、油量等流态物质，通过不同的流量计计量。

(4)化验分析

①出炉前的化验分析

炉长在筛炉期间随时注意火焰变化情况，根据经验判断终点，从炉口取样，送荧光分析。根据荧光快速分析报告单帮助炉长判断，判定冶炼作业正常，决定出炉。

②产品的化验分析

出炉后，由检测中心取样人员共同取样，送交检测中心进行化验分析，根据分析报告判定产品是否合格，冶炼作业是否正常，最终决定产品可否销售。

15.5.6 产出

15.5.6.1 熔炼炉操作

(1)将氧气管插入氧气带约 200mm～300mm，手握紧插入铁管一端的氧气带，手必须离开氧气带头 50mm～100mm，防止回头烧伤。

(2)开氧气使压力约 1kg/cm²～2kg/cm²，在木柴或电极糊上把吹氧管点燃后放到口子上，再用一根粗气管或废氧气管顶到放出口上助燃，烧进 50mm 左右便可加大氧气量，氧气压力的大小为能将口子内的氧化亚铁和冰镍吹出为准。

(3)烧口子时，吹氧管应端平、对正、顶紧手腕并作稍稍晃动，增加烧口直径，但严禁烧低或烧偏。

(4)用的氧气管必须干燥。

(5)烧口子放锍前必须根据《衬套的使用及更换制度》认真检查衬套的质量，不符合放锍条件不要勉强放，应及时向炉长提出更换。

15.5.6.2 转炉操作

当通过火焰、热样断面、荧光分析结果最终确认终点，由炉长决定出炉。进行以下操作：

(1)执行放渣操作，将渣内残渣放净。

(2)通知炉长助理做好出炉准备。

(3)炉长进行出炉操作。

(4)通知相关岗位进行停车操作。

15.6 停炉检修

15.6.1 停炉作业

15.6.1.1 停炉准备

(1)熔炼炉

①清理炉底通道及炉底两侧焙砂、杂物，检查炉基防护墙及炉体四周厂房立柱防护墙，有损坏的及时修补。

②将炉体周围用耐火砖砌筑 0.6m 高的双层防护墙。

③炉体周围不允许堆放易燃易爆危险品，停炉时氧气瓶存放于安全处，准备一定数量的灭火器。

④停炉前必须将炉体四周积水、积油清理干净，杜绝漏水、漏油。

⑤检查照明，若不够及时添加。

⑥检查放出溜槽衬套、衬砖，若有问题，及时修补更换。

⑦准备两套梅花枪、耙子、两个石墨锥头，并制作 100 个以上高质量泥球。

⑧疏通所有料仓，清理烟道，保证排烟畅通。

(2)转炉：

①联系对备用炉进行试车并联系倒炉。

②准备 2～3 包品位较低的热料。

③准备好风管及水管、镁泥等预防漏炉所需材料。

15.6.1.2 停炉作业

(1)电炉停炉作业：

①停炉前按停炉方案进行洗炉作业。

②洗炉后组织排渣，排渣到炉后不淌为止。

③排渣完后，组织排放冰铜，放到炉前不淌为止。

④停炉过程中严密监视炉体温度、渣温和铜温，以防漏炉。随时测量并记录炉体收缩情况，及时紧炉体拉杆弹簧。

⑤当流体放尽后，控制工将电极抬离液面，三相电流降为零，执行停电操作，并作好停电记录。

⑥停炉后盖好电极口，防止灰尘落入。

⑦停炉后把所有电极抬至上限，停排烟机和油泵，并把蓄力器放至最低位置。

(2)转炉停炉作业

炉体检修前必须要经过洗炉和停炉过程。无论何种类型的检修，洗、停炉的要求和方法都大致相同。主要是升高低镍锍温度，将渣线以下炉墙黏结洗净，然后自然、缓慢降温，以便于炉内鉴定和打砖、砌砖。

洗炉时炉内进两包低品位镍锍并按正常操作程序开风吹炼，只是吹炼期间不加入任何物料，氧化反应所释放的热量，使熔体温度不断升高。

视炉墙黏结严重情况，决定洗炉时间长短，正常情况下，洗炉延续至 20～30 分钟时，要转过炉口观察，如果炉内颜色发白、砖缝清晰可见，表明洗炉完成，否则继续吹炼 5～10 分钟。值得注意的是，炉体至洗炉阶段，某些部位已十分薄弱，对炉内状况炉长应了然于心，并做出准确判断，谨慎把握吹炼进程和温度控制，加强炉体监护工作，发现意外情况，立即组织出炉，以免增加检修难度。

出炉速度越快越好，一般准备两个包子交替接放，避免温度下降重又生成黏结，影响洗炉效果。出炉后，迅速将炉口朝下，残余熔体流入安全坑。停炉后 24 小时内通知修炉车间打开工作门，除非炉

期紧张，正常情况下不许强制通风速冷。4 天后，生产车间将烟道块清理干净，组织技术人员与修炉车间共同对炉内进行鉴定，决定检修内容。

若停炉时炉衬未到使用寿命，不检修炉衬则按烘炉程序进行保温作业。

15.6.2 检修

15.6.2.1 炉体拆除

(1)停炉后砖体、钢骨架等进行全面检查，确定炉子的损坏状况。

(2)在确定炉子是大修还是中修后，按要求进行炉体拆除。

(3)若是大修，则拆除所有砖体，包括炉顶、端墙、侧墙、放出口衬砖等，并修复炉体损坏或变形严重的钢骨架，更换或修复烟道、循环水系统，全面检修或更新机电设备和仪表。

(4)若是中修，则拆除端墙，测量侧墙砖体腐蚀程度，确定侧墙更换或是挖补，局部检修或更换附属设备设施。

(5)炉体拆除时要在炉体四周设置安全警戒线，以防坠物伤人。

(6)炉体拆除后要及时清理炉内砖体，杂物及现场，为筑炉做好准备。

15.6.2.2 配合检修

(1)停炉后要派人看护岗位，以防财物被盗和发生安全事故；看护人员要勤巡查，责任到位。

(2)在筑炉过程中要密切配合修炉施工队伍进行必要的拆除和挖补。

(3)要按要求及时配合安装水冷件等，保证修炉进度。

(4)检修结束后要及时对烟道等安装时在炉顶部位的孔洞进行密封。

15.7 安全操作

15.7.1 安全技术操作

15.7.1.1 作业现场状态判定

(1)员工身体状态与精神状态确认：员工在上岗前应自行确认身体状况是否良好，班前由炉长对本班每位员工的身体状态及精神状态进行确认，对身体状态、精神状态不好者禁止上岗。

(2)作业现象状态确认：进入作业现场前严格执行安全确认翻牌制度，即进入工作现场前将安全确认牌翻至安全确认检查状态，在对作业现场按有关要求进行安全状态检查，确认安全状态正常后，将安全确认牌翻至检查完毕状态，方可进入作业现场工作。

15.7.1.2 岗位安全教育

(1)岗前安全教育：每次上岗前由炉长对本班职工进行上岗前安全教育。

(2)三级安全教育：新工人入厂及连续离岗十五天以上的职工实行厂、车间、班组三级安全教育。

(3)安全技术培训：定期对职工进行安全技术培训，不断提高职工的安全技术操作水平。

15.7.1.3 安全事故分析及事故调查

发生安全事故应对事故分析调查，查明责任，确定改进措施，找出事故发生的规律，订出防范办法，认真贯彻执行，以减少和防止事故，事故处理按照事故原因分析不清不放过，事故责任者和职工没有受到教育不放过，没有制定出防范措施不放过的原则执行。

15.7.2 安全保护及环保

15.7.1.1 劳动保护用品

劳动保护用品是指劳动者在生产过程中的安全和健康必须的防护性装备。进入作业现必须佩戴

的劳动保护用品有：安全帽、防护服、防护鞋、防毒口罩，防护手套。

15.7.1.2　环境污染控制

环境污染是指生产过程中排入环境中的有害物质超出了环境的自净能力，从而使环境质量恶化，有害于人类生产和健康的现象。生产现场主要污染物有泄漏的二氧化硫气体和工业粉尘。生产现场环境污染的控制方法有：保证炉体及排烟排尘设施密封良好，尽可能减少二氧化硫气体和工业粉尘的泄漏。保证各环保设施的正常使用，进入工作现场穿戴好各种劳保用品，镍冶炼电炉生产过程二氧化硫排放浓度小于0.25%，工业粉尘浓度小于300mg/Nm^3

15.7.1.3　相关知识：安全状态判定标准

员工上岗前应保证身体状态良好，不得带病上岗。

员工上岗前应保证精神状态良好，班前不得饮酒。

炉渣温度1200℃～1300℃，冰铜温度1100℃～1250℃。

炉体、电极冷却水温小于60℃，各水冷部位无渗漏。

炉体骨架各部位无断裂，无严重变形。

15.8　设备维护及保养

15.8.1　关键设备的维护保养

15.8.1.1　水冷系统：各水冷部位设专人每小时检查一次并记录，经常检查水管、胶管及管接头有无渗漏，发现有漏水现象及时汇报处理，炉体、系统水温不高于60℃。

15.8.1.2　设备润滑

(1)严格执行润滑制度，油质应符合规定，不经主管部门批准，用油不许代替。

(2)润滑用油必须妥善保存，须用专门容器盛放，严禁露天存放，以防灰尘、水分进入。

(3)正常情况下加油润滑由操作者加油，设备检修后由检修者加油。

(4)机电设备需加油润滑点有：刮板滑道、轴承、排烟机所属减速机、轴承、起重电葫芦钢丝绳、制动器加油部位等。

15.8.2　设备点检

15.8.2.1　炉体

(1)拉杆弹簧：检查拉杆弹簧是否压死、断裂，弹簧长度在控制范围之内。

(2)拉杆：检查炉体拉杆是否变形、断裂。

(3)炉顶：检查炉顶是否有塌陷情况，加料管，烟道周围是否密封严实，炉顶是否清理干净。

(4)立柱和围板：检查立柱和围板是否紧靠，是否有损坏之处。

(5)炉墙冷却设施：检查炉墙冷却水套及水管，胶管、管接头是否漏水、冷却水温是否控制在范围之内。

(6)熔体放出设施：检查熔体放出设施是否符合有关要求。

15.8.2.2　配加料系统

计量设施：检查配加料系统计量设施是否准确可靠，误差是否在控制范围之内。

15.8.2.3　排烟系统

(1)烟道及烟道蝶阀：检查烟道是否坚固，有无烧损及漏烟，烟道水套冷却水是否畅通，水套有无漏水现象，冷却水温是否在控制范围之内。

(2)烟道蝶阀：检查烟道蝶阀是否灵活可行，有无损坏现象。

(3)旋涡收尘器:检查旋涡收尘器工作是否正常,有无泄漏及损坏现象。

(4)炉前、后排烟设施:检查排烟风机及炉前炉后排烟设施是否工作正常,排烟管道有无泄漏。

(5)刮板排烟装置:检查刮板排烟装置是否工作正常,排烟管道有无积灰堵塞现象,排烟管道有无泄漏。

15.8.2.4 仪表系统

(1)炉体测温装置:检查炉体各部位测温热电偶是否完好,仪表温度显示是否灵敏可靠。

(2)炉体冷却水测温装置:检查炉墙各部位冷却水测温是否完好,仪表温度显示是否灵敏可靠。

(3)炉体测温装置:检查熔体测温装置是否完好,工作是否正常,炉体温度是否准确可靠。

(4)炉膛负压测量装置:检查炉膛负压测量装置是否完好,工作是否正常,仪表温度显示是否灵敏可靠。

15.8.2.5 相关知识:设备润滑图表有关知识,设备润滑图表主要包括以下几个部分:润滑部位、润滑材料、润滑期限、润滑负责人。

15.9 常见故障的判断及处理

15.9.1 工艺故障处理

15.9.1.1 炉料翻料结壳

(1)原因:①料温低、含有水分。②料粉透气性差。③未按加料原因加料。料坡没控制好。④炉内漏进水。⑤炉内有结壳。因塌壳造成翻料。

(2)预防处理:①严格按工艺技术卡片规定控制工艺参数。②因漏水造成翻料时要及时处理漏水部位。③翻料后炉内局部结壳时应把结壳化掉再加料。④如果翻料后把部分冰铜搅起,应停止加料,等冰铜沉淀后,再转入正常进料。

15.9.1.2 跑铜

(1)原因:①冰铜温度过高,压力大,堵不住口造成跑铜。②衬套氧化严重,内孔过大,端面不平,造成堵不住口而跑铜。③准备工作未做好,泥球不符合要求。

(2)预防和处理方法:①冰铜温度高,压力大时,放铜前一定要把准备工作做好,适当提前堵口。②烧口前一定要做好泥球的检查准备工作。③发生堵不住口时,应通知炉长及时采取措施,并联系吊车进行配合,以防烧坏厂房内设备,同时组织人员强行堵口。

15.9.1.3 冰铜温度过高或过低

(1)原因:①炉渣温度过高,引起冰铜温度过热。②低负荷生产时间过长引起冰铜过低。③长时间高渣面生产引起冰铜温度过低。

(2)预防和处理方法:①炉子正常生产时,要正常进料。②渣面要按操作规程控制,负荷要稳定,炉体放出冰铜温度低时,可将渣面适当控制低些。③发现冰铜温度过高或低时,要及时采取相应措施。

15.9.1.4 炉后跑渣

(1)原因:①渣温、渣面过高,渣口衬套氧化严重,衬套端面不平堵不上口造成跑渣。②准备工作未做好,不能及时堵口造成跑渣。③渣流槽堵死未能及时处理,放渣时使渣流到操作台上造成跑渣。

(2)预防处理方法:①放渣前一定要仔细检查衬套,做好准备工作。②放渣时发现渣温过高,压力太大,应及时通知加料,采取措施。组织人员强行堵口,泥球堵口无效时,可采用直径 60mm 圆钢锥头或石墨锥头强行堵口。

15.9.1.5 渣温过高、过低

(1)原因:①炉子进料量少,负荷高,使炉子空烧将渣温升高。②渣温过低,主要是炉温低,进料量过大,炉子翻料等原因造成。

(2)预防和处理方法:①渣温过高时应适当增大进料量,必要时可适当降低负荷。②渣温过低时,应控制进料量,提高负荷。

15.9.2 设备故障处理

15.9.2.1 控制系统

控制系统故障是指正常生产过程中计算机系统、控制操作台出现局部或全系统突发性故障。若局部出现,应立即联系处理;若全系统出现,应立即停止生产,并汇报处理。

15.9.2.2 排烟系统

排烟系统故障主要指烟道、余热锅炉、排烟机出现问题,或监控参数异常不能正常排烟等。

15.9.3 烟道故障

(1)若烟道的水冷件管路、阀门、水套漏水,及时关闭相应的进水阀门,并尽快组织处理。

(2)若漏水部位直接威胁到生产,立即关闭烟道该部位进水,待漏水止住后继续生产。

15.9.4 余热锅炉故障

余热锅炉发生漏气、漏水故障,依据情况严重程度不同,决定暂时维持吹炼、立即停吹或倒炉操作。

15.9.5 排烟机故障或事故状态

排烟机出现设备故障或参数异常,导致排烟系统负压波动、烟气外泄时,联系相关部门积极采取措施,直到排烟正常;情况严重时,立即停止吹炼或提前出炉,等候处理。

第16章　镍冶炼中级工

16.1　开炉

开炉是火法冶炼生产实践过程的一个重要环节。开炉工作做得好，对于冶金炉窑的正常生产以及冶金炉窑的寿命起着至关重要的保障作用。开炉分故障后开炉、小修开炉、中修开炉和大修开炉等。

故障后开炉是指冶金炉窑本体发生意外故障被迫停炉抢修后的开炉；小修开炉是指冶金炉窑本体完好，而相关的辅助设施或辅助系统发生故障或计划检修后的开炉，一般小修停炉时间较短，开炉过程简单。

中修开炉是指对冶金炉窑本体结构及其相关的辅助系统年度计划检修后的开炉，中修时间较长。

大修开炉一般指冶金炉窑本体需要大面积的修补或更换而进行的检修。

由于检修性质和范围不同，开炉的周期和方式也不同，但不管哪种性质的检修后开炉，都分以下几个阶段进行：

(1)开炉前的准备工作；

(2)烘炉升温；

(3)投料试生产；

(4)熔体排放并转入正常生产。

16.1.1　开炉准备

在开始升温前，必须经过细致的检查，对存在问题的设备、设施进行检修，按开炉计划的要求，在规定的时间内具备正常运行生产的条件。具体要求如下：

(1)对各配加料设备、设施进行过检查、检修并进行过空负荷连续运行；环保收尘系统运行正常，具备正常供料、排烟、收尘条件。

(2)具备正常供氧、供风、供水条件。

(3)具备所有仪表、称量设备及系统正常工作的条件。

(4)余热锅炉系统具备正常生产的条件。

(5)检查确认燃油系统油泵、阀站、调节阀和油枪工作正常，具备正常生产条件。

(6)检查确认冷却水系统各配水点工作正常、无泄漏，各调节阀工作正常、活动自如。

(7)对炉体烧损、腐蚀严重的砖体进行修补；对炉体观察孔、油枪孔、渣口、铜口进行检查或修补；对放渣、放铜流槽或衬套进行检查或更换；对炉体的紧固弹簧、拉杆进行检查、调整。

(8)清理出炉内杂物，放好干木材，做好点火前准备工作。

(9)其他附属设施运行正常，具备开炉升温条件。

16.1.1.1　对闪速炉的要求

(1)对沉淀池(和贫化区)的设施进行检查、完善；对升温过程中暂不使用的观察孔、油枪孔(及贫化区加料管)进行过密封。

(2)风根秤、配加料刮板空负荷连续运行无异常；各调节阀开关位置准确，开关灵活。

(3)精矿喷嘴系统

①检查确认精矿喷嘴系统设施正常，无烧损、磨损，料管位置合适，具备正常生产条件。

②检查确认油枪完好，金属软管无泄漏，油枪位置合适。

(4)热风系统

①一次风系统

检查确认一次风系统压力正常，各用风点压力、流量正常，无泄露，检查确认加热器检修完毕，调试正常。

②二次风系统

a. 检查反应塔二次风系统旁通切换阀关闭。

b. 检查确认反应塔二次风控制系统和计量系统正常，手动、自动均可自如控制。

c. 检查确认沉淀池鼓风系统正常。

③排污膨胀器

检查确认各调节阀、安全阀工作正常，位置合适。

16.1.1.2 对矿热电炉或贫化电炉的要求

(1)电极系统

检查确认电极升降缸、上下闸环、集电环、铜瓦及其楔紧装置工作正常，油管、水管无泄漏，电极运行灵活可靠。

(2)液压系统

检查确认液压站油泵、调节阀、控制阀工作正常可靠，要求检修后液压油必须经过过滤，蓄力器氮气无明显泄漏。

(3)变压器系统

检查确认电炉变压器系统工作正常，短网应进行打压、紧固、清理、检查等维护工作。

16.1.1.3 转炉系统

对其炉体系统、加料系统、水冷系统、控制系统及吊车等进行相应的检查、检修，具备正常生产的条件。

16.1.1.4 系统试车

试车包括软化水系统试车、排烟收尘系统试车、电炉液压电极系统试车、配加料系统试车、仪表系统试车、环保系统试车。

(1)软化水系统试车

①软化水系统试车包括炉体水系统试车、放出口水系统试车等。

②水系统试车材料、备件和工器具准备。

(2)排烟收尘系统试车

试车目的是为了考查排烟蝶阀动作情况以及蝶阀在各种开度，风机在各种负荷条件下的负压情况。

排烟收尘系统试车的条件是排烟收尘各系统、各设备及附属设施安装到位，以及仪表控制系统安装到位。

(3)电炉液压电极系统试车

①液压电极系统试车主要包括液压控制部分、电极导电部分以及电气控制部分。

②试车必须具备的条件

a. 电极现场安装到位，电极检查处理完毕，经试压验证、验收后进行。

b. 有关液压站及电极控制的电气部分必须安装到位

c. 电极系统各级绝缘必须通过测试

d. 试车前必须将现场清理干净，拆除一切多余管道及设施。

e. 试车前检查所有控制阀门处于关闭状态

f. 试车前必须将电极壳固定在加糊平台上，以防试车电极下滑。

(4)配加料系统试车

配加料系统主要包括上料皮带、料仓、皮带秤、刮板运输机等。其试车内容主要包括上料皮带机

的调试、皮带秤的调试、刮板运输机调试，最后完成配送和配加料系统连动试车调试任务。

①试车必须具备的条件

a. 设备设施必须安装到位，并经过现场验收。

b. 有关设备的电器控制部分必须安装完毕。

c. 炉顶加料设施安装到位。

(5)仪表系统试车

仪表部分所涉及到的主要有主体部分、收尘排烟部分、供水部分、配加料系统、测温用热电偶。其试车目的是为生产工艺提供准确可靠的控制检测参数。试车前要仔细检查一次元件的安装、管路桥架、补偿导线的铺设是否符合规范要求，补偿导线及电线电缆有无破损，接线端子是否准确牢靠。

(6)环保系统试车

环保系统试车主要是对各环保风机、环保管道和系统阀门配置进行检查以及对系统各个用风点、总管和支管进行风量和负压测试，以便能保障现场用风作业环境的清洁卫生。

16.1.2 烘炉

16.1.2.1 烘炉作业

(1)电炉烘炉

①电阻丝烘炉：

a. 安装临时烤炉供电线路及配电设备。

b. 用铁丝制作电阻丝。

c. 在安装电阻丝前将炉底清扫干净，然后在炉底铺上干水渣或石英砂。

d. 电阻丝沿炉子纵向平行地铺设，电阻丝每隔 1.5 米用一块砖隔开，以防短路，电阻丝与角钢用螺丝连接。

e. 在炉顶电极孔插入 3 个热电偶，热电偶插入炉膛 100mm。在炉底装 3 个热电偶检查控制室测温仪表是否准确。

f. 烘炉前，在电阻丝安装完毕后密封炉体，关闭所有烟道蝶阀和料管观察孔及闸门，封闭返渣流槽口。

g. 烘炉期间每小时记录一次温度、电流。

h. 在上述工作完成后，立即按供电计划与技术要求供电。电阻丝烘炉时间为 7～9 天。

②重油烘炉焙烧电极：

a. 架设好重油管道，首先将电极壳插入炉膛，在电极壳上打排气孔，孔间距 300mm。

b. 放电极压要在加好电极糊后进行，防止送电时铜瓦打弧。

c. 电极糊加到铜瓦上缘 0.5 米，焙烧过程中及时添加电极糊，防止电极糊全部熔化形成隔层，造成电极硬断，要保持糊面高度。

d. 打开铜瓦冷却水，电极处于下限位置，按升温曲线升温，焙烧电极需要最高温度 750℃，时间 2～3 天。

e. 重油烘炉焙烧电极时采用炉膛微正压操作。

f. 电极焙烧好的判断方法：炉膛内一段电极呈暗红色，没有流出的电极糊，电极壳上的排气孔火苗短而无力。电极焙烧好后停止烧重油。

③电弧电阻烘炉：

a. 电阻丝烘炉后，拆除电阻丝烘炉时炉内的遗留杂物，继续在熔池铺一定厚度的水渣。

b. 在每根电极下挖坑，每两根电极间挖沟。

c. 在坑沟中铺满焦粉，焦粉中埋入圆钢，连接同相两根电极。

d. 如果有焙烧好的电极，把炉内电极末端小于 Φ600mm 的电极打掉，防止开炉中电极硬断。

e. 变压器采用星型接法，送电引弧。

f. 除炉前、炉后压板外，开启所有电极冷却水，在炉体冷却铜砖温度达到80℃后送铜砖水。

g. 根据炉子升温情况打开副烟道。送电后两天内保持微正压操作。

h. 送电引弧正常后，砌死工作门，按规定的升温曲线调节负荷大小。

i. 调节炉体拉杆弹簧，保持要求尺寸。

j. 开炉过程中对炉体横向、纵向及炉顶拱高的变化进行测定。

k. 烘烤炉前、炉后溜槽，作好放铜、放渣的各项准备工作。

l. 在烘炉最后一天，视炉膛、炉体各部位温度调整电压级，为正常生产作准备。

m. 待炉前放出熔体后，方可进料转入正常生产。

(2)转炉烘炉

①烘炉的要求

烘炉前必须认真检查炉内是否有掉砖、下沉、塌落等现象，并将风眼中的杂物清理干净。

缓慢升温，在晶型转变点必须恒温20小时以上。

炉衬砌体受热要均匀，为了防止局部过热应及时转动炉体。

升温过程温度要稳定上升，不要波动过大，避免停风、停油故障发生，以免耐火砖衬因温度突变而爆裂。

及时观察炉体受力情况，使炉衬砌体合理膨胀。

目前采用重油烘炉，一般大修时间为72小时以上，中、小修可适当缩短。其最终温度达到1000℃以上就可以联系要料。

②烘炉的燃料及使用

烘炉所使用的燃料主要是木柴和重油。将其主要特征列于表16－1。

表16－1　转炉用燃料的主要特征

燃料种类	成分/%(质量百分数)							发热量 /MJ·kg^{-1}	空气量 /Nm^3	废气量 /Nm^3	废气热值 /MJ·m^{-3}
	H_2	H_2S	CH_4	C	S	H_2O	O_2				
木柴	4.5	—	—	84.2	—	22	32	—	3.8	4.5	2.89
重油	11.5	—	—	84.2	2.5	1.0	0.7	40.49	10.54	11.27	3.59

在使用重油烘炉前，先用木柴烘烤，炉内潮气基本挥发排掉、炉膛温度达到重油闪点以上(约150℃)，再利用重油继续升温。此举的主要作用在于：

a. 木柴发热值较低且便于引燃，在升温初期，达到均匀缓慢升温的目的，使砖体避免遭受急剧的热量冲击。

b. 使重油易于点燃并稳定燃烧，提高重油利用率，减少因温度较低、重油燃烧不全而产生的大量烟气。

c. 烘炉操作

以重油烤炉为例：首先检查重油、雾化风管线是否完好。准备好油枪，同重油间联系供油无问题后，用木柴或棉纱引火，用小油，小风进行烘烤，待温度缓慢上升、油枪燃烧稳定之后，根据升温曲线要求和热电偶所测温度，适时调整油量。冬天要注意重油的管路保温，防止重油凝结影响烤炉，更应该防止重油着火发生火灾。

16.1.2.2　开炉方案及升温曲线

(1)闪速炉开炉方案及升温曲线

年度检修一般指对闪速炉放出口等关键部位进行小面积挖补，闪速炉上升烟道到反应塔段不熄火，实际上是热态检修，闪速炉升温过程约为7～8天，控制4℃/h～6℃/h的温升。大修则一般指闪速炉熄火停炉检修，为冷态检修，对炉墙、炉顶甚至炉底等关键部位都进行挖补或完全更换，升温过程

比较缓慢，需要约 15～30 天的升温时间。升温曲线见图 16－1。

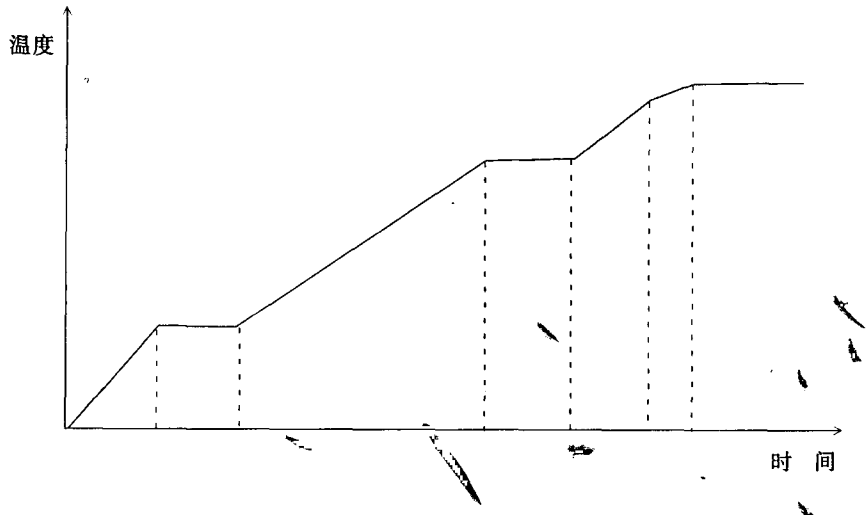


图 16－1 闪速炉升温曲线图

(2)主要技术条件

①反应塔总油量 600kg/h～1200kg/h。

②反应塔二次风量 8000Nm³/h～12000Nm³/h，风温在保证最高蒸气压力的情况下，控制最高温度。

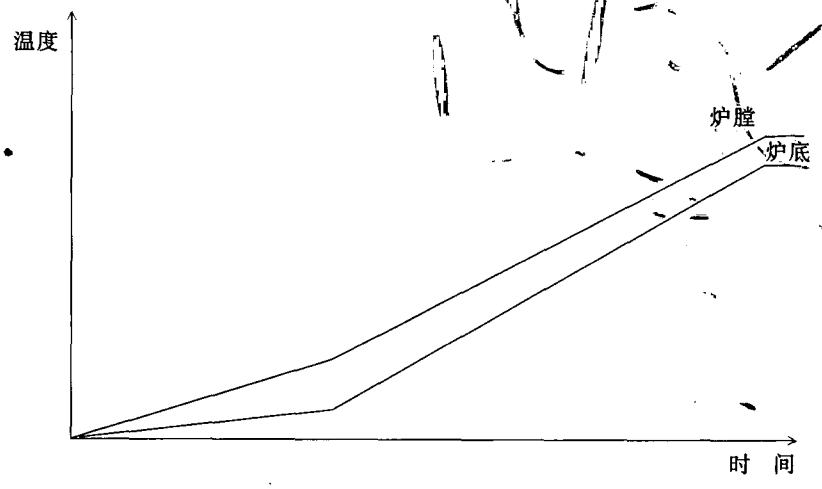
③反应塔一次风量大于 550Nm³/h，压力大于 0.45MPa，一次风温控制要求同二次风，各油喷嘴处风压 0.4MPa 以上。

④沉淀池总油量 400～1200l/h。

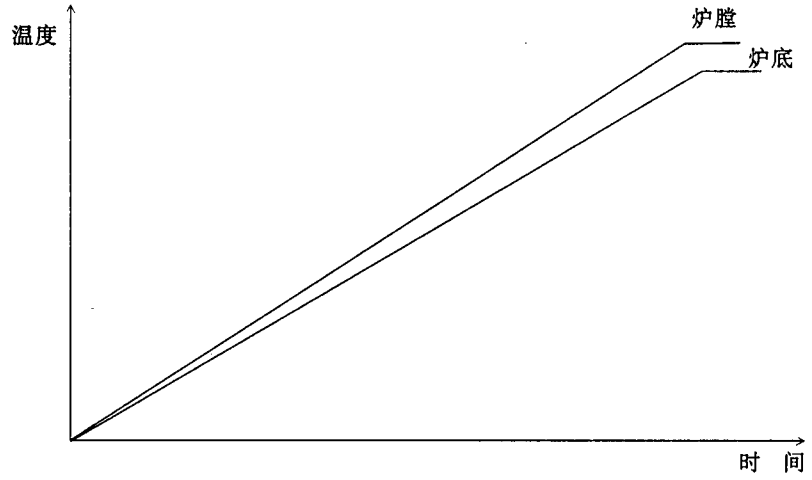
⑤重油间供油压力 0.6MPa～0.9MPa，喷嘴处压力为 4.5MPa～5.0MPa。

⑥沉淀池负压小于－10Pa。

(3)电炉开炉方案及升温曲线



电炉大修烘炉升温曲线



电炉中小修烘炉升温曲线

(4)转炉开炉方案及升温曲线

为保证合理升温，要求严格按所用耐火材料的升温曲线进行升温，例如转炉大修后升温曲线如图16－2所示：

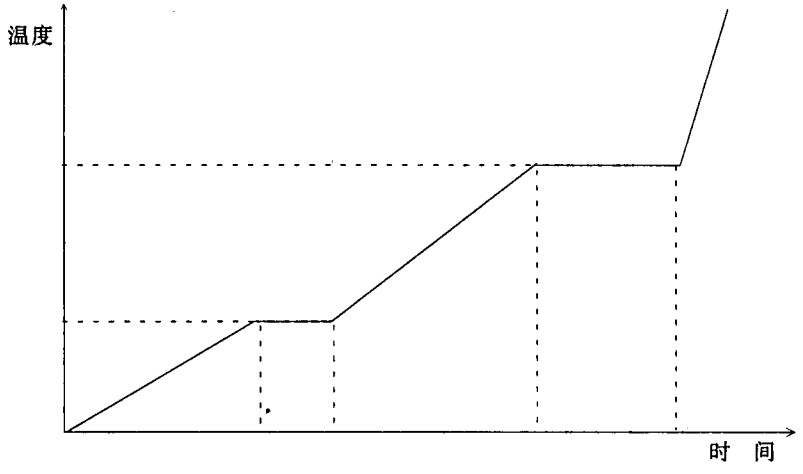


图16－2 大修后升温曲线

其他炉型的升温曲线见各自具体的开炉方案。

在系统试车和烘炉作业结束后，具备开炉条件。为实现顺利开炉需制定开炉方案，具体内容如下：

①询问上下道工序是否具备开炉条件。

②岗位操作人员经过培训并全部到岗。

③电气、仪表控制系统及相关设施正常送电运行。

④联系上石英、冷料。

⑤联系余热锅炉上水运行。

⑥联系软化水泵房供水。

⑦联系鼓风机房开启风机。

⑧开启环保、排烟风机，并将排烟机控制方式切换至远程控制。

⑨做好相关设备、设施(如液体吊车、渣包、浇铸坑等)的准备工作。

16.1.3 试生产

16.1.3.1 试生产的目的

试生产的目的是在烘炉完毕后，当炉内温度达到作业要求时投料进行的摸索性生产。其目的是保证炉窑的安全运行以及各个所属设备、设施的安全运行，为生产和经济技术指标提供最佳生产依据。

16.1.3.2 试生产方式方法

(1)闪速炉试生产方式方法

上升烟道临时热电偶温度达到1200℃以上时，即可转入试投料阶段，此时要求反应塔空间温度达到1300℃以上。

通常，闪速炉的投料量是根据系统的运行状况分阶段逐渐增加的，整个过程大致分为两个阶段：

①调整阶段，通常3～7天，小料量，这一阶段主要是调整镍锍品位、炉墙挂渣以及让各系统特别是炉体有个调整适应过程；

②正常生产阶段，正常料量投料。

(2)电炉试生产方式方法

在投料试生产期间，电炉应先采用低负荷，少投料的生产方法，待炉体膨胀趋于恒定后，再加大投料量，提高电负荷，从而转入正常生产。

试生产具备的条件：

①各个系统带负荷试车是否正常，若有问题及时解决。

②炉前、炉后溜槽砌筑安装和烘烤结束，返渣溜槽安装就绪。

③炉前冰镍口烧开后，液体有较好的流动性。

④各种工器具准备齐全，堵口泥球准备好。

⑤操作人员经过培训就位。

⑥炉体升温曲线达到目标值。

⑦生产前要先把炉体拉杆弹簧调节到规定要求。

⑧炉前、炉后安装好高温流体测温热电偶。

试生产参数及物料要求

渣面：1.8m～2.1m。

低镍锍面：＜600mm。

炉渣温度：1200℃～1300℃。

低镍锍温度：1100℃～1200℃。

炉膛温度：＜900℃。

(3)转炉试生产方式方法

开炉准备工作完成后进行试生产。试生产注意事项：

①加强对设备设施的点检工作，发现问题及时汇报处理。

②试生产初期炉温较低，可适当提高吹炼温度。

③炉体大修后的前10～20炉，一定要控制好操作料面和送风强度，以免引发恶性喷溅，损伤护板和炉壳。

④出现异常现象，立即启动事故预案处理。

16.2 火法冶炼

16.2.1 进料

16.2.1 进料的准备

(1)穿戴好一切劳保用品,准备好手电、手锤和圆钢。

(2)详细阅读本班的生产指令和上一班的交接班记录,了解上班的生产情况。

(3)掌握炉内渣面、熔体面情况。

(4)检查配加料系统是否正常。

(5)了解来料的情况,如温度、成分。

(6)组织准备合格的进料所需的材料及工器具。

16.2.1.2 进料的条件

(1)系统试车正常。

(2)设备开启并运行正常。

(3)人员经过培训并到位。

(4)无安全隐患。

16.2.2 **配料**

(1)通过化验分析,掌握原料中含多少硫化亚铁和二氧化硅。

(2)通过计算掌握炉渣中硫化亚铁被氧化生成氧化亚铁的量。

(3)通过计算可知需多少石英与氧化亚铁造渣。

(4)随着熔炼的进行,石英应少加勤加。

16.3 冶炼

16.3.1 **冶炼作业**

矿热电炉及贫化电炉作业

16.3.1.1 加料岗位安全技术操作规程

(1)认真贯彻勤加、少加、均匀加和根据炉况、负荷加的原则。

(2)控制好加料量。

(3)在下列情况下可以局部停止加料,待炉况处理好后恢复正常加料。

①翻料后局部形成结壳,可在结壳的部位覆盖炉料后,停止加料。

②渣温低,炉后放渣困难,可以暂不加料或控制加料以便提高渣温。

(4)渣子发黏,温度较低,不好放时,应及时调整炉况。

16.3.1.2 矿热电炉控制室岗位送电操作

(1)接到班长或加料组长送电通知后,立即通知电工对供电线路及设备进行检查,并通知油冷室值班人员启动油泵。

(2)接到电工检查完好的通知后,将电极抬离渣面,联系加料人员检查是否抬离渣面并检查电极绝缘是否良好。

(3)通知电工检查隔离开关室。

(4)发出送电警告。

(5)待送电允许信号灯亮后,操作转换开关,合闸,待红灯亮,三相高、低压电压表均有指示,电流无指示即为送电正常。

(6)缓慢操作电极下插,调整电流达规定值并记下送电时间。

(7)本班时间内非电器的短时间停电检修,可不经电工检查,按正常程序送电。

(8)凡停电检修,应由检修者拉下隔离开关,挂上"有人工作"示意牌,检修完毕,由检修者摘牌后,

方可送电。

16.3.1.3 液压岗位操作规程

(1)主油泵启动时,溢流阀必须调为零,禁止负荷开车。

(2)主管箱岗位,在六根电极上限,中液位时,保持能看见油标。

(3)滤油机压力为 2kg/cm² 时,立即更换滤纸。

(4)滤油机机箱油少时及时关闭吸油阀。

(5)每班必须检查蓄能罐氮压力,不得低于 30kg/cm²,不得超过 65kg/cm²。

(6)使用压缩机时必须检查它的三级压力、润滑。

(7)伺服阀、锥阀正常工作时,不得随意关闭用阀门。

(8)不准用湿手、湿布擦抹电器设备,不准在电器上吊挂衣物等。

(9)发现跑油应立即停电(必须与控制室进行联系)再行处理。

16.3.1.4 刮板配料岗位全技术操作规程

(1)开车前必须检查刮板机各润滑点是否缺油,链板是否变形和掉环,密封盖板是否盖好,液压油缸是否漏油,闸门和电振是否被杂物卡住,是否有人在检修设备,一切都正常后,方可开车。

(2)将各开关搬至要求的位置,按下列顺序开车:

刮板——焙砂闸门——电振器

停车按下列顺序进行:

电振器——焙砂闸门——刮板

(3)拉料时槽内保持三分之二的料面高度,如发生浮链子,应停止供给熔剂和焙砂,开空车拉完槽内的料后,再按开车顺序恢复供料。

(4)在电极周围工作时,人和导电物体不许接触电极,不许用任何导电体同时接触电极,清扫电极卫生时,必须停电进行。

(5)电振器、刮板机发现异常声音,必须及时停车查明原因。

(6)电极、减速机轴承工作温度不超过 60℃。

(7)焙砂料仓最大压力 10kg/cm²,工作油压 7kg/cm²,所有油门均处于开启位置,冬季油压可适当提高。

(8)水银开关时,灯亮表示料仓满,灯熄表示料仓空。

(9)打开大料仓下料口活动门处理下料口堵料时,刮板机必须启动,下料正常后必须关好手动阀门。

(10)正常操作时,所有观察口活动门必须关闭好。

(11)刮板机掉链子、卡链子或坠砣回不去时必须立即停车处理。

(12)发现链条被料卡住,必须停车处理,处理时可倒回链子。

(13)如果电振器不下料,可以从以下几个方面进行检查:额定电流为 4.1A,电磁铁与铁芯间隙一般为 1.8mm～2.1mm,电振器料斗是否被卡住,紧固螺丝是否松动。

(14)配料规程:生产工段长或技术指定人员的配料比准确配料。

(15)检修时应切断安全开关,操作人员离开岗位时必须切断电源。

(16)刮板停车必须在空负荷下进行,带负荷开车,以防烧电机或堵塞管。

(17)白班认真检查电炉旋涡收尘器,发现有积灰,应及时放空。

(18)每班必须检查刮板层灭火器是否充足,不足应立即向工段长汇报。

(19)维修检查设备必须挂检修牌。

(20)3# 电炉开车时头部须有人监视。

16.3.1.5 返渣清理工岗位安全技术操作规程

(1)当转炉给电炉打返渣信号后,应及时与控制室、加料人员联系,并且详细检查炉子四周有无工

作人员，取得控制室、加料人员许可后，要求立即给转炉指吊工回可以返渣信号。

(2)当给出返渣信号后，立即提起密封砣，以免使转炉返到操作台和炉顶上，或发生其他事故。

(3)电炉发生事故和其他原因(检修、电极上限、渣面过高、停电等)确认不返转炉渣时应提前5分钟汇报调度台，指示灯一定要打到红灯位置。

(4)转炉渣返完时，把密封砣盖好，减少炉内冷风吸入量，并打出禁止信号。

(5)清理返渣流槽时，不得站在流槽内。要求劳保品必须齐全，并且指示灯一定是红灯。

(6)发现返渣流槽水套漏水及炉内有积水，没有查明原因之前不得给绿灯信号定渣。

(7)如加料层有人检修，处理料管，烟道或有人清理防护孔时严禁返渣或暂停返渣，待人员离开后方可返渣。

(8)长时间停电之后，返第一包转炉渣时一定要配合加料工，详细检查炉内是否有漏水现象和积水，确定无疑后方可返渣。

(9)交班前15分钟之内，返转炉渣的流槽可交下班清理。

16.3.1.6　平板车岗位安全技术操作规程

(1)开车前检查电机车，平板车各部位是否完好，各润滑点是否有润滑油，铁道上是否有障碍物，料罐是否放正以及滑线、弓子、接触器、空气开关和控制器是否完整、好用。

(2)合上空气开关，开车检查控制器和制动装置是否完好，快、中、慢速度是否准确，电动机、机车、平板车运行声音是否正常。

(3)电机车的开动由慢到快，不许快速车动和快速打反车停车，防止过流烧坏电动机，打坏大、小齿轮和造成机车掉道，慢速对罐、挂钩，防止撞坏卷扬滑道。

(4)对罐要稳，信号要准，当钩头挂好，钢丝绳没有问题，把罐一次提起500mm不下滑后；便可给提升信号，挂罐时电机车操作者必须看清手势方可开动车，严禁开电机车者在无人指挥下自己开车对罐上料。

(5)料罐吊车正常后，平板车立即离开罐下，防止料罐滑下砸坏平板车，提升料罐时，严禁电机车从下面通过，下放料罐时不许平板车在下面等罐，以防料罐滑上砸坏平板车，料罐放到接近摘钩位置时，平板车开过去落罐。

(6)装料时，料罐必须对正、对准，并与回转窑放料工配合好，防止跑料埋平板车。

(7)不许用金属物体接触滑线，配合电工更换弓子时必须要停电，料罐晃动时严禁放罐，以防造成接地打坏滑线和钢丝绳。

(8)钩摘不掉或挂不上需要人上罐处理时，手必须扶住物件，防止下跌伤人。

(9)开车过程中要注意撩望前方是否有人或障碍物，但不许站在电机车外开车。

(10)平板车在窑下放完料后，若铁道上喷有焙砂或其他杂物，未清干净不得强行开车，以防掉道和烧电机。

(11)放罐时力求稳、准，料罐放正后方可摘钩。

(12)操作人员离开电机车时，必须切断电源，带走或妥善保管好钥匙。

(13)八小时以内不得乱窜岗位，严格遵守各项规章制度，严禁违章作业。

(14)对本岗位的电器设备、必须遵照有关电器安全规程，保障设备及人身安全。不属本岗位的设备不得随意操作，不得在没有防护措施下带电操作。

(15)对违章作业，冒险作业或有不安全因素，应及时监督、阻止。

(16)两台平板车运行中必须注意前后距离，严禁两台车碰撞。

16.3.1.7　接电极壳岗位安全技术操作规程

(1)焊接电极壳前，必须认真检查楼板上的胶皮和电极的绝缘情况，做好安全防护措施，必须穿戴好劳保用品，操作时，严防发生触电事故。

(2)焊接电极壳时必须对齐，对正、上下电极壳筋片要对准，电极筋片间焊长度要求每片间接长度

大于 30mm。

(3)要求电极壳的筋片要满焊、焊牢。

(4)电极壳的焊接要求满焊,无气孔,无砂眼,符合焊接质量标准,焊接后必须把渣子清干净,检查焊缝质量达到合格后才能离开岗位。

(5)电极壳长度最高以不妨碍加电极糊的正常操作为准,最低不能下楼板。

(6)离开现场时,必须认真检查和清理,以防焊接时留下的火花引起电极着火事故。

(7)运送电极壳时,不许人坐电梯,电极壳不许伸出电梯箱外,不许自己开电梯,必须由加糊组人员专门开电梯。

(8)4 楼的备用电极必须摆放整齐,不得妨碍加电极糊的正常工作。

(9)焊接筋片时,必须注意做好绝缘工作,防止电机及壳接地放炮或发生伤亡事故,焊接者焊接时要严防掉入电极,并戴好防毒口罩、防尘帽等,边上必须有专人监护。

(10)焊接电极时,必须与控制室操作人员密切配合,升降电极时,应及时与控制室取得联系。

(11)使用加糊电葫芦出现故障必须汇报调度联络处理。

16.3.1.8 加电极糊岗位安全技术操作规程

(1)上岗前必须穿戴齐全劳保用品,严禁上班前或班中喝酒,违者班长或组长有权阻止其上岗或停止其工作。

(2)检查电梯钢丝绳,机械设备及传动部分的润滑是否符合使用要求,并负责各润滑点加油。

(3)检查所用的物体是否超出电梯轿箱。

(4)检查电葫芦、钢丝绳、钩头、按钮及电极糊斗子是否完好。

(5)使用电梯前,必须开电梯上下来回开动几次,检查运行是否正常,抱闸是否好用。

(6)电梯开到四楼时,电梯内外轨道必须对平、对正,到其他各层时,电梯轿箱底面与楼板面对平。

(7)非操作人员严禁乘坐电梯,除操作人员工作需要必须乘坐外,其他人员不允许乘坐。

(8)所有运送物件必须放稳、放正,防止滑动或滚动。

(9)电梯在运行中发现开不动或运行速度有变化和声音时,及时汇报处理。

(10)电梯工作完毕后,必须将电梯开回地面层,并切断总电源,锁上开关箱。

(11)电梯停在各层楼时,必须关好安全门或采取其他安全措施。

(12)电极糊斗子装糊时,吊杆法兰盘必须露出糊面,防止加料时造成短路放炮。

(13)加糊时,吊杆上必须拴好结实的绝缘绳,防止接地放炮,操作人必须离开电极 3 米以外,防止放炮烧人,不许一手拿按钮,一手接触电极,避免触电伤人。

(14)加糊时,人或导电物体不许同时接触两根电极,以防发生事故。

(15)电葫芦不得超载运行,不得斜拉歪吊。

(16)电葫芦钩头、钢丝绳不许接触电极壳或与电极接触的斗子,以防接地打坏钩头和钢丝绳。

(17)严禁从楼上往下扔任何东西。

16.3.1.9 设备开、停车判断

(1)电炉发生电极软断,需停电焊电极壳底,重新焙烧电极,待电极焙烧好后,再送电。

(2)电炉发生漏炉事故,需立刻停电降温。

(3)电炉炉前发生跑铜事故,需立刻停电。

(4)电炉炉后发生跑渣事故,需立刻停电。

(5)维修电极和处理电极附属设施时,需停电处理,处理完毕后再送电。

16.3.1.10 物料计量

焙砂:卷扬电子秤计量。

电炉渣:目前无计量设施,计算时,每包平均按 25 吨计算。

石英:电子皮带秤计量。

焦粉：电子皮带秤计量。

烟灰：按收尘中间仓吹灰缸计量。

16.3.1.11　化验分析

(1)焙砂进行化验分析，分析元素为 Ni、Cu、Fe、Co、S、CaO、MgO、SiO_2

(2)对电炉渣进行分析，分析元素为 Ni、Cu、Fe、Co、S、CaO、MgO、SiO_2

(3)对低镍锍进行分析，分析元素为 Ni、Cu、Fe、Co、S

16.3.1.12　闪速炉作业

闪速熔炼的生产过程是一个复杂的系统控制过程，对全系统每一道工序，每一个岗位的操作和控制都有极为严格的要求。

闪速熔炼生产正常进行的目标是：

按合适的镍锍或铜锍品位生产出镍锍或铜锍；

按合适的 Fe/SiO_2 产出炉渣；

产出温度合适的镍锍或铜锍和炉渣。

通常闪速熔炼生产的正常进行，是以生产技术控制和生产操作控制两方面的工作为基础，二者相互依存、相互促进、缺一不可。技术控制是生产操作控制的基础和依据；生产操作控制为生产技术控制提供保障。

16.3.2　生产技术控制

闪速炉生产技术控制是指各系统运行、操作的技术条件的设定和调整过程。

针对闪速炉生产正常进行的目标，在保证其他系统按正常的技术条件进行控制和操作的情况下，闪速炉生产技术控制工作主要是围绕着冰铜温度、冰铜品位、渣 Fe/SiO_2、贫化区电单耗和还原剂率的控制来展开。

16.3.2.1　冰铜温度的控制

闪速炉对操作温度要求十分严格，操作温度不但影响经济技术指标和熔体的排放，还直接关系到炉体的安全运行。

操作温度过低，熔炼产物黏度高，流动性差，炉渣与低镍锍的分离不好，进入渣中的有价金属量增大，最终造成熔体排放困难，有价金属损失增大；温度过高，将加剧低镍锍对炉体耐火材料的侵蚀，长期高温操作可能会导致漏炉等重大工艺事故。因此，温度控制是闪速炉技术控制的关键部分。

在实际生产过程中，严格将闪速炉冰铜温度控制在 1150℃～1250℃之间，主要通过调整反应塔反应温度、调整热量在熔体和烟气中的分配、调整热量在炉渣和冰铜中的分配来控制冰铜温度。

(1)调整反应塔热负荷控制冰铜温度

闪速炉反应塔反应温度高低是影响冰铜温度的最关键因素，只有控制合适的反应塔反应温度，才能稳定控制低镍锍温度。影响反应温度的主要是：反应塔喷嘴的工况条件，反应塔燃油量，反应塔总风量(即富氧浓度)，干精矿的理化性能和加入的烟灰量等。

(2)改善反应塔喷嘴的工况条件

反应塔喷嘴的工况条件也就是平时所说的喷嘴工作状况，若喷嘴工作状况良好，则风矿混合均匀，反应塔反应区高低合适，氧气利用率高，炉内反应均匀，需要额外补充的热量少，反应塔油耗低，这种状况的低镍锍温度比较容易控制；若喷嘴工作状况不好，则相反，冰铜温度不易控制。此时，为了保证炉况起见，必须使参与反应的部分精矿过热，则容易导致冰铜过热，温度过高。因此保持反应塔喷嘴工作状况良好，对闪速炉生产控制至关重要。这需要不断改进喷嘴结构，不断摸索喷嘴最佳工作位置，始终保持反应塔喷嘴喉口部没有结瘤等措施来保障。

16.3.2.2　合理控制反应塔燃油量

闪速炉处理的精矿理化性能不同，精矿自身反应放出的热量是不同的，维持反应热平衡所需要的

重油加入量也不同。在实际生产过程中综合考虑各种因素来确定反应燃油量。精矿理化性能好，在反应塔喷嘴工况条件好、总风量小、目标低镍锍品位高、炉况比较好的情况下，则需要补充的燃油量小；反之则需要补充的燃油量大。燃油量的大小是以反应塔油单耗指标来衡量的。反应塔油单耗即每吨精矿的耗油量，油单耗按下式计算：

反应塔油单耗＝反应塔重油加入量÷精矿处理量

16.3.2.3　给定合适的反应塔总风量

当精矿氧单耗一定时，闪速炉反应塔总风量越大，富氧浓度就越低，反应产生的烟气量也就越大，相应烟气带走的热量也就越多，因此在一定的范围内反应塔总风量越大油耗就越高。但总风量过小会影响风矿均匀混合，影响喷嘴工况，甚至影响生产能力。

16.3.2.4　干精矿的理化性能

这里所说的理化性能主要包括精矿成分、粒级、物相组成等，精矿中含 Fe、S、MgO、Fe_3O_4 等成分和精矿粒级对油单耗影响最大，一般含 Fe、S 高则油单耗低，含 MgO、Fe_3O_4 高、粒度大则油单耗高。

16.3.2.5　烟灰加入量

(1)一般烟灰加入量越大反应塔油单耗越高。

调整熔体和烟气中的热量分配来控制锍温度

合理调整热量在烟气和熔体中的分配量对稳定控制锍温度也非常关键，反应产生的烟气带走的热量约占总热收入的 60%～65%，因此烟气带走的热量多，熔体温度就相对比较低。一般通过调整反应塔总风量来控制。若锍温度持续偏高，适当提高总风量可有效降低锍温度。

(2)调整炉渣和锍中的热量分配来控制锍温度

这是专门针对贫化区操作的，选择合适的贫化区电极电气制度，控制电极插入熔体的深度，可有效控制热量在炉渣和低镍锍中的分配量。一般电极插入熔体越浅，进入低镍锍的热量就越少，电极产生的热量对锍温度的影响也就越小。

16.3.2.6　锍品位的控制

闪速炉的突出特点之一是可以调整产出的锍的品位。

锍品位是闪速炉技术控制的一个重要的控制参数，对保障闪速炉安全，维持闪速炉、转炉、贫化电炉三个工序连续、稳定、均衡生产及经济技术指标控制起着决定作用，因此控制合适的低镍锍品位对闪速炉生产控制也是至关重要的。

(1)高品位锍的特点

要生产高品位锍，则需要氧化精矿中大量的 Fe 和 S，所产生反应热就多，可相应减少闪速炉反应塔燃油量，有利于节能。高品位锍还有以下特点：

①锍品位越高，炉渣和锍的熔点越高，需要更高的温度来保持熔体应有的流动性，提高了闪速炉对耐火材料的性能及质量要求；但另一方面，高品位锍对炉体耐火砖侵蚀小，有利于闪速炉安全运行。

②锍品位越高，对入炉物料的氧化程度越大，炉渣中 Fe_3O_4 的含量升高，炉渣黏度增大，氧化进入渣中的有价金属量也增大，有价金属回收率降低。

③锍品位越高，精矿在闪速熔炼过程中脱硫率越高，转炉吹炼时间相应缩短，有利于提高转炉生产能力。

闪速炉生产组织主要根据来料情况、系统配套能力并结合指标控制、工艺设施状况等，决定冰铜目标控制品位。

(2)锍品位的控制

在实际生产中，精矿理化性能、闪速炉炉况、烟灰加入量等对闪速炉锍品位有明显的影响。一般精矿品位高、理化性能好，反应塔精矿喷嘴工况条件比较好，烟灰产率低时，需要控制的精矿氧单耗比较低，所产出的锍品位也相对较高。

16.3.2.7　渣 Fe/SiO_2 的控制

在闪速熔炼过程中，精矿中的 FeS 被氧化为 FeO 后和熔剂中的 SiO_2 形成炉渣，借助于炉渣和锍比重的差异和相互溶解度低的特点，将有价金属富集在锍相，而杂质则富集在渣相中。因此炉渣是熔炼过程中必然产物。实际生产中对炉渣特性（即渣型）有以下要求：

(1)炉渣性能要求

①有价金属在渣中溶解度低，即进入渣中的有价金属量少；

②锍与炉渣的分离良好，流动性好，易于排放和堵口。

通常所说的渣型可以通过渣 Fe/SiO_2 反映出来，生产过程通过调整反应塔加入的熔剂量（即熔剂率）来控制渣 Fe/SiO_2。贫化区加入的熔剂量根据返料加入量及返料成分的不同适当配入。精矿中的 SiO_2 含量、锍品位调整等对闪速炉渣 Fe/SiO_2 影响较大。

(2)Fe/SiO_2 与炉渣性能的相互关系

渣 Fe/SiO_2 高低对闪速炉生产过程影响很大，主要为：

Fe/SiO_2 高，炉渣导电性好，渣热容低，提高渣温相对比较容易，炉渣温度对锍温度影响小；同时也有渣含 Fe_3O_4 高，黏度大，流动性较差，渣含有价金属量较大的缺点。

Fe/SiO_2 低，炉渣导电性相对降低，热容大，炉渣温度对锍温度影响大；但有渣含 Fe_3O_4 相对低，流动性较差，渣含有价金属量较少。

闪速炉渣 Fe/SiO_2 根据来料成分变化需要不断调整，一般若精矿和渣含 MgO 高时，则控制炉渣 Fe/SiO_2 较低。

16.3.3 生产操作控制

生产操作控制是指各系统为保证闪速熔炼过程顺利进行，按照一定的技术条件进行操作和控制，确保闪速炉正常生产。主要控制参数为：重油压力、温度、流量，一次风压力、流量，氧单耗、总风量、精矿量、炉膛负压以及贫化区电极负荷等关键参数的操作控制。

上述对矿热电炉、闪速炉的冶炼作业进行了简单论述，其他炉窑的冶炼操作见各自相关单位的操作规程。

16.3.3.1 设备开、停车判定

转炉在生产过程中的设备开、停车判定如下：

(1)准备

①通过调度通知外围单位（余热锅炉、收尘、风机房等）做好开车准备。

②经检查炉内无熔体，炉长转动炉子到吹炼位置，通知炉后工清理风眼。

③炉长堵上油枪孔，并与炉后工协作糊补炉口。

④通知控制工联系后试事故。

(2)进低镍锍

①炉长提前 10 分钟通知炉长助理做好进料准备。

②炉长将炉口转到进料位置。

③炉长助理指挥吊车将低镍锍准确缓慢倒进炉内。

(3)开风

进两包热料后开风。

控制工按炉长指令执行以下操作：

①与车间协调员联系，通知高压风机房开风。

②提排烟机负荷到 80%，并确认排烟机负荷反馈值 70%以上。

③按风机参数要求逐步提风机负荷。

④炉长确认入炉风压大于 0.04MPa 后，转动转炉至吹炼位置，观察炉口火焰状况，确认送风正常，将密封小车开到下限位。

入炉风压大于 0.06MPa 后，控制工合事故开关。

(4)吹炼

①吹炼 5～8 分钟待炉温升起后，炉长通知控制室加入熔剂。

②当炉温升高后，炉长通知控制室或炉长助理加入冷料继续吹炼。

③炉长观察火焰和炉口喷溅物，判断渣造好后进行放渣作业。

④吹炼至终点，由炉长判定产出。

(5)停风

①渣造好或吹炼至终点时准备停风。

②炉长打铃通知炉后工停止清风眼操作、将捅风眼机开到炉后两侧位置。

③控制工得到炉长停风指令后，断开事故开关。

④炉长将密封小车开到上限位，转动炉体，将风眼区转出熔体面。

⑤控制工以风机操作要求参数范围，逐步降风机负荷到零。

⑥如果是出炉停风，停风后 10 分钟内，控制工降排烟机负荷为 0，并确认。

(6)放渣

①渣造好，并经进料还原后准备放渣。

②放渣前，炉长助理检查渣包。

③执行停风操作。

④炉长进行放渣操作，放渣期间，由炉长采取渣样、交质检中心化验分析。

(7)出炉

当通过火焰、热样断面、荧光分析结果最终确认高镍锍含铁在 2%～4%的范围时，由炉长决定出炉。进行以下操作：

①执行放渣操作，将炉内残渣放净。

②通知炉长助理做好出炉准备。

③炉长进行出炉操作。

16.3.3.2 计量

转炉投入、产出的物料，分别采取不同的计量方式。包装物料如低镍锍、钴冰铜、冷料、高镍锍等采用吊车称计量。仓加物料如冷料、石英等采用定量给料机计量。风量、烟气量、水量、油量等流态物质，通过不同的流量计计量。

16.3.3.3 化验分析

(1)出炉前的化验分析

炉长在筛炉期间随时注意火焰变化情况，根据经验判断终点，从炉口取样分析。根据分析报告单，帮助炉长判定冶炼作业是否正常，然后决定出炉。

(2)产品的化验分析

高镍锍出炉后，由炉长与检测中心取样人员共同在浇铸坑取样，送交检测中心进行化验分析，根据分析报告判定产品是否合格，冶炼作业是否正常，最终决定产品可否销售。

16.3.4 **产出**

16.3.4.1 放出操作

(1)熔炼炉操作

①将氧气管插入氧气带约 200mm～300mm，手握紧插入铁管一端的氧气带，手必须离开氧气带头 50mm～100mm，防止回火烧伤。

②开氧气使压力约 1kg/cm²～2kg/cm²，在木柴或电极糊上把吹氧管点燃后放到口子上，再用一根粗气管或废氧气管顶到放出口上助燃，烧进 50mm 左右便可加大氧气量，氧气压力的大小能将口

子内的氧化亚铁和冰镍吹出为准。

③烧口子时，吹氧管应端平、对正、顶紧手腕并作稍稍晃动，增加烧口直径，但严禁烧低或烧偏。

④使用的氧气管必须干燥。

⑤烧口子放镐前必须根据《衬套的使用及更换制度》认真检查衬套的质量，不符合放镐条件不要勉强放，应及时向炉长提出更换。

(2)转炉操作

当通过火焰、热样断面、荧光分析结果最终确认终点，由炉长决定出炉。进行以下操作：

①执行放渣操作，将炉内残渣放净。

②通知炉长助理做好出炉准备。

③炉长进行出炉操作。

④通知相关岗位进行停车操作。

16.4 停炉检修

16.4.1 停炉作业

16.4.1.1 停炉准备

(1)熔炼炉

①清理炉底通道及炉底两侧焙砂、杂物，检查炉基防护墙及炉体四周厂房立柱防护墙，有损坏的及时修补。

②将炉体周围用耐火砖砌筑 0.6m 高的双层防护墙。

③炉体周围不允许堆放易燃易爆危险品，停炉时氧气瓶存放于安全处，准备一定数量的灭火器。

④停炉前必须将炉体四周积水、积油清理干净，杜绝漏水、漏油。

⑤检查照明，若不够及时添加。

⑥检查放出溜槽衬套、衬砖，若有问题，及时修补更换。

⑦准备两套梅花枪、耙子、两个石墨锥头，并制作 100 个以上高质量泥球。

⑧疏通所有料仓，清理烟道，保证排烟畅通。

(2)转炉

①联系对备用炉进行试车并联系倒炉。

②准备 2～3 包品位较低的热料。

③准备好风管及水管、镁泥等预防漏炉所需材料。

16.4.1.2 停炉作业

(1)电炉停炉作业

①停炉前按停炉方案进行洗炉作业。

②洗炉后组织排渣，排渣到炉后不淌为止。

③排渣完后，组织排放冰铜，放到炉前不淌为止。

④停炉过程中严密监视炉体温度和渣温、铜温，以防漏炉。随时测量并记录炉体收缩情况，及时紧炉体拉杆弹簧。

⑤当流体放尽后，控制工将电极抬离液面，三相电流降为零，执行停电操作，并作好停电记录。

⑥停炉后盖好电极口，防止灰尘落入。

⑦停炉后把所有电极抬至上限，停排烟机和油泵，并把蓄力器放至最低位置。

(2)转炉停炉作业

炉体检修前必须要经过洗炉和停炉过程。无论何种类型的检修，洗、停炉的要求和方法都大致相同。主要是升高低镍锍温度，将渣线以下炉墙黏结洗净，然后自然、缓慢降温，以便于炉内鉴定和打砖、砌砖。

洗炉时炉内进两包低品位镍锍并按正常操作程序开风吹炼，只是吹炼期间不加入任何物料，氧化反应所释放的热量能使熔体温度不断升高。

视炉墙黏结严重情况，决定洗炉时间长短。正常情况下，洗炉延续至 20～30 分钟时，要转过炉口观察，如果炉内颜色发白、砖缝清晰可见，表明洗炉完成，否则继续吹炼 5～10 分钟。值得注意的是，炉体至洗炉阶段，某些部位已十分薄弱，对炉内状况炉长应了然于心，并做出准确判断，谨慎把握吹炼进程和温度控制，加强炉体监护工作，发现意外情况，立即组织出炉，以免增加检修难度。

出炉速度越快越好，一般准备两个包子交替接放，避免温度下降重又生成黏结，影响洗炉效果。出炉后，迅速将炉口朝下，残余熔体流入安全坑。停炉后 24 小时内通知修炉车间打开工作门，除非炉期紧张，正常情况下不许强制通风速冷。4 天后，生产车间将烟道块清理干净，组织技术人员与修炉车间共同对炉内进行鉴定，决定检修内容。

若停炉时炉衬未到使用寿命，不检修炉衬则按烘炉程序进行保温作业。

16.4.2 检修

16.4.2.1 炉体拆除

停炉后砖体、钢骨架等进行全面检查，确定炉子的损坏状况。

在确定炉子是大修还是中修后，按要求进行炉体拆除。

若是大修，则拆除所有砖体，包括炉顶、端墙、侧墙、放出口衬砖等，并修复炉体损坏或变形严重的钢骨架，更换或修复烟道，更换或修复循环水系统，全面检修或更新机电设备和仪表。

若是中修，则拆除端墙，测量侧墙砖体腐蚀程度，确定侧墙更换或是挖补、局部检修或更换附属设备。

炉体拆除时要在炉体四周设置安全警戒线，以防坠物伤人。

炉体拆除后要及时清理炉内砖体，杂物及现场，为筑炉做好准备。

16.4.2.2 配合检修

停炉后要派人看护岗位，以防财物被盗和发生安全事故，看护人员要勤巡查，责任到位。

在筑炉过程中要密切配合修炉施工队伍进行必要的拆除和挖补。

要按要求及时配合安装水冷件等，保证修炉进度。

检修结束后要及时对烟道等安装时在炉顶部位的孔洞进行密封。

16.5 安全操作

16.5.1 安全技术操作

16.5.1.1 作业现场状态判定

员工身体状态与精神状态确认：员工在上岗前应自行确认身体状况是否良好，班前由炉长对本班每位员工的身体状态及精神状态进行确认，对身体状态、精神状态不好者禁止上岗。

作业现象状态确认：进入作业现场前严格执行安全确认翻牌制度，即进入工作现场前将安全确认牌翻至安全确认检查状态，在对作业现场按有关要求进行安全状态检查，确认安全状态正常后，将安全确认牌翻至检查完毕状态，方可进入作业现场工作。

16.5.1.2 岗位安全教育

岗前安全教育：每次上岗前由炉长对本班职工进行上岗前安全教育。

三级安全教育：新工人入厂及连续离岗十五天以上的职工实行厂、车间、班组三级安全教育。

安全技术培训：定期对职工进行安全技术培训，不断提高职工的安全技术操作水平。

16.5.1.3 安全事故分析及事故调查

发生安全事故应对事故分析调查，查明责任，确定改进措施，找出事故发生的规律，订出防范办法，认真贯彻执行，以减少和防止事故，事故处理按照事故原因分析不清不放过，事故责任者和职工没有受到教育不放过，没有制定出防范措施不放过的原则执行。

16.5.2 安全保护及环保

劳动保护用品：劳动保护用品是指劳动者在生产过程中的安全和健康必须的防护性装备。进入作业现必须佩戴的劳动保护用品有：安全帽、防护服、防护鞋、防毒口罩，防护手套。

环境污染控制：环境污染是指生产过程中排入环境中的有害物质超出了环境的自净能力，从而使环境质量恶化，有害于人类生产和健康的现象。生产现场主要污染物有泄漏的二氧化硫气体和工业粉尘。生产现场环境污染的控制方法有：保证炉体及排烟排尘设施密封良好，尽可能减少二氧化硫气体和工业粉尘的泄漏。保证各环保设施的正常使用，进入工作现场穿戴好各种劳保用品，镍冶炼电炉生产过程二氧化硫排放浓度小于0.25%，工业粉尘浓度小于300mg/Nm^3。

16.5.3 相关知识：安全状态判定标准

员工上岗前应保证身体状态良好，不得带病上岗。

员工上岗前应保证精神状态良好，班前不得饮酒。

炉渣温度1200℃～1300℃，冰铜温度1100℃～1250℃

炉体、电极冷却水温小于60℃，各水冷部位无渗漏。

炉体骨架各部位无断裂，无严重变形。

16.6 设备维护及保养

16.6.1 设备维护

16.6.1.1 关键设备的维护保养

水冷系统：各水冷部位设专人每小时检查一次并记录，经常检查水管、胶管及管接头有无渗漏，发现有漏水现象及时汇报处理，炉体、系统水温不高于60℃。

16.6.1.2 设备润滑

严格执行润滑制度，油质应符合规定，不经主管部门批准，用油不许代替。

润滑用油必须妥善保存，须用专门容器盛放，严禁露天存放，以防灰尘、水分进入。

正常情况下加油润滑由操作者加油，设备检修后由检修者加油。

机电设备需加油润滑点有：刮板滑道、轴承、排烟机所属减速机、轴承、起重电葫芦钢丝绳、制动器加油部位等。

16.6.2 设备点检

16.6.2.1 炉体

拉杆弹簧：检查拉杆弹簧是否压死，断裂，弹簧长度在控制范围之内。

拉杆：检查炉体拉杆是否变形、断裂。

炉顶：检查炉顶是否有塌陷情况，加料管，烟道周围是否密封严实，炉顶是否清理干净。

立柱和围板：检查立柱和围板是否紧靠，是否有损坏之处。

炉墙冷却设施：检查炉墙冷却水套及水管，胶管、管接头是否漏水、冷却水温是否控制在范围之内。

熔体放出设施：检查熔体放出设施是否符合有关要求。

16.6.2.2 配加料系统

计量设施：检查配加料系统计量设施是否准确可靠，误差是否在控制范围之内。

16.6.2.3 排烟系统

烟道及烟道蝶阀：检查烟道是否坚固，有无烧损及漏烟，烟道水套冷却水是否畅通，水套有无漏水现象，冷却水温是否在控制范围之内。

烟道蝶阀：检查烟道蝶阀是否灵活可行，有无损坏现象。

旋涡收尘器：检查旋涡收尘器工作是否正常，有无泄漏及损坏现象。

炉前后排烟设施：检查排烟风机及炉前炉后排烟设施是否工作正常，排烟管道有无泄漏。

刮板排烟装置：检查刮板排烟装置是否工作正常，排烟管道有无积灰堵塞现象，排烟管道有无泄漏。

16.6.2.4 仪表系统：

炉体测温装置：检查炉体各部位测温热电偶是否完好，仪表温度显示是否灵敏可靠。

炉体冷却水测温装置：检查炉墙各部位冷却水测温是否完好、仪表温度显示是否灵敏可靠。

炉体测温装置：检查熔体测温装置是否完好，工作是否正常，炉体温度是否准确可靠。

炉膛负压测量装置：检查炉膛负压测量装置是否完好，工作是否正常，仪表温度显示是否灵敏可靠。

相关知识：设备润滑图表有关知识，设备润滑图表主要包括以下几个部分：润滑部位、润滑材料、润滑期限、润滑负责人。

16.7 常见故障的判断及处理

16.7.1 工艺故障处理

16.7.1.1 炉料翻料结壳

(1)原因：①料温低、含有水分。②料粉透气性差。③未按加料原因加料。料坡没控制好。④炉内漏进水。⑤炉内有结壳。因塌壳造成翻料。

(2)预防处理：①严格按工艺技术卡片规定控制工艺参数。②因漏水造成翻料时要及时处理漏水部位。③翻料后炉内局部结壳时应把结壳化掉再加料。④如果翻料后把部冰铜搅起，应停止加料，等冰铜沉淀后，再转入正常进料。

16.7.1.2 跑铜

(1)原因：①冰铜温度过高，压力大，堵不住口造成跑铜。②衬套氧化严重，内孔过大，端面不平，造成堵不住口而跑铜。③准备工作未做好，泥球不符合要求。

(2)预防和处理方法：①冰铜温度高，压力大时，放铜前一定要把准备工作做好，适当提前堵口。②烧口前一定要做好泥球的检查准备工作。③发生堵不住口时，应通知炉长及时采取措施，并联系吊车进行配合，以防烧坏厂房内设备，同时组织人员强行堵口。

16.7.1.3 冰铜温度过高或过低

(1)原因：①炉渣温度过高，引起冰铜温度过热。②低负荷生产时间过长引起冰铜过低。③长时间高渣面生产引起冰铜温度过低。

(2)预防和处理方法:①炉子正常生产时,要正常进料。②渣面要按操作规程控制,负荷要稳定,炉体放出冰铜温度低时,可将渣面适当控制低些。③发现冰铜温度过高或低时,要及时采取相应措施。

16.7.1.4 炉后跑渣

(1)原因:①渣温、渣面过高,渣口衬套氧化严重,衬套端面不平堵不上口造成跑渣。②准备工作未做好,不能及时堵口造成跑渣。③渣流槽堵死未能及时处理,放渣时使渣流到操作台上造成跑渣。

(2)预防处理方法:①放渣前一定要仔细检查衬套,做好准备工作。②放渣时发现渣温过高,压力太大,应及时通知加料,采取措施。组织人员强行堵口,泥球堵口无效时,可采用直径 60mm 圆钢锥头或石墨锥头强行堵口。

16.7.1.5 渣温过高、过低

(1)原因:①炉子进料量少,负荷高,使炉子空烧将渣温升高。②渣温过低,主要是炉温低,进料量过大,炉子翻料等原因造成。

(2)预防和处理方法:①渣温过高时应适当增大进料量,必要时可适当降低负荷。②渣温过低时,应控制进料量,提高负荷。

16.7.2 设备故障处理

16.7.2.1 控制系统

控制系统故障是指正常生产过程中计算机系统、控制操作台出现局部或全系统突发性故障。若局部出现,应立即联系处理;若全系统出现,应立即停止生产,并汇报处理。

16.7.2.2 排烟系统

排烟系统故障主要指烟道、余热锅炉、排烟机出现问题,或监控参数异常不能正常排烟等。

16.7.2.3 烟道故障

(1)若烟道的水冷件管路、阀门、水套漏水,及时关闭相应的进水阀门,并尽快组织处理。

(2)若漏水部位直接威胁到生产,立即关闭该部位进水,待漏水止住后继续生产。

16.7.2.4 余热锅炉故障

余热锅炉发生漏气、漏水故障,依据情况严重程度不同,决定暂时维持吹炼、立即停吹或倒炉操作。

16.7.2.5 排烟机故障或事故状态

排烟机出现设备故障或参数异常,导致排烟系统负压波动、烟气外泄时,联系相关部门积极采取措施,直到排烟正常;情况严重时,立即停止吹炼或提前出炉,等候处理。

第17章　铅冶炼中级工

17.1　概述

17.1.1　铅鼓风炉炉渣各主要成分的性质

(1)二氧化硅(SiO_2):是酸性氧化物,能与各种碱性氧化物形成各种硅酸盐。SiO_2 熔点 1710℃,比重 2.6。当炉渣中 SiO_2 过多时,则过剩的 SiO_2 将以固态存在于炉渣中,使炉渣黏度增大,影响熔体分离,造成渣含铅高,而且炉渣对锌、铁等化合物的熔解能力降低。

(2)氧化亚铁(FeO):是造渣成分中最重要的碱性氧化物。熔点 1360℃,比重 5.0。它能增加渣的易熔性和使炉渣的比重加大。氧化亚铁与二氧化硅结合生成最稳定的硅酸亚铁,其熔点为 1205℃,比重 3.9。炉渣中的氧化亚铁含量增高后,虽说可增加对锌、铁等化合物的熔解能力,然而却使炉渣的比重增大,影响沉淀分离,造成渣含铅增加。

(3)氧化钙(CaO):是炉渣中最强的碱性氧化物。会使炉渣熔点猛增,而且对锌、铁的化合物(特别是 ZnS、FeS)熔解能力极低,造成炉渣黏度大,流动性不好,分层不佳,含渣铅高。

(4)氧化镁(MgO):熔点 2800℃,比重 3.58,属碱性氧化物。它会增加炉渣的熔点及黏度。

(5)氧化铝(Al_2O_3):是一种两性氧化物。熔点 2050℃,比重 3.9~4.0。氧化铝作为碱性氧化物存在于炉渣中,都会使炉渣熔点增高,黏度增大,特别是作为酸性氧化物时更为明显。

(6)氧化锌(ZnO):冷炉渣中的氧化锌是以各自不同的硅母鸡盐、亚铁酸盐以及游离氧化物的形态存在。若炉渣中的氧化亚铁越多,则熔解的氧化锌就越多。在铅熔炼中,一般希望氧化锌在渣中的熔解量越多越好,因为可以从渣中回收更多的锌以减少锌的损失。

氧化锌熔点 1900℃,比重 5.6,两性氧化物。渣中含氧化锌过多,会使渣黏度增加。铅炉渣成分一般在以下范围内变动见表 17－1。

表 17－1　铅炉渣成分波动范围(%)

SiO_2	FeO_2	CaO	ZnO	MgO	Al_2O_3
19~35	28~40	0~20	0~30	<3~5	<3~5

现在国内外一些炼铅厂炉渣产出率和化学成分实例列于表 17－2 中。

表 17－2　铅鼓风炉渣产出率和化学成分实例

厂家	炉渣产出率	炉渣化学成分(%)							
	(%)	Pb	Fe	SiO_2	CaO	Zn0	Cu	S	Al_2O_3
1	50~60	1.47	2754	26.54	14.40	7.43	0.25	1.89	6.95
2	45~60	2.02	25.09	23.46	16.61	11.70	0.24	—	—
3	45~70	1.32	2813	23.58	17.54	12.25	0.26	1.45	5.45
4	45~55	2.84	29.65	30.05	12.42	5~7	0.1~0.3	1.7	1~3
5	55	2.47	35.40	17.68	14.30	9.4	0.46	—	—
6	54~58	1.50	2915	24.70	17.34	3.34	0.03	0.79	6.31
皮里港(澳)	—	2.00	21.80	20.50	14.50	18.00	—	1.7	6.30
希乐姑兰(美)	—	1.85	25.60	20.00	9.00	12.10	0.25	1.0	5.00

17.1.2 铅炉渣渣型的选择

炉渣的选择必须考虑到技术和经济两个方面。既要尽量降低熔剂的消耗，从而减少产渣量和渣含金属的绝对损失，又要符合熔炼对炉渣成分的基本要求。

(1)炉渣选择的原则

①造渣成分低廉，即配入的熔剂量尽可能少；

②渣的比重小，以易于分离；

③渣的黏度要小，在熔炼时流动性好；

④适当高的熔点，使熔体能过热。

(2)炉渣的选择方法

关于炼铅炉渣合理成分的选择历来为冶金学家和冶金工作者所关注。从不同的观点提出解决这一课题的一些方法，大体可归纳为如下两种：

第一种是所谓“标准渣型”的方法。该方法认为各种锌的化合物对铅炉渣成分的选择具有决定性的影响，氧化锌在炉渣中呈溶解状态及复杂化合物(硅酸盐、铝酸盐、亚铁酸盐、锌酸盐等)形态存在。炉渣中的 FeO 含量越高，ZnO 的溶解越完全，而 CaO、SiO_2、MgO 及 Al_2O_3 在炉渣中的含量增高，会使 ZnO 的溶解度降低。为此提出在锌质炉渣中，$ZnO+SiO_2$ 之和应为 40%，而 $ZnO+CaO$ 之和不超过 28%～29%。

第二种是从提高工厂生产能力、改善技术经济指标、减少熔剂量、提高烧结块品位、实现自熔烧结块熔炼出发，研究了炉渣成分与烧结块含铅关系，根据不同的烧结块含铅量和炉渣中 ZnO 含量拟定了一系列的渣型。

尽管如此，对炉渣的大量研究工作仍然偏重于对液态炉渣的结构和对熔体物理化学性质的基础研究，以确定合理的工业渣型所必须遵守的一般原则。

实际上炉渣合理成分选择是一个重要而且复杂的问题，它不仅与熔体的性质有关，还与烧结块的物理化学性质(如熔点、热固性、还原性等)有关。由于不同的工厂所采用的技术和经济的具体实践不同而存在着很大差异，所以解决这一问题的最好办法是根据工厂的原料特性、工艺流程、统计资料诸因素，通过实验确定。

17.1.3 降低渣含铅的主要措施

(1)铅进入炉渣的途径

①化学损失：由于熔化速度大于还原速度或因还原能力弱，造成氧化铅及硅酸铅还原不完全。

②热处理损失：熔解于渣中的铅的硫化物以及冰铜中的铅造成的损失。

③机械损失：由于沉淀分离不好，夹杂在渣中的金属铅及冰铜造成的损失。

由于燃料、原料、熔剂的性质、操作技术熟练程度、生产要求、设备性能及鼓风制度等因素的变化而造成铅的损失。如所述只有对炉渣进行物相分析，才能分清主次，找出原因，确定降低渣含铅的措施。

实践表明，当渣含铅越高时，化学损失的比例越大；当渣含铅低时，物理损失比例增加。不难看出，降低渣含铅的途径有：防止固体碎料未来得及还原便直接进入炉缸；减少由于还原不完全，而以氧化铅、硅酸铅或亚铁酸铅形态进入炉渣；加速渣中金属铅滴的聚合，以便较彻底地从渣中沉淀分离。

(2)降低渣含铅的方法

①采用高钙渣法：选择最合理的炉渣成分是降低渣含铅的主要措施。高钙渣中的氧化钙是铅炉渣中碱性最强的氧化物，其作用。a. 促使渣中呈盐(如硅酸铅)的氧化铅被置换出来，从而被还原剂还原成金属铅。b. 氧化钙能与硫化铅作用生金属铅。c. 氧化钙可降低金属与渣之间的表面张力，以减少炉渣比重，利于沉淀分离。d. 氧化钙高，炉渣熔点也高，使熔炼产物过热。

②改善炉渣在炉内的分离条件：控制好咽喉井渣坝高度与虹吸铅坝高度，以改善炉渣在炉内的沉淀分离条件，这是降低炉渣中金属铅的根本途径。控制渣坝及铅坝的高度，即控制炉缸内铅液面和渣面高度。铅坝高，则炉缸内铅面也高，反之则低。渣坝高，则本床内的渣面增高，反之则低。一般控制渣坝低于风口 100mm 左右。炉况正常时，宜尽量提高渣坝，以延长炉渣在炉内的澄清分离时间，以降低渣含铅。

在砌筑炉缸时，控制虹吸溜子高度比咽喉眼底（炉子排渣口）高出 50mm～100mm。则正常生产时，炉缸内铅层比渣厚，有利于沉淀分离，使渣含铅降低。

③正确控制炉内还原能力：化学损失的主要原因是炉内还原能力弱，则部分铅的氧化物（特别是硅酸铅）未完全还原便进熔渣造成损失。其次，还原能力弱时，可能会产生磁性氧化铁（即 Fe_3O_4），呈分散状颗粒悬浮于熔渣中。除增加渣黏度外，还与锌、铅等硫化物在炉缸内发生反应，生成亚铁酸盐和二氧化硫，当二氧化硫逸出时将剧烈搅动熔体，使分离条件变坏，造成铅的损失。熔炼过程应严格控制在炉料的熔化速度等于或略小于还原速度为宜。

④采用高料柱作业：由于炉料预热温度高，则反应就迅速，物料在炉内作业时间较长。在焦率不变时，高料柱比低料柱还原能力强，还原反应比较完全。故采用高料柱作业，对降低渣含铅是有很大意义的。

⑤其他措施：a. 稳定料柱。料柱稳定则入炉风压、风量、透气性、熔炼速度、还原气氛也相对稳定了。b. 稳定风压与风量。一般增加风压，则增加入炉风量。风压、风量稳定则炉内焦点区稳定，还原气氛稳定。风压过大，易造成咽喉喷风，影响炉内分离条件，因此一般控制风压不超过 130mm 汞柱。为了稳定风压与入炉风量，要控制好料柱和使风口送风须畅元阻。c. 及时排除铅、砷冰铜（即黏渣）。烧结块中有部分的残硫、砷，在熔炼过程常有少量的冲淡铜产生。如不及时排除，将影响炉内分离沉淀。在电热前沉淀时，底铅及冰铜也要定时排放，以减少液渣带铅。d. 消来咽喉出渣冒泡、或喷风时，应及时迅速处理。e. 做到均衡生产，避免过多的停风待料。f. 设置电热前床或活动前床，使渣中的金属铅及冰铅及冰洞进一步沉淀分离。电热前床放渣前停电，利于渣、铅分离。

17.2 停炉检修

停炉检修是指鼓风炉停止进料和送风，而把各种设备有计划地实行检修，把鼓风炉内炉结处理好，从而更好地为后续生产做好准备，又分为不拆除炉体检修和拆除炉体检修，不拆除炉体检修主要是日常处理炉结，另外对周边设备进行检修的过程；我们主要介绍炉体拆除检修（年度计划检修）的内容。

17.2.1 炉体拆除注意事项

(1)停炉时料面必须降至风口区以下，炉内无炉结、料空见底，如不能一次降到位则处理炉结后再次开炉降料面，直到符合要求为止。

(2)炉体周围影响拆除作业的障碍物必须清除，保证施工安全。

(3)停炉后罗茨鼓风机停止供风且须挂牌，直到开炉后听通知方能开车送风。

(4)汽包及水套内的排污阀全部打开，排除所有水套水冷件内的冷却水。

(5)停止所有给水泵，并挂牌直到听通知后方能开车。

(6)电热前床必须放干净所有铅渣后，浇水冷却至常温。

(7)炉体拆除时属于高空和上下层交叉作业，因此划定专门作业区及作好防护设施，闲人勿近，同时注意安全保护。

(8)爆破作业时设专人看护，并以鸣哨为信息告知路人注意安全。

(9)炉体拆装按照先拆后装，后拆先装原则进行。

17.2.2 炉窑设施检修规程

17.2.2.1 鼓风炉检修规程

(1)检修周期

①水套类检修周期视其各厂家使用情况而定。

②其他设备检修周期如下表 17－3 所示

表 17－3 鼓风炉水套检修周期

检修类别	周 期	类 别	周 期
小修(日检修)	15～30 天	中修	按实际情况表
大修	12～36 月		

(2)检修内容

①小修内容

a. 检修进料小车,视情况更换小车门、电液推杆或减速机。

b. 检修炉门卷扬,传动部分加油视情况更换钢丝绳及滑轮。

c. 检修或更换焦振下料斗,视情况更换焦炭下料口电动推杆。

d. 检修或更换各水套连接部位紧固件。

e. 检修或更换部分千斤顶。

f. 检查或更换各水套连接水管、软管、法兰、阀门。

g. 检查或更换风口连接金属软管。

h. 检查或更换风口大盖和小盖、鱼尾螺杆。

i. 包括维护规程内容。

②中修内容

a. 检查或更换围炉护板水套。

b. 检查或更换进料小车滑线。

c. 检修或更换山型水套。

d. 检修或更换钢环、钢条。

e. 更换排放溜槽。

f. 更换排放器 V 形扳水套。

g. 更换风管三通、球阀。

h. 修补部分炉虹。

i. 包括小修内容

③大修内容

a. 更换热矿筛板、下料、溜子或振动体。

表 17－4 鼓风炉其他设备检修周期

类 别	水套名称	检修周期(年)
汽化水套	一二层水套	3
热水水套	炉顶水套、烟道水套	3
	其他水套	视水套情况定
	半圆形水套	1
	护圈水套	半年

b. 检修或更换鹅颈管水套、直升烟道水套、裤衩水套。

c. 更换烟罩体水套。

d. 更换部分汽化水套。

e. 更换炉缸壳，重新捣制炉缸。

f. 更换排放器及捣筑耐火材料。

g. 更换操作台。

h. 包括中修内容。

(3)试运转

①在安装水套之前，要检查有关水管、阀门是否畅通，确认无堵塞方可连接。

②连接面之间应放置相应合格的密封填料。

③进行系统水压试验和送风试验，以检查水套和水管安装质量。

④当水、汽、鼓风试验均为合格方可投产。

17.2.2.2 电热前床检修规程

(1)检修周期

①水套类检修周期按鼓风炉水套类周期参照执行。

②其他设备检修周期如表 17—5 所示：

表 17—5 电热前床其他设备检修周期

类别	周期	类别	周期	类别	周期
小修	2～3 月	中修	视设备情况而定	大修	12～24 月

(2)检修内容

①小修内容

a. 检修和更换各水套连接水管、法兰、阀门。

b. 检修或更换放渣小水箱。

c. 检查或更换卷扬钢丝绳，传动部分加油。

d. 包括设备维护内容。

②中修内容

a. 检修或更换炭极夹。

b. 检修或更换放铅长、短溜子、分配器。

c. 检修或更换放渣摆动溜子。

d. 检修或更换进渣口半圆形水套。

e. 包括小修内容。

③大修内容

a. 检修或更换马王堆水套。

b. 检修或更换平车轨道。

c. 检修或更换放渣操作台。

d. 检修或更换炉壳、拱脚梁。

e. 重新捣制床底和基础。

f. 重新捣制、砌建围炉耐火材料及墙体、床顶。

g. 包括中修部分内容

(3)试运转

①前床检修完毕后，按升温曲线烤炉。

②耐火材料部分严禁有水进入。

17.3 设备维护与保养

17.3.1 设备点检

设备点检是通过人的五感或使用检查仪器检查设备发生的异常和随时间推移而出现的劣化并预测设备残余寿命的活动。这些活动包括设备开动中的检查，如根据振动测定来判断设备的性能劣化，或用脉冲仪测定轴承的状况，用超声波探伤，用红外线仪测定炉壳温度，用铁谱仪测定设备磨损及应力等。

点检和检查作业是重要的维修活动信息源，是做好修理，编制检修计划的基础。点检的目的在于早期发现故障和隐患征兆，做到及时处理，保证设备的正常运转。

17.3.1.1 点检标准、方法与管理

(1)点检标准

点检标准是设备部门针对设备上影响产品质量、产量、成本、安全、环保和影响设备正常运行的部位，根据不同的设备类型所制定的“设备点检卡片”。

(2)点检方法

①用主观方法进行检查，即用人的五感(手触、目视、问诊、听声、嗅诊)去对设备的性能进行诊断。

②用振动测量仪对关键设备的轴承进行定期、定点检测，从而判定设备性能的优劣。

③用红外线温度检测仪对电热前床的炉壳各个规定点定期进行温度检测，作出温度变化曲线图，从而判断前床砌体的腐蚀情况。

④用超声波测厚仪对水套进行测厚检查，从而判断水套的损耗情况。

⑤请专业维修人员进行检测，对比较重要的疑难故障由设备部门协商进行解决。

(3)点检工作管理

在日常的点检和定期检查中，不要只是限于监视突发故障，还要监测设备的劣化程度，从而更好地搞好设备生产，提高预防性修理的准确性，这种方式也称为劣化的趋向化管理。生产部门应将能否正确、认真执行对设备的点检作为对操作工人的考核条件之一。

17.3.1.2 设备点检记录

设备点检记录主要是点检人员根据点检卡对各设备进行检测后将检测结果登记在册，从而有利于技术人员进行分析、判断，从而更好地搞好设备工作。其主要体现在设备运行参数上，鼓风炉熔炼主要设备运行参数如下：

(1)电动加料小车主要运行参数

①滚动轴承温度不超过 70℃。

②电动机温度不超过 80℃。

③电液推杆油温不超过 55℃。

④两台推杆同步性一致。

(2)鼓风炉主要运行参数

①系统试验压力为 0.59MPa。

②系统工作压力为 0.39MPa。

③安全阀工作压力为 0.41MPa。

④控制安全压力为 0.41MPa。

⑤水套间隙为 8mm～12mm。

⑥水套间平整度≤5mm。

(3)电热前床主要运行参数

①变压器油面温升≤55℃。

②变压器油量:1/3≤油枕油标≤2/3。

③一次测电压:10000V,二次测电压:50V,60V,70V,80V,90V 共 5 个档次。

④炉壳底部点温度≤240℃,四周点温度≤180℃。

⑤二次电流≤8000A。

(4)罗茨鼓风机主要运行参数

①滑动轴承温度不超过 60℃,滚动轴承温度不超过 70℃。

②电动机温度不超过 80℃。

③传动齿轮润滑油不超过 60℃。

④风量、风压符合规定要求。

(5)给水泵主要运行参数

①轴承温度不超过 70℃。

②电动机温度不超过 80℃。

③密封漏损 10～20 滴/分钟。

④叶轮口环与壳体口环的径面间隙标准为 1mm～1.5mm,更换后为 2mm。

⑤联轴器端面间隙 2mm～6mm,同轴度≤0.1mm,端面间隙沿圆周的不均匀度≤0.3mm。

17.3.2 设备维护与保养

17.3.2.1 关键设备的维护保养

精、大、稀、关键设备是企业进行生产极为重要的基础,是保证实现企业经营目标的重点设备,因此对这些设备除了基本的维护四相要求(整齐、清洁、润滑、安全)和定期维护外还要重视以下工作:

(1)实行"四定"即定使用人员、定检修人员、定操作维护规定和定维修方式及备品、备件。

(2)严格执行使用维护的特殊要求,如前床砌体炉壳的温度日常检查及画温度变化曲线,鼓风炉水套的跑、冒、滴、漏检查,温度电流控制等。

(3)严格按规定操作设备,不允许超性能,超负荷使用。

(4)设备的附件和专用工具要妥善保管,不得外借或他用。

17.3.2.2 设备的润滑

设备润滑是设备维护的重要环节,设备缺油或油脂变质会导致设备故障甚至破坏整个设备,搞好设备润滑工作,对于减少故障以保障生产顺利进行,减少机件磨损以延长使用寿命有着重要的作用。

(1)润滑"五定"与"三过滤"

①润滑"五定"指定点、定质、定量、定期、定人。

②润滑"三过滤"亦称"三级过滤"是指入库过滤、发放过滤、加油过滤。

(2)润滑图表

润滑管理图表是指设备部门为使润滑工作规范化、制度化建立的具有指导、计划、记录和统计作用的图表,通常有设备润滑图表、年月设备清洗换油计划表。

设备润滑图表是指导操作工、维修工和润滑工对设备进行正确、合理润滑的基础技术资料,它以润滑"五定"为依据,兼用文图显示出"五定"内容,我们火法冶炼中一般采用以下润滑表 17－6:

表 17－6 设备润滑图表

五 定	定 点			定 期	定 质	定 量	定 人
图示序号	润滑部位	加油方法	润滑点数	润滑周期	润滑油种类	加油量	责任人
1	减速箱	油壶	1	六个月	30# 机械油	10kg	润滑工

17.4 常见设备故障的判断与处理

17.4.1 设备故障判断知识

17.4.1.1 电动加料小车

(1)由于轨道或紧固件松动或车轮磨损严重不均导致小车振动或运行不平稳。

(2)由于电动机烧坏或电气线路问题导致开不动。

(3)由于车门变形导致车门打不开。

(4)由于电液推杆变形、反相、行程问题、不同步导致车门打不开。

17.4.1.2 鼓风炉

(1)由于水套烧坏内壁导致风口冒蒸气或流水。

(2)由于密封不好导致风口漏风严重。

(3)由于阀门未开或水路堵塞导致水套出水管无水。

(4)由于操作不当烧坏钢环导致排放口上移。

(5)由于金属软管损坏导致漏水、冒蒸气。

(6)由于炉结机故障导致油缸不动作。

(7)由于炉门及门销变形导致炉门不灵活。

(8)由于水套千斤顶损坏导致水套错位、移位。

(9)由于炉温过高导致干烟道变形、开裂或烟道水套烧坏。

17.4.1.3 电热前床

(1)由于二次电流过高,通风不好,三相电流严重不平衡导致前床变压器油温高。

(2)由于电源故障,炭极伸入前床过深或开关失灵导致送电不上。

(3)由于卷扬问题导致炭极不能上升下降。

(4)由于砌墙体腐蚀严重导致前床穿墙、穿底。

(5)由于操作不当导致拱脚梁烧坏或炉顶下塌。

(6)由于缺水或断水导致水套烧坏。

(7)由于冰铜过多或温度过高造成放渣溜子洗穿。

17.4.1.4 给水泵

(1)由于水箱缺水导致泵干吸而造成泵烧坏。

(2)由于无引水或底阀沉入吸水面不够导致流量不足或不出水。

(3)由于管路堵塞而导致不出水或流量不足。

(4)由于旋转方向错误导致水量不足。

(5)由于填料损坏导致泄漏。

(6)由于水平校正不好导致振动、功耗过大。

(7)由于水进入轴承导致轴承发热损坏。

(8)由于润滑不好导致轴承过热。

(9)由于紧固件松动导致振动。

(10)由于止回阀损坏导致另一备用泵反转损坏。

17.4.1.5 罗茨鼓风机

(1)由于两叶轮键松动、间隙不均匀、传动齿轮或轴承磨损造成叶轮发生碰撞。

(2)由于叶轮不平衡、轴向密封环与轴摩擦、黏灰或管道堵塞导致风机振动加剧。

(3)由于间隙调整不当导致叶轮与墙板磨损。

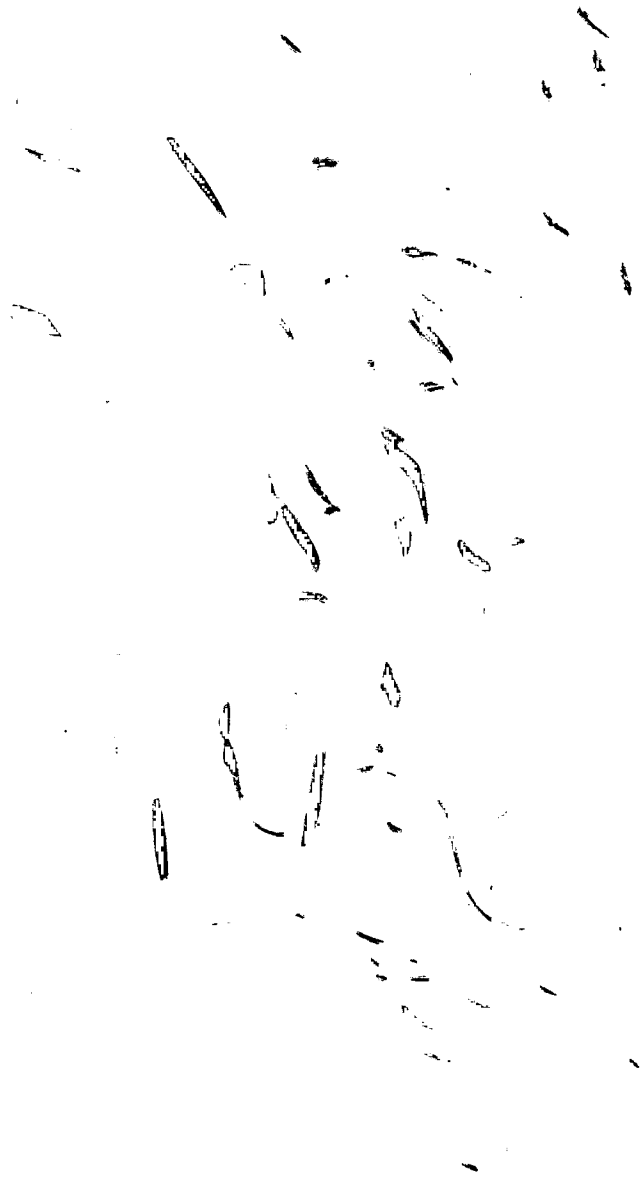
(4)由于间隙过大或管道泄漏导致风量不足。

(5)由于操作顺序不当导致风机爆炸。

17.4.2 故障处理程序

(1)当遇到简易故障时操作工可自行解决。

(2)当遇到机电故障时汇报调度或工段机电设备管理人员由维修工判定故障性质、程度后决定是否可自行解决,不能解决则汇报上一级管理人员,由上级部门协商解决,同时操作工人做好故障停炉的一般性准备工作,配合维修人员修理本岗位的设备。



第18章　TD炉系统中级工

18.1　TD炉的开炉

18.1.1　TD炉的开炉准备

系统试车的顺序：先开引风机→开送风机→开底部螺旋→开振动运输机→　TD炉→加料器→开圆盘→加料→螺旋。此外砌筑完成后一定要做好炉体自然干燥工作，这是由于新砌的炉中含有大量水分，如果急速升温，则会使炉体材料膨胀不均，水蒸气的作用会使炉体裂损，严重时炉砖脱落，从而影响炉体寿命和正常生产，因此不可在没有自然干燥前盲目升温。

18.1.2　烘炉

18.1.2.1　烘炉升温作业具体操作如下：

(1)做好开炉前的准备工作

(2)炉体砌完后应自然干燥3～4天后，才能点火升温。

(3)点火前，应检查TD炉各部，包括加料设备、布袋收尘设备及引风机是否正常。

(4)开引风机，送风机，TD炉开始运转。

18.1.2.2　开炉方案及升温曲线

在400℃以前，采用升温烧嘴或煤气管，在燃烧筒入口处，按点火顺序点火升温。当温度升到400℃时恒温7小时，换用生产作业烧嘴。严格按升温曲线进行，若因某种原因产生温度下降，时间在30分钟之内，可直接恢复原态；时间长可根据具体情况按曲线错后一段时间。如发生事故温度升不上去或下滑，按下滑后的温度为起点，以原升温速度组织升温。

18.2　火法冶炼

18.2.1　进料

18.2.1.1　进料的准备

开引风机，在进料前先清理好仓内筛口的大块料，保证不堵材料，绝对禁止往物料口洒水，防止潮沉扬料分解出H_2遇火爆炸。反应原理方程式为$Zn+H_2O=ZnO+H_2\uparrow$，若发现着火应立即闭料仓门盖。

18.2.1.2　进料条件

保证所加的原料必须是干燥的，含水不能超过1%，所加的兰粉、锌粉不能有明火；原料中必须有一定量的明锌；粒度要适中，粗细要搭配混合好。

18.2.1.3　原料的配比

虽然用的料不像蒸馏系统需要制团和焦结，但也需要按一定的比例进行配比。

TD炉原料的质量标准：

(1)若不加大块浮渣，锌粉∶兰粉＝1∶1。

(2)总原则：混合料含铁＜0.5%。

18.2.2 TD锌冶炼

18.2.2.1 产品产出时的操作

当TD炉炉体运行2～3小时进行充分甩渣后，锌在窑体底部聚集需要及时放锌、铸锭，具体操作：

(1)按停车顺序停车：停加料螺旋圆盘→停旋转叶片加料器→停TD炉→停振动运输机→停底部螺旋

(2)把放锌口停在出锌位置，用正反转调正，对准出锌溜槽。

(3)出锌岗位出锌操作。

(4)放完锌后把放液口提到基准点，(到液体锌不洒落为止)干燥3～5分钟，按TD炉开车顺序开车。

18.2.2.2 原辅材料的化学成分、性质，产品产出

每台TD炉处理物料能力：30T/d；产量：5T/d。

产品质量：Zn：97.5%；Fe：1%；Pb：1%；Cd：0.5%。

炉体运行寿命：6个月进行停炉中修；10年进行大修。

蓝粉、锌粉：Zn：65%；Fe：0.5%；Pb：1%；C：8%；O_2：25%。

锌渣子：Zn：80%；Fe：0.1%；O：20%。

直产率(产出TD炉与加入物料比)：17%～20%。

使用的煤气成分：CO：28%；N_2：59%；H_2：10%；CH_4：2.5%；C_nH_m：0.5%。

18.3 停炉检修

18.3.1 停炉作业

18.3.1.1 停炉准备

当炉体运行一定周期后，需要进行停炉检修。首先把炉内锌放净，再把炉内炉渣全部清出，在炉体检修时首先要注意的问题是降温，速度要均匀稳定。若温度的急剧变化，会造成砖体炸裂，是影响炉体寿命的主要原因。因此，在操作中必须按降温计划严格执行。

18.3.1.2 停炉作业

按降温计划进行降温。

18.3.2 安全操作

安全是生产的前提和保证，没有安全就谈不上生产，因此我们在操作中必须将安全工作重视起来。

18.3.2.1 加料收尘岗位

(1)工作前穿戴好一切保护用品。做好班前讲话和记录。

(2)作业前确认作业环境和作业工具是否安全可靠。

(3)检查、清扫、处理设备故障，卡料，堵料及加油等要先拉闸、挂牌。

(4)检查布袋时，先把进口插板，出口蝶形关严，拉闸、挂牌。

(5)使用原料不准洒水，若有水或着火向班长汇报，妥善处理。

(6)使用电器设备时，应遵守电器操作规程。

18.3.2.2 调整岗位

(1)上岗前戴好一切劳动保护用品,做好班前讲话和记录。

(2)作业前确认作业环境和作业工具是否安全可靠。

(3)煤气操作严格按煤气安全技术规程执行。

(4)炉内作业必须用送风机进行换风。

(5)煤压、负压出现单项掉闸,立即缩小没掉闸的煤压。

(6)调整方法和大、中修,开、停炉等作业,按技术操作规程执行。

(7)使用电器设备,遵守电器操作规程。

18.3.2.3 出锌、出渣岗位

(1)上岗前穿戴好一切劳动保护用品,做好班前讲话和记录。

(2)作业前确认作业环境是否良好,作业工具不准潮湿。

(3)出锌时不能站在出锌口正面,锌包不能过满,应低于上沿 40mm。

(4)锌包起吊和运行过程要平衡,锌包周围不得站人,以免锌液溅出伤人。

(5)铸锭前要仔细检查铸模是否潮湿,以免发生爆炸。

(6)接锌、码锌时,注意不要砸伤,每组锌不能超过 45 块。

(7)锌块起吊挂钩时人要站在锌堆侧面,起吊时接锌人必须离开地坑。

(8)扎振动筛料的工具,不准潮湿,应先预热干燥。

(9)扎料时,人不准站在振动筛上,应站在筛子侧面。

(10)设备出现故障,必须先停车后再处理。

(11)天气潮湿时,不可用手直接接触开关按钮,必须戴上绝缘手套。

18.3.3 设备的维护和保养

设备的维护和保养是延长设备使用寿命的关键,要做到有专人维护、定期保养。

18.3.3.1 设备的维护主要是指对使用中的设备要勤查、勤看,发现问题及时解决,不能解决的要及时汇报;对已损部件及时更换。

18.3.3.2 设备的保养是指平时要经常性对设备所处的环境进行卫生清理,对设备的固定件和能动件(或部位)进行润滑保养。

18.3.4 常见的工艺及设备故障处理

18.3.4.1 停止运转

(1)按放锌顺序进行放锌操作。

(2)停煤气、空气。

由于某种原因发生故障,如在半小时以内可直接恢复原来状态,按升温曲线升温,如果在半小时以上,一个半小时以内可按升温曲线规定错后一个小时,维持恒温时间缩短一小时。

如故障时间在四小时以内,可视恒温时故障或升温中故障,分别采取处理措施。

恒温中故障处理方法:在 220℃恒温中出现故障,应以 50℃/h 的升温速度恢复至 220℃,恒温时间总共为 12 小时,在 400℃恒温时出故障应以 50℃/h 升温速度恢复到 400℃,恒温时间总为 12 小时,在 600℃恒温有故障,应以 30℃/h 的速度升温至 610℃,恒温时间为 6 小时。

升温中故障处理方法:以 50℃/h 升温速度恢复到故障发生时的温度,后再以 15℃/h 的速度升温,之后按升温曲线控制。

如故障时间在 4 小时以上,则应重新制定干燥升温曲线,特别是故障发生在 220℃之前,如故障时间很大需将炉体自然降温至常温后再重新点火升温。

灭火时处理:发生灭火后等 15～20 分钟,将炉内残余煤气抽净后,按点火顺序点火。

18.3.4.2 当燃烧筒需要更换时应如何操作

关严闸板，打开炉侧工作孔，散热冷却。

(1)取掉燃烧筒：

①拿掉集尘罩。

②拆掉排出侧燃烧筒安装座。

③拆掉煤气嘴、空气管等。

④抓掉上料滑槽。

⑤从炉侧进入孔用滑轮把燃烧筒吊牢。

⑥拆掉给料辊。

⑦取下燃烧筒时找好平衡，防止损坏炉体衬砖。

⑧炉内若存有害气体，需先排气处理。

(2)更换燃烧筒：

①用两个滑子吊起筒，交替操作，逐次插入。

②将筒安装固定，逐次安装好上述拆掉的设施。

③空转试车，检查有无接地等异常现象，确认无误后开炉升温。

(3)相关知识：

①系统试车的顺序；

②烘炉升温前注意及具体操作；

③熟悉大修升、降温图表；

④原料的配比原则；

⑤产出产品的具体操作；

⑥各岗位的安全技术规程；

⑦设备润滑图表与相关知识；

⑧常见的故障处理。

第19章　竖罐蒸馏中级工

19.1　开炉

学习目的：了解预热风机的试车程序并能判断试车是否正常，掌握开炉升温曲线，协助调整升温工作。

19.1.1　开炉准备

开炉前对预热风机彻底检查一遍，主要有电气和机械部分，保证开炉运转正常，预热风机加油，开车运行3～4小时，负压指标控制在－600Pa～－800Pa。

19.1.2　烘炉

大修升温时间为14天，中修升温时间为12天，必须严格按照规定的升温曲线进行升温，升温过程中各部位允许温差：上、中、下底温差小于60℃。特别要注意4个恒温点其作用不容忽视。

开炉过程中要经历四次恒温过程。要求在260℃、540℃、860℃、1100℃四个温度点保持一段时间恒温，这是因为在260℃时保持恒温有利于新砌炉体的水分蒸发排除，防止温度急速升高，水蒸气散出较快，炉墙裂缝增大，损坏炉体。在540℃、860℃恒温这是因为它们是硅砖的低、中温晶体转化点，使硅砖稳定膨胀，这样可以保护炉墙不裂或少裂缝。在1100℃恒温则为提高下底温度，缩小上、下温差，使温度均衡。

19.1.3　大修、中修开炉升温曲线

19.2　冶炼

学习目的：掌握燃烧的原理及蒸馏炉供热方式

19.2.1　煤气的燃烧

燃烧的实质是物质的激烈氧化过程，在此过程中产生光和热。如煤的燃烧，即煤中的炭和空气中的氧激烈反应，生成二氧化炭或一氧化炭黏，并产生大量的热和光。煤气燃烧是煤气中的可燃成分与氧气反应，并产生大量的热和光。煤气的主要成分有CO、H_2、H_2S及少量高分子炭黏氢化合物和不燃物有CO_2、N_2、水蒸气等。其燃烧反应主要有：

$$2CO+O_2=CO_2$$

$$2H_2+O_2=H_2O$$

$$CH_4+2O_2=2H_2O+CO_2$$

$$2H_2S+3O_2=2H_2O+2SO_2$$

$$CnHm+[(n+m)/4]O_2=nCO_2+m/2H_2O$$

煤气燃烧的过程中分三个阶段：一是煤气和空气混合；二是着火阶段；三是燃烧阶段。要保证煤气完全燃烧还要具备四个条件：

(1)有足够的空气。

(2)使空气与煤气的可燃成分很好的混合。

(3)将煤气预热到着火温度以上。

(4)及时地排除燃烧后的废气。

竖罐蒸馏炉的供热是通过燃烧室完成的。煤气从燃烧室的顶部进入,利用引风机的抽力向下运动。由于蒸馏炉的竖罐高达 11 米,故空气采用分层进入,共分七层逐级送入,使煤气和空气充分混合,均匀燃烧,以保证罐体受热均匀。

19.2.2 热传递

热传递的方式有三种:传导,对流,辐射。

(1)传导是指物体内部相邻部分的热量传递。

(2)对流是只能在气体和液体中实现,由于各部的温度不同而引起的液体扰动和混合而实现热量传递。

(3)辐射是由电磁波的形式实现的传热方式

竖罐蒸馏炉应用的主要是辐射传热和传导传热,竖罐传热的特点是受热面积大,要求各处受热均匀,保持连续、均衡、稳定。

19.3 安全操作

学习目的:掌握调整、补炉、扫除岗位的安全技术规程

19.3.1 调整工岗位安全技术规程

(1)遵守安全技术通用规程。

(2)禁止扫除和补炉同时在一个炉子上作业。

(3)处理悬矿或开炉升温加焦过程,温度饱和阶段,应减少煤气降温,不能用过大煤气,或关死抽力挡板降温。

(4)煤压、负压如发现单项掉闸,立即联系缩小不掉闸的煤压或负压。

(5)全部掉闸时,调整工或班长持电话听调度指挥,掌握开关压力变化,停止一切作业操作。

(6)熟记、掌握蒸馏炉煤气安全技术规程。

19.3.2 补炉工安全技术规程

(1)遵守安全技术通用规程。

(2)补炉与扫除不能同时在一座炉子上作业。

(3)补炉前与补炉后必须通知调整工。

(4)补炉前必须检查浆罐各部阀门,清理浆罐内残杂物。

(5)罐口压力、煤气联系好后,方可打补炉门。

(6)打补炉门时,不准往燃烧室内掉砖,砖外掉不准无故砸坏电偶。

(7)补炉枪用胶管必须系牢,禁止用变质铁丝绑枪。

(8)试枪时,枪嘴朝下,必须放在回收桶内,不准乱放,以免伤人。

(9)开浆罐人与拿枪人必须联系好,方可开浆。

(10)浆罐内压力不准超过规定压力 6kg/cm² 以上。

(11)打杂质时,扒出的杂质不能放在潮湿、有水的地方,以免放炮伤人。

(12)扒杂质时用的耙子放入水罐内冷却降温,耙杆尾端不准对人,以免耙杆内喷出的热气伤人。

(13)在外推灰时,不准在道路上嬉耍、打闹,严格遵守交通规则。

(14 熟记煤气安全技术规程

19.3.3 扫除工岗位安全技术规程

(1)遵守安全技术通用规程。
(2)严格遵守蒸馏炉煤气安全技术规程。
(3)应知煤气中毒后的急救知识。
(4)用压缩空气扫除时,风管必须牢固。
(5)扫除与补炉不能同时在一个炉子上作业。

19.4 设备维护及保养

学习目的:掌握各岗位主要设备维护和保养

19.4.1 关键设备的维护保养

蒸馏炉炉温的控制力求多稳、少动,保证温度均匀稳定。

补炉岗位要求蒸馏炉无罐漏,炉内无顶砖灰,无罐壁疙疤,燃烧室各部杂质及时消除达到规定指标。具体指标如下表:

序号	设备工具名称		规格(mm)	维护制度
1	浆罐		Φ400×400	补完刷洗
2	补炉枪	长	Φ10×4500	补完刷洗
		中	Φ10×3500	补完刷洗
		短	Φ10×2000	补完刷洗
3	灰浆筛		5目	补完刷洗
4	枪嘴		4~6	补完刷洗
5	补炉钩子		1200	
6	大锤		16磅	
7	补炉门		240×240	补完刷二遍缝
8	钎子		6000 5000 45000 2000	

扫除岗位要求煤气筒砖无堵塞,废气排出畅通。具体指标如下表:

序号	设备名称	规格(mm)	维护制度	备注
1	煤气总道	Φ800	每季扫除一次	温度低时随时处理
2	废气总道	Φ2400	每季扫除一次	温度低时随时处理
3	煤气筒砖	100×100	每季扫除一次	温度低时随时处理
4	拉链车子	链长27m		
5	空气筒砖	100×70	每月吹扫一次	温度低时随时处理
6	换热室上升道	2920×355×9000	每季扫除一次	温度低时随时处理
7	废气过道	240×1173	每月吹扫一次	温度低时随时处理
8	换热室下降道	2920×315×9000	每月扫除一次	温度低时随时处理

19.4.2 蒸馏炉补炉质量标准

开动时间	补炉时间(分钟)	灰量(kg)	疙疤寿命(天)	杂质高度(mm)
二次悬矿	≤15	≤20	≥20	≤150
三次悬矿	≤20	≤30	≥15	≤250
四次悬矿	≤30	≤40	≥5	≤350

19.4.3 预热风机的维护和保养

主要是对预热风机在工作时定期加油、润滑。

19.5 常见故障判断及处理

19.5.1 工艺故障处理

19.5.1.1 影响燃烧室温度的主要因素：

(1)煤气成分是否符合要求。

(2)煤气管道压力是否达到规定指标。

(3)引风机造成的负压是否符合要求。

(4)换热室换热效率高低和空气、煤气预热温度是否达到指标规定。

(5)废气排出阻力大小，如阻力大则要扒杂质，扫过道或扫除总道。

(6)罐裂、漏要及时补罐。

(7)炉体系统漏气，冷空气侵入要及时抹缝，保持炉体及管道密闭。

(8)仪表指示是否正确，要经常检查电偶和仪表，并用光学高温计进行校对。

(9)炉体损坏情况。

当温度调整总条件受限制时，应保上、中温度高于下度温度。

19.5.1.2 怎样判断燃烧室、换热室堵塞？

(1)是根据调整情况判断：当抽力、空气挡板全开而温度还不能达到规定指标，增加煤气反而使温度降低，空气道没有堵塞，则说明换热室堵塞。

(2)是压力计测压差判断：按照气体的流向，用压力计逐个部位测量压力差。如测量结果超过规定数值(一般新开炉换热室上、下道压差小于 4mm 水柱，老炉小于 7mm 水柱)，就说明测量部位有堵塞现象。

19.5.1.3 燃烧室某点温度无论怎样调整也达不到规定指标，作为调整工如何查原因

(1)仪表及电偶是否完好。

(2)套管及炉体是否漏气。

(3)该部位是否罐漏。

(4)空气、煤气是否能够充分燃烧提够足够热量。

(5)废气排出阻力大小是否畅通。

第 20 章　热镀锌配料中级工

掌握配料的基本原理及浇铸工艺的基本知识，了解本工序锌、锌基合金的熔铸特点及其保证质量的措施。通过配料计算，能判断杂质元素和夹杂物对产品的影响，审查配料单及调整成分的计算方法。

20.1　开炉

20.1.1　烘炉

开炉操作：

(1)用煤气在炉底燃烧，烘炉时间为 9 个生产班。

(2)使用煤气应有两人以上在场，都应站在上风方向，先明火后给煤气，将煤气点燃，合理调节煤气量大小来达到升温要求。

(3)按升温计划进行升温，升温过程中如果温度超指标可恒温，不应用降温的方法达到指标。

20.1.2　烘炉的目的和意义

(1)彻底去掉修炉时所用的耐火材料中的水分，防止因升温过快造成炉内壁水分急聚蒸发，而使耐火材料大片脱落。

(2)增加耐火材料的耐用性，从而延长炉体的使用寿命。

20.2　火法冶炼

20.2.1　进料

(1)进料的准备

①加料前将炉体各部位检查好，不堵不漏，外部无挂锌，扫除口封严，锌包处理干净，包轮灵活好用及磅秤无损坏。

②将生产所用该品种模子摆放整齐。

③准备生产所需的配料、铅、铝、锑。

(2)原料标准

精锌(0# 锌标准)、纯铝、纯锑、纯铅

(3)进料的条件

混锌炉按升温计划要求达到温度指标，接到指令后即可进行加料。

(4)配料

由配料岗位的配料工进行配料，配料顺序先加铝，再加锑，后加铅，待加入的铝、锑、铅熔化后再启动转子进行搅拌。

配料公式：

$$Al=\text{锌量}\times a\,\%\ (a\text{ 为铝的中间值})$$

$$Sb=(\text{锌量}+\text{铝量})\times b\,\%\ (b\text{ 为锑的中间值})$$

$$Pb=(\text{锌量}+\text{铝量}+\text{锑量})\times c\,\%\ (c\text{ 为铅的中间值})$$

20.2.2 冶炼

(1)物料计量

每包锌在加入混锌炉前进行检查,加完后空包子再检查,前后两次的差为实际加入量,再根据实际加入的锌量算出该加入的铝、锑、铅量。

(2)化验分析

化验单上的铝、锑、铅在要求的范围内为合格,方可铸锭,否则将重新配料、搅拌、取样、化验分析,达到化验结果合格为止。

20.2.3 产出

成品热镀锌物表必须达到:无污染、无飞边、大耳、无浮渣、无深洞、无夹杂物、无冷隔层,单重必须达到要求,化学质量合格。

20.2.4 停炉

停止向混锌炉内加料,将炉内壁浮渣及流槽浮渣扒净,放出炉内存锌,封闭混锌炉炉门及扫除口,关小煤气量,降温速度为5℃/h～10℃/h,降低至400℃以下后,关死煤气闸门,使其缓慢冷却,等待检修或拆除重建。

20.3 安全操作

20.3.1 安全技术操作

(1)热镀锌岗位:运锌加料岗位安全技术操作规程、配料岗位安全技术操行规程、司炉岗位技术操作规程、铸锭岗位安全技术操作规程、化废锌岗位安全技术操作规程、生产准备岗位安全技术操作规程。

(2)岗位安全教育

(3)安全帽正确使用应注意的几点事项:

①缓冲衬带垫的松紧由带子调节。

②不要把安全帽歪带在脑后。

③安全帽要系结实。

④安全帽要定期检查。

20.3.2 劳动保护用品的正确使用

详见安全技术操作规程

20.4 设备维护及保养

20.4.1 单轨吊车开车前的准备

(1)检查各坚固件有无松动,各润滑点润滑是否良好,检查钢丝绳磨损及有无串槽重叠现象,检查吊钩磨损情况。

(2)检查限位器是否灵活可靠,大车控制器是否良好。合上电源,检查各种控制按钮是否正常。

20.4.2 单轨吊车“十不吊”原则

(1)吊物上站人或浮放物不吊。
(2)超负荷不吊。
(3)信号不清不吊。
(4)易燃、易爆不吊。
(5)设备带病或吊物直接加工不吊。
(6)钢丝绳不合格不吊。
(7)埋在地下不吊。
(8)液体金属过满不吊。
(9)歪拉斜吊有锐角未垫好不吊。
(10)违章指挥不吊。

20.5 常见故障的判断及处理

20.5.1 工艺故障处理

(1)物表不合格锌如何处理
放指定位置,做好标识,然后根据生产安排或做半产品或做原料再加工。
(2)出锌口渗锌是什么原因,如何避免
原因:①出锌口有裂缝现象。
②炉膛温度长时间超高。
处理:①找有关人员检修,堵缝刷浆。
②观察炉温,严格控制温度在规定范围内。
(3)配锌炉膛正压,煤气送不进炉内是何原因,如何处理?
原因:①炉门没关严,扫除口没封严。
②炉膛与废气道堵塞。
③废气道被氧化锌或杂物堵塞。
处理:①把炉门关严,扫除口抹严。
②清除过道氧化锌。
③打开废气道,清扫堵塞物。

20.5.2 设备故障处理

吊车常见的故障:钢丝绳卡死、抱闸失灵、不走车、电机杂声、钢丝绳断、吊车勾子沾锌不灵活。

第21章　竖罐蒸馏冷凝系统中级工

21.1　开炉

(1)开炉准备

开炉前对运行设备和电气部分做好检查，保证按计划开炉。并要根据焦炭的大小调节挡板，按两边大，中间小的原则调整。

(2)烘炉作业

按计划组织加焦炭，加焦时间保持10个小时以上。焦炭加满后，移加料斗通大砣盘水，排出送底风，正常加料。加入两斗料以后，一冷器加锌，导通冷凝器，投入正常生产。

(3)相关知识

开炉试生产的技术要点：

①大、中修及打悬矿加焦过程中，要严格控制加排焦速度，加焦速度为5～6吨/小时，排焦速度为2.5～3吨/小时，排焦频率为咬1或咬2交替进行，要及时检查排矿辊打滑现象。

②焦炭加满后检查是否下焦均匀，出现半面下焦快要及时调整排出挡板。

③加料后要检查处理好各部密封，加锌时其他炉直管温度控制在500℃，同时一冷气锌槽可补充煤气活管防止锌液凝结。

④二冷器导通废气后强化器开水降温，二水封压力要保持微正压，禁止负压操作。

⑤排出送底风时，要根据炉状况调整送风量，罐漏炉适当减少送风。

⑥试生产过程中直管温度可控制在450℃，二冷工指导加料工调整下料频率，指导一冷工提放冷却水管。

21.2　冶炼

(1)冶炼运行参数判定

炉体大修周期63个月，中修周期21个月，悬矿周期5个半月。当竖罐或燃烧室换热系统之一出现故障不能继续生产或技术指标严重下降时，即需停炉检修。

冷凝设备扫除周期一般按下表的时间进行：

序号	设备名称	扫除周期
1	上延部	3个月掏洞
2	咽喉部	15天处理一次罐口过道
3	倾斜部	30天扫除一次
4	方箱	出现超差时扫除
5	一冷凝器	锌粉超过冷凝器容积1/2时扒锌粉
6	二水封	40天扫除一次
7	洗涤机	15天扫除一次

(2)物料计量

加料工每班清理返粉一次，并做好估量记录，工段每月做好统计上报车间。

(3)化验分析

液体锌含铁≤0.165%。

罐口分析：CO：65%～75%，O_2<1.0%，CO_2<0.8%。

21.3 停炉检修

(1)停炉准备

悬矿停炉准备的材料有:旧料面钎子一根、3.5 米料面钎子一根、12 根 800mm 长合金棒、钢丝绳、钩子、铁板。

悬矿停炉作业:首先停止加料,加料工每 20 分钟活动一次料面,大炉温度降到 1150℃以下开始排料,排料前 3.5 米钎子必须摸着料面,排料期间送风 50m³/h～60m³/h,转子正常运转,根据锌液温度情况决定是否放锌(放锌前必须停炉)。排料结束后,吊走加料斗,上延部搪钎子,吊拆上延部,拔南北转子。捣仗结束后,处理罐内疙疤,交给筑炉。

(2)炉体拆除

①吊拆上延部:首先打搪钎子孔,割大架子,处理罐头两侧保温砖,用钢丝绳吊上延部。

②一冷器:当一冷器底坏时,拆除一冷器,重新砌筑。

(3)配合检修

处理完罐内疙疤后,通知检修人员检修二冷器、加料斗、挡板、炉门、搅笼及各部位。

21.4 安全操作

21.4.1 安全技术操作

(1)作业现场状态判定

①人的思想情绪、精神状态、身体素质的判定。

②工具的使用注意事项,安全装置的确认。

③现场环境确认。

(2)岗位安全教育

新上岗职工经过五级安全教育,即经过集团公司、冶炼厂、车间、工段、班组五级安全教育。

(3)安全事故分析及事故调查

安全事故分析:首先分析事故发生的直接原因,包括人的原因和物的原因,其次分析发生事故的间接原因,包括技术、教育、身体、精神、管理等原因。

21.4.2 安全保护及环保

(1)劳动保护用品

劳动保护用品:手套、口罩、眼镜、安全帽、工作鞋。

(2)环境污染控制

①现场卫生 24 小时达标。

②杜绝跑冒滴漏。

③加强技改步伐,对冷凝放兰粉,扒锌粉尘进行回收,现有加料收尘要提高潜能。

21.5 常见故障的判断及处理

21.5.1 工艺故障处理

21.5.1.1 罐口与二水封压力大的原因

(1)二冷水压小。

(2)水喷机过道、下眼、立通等部位有堵塞现象。

(3)水平管道压力大。

(4)水喷机水嘴堵。

(5)排出送风量过大。

(6)焦结矿温度低,加料后压力大(时间短)。

(7)沉淀箱内蓝粉过多。

(8)各水封内结疙瘩过多,影响气体流通。

(9)各水封及扫除门密闭不严。

(10)加料工在咬快牙(时间短)。

21.5.1.2 直管温度高的原因及处理方法

(1)原因:

①锌粉过多,使冷凝室容积减小。

②转子磨损严重或转速不够,降低冷凝效率。

③一冷冷却水管冷却效率不好(可能水压小,凝锌严重或放置不合理等)。

④料面过深,气流速度加快,使冷凝效率降低。

⑤排出风量过大,冲淡炉气,影响冷凝效率。

⑥锌液循环不好,冷凝室内锌液温度超高。

(2)处理办法:

①及时扒锌粉,掏隔墙,增大冷凝室容积及散热量,促使锌液良好循环,降低锌液温度。

②及时换转子,充分发挥转子能力,提高冷凝效率。

③勤洗刷水管,促使水管多带走热量,降低锌液温度。

④稳定料面,均匀下料,适当送风,减少炉气量。

25.5.1.3 直管温度低的原因及处理方法

(1)原因:

①直管温度低主要是由于接头处堵塞,造成罐内气体不能或少部分进入一冷凝器。

②二水封内水进入直管,降低了直管温度,且会出现二冷压力增大的现象。

③电偶损坏或线路、仪表有毛病,指示有误。

④大、中修后期要停的炉子罐漏严重,使冷凝器内气体量减少。

(2)处理方法:

①如属于接头堵塞,应及时扫除处理。在此情况下,一般会出现排出压力增大,虽然罐压力为负压,但大砣揭开后却有冒火现象。

②如属直管进水,要立即关强化器水。如少量进水,则应处理二水封内悬挂物。

③检查电偶及线路、仪表,发现问题立即找维护人员处理。

④罐漏的炉子要适当减少罐口压力,及时补炉。

21.5.1.4 如何判断转子头大小

转子头在运转过程中由于磨损而逐渐变小,使冷凝效率降低。到一定程度,需要换新转子。

如何判断转子变小?如果储锌槽温度较低,呈白色,水管凝锌较多,而隔墙畅通,说明转子头变小。也可依据直管温度判断。如果在出锌前后的一段时间里直管温度一直超高,也可说明转子头变小。另处,转子头变小后,在开停转子时锌液面波动较小。这种现象也可帮助判断。

21.5.1.5 蒸馏炉二冷压力有差的原因及处理方法。

(1)倾斜部堵塞、疙疤厚、锌粉多。处理方法是:及时扫除、扒锌粉。

(2)方箱下眼小,里面积锌粉多。采取措施是:扫方箱。如下眼通不过小铲要组织力量处理。

(3)斜管堵塞。处理方法是经常拉斜管。

(4)直管根凝锌。处理方法是:凝锌少时可停转子,提高温度使之熔化;严重时更换直管根。

(5)强化器雾化不好。要处理强化器,保证雾化效果。

(6)压力表坏。找维修人员检修。

21.5.2 设备故障处理

21.5.2.1 二冷停水时,二冷工如何操作

如停水时间短,可适当缩风,经常疏通斜管;如停水时间长,要停风,将一冷凝器内水管关闭,刷净拔出并且接通备用水源,以供着火时使用;如停水时间很长,要停止加料,可适当加入焦炭,防止罐内炉料黏结,并适当降低直管温度。

21.5.2.2 洗涤机停电时如何操作

(1)如果二冷停水时间较短,可适当缩风,经常疏通斜管。

(2)如停水时间较长要停风,关闭所有强化器、水喷机开关,防止来水鼓破胶皮管。

(3)加强二冷器及水平管道密封工作,将一冷水管关死,刷净拔出,并接通备用水源,以供着火时使用。

(4)如果停水时间过长,要停止加料,可适当加入焦炭,防止罐内炉料黏结,并适当降低直管温度。

21.5.2.3 二水封爆炸的原因及处理

二水封爆炸实际上是一氧化炭黏气体突然燃烧造成很大的压力将二水封盖子崩起,当 CO 气体与空气混合浓度达到一定值时(体积比下限达到 12.5%,上限达到 75%)遇到明火或温度达到燃点时就会发生爆炸。在正常状态下二冷器内 CO 浓度较高,一般达不到爆炸极限,当二水封与罐口之间有堵塞部位,炉气不能顺利进入二水封,而二水封或其他部位又漏气时,二水封内 CO 气体和空气的混合浓度就有可能达到爆炸极限,如遇明火或温度达到燃点时就会发生爆炸。

二水封发生爆炸事故时,首先要关掉强化器和水喷机水停风停压,闸死废气,打开放散口,停转子,揭开大砣,之后揭开一水封盖。以上操作完成后要立即查找爆炸原因,进行处理,处理完后各处扫除口要密封兰粉槽、沉淀箱加满水,然后盖二水封、三水封上盖,各水封用水封好,然后慢慢盖大砣,再将大刷子盖(一水封)盖好封严,强化器慢慢开水,确定二水封内灭火后,关上放散口,导通废气,开转子,送风,恢复正常压力指标。

第22章　氧化锌中级工

22.1　开炉

22.1.1　烘炉作业

22.1.1.1 准备

(1)烘塔盘、燃烧室、换热室

准确工作就绪后，开始对系统各部位进行烘烤升温。目的主要是除去耐火材料中的水分，稳定耐火材料性能，达到不漏、不裂，其操作要点如下：

在塔外建小煤炉。将煤燃烧产生的废气由下部通到塔盘内。利用废气带走的热量干燥塔盘。然后废气从塔顶排出。

在烘塔盘的同时，对新建的燃烧室和换热室也要进行烘炉。操作方法与烘塔类似。所用燃料为煤气。

(2)烘熔化炉

对于新砌筑的熔化炉的烘烤要求：

①用木材在熔化炉燃烧进行烘炉。

②烘烤时间：用木柴不得少于24小时，最后用木材与小煤气烘烤不得少于48小时。

22.1.1.2　开炉方案及升温曲线

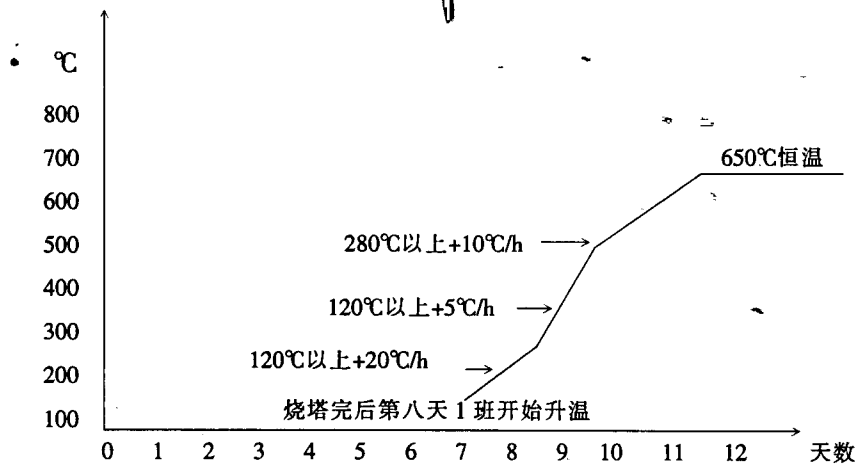
(1)熔化炉开炉升温的规定要求及升温曲线

①对熔化炉开炉升温的规定和要求

测温点以炉膛温度为准，在650℃以下保持木柴明火，使木柴与煤气混合燃烧，防止煤气放炮。升温速度：对新修熔化炉升温为5℃/h；对1日焙化炉升温速度为5℃/h，在120℃以上时可按10℃/h升温。

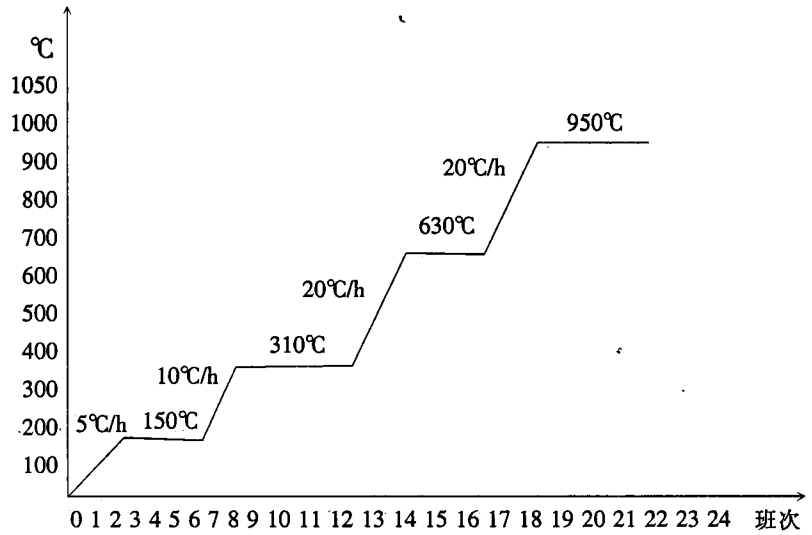
在升温过程中，如果温度超过计划规定指标，可恒温，不允许以降温的方法来达到指标。开塔加料前一个班锌液温度保持在650℃～700℃。

②熔化炉升温曲线



(2)氧化炉开炉升温规定及升温曲线

①氧化炉升温曲线



②对氧化炉升温有以下规定

新砌筑的氧化炉升温前在20℃～30℃温度下自然干燥，升温的温度记录以氧化炉内蒸气分配室电偶为准，氧化室不单独升温，升温到950℃时恒温，在150℃以下用木柴燃烧的废气升温。150℃以上至650℃以下时用木柴与煤气混合燃烧升温。650℃以上用煤气升温。

(3)燃烧室升温规定及升温曲线

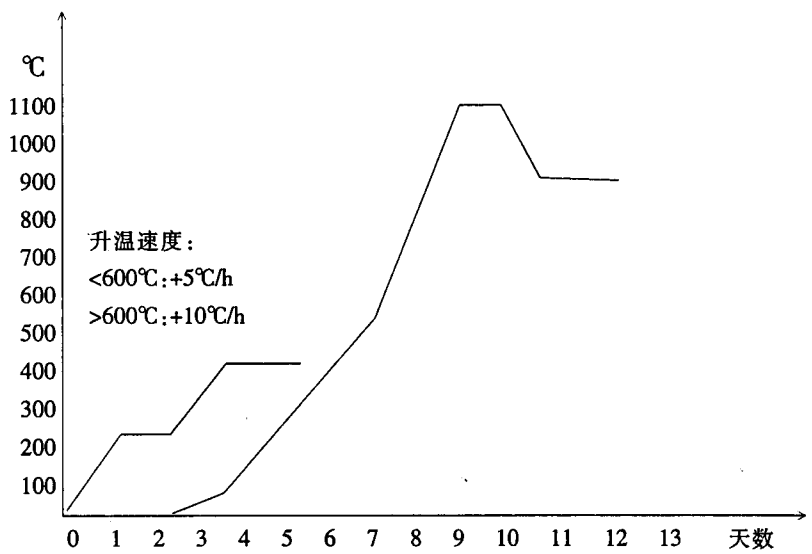
燃烧室升温规定：

当燃烧室温度在600℃以下时，升温速度为5℃/h；在600℃以上时，升温速度为10℃/h；降温速度为10℃/h。

燃烧室温度大于800℃，换热室进口温度大于500℃；换热室二阶废气温度大于350℃时方可换送大煤气。

燃烧室上、下部达到1100℃时，保持24小时后，方可降温。

燃烧室回流塔升温曲线如下：

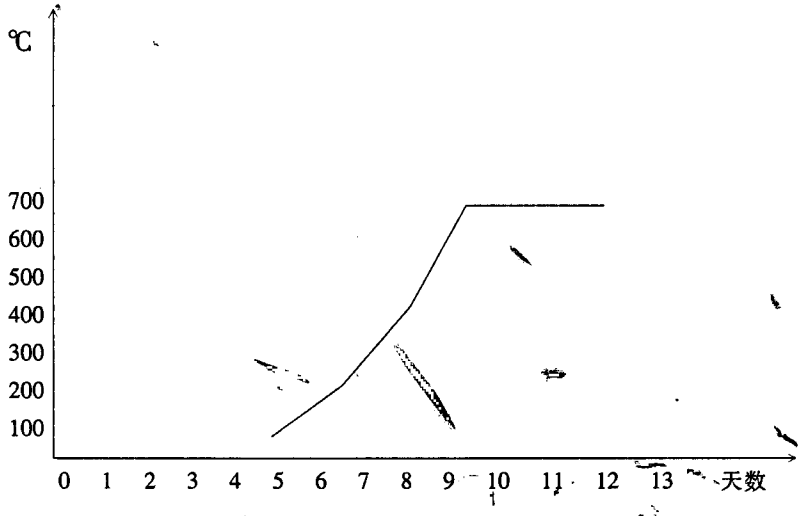


(4)精炼炉升温规定及升温曲线

①升温规定：烘塔盘后第 6 天的第三班开始点火升温。

升温速度：120℃以下按 20℃/h 速度升温，120℃以上按 5℃/h 速度升温，400℃以上按 10℃/h 速度升温，640℃开始恒温，恒温三个班后按 600℃～640℃控制温度。

②精炼炉升温曲线如下：



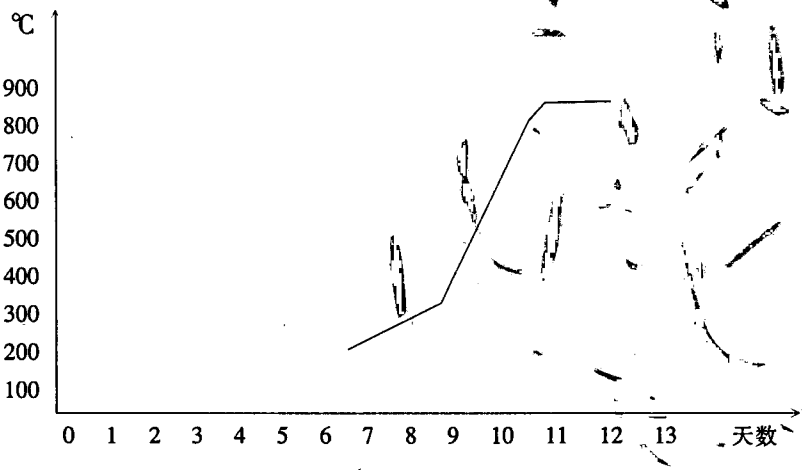
(5)下延部升温规定及升温曲线

①下延部升温规定：

烘塔盘后第 8 天的第三班开始用煤气升温。

升温规定：320℃以下按 5℃/h 升温，320℃以上按 10℃/h 升温，850℃以上按 20℃/h 升温，900℃恒温，恒温两个班次按 850℃～900℃控制温度。

②下延部升温曲线如下：



22.1.2 开塔加料

在各部位烘烤完成，燃烧室经烧结降温达 880℃时，可开始加料。操作如下：

(1)选用烟气量大的燃烧物，如废旧的油毡纸等。从下延部点火，使燃烧废气通到塔内，等塔顶冒浓烟 3～5 分钟后即快速取出可燃物，并密封，避免漏进空气，同时向塔内供料。

(2)料进入加料口后捞出浮渣，盖上加料器盖板，抹好，用煤气点火加热。加热半小时后，料量从小到大，逐渐达到规定的料量。

(3)塔加料后，主塔燃烧室仍保持 900℃，经过两个小时，料流到塔中部以下时，主塔燃烧室开始提温。先慢后快，下延部见锌后快速提温。2.5 小时内达到 1050℃。

(4)铅塔下延部见锌后将锌引入方井中，进入精炼炉熔析。

(5)当塔顶冒出大量的锌蒸气时封塔顶，并保温，密封流槽。将锌蒸气导入氧化炉气体分配室，然后封住氧化炉喷嘴。

(6)待氧化炉的气体分配室达到一定压力时，逐渐打开氧化炉喷嘴，同时开启引风机开始排气。

(7)当燃烧室温度达到1100℃以上，氧化炉温度大于800℃时，观察氧化炉喷嘴压力，如果压力较大时，打开大挡板，把氧化锌引入布袋分配室，同时关闭引风机，进入正常生产状态。

22.2 火法冶炼

22.2.1 进料的准备

(1)氧化锌精馏塔使用的原料为B#锌。B#锌的质量因粗锌杂质和熔析条件而不同，其主要成分含量约为：Zn98%～99%；Pb0.8%～2%；Fe0.03%～0.15%；Cd<0.001%。

(2)发生炉煤气：将固体燃料直接加工得到发生炉煤气，其主要成分是Co，含量不到1/3，其次是H_2，发生炉煤气发热值比较低，仅5020kJ/m³～6280kJ/m³。

葫芦岛锌厂使用的燃料是本厂自行生产的净化后的发生炉煤气，其质量要求如下：

①煤气成分：CO含量≥28%；

②煤气发热值：>5643kJ/m³；

③煤气含尘量(包括焦油)0.2g/m³；

④煤气温度：净化后小于40℃；

⑤煤气总道压力：2100±100Pa，即210±10mm水柱，特殊情况下应大于200Pa，即大于20mm水柱。

22.2.2 进料的条件

(1)加料操作进精馏塔正常生产的基础条件。加料的基本原则必须是均匀、准确、连续不断料，这样做的原因是：

①加料的均匀准确，使塔内气体蒸发均衡，压力稳定，这样有利于提高氧化锌产量和质量。

②燃烧室温度稳定，减少波动，有利于延长炉体寿命。

③可避免因撵料、勒料而造成的塔内压力骤然上升或下降，使塔盘裂漏。

(2)熔化炉锌液温度影响加料速度，锌液温度高，黏度小，流速快，下流多；锌液温度低则相反，因此熔化炉温度要尽量稳定。熔化炉温度控制在630℃～680℃。熔化炉锌液面的高低，也是影响铅塔加料速度的因素之一，锌液面高，落差大，流速快，下料多；锌液面低则相反。因此应均匀组织供锌。

22.3 冶炼

22.3.1 运行参数判定

(1)熔化炉内锌液温度指示判定

熔化炉内锌液温度指标为630℃～380℃。这个指标高于锌的熔点，低于Cd的沸点。这样的温度使锌液流动性好，便于加料。如果温度指标过高造成渣多，影响单耗和回收率，铅镉也容易挥发，造成损失并污染环境。如果温度过低，则影响加料，自动给料器出口易变小堵塞，锌液温度过低也容易使塔盘炸裂。

(2)铅塔燃烧室温度指标的判定

铅塔燃烧室温度指标为1050℃～1300℃。规定这样的指标是由于这个温度高于Zn的沸点，能够使Zn完全蒸发；又低于Pb、Fe、Cu的沸点，能使高沸点的金属比较彻底地回流，从而使Zn与Pb、Fe、Cu等较好的分离。

(3)精炼炉大池温度指标的判定

大池温度指标为480℃～540℃，这样控制的原因是：

①这个温度高于锌的熔点419℃，铅的熔点327℃，低于硬锌的熔点647℃。从液相图分析和经过生产实践，这样的温度有利于锌与铅、铁分离，从而达到提高B#质量的目的。

②如果温度高于这指标，熔析效果不好，B#锌中含Pb、Fe较多，造渣多，锌挥发量大，浪费煤气，污染环境。

③如果温度低于这个指标，大池流动性不好，也不利于熔析分离，甚至会使大池凝死。

(4)精炼炉大池出铅提温指标判定

出铅提温指标为500℃～550℃。如果温度过低，铅黏度增大，易凝出铅。温度高，使粗铅含锌高，质量差，如当温度在700℃时，铅中含锌高达12%。

(5)氧化炉温度指标判定

氧化炉温度指标为750℃～1050℃，如炉内温度低于指标，锌蒸气压力小，氧化锌产量低，且含金属锌高，影响质量。如果温度高于指标，会使布袋入口温度增加，容易烧布袋，并使氧化炉烧坏，影响炉体寿命。

(6)布袋入口温度指标判定

布袋入口温度指标是≤180℃，温度合格率为100%。如果入口温度过低，氧化锌产量少，还容易造成氧化炉正压。如入口温度过高，容易使布袋烧坏。

22.3.2 设备开修判定

塔龄：一般指两次大修之间的生产时间。但是精馏塔常以两次塔盘检修(称为中修)之间的工作时间为塔龄。塔中修为335天以上。影响塔龄的主要因素有：原料质量、炉体结构及材质、砌筑质量、生产使用及维护。

运转率：运转率是指扣除检修和停、开塔时间的实际年生产天数与日历天数之比。运转率通常大等于80%。

22.4 产出

氧化锌塔生产的产品是氧化锌，此外还有几种中间产品：B#锌、硬锌、粗铅、锌渣、废氧化锌、副产精锌。

间接法生产出的氧化锌纯度最高达99.70%以上。是符合国家标准的优级氧化锌。产出率52%～60%左右。

(1)氧化锌化学质量标准

等级	氧化锌含量(以干品计)	杂质不大于%							
		金属物(以锌计)	氧化铅(以铅计)	镉的氧化物(以锰计)	盐酸混合物	烧灼减量	水溶物	105℃挥发物	筛余物(4.5um)
优级品	99.70%	无	0.037	0.0001	0.005	0.15	0.10	0.3	0.10
一级品	99.50%	无	0.05	0.0001	0.008	0.12	0.10	0.4	0.15

(2)氧化锌物理质量标准

①批号字迹清楚、完整。

②扎口整齐、无氧化锌夹层，袋不漏、不裂。

③每袋净重 25kg，毛重 25.30±0.1kg。

④氧化锌袋内不许有任何杂物。

⑤对斗 1 的氧化锌袋，可以不使用内附塑料薄膜，但其他的应使用。

(3)氧化锌入库规定

符合上述物理质量的优级品和少量一级品的氧化锌方可允许入库。

(4)中间产品

中间产物的成分、性质、产出率和利用分述如下：

B# 锌：在实际生产中，馏余锌产出率为 25%～35%，经熔析分离后，95%以上为 B# 锌，返回本塔作为原料加入。

硬锌：硬锌产出率为 0.2%左右。一般返回蒸馏车间处理，也可用生产锌白粉。

粗铅：粗铅比重大，沉在熔析炉底。粗铅含铅 98%左右，锌 1%～2%。若使用的 B# 锌中含铅品位较低，馏余锌含铅小于 1%时，则不能生成品位较高的铅。这种粗铅可作为提细的原料，或送铅处理车间。

副产精锌：产出率约为 10%左右，副产精锌可达到二级水平，因此可直接缴库。如果达不到二级水平可做原料加入。

22.5 停炉检修

22.5.1 熔化炉

(1)彻底清扫熔化炉大小池及熔化炉出口流槽，扒净锌渣。

(2)熔化炉停止加料后，开始撤熔化炉液面，当锌液面降至熔化炉出口流槽平面以下则塔停止加料。

(3)封闭熔化炉各部扫除口及扫除门。

(4)以熔化炉的炉膛温度为准降温，降温速度 5℃/h～10℃/h，降至 400℃以下时，关死煤气闸门及抽力挡板，使其缓慢冷却降温。

(5)熔化炉大修时，须等熔化炉内存锌全部从熔化炉前熔池下部放出，然后关死煤气，待其冷却后进行拆炉。

22.5.2 精馏塔(氧化锌)

停塔时，熔化炉断料 2 小时后，燃烧室开始降温。

22.5.3 燃烧室

(1)停塔降温采用逐步减少燃烧室内的煤气量来降低炉内温度。降温时，先减煤气，后减空气。

(2)停塔降温的几项规定

①燃烧室降温速度 10℃/h。

②当燃烧室上部温度达 800℃时，把煤气闸门关死。

③在停止对燃烧室供应煤气后，必须把炉体各部位密闭，包括煤气进口、空气进口、燃烧室上盖、各处扫除口和补炉门等。

④当燃烧室上部温度大于 700℃，而不能按计划降温时，打开燃烧室上盖的煤气观察入孔。

⑤当燃烧室上部温度大于400℃，而不能按计划降温时，可打开燃烧室下部人孔和炉门。

⑥当燃烧室上部温度大于200℃，可打开换热室废气支道扫除门。

22.5.4 氧化炉

(1)当燃烧室降至800℃时，此时无锌蒸气，喷嘴已无锌蒸气冒出，这时打开氧化炉扫除口，自然降温。

(2)待锌液温度降至500℃时，开始放出分配室副产精锌，并放干净。

22.5.5 精炼炉

(1)按计划降温。

(2)按计划即时掏净下延部里的锌。

(3)方井四周要进行彻底处理，捞净锌基铝铁化合物。

(4)铅层过厚时应出铅。

(5)大小池渣要扒干净，四周挂壁处理干净。

22.5.6 布袋室

(1)待布袋收尘后，将布袋卸下保存。

(2)将集尘斗方箱扫干净。

22.6 安全操作

22.6.1 安全技术操作

22.6.1.1 熔化岗位安全生产操作规程

(1)待吊车停稳后，方可进行倒锌操作。

(2)加固体锌时，操作者必须站在侧面，缓慢推入熔化炉。同时所加固体锌必须干燥无水分。

(3)码放固体锌时，应摆放在熔化炉两侧柱中间，每垛最高不超过5层，重量不超过5吨。

(4)临时停放固体锌时，应放在熔化炉附近有楼梁的地板上。

(5)码放固体锌时，应站在侧面搬运，垛要齐、平稳，防止散垛、倒垛伤人。

(6)煤气作业时，参照煤气作业安全技术操作规程。

22.6.1.2 调整岗位安全生产操作规程。

(1)煤气保持正压，防止漏煤气，避免煤气中毒。开关煤气应站在上风口。

(2)做好停电掉闸的处理，并与熔化、精炼、司炉、除尘等岗位及时联系。

(3)扫除时应遵循以下原则

①扫除换热室时，禁止站在煤气管道上进行。

②扫除直升墙时，直升墙扒出的氧化锌禁止掉到台阶，防止烫人。

③扫除换热室煤气扫砖时，应站在侧面，扫除口已打开，扫除完后应先点燃再操作。

④防止触电、碰伤、烫伤。

⑤进行煤气作业按煤气操作规程。

22.6.1.3 司炉岗位安全生产操作规程

(1)氧化炉正压时要求及时处理。

(2)扒渣后站在侧面，同时戴上防护镜，防止烫伤、氧化锌中毒。

(3)避免往氧化炉内浇水,防止伤人。

(4)煤气作业按煤气安全操作规程。

22.6.1.4 风机岗位安全操作规程

(1)出副产精锌时,应遵循纯锌岗位操作规程。

(2)开风机前,清扫叶轮及加入管道内的氧化锌,同时与有关人联系开车。

(3)检查风机管道开关、挡板位置是否正确。

(4)检查开关线路是否损坏。

(5)检查以上无误后开车。

(6)停车后拉闸。

22.6.1.5 扫除岗位安全操作规程(一)(二)

按精锌镉锌生产中扫除(一)(二)岗位安全生产操作规程执行。

22.6.1.6 扫除岗位安全操作规程(三)

(1)禁止带火源上岗,注意防火。

(2)缴库要及时、准确,避免散包,减少损失。

(3)使用吊车按吊车安全操作规程。

(4)扫除方箱应先确认周围环境是否安全后方可操作。

22.6.1.7 扫除岗位安全操作规程(四)

(1)在正常情况下无需扫除,在特殊情况下应是降温后操作。

(2)其他按扫除(一)(二)规程操作。

22.6.1.8 精炼岗位安全生产操作规程

(1)使用铁工具时应先检查是否潮湿,如是应先烘烤干后操作。

(2)捞硬锌和锌渣时,确保地面干燥,以免放炮伤人。

(3)煤气水封要保持一定液面,以免煤气压力增大时,将水封鼓开。

22.6.2 环境污染控制

环境保护中对氧化锌生产的有什么规定和要求。

(1)氧化锌生产中有害物质允许浓度标准

一氧化炭黏:每立方米小于 30 毫克。

氧化锌(烟尘):每立方米小于 7 毫克。

氧化镉:每立方米小于 0.03 毫克。

铝及化合物:每立方米小于 0.03 毫克。

(2)炉气有害物质排放允许浓度

氧化锌<0.1 克/米^3。

氧化镉<1 毫克/米^3。

(3)作业场所空气中辐射热<13kJ

22.7 常见故障的处理及判断

工艺故障处理

(1)熔化炉烟囱冒白烟

原因:炉膛内锌液温度过高。

处理:减少煤气,降低锌液温度。

(2)熔化炉炉膛温度过高

原因:①煤气大。②电偶套管未插入锌液内。③电偶未插入套管底部。

处理:①关小煤气。②重新装好套管。③将电偶插入套管内。

(3)熔化炉膛内锌液温度低

原因:①煤气量大、不完全燃烧。②煤气量过小。③炉膛内锌渣多。

处理:①适当调整煤气量,使煤气在炉膛内完全燃烧。②增大煤气量。③扒净锌渣。

(4)燃烧室正压

原因:①煤气量大。②各部位废气的通道有堵塞点。③抽力小。④塔漏严重。

处理:①调整煤气、抽力、空气比例、显微正压操作。②及时扫除堵塞部位。③及时补墙。

(5)燃烧室温度突然升高

原因:①加料工勒料严重或断料。②煤气压力或成分突然变化,煤气压力过大。③自然抽力增大。

处理:①检查料量,调整料量。②使煤气成分和压力恢复正常指标。③调整抽力。

(6)精炼炉方井涨潮

原因:①锌基铝铁化合物多。②大池温度低,过道堵。③铅层高。④B# 没出净(没及时出)。

处理:①捞化合物。②定期出铅。③及时出 B# 锌。④提温。

(7)氧化炉喷嘴压力小

原因:①燃烧室温度低,锌蒸气少。②加料、勒料。③氧化炉喷嘴局部堵塞。

处理:①调整燃烧室温度。②调整料量。③扫除堵塞,及时保温。

(8)氧化炉温度超高

原因:①燃烧室温度高。②加料、撵料。③冷却管道堵塞。④氧化炉反正压。

处理:①调整燃烧室温度。②调整料量均匀加料。③扫除堵塞部位。④开风机使其成负压。

第 23 章　精馏锌精炼中级工

23.1　开炉

23.1.1　烘炉作业

(1)烘塔盘、燃烧室和换热室

准备工作就绪后，开始对系统各部位进行烘烤升温。目的主要是除去耐火材料中的水分，稳定耐火材料性能，达到不漏、不裂。其操作要点简述如下：

在塔外建小煤炉。将煤燃烧产生的废气由下延部通入塔盘内。利用废气带入的热量干燥塔盘，然后废气从塔顶排出。

在烘塔盘的同时对新建的燃烧室和换热室也要进行烘炉，所用燃料为煤气。

(2)烘熔化炉

对于新砌筑的熔化炉的烘烤要求：用木柴、明火、煤气燃烧进行烤炉。

23.1.2　开炉方案及升温曲线

23.1.2.1　熔化炉开炉升温的规定要求及升温曲线。

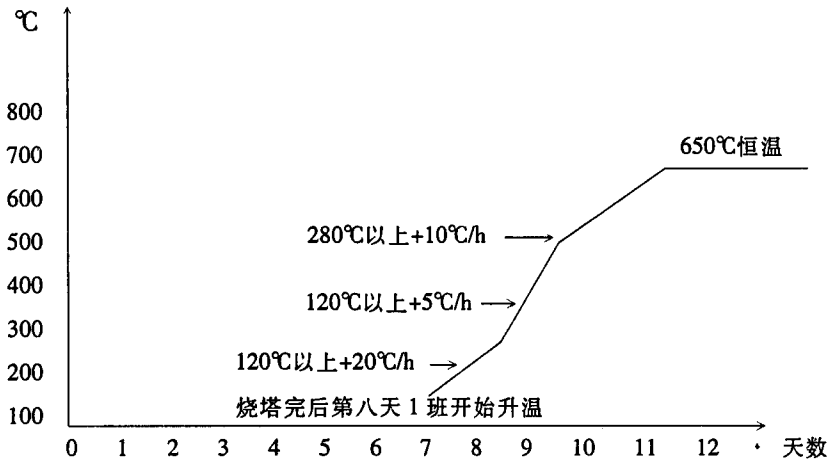
(1)对熔化炉开炉升温的规定和要求

测温点：以炉膛测温点为准，在 650℃以下保持木柴明火，使木柴与煤气混合燃烧，防止煤气放炮。

升温速度：对新修熔化炉升温速度为 5℃/h；旧熔化炉升温速度为 5℃/h，在 120℃以上时可按 10℃/h 升温。

在升温过程中，如果温度超过计划规定指标，可恒温，不允许用降温的方法来达到指标。开始加料前的一个班，锌液温度保持 650℃～700℃。

(2)熔化炉升温曲线



23.1.2.2　冷凝器开炉升温规定及升温曲线

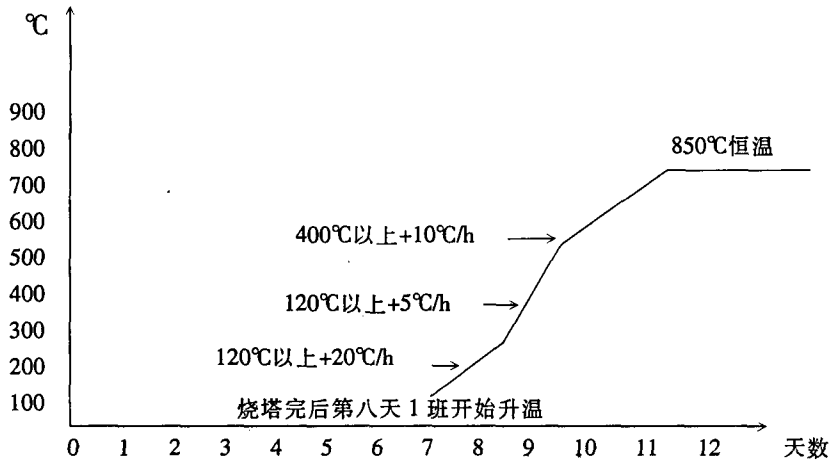
对冷凝器升温有以下规定：

烘塔盘第七天第一班开始点火升温。

(1)熔化炉升温曲线

升温速度:120℃以下升温速度为20℃/班,120℃以上升温速度为5℃/h,在400℃以上升温速度为10℃/小时,850℃开始恒温,两个班后按800℃～850℃控制温度。

(2)冷凝器升温曲线如下:



23.1.2.3 燃烧室升温规定及升温曲线

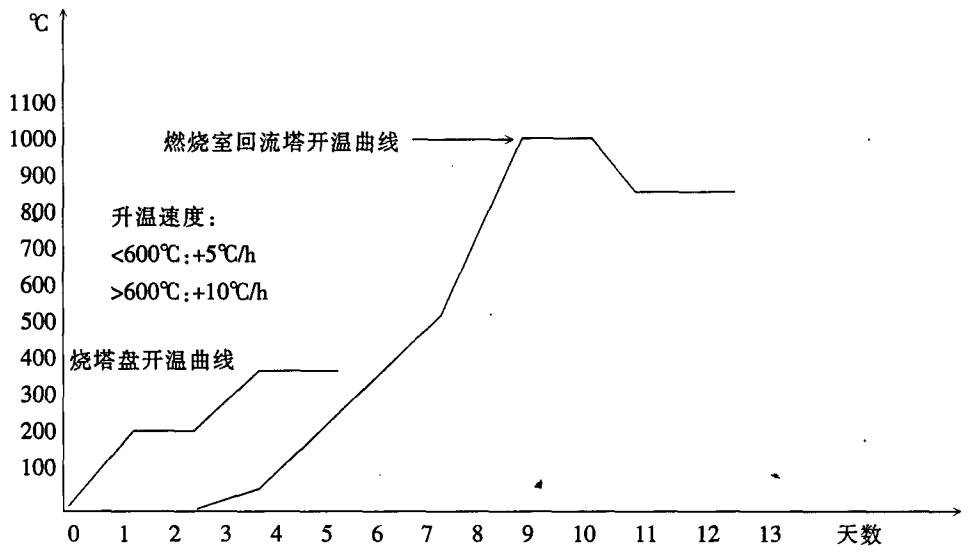
燃烧室升温规定:

(1)当燃烧室温度在600℃以下时,升温速度为5℃/h;在600℃以上时,升温速度为10℃/h,降温速度为10℃/h。

(2)燃烧室温度大于800℃,换热室进口温度大于500℃,换热室二阶废气大于350℃时方可换送大煤气。

(3)燃烧室上下部达到1100℃时,保持24小时后,方可降温。

燃烧室、回流塔升温曲线如下:

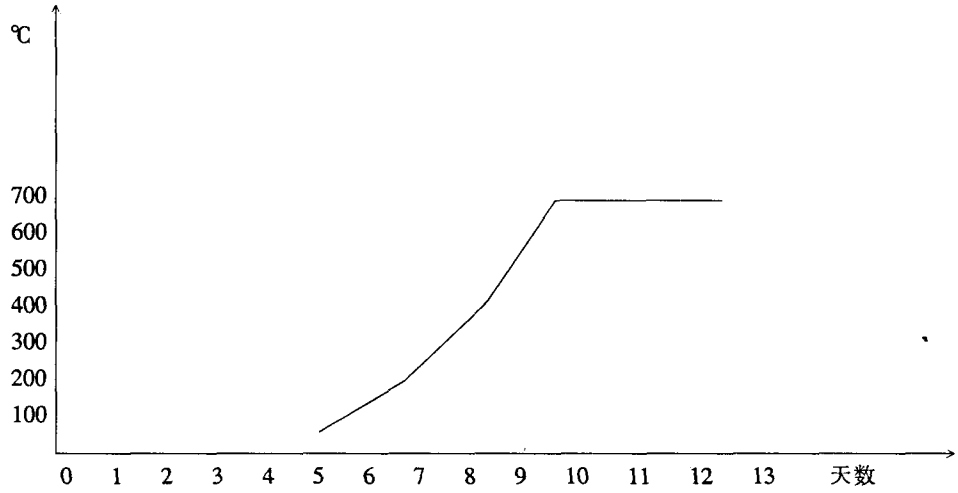


23.1.2.4 纯锌槽升温规定及升温曲线

(1)对纯锌槽升温的规定:烘塔盘后第8天的第三班开始点火升温。

升温速度：120℃以下按＋20℃/班速度升温，120℃以上时按＋5℃/h 速度升温，400℃以上按＋10℃/h 速度升温，640℃开始恒温，恒温两个班后按 600℃～640℃控制温度。

(2)纯锌槽升温曲线如下：

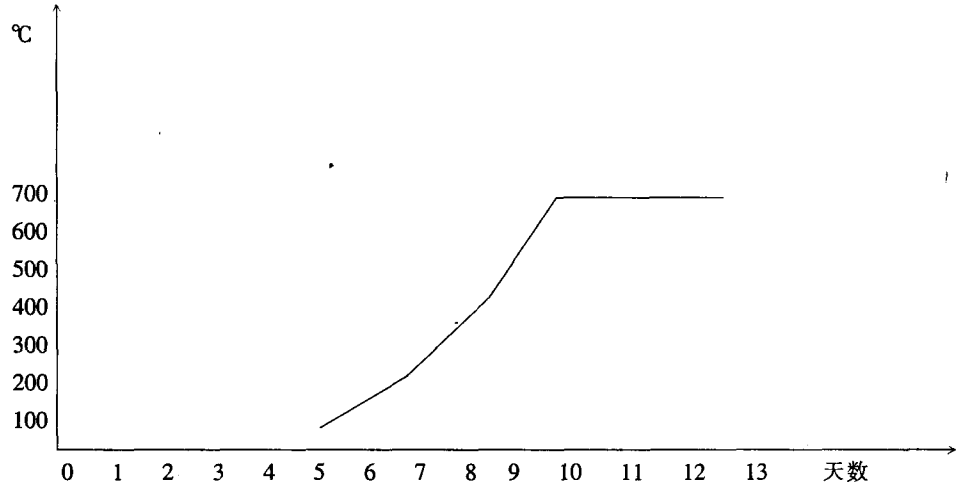


23.1.2.5 精炼炉升温规定及升温曲线

(1)升温规定：烘塔盘后第 6 天的第三班开始点火升温。

升温速度：120℃以下按 20℃/班速度升温，120℃以上按＋5℃/小时速度升温，400℃以上按＋10℃/h 速度升温，640℃开始恒温，恒温三个班后按 600℃～640℃控制温度。

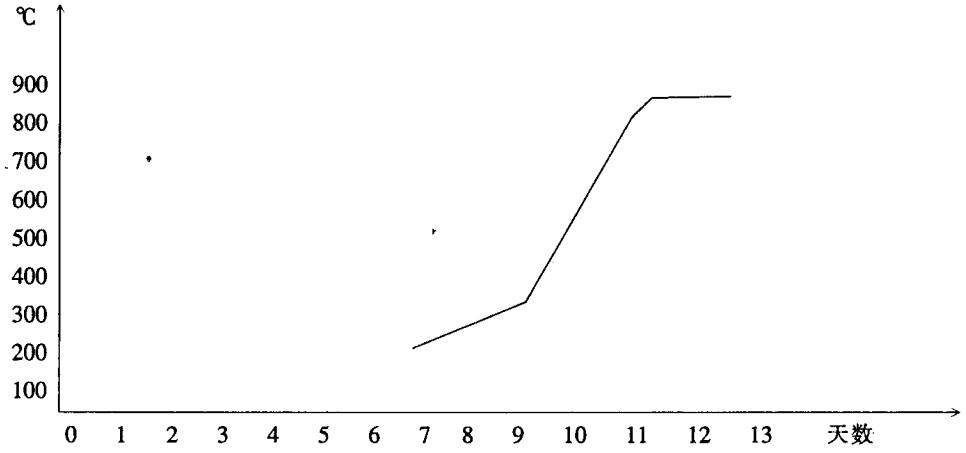
(2)精炼炉升温曲线如下：



23.1.2.6 下延部升温规定及升温曲线

(1)下延部升温规定：烘塔盘后第 8 天的第三班开始用煤气升温。升温速度按＋10℃/h 升温，880℃以上按＋20℃/班升温，900℃恒温，恒温两个班次按 850℃～900℃控制温度。

(2)下延部升温曲线如下：



23.1.3 开塔加料

在各部位烘烤升温完成，燃烧室温度降至880℃时可开始加料。操作如下：

(1)选用烟气量大的燃烧物，如废旧油毡纸等。从下延部点火，使燃烧废气通入塔内。待塔顶冒浓烟3～5分钟后即快速取出可燃物，并密封，避免塔内再进入空气，同时向塔内供料。

(2)料进入加料口后捞出浮渣，盖上加料器盖板，抹好，用煤气点火加热。加热半小时后，料量从小到大，逐渐达到规定的料量。

(3)塔加料后，主塔燃烧室仍保持880℃，经过两个小时，料流到塔中部以下时，主塔燃烧室开始提温。先慢后快，下延部见锌后快速提温。2.5小时内达到1080℃。

(4)铅塔下延部见锌后将锌引入方井中，进入熔析炉；镉塔下延部见锌后将锌引入方井中，进入纯锌槽。

(5)当塔顶冒出大量的锌蒸气时封塔顶并保温，密封流槽。将锌蒸气导入铅塔冷凝器，最后密封铅塔冷凝器。对镉塔来说，当大冷凝器顶冒出大量锌蒸气时，封大冷凝器顶扫除口和溜槽并保温；将锌蒸气导入小冷凝器，最后加以密封。

23.2 火法冶炼

23.2.1 进料

23.2.1.1 进料的准备

(1)精馏塔使用的原料为粗锌，其质量要求如下表：

名称＼成分	锌	铅	铁	镉	铜	砷	锑	锡	杂质总和
粗锌	>98.7	≤1.0	≤0.06	≤0.05	≤0.05	≤0.01	≤0.02	≤0.05	≤1.3

对固体锌的要求：锌锭表面洁净，无杂物，无大边，单重20kg～25kg。

对液体锌的要求：蒸锌面无浮渣。

(2)燃料

发生炉煤气：可以将固体燃料直接加工得到发生炉煤气，其主要成分是CO，含量不到三分之一，其次是H_2，含量可达10%，不燃成分主要是N_2，含量超过50%，发生炉煤气发热值比较低，仅5020kcal/m³～6280kcal/m³。

精馏炉使用的燃料是净化后的发生炉煤气，其质量要求如下：

①煤气成分：一氧化炭黏含量≥28%

②煤气发热值＞5643kcal/m³

③煤气含尘量(包括焦油)＜0.2g/m³

④煤气温度:净化后小于40℃

煤气总道压力:2100±100Pa,即210±10mm水柱,特殊情况下应达到200Pa,即大于20mm水柱。

23.2.1.2 进料的条件

(1)加料操作是精馏塔正常生产的基础条件。加料的基本原则是:必须均匀、准确、连续不断料。这样做的原因是:

①加料均匀、准确,使塔内气体蒸发均衡,压力稳定,这有利于提高精锌产量和质量。

②会使燃烧室温度稳定,减少波动,有利于延长炉体寿命。

③可避免因撵料、勒料而造成的塔内压力骤升骤降,从而引起加料器"涨潮"、"抽风"以及塔盘裂纹,冷凝器和塔顶鼓开、崩开等事故。

(2)熔化炉锌液温度影响加料速度,锌液温度高,黏度小,流速快,下料多;锌液温度低则相反,因此熔化炉温度应尽量稳定。熔化炉锌液温度指标600℃～650℃;专加B#锌的熔化炉温度630℃～680℃;加块锌时,每十分钟最多允许加入20～50块固体锌,加块时熔化炉控制在600℃～700℃。

(3)熔化炉锌液面的高低也是影响铅塔加料速度的因素之一,锌液面高,落差大,流速快,下料多;锌液面低则相反。因此应均匀组织供锌。

23.2.2 冶炼

23.2.2.1 运行参数制定

(1)熔化炉内锌液温度指标制定

熔化炉内锌液温度指标为600℃～650℃。这个指标高于锌的熔点,低于镉的沸点。这样的温度使液体锌流动性好,便于加料。如果温度控制过高,造渣多,影响精锌单耗和回收率,铅、镉也易挥发,造成损失并污染环境,同时易把小池悬砖烧塌。如果温度指标过低,则影响加料,自动给料器出口会变小或凝死,锌液温度过低加入塔内也易使塔盘炸裂。

(2)铅塔大冷凝器温度指标制定

铅塔大冷凝器温度指标为700℃～850℃,控制这样温度的原因是:

①这个温度低于锌镉沸点,使其很好冷凝。

②如果温度低于这个指标,则影响精锌产量。

③如果温度高于这个指标,锌镉蒸气冷凝速度慢,使冷凝器内压力增大,容易使冷凝器鼓开或崩开,影响正常生产。

(3)镉塔大冷凝器温度指标判定

镉塔大冷凝器温度指标为850℃～900℃。控制这样的温度指标的原因是:

①因为850℃～900℃高于镉的沸点767℃,低于锌的沸点906℃,这样可使锌镉较完全分离。

②大冷凝器温度如果低于850℃,则锌镉蒸气分离不彻底,脱镉效果不好。

③如果温度高于900℃,锌蒸气蒸发较多,不利于锌镉分离,高镉锌中的锌含量增加,影响精锌产量和质量以及回收率指标的完成。

(4)铅塔燃烧室温度指标的判定

铅塔燃烧室温度指标为1050℃～1300℃。规定这样的温度指标是由于这个温度高于锌的沸点和镉的沸点,能够使锌、镉比较完全地蒸发;又低于铅的沸点和铁、铜的沸点,能够使这些高沸点的金属比较彻底地回流,从而使锌、镉和铁、铅、铜等很好地分离。

(5)纯锌槽锌液温度的判定

纯锌槽锌液温度指标为580℃～640℃。如锌液温度低,不利于搂皮工操作,影响锌锭物表质量。

如温度过高，造渣多，影响精锌产量、单耗及回收率的完成。另外温度高容易黏模子，并使模子铁混入锌中，造成精锌含铁高，影响精锌化学质量。

(6)精炼炉大池温度指标判定

大池温度指标是 480℃～540℃。这样控制的原因是：

①这个温度指标高于锌熔点 419℃，铅熔点 327℃，低于硬锌熔点 647℃。从液相分析和经过生产实践，这样的温度有利于锌与铅、铁分层分离，从而达到提高 B# 锌质量的目的。

②如果温度高于这个指标，熔析效果不好，B# 锌中含铅、铁较多，造渣多，锌挥发量大，浪费煤气，污染环境。

③如果温度低于这个指标，大池流动性不好，也不利于熔析分离，甚至会使大池凝死。

(7)精炼炉大池出铅提温指标判定

出铅提温指标为 480℃～520℃。如温度过低，铅黏度增大，易凝出铅。温度过高，使粗铅含锌高，质量差，如当温度在 700℃时，铅中含锌高达 12%。

23.2.2.2 设备开停车判定

塔龄：一般指两次大修之间的生产时间。但是精馏塔常经两次塔盘检修(称为中修)之间的工作时间为塔龄。中型大铅塔中修时间为 600 天以上，中型大镉塔中修时间为 750 天以上，处理 B# 锌塔中修时间为 570 天以上，铅镉塔大修周期为 8 年以上。影响塔龄主要因素有：原料质量、炉体结构及材质、砌筑质量、生产使用和维护。

运转率：精馏塔运转率是指扣除检修和停、开塔时间的实际年生产天数与日历天数之比。普通铅塔运转率≥90%，B# 锌塔运转率≥80%。

23.2.3 产出

23.2.3.1 精锌质量标准

精馏生产主要产品是精锌，此外还有六种中间产品：B# 锌、硬锌、粗铅、高镉锌、锌渣和氧化锌精锌。

由精馏生产的精锌纯度可达 99.99%～99.997%，符合国家 0# 锌和一级锌的标准。普通铅塔产出率 55%～65%，处理 B# 锌的铅塔产出率 52%～60%。

(1)精锌化学质量标准

牌号	锌不小于%	杂质不大于%						
		铅	镉	铁	铜	砷	锡	杂质总和
Zn99.995	99.995	0.003	0.002	0.001	0.0006	0.0005	0.0005	0.0050
Zn99.99	99.99	0.005	0.003	0.003	0.0016	0.0005	0.0005	0.010
Zn99.95	99.95	0.02	0.020	0.01	0.0016	0.0005	0.0005	0.050

(2)精锌物理质量标准

①锌锭表面洁净、无浮渣、泥、水及油垢等外来污染。

②飞边不得长于 10mm(指起出棱线距离)。

③锌锭无缺口。以锭边棱线为基准，凹入深度大于 5mm，或者缺角大于 20mm，则此锭作废。

④锌锭对边差不得大于 10mm。

⑤无挂耳，无杂物，无冷隔层。

⑥锌锭单重 20kg～25kg。

(3)精锌验收入库规定

①上述化学成分合格，无特殊要求，Zn99.995 以上(含 Zn99.995)牌号方准入库。

②物理规格合格。

③打印日期、炉号和班次等批号清楚，不丢、不漏、不错、不混。

23.2.3.2 中间产品

中间产物的成分、性质、产出率和利用分述如下：

(1)B# 锌在铅塔生产过程中，馏余锌产出率为 35%～45%，经熔析炉分离后，95%以上成为 B#，铅塔生产精锌或高级氧化锌。加铝除铁工艺，产出的锌铝合金按一定比例加入铅塔熔化炉中。

(2)硬锌 硬锌产出率在 0.2%左右。一般返回竖罐蒸馏炉或单独处理粗锌，也可用于生产的锌粉(加铝生产工艺不产硬锌)。

(3)粗铅 粗铅比重大而沉积在熔析炉底。粗铅含 Pb 在 98%左右，Zn 在 1%～2%。若使用的粗锌含铅品位较低，铅塔底部产出的馏余锌含铅小于 1%时，则不能获得高品位的铅。这种粗铅可用作专门取铟的原料，或送铅厂处理。

(4)高镉锌产出率一般在 0.6%～2%，含镉 2%～20%。含镉低的可以返回镉塔处理富集镉，使高镉锌含镉品位达到 20%左右。

精馏产物化学成分列于下表(%)

名称	Zn	Pb	Fe	Cd	Cu	Sn	As	Sb
精馏锌	99.99～99.997	0.002	0.0015	0.0018	0.0015	0.0008	—	—
B# 锌	98～98.9	0.8～1.8	<0.03	<0.0001	0.003～0.005	0.005	<0.01	0.04～0.1
硬锌	90～95	2～3	2～4	<0.001	0.044	0.0015	0.0015	0.14
高镉锌	80～95	<0.002	<0.001	15～20	<0.0005	<0.001		
粗铅	1～5	98						
锌渣	70～80	0.45～0.92	0.05～0.08	0.01～0.03		0.01～0.06		
氧化锌	70～80	0.3～0.5	0.06	0.19				
原料粗锌	99.45	0.3～0.5	0.03～0.05	0.05	0.002		<0.01	<0.02

23.2.4 停炉检修

23.2.4.1 熔化炉

(1)彻底处理清扫熔化炉大小池及熔化炉出口流槽，扒净锌渣。

(2)熔化炉停止加料后，开始撤熔化炉锌液面，当锌液面降至熔化炉出口流槽平面以下则铅塔停止加料。

(3)封闭熔化炉各部位扫除口及扫除门。

(4)熔化炉以炉膛温度为准降温，降温速度 5℃/h～10℃/h，降至 400℃以下时，关死煤气闸门及抽力挡板，使其缓慢冷却降温。

(5)熔化炉大修时，须将熔化炉炉内存锌全部从熔化炉前熔池下部放出，然后关死煤气，将其冷却后进行拆炉作业。

23.2.4.2 精馏塔

(1)铅塔停塔时，熔化炉断料 2 小时后，燃烧室开始降温。当燃烧室降温 2 小时后，方可掏冷凝器底座，并露出锌封 40mm。

(2)镉塔停塔时，停止向镉塔供料，并掏净加料器中的含镉锌。

23.2.4.3 燃烧室

(1)停塔降温采用逐步减少燃烧室内的煤气来降低炉内温度。降温时，先减煤气，后减空气。

(2)停塔降温的几项规定

①燃烧室降温速度 10℃/h。

②当燃烧室上部温度达 800℃时，应将进口煤气闸门关死。

③在停止对燃烧室的煤气供应后，必须把炉体各部分密闭，包括煤气进口、空气进口、燃烧室上盖和各处扫除口和补炉门等。

④当燃烧室上部温度大于700℃，而不能按计划降温时，可打开燃烧室上盖的煤气观察孔。

⑤当燃烧室上部温度大于400℃，而不能按计划降温时，可打开燃烧室下部人孔和炉门。

⑥当燃烧室上部温度大于200℃，可打开换热室废气支道扫除门。

23.2.4.4 纯锌槽

(1)按停炉降温计划降温，按时掏净下延部里的锌液，使用铁勺要勤换，以防侵蚀。

(2)纯锌槽四壁的挂渣要处理干净，液面渣扒净。

(3)全面处理好后，方可关死纯锌槽煤气。

23.2.4.5 精炼炉

(1)按计划降温。

(2)按计划及时掏净下延部里的锌。

(3)方井四周要进行彻底处理，捞净锌基铝铁化合物。

(4)铅层过厚时应出铅。

(5)大小池渣要扒净，四周挂壁要处理干净。

(6)大小池煤气关死后，应将抽力挡板关严。

23.2.5 **安全操作**

23.2.5.1 安全技术操作

(1)一熔化工安全生产操作规程

①运锌吊车停稳后，方可进行倒锌操作。

②加固体锌时，操作者必须站在侧面，缓慢推入熔化炉。同时所加固体锌必须是干燥无水分，防止锌液放炮伤人。

③码放保安锌时，应摆放在熔化炉两侧，柱子中间，每垛不超过五层，重量不超过5吨。

④临时停放固体锌时，应停放熔化炉附近有梁的地板上。

⑤码放固体锌时，应站在侧面搬运，锌垛整齐、平稳，防止散垛伤人。

⑥煤气操作时，参照煤气作业安全技术操作规程。

(2)二熔化岗位安全生产操作规程

①及时处理加料器涨潮和抽风，防止塔顶和冷凝器鼓开。处理时，应站在侧面，防止烧伤和烫伤。

②努力减少锌、镉蒸气溢出塔外，不应随时放气，减少金属中毒，减少环境污染，保护环境。

③锌模和工具应干燥无水分，防止铸高镉锌时锌液放炮溅锌烫人。

④使用下高镉锌卷扬时，须执行下高镉锌卷扬安全操作规程。

⑤铅塔单出时遵循纯锌岗位有关操作规程。

⑥高镉锌堆放应平衡、防止散垛伤人。

(3)运锌岗位安全和产操作规程

①使用者经特殊培训，考试合格后方能持证上岗。

②操作者操作前对重物进行试吊，检查抱闸是否有效。

③操作者在使用单轨吊车应遵循单轨吊车的安全操作规程。

④遵循罐笼下锌安全操作规程。

(4)调整岗位安全和生产操作规程

①煤气保持正压，防止漏煤气，避免煤气中毒。开关煤气时，应站在侧面，在上风口。

②做好停电掉闸的处理，并与一熔化、二熔化、精炼、纯锌等岗位及时联系。

③扫除遵循以下原则：

a. 扫除换热室时，禁止站在煤气管道上进行操作。

b. 扫除直升墙时，直升墙扒出的 ZnO 禁止掉到一阶，防止烫人。

c. 扫除换热室煤气挡砖时应站在侧面，扫除口已打开，扫除完后应先点燃再操作。

④熟悉掌握车间安全、设备维护规程的规定原则与煤气操作规定。

⑤防止触电，碰伤和洒锌烫人。

进行煤气操作时应遵循煤气作业操作规程。

(5)扫除(1)岗位安全生产操作规程

①扫除时站在侧面，防止烧伤和烫伤。

②焦油水封每周检查一次。勤检查，及时填水，防止鼓开煤气。

③换大煤气前，煤气执行机构大小齿轮错开，进行试车反正转，一定要用手动给煤气，避免二次给煤气造成事故。

④换大煤气时，从煤气漏斗处，用油布或小木柴烧着赶空气 5 分钟以上，同时与调整工联系，减、关抽力，赶走空气后给煤气，防止点燃煤气后灭火，避免煤气放炮。

⑤其他未尽之处参照煤气作业操作规程。

(6)精炼岗位安全生产操作规程

①往四节吊 B# 锌或固体锌时，没与运锌工联系不得进入罐笼。确定挂好钩后，立即离开罐笼，方准起吊。

②使用铁工具时必须检查是否潮湿，如潮湿则应烘后方可使用。侧身操作，以免放炮伤人。

③捞硬锌和锌渣时，确保地面干燥，以免放炮伤人。

④煤气水封要保持一定的液面，以免煤气压力增大时将水封鼓开。

⑤使用单轨吊车时，应遵循单轨吊车安全生产操作规程。

(7)纯锌岗位安全生产操作规程

①使用单轨吊车时遵循单轨吊车安全操作规程。

②模内有水或潮湿不得铸锭，必须先烘开或刷油，以免放炮伤人。

③堵眼时，插板一定放正堵严，疏通出锌嘴时必须站在侧面操作。

④在正常情况下，严禁拿掉铸锭机上的安全罩。

(8)搂皮岗位安全生产操作规程

①锌铸未凝结前不得加工，以免溅锌烫人或破坏液面。

②液锌包子横过铸锭时，一定要退离搂皮操作岗位，以防洒锌烫人。

③到锌垛上修整锌锭时，一定要注意周围锌垛堆放是否可靠，以防散垛伤人。

④涉及到铸锭机的操作，遵循铸锭机安全操作规程。

(9)接锌岗位安全生产操作规程

①铸锭机开车前，必须看下面是否有人操作，确认安全后，方可开车。

②遵循铸锭机安全操作规程。

③铸锭机尾部锌掉到地上，要及时抠出来，以免卡坏链板和轴承座。

④铸锭机在运转时，防止触电，碰伤和烫伤。

(10)扫除(2)岗位安全生产操作规程

①扫除操作应站在侧面，由外向里，逐渐清扫，防止溅锌或锌蒸气喷出烫伤，烧伤。

②开炉加料前，下延部赶空气 5 分钟，塔顶见到冒黑烟之后，通知封下延部，方可迅速密封。

③捞铝铁化合物和出铅时，防止工具潮湿，地面不能有水，防止放炮伤人。

④进行煤气作业时，遵循煤气作业安全操作规程。

⑤使用铸锭时，遵循铸锭机安全操作规程。

⑥码放、捣运腿锌时，执行铸腿锌安全操作规程。

⑦码放固体锌时应站在侧面搬运，锌垛整齐、平稳，每垛最多不得超过75块，至少横拉三行，防止散垛伤人。捣运前，应挂好扣，确认安全后，再吊车。

(11)加铝岗位安全生产操作规程

①所加铝块必须干燥无水分，防止接触锌液放炮伤人。

②搬运铝块时，注意安全，防止落下砸伤人。

③往熔化炉或方井加铝时，先把铝放在炉门边或方井台上进行烘干，然后侧身用工具将铝缓缓推入。

23.2.5.2 环境污染控制

对精馏生产的环境保护的规定和要求

(1)精馏生产作业现场有害物质允许浓度标准

一氧化炭黏：<30mg/m³。

氧化锌(烟尘)：<7mg/m³。

氧化镉：<0.03mg/m³。

铅及化合物：<0.03mg/m³。

(2)炉气有害物质排放允许浓度

氧化锌<0.1克/g/m³。

氧化镉<1毫克/mg/m³。

(3)作业场空气中允许辐射热<13kJ

23.2.6 常见故障的判断及处理

23.2.6.1 工艺故障处理

(1)熔化炉烟囱冒白烟

原因：炉膛内锌液温度过高。

处理：减关煤气，降低锌液温度。

(2)熔化炉膛锌液温度超高

原因：①煤气大。

②电偶套管未插入锌液内。

③电偶未插入套管底部。

处理：①关小煤气。

②重新装好套管。

③将电偶插入套管底部。

(3)熔化炉膛锌液温度低

原因：①煤气量过大，不完全燃烧。

②煤气量过小。

③炉膛内锌渣多。

处理：①适当调整煤气量，使煤气在炉膛内完全燃烧。

②增大煤气量。

③扒净锌渣。

(4)铅塔加料器涨潮

原因：①加料器锌封堵塞。

②加料器内锌渣多造成堵塞。

③加料管堵塞。

④铅塔冷凝器底座锌粉多。

⑤铅塔冷凝器温度过高。

⑥铅塔燃烧室温度过高。

⑦煤气掉闸后，燃烧室提温过快。

处理：①扫除加料器锌封。

②揭开盖板扫除。

③加料器清扫锌渣。

④扫除冷凝器底座。

⑤打开冷凝器保温窗，调整冷凝器温度。

⑥调整燃烧室温度。

⑦按规定提温。

(5)铅塔加料器抽风

原因：①加料量突然增大。

②煤气掉闸、扫除及补塔时燃烧室温度下降过多。

处理：①调节加料量至正常。

②加强铅塔加料器保温，适当提高锌液温度。

(6)镉塔加料器涨潮

原因：①燃烧室温度太高。

②冷凝器温度太高。

③回流塔堵塞。

④流槽及小冷凝器堵塞。

⑤加料管、加料器堵塞。

处理：①调整燃烧室温度。

②如冷凝器温度超高，可打开保温窗。

③扫除回流塔。

④扫除小冷凝器及流槽。

⑤扫除加料器、加料管，扒出锌渣。

(7)镉塔加料器抽风

原因：①锌液温度过低。

②流量发生较大变化。

③燃烧室温度低。

④加料器、加料管、流槽及小冷凝器堵塞。

处理：①提高锌液温度。

②控制流量，防止忽大忽小。

③调整燃烧室温度。

④扫除堵塞部位。

(8)镉塔大冷凝器温度低

原因：①燃烧室温度低。

②大冷凝器保温不好。

③回流塔保温不好。

处理：①提燃烧室温度。

②强化保温。

(9)镉塔大冷凝器温度超高

原因：①燃烧室温度过高。

②大冷凝器散热不好。

③回流塔保温套堵塞。

处理:①降低燃烧室温度。

②开保温窗,清扫挂被。

③扫除回流塔保温套。

(10)燃烧室正压

原因:①煤气给的过量。

②废出、直道、直升墙、换热室、废气等导出的通道有堵塞的部位。

③抽力小。

④塔漏严重。

处理:①调整煤气量、抽力,使煤气、空气比例适度,呈微正压操作。

②及时扫除堵塞部位。

③及时补塔。

(11)燃烧室温度突然升高

原因:①加料工勒料严重或断料。

②煤气压力或成分突然变化,煤气压力过大。

③自然抽力增大。

处理:①检查加料情况,调整料量。

②使煤气成分和压力恢复到正常指标。

③如属自然抽力增大,可减关抽力及煤气。

(12)燃烧室温度突然降低

原因:①加料量突然变化较大,撵料严重。

②塔漏严重。

③煤气压力降低或煤气成分发生变化。

处理:①调整料量,保持均匀加料。

②及时补塔。

③使煤气压力和成分稳定,保持正常指标。

(13)精炼炉方井涨潮

原因:①方井硬锌及铝铁化合物多,过道堵。

②大池温度低,硬锌及铝铁化合物多。

③铅液面高。

④大小池液面高。

处理:①捞出方井锌及铝铁化合物,扎通过道。

②提温,捞锌基铝铁化合物。

③定期出铅。

④及时出 B# 锌。

23.2.6.2 炉体故障处理

(1)下延部无回流量(加料和燃烧室温度正常)

原因:①气封堵。

②液封及马鞍挂渣。

③气封与液封之间铝铁化合物过多,使气封堵。

④下延部、流槽进空气氧化堵死。

处理:扫除堵塞部位。

(2)精炼炉大池正压,煤气送不进去

原因:①各扫除门封闭不严。

②废气插板开的小。

③废气直道堵塞。

④烟囱堵塞。

处理:①密封各扫除炉门。

②适当调整废气拉砖。

③扫除废气直道,扒出氧化锌。

④扫除烟囱。

(3)熔化炉膛内正压,煤气送不进去

原因:①熔化炉废气道堵塞。

②熔化炉烟囱堵塞。

处理:①打开废气道扫除口,扒出氧化锌。

②扫除烟囱,然后扫除废气道,扒出氧化锌。

(4)加料正常,但自动给料器前槽锌液面下降很快

原因:熔化炉出口流槽堵塞。

处理:扫除熔化炉出口流槽并扒出锌渣。

(5)炉内加锌后,自动给料器前槽内锌液上升缓慢

原因:熔化炉出口流槽堵塞。

处理:扫除熔化炉出口流槽并扒出锌渣。

(6)自动给料器流量开不大

原因:自动给料器过道及出口堵塞或变小。

处理:处理自动给料器过道及出口,使其畅通。

(7)自动给料器出口关不严

原因:①石墨塞子损坏。

②石墨塞子的圆锥面上有锌渣。

③流斗的圆锥面上有锌渣。

处理:①更换石墨塞子。

②取下石墨塞子,清除锌渣。

③取下石墨塞子,掏净锌液,清流斗圆锥面上的锌渣,重新安装石墨塞子。

(8)加料管不能加锌

原因:加料管损坏或堵塞。

处理:立即更换加料管,同时燃烧室温度降 50℃～100℃,并根据塔内压力调整温度。

第24章　锡冶炼焙烧中级工

24.1　开炉准备

24.1.1　开炉

开炉作业控制要求：

正式开炉前，一般用木柴烘炉2～3个班，在炉膛内烧火分布均匀，烘炉过程每班要翻炉两次，每4小时开鼓风翻动一次，翻炉时，木柴柴头应基本燃烧完，以使炉料干燥并使炉壁和炉料均匀升温，达到正式点火开炉的400℃～450℃温度要求。

在正式点火前，首先确认沸腾炉的原料贮矿仓是否已经备好料，抽风系统设备状况是否完好并处于待机状态，各物料输送设备的完好状况，沸腾炉的各控制设备和仪表的完好状况；准备好开炉点火使用的柴油约50kg、木屑100kg、粉煤100kg。

沸腾层温度达350℃～400℃时，停止烧柴烘炉并拣出未燃尽的木柴及柴头，以避免影响点火开炉的炉料沸腾。

按木屑：粉煤＝1：1的比例，约准备50kg～80kg，混入20L～30L柴油搅拌均匀，然后开小抽风使炉顶压力为－50Pa～0Pa左右，开动罗茨鼓风机，鼓风量在1800m^3/h，使物料充分沸腾，点燃拌好柴油木屑和适量粉煤，用铁铲将其从炉门加入炉膛，使炉料着火燃烧。铲着火的木屑和粉煤入炉膛时，人应站在炉门侧面，不正对炉门口，以避免喷火伤人。

炉料着火且有大量火星，炉料燃火后，关闭炉门，沸腾层温度逐步上升，温度达到600℃以上时，可开动加料系统投料，注意加强操作，慢慢调节炉温、抽风量、鼓风量、风压，始终保持炉压力在－80Pa～0Pa是衡量抽风量的大小的标准，开始时，风包压力保持在8000Pa～12000Pa，温度上升到850℃以上时，风包压力逐步上升到在14000Pa～15000Pa，鼓风量则由1800m^3/h逐步调整到1500m^3/h～1700m^3/h，直至正常生产。

24.1.2　处理开炉过程中的常见故障

开炉常见故障及处理办法：

开炉常见故障有点不着火。点不着火的原因是烘炉时间不足，炉料和炉壁温度达不到炉料着火点，或鼓风量过大，操作过程中要分析具体原因采取不同的措施。对因炉料和炉壁温度达不到炉料着火点的情况，采用重新加入木柴烘炉升温，加强翻料，确保炉底料干燥并使温度达到开炉要求后，重新按开炉技术操作规程组织点火即可。

24.2　作业过程

24.2.1　分析记录

焙烧的基本原理：

硫、砷、锑等杂质在锡精矿中主要以黄铁矿（FeS_2）、毒砂（FeAsS）、辉锑矿（Sb_2S_3）、砷铁矿（$FeAs_2$）、砷磁黄铁矿（FeAsS2）、脆硫铅锑矿（$Pb_2Sb_2S_5$）、黄锡矿（$Cu_2Fe_2SnS_4$）、方铅矿（PbS）等形态存在，其中的S、As、Sb等杂质以三种方式脱除。

(1)氧化挥发,这是除硫、砷、锑的主要方式,就是各种硫化物、砷化物、锑化物被空气中的氧气所氧化,使之变为 SO_2、As_2O_3、和 Sb_2O_3 从锡精矿中挥发掉,从而达到除杂质的目的。其反应举例如下:

$$2FeS_2+5.5O_2=Fe_2O_3+4SO_2+395.88kcal$$

$$4FeAsS+10O_2=Fe_2O_3+As_4O_6+4SO_2$$

$$2Sb_2S_3+9O_2=Fe_2O_3+6SO_2$$

As_2O_3 的挥发性较大,465℃时总气压就达到 760 毫米汞柱;Sb_2O_3 的挥发性比 As_2O_3 的挥发性差些,但在 900℃时,也能达到 64 毫米汞柱。所以,在焙烧温度下,SO_2 脱除也比较完全。

(2)热离解:以上硫化物在受热达到温度时,开始发生离解。如砷铁矿($FeAs_2$)在 220℃时,开始发生分解

$$4FeAsS=4FeS+As_4$$

400℃时,As_4 的蒸气压力达到 457 毫米汞柱;500℃时为 557 毫米汞柱。

如,黄铁矿按下式进行分解

$$FeS_2=FeS+\frac{1}{2}S_2$$

610℃时硫的蒸气压力 3.5 毫米汞柱,625℃时为 36.6 毫米汞柱,645℃时为 106.5 毫米汞柱,665℃时为 251.0 毫米汞柱,680℃时为 5180 毫米汞柱。

黄锡矿在 600℃～700℃时离解也很快:

$$Cu_2Fe_2SnS_4=CuS+FeS+SnS+\frac{1}{2}S_2$$

离解析出的硫和砷进入炉气被炉气中的氧氧化并被炉气带走,从而使精矿中的砷和硫除去一部分。

(3)硫化物直接挥发,砷的硫化物沸点比较低,例如:As_2S_2 和 AsS_2 的沸点分别是 565℃和 217℃,所以在焙烧温度下,砷和硫能以 As_2S_2 和 AsS_2 形式直接挥发除去一部分。

但是,为了提高除杂质的能力,应防止 SO_3、Sb_2O_4 和 As_2O_5 等高价氧化物和硫酸盐、砷酸盐的生成。因为当焙烧条件控制不好,如炉气中有过量的氧存在时,SO_2 氧化生成 SO_3 会进一步生成 $PbSO_4$,$FeSO_4$ 等稳定的硫酸盐,从而降低硫的脱除效果。

As_2O_3 也会被过量的氧所氧化成难挥发的 As_2O_5,As_2O_5 又会进一步 $Fe_3(AsO_4)_2$ 和 $Pb_3(AsO_4)_2$ 等难挥发的稳定砷酸盐,降低脱砷效果。

和生成 SO_3 和 As_2O_5 降低除杂质效果一样,若炉气中的氧过量,Sb_2O_3 也同样一部分会生成难挥发的 Sb_2O_4,Sb 的除去受影响。

24.2.2 控制运行参数

运行参数对焙烧作业的影响:

沸腾炉的焙烧的运行参数有:沸腾层温度、鼓风量、鼓风压力、配煤比例、炉顶压力。

沸腾层温度:沸腾层温度是沸腾炉焙烧作业的最主要运行参数,一般来说,温度提高对脱杂质有利。若温度太高,会造成精矿烧熔结,影响焙烧过程的正常进行,所以沸腾层温度一般以控制精矿不熔结为限。在精矿含 Pb 不高的情况下,一般控制沸腾层温度在 920℃～960℃,精矿含 Pb 比较高时,沸腾层温度控制在 880℃～920℃。

鼓风量:鼓风量是调节炉气气氛和沸腾层温度,保证精矿在炉内翻动良好的重要参数,一般以 700m^3/t·精矿～800m^3/t·精矿的标准进行控制,5m^2 的沸腾炉,鼓风量为 1500m^3/h～2000m^3/h。鼓风量过大,沸腾层温度会偏低,炉气氧化气氛大,不利于 As、Sb 的脱除,反之,鼓风量过小,沸腾层温度偏高,有可能发生结炉。

鼓风压力：在正常的作业炉况条件下，鼓风压力间接反映的是沸腾层的高度，一般情况下，需要确保 1m 的沸腾层高度才能有比较理想的脱除杂质的效果，要维持 1m 的沸腾层高度，鼓风压力在 13000Pa～15000Pa 范围，大多数维持在 1350Pa～1450Pa。如果鼓风压力偏大，意味着相当多部分的风帽被堵塞，焙烧效果会变差。在沸腾炉正常操作时，在几分钟内快速出现鼓风压力明显变小，就意味着沸腾炉已经发生了结炉或沉积现象，需要采取相应措施解决。

配煤比例：沸腾炉焙烧，在精矿中配入一定比例的煤，目的是使炉料有足够的热量维持沸腾炉的自热焙烧，同时调节炉内的氧化还原气氛。配煤是调节炉温度的最主要和最直接的手段。配煤一般原则是，入炉矿中 S 与烟煤的和占炉料的 10%左右，精矿含水分大时，配煤比例适当加大。配煤比例过大，沸腾层温度高，易出现结炉，过小则维持不了沸腾炉正常作业所需要的温度，均不利于杂质的脱除。

炉顶压力：炉顶压力需要保持在 0Pa～－20Pa 的微负压状态，有利于炉内温度的维持和杂质的挥发。压力为正压时，炉气外冒，作业环境恶化，也不利于杂质的挥发。炉顶负压过大，则出现炉顶温度过高，烟尘率大，沸腾焙烧的金属直收率低。

24.2.3 处理故障及停炉

24.2.3.1 处理运行中常见故障

常见故障及处理方法：

沸腾炉运行过程中常见的故障有：突然停电、突然停水、断料。

突然停电的处理方法是：迅速打开观察门，组织人员用铁耙从观察门耙动炉料，把底部的炉料往上面翻，如此反复 3～4 次，以降低炉料温度，防止炉料因为温度过高结死风帽，形成炉结或堵塞风帽。

突然停水的处理方法是：停止进料，迅速降温停炉，然后保温养炉，停冷却圆筒，等待恢复供水后，再组织升温开炉。

断料的处理方法：加大鼓风量，人工加大返料进炉，降温，保温养炉，停冷却圆筒，等待原料恢复供应后组织升温开炉。

24.2.3.2 停炉操作

停炉操作规程：

降温：加大进料量和加入返尘降低炉温，待炉子温度降至 850℃以下，方能停料、停风。待冷却圆筒无焙砂产出，停冷却圆筒，再停焙砂输送皮带。

炉子保温时，每隔 3～4 小时开抽风和鼓风翻炉料 3～5 分钟，适当加料，炉温在 500℃左右。

24.2.4 质量管理

24.2.4.1 质量判断

(1)工艺参数对产品质量的影响

沸腾炉焙烧的工艺参数有：沸腾层温度、鼓风量、鼓风压力、配煤比例、炉顶压力、炉床能力。

沸腾层温度：沸腾层温度是沸腾炉焙烧作业的最主要运行参数，其对焙砂产品的影响，温度提高，能提高炉气的氧化气氛，提高 As_2O_3、SO_2 的分压，对脱杂质有利，有利于及第焙砂 As、S 含量，但若温度太高，会造成精矿烧熔结，影响焙烧过程的正常进行，所以，沸腾层温度一般以控制精矿不熔结为限，在精矿含 Pb 不高的情况下，一般控制沸腾层温度在 920℃～960℃，精矿含 Pb 比较高时，沸腾层温度控制在 880℃～920℃。

鼓风量：鼓风量是调节炉气气氛和沸腾层温度，保证精矿在炉内翻动良好的重要参数，一般以 $700m^3/t$～$800m^3/t$·精矿的标准进行控制，$5m^2$ 的沸腾炉，鼓风量为 $1500m^3/h$～$2000m^3/h$。在一定温度下，鼓风量大，氧化气氛强，有利于脱 S，但不利于 As、Sb 的脱除。实践证明，炉气中氧含量由 2.05%降低到 0.3%时，S 的脱除率变化不大，但脱 As 率由 91.83%提高到 98.49%。

鼓风压力：在正常的作业炉况条件下，鼓风压力间接反映的是沸腾层的高度。沸腾层适当提高，鼓风压力增大，增加炉料在炉内的停留时间，有利于降低焙砂 As、S 含量，提高脱杂率。一般情况下，$5m^2$ 沸腾炉需要确保 1m 的沸腾层高度才能有比较理想的脱除杂质的效果，要维持 1m 的沸腾层高度，鼓风压力在 13000Pa～15000Pa 范围，生产中大多数维持在 13500Pa～14500Pa。

配煤比例：沸腾炉焙烧，在精矿中配入一定比例的煤，目的是使炉料有足够的热量维持沸腾炉的自热焙烧，同时调节炉内的氧化还原气氛。配煤是调节炉温度的最主要和最直接的手段，配煤一般原则是，入炉矿的含 S 与烟煤的和占炉料的 10%左右，精矿含水分大于 9%时，配煤比例适当加大，炉料(S+煤)=12%。配煤比例过大，沸腾层温度高，易出现结炉，过小则维持不了沸腾炉正常作业所需要的温度，均不利于杂质的脱除。

炉顶压力：炉顶压力需要保持在 0Pa～－20Pa 的微负压状态，有利于炉内温度的维持和杂质的挥发，对降低焙砂杂质含量有利。炉顶负压过大，则出现炉顶温度过高，烟尘率大，沸腾焙烧的金属直收率低。压力为正压时，炉气外冒，作业环境恶化，也不利于杂质的挥发。

炉床能力与停留时间：锡精矿沸腾炉焙烧的炉床能力波动在 $11t/(m^2 \cdot d)$～$16t/(m^2 \cdot d)$，一般平均在 $14t/(m^2 \cdot d)$～$15t/(m^2 \cdot d)$，停留时间对脱砷影响不大，但影响脱硫。增加停留时间，对 As、S 均有好处。

24.2.4.2　质量控制

影响产品质量的因素

如上所述，影响焙砂质量的因素有：沸腾层温度、鼓风量、鼓风压力、配煤比例、炉顶压力、炉床能力，精矿中 As、S 量和含水分的大小，精矿粒度也会对焙砂的质量造成影响。

第25章　锡冶炼电炉中级工

25.1　开炉准备

开炉前应认真做好下列准备工作：

(1)炉膛内和烟道要彻底清扫干净，做到无碎砖、尘土及其杂物遗留在内。

(2)检查炉子及烟道是否有异常现象。

(3)检查炉子电极升降是否灵活，其螺母是否紧固。

(4)对生产所用的各种机电设备进行单体试运转和调整，待检测各机电设备符合技术要求后，方可允许开炉。

25.2　烘炉

通过烘炉，可以对电炉的供热、抽风系统，水冷系统、传动装置以及电炉工作温度进行一次考查，以便满足生产要求。同时，通过烘炉，又可以对炉子的制造或修理进行一次最现实的检查。

烘炉时要先烘烟道，后烘电炉炉膛，要严格按烘炉曲线进行，应注意保证炉膛内温度均匀上升与分布。在烘炉过程中应及时以热工仪表测定各部位的实际温度，详细记录并绘制实际的烘炉曲线。烘炉曲线是指烘炉时必须遵守的升温速度、保温时间以及用时间温度来表示的图表。

一般烘炉操作步骤为：

(1)接到烘炉通知后，与相关工序联系，要求做好烘炉准备，并将有关工作门打开。

(2)从炉门进入炉内先将炉底和炉墙炭黏砖部分抹上一层耐火泥浆，防止高温氧化。

(3)将干柴放入炉膛内，再在干柴表面洒一部分燃油，并用长火把将干柴点燃烘炉。

(4)当柴火烘炉完毕，向电炉炉底平铺一层粒度为20～50mm、厚度为300～400mm的焦炭层，三根电极下稍多。然后起弧烘炉。

(5)严格按升温曲线升温，起弧烘炉要防止明弧烘炉。烘炉完毕后封炉门准备投料熔炼。

烘炉之后投入富渣和少量石灰石作洗炉料，以提高炉底温度，当炉温升到要求温度后，就可投入经过配料的锡精矿进行熔炼。

25.3　还原熔炼

25.3.1　进料和布料操作的基本知识

进料作业包括称料、混料、运输、进料等过程。按照规定将配料、物料比例准确地称量，均匀混合后，用皮带运输机或其他机械送至料斗以备加料。电炉熔炼为多次进料一次放锡放渣操作，每次进料前必须先将电极断电，然后打开一个加料口，加完料后关好加料口，再打开下一个加料口加料。加料时注意防止炉内喷火伤人。电炉布料一般要求入炉物料在炉内均匀分布。

25.3.2　还原熔炼操作

进料完毕后，将电极通电进行熔炼，熔炼过程中要注意按要求调节好炉内电流以确保熔炼炉底温度，防止结底和过流，当本批物料熔炼过程基本完成后开始准备进第二批物料。每批物料熔炼过程基

本相同，但本炉最后一批料进完后，要注意为放锡放渣工作创造操作条件。对来宾冶炼厂 1250KVA 电炉电流技术要求为：

表 25－1　1250KVA 电炉电流技术指标

一次电压(V)	二次电流(A)
64	≤6561
75	≤6561
87	≤6561
98	≤6561
110	≤6561
130	≤5552
150	≤4812
170	≤4245

25.3.3　放锡放渣操作

25.3.3.1　放锡放渣前的准备工作

(1)确认物料已还原好，工作场地周围无安全隐患；

(2)准备好放锡放渣时所需的工器具(如氧气、氧管、钢钎、大锤、炉嘴钎、铁铲、锡瓢、漏瓢等)，并摆放到位。

(3)检查放锡放渣槽、大小前床、渣包、锡包、锡桶是否干燥、干净、畅通无杂物。

(4)准备好堵炉嘴黄泥、玻璃水等放炉材料。

25.3.3.2　放锡放渣

放锡时先用铁锤将炉嘴钎轻轻的向内打并扭转至松动，用吹氧管将放锡口烧穿，放出锡、渣。烧放锡口时用铲子将放锡口遮住以防锡、铁渣飞溅伤人。粗锡放出时呈暗红色，放入大前床内。当锡口附近的锡流表面出现颜色发白的熔体时说明放锡工作完毕，开始改道进行放渣工作。炉渣放入渣槽内。放完锡渣后将炉嘴清理干净，然后用炉嘴泥重新堵住，再打入一根炉嘴钎封好炉嘴，将电极插到炉底，通电，先将炉底温度升起，当炉底温度达到要求，便进入下一炉投料熔炼工作。

(1)原始记录的填写要求

正常作业需要记录的参数有每次时料各项电压、电流、炉膛温度、炉内负压、进料时间、进料量。每班进料量，每炉产出物料量每班(24 小时)记录一次等。

25.3.3.3　交接班

交接班时，当值人员应向接班人员确认各设备的完好情况、开停机情况、炉况、工器具交接、安全设施完好情况、原料准备情况等。

25.4　质量管理

25.4.1　电炉产出物料质量要求

锡精矿沸腾炉焙烧产出的焙砂，一般情况要求粗锡含铁≤2.5%，当连续 4 炉超出要求，说明产品出现了异常的质量波动，过程存在系统性问题，导致产品质量不稳定。

25.4.2　质量控制

质量管理活动的要求

电炉还原熔炼的质量管理，首先要求确保配料——反射炉系统各设备和硬件设施的完好性，以达到对系统过程的调节和控制，保持电炉作业的各个运行系统的特征参数形成完整的原始记录，粗锡含铁的异常与波动的跟踪和分析，采取必要的纠正和预防措施，最终实现对粗锡含铁的稳定和确保反射炉作业的金属回收率。

第26章　锡冶炼反射炉中级工

26.1　开炉

开炉准备

开炉前应认真做好下列准备工作：

(1)炉膛内和烟道要彻底清扫干净，做到无碎砖、尘土及其杂物遗留在内。

(2)检查炉子及烟道是否有异常现象。

(3)检查炉子骨架上的所有纵、横拉杆是否焊牢，其螺母是否紧固。

(4)对生产所用的各种机电设备进行单体试运转和调整，待检测各机电设备符合技术要求后，方可允许开炉。

26.2　烘炉

通过烘炉，可以对反射炉的供热、空气物质循环，水冷系统、传动装置以及反射炉工作温度进行一次考查，以便满足生产要求。同时，通过烘炉，又可以对炉子的制造或修理进行一次最现实的检查。

烘炉时要先烘烟道，后烘反射炉膛，要严格按烘炉曲线进行，应注意保证炉膛内温度均匀上升与分布。在烘炉过程中应及时以热工仪表测定各部位的实际温度，详细记录并绘制实际的烘炉曲线。烘炉曲线是指烘炉时必须遵守的升温速度、保温时间以及用时间温度来表示的图表。

一般烘炉操作步骤为：

(1)接到烘炉通知后，与相关工序联系，要求做好烘炉准备，并将有关工作门打开。

(2)从炉门将干柴放入炉膛内，再在干柴表面洒一部分燃油，并用长火把将干柴点燃烘炉。

(3)柴火烘炉按要求完成后转入粉煤(燃油、煤气)烘炉，点粉煤(燃油、煤气)前，首先确认各设备完好，燃料充足，然后与相关工序联系，确认准备好后，关好工作门，便可按粉煤(燃油、煤气)安全、技术操作规程操作点燃粉煤(燃油、煤气)。点粉煤，要先将柴火烧至最旺，然后启动一次风，加入粉煤。

(4)待粉煤(燃油、煤气)点燃后，调节好风量、煤量(燃油、煤气)，并使炉膛内保持微负压。

(5)严格按升温曲线升温，粉煤烘炉要定期扒出炉内煤灰。

(6)烘炉过程要注意调节拉杆松紧。特别是上升到900℃左右时更要检查拉杆的松紧。

26.3　还原熔炼

26.3.1　进料和布料操作的基本知识

进料作业包括称料、混料、运输、进料等过程。按照规定，将配料、物料比例准确地称量均匀混合后，用皮带运输机或其他机械送至炉顶料仓以备加料。物料称量力求准确，特别是熔剂的称量误差不大于1%。炉料的水分一般控制在9%以下。当上一炉放渣完毕或新炉底烧结完毕后即开始进料。进料时将料仓闸板打开将炉料投入炉内，与此同时减小进风量和减少炉内负压，进完料后关好料仓闸板，恢复正常风量和负压。反射炉布料一般按炉头炉尾少布，炉中多布，放锡口不布料的原则进行。同时，物料投入炉内时要注意防止炉内喷火伤人。

26.3.2 还原熔炼操作

进料完毕后，炉料即进入了还原熔炼阶段。由于炉料含有水分以及炉料的吸热，因此进料后炉温将下降到800℃～900℃。经过1～2小时，炉料水分被蒸干，炉温开始上升。当炉温上升到1150℃～1250℃时，炉料开始进行还原和造渣过程。当熔炼进行到4～5小时，炉内已有液态炉料出现，应而当炉料熔化2/3时，便可开始扒炉（翻料作业）。扒炉的目的是为了加快炉料熔化过程，并促进渣锡分离。扒炉是根据炉料熔化情况，用钢耙顺料堆脚进行搅动，扒炉要扒平，并扒到边、角、底的物料，扒炉动作要快，发现炉底有结块时及时用撬棍撬起，必要时用高压风吹炉底结块，使炉料熔化均匀、迅速。当熔炼进行到6～7小时左右时，炉料基本熔化完毕，此时炉温已上升到1300℃～1350℃标志着造渣过程基本完成，炉渣开始进行过热阶级。这时应对炉内再进行一次扒炉，将沉入炉底的炉料全部搅起。再根据经验判断已达到还原熔炼终点（约再经过30分钟）便可放锡放渣。

26.3.3 放锡放渣操作

锡反射炉还原熔炼放锡放渣有一次放锡一次放渣和多次放锡多次放渣两种，在这介绍一次放锡一次放渣的操作过程。

(1)放锡放渣前的准备工作

①确认物料已还原好，工作场地周围无安全隐患；

②准备好放锡放渣时所需的工器具(如钢钎、大锤、炉嘴钎、铁铲、锡瓢、漏瓢等)，并摆放到位。

③检查放锡放渣槽、大小前床、渣包、锡包、锡桶是否干燥、干净、畅通无杂物。

④准备好堵炉嘴黄泥、玻璃水等放炉材料。

(2)放锡放渣

放锡时先用铁锤将炉嘴钎轻轻的向内打并扭转至松动，然后轻轻往外拉。拉炉嘴钎时应用铲子将放锡口遮住以防锡渣溅出伤人。粗锡放出时呈暗红色，放入大前床内。当锡口附近的锡流表面出现颜色发白的熔体时说明放锡工作完毕，开始改道进行放渣工作。炉渣通过小前床澄清分离后流入渣包内。放渣时用钢钎将炉嘴泥打开，尽量扩大炉嘴使渣尽快放出。放完渣减小进风量和减小炉内负压，进行投料。投料时应尽量将炉内残余的物料压出。投完料后将炉嘴清理干净，然后用炉嘴泥重新堵住，再打入一根炉嘴钎。恢复正常进风量和炉内负压，进行下一炉熔炼。

26.3.4 记录的填写

26.3.4.1 原始记录的填写要求

正常作业需要记录的参数有一、二次风量、炉膛温度、炉内负压、每班进料量，每班产出物料量每班(8小时)记录一次，其他参数每1小时记录一次。

26.3.4.2 反射炉技术参数

反射炉炉膛温度：1000℃～1400℃。

炉内负压：－10Pa～10Pa。

一次风量：1700Nm³/h～2700Nm³/h。

二次风量：3500Nm³/h～5000Nm³/h。

26.3.5 交接班

交接班时，当值人员应向接班人员确认各设备的完好情况、开停机情况、炉况、工器具交接、安全设施完好情况、原料准备情况等。

26.4 停炉检修

反射炉正常停炉应在放完最后一炉渣后，炉子空烧 1 小时左右，将炉内残存的炉料及炉渣放完，然后逐渐停火降温，通常将炉内温度降到 900℃左右时，关闭所有炉门及烟道闸板，同时按操作规程停止供热系统设备，使炉子缓慢降温。停炉过程要及时拧紧拉杆，以防炉顶变形。

26.5 质量管理

26.5.1 反射炉产出物料质量要求

锡精矿沸腾炉焙烧产出的焙砂，一般情况要求富渣含锡≤13%，粗锡含铁≤1.5%，当连续 4 炉超出要求，说明产品出现了异常的质量波动，过程存在系统性问题，导致产品质量不稳定。

26.5.2 质量控制

质量管理活动的要求

反射炉还原熔炼的质量管理，首先要求确保配料——反射炉系统各设备和硬件设施的完好性，以达到对系统过程的调节和控制，保持反射炉作业的各个运行系统的特征参数形成完整的原始记录，保持对富渣含锡、粗锡含铁的异常与波动的跟踪和分析，采取必要的纠正和预防措施，最终实现对富渣含锡、粗锡含铁的稳定和确保反射炉作业的金属回收率。

第 27 章　锡冶炼烟化炉中级工

27.1　开炉

27.1.1　开炉的准备

(1)准备好钢钎、大锤、铁铲、氧管等各岗位所需要的工器具。

(2)检查煤仓存煤情况，至少保证一仓满煤。

(3)各水冷水套供水，调节适当水量。

(4)认真检查调速电机、搅拌机是否运转正常。

(5)开进渣口，封好炉门放渣口。

(6)与收尘室、鼓风机房、排烟风机房、余热锅炉、供煤班和汽化冷却进行联系，确认符合开炉要求。

27.1.2　工艺参数

表 27－1　烟化炉工艺参数

	1#烟化炉	2#烟化炉
鼓风压力	0.7～1.25×10^{5}Pa	0.7～1.25×10^{5}Pa
一次风量	1000～2000m^3/h	1500～2500m^3/h
二次风量	2500～4000m^3/h	3500～5500m^3/h

27.2　冶炼作业

27.2.1　进料的准备

(1)与风机房联系开抽风。

(2)与鼓风机房联系开鼓风。

(3)将给煤机及搅拌机的开关打到“工作”位置，将仪表盘上的转差离合调速器指示到最低位置。

27.2.2　进液料

液料从渣槽慢慢流入炉内，待加入液料 700kg～900kg 时给煤点火，给煤点火操作：

打开煤旋塞阀→启动给煤机→打开风旋塞阀→启动搅拌机，然后慢慢转动滑差调节器的调速旋钮到 200～500 转/分，开始采用小煤点火，并根据来煤情况适当打开平衡风阀，随着液料的加入，逐渐调整给煤量进入正常作业。

27.2.3　冶炼作业

(1)分批加入黄铁矿，每隔 10～15 分钟加入一次，开始时多铲 10～20 铲，后面逐渐减少。放渣前 20 分钟停止加入黄铁矿。

(2)终点判断

从三次风口、烟巷观察烟气浓度，烟气浓度低时，从加料口取样并送取样房进行炉前分析，含锡渣品位≤0.3%时，开口放渣。

27.2.4 放渣

(1)开口放渣前检查冲渣水是否正常；开冲渣泵时，须有人监护出水口；开口放渣时，眼睛不能近距离正视放渣口。

(2)用钢钎或者氧管捅开放渣口，出渣后严禁人从溜槽上通过，槽子不流渣后方能关闭冲渣水；渣槽渣冷结后，方可清理溜槽；出渣后铁水多或烟气黄时，立即远离渣槽。

(3)出渣后用小铁瓢取5～6个点的渣，每个点少量装入取样桶。

(4)放渣结果分析

根据放渣化验结果，丢渣含锡品位没有出现连续四炉超标或者严重超标，冶炼作业为正常，否则为不正常。

27.2.5 生产记录

记录好时间、炉次，每炉进渣时间、进渣数量、炉前分析时间、炉前分析品位、黄铁矿加入量。

27.2.6 设备的运行记录

记录好煤仓的用煤及停煤时间。

27.3 设备维护及保养

27.3.1 设备维护及检查

(1)设备维护

确保给煤系统电机，冲渣泵电机油位达到规定线，每班清扫一次设备。

(2)设备检查

每班巡检设备2次，每周点检设备一次。

27.3.2 停炉检修

27.3.2.1 停炉作业

(1)停炉准备

通知汽化冷却准备停炉

(2)停炉作业

①打开放渣口放空渣。

②停给煤操作：关平衡风→停搅拌机→停给煤机→关风旋塞阀→关煤旋塞阀。

③停煤10分钟后通知鼓风机房停鼓风。

④停煤15分钟后通知抽风机房停抽风。

⑤待各水冷水套完全冷却后停冷却水。

27.3.2.2 检修

(1)炉体拆除

拆除炉门、高压胶管、风嘴，拆除下层水冷水套，清理干净炉底耐火砖。

(2)配合检修

配合钳工安装炉子下层八块水冷水套;配合筑炉工砌好炉底耐火砖。

27.3.3 安全操作

27.3.3.1 安全技术操作

(1)作业现场安全

①打开液渣口进渣时,不能正对洞口,防止喷火伤人;

②倒液渣时不能靠近,以免液渣飞溅伤人;开煤时,打开风旋塞阀要慢;

③倒液渣,加冷富渣、黄铁矿、调大粉煤时,不能近距离正视加料口或三次风口;

④吹炼过程中,进料、塞口子时,严禁调换煤仓,调节粉煤时,调速旋钮要慢开,快关。

(2)岗位安全教育

每周进行一次安全教育活动,上岗前采取安全措施,保证人身安全。

(3)安全事故分析

发生事故及时参加分析,并找出事故原因。

27.3.3.2 劳动保护

(1)劳动保护用品

穿戴好劳动保护用品,高空作业时系好安全带。

(2)环境污染控制

确保良好抽风,抽风差时及时通知收尘工振打布袋或检查抽风系统,并采取相应措施。

27.3.4 常见故障的判断及处理

27.3.4.1 工艺故障处理

(1)水箱漏水大:立即停加各种物料,开口放渣,同时适当开大给煤量,尽量把渣放干净。

(2)停电有风:立即开口放渣,同时振打煤管、煤仓,必要时转动给煤机靠背轮,不出渣时,关掉平衡风和各设备的电源开关。

(3)停风有电:尽快打开放渣口放渣,关掉给煤系统,将清灰门和防暴门打开。

(4)停风停电:立即开口放渣,并迅速往风嘴内插入钢钎,将所有的设备开关全部关闭。

(5)冲大煤:立即减少给煤量,适当关小平衡风,如继续冲煤较大时,关平衡风,关螺旋给煤机,立即检查是否是一次风压过大或进煤阀未关死,如一次风压过大通知鼓风机房调至正常值,如进煤阀未关死立即关死。

(6)渣稠:适当加大给煤量和黄铁矿量。

(7)产生锍:延长吹炼时间,适当减少给煤量,提高炉内氧化气氛。

27.3.4.2 设备故障处理

阀门漏煤及时更换密封圈或者阀门。

(注:锡火法精炼中级工部分请参阅《锡火法精炼初级工》内容)

第三单元·高级工

第28章　铜冶炼高级工

28.1　烘炉

28.1.1　系统试车

系统试车包括软化水系统试车、排烟收尘系统试车、电气系统试车、配加料系统试车、仪表系统试车、电器控制部分试车、环保系统试车

28.1.1.1　软化水系统试车

(1)压缩风吹扫及气密性试验

①吹扫前，确认炉体水管、烟道水套、压板水套、铜砖水套等管线及阀门走向和位置符合设计要求。

②用胶管接通压缩风，关闭软化水供水总阀。

③将风管引至供水总管，然后打开风管阀门，使风分别吹入供水总管、烟道水套、压板水套、铜砖水套等进行逐个吹扫，当风压达0.4MPa～0.48MPa稳定后，检查风管至各配水管组的密封状况，给各焊口刷肥皂水，以不冒气泡为合格。

④用此法逐个对各支水管、各水套进行吹扫及气密性试验。

(2)通水及水压试验

①总管试水：关闭全部配水管组第一道阀门，打开软化水进水总阀门，检查供水总管的密封情况，尤其是各焊点，若有泄漏点，及时联系关闭进水总阀，并打开配水管组泄水阀，排空后处理。

②支管及烟道、压板等水套试水：打开第一组阀门，再逐个打开水套配水支管小球阀，使每个水套支管通水，检查密封情况，尤其是各焊点，若有泄漏点，及时关闭进水球阀，并打开泄水阀，排空后处理。用此法逐个对所有水管及水套试水，确认挂牌。

③确认系统试水正常后，循环2小时，仪表专业人员负责标定流量计及液位计。

28.1.1.2　排烟收尘系统试车

(1)按要求调整负荷，以满足炉膛负压要求。

(2)按预先规定开度慢慢打开电炉蝶阀。

(3)控制室严密监视负压变化情况，并记录各种条件下的参数。

(4)收尘部门随时注意电收尘器进出口处温度、负压等仪表显示是否正常，并按生产记录要求每一小时记录一次。

(5)经常检查排烟机的工作状况，按排烟机运行点检卡的要求每半个小时记录一次。

28.1.1.3　电器控制部分试车

信号系统调试，包括各限位在控制柜上的显示正确。在操作台上分别使用按钮进行调试观察信号和电磁球阀的动作情况是否准确。

28.1.1.4　配加料系统试车

(1)电器调试

①上料皮带、卷扬提升机，手动、自动控制调试，包括信号、调速控制等。

②刮板现场、操作台，两地手动、自动控制调试，包括信号、控制等内容。

调试工作完成后，进行电气连锁控制调试试验。

(2)机械调试

①上料皮带机现场调试。

②刮板机及闸阀调试。主要包括刮板机的链条调整、传动系统有无震动、刮板链条有无卡磨、闸板阀的开关灵活度及限位调整。

28.1.1.5 仪表系统试车

(1)测温用热电偶试车

用水银温度计检测出热电偶冷端温度，用标准 mv 信号发生器在冷端分别加入 50℃、100℃、150℃、200℃、300℃、400℃、500℃、800℃、1000℃、1200℃、1500℃所对应的 mV 值，观察其与仪表所显示温度是否相符。

(2)电流表、电压表校定

用电流表、电压表连接不同值的带电体，校定其显示是否正确，控制是否灵敏。

(3)皮带秤的试车

仔细检查各部分接线是否准确可靠，机械部分安装是否符合技术要求。

①开启皮带，仔细观察传输皮带运转是否平稳，有无抖动、跑偏现象，若有加以调整。

②在确认无料无负荷情况下将其设为初始零点。

③置入皮带秤的量程值，开启皮带秤，根据下料时间用台秤对其下料量进行校定。

28.1.1.6 环保系统试车

(1)先打开全部系统环保阀门。

(2)对系统各个用风点、支管和总管进行风量和负压测试。

(3)模拟正常使用时将用风点部分阀门打开，再进行风量和负压测试。

(4)测试数据要求准确。

(5)试车过程中要求详细确认各个环保用风点的抽力是否正常。

对其他特殊或专用设备设施的试车按照相关要求进行试车。

28.1.2 烘炉条件判定

(1)是否制定开炉方案。

(2)人员是否组织到位。

(3)是否对所有设备进行单体试车和联动试车，达到安全正常运转的要求。

(4)是否将炉体拉杆弹簧调整到预紧尺寸。

(5)是否做好炉体各部位原始标志，测量并记录原始尺寸等数据。

(6)是否安装好炉前、炉后放出口压板和衬套，再用黄泥拌焦粉把整个放出口全堵上，然后插入一根直径为 16mm，长为 1.2m 的圆钢。

(7)是否在炉子一侧安装好重油管道。

(8)是否将烟道蝶阀关闭及炉体所有工作门、料管孔、返渣孔等封闭。

(9)炉内卫生清扫，水平、风管清理疏通。

(10)燃油、供风系统设施、压力正常。

(11)环保排烟机正常开启，阀门开关到位。

(12)临时热偶及油枪安装到位，确认正常。

28.1.3 烘炉操作

烘炉的方式主要分为电炉烘炉和转炉烘炉，在此对这两种方法进行介绍，其他烘炉方式及要求参

见各企业的具体开炉方案。

28.1.3.1 电炉烘炉

电阻丝烘炉：

(1)安装临时烤炉供电线路及配电设备。

(2)用铁丝制作电阻丝。

(3)在安装电阻丝前将炉底清扫干净，然后在炉底铺上干水渣或石英砂。

(4)电阻丝沿炉子纵向平行地铺设，电阻丝每隔 1.5m 用一块砖隔开，以防短路，电阻丝与角钢用螺丝接连。

(5)在炉顶电极孔插入 3 个热电偶，热电偶插入炉膛 100mm。在炉底装 3 个热电偶检查控制室测温仪表是否准确。

(6)烘炉前，在电阻丝安装完毕后密封炉体，关闭所有烟道蝶阀和料管观察孔及闸门，封闭返渣流槽口。

(7)烘炉期间每小时记录一次温度、电流。

(8)在上述工作完成后，立即按供电计划与技术要求供电。电阻丝烘炉时间为 7～9 天。

重油烘炉焙烧电极：

(1)架设好重油管道，首先将电极壳插入炉膛，在电极壳上打排气孔，孔间距 300mm。

(2)电极压放要在加好电极糊后进行，防止送电时铜瓦打弧。

(3)电极糊加到铜瓦上缘 0.5 米，焙烧过程中及时添加电极糊，防止电极糊全部熔化形成隔层，造成电极硬断，要保持糊面高度。

(4)打开铜瓦冷却水，电极处于下限位置，按升温曲线升温，焙烧电极需要最高温度 750℃，时间 2～3 天。

(5)重油烘炉焙烧电极时采用炉膛微正压操作。

(6)电极焙烧好的判断方法：炉膛内一段电极呈暗红色，没有流出的电极糊，电极壳上的排气孔火苗短而无力。电极焙烧好后停止烧重油。

电弧电阻烘炉：

(1)电阻丝烘炉后，拆除电阻丝烘炉时炉内的遗留杂物，继续铺一定厚度的水渣到熔池。

(2)在每根电极下挖坑，每两根电极间挖沟。

(3)在坑沟中铺满焦粉，焦粉中埋入圆钢，连接同相两根电极。

(4)如果有焙烧好的电极，把炉内电极末端小于 Φ600mm 的电极打掉，防止开炉中电极硬断。

(5)变压器采用星型接法，送电引弧。

(6)除炉前、炉后压板外，开启所有电极冷却水，在炉体冷却铜砖温度达到 80℃后送铜砖水。

(7)根据炉子升温情况打开副烟道。送电后两天内保持微正压操作。

(8)送电引弧正常后，砌死工作门，按规定的升温曲线调节负荷大小。

(9)调节炉体拉杆弹簧，保持要求尺寸。

(10)开炉过程中对炉体横向、纵向及炉顶拱高的变化进行测定。

(11)烘烤炉前、炉后溜槽，作好放铜、放渣的各项准备工作。

(12)在烘炉最后一天，视炉膛、炉体各部位温度调整电压级，为正常生产作准备。

(13)待炉前放出熔体后，方可进料转入正常生产。

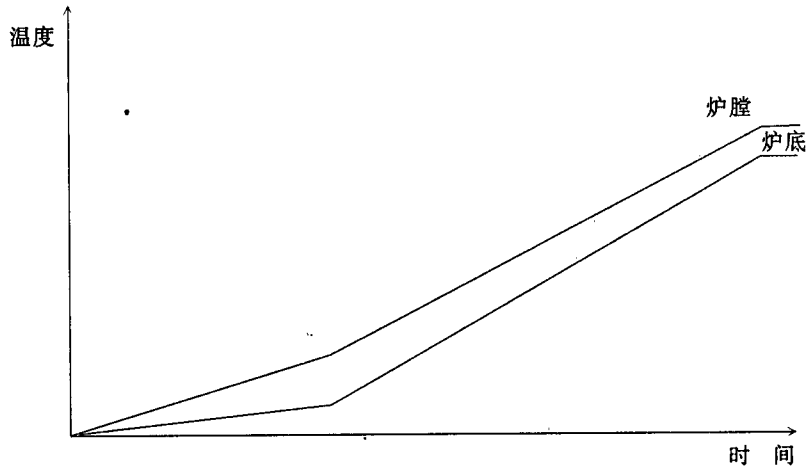


图 28－1　电炉大修烘炉升温曲线

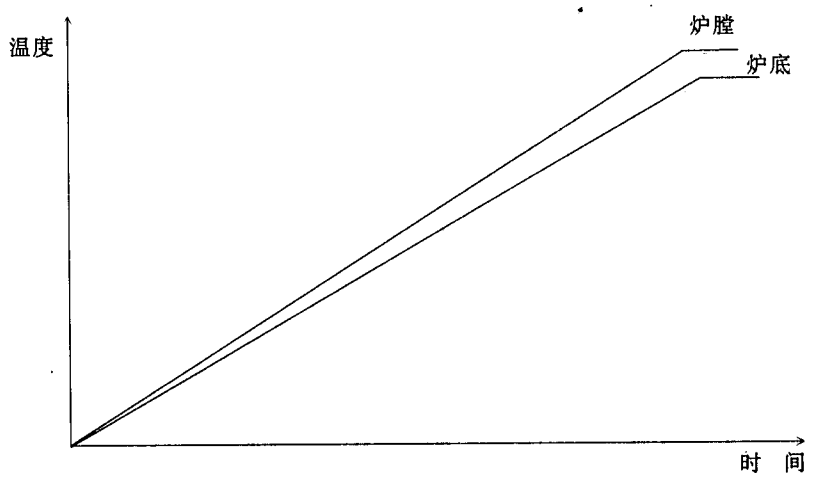


图 28－2　电炉中小修烘炉升温曲线

28.1.3.2　转炉烘炉

(1)炉衬检修结束 8 小时后进行烘炉。

(2)首先检查重油、雾化风管线是否完好，安装好油枪、热偶。

(3)联系供油、送风。

(4)先用木柴烘烤 2～3 个班，炉内潮气基本挥发排掉、炉膛温度达到重油闪点以上(约 150℃)。

(5)用木柴或棉纱引火，用小油、小风进行烘烤。

(6)油枪燃烧稳定之后，根据升温曲线要求和热电偶所测温度，适时调整油量。

(7)采用重油烘炉时间其温度达到 1000℃以上就可以联系要料。

28.2　试生产

28.2.1　试生产条件判断

(1)各个系统带负荷试车是否正常，若有问题及时解决。

(2)炉前、炉后溜槽是否砌筑安装和烘烤结束,返渣溜槽是否安装就绪。
(3)炉前放出液体是否有较好的流动性。
(4)各种工器具是否准备齐全,堵口泥球是否按要求准备好。
(5)操作人员是否经过培训就位。
(6)炉体升温曲线是否达到目标值。
(7)生产前是否把炉体拉杆弹簧调节到规定要求。
(8)炉前、炉后是否安装好高温流体测温热电偶。

28.2.2 试生产操作

(1)试生产时要严格按安全技术操作规程进行。
(2)试生产前要检查炉体膨胀状况、炉体温度升温状况、炉膛温度状况,判断是否可以投料生产。
(3)试生产时要派人监护炉体,发现异常及时汇报处理。
(4)生产时要及时加料,避免空烧炉子而损坏砖体。
(5)生产过程中要收集相关数据,为今后正常生产提供依据。

28.2.3 指导试生产作业

(1)确认系统是否具备试生产条件。
(2)岗位操作人员经过培训并全部到岗。
(3)电气、仪表控制系统及相关设施正常送电运行。
(4)联系上石英、冷料。
(5)联系余热锅炉上水运行。
(6)联系软化水泵房供水。
(7)联系开启环保、排烟风机。
(8)通知上、下道工序做好准备。
(9)做好相关设备、设施(如液体吊车、渣包、浇铸坑等)的准备工作。
(10)试生产初期炉温较低,可适当提高吹炼温度。
(11)出现异常现象,立即启动事故预案处理。

28.3 冶炼准备

进料:
(1)组织配料、进料作业
①通过化验分析,掌握原料中含多少硫化亚铁和含硫二氧化硅。
②通过计算掌握炉渣中硫化亚铁被氧化生成氧化亚铁的量。
③通过计算可知需多少石英与氧化亚铁造渣。
④随着熔炼的进行,石英应均匀加入。
⑤炉渣温度较高、渣面温度较低也可组织进料。
(2)配料、进料设施判定
①检查料仓、下料管、密封闸板等工作正常。
②检查定量给料机的皮带、托辊、计量设备工作正常。
③检查配料皮带是否跑偏。
④检查加料系统信号指示正常,操作可靠。
⑤检查渣包本体及挂渣正常,无烧损情况。

⑥检查液体吊车设备及称量系统正常。

(3)物料配比调整

①根据炉况、指标、生产任务对物料配比进行调整。

②来料的成分发生变化,对配料比进行调整。

③根据渣型,对配料比进行调整。

④开、停炉时所需渣型比较特殊,对配料比进行调整。

(4)原料判定

①通过观察,判定原料情况。

②通过化验分析,掌握原料含金属和含硫量是多少。

③通过化验分析,掌握原料 Fe/SiO_2 是多少。

28.4 冶炼

28.4.1 岗位操作规程

对于不同冶金炉所设立的岗位不同及所使用的设备不同,在此只对存在共性的系统进行简单介绍,其他具体参见各企业相关操作规程。

28.4.1.1 加料岗位安全技术操作规程

(1)认真贯彻勤加、少加、均匀加和根据炉况、负荷加的原则。

(2)控制好加料量。

(3)在下列情况下可以局部停止加料,待炉况处理好后恢复正常加料。

①翻料后局部形成结壳,可在结壳的部位覆盖炉料后,停止加料。

②渣温低,炉后放渣困难,可以暂不加料或控制加料以便提高渣温。

28.4.1.2 炉膛负压的调节和排烟系统的检查

炉膛负压的大小,可通过蝶形阀的开闭和调节排烟机的工作电流大小来控制,当抽力不够烟气排不出时,应检查下列各种情况:

(1)排烟机的工作电流是否正常。

(2)排烟机进口风蝶阀、电收尘进口阀是否打开。

(3)旋涡收尘是否正常,停产或检查时所关闭的其他蝶阀是否恢复正常位置。

(4)旋涡收尘器下的烟尘是否装满,放尘器管的锁气器是否关上。

(5)旋涡收尘器以下的烟道是否漏风或堵塞。

28.4.1.3 渣面和冰铜面的测定

用一根圆钢,从测渣口迅速插入炉底,约一分钟左右后,迅速拔出来,用标尺进行测量,圆钢上的黏结物较粗的为渣层厚度,较细的为冰铜层厚度。操作时钎子不许碰撞带电物体,操作者必须戴好布手套或皮手套,注意观察黏渣层厚度。

28.4.1.4 刮板配料岗位全技术操作规程

(1)开车前必须检查刮板机各润滑点是否缺油,链板是否变形和掉环,密封盖板是否盖好,液压油缸是否漏油,闸门和电振是否被杂物卡住,是否有人在检修设备,一切都正常后,方可开车。

(2)将各开关搬动要求的位置,按顺序开、停车。

(3)正常操作时,所有观察口活动门必须关闭好。

(4)刮板机掉链子、卡链子或坠砣回不去时必须立即停车处理。

(5)发现链条被料卡住,必须停车处理,必须时可倒回链子处理。

(6)配料规程:按照配料比准确配料。

(7)检修时应切断安全开关,操作人员离开岗位时必须切断电源。

(8)刮板停车必须在空负荷下进行,带负荷开车,以防烧电机或堵塞管。

(9)认真检查电炉旋涡收尘器,发现有积灰,应及时放空。

(10)每班必须检查刮板层灭火器是否充足,不足应立即汇报,联系补充足。

(11)维修检查设备必须挂检修牌。

28.4.1.5 泥球的制作

(1)从压泥机房取到压好的黄泥。

(2)泥球的大小根据现场需要而定,堵口用的泥球做成锥底直径 120mm、高 140mm 的圆锥体,以压饼不裂为合格。

(3)已合格的泥球,必须放在阴凉潮湿处,并用湿麻布盖上,防止干裂。

(4)泥球的安装,用水湿润泥盘表面,把泥球黏在泥盘上,并将泥球与泥盘互相摩擦几次,使之黏牢,然后用手指沿泥球边缘与泥盘压结实即可使用。

28.4.1.6 烧口子放铳

(1)打开排烟机

(2)将氧气管插入氧气带约 200mm～300mm,手握紧插入铁管一端的氧气带,手必须离开氧气带头 50mm～100mm,防止回头烧伤。

(3)开氧气使压力约 $1kg/cm^2$～$2kg/cm^2$,在木柴或电极糊上把吹氧管点燃后放到口子上,再用一根粗气管或废氧气管顶到放出口上助燃,烧进 50mm 左右便可加大氧气量,氧气压力的大小能将口子内的氧化亚铁和冰镍吹出为准。

(4)烧口子时,吹氧管应端平、对正、顶紧手腕并作稍稍晃动,增加烧口直径,但严禁烧低或烧偏。

(5)所使用的氧气管必须干燥。

(6)烧口子放铳前必须根据《衬套的使用及更换制度》认真检查衬套的质量,不符合放铳条件不要勉强放,应及时向班长提出更换。

28.4.1.7 堵口操作

(1)堵眼机堵口的操作步骤

①堵口前必须将衬套端面的黏结物清理干净,堵眼机上的杂物必须清理干净。

②将装泥球的泥盘装在堵眼机上,要求装得稳、装得正。

③拉下安全挡板。

④堵口时,先将堵眼机的压柄缓慢向下压,当泥球接触衬套后开始迅速而有力地往下压,堵住后,再在压柄上挂一重物以防松动。

⑤如果没有堵住,必须立即提压柄,重装泥球,按规程再次堵口,直到堵住为止。

(2)人工堵口的操作步骤

①清理衬套端面黏结物。

②两人并排对站,平端梅花枪和耙子。

③耙子缺口卡在梅花枪上,同时向前移动。

④下枪时泥球尖靠近出口的上缘,二人同时向前全使劲压去,堵住之后稍再等一会儿,待口子冰铜凝结后,取下耙子旋转梅花枪取下,如果没有断流,必须让梅花枪顶住不动,拉开耙子使劲猛推几下,如果堵不住,按程序重新堵口。

28.4.1.8 放渣的操作步骤

与炉前烧口法相同(详见炉前岗位烧口方法)不同之处就是炉后烧口要求氧气压力较高,手腕晃动幅度较大,同时还要插入一根圆钢,以提高烧口温度。

人工堵口法:详见炉前人工堵口方法,炉后堵口必须打入长 1.5m 圆钢一根。

28.4.1.9 冷却水岗位安全技术操作规程

(1)必须熟悉所属岗位冷却水管路的走向,阀门位置及其用途。

(2)每小时必须检查一次各水冷件通水情况,发现断水时,应立即通知班长及有关人员采取措施,以防烧坏设备并做好记录。

(3)每两小时必须从防爆孔观察一次炉内是否漏水。

(4)检查处理漏水时应注意安全。

(5)如果漏水无法处理,需要关闭阀门时,必须汇报班长,并请示有关人员征得同意后方可关闭,并做好记录,不得随意决定关闭。

(6)水冷件如无特殊情况不得断水,如需断水,必须征得有关部门同意后方可断水,并做好记录。

(7)各水冷件出口温度不超过 60℃,水温过高,水压过低必须要求补充新水。

(8)按各炉子要求,测温及检查记录,要求字迹清楚、准确、不得乱涂乱画和撕毁。

(9)维修好测温记录表,发现问题及时与仪表工联系进行修复处理。

28.4.2 协调生产作业

(1)了解上道工序的来料情况,组织本班的生产。

(2)要对来料及时进行分析,了解来料的化学组成。

(3)参与和指导本班生产,根据来料的化学组成准确进行配料。

(4)了解下道工序生产情况,协助组织本班力量进行作业。

28.4.3 工艺参数调整

为保证系统的正常运行和产出合格的产品,要及时对工艺参数进行调整。

28.5 产出

放出操作

熔炼炉:

(1)将氧气管插入氧气带约 200mm～300mm,手握紧插入铁管一端的氧气带,手必须离开氧气带头 50mm～100mm,防止回头烧伤。

(2)开氧气使压力约 1kg/cm²～2kg/cm²,在木柴或电极糊上把吹氧管点燃后放到口子上,再用一根粗气管或废氧气管顶到放出口上助燃,烧进 50mm 左右便可加大氧气量,氧气压力的大小能将口子内的氧化亚铁和冰镍吹出为准。

(3)烧口子时,吹氧管应端平、对正、顶紧手腕并作稍稍晃动,增加烧口直径,但严禁烧低或烧偏。

(4)用的氧气管必须干燥。

(5)烧口子放锍前必须根据《衬套的使用及更换制度》认真检查衬套的质量,不符合放锍条件不要勉强放,应及时向班炉提出更换。

放渣操作

与炉前烧口法相同(详见炉前岗位烧口方法),不同之处就是炉后烧口要求氧气压力较高,手腕晃动幅度较大,同时还要插入一根圆钢,以提高烧口温度。

转炉:

(1)当通过火焰、热样断面、荧光分析结果最终确认高镍锍含铁在 2%～4%的范围时,由炉长决定出炉。进行以下操作:

(2)执行放渣操作,将炉内残渣放净。

(3)通知炉长助理做好出炉准备。

(4)炉长进行出炉操作。

(5)通知相关岗位进行停车操作

28.6 停炉检修

28.6.1 停炉作业

为了保证炉窑长时间的安全运行,需要及时进行停炉检修,以便对损坏的部位进行检修或更换。由于检修分炉体检修和辅助系统检修两方面,故停炉也分两种情况。辅助系统检修时,检修炉进行保温作业即可。停炉一般特指炉体及炉衬检修时的停炉

28.6.1.1 组织停炉准备工作

(1)组织人员清理炉底通道及炉底两侧的焙砂、杂物,检查炉基防护墙及炉体四周厂房立柱防护墙,有损坏的及时修补。

(2)炉体周围不允许堆放易燃易爆危险品,停炉时氧气瓶存放于安全处,准备一定数量的灭火器。

(3)停炉前组织人员将炉体四周积水、积油清理干净,杜绝漏水、漏油。

(4)组织人员检查照明,若不够及时添加。

(5)组织人员检查放出溜槽衬套、衬砖,若有问题,及时修补更换。

(6)组织人员准备两套梅花枪、耙子,两个石墨锥头,并制作 100 个以上高质量泥球。

(7)组织人员疏通所有料仓,清理烟道,保证排烟畅通。

(8)组织人员在停炉前对电极系统、供电系统、配加料系统、吊车等进行检查,确保停炉过程中设备运行正常。

28.6.1.2 组织停炉作业

停炉作业包括洗炉和停炉两个过程。无论何种类型的检修,洗、停炉的要求和方法都大致相同。主要是升高低镍锍温度,将渣线以下炉墙黏结洗净,然后自然、缓慢降温,以便于炉内鉴定和打砖、砌砖。

(1)停炉前组织人员按停炉计划进行洗炉作业。

(2)洗炉完后,进行放渣作业。

(3)排渣完后,转入炉前放出,放到炉前不淌为止,随后烧开安全口把炉内熔体放光。

(4)停炉过程中要安排专人严密监视炉体温度和渣温、铜温,以防漏炉。随时测量并记录炉体收缩情况,及时紧炉体拉杆弹簧。

(5)当流体放尽后,通知执行停炉操作,并作好停炉记录。

28.6.2 检修

炉子在停炉后能组织人员进行炉体拆除以及配合进行筑炉和相关设备设施的检修。

28.6.2.1 炉体拆除

(1)停炉后对砖体、钢骨架等进行全面检查,确定炉子的损坏状况。

(2)在确定炉子是大修还是中修后,按要求进行炉体拆除。

(3)若是大修,则拆除所有砖体,包括炉顶、端墙、侧墙、放出口衬砖等,并修复炉体损坏或变形严重的钢骨架,更换或修复烟道,更换或修复循环水系统,全面检修或更新机电设备和仪表。

(4)若是中修,则拆除端墙,测量侧墙砖体腐蚀程度,确定侧墙更换或是挖补,检查炉顶状况,确定炉顶是否更换。局部检修或更换附属设备设施。

(5)炉体拆除时要在炉体四周设置安全警戒线,以防坠物伤人。

(6)炉体拆除后要及时清理炉内砖体、杂物及现场，为筑炉做好准备。

28.6.2.2 配合检修

(1)停炉后要派人看护岗位，以防财物被盗和发生安全事故，看护人员要勤巡查，责任到位。

(2)在筑炉过程中要密切配合修炉施工队伍进行必要的拆除和挖补。

(3)要按要求及时配合安装炉体水冷铜砖等，保证修炉进度。

(4)检修结束后要及时对烟道、料管、返渣溜槽等安装时在炉顶部位的孔洞进行密封。

28.7 安全操作

28.7.1 安全技术操作

28.7.1.1 组织作业现场安全检查

(1)工艺检查：各岗位工艺原始记录，各工艺技术条件和参数的执行情况，炉体运行情况，各岗位落实工艺技术条件情况，各水冷系统状况，排烟系统状况。

(2)设备检查：各岗位设备点检记录，各机电设备运行情况及设备维护润滑情况。

(3)消防检查：检查现场消防设备的准备情况及使用管理情况，各岗位是否存在火险隐患。

(4)水冷系统检查：水冷件使用情况，水流量及回水温度。

(5)安全防护设施检查：检查现场安全防护设施使用管理情况。

(6)环保设备检查：环保风机、环保烟道及其他环保设备使用及运行状况。

28.7.1.2 组织事故分析

事故分析从人的方面、环境的方面、物的方面、管理方法四个方面进行分析，事故分析本着事故原因分析不清不放过，事故责任者和群众没有受到教育不放过，没有制定出防范措施不放过的原则进行。

28.7.2 安全保护及环保

安全环保设施运行状态判定：安全环保设施主要有排烟风机、旋涡收尘器、电收尘器及其附属设施，排烟风机正常运行状态为：风机运行声音无异常，风机本体无抖动，转速正常，无泄漏，全压能达到设计要求，旋涡收尘器正常运行状态为：旋涡收尘器本体无变形、无泄漏、无堵塞现象，电收尘器正常运行状态为：电场电压，电流稳定，无泄漏，无堵塞现象，排烟管道应无堵塞、无泄漏。

相关知识：安全事故分析程序：由安全负责人负责组织相关人员进行分析，找出事故原因并制定预防措施，写出事故分析报告并存档，由有关人员负责执行纠正预防措施，有关技术部门负责检查验证执行情况，杜绝在以后的生产中由于类似原因造成重复性事故。

28.8 设备维护及保养

28.8.1 设备维护

28.8.1.1 拉杆部分

(1)开炉及生产过程中必须保证拉杆完整齐全，拉杆弹簧长度保持在规定范围之内。

(2)生产过程中如果弹簧压死，必须立即调整拉杆螺母。

(3)如果拉杆发生断裂，必须立即更换，防止炉体变形。

(4)经常清理炉顶物料，防止将拉杆埋没。

28.8.1.2 立柱和围板部分

(1)随时检查立柱和围板,立柱和拱脚梁及上下通梁是否紧靠,如果脱离必须查清原因,用相应厚度钢板垫实。

(2)立柱和围板如有损坏,应立即组织力量抢修,恢复正常。

28.8.1.3 炉体部分

(1)必须经常清扫炉顶,防止压塌炉顶。

(2)炉顶如有局部塌落,必须及时用耐热混凝土修补,防止造成大面积塌陷。

(3)必须保证炉体各点的测温仪表工作正常,防止温度过高发生漏炉事故。

(4)随时检查炉体各冷件的运行情况,发现漏水现象及时处理,防止爆炸事故发生。

28.8.1.4 清扫

(1)每班打扫炉子周围卫生。

(2)每星期清扫炉顶卫生一次。

28.8.2 **关键设备的维护保养**

28.8.2.1 水冷系统

各水冷部位设专人每小时检查一次并记录,经常检查水管、胶管及管接头有无渗漏,发现有漏水现象及时汇报处理,炉体及其他系统水温不高于60℃。

28.8.2.2 其他关键设备设施按相关设备设施维护要求执行。

指导设备维护:根据岗位设备结构图,指导有关人员进行设备维护。

28.8.3 **设备点检**

28.8.3.1 炉体

(1)拉杆弹簧:检查拉杆弹簧是否压死、断裂,弹簧长度在控制范围之内。

(2)拉杆:检查炉体拉杆是否变形、断裂,炉顶拉杆是否被杂物埋住。

(3)炉顶:检查炉顶是否有塌陷情况,炉顶加料管、烟道周围是否密封严实,炉顶杂物是否清理干净。

(4)立柱和围板,检查立柱和围板是否紧靠,立柱和围板是否有损坏之处。

(5)炉墙冷却设施:检查炉墙冷却水套及水管、胶管、管接头是否漏水,冷却水温是否在控制范围之内。

(6)熔体放出设施:检查熔体放出设施是否符合有关要求。

28.8.3.2 配加料系统

(1)计量设施:检查配加料系统计量设施是否准确可靠,误差是否在控制范围之内。

(2)料仓:检查料仓是否有损坏现象,是否漏料。

(3)加料阀门及加料管:检查加料阀门是否灵活可靠,加料管是否漏料。

28.8.3.3 排烟系统

(1)烟道及烟道蝶阀:检查烟道是否坚固,有无烧损及漏烟,烟道水套冷却水是否畅通,水套有无漏水现象,冷却水温是否在控制范围之内。

(2)烟道蝶阀:检查烟道蝶阀是否灵活可行,有无损坏现象。

(3)旋涡收尘器:检查旋涡收尘器工作是否正常,有无泄漏及损坏现象。

(4)炉前后排烟设施:检查排烟风机及炉前炉后排烟设施是否工作正常,排烟管道有无泄漏。

(5)刮板排烟装置:检查刮板排烟装置是否工作正常,排烟管道有无积灰堵塞现象,排烟管道有无泄漏。

28.8.3.4 仪表系统

(1)炉体测温装置:检查炉体各部位测温热电偶是否完好,仪表温度显示是否灵敏可靠。

(2)炉体冷却水测温装置:检查炉墙各部位冷却水测温是否完好,仪表温度显示是否灵敏可靠。

(3)炉体测温装置:检查炉体测温装置是否完好,工作是否正常,炉体温度是否准确可靠。

(4)炉膛负压测量装置:检查炉膛负压测量装置是否完好,工作是否正常,仪表温度显示是否灵敏可靠。

设备点检结果处理:根据设备点检结果提出设备检修更换计划

相关知识:设备结构图的有关知识

设备结构总图、设备结构部件图、设备结构零件图中各种符号的表示方法、含义。

28.9 常见故障的判断及处理

对于不同冶金炉所存在的工艺故障和设备故障,在此只对存在共性的系统进行简单介绍,其他具体参见各企业相关故障处理程序。

28.9.1 工艺故障处理

28.9.1.1 跑铜

(1)原因:①冰铜温度过高,压力大,堵不住口造成跑铜。②衬套氧化严重,内孔过大,端面不平,造成堵不住口而跑铜。③准备工作未做好,泥球不符合要求。

(2)预防和处理方法:①冰铜温度高,压力大时,降低负荷,放铜前一定要把准备工作做好,适当提前堵口。②烧口前一定要做好泥球的检查准备工作。③堵不住口时,应通知炉长采取措施,并联系吊车进行配合,以防烧坏厂房内设备,同时组织人员强行堵口。

28.9.1.2 冰铜温度过高或过低

(1)原因:①炉渣温度过高,引起冰铜温度过热。②负荷过高引起冰铜温度过热。③低负荷生产时间过长引起冰铜温度过低。④长时间高渣面生产引起冰铜温度过低。

(2)预防和处理方法:①渣面要按操作规程控制,负荷要稳定,炉体放出冰铜温度低时,可将渣面适当控制低些。②发现冰铜温度过高时,要适当降低负荷,并注意进料,冰铜温度低时要适当提高负荷。

28.9.1.3 炉后跑渣

(1)原因:①渣温、渣面过高,渣口衬套氧化严重,衬套端面不平堵不上口造成跑渣。②准备工作未做好,不能及时堵口造成跑渣。③渣流槽堵死未能及时处理,放渣时使渣流到操作台上造成跑渣。

(2)预防处理方法:①放渣前一定要仔细检查衬套,做好准备工作。②放渣时发现渣温过高,压力太大,应及时通知加料,采取措施。③发生跑渣时应联系采取加料降温,同时组织人员强行堵口,泥球堵口无效时,可采用直径 60mm 圆钢锥头或石墨锥头强行堵口。

28.9.1.4 渣温过高、过低

(1)原因:①炉子进料量少,负荷高,使炉子空烧将渣温升高。②渣温过低,主要是炉温低,进料量过大,炉子翻料等原因造成。

(2)预防和处理方法:①渣温过高时应适当增大进料量,必要时可适当降低负荷。②渣温过低时,应控制进料量,提高负荷。

28.9.2 相关知识

(1)常见工艺故障处理程序:

①发生工艺设备事故,岗位人员立即汇报炉长;

②炉长汇报作业长及生产协调员;

③生产协调员组织有关人员处理；

④如需停电处理，炉长通知控制工执行相关操作程序；

⑤炉长将处理情况做好记录并汇报生产协调员。

(2)水压试验法：

所用各种水冷件在使用前应进行水压试验，以检测水冷件耐压是否达到设计要求，防止在使用中发生漏水故障，试验方法：将水冷件注满水，用水压打压机将水冷件内水压增至技术要求值，按技术要求稳压至规定时间，如水冷件无泄漏则合格，反之为不合格。

第29章　镍冶炼高级工

29.1　开炉

29.1.1　烘炉

系统试车：

系统试车包括软化水系统试车、排烟收尘系统试车、配加料系统试车、仪表系统试车、电器控制部分试车、环保系统试车

软化水系统试车方案

(1)压缩风吹扫及气密性试验

①吹扫前，确认炉体水管、烟道水套、压板水套、铜砖水套等管线及阀门走向和位置符合设计要求。

②用胶管接通压缩风，关闭软化水供水总阀。

③将风管引至供水总管，然后打开风管阀门，使风分别吹入供水总管、烟道水套、压板水套、铜砖水套等进行逐个吹扫，当风压达0.4MPa～0.48MPa稳定后，检查风管至各配水管组的密封状况，给各焊口刷肥皂水，以不冒气泡为合格。

④用此法逐个对各支水管、水套进行吹扫及气密性试验。

(2)通水及水压试验

①总管试水：关闭全部配水管组第一道阀门，打开软化水进水总阀门，检查供水总管的密封情况，尤其是各焊点，若有泄漏点，及时联系关闭进水总阀，并打开配水管组泄水阀，排空后处理。

②支管及烟道、压板等水套试水：打开第一组阀门，再逐个打开水套配水支管小球阀，使每个水套支管通水，检查密封情况，尤其是各焊点，若有泄漏点，及时关闭进水球阀，并打开泄水阀，排空后处理。用此法逐个对所有水管及水套试水，确认挂牌。

③确认系统试水正常后，循环2小时，仪表专业人员负责标定流量计及液位计。

(3)排烟收尘系统试车方案

①按要求调整负荷，以满足炉膛负压要求。

②按预先规定开度慢慢打开电炉蝶阀。

③控制室严密监视负压变化情况，并记录各种条件下的参数。

④收尘部门随时注意电收尘器进出口处温度、负压等仪表显示是否正常，并按生产记录要求每一小时记录一次。

⑤经常检查排烟机的工作状况，按排烟机运行点检卡的要求每半个小时记录一次。

(4)电器控制部分试车

信号系统调试，包括各限位在控制柜上的显示正确。在操作台上分别使用按钮进行调试观察信号和电磁球阀的动作情况是否正确。

(5)配加料系统试车

①电器调试

a. 上料皮带、卷扬提升机，手动、自动控制调试，包括信号、调速控制等。

b. 刮板现场、操作台，两地手动、自动控制调试，包括信号、控制等内容。

调试工作完成后，进行电气连锁控制调试试验。

②机械调试

a. 上料皮带机现场调试。

b. 刮板机及闸阀调试。主要包括刮板机的链条调整、传动系统有无震动、刮板链条有无卡磨、闸板阀的开关灵活度及限位调整。

(6)仪表系统试车

①测温用热电偶试车

用水银温度计检测出热电偶冷端温度，用标准 mV 信号发生器在冷端分别加入 50℃、100℃、150℃、200℃、300℃、400℃、500℃、800℃、1000℃、1200℃、1500℃所对应的 mV 值，观察其仪表所显示温度是否相符。

②电流表、电压表校定

用电流表、电压表连接不同值的带电体，校定其显示是否正确，控制是否灵敏。

③皮带秤的试车

仔细检查各部分接线是否准确可靠，机械部分安装是否符合技术要求。

a. 开启皮带，仔细观察传输皮带运转是否平稳，有无抖动、跑偏现象，若有加以调整。

b. 在确认无料无负荷情况下将其设为初始零点。

c. 置入皮带秤的量程值，开启皮带秤，根据下料时间用台秤对其下料量进行校定。

(7)环保系统试车

①先打开全部系统环保阀门。

②对系统各个用风点、支管和总管进行风量和负压测试。

③模拟正常使用时将用风点部分阀门打开，再进行风量和负压测试。

④测试数据要求准确。

⑤试车过程中要求详细确认各个环保用风点的抽力是否正常。

⑥对其他特殊或专用设备设施的试车按照相关要求进行试车。

29.1.2 烘炉条件判定

(1)是否制定开炉方案

(2)人员是否组织到位

(3)是否对所有设备进行单体试车和联动试车，达到安全正常运转的要求。

(4)是否将炉体拉杆弹簧调整到预紧尺寸。

(5)是否做好炉体各部位原始标志，测量并记录原始尺寸等数据。

(6)是否安装好炉前、炉后放出口压板和衬套，再用黄泥拌焦粉把整个放出口全堵上，然后插入一根直径为 16mm，长为 1.2m 的圆钢。

(7)是否在炉子一侧安装好重油管道。

(8)是否将烟道蝶阀关闭及炉体所有工作门、料管孔、返渣孔等封闭。

(9)炉内卫生清扫，水平、风管清理疏通。

(10)燃油、供风系统设施、压力正常。

(11)环保排烟机正常开启，阀门开关到位。

(12)临时热偶及油枪安装到位，确认正常。

烘炉操作：

烘炉的方式主要分为电炉烘炉和转炉烘炉，在此对这两种方法进行介绍，其他烘炉方式及要求参见各企业的具体开炉方案。

29.1.3 电炉烘炉

29.1.3.1 电阻丝烘炉

(1)安装临时烤炉供电线路及配电设备。

(2)用铁丝制作电阻丝。

(3)在安装电阻丝前将炉底清扫干净,然后在炉底铺上干水渣或石英砂。

(4)电阻丝沿炉子纵向平行地铺设,电阻丝每隔 1.5m 用一块砖隔开,以防短路,电阻丝与角钢用螺丝接连。

(5)在炉顶电极孔插入 3 个热电偶,热电偶插入炉膛 100mm。在炉底装 3 个热电偶检查控制室测温仪表是否准确。

(6)烘炉前,在电阻丝安装完毕后密封炉体,关闭所有烟道蝶阀和料管观察孔及闸门,封闭返渣流槽口。

(7)烘炉期间每小时记录一次温度、电流。

(8)在上述工作完成后,立即按供电计划与技术要求供电。电阻丝烘炉时间为 7～9 天。

29.1.3.2 重油烘炉焙烧电极

(1)架设好重油管道,首先将电极壳插入炉膛,在电极壳上打排气孔,孔间距 300mm。

(2)电极压放要在加好电极糊后进行,防止送电时铜瓦打弧。

(3)电极糊加到铜瓦上缘 0.5 米,焙烧过程中及时添加电极糊,防止电极糊全部熔化形成隔层,造成电极硬断,要保持糊面高度。

(4)打开铜瓦冷却水,电极处于下限位置,按升温曲线升温,焙烧电极需要最高温度 750℃,时间 2～3 天。

(5)重油烘炉焙烧电极时采用炉膛微正压操作。

(6)电极焙烧好的判断方法:炉膛内一段电极呈暗红色,没有流出的电极糊,电极壳上的排气孔火苗短而无力。电极焙烧好后停止烧重油。

29.1.3.3 电弧电阻烘炉

(1)电阻丝烘炉后,拆除电阻丝烘炉时炉内的遗留杂物,继续铺一定厚度的水渣到熔池。

(2)在每根电极下挖坑,每两根电极间挖沟。

(3)在坑沟中铺满焦粉,焦粉中埋入圆钢,连接同相两根电极。

(4)如果有焙烧好的电极,把炉内电极末端小于 Φ600mm 的电极打掉,防止开炉中电极硬断。

(5)变压器采用星型接法,送电引弧。

(6)除炉前、炉后压板外,开启所有电极冷却水,在炉体冷却铜砖温度达到 80℃后送铜砖水。

(7)根据炉子升温情况打开副烟道。送电后两天内保持微正压操作。

(8)送电引弧正常后,砌死工作门,按规定的升温曲线调节负荷大小。

(9)调节炉体拉杆弹簧,保持要求尺寸。

(10)开炉过程中对炉体横向、纵向及炉顶拱高的变化进行测定。

(11)烘烤炉前、炉后溜槽,作好放铜、放渣的各项准备工作。

(12)在烘炉最后一天,视炉膛、炉体各部位温度调整电压级,为正常生产作准备。

(13)待炉前放出熔体后,方可进料转入正常生产。

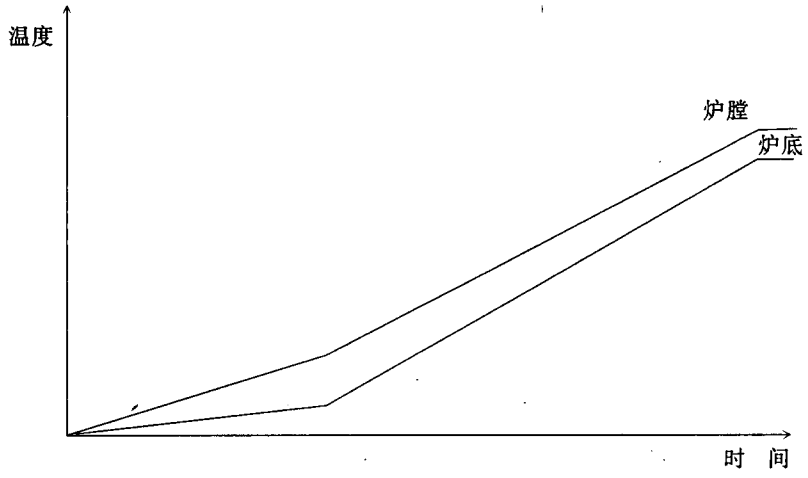


图 29－1 电炉大修烘炉升温曲线

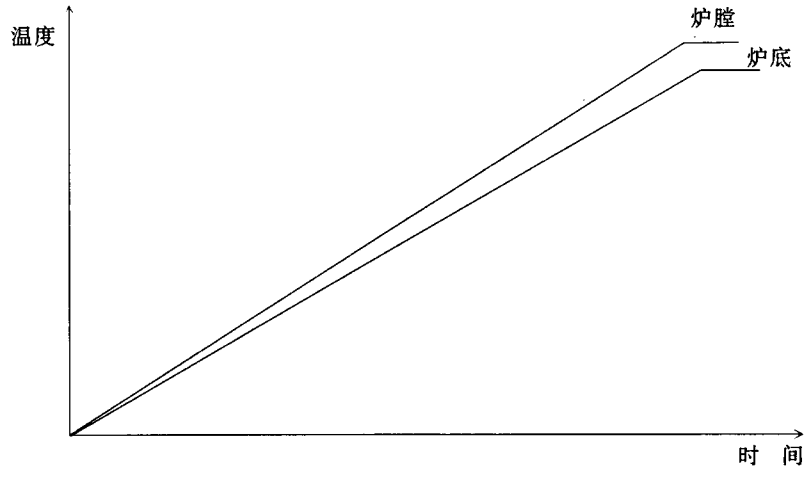


图 29－2 电炉中小修烘炉升温曲线

29.1.4 转炉烘炉

(1)炉衬检修结束 8 小时后进行烘炉。

(2)首先检查重油、雾化风管线是否完好，安装好油枪、热偶。

(3)联系供油、送风。

(4)先用木柴烘烤 2～3 个班，炉内潮气基本挥发排掉、炉膛温度达到重油闪点以上(约 150℃)。

(5)用木柴或棉纱引火，用小油量、小风量进行烘烤。

(6)油枪燃烧稳定之后，根据升温曲线要求和热电偶所测温度，适时调整油量。

(7)采用重油烘炉时间其温度达到 1000℃以上就可以联系要料。

29.1.5 试生产

29.1.5.1 试生产条件判断

(1)各个系统带负荷试车是否正常，若有问题及时解决。

(2)炉前、炉后溜槽是否砌筑安装和烘烤结束，返渣溜槽是否安装就绪。

(3)炉前放出开后液体是否有较好的流动性。

(4)各种工器具是否准备齐全,堵口泥球是否按要求准备好。

(5)操作人员是否经过培训就位。

(6)炉体升温曲线是否达到目标值。

(7)生产前是否把炉体拉杆弹簧调节到规定要求。

(8)炉前、炉后是否安装好高温流体测温热电偶。

29.1.5.2 试生产操作

(1)试生产时要严格按安全技术操作规程进行。

(2)试生产前要检查炉体膨胀状况、炉体温度升温状况、炉膛温度状况,判断是否可以投料生产。

(3)试生产时要派人监护炉体,发现异常及时汇报处理。

(4)生产时要及时加料,避免空烧炉子而损坏砖体。

(5)生产过程中要收集相关数据,为今后正常生产提供依据。

29.1.5.3 指导试生产作业

(1)确认系统是否具备试生产条件。

(2)岗位操作人员经过培训并全部到岗。

(3)电气、仪表控制系统及相关设施正常送电运行。

(4)联系上石英、冷料。

(5)联系余热锅炉上水运行。

(6)联系好软化水泵房供水。

(7)联系开启环保、排烟风机。

(8)通知上、下道工序做好准备。

(9)做好相关设备、设施(如液体吊车、渣包、浇铸坑等)的准备工作。

(10)试生产初期炉温较低,可适当提高吹炼温度。

(11)出现异常现象,立即启动事故预案处理。

29.2 火法冶炼

29.2.1 进料

29.2.1.1 组织配料、进料作业

(1)通过化验分析掌握原料中含多少硫化亚铁和二氧化硅。

(2)通过计算掌握炉渣中硫化亚铁被氧化生成氧化亚铁的量。

(3)通过计算可知需要多少石英与氧化亚铁造渣。

(4)随着熔炼的进行,石英应均匀加入。

(5)炉渣温度较高、渣面温度较低也可组织进料。

29.2.1.2 配料、进料设施判定

(1)检查料仓、下料管、密封闸板等工作正常。

(2)检查定量给料机的皮带、托辊、计量设备工作正常。

(3)检查配料皮带是否跑偏。

(4)检查加料系统信号指示正常,操作可靠。

(5)检查渣包本体及挂渣正常,无烧损情况。

(6)检查液体吊车设备及称量系统正常。

29.2.1.3 物料配比调整

(1)根据炉况、指标、生产任务对物料配比进行调整。

(2)来料的成分发生变化,对配料比进行调整。

(3)根据渣型,对配料比进行调整。

(4)开、停炉时所需渣型比较特殊,对配料比进行调整。

29.2.1.4 原料判定

(1)通过观察,判定原料情况。

(2)通过化验分析,掌握原料含金属和含硫量是多少。

(3)通过化验分析,掌握原料 Fe/SiO_2 是多少。

29.2.2 **冶炼**

29.2.2.1 岗位操作规程

对于不同冶金炉所设立的岗位不同及所使用的设备不同,在此只对存在共性的系统进行简单介绍,其他具体参见各企业相关操作规程。

加料岗位安全技术操作规程:

(1)认真贯彻勤加、少加、均匀加和根据炉况、负荷加的原则。

(2)控制好加料量。

(3)在下列情况下可以局部停止加料,待炉况处理好后恢复正常加料。

①翻料后局部形成结壳,可在结壳的部位覆盖炉料后,停止加料。

②渣温低,炉后放渣困难,可以暂不加料或控制加料以便提高渣温。

炉膛负压的调节和排烟系统的检查:

炉膛负压的大小,可通过蝶形阀的开、闭和调节排烟机的工作电流大小来控制,当抽力不够烟气排不出时,应检查下列各种情况:

(1)排烟机的工作电流是否正常。

(2)排烟机进口风蝶阀、电收尘进口阀是否打开。

(3)旋涡收尘是否正常,停产或检查时所关闭的其他蝶阀是否恢复正常位置。

(4)旋涡收尘器下的烟尘是否装满,放尘器管的锁气器是否关上。

(5)旋涡收尘器以下的烟道是否漏风或堵塞。

渣面和冰铜面的测定:

用一根圆钢,从测渣口迅速插入炉底,约一分钟左右后,迅速拔出来,用标尺进行测量,圆钢上的黏结物较粗的为渣层厚度,较细的为冰铜层厚度。操作时钎子不许碰撞带电物体,操作者必须戴好布手套或皮手套,注意观察黏渣层厚度。

刮板配料岗位全技术操作规程:

(1)开车前必须检查刮板机各润滑点是否缺油,链板是否变形和掉环,密封盖板是否盖好,液压油缸是否漏油,闸门和电振是否被杂物卡住,是否有人在检修设备,一切都正常后,方可开车。

(2)将各开关搬动要求的位置,按顺序开、停车。

(3)正常操作时,所有观察口活动门必须关闭好。

(4)刮板机掉链子、卡链子或坠砣回不去时必须立即停车处理。

(5)发现链条被料卡住,必须停车处理,必须时可倒回链子处理。

(6)配料规程:按照配料比准确配料。

(7)检修时应切断安全开关,操作人员离开岗位时必须切断电源。

(8)刮板停车必须在空负荷下进行,带负荷开车,以防烧电机或堵塞管。

(9)认真检查电炉旋涡收尘器,发现有积灰,应及时放空。

(10)每班必须检查刮板层灭火器是否充足,不足应立即汇报,联系补充足。

(11)维修检查设备必须挂检修牌。

泥球的制作：

(1)从压泥机房取到压好的黄泥。

(2)泥球的大小根据现场需要而定，堵口用的泥球做成锥底直径 120mm，高 140mm 的圆锥体，以压饼不裂为合格。

(3)已合格的泥球，必须放在阴凉潮湿处，并用湿麻布盖上，防止干裂。

(4)泥球的安装，用水湿润泥盘表面，把泥球黏在泥盘上，并将泥球与泥盘互相摩擦几次，使之黏牢，然后用手指沿泥球边缘与泥盘压结实即可使用。

烧口子放铳：

(1)打开排烟机。

(2)将氧气管插入氧气带约 200mm～300mm，手握紧插入铁管一端的氧气带，手必须离开氧气带头 50mm～100mm，防止回头烧伤。

(3)开氧气使压力约 $1kg/cm^2$～$2kg/cm^2$，在木柴或电极糊上把吹氧管点燃后放到口子上，再用一根粗气管或废氧气管顶到放出口上助燃，烧进 50mm 左右便可加大氧气量，氧气压力的大小能将口子内的氧化亚铁和冰镍吹出为准。

(4)烧口子时，吹氧管应端平、对正、顶紧手腕并作稍稍晃动，增加烧口直径，但严禁烧低或烧偏。

(5)所使用的氧气管必须干燥。

(6)烧口子放铳前必须根据《衬套的使用及更换制度》认真检查衬套的质量，不符合放铳条件不要勉强放，应及时向班炉提出更换。

堵口操作：

(1)堵眼机堵口的操作步骤

①堵口前必须将衬套端面的黏结物清理干净，堵眼机上的杂物必须清理干净。

②将装泥球的泥盘装在堵眼机上，要求装得稳、装得正。

③拉下安全挡板。

④堵口时，先将堵眼机的压柄缓慢向下压，当泥球接触衬套后开始迅速而有力地往下压，堵住后再在压柄上挂一重物以防松动。

⑤如果没有堵住，必须立即提压柄，重装泥球，按规程再次堵口，直到堵住为止。

(2)人工堵口的操作步骤

①清理衬套端面黏结物。

②两人并排对站，平端梅花枪和耙子。

③耙子缺口卡在梅花枪上，同时向前移动。

④下枪时泥球尖靠近放出口的上缘，二人同时向前使劲压去，堵住之后稍再等一会儿，待口子冰铜凝结后，取下耙子旋转梅花枪取下，如果没有断流，必须让梅花枪顶住不动，拉开耙子使劲猛推几下，如果堵不住，按程序重新堵口。

放渣的操作步骤：

与炉前烧口法相同(详见炉前岗位烧口方法)不同之处就是炉后烧口要求氧气压力较高，手腕晃动幅度较大，同时还要插入一根圆钢，以提防烧口温度。

人工堵口法：详见炉前人工堵口方法，炉后堵口必须打入长 1.5m 圆钢一根。

冷却水岗位安全技术操作规程：

(1)必须熟悉所属岗位冷却水管路的走向，阀门位置及其用途。

(2)每小时必须检查一次各水冷件通水情况，发现断水时，应立即通知班长及有关人员采取措施，以防烧坏设备并做好记录。

(3)每两小时必须从防爆孔观察一次炉内是否漏水。

(4)检查处理漏水时应注意安全。

(5)如果漏水无法处理,需要关闭阀门时,必须汇报班长,并请示有关人员征得同意后方可关闭,并做好记录,不得随意决定关闭。

(6)水冷件如无特殊情况不得断水,如需断水,必须征得有关部门同意后方可断水,并做好记录。

(7)各水冷件出口温度不超过 60℃,水温过高,水压过低必须要求补充新水。

(8)按各炉子要求,测温及检查记录,要求字迹清楚、准确,不得乱涂乱画和撕毁。

(9)维修好测温记录仪表,发现问题及时与仪表工联系进行修复处理。

29.2.2.2 协调生产作业

(1)了解上道工序的来料情况,组织本班的生产。

(2)要对来料及时进行分析,了解来料的化学组成。

(3)参与和指导本班生产,根据来料的化学组成准确进行配料。

(4)了解下道工序生产情况,协助组织本班力量进行作业。

29.2.2.3 工艺参数调整

为保证系统的正常运行和产出合格的产品,要及时对工艺参数进行调整。

29.2.3 产出

29.2.3.1 产品放出操作

熔炼炉放出操作:

(1)将氧气管插入氧气带约 200mm～300mm,手握紧插入铁管一端的氧气带,手必须离开氧气带头 50mm～100mm,防止回头烧伤。

(2)开氧气使压力约为 1kg/cm²～2kg/cm²,在木柴或电极糊上把吹氧管点燃后放到口子上,再用一根粗气管或废氧气管顶到放出口上助燃,烧进 50mm 左右便可加大氧气量,氧气压力的大小能将口子内的氧化亚铁和冰镍吹出为准。

(3)烧口子时,吹氧管应端平、对正、顶紧手腕并作稍稍晃动,增加烧口直径,但严禁烧低或烧偏。

(4)用的氧气管必须干燥。

(5)烧口子放锍前必须根据《衬套的使用及更换制度》认真检查衬套的质量,不符合放锍条件不要勉强放,应及时向班炉提出更换。

熔炼炉放渣操作:

与炉前烧口法相同(详见炉前岗位烧口方法),不同之处就是炉后烧口要求氧气压力较高,手腕晃动幅度较大,同时还要插入一根圆钢,以提防烧口温度。

转炉:

(1)当通过火焰、热样断面、荧光分析结果最终确认高镍锍含铁在 2%～4%的范围时,由炉长决定出炉。

(2)执行放渣操作,将炉内残渣放净。

(3)通知炉长助理做好出炉准备。

(4)炉长进行出炉操作。

(5)通知相关岗位进行停车操作

29.3 停炉检修

29.3.1 停炉作业

为了保证炉窑长时间的安全运行,需要及时进行停炉检修,以便对损坏的部位进行检修或更换。由于检修分炉体检修和辅助系统检修两方面,故停炉也分两种情况。辅助系统检修时,检修炉进行保温作业即可。停炉一般特指炉体及炉衬检修时的停炉

29.3.1.1 组织停炉准备工作

(1)组织人员清理炉底通道及炉底两侧的焙砂、杂物，检查炉基防护墙及炉体四周厂房立柱防护墙，有损坏的及时修补。

(2)炉体周围不允许堆放易燃易爆危险品，停炉时氧气瓶存放于安全处，准备一定数量的灭火器。

(3)停炉前组织人员将炉体四周积水、积油清理干净，杜绝漏水、漏油。

(4)组织人员检查照明，若不够及时添加。

(5)组织人员检查放出溜槽衬套、衬砖，若有问题，及时修补更换。

(6)组织人员准备两套梅花枪、耙子，两个石墨锥头，并制作100个以上高质量泥球。

(7)组织人员疏通所有料仓，清理烟道，保证排烟畅通。

(8)组织人员在停炉前对电极系统、供电系统、配加料系统、吊车等进行检查，确保停炉过程中设备运行正常。

29.3.1.2 组织停炉作业

停炉作业包括洗炉和停炉两个过程。无论何种类型的检修，洗、停炉的要求和方法都大致相同。主要是升高低镍锍温度，将渣线以下炉墙黏结洗净，然后自然、缓慢降温，以便于炉内鉴定和打砖、砌砖。

(1)停炉前组织人员按停炉计划进行洗炉作业。

(2)洗炉完后，进行放渣作业。

(3)排渣完后，转入炉前放出，放到炉前不淌为止，随后烧开安全口把炉内熔体放光。

(4)停炉过程中要安排专人严密监视炉体温度和渣温、铜温，以防漏炉。随时测量并记录炉体收缩情况，及时拉紧炉体拉杆弹簧。

(5)当流体放尽后，通知执行停炉操作，并做好停炉记录。

29.3.2 **检修**

炉子在停炉后能组织人员进行炉体拆除以及配合进行筑炉和相关设备设施的检修。

29.3.2.1 炉体拆除

(1)停炉后对砖体、钢骨架等进行全面检查，确定炉子的损坏状况。

(2)在确定炉子是大修还是中修后，按要求进行炉体拆除。

(3)若是大修，则拆除所有砖体，包括炉顶、端墙、侧墙、放出口衬砖等，并修复炉体损坏或变形严重的钢骨架，更换或修复烟道，更换或修复循环水系统，全面检修或更新机电设备和仪表。

(4)若是中修，则拆除端墙，测量侧墙砖体腐蚀程度，确定侧墙更换或是挖补，检查炉顶状况，确定炉顶是否更换。局部检修或更换附属设备设施。

(5)炉体拆除时要在炉体四周设置安全警戒线，以防坠物伤人。

(6)炉体拆除后要及时清理炉内砖体、杂物及现场，为筑炉作好准备。

29.3.2.2 配合检修

(1)停炉后要派人看护岗位，以防财物被盗和发生安全事故，看护人员要勤巡查，责任到位。

(2)在筑炉过程中要密切配合修炉施工队伍进行必要的拆除和挖补。

(3)要按要求及时配合安装炉体水冷铜砖等，保证修炉进度。

(4)检修结束后要及时对烟道、料管、返渣溜槽等安装时在炉顶部位的孔洞进行密封。

29.4 安全操作

29.4.1 **安全技术操作**

29.4.1.1 组织作业现场安全检查

(1)工艺检查:各岗位工艺原始记录,各工艺技术条件和参数的执行情况,炉体运行情况,各岗位落实工艺技术条件情况,各水冷系统状况,排烟系统状况。

(2)设备检查:各岗位设备点检记录,各机电设备运行情况及设备维护润滑情况。

(3)消防检查:检查现场消防设备的准备情况及使用管理情况,各岗位是否存在火险隐患。

(4)水冷系统检查:水冷件使用情况,水流量及回水温度。

(5)安全防护设施检查:检查现场安全防护设施使用管理情况。

(6)环保设备检查:环保风机、环保烟道及其他环保设备使用及运行状况。

(7)组织事故分析。

事故分析从人的方面、环境的方面、物的方面、管理方法四个方面进行分析,事故分析本着事故原因分析不清不放过,事故责任者和群众没有受到教育不放过,没有制定出防范措施不放过的原则进行。

29.4.2 安全保护及环保

安全环保设施运行状态判定:安全环保设施主要有排烟风机、旋涡收尘器、电收尘器及其附属设施;排烟风机正常运行状态为:风机运行声音无异常,风机本体无抖动,转速正常,无泄漏,全压能达到设计要求;旋涡收尘器正常运行状态为:旋涡收尘器本体无变形、无泄漏、无堵塞现象;电收尘器正常运行状态为:电场电压、电流稳定,无泄漏、无堵塞现象,排烟管道应无堵塞、无泄漏。

相关知识:安全事故分析程序:由安全负责人负责组织相关人员进行分析,找出事故原因并制定预防措施,写出事故分析报告并存档,由有关人员负责执行纠正预防措施,有关技术部门负责检查验证执行情况,杜绝在以后的生产中由于类似原因造成重复性事故。

29.5 设备维护及保养

29.5.1 设备维护

29.5.1.1 拉杆部分

(1)开炉及生产过程中必须保证拉杆完整齐全,拉杆弹簧长度保持在规定范围之内。

(2)生产过程中如果弹簧压死,必须立即调整拉杆螺母。

(3)如果拉杆发生断裂,必须立即更换,防止炉体变形。

(4)经常清理炉顶物料,防止将拉杆埋没。

29.5.1.2 立柱和围板部分

(1)随时检查立柱和围板,立柱和拱脚梁及上下通梁是否紧靠,如果脱离必须查清原因,用相应厚度钢板垫实。

(2)立柱和围板如有损坏,应立即组织力量抢修,恢复正常。

29.5.1.3 炉体部分

(1)必须经常清扫炉顶,防止压塌炉顶。

(2)炉顶如有局部塌落,必须及时用耐热混凝土修补,防止造成大面积塌陷。

(3)必须保证炉体各点的测温仪表工作正常,防止温度过高发生漏炉事故。

(4)随时检查炉体各冷件的运行情况,发现漏水现象及时处理,防止爆炸事故发生。

29.5.1.4 清扫

(1)每班打扫炉子周围卫生。

(2)每星期清扫炉顶卫生一次。

29.5.2 关键设备的维护保养

29.5.2.1 水冷系统

各水冷部位设专人每小时检查一次并记录，经常检查水管、胶管及管接头有无渗漏，发现有漏水现象及时汇报处理，炉体及其他系统水温不高于60℃。

29.5.2.2 其他关键设备设施按相关设备设施维护要求执行。

指导设备维护：根据岗位设备结构图，指导有关人员进行设备维护。

29.5.3 设备点检

29.5.3.1 炉体

(1)拉杆弹簧：检查拉杆弹簧是否压死、断裂，弹簧长度在控制范围之内。

(2)拉杆：检查炉体拉杆是否变形、断裂，炉顶拉杆是否被杂物埋住。

(3)炉顶：检查炉顶是否有塌陷情况，炉顶加料管、烟道周围是否密封严实，炉顶杂物是否清理干净。

(4)立柱和围板，检查立柱和围板是否紧靠，立柱和围板是否有损坏之处。

(5)炉墙冷却设施：检查炉墙冷却水套及水管、胶管、管接头是否漏水、冷却水温是否在在控制范围之内。

(6)熔体放出设施：检查熔体放出设施是否符合有关要求。

29.5.3.2 配加料系统

(1)计量设施：检查配加料系统计量设施是否准确可靠，误差是否在控制范围之内。

(2)料仓：检查料仓是否有损坏现象，是否漏料。

(3)加料阀门及加料管：检查加料阀门是否灵活可靠，加料管是否漏料。

29.5.3.3 排烟系统

(1)烟道及烟道蝶阀：检查烟道是否坚固，有无烧损及漏烟，烟道水套冷却水是否畅通，水套有无漏水现象，冷却水温是否在控制范围之内。

(2)烟道蝶阀：检查烟道蝶阀是否灵活可行，有无损坏现象。

(3)旋涡收尘器：检查旋涡收尘器工作是否正常，有无泄漏及损坏现象。

(4)炉前后排烟设施：检查排烟风机及炉前炉后排烟设施是否工作正常，排烟管道有无泄漏。

(5)刮板排烟装置：检查刮板排烟装置是否工作正常，排烟管道有无积灰堵塞现象，排烟管道有无泄漏。

29.5.3.4 仪表系统

(1)炉体测温装置：检查炉体各部位测温热电偶是否完好，仪表温度显示是否灵敏可靠。

(2)炉体冷却水测温装置：检查炉墙各部位冷却水测温是否完好，仪表温度显示是否灵敏可靠。

(3)炉体测温装置：检查炉体测温装置是否完好，工作是否正常，炉体温度是否准确可靠。

(4)炉膛负压测量装置：检查炉膛负压测量装置是否完好，工作是否正常，仪表温度显示是否灵敏可靠。

设备点检结果处理：根据设备点检结果提出设备检修更换计划

相关知识：设备结构图的有关知识。设备结构总图、设备结构部件图、设备结构零件图中各种符号的表示方法、含义。

29.6 常见故障的判断及处理

对于不同冶金炉所存在的工艺故障和设备故障，在此只对存在共性的系统进行简单介绍，其他具

体参见各企业相关故障处理程序。

29.6.1 工艺故障处理

29.6.1.1 跑铜

原因:(1)冰铜温度过高,压力大,堵不住口造成跑铜。(2)衬套氧化严重,内孔过大,端面不平,造成堵不口而跑铜。(3)准备工作未做好,泥球不符合要求。

预防和处理方法:(1)冰铜温度高,压力大时,降低负荷,放铜前一定要把准备工作做好,适当提前堵口。(2)烧口前一定要做好泥球的检查准备工作。(3)堵不住口时,应通知炉长采取措施,并联系吊车进行配合,以防烧坏厂房内设备,同时组织人员强行堵口。

29.6.1.2 冰铜温度过高或过低

原因:(1)炉渣温度过高,引起冰铜温度过热。(2)负荷过高引起冰铜温度过热。(3)低负荷生产时间过长引起冰铜过低。(4)长时间高渣面生产引起冰铜温度过低。

预防和处理方法:(1)渣面要按操作规程控制,负荷要稳定,炉体放出冰铜温度低时,可将渣面适当控制低些。(2)发现冰铜温度过高时,要适当降低负荷,并注意进料,冰铜温度低时要适当提高负荷。

29.6.1.3 炉后跑渣

原因:(1)渣温、渣面过高,渣口衬套氧化严重,衬套端面不平堵不上口造成跑渣。(2)准备工作未做好,不能及时堵口造成跑渣。(3)渣流槽堵死未能及时处理,放渣时使渣流到操作台上造成跑渣。

预防处理方法:(1)放渣前一定要仔细检查衬套,做好准备工作。(2)放渣时发现渣温过高,压力太大,应及时通知加料,采取措施。(3)发生跑渣时应联系采取加料降温,同时组织人员强行堵口,泥球堵口无效时,可采用直径 60mm 圆钢锥头或石墨锥头强行堵口。

29.6.1.4 渣温过高、过低

原因:(1)炉子进料量少,负荷高,使炉子空烧将渣温升高。(2)渣温过低,主要是炉温低,进料量过大,炉子翻料等原因造成。

预防和处理方法:(1)渣温过高时应适当增大进料量,必要时可适当降低负荷。(2)渣温过低时,应控制进料量,提高负荷。

29.6.2 设备故障处理

相关知识:

29.6.2.1 常见工艺故障处理程序

(1)发生工艺设备事故岗位人员立即汇报炉长。(2)炉长汇报作业长及生产协调员。(3)生产协调员组织有关人员处理。(4)如需停电处理,炉长通知控制工执行相关操作程序。(5)炉长将处理情况记录做好记录并汇报生产协调员。

29.6.2.2 水压试验法

所用各种水冷件在使用前应进行水压试验,以检测水冷件耐压是否达到设计要求,防止在使用中发生漏水故障,试验方法:将水冷件注满水,用水压打压机将水冷件内水压增至技术要求值,按技术要求稳压至规定时间,如水冷件无泄漏则合格,反之为不合格。

第30章　铅冶炼高级工

30.1　停炉检修

炉体拆除安装作业的技术要点：

(1)局部拆除原则

当炉子要进行检修时，根据检修的内容和级别决定拆除的水套以腾出空间进行炉缸的检修工作，以尽量少拆除水套为原则以减轻检修的工作量。

(2)安全工作原则

当炉体拆除、上下层出现交叉作业时，必须在中间架设防护层，比如拆除烟罩体水套时对炉子进料口进行封闭以保护下层作业者，当高空作业或使用吊车卷扬时必须专人指挥，专人看守，以保证施工安全为原则。

(3)顺序工作原则

对炉体进行拆除安装时必须按照施工网络图顺序进行作业，拆除水套以先上层后逐步下推的原则。若只拆除下一层时，必须对上一层水套进行加固处理后才能进行，绝对不能随意而行。安装以先拆后装、后拆先装的顺序进行。

(4)时间进度原则

对每一道作业工序要预先做好计划准备、工具准备，从而保证施工的进度。对于整体检修而言，时间节点的安排则要求相互施工，充分利用时间、空间、工具等，不互相干扰。

(5)质量控制原则

在炉体检修时必须按照施工作业顺序的安排紧密跟踪质量，必须在上一道施工按质量标准验收后方能进入下一道施工。这样才能保证施工按质、按时、按量完成。

(6)成本费用控制原则

在炉体检修过程中，要时刻监控成本费用的状况，在保证生产正常的前提下，努力降低一切费用，保证施工费用不超过估计规划范围。

(7)故障统计和改进原则

针对生产过程中经常出现的故障点进行统计分析，找出故障原因及对策，从而在检修中加以相应的改进措施，从而保证设备在后续生产中的正常运行。

30.2　设备维修与保养

30.2.1　设备点检

30.2.1.1　故障统计与分析

故障分析是指为了确认和鉴定潜在故障与实际故障，为探索故障发生的原因与机理、判断故障发生的概率与故障后果，为研究故障预防对策而对设备(或系统)进行逻辑分析与系统调查的技术活动与管理活动。

(1)故障的分类

故障可以按发生时间分成渐发性故障和突出性故障，按发生部位可分为功能故障和参数故障，按事故的表现可分为实际故障和潜在故障，按事故发生的后果又可分为允许故障和不允许故障。

(2)故障分析方法

①顺向分析法：亦称为归纳法，它是从原因系统（故障机理的输入事件）出发，摸索功能联系，调查原因对结果（上位层次）的影响的分析法，故障模式影响与严重度分析法（FMECA）是顺向分析法的代表。

②逆向分析法：亦称为演绎法，它是从上层次位发生的故障出发，向下层次的事故原因进行分割的分析法，PM 分析法和故障树分析法（FTA）是逆向分析法的代表。

30.2.2 提出设备整改建议

通过对故障的统计分析，找出故障发生的规律原因后，点检员可以提出设备改进方案建议，通过技改或选择一些更好的设备来避免许多故障的发生，从而更好地服务于生产。

30.2.2.1 设备技术改造的原则

设备的技术改造要遵循针对性、适用性、可能性和经济性的原则。

（1）从实际出发，结合生产工艺要求，针对生产中的薄弱环节，采用不同的新技术决定哪些设备进行技术改造。

（2）采用的技术要先适用，不能盲目追求高指标，更不能为改造而改造。

（3）制订技术改造方案时，采用的新技术一定要有充分把握。

（4）要有实实在在的经济效益。

30.2.2.2 工业炉窑技术改造方向

（1）优化设计、改进炉型结构。

（2）采用新型耐火保温材料改进炉衬。

（3）采用先进的燃烧装置和燃烧技术。

（4）采用微机控制炉窑的运行。

30.2.2.3 设备选型的基本知识

（1）设备选型的一般原则

设备选型的一般原则：生产上适用，技术上先进，经济上合理。

（2）设备选型应考虑的问题

设备选型应考虑的问题：设备的生产效率；设备的工作精度要能稳定地满足生产工艺和产品设计的要求；设备的可靠性、适应性和维修性、标准化程度；企业设备的相互关联性和成套性；操作工人的要求和人机工程；设备投资的技术经济效果；制造厂的产品质量；交货期价格、性能；厂家信誉和售后服务；劳动保护；技术安全与环保要求；必须符合国家的政策、法律、法规。

（3）设备选型的步骤

设备选型（包括确定生产厂家）要注意调查研究，采取“三次选择”的方法，即预选、细选、选择。

30.2.3 设备的维护保养

鼓风炉基本由以下几部分组成：

（1）炉缸：基本采用反拱形炉缸，由钢壳和耐火材料内衬捣筑而成。

（2）炉窑：大部分采用全水套水冷式结构，包括风口汽化水套、炉身二层水套、护板水套等。

（3）炉顶：采用水套水冷式结构，包括烟罩体所有水套。

（4）烟道：有水套水冷式烟道和耐火砖衬式烟道两种。

30.3 常见故障的判断与处理

（1）鼓风炉常见故障及其预防

常见故障：由于金属软管损坏导致水管漏水；水套烧坏导致炉内进水，风口冒气或流水；由于阀门

不动作或水路堵塞而导致水套不出水；连接活动水套的皮管损坏导致漏水；水质的变化导致水套形成大量水垢或损坏；水套疲劳损耗导致损坏无法使用，千斤顶损坏或松动导致水套错位、移位。

预防措施：经常检查水套的供水情况，保证水套不缺水、不断水；及时更换损坏的金属软管及皮管；经常检查水箱内水质情况，发现异常及时更换新水。经常检查千斤顶的状况，发现异常及时更换和检修，用水压试验法对新装水套做水压试验，保证不漏水、不渗水、不冒气；控制炉况随炉内温度状况调整水套的给水量。

(2)电热前床常见故障及其预防

常见故障：由于水套缺水导致水套烧裂或炸裂；由于砌墙体腐蚀严重导致穿墙、穿底；放渣放铅溜槽洗穿；液面过高烧坏拱脚梁，卷扬故障导致炭黏极不动作；变压器送电不上。

预防措施：经常检查液面状况，严格按操作规程及时放渣放铅，保证液面不超标；经常检查供水阀门及水路；保证水套不缺水、不断水；经常检查测定炉壳规定点的温度变化情况，做好前床温度变化曲线图，从而检测砌墙体的腐蚀状况，对应作出工艺调整；经常检查溜槽的保护；经常检查调整注意炭黏极插入溶池的深度，保证炭黏极电流的平衡；经常检查卷扬状况，发现问题汇报机电人员处理好。

(3)给水泵的常见故障及其预防

常见故障：由于水箱内无水使水泵干吸导致泵烧坏；填料磨损导致水泄漏；止回阀损坏导致另外一台备用泵反转损坏；管路堵塞导致水压流量不足；电机烧坏导致水泵开不启。

预防措施：严格按水泵类操作规程开车，经常检查管路、阀门及水箱内情况，及时补充新水。

(4)进料中进料小车常见故障及预防

常见故障：炉门缺水而烘烤变形；电液推杆不同步导致车门打不开；啃轨或轨道变形导致小车掉轨；电气问题导致开不启。

预防措施：操作工在进料之前须确认车门水套的供水状况；保证不缺水；检查轨道的障碍物，保证小车运行的畅通；先不带料作试车检查确认状况良好时方可生产，从而避免造成生产被动。

(5)罗茨鼓风机常见故障及预防

常见故障：叶轮由于间隙不均匀或键松动导致碰撞；润滑不好导致异响；叶轮不平衡或黏在一起导致风机振动剧烈；管路泄漏或叶轮间隙过大导致供风量不足；操作顺序失误导致鼓风机爆炸。

预防措施：严格按设备操作规程操作，定期加油润滑并清理灰尘；经常检查管路发现泄漏及时处理。

第31章　锌冶炼TD炉高级工

31.1　锌冶金TD炉开炉

31.1.1　TD炉的烘炉

(1)系统试车状态判定

系统进行试车过程中，能够判定出是否运转正常，如不正常，判定出问题所在，如炉体问题，设备问题，生产问题等。并提出解决办法。

(2)烘炉条件判定

系统经试车后，确认无问题的条件下，开始进行烘炉。判定是否具备烘炉条件，首先看炉体运转是否正常，高温水泥干燥时间是否达到（一般要求在24小时以上），耐火砖干燥时间是否达到（一般3天～4天）。其次看加料部分和排渣部分是否运转正常，铸锭机运转是否正常。

(3)烘炉操作

用煤气烘炉，首先，按煤气点火顺序开始点火升温（煤气点火顺序，先明火，再开煤气）。第二、严格按升温计划进行升温。第三、在烘炉升温过程中，因某种原因产生温度下降，若时间在30分钟内的可直接恢复原态，时间长可根据具体情况按曲线错后一段时间，即升温速度不变，时间延长。第四、升温过程中，若发现灭火，引风机开15分钟～20分钟之后，炉内可燃气体抽净后，按煤气点火顺序重新点火。第五、引风机出现问题不能正常运转时，立即关死煤气。各部位保持密封，闷炉，保持炉温下降。

(4)开炉作业

经烘炉后，温度达到生产要求，开始组织开炉。首先使炉体正常运转，加料装置、排料装置正常运转。其次，把备好的料往炉内均匀连续加入，加入30分钟后开始排料。

31.1.2　试生产

TD炉生产比较简单，只是一个镕化的物理过程，开炉后就进入生产状态，无需调试。

31.2　火法冶炼

31.2.1　进料

(1)组织配料、进料作业

TD炉加入的物料为锌渣子、锌兰粉、锌粉，要求粒度不要过大，否则加不进去，一般直径不超过5厘米。配入的比例不限，有条件粗细均匀加入为好。生产过程中，要求均匀连续地进料，均匀连续地排料，加料速度为1.5吨/小时，排料速度为1.2吨/小时，每加入2小时～3小时，停止加料，只排料，约为45分钟。之后，放锌铸锭。每班加2次～3次。

(2)原料判定

确定好原料能否加入炉内，用外观观察和质量分析的方法，确定料的水分、粒度、含锌多少等质量。

31.2.2 冶炼

31.2.2.1 协调生产作业

(1)系统停电掉闸操作：

当煤气压力为0Pa～50Pa，排风机停车，即为停电掉闸。

首先与调度室接通好电话，听调度指挥。

①立即关死煤气燃烧嘴、煤气阀门和空气阀门。

②插上排风机进口挡板，按停车电钮。

③TD炉体、燃烧筒进出口密封，闷炉。

(2)来电后操作：

①先开排风机，运转正常后逐步拉开进口挡板，调整负压大小。

②再开煤气，按点火顺序重新点火。

③按TD炉开车程序进行开车。

(3)灭火操作：

①发现燃烧筒灭火，立即关死煤气。

②开大负压和送风量，使燃烧筒内及炉内煤气排除。

③10分钟～15分钟后，再恢复正常的负压和送风量。

④按点火顺序重新点火，调整好火焰和煤气大小。

(4)生产操作：

①在保证生产工艺的前提下，正确、合理的操作，对生产起着至关重要的作用，我们在操作中实行“三勤一稳”的操作法：

“三勤”：

a. 指勤观察、观察燃烧嘴火焰，每5分钟～10分钟一次，及时调整火焰长短，白亮合适为宜。

b. 勤联系：掌握下料量、出渣量以及炉内料的受热程度。

c. 勤调整：根据以上情况及时调整煤气、空气、抽力以提高热效率，降低煤耗，提高产出率。

一稳，指稳定燃烧筒入口、出口温度，减少波动，波动范围在20℃左右。

②特殊操作：如何向TD炉内加块料。

a. 把炉全侧面装料口移至正上方停止，用吊车吊走密封盖。

b. 使装料口回转，移动到规定位置45°位置，切断总开关，挂牌，制动炉体。

c. 每次加块料时间为10分钟，当装入一定量块料时，将炉体稍许移动，把大块料弄平。

d. 装料结束后，把装料口返回正上方，盖好密封盖。

e. 用黄泥抹缝，干燥后按正常程序开车。

(5)试生产条件判定标准：

①工艺参数达到生产要求，主要指燃烧筒温度指标，煤气压力指标及风机压力指标。

②设备试运行是否正常，主要指风机、加料器、振动筛、铸锭机、吊车、布袋收尘等设备。

(6)主要计算公式：

$$\text{直产率}=\text{TD锌量}/\text{物料锌量}\times 100\%$$

31.2.2.2 工艺参数确

TD炉冶炼过程是一个物理过程，物料中的明锌即能保证熔化，又要保证锌不能气化，所以，利用锌的熔点(420℃)和沸点(907℃)，炉温控制在熔点和沸点之间，在保证生产能力和直产率的要求下，温度越高越好。炉内禁止进入空气，否则锌会被氧化，其化学反应式为：

$$2Zn+O_2=2ZnO$$

物料要干燥，锌同样会被H_2O氧化，其化学反应式为：

$$Zn+H_2O=ZnO+H_2$$

产生的氢气与氧气还会产生爆炸现象。

炉内的物料与产出的液态锌分上下两层，上层为物料，下层为液态锌。要保证炉体不断地转动，同时还要加入的物料适中，不能太多，锌与物料才能得到分离，定期放出。

31.2.3 产品产出

产出的 TD 炉，经电子秤计量后，入库保存好，定期付出。定期分析原料、产品的化学成分，性质。

31.3 停炉检修

炉体运行到一定时间后，炉内结疙疤多，料加不进去，产量下降，或设备运转不正常，影响产量，进行停炉检修。

31.3.1 停炉作业

停炉的准备工作：

停炉前停止加料，先放出炉内的 TD 锌，再放出炉内的渣料，制定降温计划，按降温计划组织降温。

31.3.2 检修

小修时，温度降至常温后，处理好炉内的疙疤，同时处理好局部的砖体和高温水泥。大修时，不考虑耐火砖的急冷急热性，锌和料放净后，关死煤气和引风机、送风机。打开炉门，自然降温。降至常温后，开始扒炉。

31.3.3 安全操作

安全技术操作：

掌握好各岗位、各工种安全技术操作规程，组织好作业现场的安全检查工作。组织好事故的分析工作。安全事故做到三不放过：事故隐患没有整改不放过；事故人没有受到教育不放过；事故原因分析不清不放过。

煤气的安全技术操作：

煤气是一种无色、无味、有毒、易燃易爆的气体，在一定条件下，与空气混合容易发生爆炸，其爆炸极限为：CO 含量在 12.5%～75%。着火点为 650℃，主要成分有 CO、H_2、H_2O、N_2 和少量的有机气体(CnHm)。

煤气的安全操作规程：

(1)煤气作业必须两人以上。

(2)煤气操作必须正压进行。

(3)煤气操作必须站在上风，不准正面对着扫除口。

(4)煤气管道在任何情况下，要保持正压，经煤气分厂调解无效时，应及时通知值班调度，采取关小煤气挡板，保持管道内正压。

(5)煤气进口必须抹严，不漏，防止因煤气量减小时进入空气发生爆炸。

(6)水封煤气漏斗，水压要求大于煤气压力的三倍。

(7)煤气点火顺序，将明火源放在煤气出口后，再开煤气闸门，当煤气点燃后，再把火源撤掉。

(8)升温期间，停电掉闸立即关死煤气，停热风机。来电后，开预热风机，抽 10 分钟～20 分钟后，再按点火顺序重新点火。

(9)升温期间,停止一切作业。

(10)处理煤气时,关死煤气大闸,完毕后必须按点火顺序重新点火。往炉内送煤气。

(11)当煤气管道检修时,必须要断绝煤气来源,通入蒸汽,吹散管道内的CO,经分析CO<2%,O_2>20.9%时方可点火。

第 32 章　锌冶炼竖罐蒸馏高级工

32.1　开炉

开炉升温温度达到 950℃以上时换用生产煤气，通常称换大煤气。换大煤气的具体操作：

(1)换生产煤气

①经煤气道内送蒸气，赶走煤气道内的空气。

②打掉煤气拉砖。打时要从第四个煤气下眼开始打，以免打掉的拉砖砸坏测温套和电偶。

③关小预热煤气。

④在煤气进口扫除口放火把点燃，开大煤气闸门，当煤气着火后，使废气赶走煤气道的空气，封闭进口门，逐步开大煤气。

⑤生产煤气过来后，关死预热煤气，拆掉中、底部煤气管，根据温度情况开关煤气大小。

(2)通废支

①拉开废支插板。

②拆掉预热抽力管道，停预热风机。

③装好蝶形挡板，根据温度调节蝶形。

换大煤气时温度波动小于 50℃，通废支温度波动小于 30℃。当燃烧室温度达到 1260℃时按计划组织加焦炭，即开炉加料前的底料，加焦时间保持 24 小时，焦炭加满后，移加料斗通大砣盘水，排出送底风，正常加料，加入两斗料以后，一冷器加锌，导能冷凝器，投入正常生产。

32.2　火法冶炼

32.2.1　煤气、空气和废气三者之间的关系

煤气的作用是燃烧室燃烧后为竖罐提供足够的热量；空气则是帮助煤气完全燃烧；废气由煤气燃烧产生，后又用来预热冷煤气和空气。所以，煤气、空气、废气三者是紧密联系的。生产中习惯把它们的关系说成是：煤气保废气，废气保空气，空气保燃烧室温度。煤气保废气是说煤气充分燃烧，有足够的废气量及废气温度；废气保空气则是指废气温度高，则空气温度也高，保证煤气很好燃烧，从而保证了燃烧室温度。

32.2.2　竖罐裂漏的原因

竖罐是由炭黏化硅砖砌筑的。在生产过程中承受着高温下的热应力，砖自重压力和炉料的侧压力，还受着摩擦和腐蚀作用。生产实践证明，温度急剧变化和罐内压力波动是造成罐体裂漏的主要原因。

罐壁的裂漏多发生在激烈热交换的罐体上中部。裂纹有沿砖缝横向的，也有沿炉体纵向的，裂度达 1mm～5mm，个别漏损成孔洞状，直径达 10mm～20mm。正常情况下，开炉 105 天～180 天后出现罐体裂漏现象。

检查罐漏的方法是：打开燃烧室前操作门，减少或停止供应煤气，(有时也可停止送风)，如观察到有发亮的绿色，当换热室废气浑浊不清，将钎子插入不久拿出，发现钎子上有白色灰尘(ZnO 尘)，说明炉子有裂漏现象。

32.2.3 罐体的侵蚀

竖罐在高温下经受各种应力以及气相产物和各种金属氧化物的氧化及造渣侵蚀，是产生裂漏的主要原因，炭黏化硅和筑炉质量也直接影响罐体破损。竖罐的侵蚀从其纵断面看是下部严重，从横断面看是在前、后罐头两端。罐体的侵蚀主要包括以下几个方面

(1)金属氧化物

炉料中某些金属氧化物，如 CuO 能对炭黏化硅起氧化作用：

$$2CuO+SiC=SiO_2+2Cu+C$$

该反应在 800 度时即已开始，使罐壁受到侵蚀。此外，三氧化二铁对炭黏化硅有氧化造渣作用：

$$2Fe_2O_3+SiC=4FeO+SiO_2+C$$

(2)卤族化合物

当团矿中存在各种卤族化合物时，与炭黏化硅发生下列反应：

$$SiC+4MeCl+5CO_2=SiCl_4+4MeO+6CO$$

因 $SiCl_4$ 沸点低，受热挥发后使 SiC 砖表面剥离，并暴露出新鲜表面，使反应得以持续进行。

(3)氧气

下延部送风过大时，过剩的氧气与炭黏化硅反应：

$$SiC+O_2=SiO_2+C$$

造成罐体的腐蚀，故必须合理控制送风量。另处下延部采用水套和砖套相间的结构，并合理送风。因为在全水套结构时，由下延部送入空气中的氧不能与炭黏反应完全，上升到罐内则使炭黏化硅砖氧化。上部局部使用砖套后则克服了上述缺陷。

32.2.4 调整工与扫除工，调整工与补炉工以及补炉工与扫除工之间的配合

(1)调整工与扫除工配合：调整工应及时准确地判断换热室、空气道堵塞位置和程度，通知扫除工处理。扫除工应尽快处理，消除堵塞，保证热工调整顺利进行。

(2) 调整工与补炉工配合：调整工应及时发现炉子裂漏情况，并通知补炉工。在补炉时调整工要关小煤气，或根据需要开抽力。补炉工在补炉时要做到快、准、好、省：快——补炉运动作要快，时间越短越好，以减少炉体温度波动；准——补炉位置找准，既省时间又省灰量；好——补炉质量要好；省——用灰量要少。

(3)补炉工与扫除工的配合：补炉和扫除操作不应同时在同一座炉子上进行。因为补炉和扫除都要往燃烧室和换热室内吹入压缩空气，而且打开炉门多，易造成炉外喷火伤人。

32.2.5 相关知识

(1)耐火材料按耐火度如何分类

通常把耐火度不低于 1580 度的材料称为耐火材料。按耐火度分，耐火材料可分为三类：

普通耐火制品　耐火度为 1580～1770 度

高级耐火制品　耐火度为 1770～2000 度

特级耐火制品　耐火度为 2000 度以上

(2)什么叫耐火材料的耐火度

耐火材料在高温下抵抗熔化性能称为耐火度。各种材料的耐火度是通过科学试验方法测定的。

(3)什么叫耐火制品的热稳定性

耐火制品的热稳定性即通常所说的耐急冷急热性或抗热震性，它是指耐火材料抵抗温度急剧波动而不被破坏的性能。

热稳定性的测试方法：将耐火制品一端在 850 度环境中加热 40 分钟，然后将其置于流动的冷水

中(10度～20度)或空气中冷却3分钟。再次如此法加热、冷却,直至耐火制品破坏为止,记下加热和冷却的次数,即为该耐火制品的热稳定性,单位是"次"。将所测数值与标准要求对照,即可判断该耐火制品的热稳定性是否合格。

32.3 停炉检修

竖罐蒸馏炉炉体寿命一般为3～5年。罐体寿命较短,处于下限,当竖罐或燃烧室换热系统一出现故障不能继续生产或技术指标严重下降时,即需停炉检修。

停炉作业首先停止加料。继续按正常情况进行排料。可适度增加下部送风量。当料柱下降至脱离上延部后停止送风,并可适当加快排料速度。停止加料数小时后开始降温。降温采用先减煤气再挡空气道,最后关抽力的方法。

中修蒸馏炉。由于换热室需再利用应力求避免急速降温,所以炉体拆除要避免燃烧室、换热室的损坏。如果燃烧室损坏严重,可根据损坏程度,损坏部位的大小,是否可采取修补措施,如果无法修补,只能将矽砖部分全部拆除,该判定需要工厂设备部、炉体砌筑单位的共同判定。如果换热室损坏严重无法修补,只能改为大修。炉体拆除过程中应注意搞好安全确认,避免安全事故。大、中修蒸馏炉应检查炉带松紧程度,停炉时,放松炉带,检修应对煤气进口、空气道及罐基硅套处铁活进行检修。

32.4 蒸馏炉及其主要附属设备和性能

(1)竖罐Z110－12型蒸馏炉是一个具有狭长矩形断面的高大炭黏化硅构筑体,包括罐本体、上延部、下延部。

①罐本体与罐基

罐本体是指炉料通过炭黏化硅罐壁外部燃烧室吸热完成蒸馏反应的部分,组成罐体的四壁由一对罐头和两面侧壁组合而成,罐体内部尺寸长×宽×高＝5074mm×290mm×10900mm,侧壁厚114mm。罐体底部至砌筑根深称为罐基,它承受罐体全部重量,故基础部分较大,壁厚较一般侧壁增加一倍(230mm),罐基高度占罐总高的8%左右。

罐本体的砌筑材料由高导热性SiC砖砌筑,筑炉砌料是小于80目的SiC灰,加入适量的结合性黏土,用水玻璃调和而成。罐基柜梁材质为大型高铝块压,并用高强度磷酸盐泥浆砌筑。

②上延部

上延部系由小燃烧室和保温套组成。正接于罐本体上口,顶部与加料口相连,前侧接通冷凝器。其作用是使炉料与高温炉气进行热交换,并有脱铅和滤尘的效能。炉气出口经倾斜与冷凝器相连。因冷凝器与炉体不在同一个基础上,更兼受热与膨胀程度不同,冷凝器在高度方向上的延伸远小于罐体,所以倾斜部与上延部嵌接处与罐体结构类似,必须采取砂封式的活动接头,使之留有伸缩的余地。在主燃烧室的顶部环绕罐体四周,设置一个与主燃烧室相连通的空隙,构成小燃烧室,罐壁为炭黏化硅砖砌筑。小燃烧室宽度一般在240mm以上,为防止火焰通过,两端各有一砖墙隔开。小燃烧室侧墙内砌轻质黏土硅,外加硅藻土保温砖。其温度是借助主燃烧室的辐射热,以及自然对流的作用保持的。此外,有时由于燃烧室上部煤气过剩,向小燃烧室内送一定量空气,也可使其温度提高,一般可达950℃以上,罐体与上延部温度减小之后,可使炉瘤的生成速度变慢,从而延长悬矿周期。

③下延部

正接于罐基下面,由连接部、硅套及水套组成,其内部结构尺寸与罐基下部完全一致,其底部与水封和排矿机相连,下延部的作用,除迅速冷却蒸馏炉渣外,还是下部送风进口通道。为防止锌蒸气在底部冷凝,以及强化罐内蒸馏的扩散过程,下延部送入的空气,应转化为CO,以减少O_2对罐体下部炭黏化硅的侵蚀。下延部顶端采用硅套保温,内由耐火黏土砌筑,外边由硅藻土保温。最底层为钢板

保护套，硅套高度一般在 1.8 米～2.4 米之间。

(2)燃烧室

燃烧室是供给竖罐反应所需热量的燃烧供热装置，燃烧室对称配置在罐体两侧，其长、高与罐本体尺寸。受热罐壁与燃烧室侧墙宽度为 350mm～450mm，为保证 100 多平方米热区温度均匀稳定，在燃烧室顶盖的下面各装有一条横向煤气道，其底部有 8 个煤气下眼，把煤气垂直引入燃烧室空间燃烧。在燃烧室两侧墙上的一定高度设置一条空气总道(与二层空气道相连和 3～7 层空气分道，横向空气总道设于空气总道上层，其他在下面，并都有支道与空气竖井相通。在支道入口有调整挡板，用以调节进入的空气量，每层空气道都有 7～8 个空气孔，空气孔洞进入燃烧室与煤气混合燃烧室边墙与罐壁间有炭黏化硅板制的顶砖，交错分设如梅花形横跨燃烧室空间将罐壁顶住，其主要作用是防止罐壁受罐内团矿的侧压力而产生罐壁向外侧倾斜，并使燃烧气体形成涡流，有利于防止局部高温。

(3)换热室

换热室是燃烧室的辅助机构，两者紧密相连，其作用主要是利用燃烧废气的余热来预热空气和煤气，使之达到一定温度后进入燃烧室燃烧，以进一步提高炉温和热效率。

(4)冷凝器

冷凝器位于上延部端侧，与斜角为 30°～40°的倾斜部相连，基础砌筑在厂房楼板上的“I”字型钢梁上面，习惯上把冷凝器分两段。一段冷凝器内，炉气迅速释放热能，降低温度，使锌蒸气迅速冷凝为液体锌。含尘和含锌密度很低的烟气，进入第二段冷凝器(实质为洗涤器)内进行洗涤收尘，同时提供输送烟气的抽力，以罐内压力进行控制。

32.5 常见故障的判断及处理

32.5.1 炉瘤(悬矿)的成因及控制

炉瘤又称炉结(工厂习惯称为悬矿)，是目前生产条件下尚不能完全避免的现象。生成炉瘤的主要部位是在罐体与上延部的接头处。从开炉起由小到大逐渐形成。一般开炉后 90 天～120 天即发生卡矿现象，严重时被迫停炉。

炉瘤主要成分是金属锌和氧化锌。炉瘤的形成是由于进入上延部炉气温度降低，锌蒸气发生再氧化所致。锌蒸气再氧化的反应是：

$$Zn(气)+CO_2=ZnO+CO$$

新生成的氧化锌黏附在罐壁上，加之上延部分回流锌与矿尘形成混合物的渐次沉积，最终形成炉瘤(悬矿)。炉瘤硬度较大，约为 5～6(莫式)，层次分明，含锌总量为 73%～79%。呈氧化物存在的锌为 38%～90%，吸附的部位不同成分略有不同。愈接近罐本体处，金属锌含量愈低，而氧化锌量则愈高。试验发现，炉瘤生成速度与温度变化梯度存在一致关系。控制上延部温度变化可控制炉瘤的生长。生产实践中采取在上延部设小燃烧室延缓炉瘤形成，使处理炉瘤周期由 60 天～80 天延长至 120 天～170 天。

32.5.2 炉瘤的处理方法

炉瘤形成以后，使得上延部逐渐变窄，以致罐的后部罐头处积满氧化锌和残留的团矿，造成下料困难。一般在 2～3 个月内生于炉顶部加料口一侧，用铁钎打掉上部积存物（俗称打卡矿），使加料得以顺利进行。当炉瘤严重影响炉料顺行，则停炉处理。有两种方法：一种是降低料柱，打掉炉结后砌筑上延部和冷凝器，继续加料生产。这种方法的特点是有利于罐体维护，锌损失小。但打炉结操作困难，处理时间长。特别是在罐中、下部炉料有时黏结，当有积铁脱落造成托料（拉棚）时

也必须排空才能处理。另一种方法是排空炉料处理。特点是操作方便，处理时间大为缩短，不产生拉棚。但排空后对罐体寿命存影响，锌损失增大。目前国内处理炉瘤的基本步骤是：停止加料，以高档速度间断排料（间隔频率是排 10 分钟停 10 分钟）：停风、停止排料、取出转子：冷凝器放锌，关闭冷凝器废气挡板：关水，揭开一水封：停风停止排料后；燃烧室以每小时 10℃～15℃速度降温，放锌后控制在 1220±20℃；当料柱基本降至罐本体上部时，罐内加入干燥的冷焦炭覆盖锌蒸气，降低上升气流温度；移开加料口，同时分别拆除上延部、冷凝器和倾斜部；以高挡速度连续排空炉料，用工具打下悬矿；砌筑上延部和冷凝器，重新升温开炉；升温速度每小时 20℃；燃烧室温度达 1350℃时按正常开炉方法进行。

第 33 章　热镀锌配料高级工

掌握锌或锌基合金的分类牌号，化学成分标准，表示符号及其用途，熟练地处理本工序的一般事故，根据所掌握知识分析事故的原因，提出纠正方案，制定预防措施。执行好开、停、烘炉制度和日常生产中炉体的维护保养。

33.1　开炉

(1)烘炉操作：用木柴在混锌炉底部燃烧进行烘烤，烘烤 72 小时。

(2)开炉作业：

①按计划升温，先烘炉到 150℃再用煤气升温。

②升温过程中如果温度超标，可恒温，不应用降温的方法达到指标。

③加料前检查炉体各部分不堵不漏，外部无挂锌，扫除口封严，锌包子处理干净，包轮灵活好用，推车及磅秤无损坏。

④加料后炉膛温度控制在 550℃～620℃。

⑤加完料清理好现场卫生，工具存放整齐，通知配料工准备配料。

33.2　火法冶炼

33.2.1　组织配料

(1)根据炉内料量，按用户标准利用公式计算出各种物料所需加入量。

(2)先加铝，后加锑，再加铅。

(3)加铝前必须确认铝锭干燥，不潮湿，方可加入。

(4)锑砸成小碎块再加入，然后加铅，关好炉门，待物料熔化后，启动转子搅拌 25 分钟以上。

(5)取样送化验分析，试样合格通知铸锭工铸锭，否则重新配料直到试样合格为止。

33.2.2　冶炼

33.2.2.1　协调生产作业

(1)煤气掉闸时热镀锌工如何操作：

①煤压＞200 帕时，可开大煤气、关小抽力、保持炉温，来煤气后调到正常。

②煤压＜200 帕时，应立即关死煤气和抽力，保持炉温，来煤气后先给明火，后给煤气，并调整抽力，使温度逐渐恢复正常。

③如果掉闸时间较长，应在锌液面处用木柴燃烧保温。

(2)降低混锌炉锌渣：

①控制温度在标不超高。②备完料应及时扒渣。③配完料后搅拌适当，时间不宜过长。④加强炉子密封，减少冷空气进入。⑤送样后停止搅拌。

33.2.2.2　工艺条件

(1)混锌炉炉膛锌液温度指标：550℃～600℃。

(2)配料搅拌时间：25 分钟以上。

(3)铸锭保温时间:3～4 小时。

(4)化废锌炉锌液温度指标:550℃～600℃。

33.2.3 设备维护

开吊车的注意事项:

(1)不准吊超过额定负荷的物件。

(2)不得同时用两个电葫芦按相反方向运动的控制按钮操作。

(3)吊运物体时,物体底部必须离地面 0.5m,操作者在重物后 2 米以外行走,重物下方不应走人。

(4)吊运物体时,必须做到稳起稳落。在提升操作前,钢丝绳不得过分松弛,避免重物突然提离地面。

(5)当吊钩放到最低位时,卷筒上的钢丝绳最小保留 3 圈以上。

(6)物体翻转时,不许大于 5°的斜拉斜吊。

(7)同一轨道上有两台以上的吊车运行时,两车必须相距 5 米以上。

(8)吊车运行时,重物下方不应走人。

(9)电动葫芦不能进行撞击运动,不得作为重锤使用,也不得作为拖拉工具用。

(10)运行必须遵守"十不吊"准则:

①吊物上站人或浮放物不吊。

②超负荷不吊。

③信号不清不吊。

④易燃易爆不吊。

⑤设备带病或吊物直接加工不吊。

⑥钢丝绳不合格不吊。

⑦埋在地下不吊。

⑧液体金属过满不吊。

⑨歪拉斜吊有锐角刃角未垫好不吊。

⑩违章指挥不吊。

⑪吊车工作时,不允许将吊物长时间悬于空中。

33.3 故障判断及处理

(1)工艺故障处理

热镀锌含铁高原因及处理方法:

原因:(1)原料含铁高。(2)出锌或锌包子露铁。(3)误操作将铁质工具掉入炉内或包子内。(4)没按要求化锌,将高铁物带入炉内。

处理:(1)过锌时与有关人员联系,了解原料成分。(2)使用锌包子前确认是否露铁,如露铁及时处理。(3)严格按照操作程序,使用工具前要确认工具完好,否则不得使用。(4)严格按规定要求化锌,避免质量事故发生。

试样分析铝不在标的原因及处理:

①如偏高量小,往混锌炉内加固体原料,偏高太多时,加一定量的液体锌。

②如偏低,则根据配料比适当加铝。

(2)设备故障处理

①钢丝绳卡死

②抱闸失灵

③不走车
④电机杂声
⑤钢丝绳断
⑥吊钩沾锌不灵
处理：a. 使用吊车前先检查钢丝绳吊钩是否断裂，有无沾锌，方可开车。
b. 出现①②③④种情况请专业人员进行检修。

第34章　锌竖罐蒸馏冷凝系统高级工

34.1　开炉

34.1.1　烘炉

(1)烘炉条件:对冷凝系统烘炉前,重点检查以下部位

①倾斜部咽喉部尺寸及砌筑质量。

②水平部、及方箱尺寸与距离及砖缝大小,方箱上下部尺寸与畅通。

③一冷器底高铝砖缝大小及石墨隔墙高度尺寸。

④转子压盘倾斜度是否在46°～48°。

⑤一冷器及倾斜部的角钢护架是否符合规格,牢固性如何。

⑥一冷器外墙整体护板是否变形,间隙大于15mm要进行检修。

(2)试车是否正常

①转子电机启动1分钟,观察有无异常响声。

②校对转子电机槽轮与转子槽轮是否平衡。

③检查排矿辊电机:楼上咬快转,检查电机有无异常响声,减速箱油标是否符合高度。

④检查搅龙电机声音是否异常,减速箱油是否在指标范围内,各种伞齿轮是否润滑,螺旋转子是否平衡,螺旋叶片是否牢固或缺损。

⑤排出挡板开启是否灵活,挡板固定支架的牢固性如何,及角度是否符合标准。

所有转动设备检查完毕后要连续开动2小时以上。

(3)检查一冷器升温过程可按升温计划表。

34.1.2　加焦

当燃烧室温度达到1300℃时按计划组织加焦炭,即开炉加料前的底料,加焦时间保持24小时,焦炭加满后,移加料斗通大砣盘水,排出送底风,正常加料,加入两斗料以后,一冷器加锌,导通冷凝器,投入正常生产。

34.1.3　试生产

(1)判定是否具备试生产条件

(2)检查监督正常进行试生产操作

(3)能指导进行试生产作业,在试生产过程中如果出现罐口压力大直管温度高下料不均等现象要及时查找原因指导二冷工、一冷工、加料工处理。

34.1.4　进料

加入蒸馏炉焦结矿的质量标准:

抗压力:自热≥40MPa;废热≥45MPa

焦结矿抛高度:2米3次不碎

焦结矿物表:不乌不烧,完整无碎块

34.2 冶炼

34.2.1 下延部送风

下延部送风是一项强化生产过程的措施，主要作用是强制炉气向上流动，有利于蒸馏过程锌蒸气从团矿表面迅速扩散，使氧化锌还原反应继续进行，降低渣含锌。但送风也同时带来不利影响，它可以冲淡炉气，使冷凝效率降低，蒸铁含铅增加。为此，送风量的选择的控制，除与竖罐结构和生产能力有关外，还需考虑对冷凝效率的影响，一般均小于 $1.2m^3$/分。生产中通常以出口压力和排出压力的显示数来控制炉压，罐口压力可控制 50MPa～150MPa，出压力则为 200MPa～300MPa，罐内压力和送风效果，可以从开停风的压力差(送风压差)来检查，压差过小，说明空气送入量小，或中下部罐漏严重，空气进入燃烧室短路；压差过大说明送风量过多，一般保持在 80MPa～150MPa。罐漏时，罐口压力保持在 0MPa～50MPa，送风压差为 30MPa～80MPa。

34.2.2 冷凝操作对蒸锌质量的影响

冷凝与加排料操作共同协作配合，控制系统压力均衡是控制铅铁等杂质的重要手段，尤其是测定罐内压差是掌握罐内气流运动的可靠依据，因此根据风差合理送风、稳定的高料性、充分发挥上延部作用是降低蒸锌含杂质的重要途径。直管温度及出锌前提温温度增高，使锌粉中富集铁又重新进入锌液，会使蒸锌含铁增高，因此要及时扒除锌粉。随时掌握转子头磨损情况，使锌液与炉气进行正常的热交换。另外，降低原料含铁，提高团矿的完整率，降低焦结返粉，使碎面少进入罐内，增加团矿的吸附作用，也能有效提高蒸锌质量。

34.2.3 根据生产情况变化调整工艺参数

(1)锌蒸气浓度与冷凝效率的关系

锌蒸气浓度与很多因素有关，如原料品位、还原剂性质、蒸馏炉温度及下延部送风等，而影响较大的主要为后者。一般来说，送风量增加，炉气被冲淡，锌蒸气浓度下降，冷凝效率降低，锌蒸气浓度一般为 30%～38%。而罐内一氧化炭黏的浓度是判定还原气氛的主要依据，因为罐内需要过饱和的一氧化炭黏，使锌蒸气不易被氧化，罐内氧化还原反应得以顺利进行。如果送风量增加，那么二氧化炭黏和氧就要增加，一氧化炭黏含量就要下降，锌蒸气浓度就会降低，因此罐内废气成分中一氧化炭黏成分要保持在 65%～75%之间，CO_2 浓度要小于 1.8%，O_2 浓度要小于 0.8%。

(2)稳定加排料操作

罐口温度一般控制在 780℃～810℃，由于加料是间断进行的，罐口温度也是周期性变化而且波动较大，此外，排料操作掌握不好使下料不够稳定，也会使单位时间内炉气进入冷凝器不均，当冷凝能力一定时，效率也将降低，所以生产上在加料前 20 分钟降低排料频率，来料后调整排料频率，使锌蒸气浓度尽快平衡。

(3)合理控制提温温度和提温时间

冷凝室温度主要受炉气温度与锌液温度所控制。实践表明，锌液温度会使冷凝效率降低，一般控制在 430℃～530℃之间。但考虑在出锌时造成锌包子凝结，出锌前要提高 50℃～60℃，提温时间几乎占全天冶炼时间的 1/5，使兰粉大量增加，超过正常状态的三倍以上，因此，工艺上严格控制提温温度，要求直管温度控制在 470℃以下。

(4)保持最佳锌液面波动范围，保证转子的扬锌量。转子扬锌量增加可以提高冷凝效率，一般来说，扬锌量愈大，冷凝效率越高，这种关系是在锌雨封闭炉气的角度和飞溅锌雨的总表面积一定的前

提下建立的。因此倾斜式转子最佳角度比理论值(按抛物线 45°)高,一般为 46°～48°。此外影响扬锌量的主要因素是锌液面高度和转子工作状态。最佳埋入深度应该确定在锌液浸入转子叶片中心线稍下的地方。然而由于冷凝的连续进行和间断出锌,转子埋入锌液的浓度随时间变化也为一变量,使得扬锌量不断变化。最佳锌液面的区间是很小的,因此,每次出锌量要求不能超过 40 毫米锌液面。

(5)合理控制冷凝系统的各点压力

冷凝系统的压力主要由二冷凝器控制。二冷凝器是按水喷射泵原理输送净化烟气回收兰粉和二次能源。为克服系统压力,产生足够的输送压头,保证罐口压力在 50MPa～120MPa(在扫除和处理故障时还提出负压)。要求供水压力达 0.8MPa～1.2MPa,以利于压力调整,冷凝系统各点压力控制。

当罐漏时,罐口压力应保持 0Pa～50Pa。

34.2.4 蒸锌质量的判定

冷凝蒸锌是否合格,主要化验蒸锌含铁量,蒸锌含铁要求不能超过 0.165%。判断蒸锌含铁高低除用化验分析的方法,也可以用初步观察分析的方法:看锌槽内锌液外表,一般来说,蒸锌含铁超高时,锌液表面有褐色或黑色的表皮,当锌液温度低时,锌槽底部有黏稠状沉淀物,含铁在 2%～3%之间,这种蒸锌不能直接运往精馏,会使精馏塔炭黏化硅材料严重腐蚀,必须捞出,送入罐内,重新蒸馏。

34.3 停炉检修

停炉的技术规程:

(1)停止加料 2 小时后,蒸馏炉以每小时 20℃速度降温,加料工每二十分钟活动一次料面,二冷工根据锌液温度情况指导一冷和加料操作。

(2)冷凝停炉计划:大中修停炉计划

月　　日第一班:

接班后,16 点停止加料,加料斗用铁板盖上,防止加错料。加料工每二十分钟活动一次料面,防止悬料。二冷工根据锌液温度情况,指导加料、增牙或减牙;一冷工将冷却水管涮净,提出放在边墙上,交班料面 3.5 米钎子能摸着。

月　　日第二班:

接班后,0:00 开始排料,(看锌液温度情况,下冷却水管)。排料期间,送风 100,转子正常运转,看锌液面高度随时出锌。2:30 分,扎死废气、走放散口。3:00 排料结束,通知二冷工停风、停牙,工段组织人员放锌。南北放锌结束后,一冷工将南北转子拔出来,加料工将大砣盘水管解开。

以后事项按温度组中修停炉处理。

加料工增牙或减牙,一冷工将冷却水管涮净,提出放在边墙上。当蒸馏炉燃烧室温度降到 1150℃时,料面用 3 米钎子能摸到之后蒸馏炉以每小时 25℃速度降温,加料工开始排料,排料时间不少于 3 个小时。

当直管温度降到 400℃以下时,工段组织放锌,同时扎死废气、走放散口。

(3)停炉检修

停炉检修的内容包括拆除上延部扒一冷器,扫除二冷器的二水封、三水封、斜管、大直管、水喷射机过道等,要检查各部分是否牢固,腐蚀开焊,要逐项进行检修或更换。

34.4 设备维护及保养

34.4.1 转子冷凝器的维护规程

(1)技术性能规格

转头 ℄340－350×260mm/mm

转子轴 ℄150×(540－600)mm/mm

材质：石墨、抗压力＞160kg/cm²

转子转数 380～420 转/分

电机 JO_2－62－6　　13KW

(2)运行参数：

各轴承温度不超过 70℃，电机温度不超 80℃

(3)设备润滑：

每半小时检查一次转子轴承和电动机轴承是否缺油

(4)巡回检查：

各部螺栓是否松动，皮带是否打滑或皮带轮是否松动。每小时检查一次。

轴承盒和转子头是否活动和断裂，有无异常声音，每半小时检查一次。

电动机声音是否正常，电机电流是否在规定值，开关箱声音是否正常，每半小时检查一次电动葫芦。

常见的故障与排除方法：

故障现象	原因	处理方法
转子响及松动	轴承缺油，螺栓松动	加油调修
电机响、振动	电扇活动，轴承缺油，螺栓松动	调修加油
电动机电流大	负荷过大，锌液面高，转子轴承缺油	降低锌液面，注油
石墨轴断	负荷过大，锌液面过高，有杂物	更换石墨，捞净杂物

34.4.2 电动葫芦的维护规程

(1)运行参数

各轴承温度不超过 70℃，电机温度不超 80℃。

(2)巡点检

①日检：宏观检查电动葫芦的几个关键部位，包括吊钩状况、钢丝绳的缠绕状况、制动器的制动状况及轨道接地状况(接地电阻＜4Ω 等)。

②周检：完成日检内容，并检查限位开关动作的灵敏可靠性、控制按钮的完整性及各机构运转状况。

③月检：完成周检内容。半年检：完成月检内容，并检查电动机对地绝缘程序，小车轮与工字梁下边缘的间隙及调整垫，吊钩组与走轮组的润滑。

(3)常见的故障与排除方法

故　障	产　生　原　因	解　决　措　施
钢丝绳卡死	斜吊提升时物件摇晃钢丝绳骑	慢开反车，下面用人拉出钢绳
行走不走	主动轮对转道压力不够	调整重理检修
不提升	按钮或提升齿轮坏，花键轴断	检修
抱不住	抱闸失灵	调整抱闸
下滑距离太小	抱闸过紧	调整抱闸
钢绳断	吊物过重，过卷扬钢绳断股	换新钢绳
壳体憋坏	过卷扬失灵，安全卡口	检修

34.4.3 洗涤机的维护

(1)润滑：

加油点名称	润滑方式	加油点数量	用油名称	加换油时间		加油量
电动机轴承	油盒	2	钠基脂	加油三个月	换油六个月	油盒 2/3
洗涤机轴瓦	油圈	2	40#机器油	每班两次	一个月	油标 2/3

(2)洗涤机巡点检：

检查部位	检查内容	检查方法
润滑部分	1. 电机轴承是否到加油时间。 2. 轴承内是否有油，油量是否够用，油圈是否带油是否跳动。 3. 油质是否良好。	1. 看加油记录 2. 半小时检查一次轴承是否发热 3 检查油质情况是否有杂质
机械部分	1. 轴承是否振动，各地脚螺栓是否松动，轴承螺栓或压盘螺栓是否松动，声音是否正常。 2. 对轮螺栓是否有响声，护套是否磨损，压力是否正常。	1. 加强检查与观察，半小时检查一次 2 由运转工检查，半小时检查一次

(3)定期检查：

检查部分	检查内容	检查周期	执行人
机械部分	1. 检查轴承叶轮磨损情况。 2. 轴承间隙调修。 3. 水管是否漏水。 4. 强化器(水喷头)是否损坏。	一年 一个月 三个月 六个月	钳工 钳工 水道工 水道工
电气部分	1. 电动机轴承。 2. 测定绝缘程度。 3. 电磁开关检查。	六个月 一年 六个月	电钳工 电工 电工

34.4.4 螺旋输送机的维护

(1)运转参数：

各轴承温度不超过 55 度。

电机(电减)温升不超过 65 度。

减速机温度不超过 50 度。

(2)设备润滑：

加油点	轴承	减速箱	伞齿轮	齿轮
油质	钙基	齿轮油	废机油	废机油
油量	2/3 空腔	油标	适量	适量
加油时间	每班一次	三个月	每班一次	每班一次
润滑方式	油壶	注油	浇注	浇注

③检查：

检查部位	检查内容
伞齿轮	咬合是否正常，是否有油，振动磨损情况
减速机	声音是否正常，油量是否够，是否漏油，是否振动
螺栓	是否有松动现象
前后瓦	是否有尖叫声，发热，缺油，过度磨损现象是否有串动现象
螺旋芯子壳	是否弯曲及中间部分磨损过多现象，是否过度腐蚀，磨损等现象

34.4.5 相关知识

润滑剂的主要作用是什么？

(1)润滑作用：减少摩擦防止磨损。

(2)冷却作用：在循环中将摩擦热带走，降低温度，防止烧伤。

(3)洗涤作用：从摩擦面上洗净污秽金属粉粒等异物。

(4)密封作用：防止水分和其他杂物侵入。

(5)防锈防蚀：使金属表面与空气隔离，防止氧化。

(6)减震卸荷：对往复运动机构有减震缓冲，降低噪音的作用，压力润滑系统有使设备启动时卸荷和减少启动力短的作用。

(7)传道动力：在液压系统中，油是动力传递介质。

第35章　氧化锌高级工

35.1　开炉

35.1.1　烘焙升温

新砌筑的精馏塔和氧化炉都要经过烘焙升温，达到操作指标后进行加料生产。

(1)开炉前的准确工作

主要检查供水、供电、供气设备是否良好，管路是否畅通，阀门开关是否灵活好使，各种机械运输设备进行试车，检查各种控制仪表的测量范围、灵敏度、准确性是否满足生产要求。检查各岗位措施是否齐全可靠，炉体、清扫、出闭崩各部位，需要保湿、补刷的SC灰的部位不保温、补刷，编制升温计划。

(2)灶塔盘、燃烧室、换热定和氧化炉

准备工作就绪后，就开始对系统各部位进行烘烤升温，其目的主要是除去耐火材料中的水分，稳定耐火材料性能，达到不裂不漏，操作顺序如下：在精馏炉下面后侧建煤炉，将煤燃烧产生的废气干燥塔盘。然后，废气从塔顶冒出，烘塔升温必须烘干，在100℃以下时，升温速度每小时5℃，大于200℃时，升温速度可以为每小时5℃～10℃，200℃以下采用煤和木柴，200℃以上时只用煤，严禁使用煤气。在烘烤塔盘的同时，对新建的燃烧室和换热室也要进行烘炉，操作方法与塔盘类似，后用燃气为煤气。

(3)燃烧室升温

燃烧室升温过程中，在600℃以下时，升温速度为每小时5℃，在600℃以上时，升温速度为10℃。燃烧室温度900℃时用小煤气升温，900℃以上时用预热净化煤气即大煤气升温，即煤气和空气经换热室后，再进入燃烧室燃烧。

以煤气点火升温，将燃烧室的最终温度作为燃烧室升温的起始温度，点火操作如下：在煤气总道后引入煤气管嘴，燃烧室各层空气道全关，将升温煤气管道内空气赶净，供其锌<2%。在煤气总道后侧升温口外设一个平台，用油布点燃平台上的木柴，稳定着火3～5分钟后给煤气，同时，轻手全部开启煤气和抽力拉砖，将废气引入燃烧室，煤气压力一般保持在700Pa～800Pa。升温时，650℃以下要保持木材明火，使木柴和煤气混合燃烧，要经常抹缝，堵漏，防止煤气过大，否则容易发生煤气放炮。燃烧室上下部温度和换热室入口温度各呈一条直线(在温度仪表上可以观察到)，左右温差小于5℃，上下温差小于60℃。

大煤气升温，当燃烧室温度在900℃～980℃之间，换热室进口温度大于500℃，换热室出口度总温度大于350℃，就可以换到大煤气，操作如下：换大煤气之前先准备好工具和材料，执行机构齿轮脱出试车，操作时，稍开煤气拉砖，煤气拉砖开150mm左右。在煤气闸门方箱扫除口插入燃着的油布，从木柴开关两侧的扫除口加木柴，稳定燃烧约5～10分钟，将塔内空气赶净，然后可开煤气闸门送煤气，待煤气稳定燃烧后撤出火把和木柴，清扫珍重口封闭抹严。煤气闸门通常先开3～4圈即可，同时减少小煤气，在确定大煤气稳定燃烧后，迅速关闭小煤气。封闭煤气总道升温口，换大煤气燃烧室温度波动小于30小时内将燃烧室上下左右温度调成一条线，换热室入口温度(即直升墙温度)也需调成一条线。升温过程中，左右空气拉砖，煤气拉砖和煤气拉砖开关要均匀，燃烧气上下温度都达到1100℃～1200℃小时要恒温，要保持燃烧室上盖处呈正压，使塔盘砌筑的灰浆燃结恒温24小时后方可降温。长温时不能用取下煤气的方法，当温度降到约900℃时保持恒温，准备加料。

氧化炉升温根据升温计划执行，先用木柴点着，后用小煤气升温，直至达到升温指标。

(4)回流塔升温

精馏塔的压密砖为冷装压密砖，对于冷装压密砖的精馏塔采取两段升温方式。在燃烧室与小煤气点火升温时，回流塔也点火升温。升温过程中要经常检查保温套严密情况，及时抹缝堵漏，防止冒火烧环保混套，各部位误差小于50℃。

加料：

在各部位烘烤升温完成、燃烧室降温至约880℃、并恒温10小时左右后便开始加料。加料前要做好准备工作，主要准备工作有：安装流槽、加料管，用煤气烘烤加料器和自动冷料器的控制器，准备升温后用各种工具、料等，除此之外，还需要全面检查技术条件，保证升温要求，尤其是主塔温度和回流塔必须保持800℃～900℃，熔化炉内锌液温度控制在650℃～750℃，降低锌液与塔盘之间的温度差。

加料操作如下：

(1)用煤气量大的燃烧物，如油毡或木柴等，从底子全部点火(此时可把上部升温器煤气关死)。待塔顶冒浓烟约5分钟，将空气赶走后快速取出可燃物，尽快封闭下延部，避免再漏进空气，同时向塔体供料。

(2)锌液进入加料口后捞出浮渣及杂物，等预热好后盖板，盖好，然后抹好，用煤气点火加热至正常为止。加热约半小时后，料量从小至大，逐渐达到规定量，一般情况下铅塔第一个加料班加料量为600kg/小时～800kg/小时，以后每班增加40kg，直至正常生产料量为止。

(3)加料后，主塔温度仍保持880℃，经过1个小时后，料流到塔中部口时，燃烧室开始以每小时10℃的速度提温。当下延部见锌后，快速提温，0～2小时提到1050℃，以后根据塔顶冒蒸气情况来提温燃烧室，一直到正常生产为止。

(4)下延部见锌后将锌引入熔析方井中，进入熔析炉。当塔顶冒大量蒸气时，封塔顶等蒸气引入氧化炉分配室，而后封住喷嘴。

35.1.2 正常操作及技术条件控制

氧化锌生产过程要连续、均衡地进行，为此操作应遵守下列原则，加锌连续、均匀、准确，控制温度稳定，使塔内金属蒸发速度均衡，保证塔体全部畅通无阻，确保密封装置的完好，以达到高号、保质、低耗、安全目的。

35.1.2.1 加料操作

将B#锌加入塔内要均匀、连续、稳定、不断料。加料操作是氧化锌塔生产的基础，它直接影响氧化锌的质量，关系到塔的寿命，影响加料速度的因素有：(1)液面低，锌液面高，落差大，流速快，反之相反；(2)锌液量大，锌液温度高，黏度小，流速快，反之相反。加料速度可以通过加料标尺计量获得，加料速度可按下式计算。

$$\text{小时加料量} = \text{熔化炉班加料量} \div 8(\text{小时})$$

$$\text{小时加料的标尺格数} = \text{小时加料量} \div \text{角格代表的锌液量}$$

35.1.2.2 热工调整操作

国内大多数精馏炉都采用煤气间接加热，因为塔内反应只是金属加热蒸发的物理过程，因此燃烧室温度的高低、供热的多少，决定于处理量。因此，塔内的温度要稳定，所以燃烧室的温度差要在10℃以内。

(1)热工调整操作温度和压力指标

氧化锌生产过程中的热工操作要求非常严格，对各部位操作非常细致。

(2)热工调整工操作

热工高速正常操作基本原则是三勤一稳，即勤联系、勤检查、勤调整和稳定煤气压力。

勤联系：联系加料，了解加料情况，联系精炼工，了解流量情况。

勤检查：联系仪表指示温度改变的情况，检查炉内燃烧情况等。

勤调整：温度有变化，应小动勤动为宜。

稳定煤气压力，严格控制煤气总道压力。

①热工调整的原则

若各炉燃烧室温度都有同样的变化，应变动总条件(煤气或抽力)；

调整燃烧室的温度时，变动其中一个。而在温度未准确反映具体情况以前，不同时变化第二个条件；

炉内燃烧情况未能确定掌握以前，不能盲目地进行调整，必须首先了解和掌握炉内燃烧的基本情况，才能相应的采取措施。

②正常情况下几个基本条件的原则规定：

空气挡板：一层 10mm～180mm，二层正常不用，三层开 1/4～2/3；

废气挡板左右差不应超过 2mm；

③氧化锌焙烧燃烧室正常热工调整方法：

遵循以上原则基础上，在煤气供应稳定、废气排出正常情况下，适当开各控制阀和挡板，调整燃烧室上下温度，各部均衡。若换热室和废气系统堵塞，不仅影响换热而且还会影响煤气燃烧，经常扫除换热室，废气道保持废气通畅也是调整操作的重要组成部分。

④燃烧室调整方法

氧化炉与布袋温度是由主塔温度来控制的，同时也是空气挡板来调节温度。

熔析精炼操作：

离开主塔的馏全年温度约为 890℃，进入熔析炉的熔析池后，温度降至 480℃～540℃。经过静止烷，折一段时间，上层为 B# 锌，中层是硬锌，下层是粗铅，B# 锌经过溢流口流入温度为 600℃～650℃的储锌池中，B# 锌定时放出，硬锌定期捞出，粗铅定期用抽铅机抽出铸锭。

熔析操作的关键是控制熔析时间和温度，熔析池温度太低，硬锌含铅高、发灰，严重时熔析池会凝死。温度太高，硬锌发白、含铁高，造渣高。焙析时间短，三者分离不好，时间过长，硬锌抓底。熔析较好的硬锌为蓝色，针状结晶，熔析池和储锌池之间的过道也不允许淹死，否则会使含铁、铅升高。两者之间隔墙不允许破坏，若连漏将会造成 B# 锌与馏锌混合，使 B# 锌含铁、铅高，熔析池的上层，是锌基铅铁化合物，中间是 B# 锌，下层是粗铅。

由于馏余锌含有较高的铅、铁杂质，在下延部随着温度的变化，液体流动性差。同时，随着空气的进入，液体锌板易重化成氧化渣，堵塞塔盘和下延部，因此，要及时疏通下延部。在生产过程中，要随时掌握馏锌的流量变化，以判断塔内的情况。

(3)熔析精炼操作的异常情况处理

出氧化锌

①检查电子秤是否有杂物，如有清扫干净。

②检斤前等电子秤校准，要求清除尾数，显示“0”。

③检斤时人身体不要触及正在检斤的电子秤。

④装袋前确保准确相等，不准漏袋，要按顺序装氧化锌。

⑤要把袋口扎紧，扎口整齐，无跳线，无氧化锌夹层，袋内无杂物，若发现有异物立即采取措施。

⑥确保袋内氧化锌出净。

35.2 间接法冶炼

35.2.1 间接法生产氧化锌的原料

间接法生产氧化锌使用的原料为B#锌，它含有少量的铅，不含或含有极少量镉，是精馏生产的一种中间产品。

35.2.2 间接法生产氧化锌对燃料的要求

间接法生产氧化锌利用的燃料为净化煤气，对其质量要求如下：

煤气成分：一氧化炭黏含量＞28±1%

煤气发热值：＞1300 千卡/立方米

煤气含尘量：(包机焦油)＜0.2 克/立方米

煤气温度：净化后小于 40℃

35.2.3 间接法生产氧化锌基本原理

间接法生产氧化锌其原理是利用精馏塔产生的锌蒸气，与空气中的氧在氧化炉发生化学反应生产氧化锌，其化学方程式为：

$$2Zn+O_2=2ZnO$$

氧化锌生产同样分为两个阶段，即第一阶段利用精馏铅塔的蒸发与回流，产生具有一定压力的锌蒸气；第二阶段，在氧化炉中，锌蒸气与空气中的氧发生化学反应，生成氧化锌。

35.2.4 氧化锌生产的工艺流程

作业程序简介：B#锌加入焙化炉，经过自动给料器、加料器进入铅塔，在铅塔中经过多次蒸发与顺流，产生具有一定压力的锌蒸气，进入气体分配室，在此一部分锌蒸气冷凝形成副产品精锌，另一部分进入氧化室，与空气中的氧发生化学反应生产出氧化锌，经过人字管道、集尘斗、冷却道、布袋分配箱、布袋形成成品氧化锌。在铅塔中一总值发回流下来的馏余锌经过下延部、精析炉，又形成了 B#锌、粗铅和锌基铝铁化合物，B#锌返回焙炉。

35.2.5 精馏塔的基系数

燃烧室温度：1050℃～1300℃(20℃波差指标内)

直升墙温度：低燃烧室 50℃～100℃

直升墙左右温差：＜40℃

二阶废气温度：500℃～700℃

左右温差：＜40℃

氧化炉温度：750℃～1050℃

布袋温度：≤180℃

煤气总道压力：2100±100 帕　　即 210±10mmH_2O。

35.2.6 开炉升温规定

(1)小煤气升温时，煤气温度必须大于燃烧室温度。

(2)换大煤气温差波动小于 30℃，在 4 个小时内上下部温度调成一条线。

(3)直升墙左右温差＜30℃。

(4)废气温差＜40℃。

(5)在换大煤气前，燃烧室上下温差＜10℃。

(6)开炉升温要求各部位在650℃以下，必须加木柴与煤气混合升温，木柴始终有明火，防止煤气放炮。

(7)上班的条件一定告诉下班，并写在记录上。

(8)各部位在升温过程中，如果超过指标，可恒温，不应用降温方法达到指标。在降温过程中，如低于指标可恒温，但不应用提温方法来达到指标。

35.2.7 氧化锌物理质量标准

物理质量标准：

(1)批量字迹清楚、完整。

(2)扎口整齐无跳线，无氧化锌夹层，袋不漏不裂。

(3)每袋净重25kg，毛重25.30±0.1kg。

(4)氧化锌袋内不许有任何杂物。

35.2.8 氧化锌入库标准

符合优级或少量一级的氧化锌方可入库。

35.3 停炉检修

停炉作业，主要操作重点：

(1)熔化炉

停炉前将炉膛渣扒干净，锌液面放到最低，进自动给料器，停止向塔供料。如果大修，等炉膛全部放干净，再关煤气降温。如果中修，炉膛内锌可不全放出，降温速度每小时不超过20℃。又可密闭式加热熔化炉，需要检查换热室结构完好情况。

(2)燃烧室

停止向塔供料以后开始降温，中修塔降温速度为每小时5℃，大修塔降温速度为每小时10℃。燃烧室上部温度降到800℃，关闭煤气支道总闸门进行自然降温。燃烧室上部降到700℃，打开燃烧室上盖观察口。燃烧室上部降至400℃，打开炉门和二阶入口。燃烧室上部降至200℃，符合孔口全部打开。

(3)熔析炉

停炉前掏净硬锌及出铅。如果大修，精锌、铅全部放出，降温每小时不超过20℃。

(4)氧化炉

氧化炉喷嘴不喷后，氧化炉温度靠自然降温。当温度达到500℃左右时，放出氧化炉内副号精锌。

35.4 特殊操作与故障处理

35.4.1 停电操作

停电意味着煤气停止供应，一旦热源断温就无法生产，停电时间过长，甚至有被迫停塔的危险。

如果短期停电应根据具体情况相应采取措施。操作原则规定如下：

(1)停电时煤气总道压力必须大于 20mm 水柱，当煤气发生炉不供应煤气，使煤气系统为负压，应立即将煤气闸门关死，熔化炉、熔析炉、加料器、溜槽、氧化炉等部位用木柴加热保温。从燃烧室上盖观察孔送入重油，保持燃烧室温度。

(2)如果停电时煤气总道压力大于 20mm 水柱，熔化炉、熔析炉可开大煤气闸门，保持炉内温度，防止锌液凝结。燃烧室关小废气拉砖，用煤气保温，加料器流槽等部位用木柴保温。

(3)来电时逐步增加煤气压力，当煤气压力达到 40mm 水柱时，将废气拉砖恢复原来位置，然后煤压恢复正常指标。熔化炉和熔析炉等部位逐步恢复正常操作。

(4)发现停电，立即关闭密闭或间接加热熔化炉的煤气闸门，关死废气拉砖。来电后废气拉砖各开 100mm 左右，开煤气进口小门，点燃油布火把，给煤气，从小燃烧室观察到煤气稳定着火以后，取出油布火把，密封门。

35.4.2 换加料器和加料管操作

加料器和加料管损坏必须及时更换，事先将加料管砍成麻面，中间覆盖石棉纸，烘干备用。更换加料器和加料管的操作原则规定如下：

(1)对加料器和加料管烘烤预热。

(2)燃烧室温度降到 1050℃。

(3)禁止用炭黏化硅和黄泥，必须使用耐火灰。

(4)逐渐恢复正常加料量，燃烧室提温时要注意升温速度。

35.4.3 热补塔

氧化锌塔生产一段时间后，由于热应力的影响和铁的腐蚀，塔盘发生裂纹和穿孔面漏锌，为了继续生产可进行热补，补结的配比为：80 目黏土 10%，80 目一级炭黏化硅灰 90%，用 10%的磷酸和 90%净水调成灰浆。操作前首先找准塔漏位置，根据位置决定使用工具。为了提高可见度，燃烧室适当减煤气。补塔操作过程如下：用小铲清除漏锌位置周围的氧化锌和熔渣，使塔盘露出新鲜表面。在铲子上放一层湿纸，纸上放糊状补塔灰浆，表面再涂一层氧化铅，准确而迅速地填补到漏锌位置上，使劲压，烧结 5 分钟，轻轻移开铲子取出，观察是否补好。若未补上，则再削平重补，补好以后，立即密封炉门，恢复正常生产。补炉操作时间应尽力缩短，必要时可分几次进行，以免对塔体热打击太大。

第 36 章　精馏锌精炼高级工

36.1　开炉

36.1.1　开炉

开炉作业情况如何，直接影响塔龄长短，关系到是否顺利地按计划投入生产。

36.1.1.1　烘烤升温

新砌或大修后的精馏塔都要经过烘烤升温，达到操作指标后才能进行加料生产。

(1)开炉前的准备工作

主要是检查好供水、供电、供气设备是否良好，管路是否畅通，阀门开关是否灵活好使。各种机械运输设备进行试车，检查各种控制仪表的测量范围、灵敏度。准确性是否满足生产要求。检查各岗位的安全措施是否齐全可靠，炉体验收、清扫、密封精馏炉的各部位，需要补刷 SiC 的部位及时保温、补刷。编制升温计划。

(2)烘塔盘、燃烧室和换热室

准备工作就绪以后，就开始对系统各部位进行烘烤升温，其目的主要是除去耐火材料中的水分，稳定耐火材料性能，达到不漏不裂。操作顺序如下：在精馏炉下延部后侧建小煤炉，将煤燃烧产生的废气由下延部升温，扫除口通入塔盘内，利用废气的热量干燥塔盘，然后，废气从塔顶排出。烘塔升温必须慎重。在 100℃以下，升温速度应为每小时 2.5℃，防止水分蒸发太快，使塔盘灰缝出现空隙。在 100℃～200℃时，升温速度每小时为 5℃。大于 200℃升温速度可以每小时 5℃～10℃。200℃以下采用煤和木柴，200℃以上时只用煤，严禁使用煤气。在烘烤塔盘的同时，对新建的燃烧室和换热室也要进行烘炉，操作方法与烘塔盘类似，所用燃料为煤气。

36.1.1.2　燃烧室升温

燃烧室升温过程中，在 600℃以下时，升温速度为 5℃/小时；在 600℃以上时，升温速度为 10℃/小时；燃烧室 900℃以下时用小煤气升温。900℃以上时用预热净化煤气即大煤气升温，即煤气和空气需经换热室后，再进入燃烧室燃烧升温。

小煤气点火升温，烘燃烧室的最终温度作为燃烧室升温的起始温度。点火操作如下：在煤气总道引入煤气管嘴，塔燃烧室各层空气道全关，将升温煤气管道内空气赶净，使其含氧＜2%。在煤气总道后侧升温口处焊一个平台，用油布点燃平台上的木柴，稳定着火 3～5 分钟后给煤气，同时，轻微开启煤气和抽力拉砖，将废气引入燃烧室，煤气压力一般保持在 700Pa～800Pa。升温时，650℃以下要保持木柴明火，使木柴和煤气混合燃烧，要经常抹缝、堵漏，防止煤气过大，否则容易发生煤气放炮事故。燃烧室上、下部温度和换热室入口温度呈一条直线(在温度仪表上可观察到)，左右温差小于 5℃，上下部温差小于 6℃。

大煤气升温，当燃烧室温度在 900℃～980℃之间，换热室进口温度大于 500℃，换热室出口废气大于 350℃，就可以换送大煤气。操作如下：换大煤气之前先准备好工具和材料，执行齿轮脱出试车。操作时，稍开煤气拉砖，煤气拉砖开 150mm 左右，在煤气闸门方箱扫除口插入燃着的油布，从蝶形开关两侧的扫除口加入木柴，稳定燃烧约 5～10 分钟，将塔内空气赶走赶净。然后开煤气闸门送煤气，待煤气稳定燃烧着火后，撤出火把和木柴，清扫除口封闭抹严。煤气闸门通常先开 3～4 圈即可，同时减少小煤气，在确定大煤气稳定燃烧后，迅速关闭小煤气，封闭煤气总气总道升温口，换大煤气要求温度波动小于 30℃。3～4 人将燃烧室上下左右温度调成一条线，换热室入口温度(即直升墙温度)也需

调成一条线。升温过程中，左右空气拉砖、煤气拉砖和废气拉砖开关要均匀，燃烧室上下温度都达到1100℃～1200℃时要恒温，要保持燃烧室上盖处呈正压，使塔内砌筑的灰烧结。恒温24小时后方可降温，降温时，不能采取大煤气的方法，当温度降到约900℃时恒温，准备加料。

36.1.1.3 回流塔升温

精馏塔的压密砖多为冷装压密砖，对于冷装压密砖的精馏塔采取两段升温方式。在燃烧室送小煤气点火升温时，回流塔也点火升温，升温过程中要经常检查保温套严密情况，及时抹缝、堵漏，防止冒火烧坏保温套。各部位温度差小于50℃。

除此之外，其他如冷凝器、下延部等，都在不同时期用木柴和煤气升温，新建的还要烘炉。

在各部位烘烤升温完成、燃烧室降温至约880℃、并恒温10小时左右后，便可开始加料。加料前要做好准备工作，主要准备工作有：安装溜槽、加料管，用煤气烘烧加料器和自动给料器的控制器；准备升温需要的各种工具、材料等。除此之外，还需要全面检查技术条件，保证升温要求。尤其是主塔温度和回流塔必须保持在800℃～900℃。熔化炉内锌液温度控制在650℃～750℃，降低锌液与塔盘之间的温度差。

加料操作如下：

(1)用烟气量大的燃烧物如油毡纸或木柴等，从下延部点燃(此时可把下延部升温煤气关死)，待塔顶冒浓烟约5分钟，将空气赶走后快速取出可燃物，迅速密封下延部，避免再漏进空气，同时向塔内供料。

(2)锌液进入加料口后捞出浮渣及杂物，将预热好的盖板打灰盖好，然后抹好，用煤气点火加热至正常为止。加热约半小时后，料量从小到大，逐渐达到规定的料量。一般情况下铅塔第一个加料班加料量为900kg/班～1600kg/班。以后每班增加400千克，直到正常生产料量为止。

(3)精馏塔加料后，主塔燃烧室仍保持约880℃温度。经过一个小时后，料流到塔中部以下时，燃烧室开始以每小时10℃的速度升温。当下延部见锌后快速升温。2～2.5小时内燃烧室温度达到1050℃。以后根据冷凝器温度相应提高主塔燃烧室温度，一直到正常生产指标。

(4)下延部见锌后将锌引入熔析炉方井中，进入熔析炉；镉塔下延部见锌后将锌引入纯锌槽。下延部见锌时间可经过计算得出。

(5)随着燃烧室温度的不断升高，液锌会不断蒸发，当塔顶冒出大量的锌蒸气时就可以封塔顶并保温，然后密封流槽。将锌蒸气导入铅塔冷凝器，最后密封铅塔冷凝器。对镉塔来说，当大冷凝器顶冒出大量锌蒸气时，封大冷凝器顶扫除口和溜槽并保温；将锌蒸气导入小冷凝器，最后加以密封。

36.1.2 正常操作及技术条件控制

精馏塔的生产过程要求连续、均衡地进行。为此，操作应遵守下列原则：加锌连续、均匀、准确；控制各部温度稳定，使塔内金属蒸发速度和冷凝速度相适应；保证塔体各部畅通无阻；确保密封装置的完好，以达到高产、保质、安全生产的目的。

36.1.2.1 铅塔加料操作

粗锌加入精馏炉时要求均匀、连续、稳定、不断料。加料操作是精馏正常生产的基础，它直接影响精锌的质量和产量，也关系到塔体寿命。操作不当引起塔内压力骤升骤降，发生“涨潮”“抽风”等异常现象严重时会造成塔顶和冷凝器崩开及溜槽鼓开。粗锌可分为液体锌和固体锌，加入熔化炉时，必须严格控制加料速度。影响铅塔加料速度的因素有：(1)锌液面高低。锌液面高，落差大，流料速度快，影响铅塔加料速度；锌液面低，则加料少。因此应均匀组织供锌，液锌不足应及时加固体锌，同时要经常处理熔化炉、加料器的氧化锌“挂壁”，保证溶池有效面积。(2)锌液温度。温度高，黏度小，密度低，流速快，温度低则相反，根据所加原料的不同，熔化炉应控制不同的温度。正常时熔化炉温度：600℃～650℃；专加B#锌熔化炉温度：630℃～680℃。大量加块锌时熔化炉温度控制在600～750℃。(3)供料系统畅通与否对自动给料器过道、出口及铅塔加料器锌封，应避免长期不处理造成凝结或者堵塞

现象，在确保料量稳定方面还需要勤检查。核对加料量与加料时间，并及时掌握铅塔加料器内锌液面的变化情况，正常情况下，锌液面距上面 50mm～80mm，加料速度可通过仪表或标尺获得，加料速度可按公式计算：

小时加料量＝熔化炉每班加料量÷8(小时)

小时加料的标尺格数＝小时加料量÷每格华表的锌液量

36.1.2.2 镉塔加料操作

自铅塔冷凝器流出的含镉锌液经流槽、镉塔加料器和加料管进入镉塔，含镉锌的流速的稳定与否对镉塔的寿命和精锌的质量也有很大影响。因此要经常检查含镉锌流量，勤疏通流槽和锌封，均匀镉塔供料，按时用专用工具捞取镉塔加料器渣。

发现堵塞部位要及时扫除。为使含镉锌液流量温度稳定，需及时用保温窗调节冷凝器温度，加强保温，防止含镉锌温度过低或加料器抽风。

及时检查压密砖锌和燃烧室上盖的完好程度，如果损坏，及时修补。防止锌液漏入燃烧室，压密砖锌及时钩出。

为加速高镉锌冷凝，需及时扫除镉塔小冷凝器，扒出镉灰，高镉锌渣及时舀出高镉锌液，不得露出锌封，储槽内锌液高度操持 100mm 以上，并捞净浮渣，控制镉塔小冷凝器温度，确保高镉锌液不凝，正常情况下，高镉锌产量为每班(8 小时)5 块～12 块。

36.1.2.3 热工调整操作

国内锌精馏炉大多采用煤气燃烧间接加热，锌精馏过程能直接影响精锌的产量和质量。由于塔内反应只是金属加热蒸发的物理过程，因此，燃烧室温度高低，供热多少，决定于处理量对精锌质量的要求。精馏塔供热要求高度稳定，燃烧室温度即使在原有基础上提高 5℃，塔内锌的蒸发也有明显反应，从而影响精锌的产量和质量。但随着塔体开支时间的延长，塔壁外壁挂有一层氧化锌，热阻增大，严重影响向塔壁内的锌液的热传导。因此从精馏塔的初期到停塔为止，燃烧室的温度操作指标相差 100℃。

(1)热工调整操作温度和压力指标

精馏过程热工操作要求非常严格，通用型精馏炉燃烧室各点温度差小于 10℃，大型精馏炉燃烧室各点温度差小于 20℃，渔港室压力必须低于塔内压力，其他各部温度也都有一定要求，当然精馏炉的各部温度因粗锌处理量、粗锌杂质含量、塔龄等条件而异。

(2)热工调整工学指标

热工调整正常操作基本原则是三勤一稳，即勤联系、勤检查、勤调整和稳定煤气压力。

勤联系：联系熔化工，了解加料情况和铅镉塔冷凝器保温窗开关情况；联系精炼工，了解下延部流量情况。

勤检查：检查仪表指示温度变化情况，检查炉内燃烧情况等。

勤调整：温度有变化，应小动勤动为宜。

稳定煤气压力：严格控制煤气总道压力。

①热工调整的原则：

a. 当各炉燃烧室温度都有同样的变化时，应变动总条件(煤气或抽力)。

b. 调整燃烧室的温度时，变动其中一个条件而在温度未准确反映具体情况以前，不同时变动第二个条件。

c. 炉内燃烧情况未能确定掌握以前，不能盲目地进行调整，必须首先了解和掌握炉内燃烧的基本情况，才能相应的采取措施。

②正常情况下几个基本条件的原则规定：

a. 铅塔的空气挡板：一层 10mm～180mm；二层正常不用；三层打开 1/4～2/3。

b. 镉塔的空气挡板：一层 5mm～150mm；二层正常不用；三层打开 1/4～2/3。

c. 废气挡板左右差不应超过 20mm。

③精馏塔燃烧室正常热工调整方法：

遵循以上原则基础，在煤气供应稳定、废气排出正常情况下，适当开启各控制阀门和挡板，调整燃烧室上、下温度，并分布均衡。若换热室和废气系统堵塞，不仅影响换热而且还会影响系统煤气燃烧。经常扫除换热室、废气道。保持废气畅通也是调整操作的重要组成部分。

④精馏塔燃烧室调整方法：

上部	下部	直升墙	废支	调整方法
高	正常	正常	正常	关一层
低	正常	正常	正常	开一层
高	高	高	高	关煤气
低	低	低	低	开煤气
正常	低	高	高	开三层
正常	高	低	低	关三层
高	高	高	高	关抽力、关煤气
低	低	低	低	开抽力、给煤气

⑤冷凝器温度控制

铅、镉塔冷凝器与铅、镉直接相连，冷凝器温度的高低直接受主塔的制约。同时，冷凝器温度的高低反过来影响主塔温度，控制冷凝器温度，主要是使塔内金属蒸发与蒸发冷凝相适应，保证锌产量和质量，防止塔顶和冷凝器被崩开。因此根据外界条件变化，应及时调整冷凝器保温窗，使冷凝器温度基本保持稳定。铅塔冷凝器一般控制在 700℃～850℃，镉塔大冷凝器保持 850℃～900℃为宜。

36.1.2.4 熔析精炼操作

离开铅塔的馏余锌温度约为 890℃，进入熔析炉的熔析池后，温度降至 480℃～540℃，经过静止熔析一段时间：上层为 B 号锌，中层是硬锌，下层是粗铅。B 锌经过溢流口流入温度为 600℃～650℃的储锌池（小池）中。B 锌定时放出；硬锌定期捞出；粗铅定期用抽铅机抽出、铸锭。

熔析操作的关键是控制熔析炉温度和熔析时间。熔析池温度太低，硬锌含铅高，硬锌发灰，严重时熔析池会凝死；温度太高，硬锌发白，B 锌含铁铅高造渣多。熔析时间短，三者分离不好；时间过长，硬锌抓底，熔析较好的硬锌为蓝色针状结晶。熔析池和储存池之间的过道也不允许淹没，否则将使馏余锌混合，使 B 锌含铅、铁升高。两池之间隔墙不允许破坏，若连通，也将造成 B 锌与馏余锌混合，使 B 锌含铁、铅高。对采用加铝工艺的熔析炉，熔析池的上层是锌基铝铁化合物，中间层是 B 锌，下层是粗铅。

由于铅塔馏余锌含有较多高沸点杂质（如铅铁等），在下延部随着温度的降低，液体流动性变差，同时随着空气的进入，液体锌极易氧化或氧化渣。堵塞塔盘和下延部，因此需及时疏通下延部，防止憋开下延部及造成下延部崩开。在生产过程中，要随时掌握馏余锌的流量变化，以便判断塔内情况。

熔析精炼操作的异常情况的处理：

异常情况	处理方法
方井涨潮	捞清方井硬锌
过道堵塞	处理过道
大池凝死	适当提温
硬锌抓底	提温加铝

出锌铸锭

纯锌槽锌液温度的高低将影响铸锭质量，一般控制在 580℃～640℃。温度过高黏模，温度过低锌液表面氧化皮除去困难。因此要准确控制纯锌槽温度，并经常检查锌液面上升情况，对精锌产量情

况及时作出判断，定时将精锌从出锌口放入精锌包中。用电葫芦吊至铸锭机上铸锭，采用将精锌直接引入保温炉再经自动浇铸装置进行铸锭的工艺，操作与上面类似。为除去锌表面的氧化渣，在锌液浇铸的同时要进行搂皮操作。当锌液注入模后，用耙板将氧化渣搂至锌模一端的撮板附近，然后耙板和撮板配合将氧化渣从模中移出。搂皮时要求走板稳，起板稳，送渣准，可根据锌液温度的高低，采用不同的手法搂皮。可浅插，慢起板；温度低，适当深插板，快走板，还可采用二段搂皮。情况不同，手法不同，要保持锌锭的完整，尽量不在锌模中起板，力争使锌锭回圆角。

36.2 火法冶炼

(1)精馏炉使用的原料为蒸锌(即粗锌)，对于原料质量要求

杂质总合<1.3%，锌含量>98.7%，铅含量<1%，铁含量<0.04%，镉含量<0.05%，铜含量<0.005%，砷含量<0.01%，锑含量<0.02%，锡含量<0.01%。

对固体锌的要求：锌锭表面洁净，无杂物，无大边，单重 20～50 公斤。

对液体锌的要求：蒸锌液面无浮渣。

锌液温度指加液炉的锌液温度为 600℃～650℃。

(2)精馏生产对燃料的要求

精馏炉使用的燃料是我厂自产的净化煤气，对其质量要求如下：

煤气成分：一氧化炭黏含量 28±1%。

煤气发热值：大于 1300 千卡/立方米。

煤气含尘量(包括焦油)<0.2 克/立方米。

煤气温度：净化后小于 40℃。

(3)精馏法的基本原理

粗锌中的杂质主要是铅、镉、铁等，它们的沸点分别为：锌 906.97℃，镉 767.58℃，铅 1740℃，铁 3235℃。利用锌及杂质元素沸点不同的特点，控制不同的温度，经过多次蒸馏，多次分凝回流，就可以将锌与其他的杂质金属分离开来，得到高纯度的金属锌。

精馏工艺分为两个阶段，第一个阶段是在铅塔中脱除高沸点杂质金属铅和铁；第二个阶段是在镉塔中脱除低沸点杂质金属镉。无论是在铅塔中还是在镉塔中，都包括蒸馏和分凝回流两个物理过程。无论是在蒸发盘还是在回流盘中，都同时进行着蒸馏和分凝回流，只不过是在蒸发盘中主要是蒸馏，在回流盘中主要是分凝回流。

在一定的温度条件下，液相中低沸点金属蒸馏为气相，气相中的高沸点金属分凝为液相回流，回流液相中的低沸点金属再蒸馏为气相，气相中的高沸点金属再分凝为液相回流，如此反复交错地多次进行。应该着重指出每一个循环过程都不是简单地机械重复，而是每经过一个循环，都发生一次新的变化——低沸点金属在气相中富集，高沸点金属在液相中富集。

(4)铅塔的工艺参数

铅塔燃烧室温度：1050℃～1300℃。

镉塔燃烧室温度：1000℃～1300℃。

铅塔直升墙温度：中型大铅塔低于燃烧室温度 0℃～50℃，小单塔低于燃烧室 50℃～100℃。

镉塔直升墙温度：中型大镉塔低于燃烧室 20℃～80℃。

铅塔、镉塔直升墙左右温度差小于 30℃。

铅塔二阶废气温度：中型大塔 600℃～800℃，小单塔 500℃～700℃，左右温差<40℃。

镉塔二阶废气温度：中型大塔 500℃～700℃，左右温差<40℃。

铅塔冷凝器温度：700℃～850℃。

镉塔冷凝器温度：850℃～900℃。

燃烧室合格率>90%，废气温度合格率>75%。

煤气总道压力：2100±100 帕，即 210±10mm 水柱，特殊情况下应大于 200 帕，即 20mm 水柱。

开炉升温规定：

①小煤气升温时，煤气温度必须大于燃烧室温度。

②换大煤气温度波动小于 30℃，在四个小时内上下部温度调成一条线。

③直升墙左右温差小于 30℃。

④废气左右温差小于 40℃。

⑤在换大煤气前，燃烧室上下温差小于 10℃。

⑥开炉升温要求各部位在 650℃以下，必须加木柴与煤气混合升温，木柴始终有明火，防止煤气放炮。

⑦上班的条件，一定告诉下班，并写在记录上。

⑧各部位在升温过程中，如果超过指标，可恒温，但不应用降温方法达到指标，在降温过程中，如低于指标，可恒温，但不应用升温方法来达到指标。

⑨按小时温度记录打温度合格率，下班给上班打温度合格率。

(5)精锌化学质量标准

精锌物理质量标准

①锌锭表面洁净、无浮渣、泥、水及油垢等外来污染。

②飞边不得长于 10mm(指起出棱线距离)。

③锌锭无缺口。以锭边棱线为基准，凹入深度大于 5mm，或者缺角大于 20mm，则此锭作废。

④锌锭对边差不得大于 10mm。

⑤无挂耳，无杂物，无冷隔层。

⑥锌锭单重 20～25 公斤。

(6)精锌验收入库规定

①上述化学成分合格，无特殊要求，Zn99.995%以上，(含 99.995%)牌号方准入库。

②物理规格合格。

③打印日期、炉号和班次等批号清楚、不丢、不漏、不错、不混。

36.3 停炉检修

36.3.1 停炉作业

(1)熔化炉

停炉前将炉膛渣扒净，锌液面放到最低。掏净自动给料器箱，停止向塔内加料。如果大修，将炉膛锌液放干净后，再关煤气降温。如果中修，炉膛内锌液可不放出，降温速度每小时不超过 20℃。对于密闭式间接加热熔化炉，需要检查换热室结构完好情况。

(2)燃烧室

停止向塔加料以后，燃烧室开始降温，中修塔降温速度每小时 5℃，大修塔降温速度每小时 10℃。燃烧室上部温度降到 800℃时，关闭煤气支道总闸门进行“闷炉”降温。燃烧室上温度降到 700℃时，打开燃烧室上盖扫除口。燃烧室温度降到 400℃时，打开补炉门和二阶入口。燃烧室上部温度为 200℃时，将各孔全部打开。

(3)精馏塔

铅塔停止加料八小时后，将冷凝器底座和溜槽内的含镉锌掏净，均匀加入镉塔。停止加料 20 小

时后，将下延部锌以及镉塔小冷凝器底座里的高镉锌掏净。

(4)熔析炉

停炉前掏净硬锌及出铅，如果大修，将锌、铅全部放出，降温每小时不超过 20℃。

(5)纯锌槽

对于中修塔，纯锌槽中的锌液放至最低即可。如果大修，则将精锌全部放出后再降温。

(6)停炉保塔要点

镉塔寿命经常是铅塔寿命的两倍左右，对于一铅塔一镉塔的两塔型工艺来说，当铅塔检修时，往往需要对镉塔进行停炉保塔，以便旧炉重开，在燃烧缺乏和塔盘供应不足的特殊情况下，也往往出现类似情况。停炉保塔操作注意下述几个环节：①燃烧室缓慢降温。900℃以上每小时降温 5℃；900℃以下每小时降温 10℃；200℃以下打开各工作门凉炉。②回流塔靠外加热燃烧控制降温速度，其降温速度同燃烧室。③降温前扫除回流塔，彻底消除氧化渣。④降温前将与塔本体相连的溜槽、压密砖、流管等有关部件热取或撬开，并密封孔口，使塔在密闭下降温。⑤实行快速停料，断料后燃烧室降温 10℃，以防塔内压力突增。

旧塔重开之前要进行全面检查；塔盘夹缝是否开裂纹；塔内通道是否堵塞，如有妥善处理，升温时间较正常塔延长三分之一，燃烧室最高 1000℃。加料和加料后均较正常塔慢。

36.3.2 特殊操作与故障处理

(1)停电操作原则

停电意味着煤气停止供应，一旦热源断绝，精馏生产无法进行，停电时间过长，甚至有被迫停塔的危险。我国某厂精馏塔停止煤气长达 15 小时 10 分钟，由于采取措施得当，指挥有力，成功恢复了生产。如果短期停电应根据情况采取相应措施，某厂操作原则规定如下：

①停电时煤气总道压力必须大于 20mm 水柱，当煤气发生炉不能供应煤气，使煤气系统为负压，应立即将煤气闸门全部关死，熔化炉、熔析炉、加料器、溜槽等部位用木柴保温，关闭冷凝器保温窗。从燃烧室上盖观察孔送入重油，保持燃烧室温度。

②如果停电时煤气总道压力大于 200mm 水柱，熔化炉、熔析炉可开大煤气闸门，保持炉内温度，防止锌液凝结。燃烧室关小废气拉砖，用煤气保温，关闭冷凝器保温窗，加料器和泡酸等部位用木柴加热保温。

③来电时逐步增加煤气压力，当煤气压力达到 40mm 水柱时，将废气拉砖恢复原来位置，然后煤压恢复正常指标。熔化炉和熔析炉等部位逐步恢复正常操作。

④发现停电，立即关闭密闭式间接加热熔化炉的煤气进口闸门，关死废气拉砖。来电后废气拉砖各开 100mm 左右，开煤气进口小门，点燃油布火把，给煤气，从小燃烧室观察孔观察到煤气稳定着火以后，取出油布火把，密封门。

(2)换加料器和加料管操作

加料器和加料管损坏及时更换，事先将加料管砍成麻面，中间覆盖石棉纸，烘干备用。更换加料器和加料管的操作原则规定如下：

①对加料器和加料管烘烤预热。

②燃烧室温度降到 1050℃。

③禁止使用炭黏化硅和黄泥，必须使用耐火灰。

④逐渐恢复正常加料量，燃烧室提温时要注意冷凝器温度上升速度，防止塔顶和冷凝器崩开。

(3)热补塔

精馏塔生产一段时间后，由于热应力的影响和铁的腐蚀，塔盘发生裂纹和穿孔面漏锌，为了继续生产可进行热补，补塔的配比为 80 目黏土 10%，80 目一级炭黏化硅灰 90%，用 10%的磷酸和 90%净水调制成灰浆。操作前首先找准塔漏位置，根据位置决定所用工具。为了提高可见度，燃烧室适当减

煤气。补塔操作过程如下：用小铲清除漏锌位置周围的氧化锌和熔渣，使塔盘露出新鲜表面。在铲子上放一层湿纸，纸上放糊状补塔灰浆，表面再涂一层氧化铅，准确而迅速地填补到漏锌位置上，使劲压住，烧结5分钟，轻轻移开铲子取出。观察是否补好。若未补上，则再削平重补，补好以后，立即密闭补炉门，恢复正常生产。补炉操作时间尽量缩短，必要时可分几次进行，以免对塔体热打击太大。

(4)扫除操作简要原则

精馏生产必须做到：连续、均衡、稳定、畅通。扫除操作是保证系统畅通的重要环节，要及时、准确、迅速。镉塔回流塔主要扫除部位有6个。

(5)主要故障原因分析及处理

①塔顶、冷凝器崩开和加料器"涨潮""抽风"

塔内过压和气体压力突然升高，往往使塔顶和冷凝器崩开，这是比较严重的生产事故，发生之前往往伴随着加料器"涨潮"或"抽风"。由于过压或堵塞，加料器液面上升，甚至溢流而出，这就是"涨潮"现象。由于塔内压力不稳或低于正常压力，加料器内锌液面波动，甚至抽干，这就是"抽风"现象。

②塔响或爆炸

气体或液体在塔内的正常运动规律被堵塞破坏之后，将发生塔响，引起塔体震动，甚至导致爆炸，对此，必须引起高度重视。下面简述堵塞原因和处理方法：

导致精馏塔响的堵塞故障常见于铅塔，堵塞部位是蒸发盘、底盘下延部。回流盘和导气盘堵塞主要是精馏残余物，结晶型氧化锌、硬锌、无定性氧化锌和炭黏化硅灰等。一般说来，无定性氧化锌堵塞，不管堵在何处，处理及时，可使塔恢复正常生产；如果堵塞部位只发生在下延部，不管堵塞物的组成和形态如何，处理得当，可以使塔恢复正常生产。精馏残余物堵塞在塔内，故障不易消除，堵塞严重必须立即停塔。

a. 下延部堵塞

塔运转时间长短不同，处理堵塞的方法也不同。对于运转时间不长的"年轻"塔，往往是硬锌堵塞，可用"灌肠"处理，即增加下延部排出的馏余锌量，"冲洗"堵塞的硬锌，使硬锌被馏余锌携带出来。对于运转时间较长的"老年"塔和"中年"塔，往往随着精馏残余物堵塞，必须降低燃烧室温度，在保持塔内微正压的条件下进行"手术"。打开下延部壁塔盘、升温孔和扫除孔，取出堵塞物，方可消除故障，恢复正常生产。

b. 塔内堵塞

当精馏残余物堵塞蒸发盘严重时，首先发现下延部排出的馏余锌量减少，甚至断流。接着便发生塔响，响声强度很大，而且很快引起塔体振动。一般来说，使用原料含铁高，加料器波动大，甚至断料，精锌直接产出率过高，波动很大；燃烧室温度不稳定，局部高温，容易发生蒸发盘被精馏残余物堵塞，一旦确定蒸发盘被精馏残余物堵塞，必须立即停塔，可能发生爆炸事故。

结晶性氧化锌堵塞往往发生在底盘孔及其附近，一般是由于开塔指标和操作有误所致。根据生产实践分析认为，结晶性氧化锌是由于无定性氧化锌转化而成，转变的条件是：在900℃以上的高温下，经过15～30天以上的长时间烧结。如果早期发现，因为无定型氧化锌尚未转变成结晶型氧化锌(无定型氧化锌很疏松)。在保持塔内微正压的条件下，打开下延部升温孔和扫除孔，可以消除堵塞在底盘及其附近的氧化锌，使故障消除，生产恢复正常。如果在后期发现，因为无定型氧化锌已经转变成结晶性氧化锌，而结晶型氧化锌非常坚硬难以除去，必须立即停塔处理。

无定型氧化锌堵塞往往发生在蒸发盘上部和回流塔内，一般是由于开塔加料精神分析炉加料操作有误所致，到加料后反映出来，及时扫除或者从塔顶加入热锌冲击堵塞的氧化锌，可以使故障消除，恢复生产。

c. 回流塔导气盘堵塞

回流塔导气盘堵塞很少见，通常是由于塔顶崩开以后，抹塔顶不当，塔盘内堆积耐火灰或炭黏化硅灰所致。

d. 塔内和下延部同时堵塞

在保持塔内微正压的条件下，将下延部内堵塞物取出，如塔响不变，说明塔内堵塞，而且严重，必须立即停塔，堵塞原因和塔内堵塞类同。

正常条件下，塔内金属蒸气自下而上上升，液体金属自上而下流动，呈逆流状态。在铅塔内，金属蒸气的横向运动速度为 0.5 米/秒～14.5 米/秒。纵向运动速度为 0.2 米/秒～9 米/秒。各塔内金属蒸气的运动是不等的，其速度依塔体结构和蒸发强度不同而异，堵塞妨碍金属蒸气的正常上升和液体金属的正常下流，使之不能顺利地排出塔外。由于金属蒸气冲击液体金属，冲击塔盘，冲击排出口等，由于塔内液体金属沾度的提高，液体金属量增加，使金属蒸气从液体金属内部逸出的阻力增大而发出响声。堵塞愈严重，响声愈大，随着时间的推移，将引起载体振动，而且强度愈来愈大。

塔体响动的结果，使其薄弱部位破碎坠落，大量的液体金属和蒸气倾入燃烧室，在 1000℃～1300℃的高温下，液体锌急速蒸发。一部分锌蒸气与氧和二氧化碳反应，迅速生成氧化锌，堵塞废气出口，同时放出大量热，使燃烧室内压力急剧上升，当越过燃烧室抵抗能力时即发生爆炸，大量夹带锌雨的气流喷射而出。

应该指出，载舟掉底也能引起塔响，甚至导致爆炸。

为防止塔响和爆炸事故发生，必须加强管理，严格遵循精馏生产规律，提高操作水平，改进精馏工艺。理论研究和生产实践证明，采用铅塔添加金属铝新工艺，严格执行科学的技术操作条件，可以防止精馏残余物堵塞引起的塔响和爆炸。

36.3.3 精馏产物及处理

精馏主要产品是精锌，此外还有六种中间产品：B# 锌，硬锌、粗铅、高镉锌、锌渣和氧化锌。

(1)精锌

由精馏生产的精锌纯度可达 99.99%～99.997%，符合国家特级锌和一级锌标准，精锌直接产出率为 65%～75%，总产率可达 96%以上。对加铝，精馏直接产出率为 60%～70%，总产率可达 97%。

(2)中间产物

中间产物的成分、性质、产出率和利用分述如下：

①B# 锌。在铅塔生产中，馏余锌产出率为 25%～35%，经熔析炉分离以后，95%以上成为 B# 锌，铅塔生产精锌或高级氧化锌，对加铝工艺，产出的锌铝合金按一定比例加入铅塔熔化炉中。

②硬锌。硬锌产出率 0.2%左右，一般返回竖罐蒸馏炉或单独处理成粗锌，也可用于生产锌白粉(加铝工艺不产硬锌)。

③粗铅。粗铅因比重大而沉在熔析炉底，粗铅含 Pb98%左右，Zn1%～2%。若使用的粗铅含铅品位低，铅塔底部产出的馏余锌含铅小于 1%时，则不能获得高品位的铅，这种粗铅可用作专门提取铟的原料，或送铅厂处理。

④高镉锌。产出率一般在 0.6%～2%，含镉 2%～20%，含镉低的可以返回镉塔处理富集镉，使高镉含镉达到 20%左右，送高镉塔处理，也可以制成含镉锌粉。

正常操作基本原则是三勤一稳，即勤联系、勤检查、勤调整和稳定煤气压力。

勤联系：联系发生炉，了解煤压与煤气成分供应情况；联系一熔化工了解加料情况；联系二熔化工了解铅镉塔冷凝器保温窗开关情况；联系精炼工，了解下延部流量情况。

勤检查：检查仪表指示温度变化情况，检查炉内燃烧情况等。

勤调整：温度有变化，应小动勤动为宜。

稳定煤气压力：严格控制煤气总道压力。

调整的原则：

a. 当各炉燃烧室温度都有同样的变化时，应变动总条件(煤气或抽力)。

b. 调整燃烧室的温度时，变动其中一个条件而在温度未准确反映具体情况以前，不同时变动第二个条件。

c. 炉内燃烧情况未能确定掌握以前，不能盲目地进行调整，必须首先了解和掌握炉内燃烧的基

本情况，才能相应的采取措施。

特殊操作：

停电掉闸操作

a. 停电掉闸时，煤气总道一般保持200Pa，最低不能低于50Pa，接近或低于50Pa时，应当立即关死煤气，防止回火爆炸。

b. 掉闸以后，立即关总抽力和各塔废气支道挡板。

c. 若停电掉闸一小时以上时，应通知一、二熔化和精炼、纯精岗位，进行闷炉操作，同时用木柴加热加料器、加料管、冷凝器底座、熔化炉、精炼炉、纯精槽等部位，以免出现其他故障。

d. 如果煤气压力大于200Pa，可适当开大煤气、适当开抽力。

e. 来煤气之后，先开抽力，后给煤气、空气。当煤气压力达到400帕时，将各塔废气挡板恢复到原来位置。

f. 来煤气之后，立即通知有关岗位，先明火后给煤气，逐步恢复到正常指标。

粗锌精炼技术发展动向

近年来精馏法有很大的发展。我国已成功地利用精馏法进行粗镉提纯和锌粉制造；创造了单体分馏塔和塔盘精馏炉；实现了液体锌运输遥控，燃烧室煤气遥控，锌锭自动码垛；捞硬锌和出铅机械化；研究成了加铝除铁新工艺，取得了较好的经济效果；进行了产品深加工，除生产精锌外，还生产高级氧化锌、锌粉和锌基合金等。在国外，人们已经生产出了纳米氧化锌。总之精馏技术的发展是强化工艺流程、延长塔体寿命、提高热利用效率、实现计算机控制。

第四单元·技师

第37章　铜冶炼技师

37.1　开炉

37.1.1 烘炉

在新建或检修后，为确保能安全如期地开炉，需制定相应的开炉方案。

制定烘炉方案

在烘炉前需按以下程序制定烘炉方案

(1)开炉时间安排

(2)开炉前炉体验收、设备试车检查

①炉体基础尺寸的测量、标定和绘制

②炉体辅助设施的安装

③炉前后放出口和溜槽检查确认

④系统单体试车和联动试车

⑤氧气管道配置安装检查

(3)烘炉过程弹簧受力调整方案

(4)烘炉及开炉过程材料、备件和工器具的准备要求

(5)岗位记录及点检卡准备

(6)各系统挂牌和编号

(7)现场安全警示牌的制作和挂牌

(8)制定技术操作规程

(9)烘炉

①明确烘炉的目的、要求和条件

②制定烘炉作业程序

③绘制烘炉升温曲线

④制定烘炉安全注意事项

37.1.2　试生产

在开炉烘炉达到作业温度要求后，立刻转入试生产阶段。为了保证在开炉初期能安全运行，为今后生产提供安全保障和为生产经济技术指标提供生产依据，需按以下程序制定试生产方案。

试生产方案

(1)明确试生产的目的。

(2)规定试生产的方式方法。

(3)制定试生产条件要求。

(4)制定试生产操作要求。

(5)制定试生产参数。

(6)规定试生产物料要求。

(7)制定试生产作业程序。

(8)制定试生产安全注意事项。

37.2 火法冶炼

37.2.1 进料

37.2.1.1 进料的准备

(1)详细阅读本班的生产指令和上一班的交接班记录,了解上班的生产情况。

(2)掌握炉内渣面、锍面及炉体状况。

(3)检查各料仓的下料管是否畅通。

(4)了解炉后渣溜槽和炉前溜槽的使用情况。

37.2.1.2 对上道工序的了解

(1)了解原料的温度和粒度等物理性质。

(2)掌握上道工序产出的原料的成分。

(3)掌握上道工序的技术经济指标。

37.2.2 冶炼

37.2.2.1 合理化建议

对系统的工艺、生产能力、指标、设备、设施的管理和使用、人员资源的管理和调配进行跟踪和研究,及时提出合理化建议和改进方案。力争使转炉工序具备世界先进水平。

(1)有协助本班班长组织生产的义务。

(2)根据生产指令提出自己的见解,使本班的生产更加优化。

(3)根据来料的具体情况,对电器制度和工艺制度可以进行适当的调整。确保各种指标。

(4)参与班组的管理,使本班各个环节都处于可控状态。

(5)在生产实践过程中,发现问题及时整改。

37.2.2.2 协调上、下道工序工作

根据炉况和上下道工序的生产状况及时进行协调联系,维持系统平衡生产。具体内容包括:

(1)了解上道工序的来料情况,组织本班的生产。

(2)要对来料及时进行分析,了解来料的化学组成。

(3)参与和指导本班生产,根据来料的化学组成准确进行配料。

(4)了解下道工序的生产情况,协助组织本班力量进行作业。

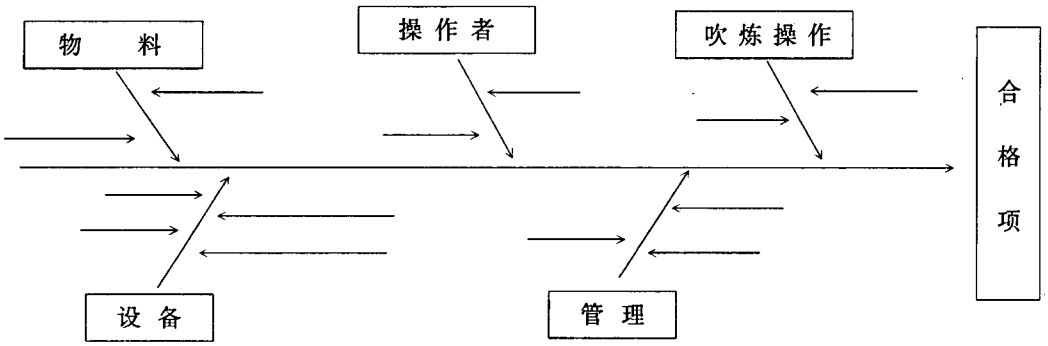
37.2.2.3 数据分析

(1)收集和整理投入和产出的各种物料的化验分析数据。

(2)通过各种个物料的化验分析数据,进行简单的物料平衡计算。

(3)通过计算找出影响指标和产量的因素。

(4)利用因果图和排列图等统计知识对影响因素进行统计分析,以便指导生产。



37.3　停炉检修

37.3.1　停炉作业

停炉是指电炉在大、中修停炉前，使炉子从高温作业温度逐步冷却到常温的过程。

37.3.1.1　停炉准备

(1)在炉体两侧各准备 25m、Φ32 胶管通水，炉前、炉后各接一根 10m、Φ32 胶管通水。

(2)清理炉底通道及炉底两侧焙砂、杂物，检查炉基防护墙及炉体四周厂房立柱防护墙，有损坏的及时修补。

(3)将炉后铁道周围及炉体周围用耐火砖砌筑 0.6m 高的双层防护墙。

(4)炉体周围不允许堆放易燃易爆危险品，停炉时氧气瓶存放于安全处，准备一定数量的灭火器。

(5)停炉前必须将炉体四周积水、积油清理干净，杜绝漏水、漏油。

(6)检查照明，若不够及时添加。

(7)检查放出溜槽衬套、衬砖，若有问题，及时修补更换。

(8)准备两套梅花枪、耙子，两个石墨锥头，并制作 100 个以上高质量泥球。

(9)疏通所有料仓，清理烟道，保证排烟畅通。

37.3.1.2　停炉作业

熟悉停炉计划，严格按照停炉计划组织洗炉、停炉作业。

37.3.2　检修

炉子在停炉后能组织人员进行炉体损坏状况检查，主要是对炉体的各部位进行检查判定，从而确定炉窑需检修的部位和炉窑检修质量要求和标准。

冶金炉窑检修部位判定

(1)停炉后对炉体基础、砖体、钢骨架、立柱、拉杆弹簧、炉衬、操作台、炉前后放出装置、铜砖(铜水套)等进行全面检查，确定炉子的损坏状况。

(2)炉体基础如果有倒塌的，要修补。如果倒塌严重危及炉体时要考虑是否进行大修。

(3)检查炉顶砖体，炉顶是否掉砖及损坏状况，如果掉砖或炉顶下塌则修补或更换炉顶。

(4)测量炉内砖体腐蚀程度，一般大中修都要更换端墙。如果侧墙腐蚀厚度超过墙体三分之二的地方较多，则更换侧墙。如果侧墙腐蚀厚度低于墙体三分之一的地方较多，可以对侧墙局部挖补。其他，视情况而定。

(5)检查炉体钢骨架、立柱、拉杆弹簧、炉衬、操作台，如果钢骨架、立柱变形或是弯曲严重时要更

换，拉杆弹簧拉断的必须更换，确保其强度和炉体受力平衡，操作台如果有损坏，影响生产操作时要修复。

(6)检查炉前后放出装置，必须对压板及放出口水套按要求进行水压测试，如果发现渗水或漏水时要及时处理。放出口各组件配合要好，要确保生产后放出安全。

(7)对炉体铜砖(铜水套)按要求进行水压测试，如果发现渗水或漏水时要及时焊接，以防铜砖(铜水套)放入炉体后在生产中因漏水而发生事故。

37.4 安全操作

37.4.1 安全技术操作

组织作业现场安全检查

(1)工艺检查：各岗位工艺原始记录，各工艺技术条件和参数的执行情况，炉体运行情况，各岗位落实工艺技术条件情况，各水冷系统状况，排烟系统状况。

(2)设备检查：各岗位设备点检记录，各机电设备运行情况及设备维护润滑情况。

(3)消防检查：检查现场消防设备的准备情况及使用管理情况，各岗位是否存在火险隐患。

(4)水冷系统检查：水冷件使用情况，水流量及回水温度。

(5)安全防护设施检查：检查现场安全防护设施使用管理情况。

(6)环保设备检查：环保风机，环保烟道及其他环保设备。

37.4.2 安全保护及环保

安全环保设施运行改进措施：安全环保设施主要有排烟风机、旋涡收尘器、电收尘器及其附属设施。排烟风机正常运行状态为：风机运行声音无异常，风机本体无抖动，转速正常，无泄漏，全压能达到设计要求。旋涡收尘器正常运行状态为：旋涡收尘器本体无变形，无泄漏，无堵塞现象。电收尘器正常运行状态为：电场电压、电流稳定，无泄漏、无堵塞现象，排烟管道应无堵塞、无泄漏。如达不到以上要求，则需采取措施改进。

37.5 生产管理

37.5.1 质量管理

排列图法：运用排列图法分析产生不合格产品的主要原因、次要原因和一般问题。

因果图法：运用因果图法分析质量特性与原因的关系。

对策表：运用对策表制定措施计划，提出纠正预防措施。

37.5.2 生产过程管理

37.5.2.1 冶金炉窑生产过程管理

(1)根据生产作业计划要求，提前做好准备工作，对生产过程中各岗位的生产情况要了解掌握，发现问题及时解决，确保当班生产任务的完成。

(2)作好交接班各项工作，班前认真核实各岗位劳动力配置是否合理，并作好协调工作。

(3)严格按作业指导书和技术操作规程操作，确保各项技术经济指标的完成。

(4)做好当班生产完成情况统计及原始记录。

(5)严格执行设备维护保养运行制度,确保设备完好及正常运行。

(6)要突出“安全第一”的思想,严格执行安全技术操作规程。

(7)严格执行工艺技术规程,认真检查工艺执行情况。

37.5.2.2 生产过程管理方法改进

(1)生产过程管理应注重观念更新,会运用现代管理方法和手段,从事一定的生产过程管理方法的革新和改进。

(2)冶炼生产过程具有高度连续性,工作也是专业化,在生产过程中采用先进技术和较好的生产组织形式科学合理安排生产过程。

37.5.2.3 相关知识

质量分析方法有关知识:质量数据的收集方法,运用排列图、因果图确定影响质量的主要原因。运用对策表制定措施计划,提出纠正预防措施。

技术月报、工艺技术台账填写规范:(1)各种物料化学成分的填写;(2)各项技术经济指标的填写;(3)各项有关消耗物料量的填写。

技术经济指标分析方法:(1)各项技术经济指标的完成情况;(2)分析影响各项指标的原因;(3)确定解决问题的方法;(4)提出今后的目标。

37.6 培训与指导

37.6.1 理论培训

37.6.1.1 基础理论知识培训:

(1)火法冶炼发展史。

(2)重有色金属的主要性质和用途。

(3)重有色金属的化合物。

(4)重有色金属的矿物和矿石。

(5)重有色金属的一般冶炼方法。

(6)生产主要原料技术性能。

(7)生产主要技术经济指标。

37.6.1.2 专业理论知识培训:

(1)生产基本原理。

(2)炉子的构造。

(3)工艺技术操作规程和安全技术操作规程。

(4)技术经济指标。

37.6.2 指导操作

(1)渣温、铜温的判断控制方法。

(2)渣型的判断调整方法。

(3)控制金属在渣中损失的方法。

(4)各岗位的操作方法。

(5)事故的预防和处理方法。

37.6.3 相关知识

生产实习教学法的有关知识:

(1)理论与实际培训遵循培训——工作——再培训——再工作循环往复螺旋上升的原则。

(2)合理地确定生产培训各个时期的培训目标、内容、形式、方法和措施。

(3)建立职工培训和人事管理相结合的制度,使职工掌握应知应会,取得合格证后方能上岗操作。

第38章　镍冶炼技师

38.1　开炉

38.1.1　烘炉

在新建或检修后，为确保能安全如期地开炉，需制定相应的开炉方案。

38.1.1.1　制定烘炉方案

在烘炉前需按以下程序制定烘炉方案

(1)开炉时间安排。

(2)开炉前炉体验收、设备试车检查。

①炉体基础尺寸的测量、标定和绘制。

②炉体辅助设施的安装。

③炉前后放出口和溜槽检查确认。

④系统单体试车和联动试车。

⑤氧气管道配置安装检查。

(3)烘炉过程弹簧受力调整方案。

(4)烘炉及开炉过程材料、备件和工器具的准备要求。

(5)岗位记录及点检卡准备。

(6)各系统挂牌和编号。

(7)现场安全警示牌的制作和挂牌。

(8)制定技术操作规程。

(9)烘炉。

①明确烘炉的目的、要求和条件。

②制定烘炉作业程序。

③绘制烘炉升温曲线。

④制定烘炉安全注意事项。

38.1.2　试生产

在开炉烘炉达到作业温度要求后，立刻转入试生产阶段。为了保证在开炉初期能安全运行，为今后生产提供安全保障和为生产经济技术指标提供生产依据，需按以下程序制定试生产方案。

试生产方案：

(1)明确试生产的目的。

(2)规定试生产的方式方法。

(3)制定试生产条件要求。

(4)试生产操作要求。

(5)制定试生产参数。

(6)规定试生产物料要求。

(7)制定试生产作业程序。

(8)制定试生产安全注意事项。

38.2 火法冶炼

38.2.1 进料

38.2.1.1 进料的准备

(1)详细阅读本班的生产指令和上一班的交接班记录,了解上班的生产情况。

(2)掌握炉内渣面、锍面及炉体状况。

(3)检查各料仓的下料管是否畅通。

(4)了解炉后渣溜槽和炉前溜槽的使用情况。

38.2.1.2 对上道工序的了解

(1)了解原料的温度和粒度等物理性质。

(2)掌握上道工序产出的原料的成分。

(3)掌握上道工序的技术经济指标。

38.2.2 冶炼

38.2.2.1 合理化建议

对系统的工艺、生产能力、指标、设备、设施的管理和使用、人员资源的管理和调配进行跟踪和研究,及时提出合理化建议和改进方案。力争使转炉工序具备世界先进水平。

(1)有协助本班班长组织生产的义务。

(2)根据生产指令提出自己的见解,使本班的生产更加优化。

(3)根据来料的具体情况,对电器制度和工艺制度可以进行适当地调整。确保各种指标。

(4)参与班组的管理,使本班各个环节都处于可控状态。

(5)在生产实践过程中,发现问题及时整改。

38.2.2.2 协调上、下道工序工作

根据炉况和上下道工序的生产状况及时进行协调联系,维持系统平衡生产。具体内容包括:

(1)了解上道工序的来料情况,组织本班的生产。

(2)要对来料及时进行分析,了解来料的化学组成。

(3)参与和指导本班生产,根据来料的化学组成准确进行配料。

(4)了解下道工序生产情况,协助组织本班力量进行作业。

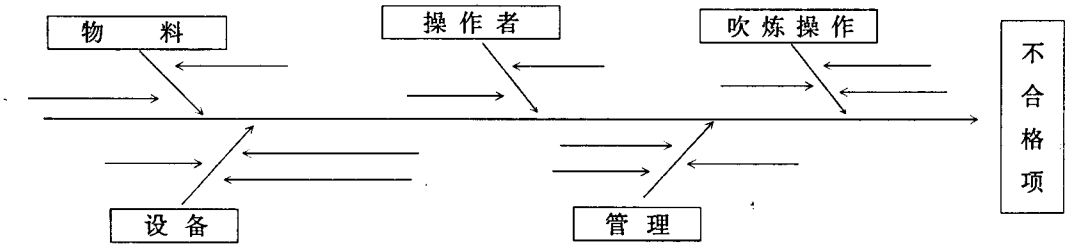
38.2.2.3 数据分析

(1)收集和整理投入和产出的各种物料的化验分析数据。

(2)通过各种物料的化验分析数据,进行简单的物料平衡计算。

(3)通过计算找出影响指标和产量的因素。

(4)利用因果图和排列图等统计知识对影响因素进行统计分析。



38.3 停炉检修

38.3.1 停炉作业

停炉是指电炉在大、中修停炉前，使炉子从高温作业温度逐步冷却到常温的过程。

38.3.1.1 停炉准备

(1)在炉体两侧各准备 25m、Φ32 胶管通水，炉前、炉后各接一根 10m、Φ32 胶管通水。

(2)清理炉底通道及炉底两侧焙砂、杂物，检查炉基防护墙及炉体四周厂房立柱防护墙，有损坏的及时修补。

(3)将炉后铁道周围及炉体周围用耐火砖砌筑 0.6m 高的双层防护墙。

(4)炉体周围不允许堆放易燃易爆危险品，停炉时氧气瓶存放于安全处，准备一定数量的灭火器。

(5)停炉前必须将炉体四周积水、积油清理干净，杜绝漏水、漏油。

(6)检查照明，若不够及时添加。

(7)检查放出溜槽衬套、衬砖，若有问题，及时修补更换。

(8)准备两套梅花枪、耙子，两个石墨锥头，并制作 100 个以上高质量泥球。

(9)疏通所有料仓，清理烟道，保证排烟畅通。

38.3.1.2 停炉作业

熟悉停炉计划，严格按照停炉计划组织洗炉、停炉作业。

38.3.2 检修

炉子在停炉后能组织人员进行炉体损坏状况检查，主要是对炉体的各部位进行检查判定，从而确定炉窑需检修的部位和炉窑检修质量要求和标准。

冶金炉窑检修部位判定：

(1)停炉后对炉体基础、砖体、钢骨架、立柱、拉杆弹簧、炉衬、操作台、炉前后放出装置、铜砖(铜水套)等进行全面检查，确定炉子的损坏状况。

(2)炉体基础如果有倒塌的，要修补。如果倒塌严重危及炉体时要考虑是否进行大修。

(3)检查炉顶砖体，炉顶是否掉砖及损坏状况，如果掉砖或炉顶下塌则修补或更换炉顶。

(4)测量炉内砖体腐蚀程度。一般大中修都要更换端墙。如果侧墙腐蚀厚度超过墙体三分之二的地方较多，则更换侧墙。如果侧墙腐蚀厚度低于墙体三分之一的地方较多，可以对侧墙局部挖补。其他，视情况而定。

(5)检查炉体钢骨架、立柱、拉杆弹簧、炉衬、操作台，如果钢骨架、立柱变形或是弯曲严重时要更换。拉杆弹簧拉断的必须更换，确保其强度和炉体受力平衡。操作台如果有损坏，影响生产操作时要修复。

(6)检查炉前后放出装置，必须对压板及放出口水套按要求进行水压测试，如果发现渗水或漏水时要及时处理。放出口各组件配合要好，要确保生产后放出安全。

(7)对炉体铜砖(铜水套)按要求进行水压测试，如果发现渗水或漏水时要及时焊接，以防铜砖(铜水套)放入炉体后在生产中因漏水而发生事故。

38.4 安全操作

38.4.1 安全技术操作

38.4.1.1 组织作业现场安全检查

(1)工艺检查：各岗位工艺原始记录，各工艺技术条件和参数的执行情况，炉体运行情况，各岗位

落实工艺技术条件情况，各水冷系统状况，排烟系统状况。

(2)设备检查：各岗位设备点检记录，各机电设备运行情况及设备维护润滑情况。

(3)消防检查：检查现场消防设备的准备情况及使用管理情况，各岗位是否存在火险隐患。

(4)水冷系统检查：水冷件使用情况，水流量及回水温度。

(5)安全防护设施检查：检查现场安全防护设施使用管理情况。

(6)环保设备检查：环保风机，环保烟道及其他环保设备。

38.4.2 安全保护及环保

安全环保设施运行改进措施：安全环保设施主要有排烟风机、旋涡收尘器、电收尘器及其附属设施。排烟风机正常运行状态为：风机运行声音无异常，风机本体无抖动，转速正常，无泄漏，全压能达到设计要求，旋涡收尘器正常运行状态为：旋涡收尘器本体无变形、无泄漏、无堵塞现象。电收尘器正常运行状态为：电场电压、电流稳定，无泄漏、无堵塞现象。排烟管道应无堵塞、无泄漏。如达不到以上要求，则需采取措施改进。

38.5 生产管理

38.5.1 质量管理

(1)排列图法：运用排列图法分析产生不合格产品的主要原因、次要原因和一般问题。

(2)因果图法：运用因果图法分析质量特性与原因的关系。

(3)对策表：运用对策表制定措施计划，提出纠正预防措施。

38.5.2 生产过程管理

38.5.2.1 冶金炉窑生产过程管理

(1)根据生产作业计划要求，提前做好准备工作，对生产过程中各岗位的生产情况要了解掌握，发现问题及时解决，确保当班生产任务的完成。

(2)作好交接班各项工作，班前认真核实各岗位劳动力配置是否合理，并作好协调工作。

(3)严格按作业指导书和技术操作规程操作，确保各项技术经济指标的完成。

(4)做好当班生产完成情况统计及原始记录。

(5)严格执行设备维护保养运行制度，确保设备完好及正常运行。

(6)要突出“安全第一”的思想，严格执行安全技术操作规程。

(7)严格执行工艺技术规程，认真检查工艺执行情况。

38.5.2.2 生产过程管理方法改进

(1)生产过程管理应注重观念更新，会运用现代管理方法和手段，从事一定的生产过程管理方法的革新和改进。

(2)冶炼生产过程具有高度连续性，工作也是专业化。在生产过程中采用先进技术和较好的生产组织形式科学合理安排生产过程。

38.5.3 相关知识

质量分析方法有关知识：质量数据的收集方法，运用排列图、因果图确定影响质量的主要原因，运用对策表制定措施计划，提出纠正预防措施。

技术月报、工艺技术台账填写规范：(1)各种物料化学成分的填写；(2)各项技术经济指标的填写；

(3)各项有关消耗物料量的填写。

技术经济指标分析方法:(1)各项技术经济指标的完成情况;(2)分析影响各项指标的原因;(3)确定解决问题的方法;(4)提出今后的目标。

38.6 培训与指导

38.6.1 理论培训

38.6.1.1 基础理论知识培训

(1)火法冶炼发展史;

(2)重有色金属的主要性质和用途;

(3)重有色金属的化合物;

(4)重有色金属的矿物和矿石;

(5)重有色金属的一般冶炼方法;

(6)生产主要原料技术性能;

(7)生产主要技术经济指标。

38.6.1.2 专业理论知识培训:

(1)生产基本原理;

(2)炉子的构造;

(3)工艺技术操作规程和安全技术操作规程;

(4)技术经济指标。

38.6.2 指导操作

(1)渣温、铜温的判断控制方法;

(2)渣型的判断调整方法;

(3)控制金属在渣中损失的方法;

(4)各岗位的操作方法;

(5)事故的预防和处理方法。

38.6.3 相关知识

生产实习教学法的有关知识:

(1)理论与实际培训遵循培训——工作——再培训——再工作循环往复螺旋上升的原则;

(2)合理地确定生产培训各个时期的培训目标、内容、形式、方法和措施;

(3)建立职工培训和人事管理相结合的制度,使职工掌握“应知应会”,取得合格证后方能上岗操作。

第 39 章　铅冶炼技师

39.1　停炉检修

39.1.1　冶金炉窑检修质量标准

39.1.1.1　鼓风炉检修质量标准

(1)检修内容、方法,需修理或更换的标准如下表执行

内容	方法	需修理或更换的标准	
		汽化水套	热水水套
失稳	拉线式样板	鼓疱面积＞200cm^2,鼓疱中心高出平面＞2cm	鼓疱面积在＞300cm^2,鼓疱中心高出平面＞3.5cm
壁厚减薄	测厚仪检测或钻孔 48mm	当壁厚小于按[δ]＝1×10^{8}Pa 计算厚度,同时减薄处的长度为横向长度或环向的 1/3 以上	当壁厚小于按[δ]＝1.2×10^{8}Pa 计算厚度,同时减薄处的长度为横向长度或(环向)的 2/5 以上
内壁结构	从进出管口检查	水垢厚度＞2mm	水垢厚度＞3mm
焊缝开裂	用 5 倍放大镜观察焊缝并用塞尺检查(在外观检查基础上)	因腐蚀,接缝不是光滑过度,焊缝与母体金属之间的缝深＞2mm	因腐蚀,接缝不是光滑过度,焊缝与母体金属之间的缝深＞3mm
器内存诊垢	排污孔处观察	污垢结块无法清除时报废	污垢结块无法清除时报废

(2)对于有缺陷,但不严重的水套,允许用挖补、加固等方法修复(仅限于外壁损坏),修复后的水套按新水套质量标准进行鉴定。

(3)水套安装后,水套间的空隙应严密,如有漏风、跑火的情况,应用石棉绳,卤水调锁粉等耐火材料扎密。

(4)炉缸表面应平整、均匀,不能有裂缝、大洞或出现粉料,如发现以上情况,应重新捣筑。

(5)安装后水套紧固件、千斤顶等不允许有松动情况。

(6)新水套的质量要求

①如果界限尺寸偏差,图纸上未标注时,则按(GB1804－79)公差 IT14 级选取。

②圆筒圆度偏差

内径(mm)	≤1000	1000～1500	＞1500
圆度误差(mm)	小于 4	＜6	＜8

③进出水管及连接自扣的位置和法兰孔眼的方向,应按图施工。图纸方向不明确时,制作应施点焊,待安装位置确定后在现场焊接,制作单位应向安装单位说明并用油漆作标记。

④焊接质量处理检查

a. 符合图纸规定的技术要求,焊缝高不低于母枋厚,焊缝与母材间应圆滑过度。

b. 焊缝及热影响区表面无裂纹气孔,弧坑和夹渣。

c. 焊缝咬边深度不超过 0.5mm。

(7)冲压成型的水套,受拉伸的圆弧部分的减薄量要求小于10%的板厚,并不大于4mm。

(8)水压试验

容器密封性要通过水压试验检验,汽化水套试验压力为0.59MPa,热水水套试验压力为0.35MPa。

热水水套包括:护板水套、烟罩体和烟道水套、半圆水套和炉门水套等。

试压中如发现内部拉筋开焊、内套失稳、泄漏等现象应立即停止加压,并采取相应的措施修复后再重新试压。

(9)水套装配平面度(包括法兰平面和相邻水套结合面要求小于5mm)。

39.1.2 电热前床检修质量标准

(1)部分不应有裂纹、剥落、下沉和钢筋外露等现象。

(2)钢架要求水平放置,水平度要用水平仪器校平跨度的2‰。

(3)水套部分参照鼓风炉水套部分的检修质量标准。

(4)炭黏极卷扬部分参照卷扬机检修质量标准。

(5)砌筑部分严禁有水进入,否则须重新砌筑。

(6)床体部分标准:

①前床外壳及拱脚梁必须紧密连接,无缝隙。

②砌体部分参照工业炉砌筑工程施工及验收规范(GBJ211—80)标准。

③前床内表面平整,无明显凸出和凹进现象。

④床顶耐火砖不得出现断砖、碎砖,床内表面平整、无缝隙。

⑤炭黏极孔砖位置必须吊线,要求在前床中心轴线上,且间距一致。

39.2 生产管理

39.2.1 生产过程管理

学习目标:本节要掌握生产过程管理的基础知识和公司、厂部、工段相关的生产管理制度,熟悉各岗位"三规一制",充分了解上、下工序生产、设备状况。

39.2.1.1 生产管理的基础知识

学习目标:本单元要掌握生产管理的概念、组织机构、主要职责、基本任务、基本要求。

(1)生产管理的概念:

生产管理就是关于生产过程的决策制定,以使之按照规格、数量、进度和最小的成本生产出产品和服务,生产管理现在实现这些目标时,是同其他两个广大领域(生产系统的设计和控制)的活动有关。

(2)生产管理的组织机构,见附图

(3)生产管理的主要职责

生产管理是企业管理中的一项综合性很强的专业管理,它体现了企业管理的各项职能,它具有组织、指挥、协调、控制四个方面的主要职能。

①组织职能:

生产管理的组织职能就是按照企业既定的生产目标,把生产的各要素、各环节和各个方面合理地组织起来,形成一个有机的整体,使企业的生产处于正常的运转状态,并对运转中出现的故障、不平衡现象及时采取有效措施,重新进行组织使其恢复正常运转。

②指挥职能：

生产指挥职能就是对企业的各级各类资源进行调度。它主要包括以下四个方面的内容：一是对日常生产活动进行指挥；二是与员工进行有效交流，让对方理解自己的意图，接收并认可所收到的内容，以期待对自己的意图得到善意的反应和回答，与员工保持良好的和谐人际关系；三是对员工进行激励，调动其生产积极性；四是对员工实施生产计划情况进行考核和评价。

③协调职能：

生产管理的协调职能就是协调企业内部各单位和各部门的工作，协调各项生产活动，使他们能够建立良好的协作关系，不发生重复和矛盾，从而有效地实现企业目标。生产协调包括上下级领导人员和各生产工序之间的协调。

④控制职能：

生产管理的控制职能就是检查企业在生产活动中是否按既定的生产作业计划、企业的各项标准和方法进行，若有偏差要及时分析原因，发出指令并进行纠正，以确保企业目标实现。控制的前提是要有计划和有组织机构保证，为了进行有效的控制，必须遵循系统性、重点性、特殊性、及时性、经济性的原则。

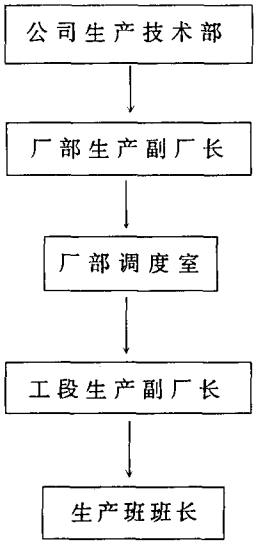


图 39－1　生产管理的组织机构

(4)生产管理基本任务

生产管理的基本任务是以提高经济效益为目的，以生产计划为依据，合理组织生产的活动。通过对各生产要素和生产过程的不同阶段、环节、工序的合理安排，对企业的生产活动的组织、指挥、协调和控制，实现企业的生产活动的全过程的平衡衔接、紧密配合，构成一个有机的整体，及时全面地掌握生产动态，积极预防生产活动中可能出现的不平衡现象并及时处理生产活动中出现的各种矛盾，消除生产作业计划与计划发生的偏差，必要时对生产计划进行适当的调整和补充，以保证企业生产秩序化、均衡化、节奏化，达到用最少的劳动消耗生产出更多的适合社会需要的产品的目的。

(5)搞好生产管理的基本要求

为了完成生产管理工作任务，充分发挥生产管理在实施生产作业过程中的作用，生产管理在日常工作中必须遵循以下要求：

①计划性原则：计划性是生产管理的基础，管理者必须以十分严肃的态度对待生产作业计划，树立坚决完成计划的观点，克服可能打乱生产作业计划的各种情况和困难，确保计划的完成。

②统一性原则：生产指挥必须高度的集中统一，下一级的生产管理者必须服从上一级生产管理者

的指令，如有不同意见，只能在贯彻执行的同时请示汇报处理。

③预见性原则：生产管理要以预防为主，瞻前顾后，既要抓住当前的生产，又要着眼全月、全季、全年的生产。管理人员应具备科学的预见性，对生产中可能或将要发生的问题，要及早采取多种措施，预防生产中可能发生的一切脱节的现象，做到“抓准备保任务，抓短期保长期，抓小事保大事”。

④及时性原则：生产管理工作发现问题要及时，信息反馈要迅速，解决问题要果断准确。

⑤群众性原则：生产管理工作应贯彻群众路线，调动职工积极性，集思广益来解决问题。在处理问题时，要充分发挥民主，听取群众的意见，并依靠群众协调各生产环节、协同完成任务。

39.2.1.2　生产过程管理

学习目标：本节要掌握生产过程组织的概念、基本要求和公司、厂部、工段相关的生产管理制度，熟悉各岗位“三规一制”，充分了解上、下工序生产、设备状况。

(1)生产过程组织的概念

生产过程组织包括两个方面：一是对企业各物质组成部分做出合理安排，取得最佳配置，即生产过程的空间组织；二是对生产过程各组成部分的基本活动，在时间上精心衔接，取得最佳组合，即生产过程的时间组织。

(2)生产过程组织的基本要求

优化的生产过程组织，是使组成企业的各部分形成有机的系统，以最经济的方式满足生产经营的要求，使企业成为高效运营的产品系统。具体说来，有以下五项基本要求：

①直接性：

产品在生产过程各阶段，各工序之间的流动，在时间上是紧密衔接、连续不断。也就是说，产品在生产过程中始终处于运动状态，不是在进行加工、装配、检验，就是处于运输或自然过程中，没有或很少有不必要的停顿和等待时间。

②平行性：

生产过程的各项活动，能平行进行的，都安排平行进行。

③比例性：

生产过程各阶段，各工序之间在生产能力上要保持适当的比例关系。即各个生产环节的员工人数、机器设备、生产速率、班次都互相协调。比例性是充分利用生产能力，保证生产顺利进行的前提。

④均衡性：

企业各个环节的工作，都能按计划有节奏地进行，各工作地都有均匀的负荷，在相等的时间内，产出相等或递增数量的产品，不出现时紧时松的现象。

⑤适当性：

生产过程对产品的变动具有较强的应变能力，当产品品种发生变动时，可以用最少的投资、最快的速度来实现转产。

(3)生产过程管理的主要制度

鼓风炉停炉管理制度

在生产过程中，如出现烧结块供不应求，并且鼓风炉炉顶温度不断上升，或者出现设备和工艺故障时，鼓风炉不能正常作业时，必须请示当班生产调度，在征得当班生产调度同意后，方可按停炉操作规程停炉。

突然停电引起的停炉和紧急状态下的停炉，要在停炉后迅速报告当班生产调度。

未经当班生产调度同意，不得擅自停炉。

(4)设备故障检修和抢修制度

①在生产过程中，发生故障时，岗位要配合维修人员进行维修，同时采取相应的对策，尽可能缩短检修时间和避免停炉。

②设备故障检修和抢修需要停炉时，岗位人员要积极配合和参与检修和抢修，做到设备抢修不过

夜。

(5)报告制度

①当班过程中出现工艺、设备故障时,要立即报告当班生产调度。

②生产过程中出现异常波动时,要立即报告当班生产调度。

③生产过程中发生人身安全、火灾等事故时,要立即报告当班生产调度。

④当班生产过程中,发生重大的工艺、设备、人身等事故时,要在下班前将事故经过以书面形式报告当班生产调度。

⑤发现入炉焦炭、烧结块质量异常波动时,应及时报告当班生产调度。

⑥计量器具失灵时,应报告当班生产调度。

39.2.1.3 生产过程中的衔接

(1)进行操作时,在鼓风炉单边进料、降料面处理炉况故障和停炉时,应与上、下道工序联系,以便上、下道工序采取措施,避免意外故障的发生。

(2)在鼓风炉作业时,出现跑空风、炉顶度超过控制标准时,应采取措施处理,同时开启喷雾水泵时烟气进行降温,并通知收尘岗位,以便其采取相应的对策,防止因烟气温度过高而烧坏收尘布袋。

(3)鼓风炉风量调整和降料面操作,须经过当班生产调度同意后,方可按当班生产调度的指令执行。

(4)鼓风炉电热前床放渣操作必须提前与下道工序联系,在得到对方的确认后,才能进行放渣操作,若遇特殊情况,需要提前放渣,必须征得当班生产调度同意后,才可进行放渣。

(5)若因下道工序原因,不能接收前床炉渣时,在征求当班调度的同意后,方可进行水淬。

(6)鼓风炉放铅应与下道工序联系是否需要液铅,若下道工序不能接收液铅,应报告当班生产调度,在征得当班生产调度同意后,对粗铅进行浇铸操作。

(7)鼓风炉汽化冷却水套的蒸气的放空与并网,必须通过当班生产调度的同意。

39.2.1.4 生产过程的控制

(1)把握好原辅材料的质量关,对加入鼓风炉的燃料、烧结块按质量标准严格把关,发现问题,及时处理和报告当班生产调度。

(2)控制好生产过程中的工艺技术条件,严格执行《工艺技术操作规程》,出现工艺技术条件的波动,应采取相应措施,使工艺技术条件处于受控范围。

(3)做好当班的均衡生产,根据当班烧结块供应的情况,及时调整鼓风炉风量,避免生产波动,同时与生产调度联系,解决烧结块的供应矛盾。

(4)在生产过程中出现的工艺、设备故障等要及时组织处理,尽可能避免生产中断,一旦影响鼓风炉停炉,要积极参与处理,尽快恢复当班生产。

(5)早班应为中、晚班生产创造条件,做好各项生产准备工作。

(6)做好各项原始记录、生产台账、生产大事记录和生产总结。

(7)做好生产波动和故障的分析,参与工艺、设备、故障的事故分析会,提出自己的见解。

(8)优化工艺技术参数,降低消耗。

39.2.2 生产过程管理方法的改进

39.2.2.1 生产调度管理现代化的基本理论

学习目标:本单元要掌握现代生产调度管理基本理论

生产调度管理是把现代自然科学和社会科学的成果综合地、全面地应用于企业管理,使企业管理能符合现代化大生产的要求,能适应现代科学技术发展水平,从而促进生产力的发展,提高经济效益。

生产调度管理的内容主要包括:管理思想、组织、方法、手段,人才等。

(1)生产调度管理思想现代化

这是生产调度管理现代体系的灵魂，社会主义的工业企业活动的指导思想，既要符合社会主义经济规律的要求，又要对世界新技术革命的挑战制订相应的对策，能结合我国企业管理的实际提出富有时代精神的改革措施。管理思想是一系列指导企业活动的观念组成的。目前主要是树立下列观念：即全局观念、经济效益观念、市场观念、竞争观念、开拓观念、人才观念、信息观念、时间观念等。

(2)生产调度管理组织现代化

这是生产调度管理现代化保证的保证，其目的在于管理组织的合理化，达到管理组织的高效化。管理组织的内容是指管理体制、领导制度、组织机构、人员配备、责权划分等。

(3)生产调度管理方法现代化

生产调度管理方法是指解决生产调度管理的问题，实现企业目标的有关预测、决策、计划、组织、指挥、协调、控制以及信息传输技术、程序、模型和技巧。它包括行政、经济、法律和教育方法，其中既有定性的方法。又有定量的方法，生产调度管理现代化就是按照现代化大生产的客观要求及企业经营的需要，不断应用现代科学技术成果，使生产调度管理方法科学化、系统性、标准化、制度化和最优化。目前工业企业常用的现代管理方法有：目标管理、滚动计划、市场预测、决策技术、量本利分析、网络计划技术、ABC 管理法、价值工程、全面质量管理、投入产出分析、线性规划、优选法。

(4)生产调度管理手段现代化

生产调度管理是辅助企业管理的物质工具。生产调度管理手段现代化目前就是以计算机为中心，主要包括计检、显示、监控、通讯及办公等手段的现代化。生产调度管理手段可极大提高管理效能，加快整个生产调度管理现代化的进程。这是由于计算机具有计算准确、快速储存、综合分析、自动控制等功能。因此，把它用于管理，不仅可以节约管理劳动，更重要的是有助于及时而有效地对生产经营活动进行管理，实现生产过程的最优控制。

(5)生产调度管理人才现代化

管理人才是生产调度管理现代化的核心，没有大批具有现代化的管理知识、丰富的实际经验、头脑敏锐、视野开阔、善于吸收国内外先进科学技术成果和管理经验的开拓型人才，就不可能有生产调度管理的现代化。

39.2.2.2　几种常见的管理方法的应用

学习目标：本单元要掌握各种管理方法理论体系，并能结合实际加以运用。

(1)PDCA 循环：生产过程管理可借鉴全面质量管理中基本工作方法，即 PDCA 循环，把一项管理工作分为四个阶段，P 代表计划阶段；D 代表执行阶段；C 代表检查阶段；A 代表处理阶段。在实际生产过程管理中通过 PDCA 循环，对生产管理经验进行总结，使之不断上升和完善。

(2)将全面质量管理的七种工具应用到生产过程管理中去，来帮助我们分析影响生产的原因，抓住主要原因，提高分析和解决生产过程中的问题的能力，有效地对生产进行控制。

(3)在生产过程管理中要完成某项具体管理工作和生产过程中抢修等具体工作时，可通过运用编制网络计划，抓住“关键线路”来高效完成工作任务。

(4)凡是在生产过程管理中可以应用数学模型的地方，就可作出很多细致的三维模型，来加以研究和分析。

(5)将计算机知识应用到生产管理中去，可对生产数据进行迅速准确地分析，迅速找到需要的结果，能有效地监控生产，能加快生产信息迅速传递，同时还可以大大地降低生产管理成本，提高工作效率。

第 40 章　锌冶炼技师

40.1　竖罐蒸馏

40.1.1　开炉

当燃烧室温度达到 1300℃时按计划组织加焦炭，即开炉加料前的底料。加焦时间保持 24 小时，焦炭加满后，移加料斗通大砣盘水，排出送底风，正常加料，加入两斗料以后，一冷器加锌，导能冷凝器，投入正常生产。

40.1.2　加料与排料

加料与排料是竖罐的重要操作之一，作业的好坏，直接影响炉日产量、蒸锌质量、锌冶炼回收率和罐体寿命。

40.1.2.1　加排料的操作重点

①保持罐内相对稳定的料柱，使排出渣与加入料量相平衡。

②为了保证炉气上升和罐内温度分布均匀，有利于脱除有害杂质，确保蒸馏锌质量，要求罐内各类排料均匀。上延部、下延部应保持密封，防止气流分布不均影响渣含锌和下料。

保证排料速度既均匀，又让炉料经常处于运动状态，使罐内料柱松散，锌蒸气最大限度地扩散。

控制稳定的高料柱，有利于上延部温度控制，减少液锌回流和锌蒸气再氧化反应的进行，而且有利于上延部对杂质铅、锡的过滤。

40.1.2.2　加、排料操作对蒸馏锌质量的影响

上延部内炉料相对为低温料，对炉气中高沸点杂质，尤其是铅雾，有明显的边滤效果，蒸锌含铅要求低于 0.35%。脱铅效率与边滤层高度、边滤面积、温度以及炉气流速有关。

(1)料面深度与蒸锌含铅的关系。由于料面深度(料柱高度)实际为一变量，所以只能取平均值。不难看出，料面深度测得的蒸馏锌含铅量。料面波动仅为 400mm，蒸锌含铅即可相差 4 倍。脱铅效率因料面降低，由 80%下降到 13%。因此，对新开动或正常生产状态下的竖罐，加料前后的料面深度应维持规定的指标。一般要求保持料前 1300mm～1400mm、料后 600mm～700mm。随开动时间的延续，内部炉瘤增大，料面相应下撤至料前 1600mm、料后 1100mm～1200mm。

(2)过滤面积的作用、炉料在罐内的分布状态，不仅对均匀排料有一定影响，同时对料层过滤面积也有较为密切的关系。

(3)排料对蒸锌质量的影响。排料时炉料向下部运动，促使炉气上升速度加快，有利于蒸馏过程的继续进行。但是，由于受到摩擦阻力的影响，炉料下降并不均匀。一般情况下中间较两侧稍快，特别在罐的下面表现更为明显。此外由于局部排料障碍，还会出现半边下料的现象，不仅料面遭到破坏，同时还引起气流上升不均，影响对杂质的过滤，使蒸锌质量和冷凝效率降低，为克服上述弊病，在排矿辊旁侧横向设有三块可分别开放的挡板，根据排料情况随时进行调整，以保证罐内各点炉料均匀向下部移动，正常情形下两端(罐体前后端)开放较大，中间略小，挡板与排矿辊距离一般为 50mm～70mm。

实践证明，罐内沿排矿装置横向各点排料均匀，不仅对脱除杂质铅、铁有利，更突出的是对控制杂质锡有非常重要的作用。由于罐内各有害元素的特性不同，对边滤面积和气流上升速度的要求也有很大差别。一般规律是上延部滤铅，铜不易被脱除。锡是高沸点低熔点的元素，虽与铅极为相似，其金属雾滴容易与铅形成互熔合金，在脱铅的同时可能被除去一部分，但对排料操作要求更严。要调整

排料挡板，控制罐内各点排料均匀。也可根据蒸锌中铜、锡含量分析确定罐内是否存在半边下料。

40.1.3 冶炼

学习目的：深入掌握冷凝原理各岗位的操作要点。

40.1.3.1 冷凝是火法炼锌的重要组成部分。含锌蒸气的炉气，在冷凝器内进行冷凝从而得到液体锌。冷凝效率的高低，直接影响炉日产量。另外，冷凝操作的好坏也是控制蒸锌质量的重要手段。

冷凝的操作要点：

(1)全部冷凝系统必须经常保持正压，各点压力均应大于 20Pa，防止外部空气进入，如果出现负压，吸入空气量少时，锌蒸气被氧化使冷凝效率降低，当吸入空气量多时，与炉气中大量的 CO 接触，将发生爆炸危险。为此，必须加强系统密封，经常保持炉气畅通，防止堵塞引起后部形成负压，对系统各部位要按规定扫除。

(2)严格控制冷凝温度，在保证锌池不凝的前提下，以较低为好，在出锌时可适当提温，以保证液锌运输过程中不凝。

(3)经常检查转子工作角度、转速、转子头磨损情况，以及锌液面控制等是否处于最佳状态。

(4)保持二冷凝器水力喷射机经常处于良好状态，使气流畅通无阻。

(5)冷凝系统作业，严禁两个及两个以上岗位，同时进行操作，防止引起压力波动或废气回流发生爆炸和喷火伤人，同时防止冷凝废气放散，引起煤气中毒。

40.1.3.2 冷凝操作对蒸锌质量的影响。

冷凝与加排料操作共同协作配合，控制系统压力均衡是控制铅铁等杂质的重要手段，尤其是测定罐内压差是掌握罐内气流运动的可靠依据，因此要根据风差合理送风，稳定的高料性，充分发挥上延部作用是降低蒸锌含杂质的重要途径。直管温度及出锌前提温温度增高。使锌粉中富集铁又重新进入锌液，会使蒸锌含铁增高，因此要及时扒除锌粉，随时掌握转子头磨损情况，使锌液与炉气进行正常的热交换。另外，降低原料含铁，提高团矿的完整率，降低焦结返粉，使碎面少进入罐内，增加团矿的吸附作用，也能有效提高蒸锌质量。

40.1.3.3 根据生产情况变化调整工艺参数。

(1)锌蒸气浓度与冷凝效率的关系

锌蒸气浓度与很多因素有关，如原料品位，还原剂性质，蒸馏炉温度及下延部送风等，而影响较大的主要为后者。一般来说，送风量增加，炉气被冲淡，锌蒸气浓度下降，冷凝效率降低，锌蒸气浓度一般为 30%～38%。而罐内一氧化炭黏的浓度是判定还原气氛的主要依据，因为罐内需要过饱和的一氧化炭黏，使锌蒸气不易被氧化，罐内氧化还原反应得以顺利进行。如果送风量增加，那么二氧化炭黏和氧就要增加，一氧化炭黏含量就要下降，锌蒸气浓度就会降低。因此罐内废气成分中一氧化炭黏成分要保持在 65%～75%之间，CO_2 要小于是 1.8%，O_2 要小于 0.8%。

下延部送风一般均小于 1.2m^3/min，生产中通常以罐口压力和排出压力的显示数来控制炉压，罐口压力可控制 50MPa～150MPa，排出压力则为 200MPa～300MPa。罐内压力和送风效果，可以从开停风的压力差(送风压差)来检查，压差过小，说明空气送入量小，或中下部罐漏严重，空气进入燃烧室短路；压差过大说明送风量过多，一般保持 80MPa～150MPa。罐漏时，罐口压力保持在 0MPa～50MPa，送风压差为 30MPa～80MPa。

(2)稳定加排料操作

罐口温度一般控制在 780℃～810℃，由于加料是间断进行的，罐口温度也是周期性变化而且波动较大。此外，排料操作掌握不好使下料不够稳定，也会使单位时间内炉气进入冷凝器不均，当冷凝能力一定时，效率也将降低。所以生产上在加料前 20 分钟，使排料频率降低，来料后调整排料频率，使锌蒸气浓度尽快平衡。

(3)合理控制提温温度和提温时间

冷凝室温度主要受炉气温度与锌液温度所控制。实践表明，锌液温度会使冷凝效率降低，一般控制在430℃～530℃之间。但考虑在出锌时造成锌包子凝结，出锌前要提高50℃～60℃，提温时间几乎占全天冶炼时间的1/5，使蓝粉大量增加，超过正常状态的三倍以上。因此，工艺上严格控制提温温度，要求直管温度控制在470℃以下。

(4)保持最佳锌液面波动范围，保证转子的扬锌量。转子扬锌量增加可以提高冷凝效率。一般来说，扬锌量愈大，冷凝效率越高。这种关系是在锌雨封闭炉气的角度和飞溅锌雨的总表面积一定的前提下建立的，因此倾斜式转子最佳角度比理论值(按抛物线45°)高，一般为46°～48°。此外影响扬锌量的主要因素是锌液面高度和转子工作状态，最佳埋入深度应该确定在锌液浸入转子叶片中心线稍下的地方。然而由于冷凝的连续进行和间断出锌，转子埋入锌液的浓度随时间变化也为一变量，使得扬锌量不断变化。最佳锌液面的区间是很小的，因此，每次出锌量要求不能超过40mm锌液面。

40.1.3.4　合理控制冷凝系统的各点压力

冷凝系统的压力主要由二冷凝器控制。二冷凝器是按水喷射泵原理输送净化烟气回收蓝粉和二次能源。为克服系统压力，产生足够的输送压头，保证罐口压力在50MPa～120MPa(在扫除和处理故障时还提出负压)，要求供水压力达0.8MPa～1.2MPa，以利于压力调整。

当罐漏时，罐口压力应保持0Pa～50Pa。

40.1.3.5　蒸锌质量的判定

冷凝蒸锌是否合格，主要化验蒸锌含铁量，蒸锌含铁要求不能超过0.165%。判断蒸锌含铁高低除用化验分析的方法，也可以用初步观察分析的方法，是看锌槽内锌液外表。一般来说，蒸锌含铁超高时，锌液表面有褐色或黑色的表皮。当锌液温度低时，锌槽底部有黏稠状沉淀物，含铁在2%～3%之间，这种蒸锌不能直接运往精馏，会使精馏塔炭黏化硅材料严重腐蚀，必须捞出，送入罐内，重新蒸馏。

40.2　热镀锌配料

熟练进行本工序设备检修后的试车调整，掌握炉体结构特点、筑炉方法、耐火材料的选择。熟练应用管理图表，正确分析废品产生原因，并能提出纠正、预防措施，了解环保和能源的基本知识。

40.2.1　开炉

(1)烘炉：在充分理解和掌握烘炉的目的和意义的基础上根据升温曲线，制定烘炉方案。

(2)试生产：

试生产方案制订原则应先以理论计算能力为基础，先以能力80%组织生产、10个班次后按100%能力组织生产。

开炉方案编制要求：

①首先按设计能力50%组织生产，观察炉子中下底及基础是否完好。

②三个班次后，将能力提到65%，继续观察。

③六个班次后，将能力提到80%，观察炉体运行情况，发现问题，尽早处理。

④十个班次后可将炉生产能力提到100%，按正常组织生产。

40.2.2　火法冶炼

40.2.2.1　进料：要求在仔细做好准备工作的基础上，检查炉子烘炉情况，能够判定温度是否均衡，然后组织加料。

40.2.2.2　冶炼

(1)合理化建议

有针对性提出生产中工艺、炉子、工人操作存在的问题，并能参与制定整改措施。

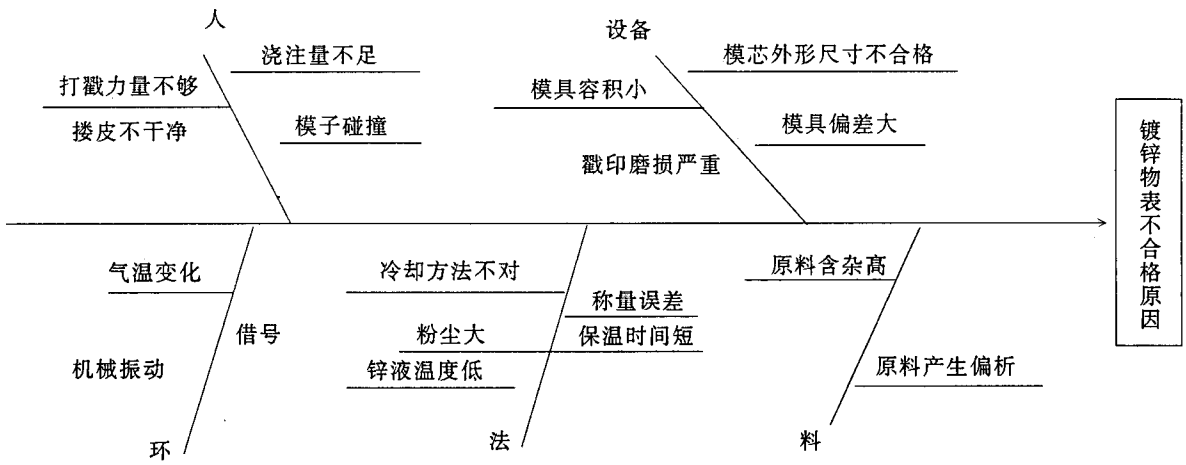
(2)数据分析

掌握锌冶炼原理:利用锌、铅、铁的熔点和比重不同,在精馏塔内控制一定的温度,使它们分离出来。第一阶段在铅塔中进行,脱除高沸点杂质金属铅、铁、铜、锡、铟等获得含镉锌。第二阶段在镉塔中进行,脱除低沸点杂质金属镉,获得精锌。

技术操作规程编制应把基本工作原理、生产过程使用原材料情况做简单的概述。然后详细介绍工艺流程,所用原、燃材料的技术规格、主要技术经济指标、主要技术操作原则、主要设备和附属设备规格、性能和作用,开、停炉操作规程和升温曲线、环境保护和卫生收尘的有关规定。

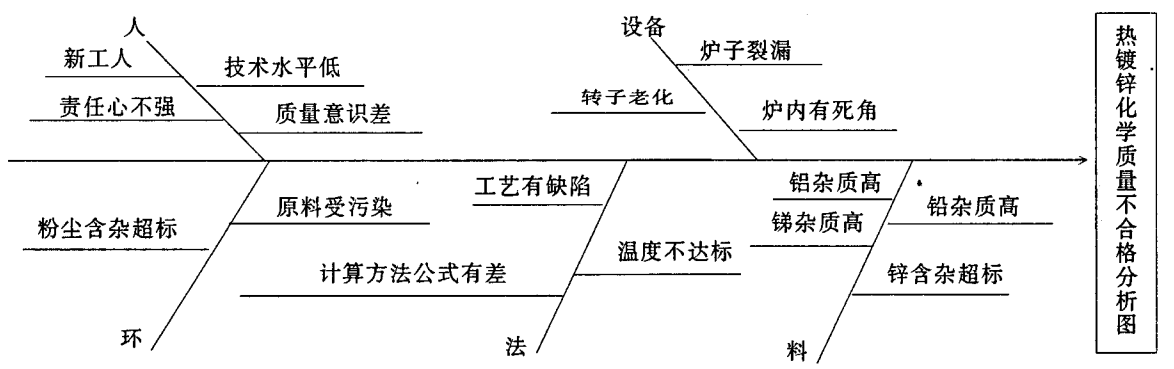
镀锌物表不合格因果分析:原因调查表 1

人	机	料	法	环
浇注量不足	模具容积小	原料与铅、铝、锑等过高有偏析现象产生	称量误差	气温变化
打戳力量不够	模具有偏差		液面不稳定错号	粉尘大
模子碰撞	模芯外形尺寸不合格		冷却方式不对,保温时间短	机械振动
搂皮不彻底力量不均	戳具磨损严重		锌液温度低,搂皮方法不对	



热镀锌化学质量不合格因果分析:原因调查表 2

人	机	料	法	环
技术水平低	炉子裂漏	锌含杂超标	工艺有缺陷	粉尘
责任心不强	转子老化	铅含杂高	温度不达标	含杂超标
质量意识差	炉内有死角	铝含杂高	计算方法公式有差	原料受污染
新工人		锑含杂高		



40.2.3 停炉检修

热镀锌配锌炉停炉检修，一般是炉体受损严重，不能正常组织生产使用。而停炉检修，一般情况下，拆除全部砖混结构，铁框架留用。

40.2.3.1 停炉作业

先将炉内锌液放净，半小时后以每小时 10℃开始降温。将温度降至 100℃时，煤气关死，废气拉砖全开，炉门、扫除口全开，自然降温。

40.2.3.2 检修

(1)配锌炉检修部位判定

①炉附属配置检修；

②临时性停炉烟道及副烟道检修。

此种检修不涉及炉本体，检修原因：烟道坍塌、裂漏。

检修方法：将温度控制好，首先将所有扫除口、炉门密封好，最后关火，封死煤气门，防止冷空气进入，拆除需检修部位，重砌筑，一般需要 4～12 小时。砌筑完毕后，打煤气入口，点燃煤气到正常加料温度加入锌液正常组织生产。

③计划停炉大修

二年一次的停炉检修，时间 35 天，按工厂计划安排进行。首先将炉内物料处理光，然后放净锌液，再降温拆炉进行检修。

(2)配锌炉检修质量

配锌炉检修质量标准：

①在砌筑前要对金属结构件进行检查，察看是否符合设计要求。

②耐火材料和保温隔热材料要注意防潮，砌筑用砖与灰理化性质要相适应。

③砌筑应错缝砌筑，直墙或底部砌砖的上下层、图形内衬的内外层的砖缝都应错开。"标准的砌法是压中缝，在特殊情况下至少压砖长或宽的三分之一，不准砌成双层重缝。

④砖体的砖缝灰浆要饱满严密，不能有空洞，暴露表面都要勾缝。

⑤砖的砍凿加工面一般不应朝向炉膛、烟道通道表面或膨胀缝。

⑥砖墙要拉线进行砖筑，保持灰口缝厚度一致，用水平尺和靠尺检查砌体表面平度，用控制的样板检查砌体的垂直度，倾斜度和园度。

⑦砌砖暂时不能相接或中断时应留阶梯形退台，严禁留收缩渣。

⑧禁止在砌体上砍凿加工砖或对已砌完的砌体进行砍凿和加工修理。

40.2.4 安全操作

40.2.4.1 安全技术操作规程

(1)上岗前穿戴好一切劳动保护用品。

(2)加料前，一定观察炉况，防止冒锌烫人。

(3)往炉内加固体物料时，必须认真认定物料表面无水或不潮湿，并将固体物料在炉门上烘烤 5～10 分钟，然后推入炉内。

(4)启动转子前要确认炉内物料是否全部熔化，启动时先晃车再启动。

40.2.4.2 安全保护和环保

国家规定冶炼生产现场烟尘安全环保标准：

火法冶炼对人体产生健康损害的职业危害因素常见的是生产现场空气中铅、镉、二氧化硫等元素及其他化合物的烟雾粉尘。其危害程度及病状与毒物种类、存在形式、所在车间空气中浓度、接触时间等

原因有关。我国规定生产现场铅烟浓度每立方米小于 0.03 毫克，铅尘浓度每立方米小于 0.05 毫克，氧化镉浓度每立方米小于 0.1 毫克、二氧化硫浓度每立方米小于 15 毫克。

40.2.5 生产管理

40.2.5.1 质量管理

确定质量方针、目标和职责，并在质量体系中通过诸如质量策划、质量控制、质量保证和质量改进。

质量方针：以人为本，精炼优质锌产品，持续改进，竭尽满足顾客需求。

目标：成品一次交检合格率 95%，出厂合格率 100%。

质量职责：对产品质量负责，工具专用，严禁使用其他岗位工具。锌包漏铁及时封堵，疏通出锌口及过道时，严禁使用铁工具，在作业时非用不可，操作一定要快、准，并事先检查工具确保完好，尽量减少工具与锌液接触。在使用前工具表面涂 SiC 灰浆，否则造成质量下降追究责任。

40.2.5.2 生产过程管理

配锌炉生产过程管理。

建立岗位原始生产记录，包括原料、配料检查计量，使用量、产出量、副产品量。记录生产操作中发生的问题、处理方法、发展过程和最终结果，按工艺条件要求控制好温度、搅拌时间和扒渣等特殊处理。

40.2.6 培训与指导

40.2.6.1 理论培训

掌握本工种岗位责任制和技术操作规程、安全技术操作规程、设备使用维护规程及有关的规章制度，熔铸工艺流程及基本知识和主要技术经济指标，本工序锌基合金的分类牌号，化学成分标准表示符号及其用途，本工序锌基合金的熔铸特点及保证质量的措施配料计算，杂质元素和夹杂物对产品性能质量的影响。配锌炉结构特点，浇注设备的简单构造和基本原理，炉温与造渣浇铸质量的关系，全面质量的一般知识，环保、能源的基本知识。

40.2.6.2 指导操作

检查鉴别原材料的质量情况和要求，准确控制温度。检查配料单及调整成分的计算方法，掌握熔铸过程中的生产操作。本工序的一般事故处理，根据质量管理图表分析废品产生原因，并能有效采取措施加以预防和纠正。对本工序所属设备的使用、维护和保养，本工序所属设备检修后的试车、调整，准确填写生产原始记录。

40.3 竖罐蒸馏冷凝系统

40.3.1 开炉

为了减少对耐火材料急冷急热的温度冲击，延长炉体寿命，对大、中修及新筑的竖罐蒸馏炉均要求按计划升温开炉，然后才能转入正常生产。开炉主要包括：罐体、燃烧室、冷凝器升温、罐内充填底料、导通冷凝器。

开炉升温必须按规定速度升温，以减弱温度变化对耐火材料性能的打击，避免炉体各部位的损坏，有利于延长炉体使用寿命。

开炉升温的方式及过程。开炉升温的方式采用混合煤气在炉外燃烧，热废气引入燃烧室进行升温。

一般分低温、中温、高温三个阶段。为防止煤气在蒸馏炉内燃烧时产生局部高温，在蒸馏炉的上、中、下各部位外边砌筑临时燃烧炉，用煤气先燃烧，将废气引入炉内，从而使整个燃烧室和罐的上、中、下各部温度分布均匀合理。必须指出的是，点火初期燃烧室温度低，煤气容易灭火，应保证煤气燃烧完全，否则废气中 CO 过剩进入燃烧室、换热室引起操作事故，点火升温后还要注意抹缝堵漏。

其操作步骤：

(1)打开升温孔，按煤气点火顺序点火；

(2)随着燃烧室温度的上升和需要热量的增加，应逐步加大煤气量，增加堵漏抹缝，增加抽力，使燃烧后的废气中 CO 过剩增加，延长煤气燃烧部位，使炉温按规定曲线上升。

(3)开炉时因五阶(上盖)进口温度低，煤气量开得较小，只能保持上部温度，所以开炉时一般右四节、三节处装火和，目的是为了提高中、下底温度，缩小上、下的温差。

当炉温达到 950℃以上进入高温阶段，此时停止使用外部燃烧设备，应引入正常生产系统使用预热煤气(俗称换大煤气)，然后把废气引入正常生产炉组相联通的废支道(俗称通废支)继续升温。

当燃烧室温度达到 1300℃时按计划组织加焦炭，即开炉加料前的底料。加焦时间保持 24 小时，焦炭加满后，移加料斗通大砣盘水，排出送底风，正常加料，加入两斗料以后，一冷器加锌，导通冷凝器，投入正常生产。

40.3.2 冶炼

学习目的：进一步掌握影响蒸锌质量和影响冷凝效率的原因，能够组织分析。

40.3.2.1 加、排料操作对蒸馏锌质量的影响

上延部内炉料相对为低温料，对炉气中高沸点杂质，尤其是铅雾，有明显的过滤效果，蒸锌含铅要求低于 0.35%。脱铅效率与过滤层高度、过滤面积、温度以及炉气流速有关。

(1)料面深度与蒸锌含铅的关系。由于料面深度(料柱高度)实际为一变量，所以只能取平均值。不难看出，料面深度测得的蒸馏锌含铅量，料面波动仅为 400mm，蒸锌含铅即可相差 4 倍。脱铅效率因料面降低，由 80%下降到 13%。因此，对新开动或正常生产状态下的竖罐，加料前后的料面深度应维持规定的指标。一般要求保持料前 1300mm～1400mm、料后 600mm～700mm。随开动时间的延续，内部炉瘤增大，料面相应下撤至料前 1600mm、料后 1100mm～1200mm。

(2)过滤面积的作用、炉料在罐内的分布状态，不仅对均匀排料有一定影响，同时对料层过滤面积也有较为密切的关系。

(3)排料对蒸锌质量的影响。排料时炉料向下部运动，促使炉气上升速度加快，有利于蒸馏过程的继续进行。但是，由于受到摩擦力的影响，炉料下降并不均匀。一般情况下中间较两侧稍快，特别在罐的下面表现更为明显。此外由于局部排料障碍，还会出现半边下料的现象，不仅料面遭到破坏，同时还引起气流上升不均，影响对杂质的过滤，使蒸锌质量和冷凝效率降低。为克服上述弊病，在排矿辊旁侧横向设有三块可分别开放的挡板，根据排料情况随时进行调整，以保证罐内各点炉料均匀向下部移动，正常情形下两端(罐体前后端)开放较大，中间略小，挡板与排矿辊距离一般为 50mm～70mm。

实践证明，罐内沿排矿装置横向各点排料均匀，不仅对脱除杂质铅、铁有利，更突出的是对控制杂质锡有非常重要的作用。由于罐内各有害元素的特性不同，对过滤面积和气流上升速度的要求，也有很大差别。一般规律是上延部滤铅，铜不易被脱除。锡是高沸点低熔点的元素，虽与铅极为相似，其金属雾滴容易与铅形成互熔合金，在脱铅的同时可能被除去一部分，但对排料操作要求更严。要调整排料挡板，控制罐内各点排料均匀。罐下部不同排料状态对铜、锡的影响也可根据蒸锌中铜、锡含量分析确定罐内是否存在半边下料。

40.3.2.2 影响冷凝效率的因素

蒸馏与冷凝过程的操作条件，如锌蒸气浓度、冷凝系统温度、扬锌量等与冷凝效率均有密切关系。

(1)锌蒸气浓度与冷凝效率的关系。锌蒸气浓度与很多因素有关,如原料含锌口位、还原剂性质、蒸馏炉温度及下部送风等。而影响较大的主要为后者。一般来说,送风量增加,炉气被冲淡,锌蒸气浓度下降,冷凝效率降低,锌蒸气浓度一般为30%～38%。

(2)排料操作的影响。罐口温度一般控制在780℃～810℃,由于间断加料操作的影响,罐口温度呈周期性变化,而且波动较大。此外,排料操作掌握不好使下料不够稳定,在单位时间内炉气进入冷凝器内不均(即气流速度不均),当冷凝能力一定时,效率也将降低。

(3)锌液温度对冷凝效率的影响。冷凝室温度主要是受炉气温度与锌液温度所控制。实践表明,要获得较高的冷凝效率,出锌前温度不应过高,一般控制在430℃～530℃之间;但考虑到铸模时不容易造成凝结,出锌前要提高温度50℃～60℃。提温时间几乎占全天冶炼时间的18%～20%,使蓝粉大量增加,超过正常状态的三倍以上,冷凝效率大幅度下降。因此国外采用连续出锌方式,解决了溶液温度波动使液面稳定,提高了效率。

(4)转子扬锌量与冷凝效率的关系。转子扬锌量与锌液面高度、转子直径、转速等因素有关。一般来说,扬锌量与转头埋入锌液的深度有关。最佳埋入深度该确定在锌液浸入转子叶片中心线稍下的地方,然而由于冷凝的连续进行和间断出锌,转子埋入锌液的深度随时间变化也为一变量,使得扬锌量和冷凝效率不断变化。最佳锌液面(转子最佳工作点)的区间是很小的。

此处转子工作状态、转头直径、转速以及转子安装角度均直接影响扬锌量。根据理论计算与生产实践中优选的结果比较,几乎完全一致。转头直径(外径)以大些为好,而转速为每分钟350转时扬锌量最高。此外,在一定范围内采用低转速、大转径,或高转速、小转径,均可获得相同的扬锌量。例如:250mm、350转/分与300mm、250转/分转子均可获得140立方米/小时的飞溅锌量。但是为了使转子工作平稳,减少震动,转头直径应小于400mm,转速高于300转/分,并使之接近最佳转速350转/分左右。目前我厂采用340mm,380转/分～420转/分。

必须指出,增加扬锌量可以提高冷凝效率,这种关系是在锌雨封闭炉气的角度(转子角度)和飞溅锌雨总表面积一定的前提下建立的。因此,在增加扬锌量的同时,必顺注意控制转子工作角度,保证锌雨对炉气达到全部封闭状态,最佳角度理论值(按抛物线45度)略高,一般为46度～48度。此外,为提高冷凝效率,飞溅的锌雨应保持较大的表面积,以便和炉气进行热交换。

40.3.3 停炉检修

竖罐蒸馏炉炉体寿命一般3～5年。罐体寿命较短,处于下限,当竖罐或燃烧室换热系统一出现故障不能继续生产或技术指标严重下降时,即需停炉检修。

停炉作业首先停止加料,继续按正常情况进行排料,可适当增加下部送风量。当料柱下降至脱离上延部后停止送风,并可适当加快排料速度。停止加料两小时后开始降温,降温采用先减煤气再挡空气道最后关抽力的方法。

中修蒸馏炉由于换热室需再利用,应力求避免急速降温。所以炉体拆除要避免燃烧室、换热室的损坏。炉体拆除过程中应注意搞好安全确认,避免安全事故。大、中修蒸馏炉应检查炉带松紧程度。停炉时,放松炉带,检修应对煤气进口、空气道及罐基砖套处铁活。

40.3.4 蒸馏炉及其主要附属设备和性能

学习目的:掌握蒸馏炉及其附属设备的结构和性能。

(1)竖罐。Z110－12型蒸馏炉是一个具有狭长矩形断面的高大炭黏化硅构筑体,包括罐本体、上延部、下延部。

①罐本体与罐基

罐本体是指炉料通过炭黏化硅罐壁外部燃烧室吸热完成蒸馏反应的部分,组成罐体的四壁由一对罐头和两面侧壁组合而成,罐体内部尺寸长×宽×高＝5074×290×10900,侧壁厚114mm。罐体

底部至砌筑根深称为罐基，它承受罐体全部重量，故基础部分较大，壁厚较一般侧壁增加一倍(230mm)，罐基高度占罐总高的8%左右。

罐本体的砌筑材料由高导热性SiC砖砌筑，筑炉砌料是小于80目的SiC灰，加入适量的黏土，用水玻璃调和而成。罐基材质为大型高铝异型砖，结合高强度磷酸盐泥浆砌筑。

②上延部

上延部系由小燃烧室和保温套组成。正接于罐本体上口，顶部与加料口相连，前侧接通冷凝器。其作用是使炉料与高温炉气进行热交换，并有脱铅和滤尘的效能。炉气出口经倾斜与冷凝器相连。因冷凝器与炉体不在同一个基础上，更兼受热与膨胀程度不同，冷凝器在高度方向上的延伸远小于罐体，所以倾斜部与上延部嵌接处与罐体结构类似，必须采取砂封式的活动接头，使之留有伸缩的余地。在主燃烧室的顶部环绕罐体四周，设置一个与主燃烧室相连通的空隙，构成小燃烧室。罐壁为炭黏化硅砖砌筑，小燃烧室宽度一般在240mm以上，为防止火焰通过，两端各有一砖墙隔开，小燃烧室侧墙内砌轻质黏土硅，外加硅藻土保温砖。其温度是借助主燃烧室的辐射热，以及自然对流的作用保持的。此外，有时由于燃烧室上部煤气过剩，向小燃烧室内送一定量空气，也可使其温度提高，一般可达950℃以上。罐体与上延部温度减小之后，可使炉瘤的生成速度变慢，从而延长悬矿周期。

③下延部

正接于罐基下面，由连接部。硅套及水套组成，其内部结构尺寸与罐基下部完全一致，其底部与水封和排矿机相连。下延部的作用除迅速冷却蒸馏炉渣外，还是下部送风进口通道。为防止锌蒸气在底部冷凝，以及强化罐内蒸馏的扩散过程，下延部送入的空气应转化为CO，以减少O_2对罐体下部炭黏化硅的侵蚀。下延部顶端采用硅套保温，内由耐火黏土砌筑，外边由硅藻土保温。最底层为钢板保护套，硅套高度一般在1.8～2.4米之间，水套与硅套相连接一般厚度。

(2)燃烧室

燃烧室是供给竖罐反应所需热量的燃烧供热装置，燃烧室对称配置在罐体两侧，其长、高与罐本体尺寸。受热罐壁与燃烧室侧墙宽度为350mm～450mm。为保证100多平方米热区温度均匀稳定，在燃烧室顶盖的下面各装有一条横向煤气道，其底部有8个煤气下眼，把煤气垂直引入燃烧室空间燃烧。在燃烧室两侧墙上的一定高度设置一条空气总道(与二层空气道相连和3～7层空气分道，横向空气总道设于空气总道上层，其他在下面，并都有支道与空气竖井相通。在支道入口有调整挡板，用以调节进入的空气量，每层空气道都有7～8个空气孔，空气孔洞进入燃烧室与煤气混合燃烧室边墙与罐壁间有炭黏化硅板制的顶砖，交错分设如梅花形横跨燃烧室空间将罐壁顶住，其主要作用是防止罐壁受罐内团矿的侧压力而使罐壁向外侧倾斜，并使燃烧气体形成涡流，有利于防止局部高温。

(3)换热室

换热室是燃烧室的辅助机构，两者紧密相连，其作用主要是利用燃烧废气的余热来预热空气和煤气，使之达到一定温度后进入燃烧室燃烧，以进一步提高炉温和热效率。

(4)冷凝器

冷凝器位于上延部端侧，与斜角为30℃～40℃的倾斜部相连，基础砌筑在厂房楼板上的I字钢梁上面，习惯上把冷凝器分两段。一段冷凝器内，炉气迅速释放热能，降低温度，使锌蒸气迅速冷凝为液体锌。含尘和含锌密度很低的烟气，进入第二段冷凝器(实质为洗涤器)内进行洗涤收尘，同时提供输送烟气的抽力，以罐内压力进行控制。

40.4 氧化锌技师

40.4.1 开炉

40.4.1.1 烘塔盘、燃烧室和换热室

准确工作就绪后，开始对系统各部位进行烘烤升温，目的主要是除去耐火材料的水分，稳定耐火材料性能，达到不漏不裂。

烘烤升温开始应慎重，在100℃以下，升温过程每小时2.5℃，防止水分蒸发过快，使塔盘在缝出现空隙。在100℃～200℃时，升温速度为5℃。经恒温后，可以检查塔顶排出的废气含水量情况。

在烘烤的同时，对新建的燃烧室和换热室也要进行烘烤，方法与燃烧室类似。使用的燃料为煤气。

40.4.1.2　燃烧室升温

燃烧室升温速度为每小时为5℃，最大不超过10℃，900℃以下用净化的煤气升温。900℃以上用预热煤气升温。

小煤气升温。燃烧室的最终温度为燃烧室的开始温度。升温时，650℃以下要保持木柴明火，木柴与煤气混合燃烧，燃烧室上部、下部和换热室入口温度各是一条线，左右温差小于5℃，上下部温差小于60℃。

换热室净化后煤气，通常燃烧室温度在900℃～980℃之间换大煤气。换热室出口温度必须大于350℃才开始换大煤气，换大煤气要求燃烧室温度波动小于30℃。4小时内燃烧室上下左右温度调成一条线。换热室入口没有自成一条线。升温在1300℃后恒温，要保持燃烧室上盖处是正压，使塔盘砌筑的灰浆烧结。降温时不要采取大煤气的办法，降到900℃恒温。

40.4.1.3　回流塔升温

对冷装后的精馏塔采取两段升温，对热装压密的精馏塔采取一段升温。就两段升温的应该在燃烧室换小煤气点火升温时，回流塔也点火。升温过程中要检查保温套严密情况，及时堵漏，防止冒火破坏保温套，各部位温度差小于50℃。

40.4.1.4　氧化炉升温

对于氧化炉升温，首先用木柴燃烧，然后按升温计划升温，升温的速度按计划进行。

40.4.1.5　加料

在各部位烘烤升温完成，燃烧室、回流塔经烧结降温为900℃熔化炉，锌液温度700℃时，就开始加料。

(1)选用煤气量大的燃烧物，从下延部蒸发，使燃烧废气通过塔顶，使塔顶冒浓烟，3～5分钟后快速取去可燃物，关密封，避免再漏气，同时向塔内供料。

(2)塔加料后，料量从小到大，逐渐达到规定料量。一般起始料量为6～8吨/班，以后每班增料400kg，一直到正常料量为止。

(3)塔加料后，主塔燃烧室温度保持900℃。经过两个小时，料流到塔中部以下时，主塔燃烧室开始提温，先慢后快。下延部见锌后，迅速提温，1小时达到1050℃，以后根据氧化锌情况提高燃烧室温度。

(4)下延部见锌判断方法：根据料量计算氧化锌时间，或者根据下延部温度上升情况判断是否见锌。

(5)如果热装压密砖，加料后36～48小时装压密砖；如果冷装压密砖，加料到36～48小时，用炭黏化硅灰浆刷压密砖。至此，全部开塔工作结束，转入正常生产。

40.4.2　冶炼过程

进料：

氧化锌生产使用的原料是B#锌，它当中含有大量的铅、铁等杂质，尤其是在生产过程中，铁对塔盘的侵蚀很大，因此要控制其含量。

液体锌中的铁由于能和炭黏化硅发生化学反应，而对塔盘进行侵蚀，其反应方程式为：

$$SiC+Fe=FeSi+C$$

其生成物为高硅铁，其熔点为1400℃左右，在精馏冶炼下为固态，由于炭黏化硅与高硅铁的热膨胀不同，当生产过程中，扫除、停电掉闸引起温度波动时，容易导致塔盘破裂。

原料中含铁过量时使塔盘变薄，强度降低，使用寿命缩短。原料含铁浓度与塔盘腐蚀速度的关系见下表：

含铁浓度(%)	0.001	0.030	0.035	0.065	0.085
塔盘最大腐蚀速度(mm/10天)	0	0.123	0.45	1.875	1.90

加料操作是氧化锌生产的基本条件，要求加料均匀、连续、稳定、准确。加料操作直接影响氧化炉产量和质量，也影响热工和塔体寿命。操作不当引起塔内压力的升降，会引起塔顶压力变化而使氧化炉温度变化较大，从而影响质量。影响铅塔加料量连续的因素有：(1)熔化炉液面高低。锌液高，速度快，下料高，降低面，由相反。(2)锌液温度。温度高，速度快，温度低相反。因此，熔化炉的温度应该稳定在630℃～680℃。

40.4.3 供热

间接法生产氧化锌热工控制影响氧化锌产量和质量，还有塔体寿命，因此加密封，结构料控制技术保证塔盘供热的均匀稳定。

40.4.3.1 供热方式和结构要求

在氧化锌生产过程中，除熔化炉和燃料直接加热外，塔体采用间接加热。燃烧室应于精馏蒸发盘中四周，供热需求温度的均匀稳定。

40.4.3.2 供热的基本要求

①燃烧室各部位塔内波动温度差小于10℃。

②为了提高热效率和减少温差，使用燃烧预热空气，在采用净化煤气时，煤气逐渐预热。

③燃烧室压力应低于塔内压力。

测点部位		单位	精馏塔
燃烧室	最高温度	℃	1300
	正常操作温度	℃	1050～1300
	允许波动范围	℃	10
	出口废气温度	℃	＜1250
	顶部炉气压力	Pa	±0
	冷却炉气压力	Pa	−30～−50
换热室	空气产热温度	℃	450～600
	煤气产热温度	℃	700～750
	热交换后废气出口温度	℃	400～600
	空气总道压力	℃	30～50
	煤气总道压力	Pa	40～60
	煤气道换热室呀力	Pa	180～220

40.4.3.3 温度与压力

①精馏炉

塔内金属蒸气温度约为910℃，塔内壁温度约为930℃，塔底部排出口温度为880℃～900℃。

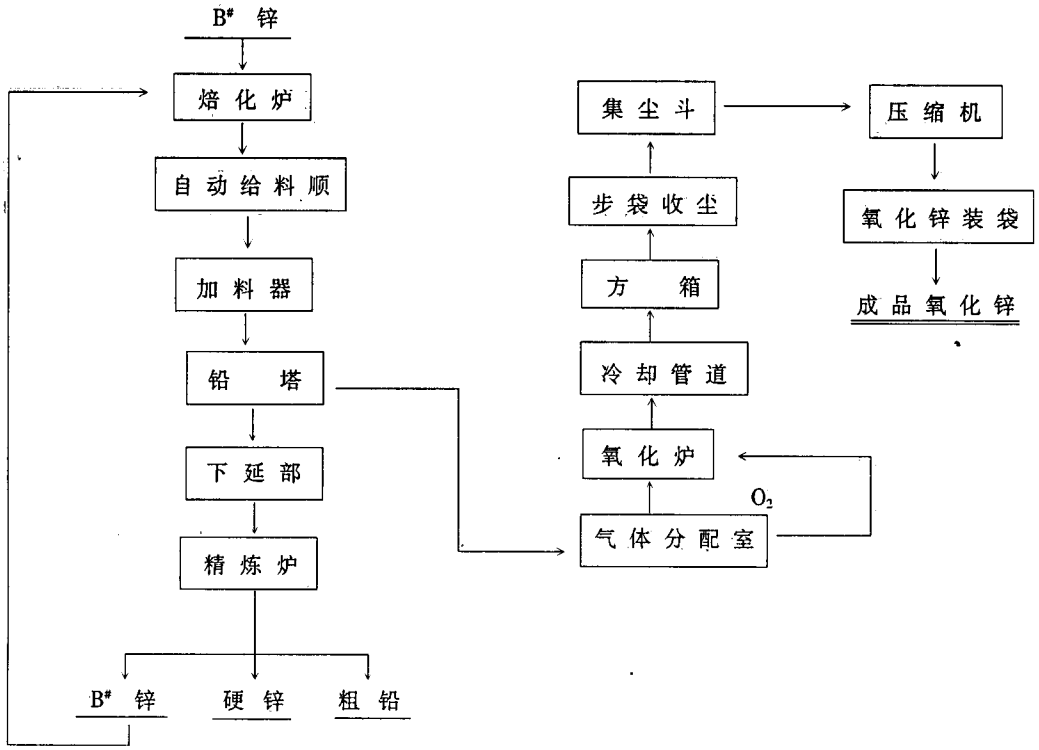
②精炼炉

熔析炉温度一般控制在430℃～520℃，最好为430℃～460℃，温度过低，锌液流动性差，上层B#锌溢流；温度高，则铅塔熔析不完全，特别是铁锌合金不易分层。

熔析时间一般为60～120小时。当B#锌含铅高时，可采取上取，低时可采取下取。

40.4.4 氧化锌的冶炼方法

氧化锌的生产方法很多，利用的原料不同，其中包括直接法和间接法两大类。我们所讲的间接法生产氧化锌，其工艺流程图如下：



40.4.5 主要设备选择计算

40.4.5.1 塔内所需热量和塔体受热面积

(1)塔内需要热量：

$$Q_{需} = Q_{加} + Q_{气} = P_1[C(T_{沸} - T_{液}) + P_4 C_{气}]$$

式中：$Q_{需}$——塔内锌液加热及蒸发所需热量，kJ/hJ；

$Q_{加}$——蒸发段塔内蒸发内部锌液经外部加热至沸点所需热量，kJ/h；

$Q_{气}$——锌液加热气化所需热量，kJ/h；

P_1——每小时平均加入塔内的液锌量，可各自取加入料量，kJ/hJ；

C——金属锌的比热，kJ/(hJ. ℃)；$C_{气}$～金属锌的气化潜热，kJ/10g；

P_4——塔内蒸发段的蒸发比。

(2)墙壁单位面积的供热量：

$$Q_{壁单} = t_{外} - t_{内} /(S_1/\lambda_1 + S_2/\lambda_2)$$

式中：$Q_{壁单}$——墙壁单位面积传热量 kJ/m². h；

S_1——墙盘壁厚 m；

S_2——塔盘表面釉质或涤料厚度 m；

λ_1——塔盘 SiC 质塔壁导热率，一般为 9.3～11.6n/m. ℃；

λ_2——塔盘表面釉质或涂料导热率，w/m. ℃；

$t_{外}$、$t_{内}$——分别为塔内、塔外壁温度，一般外壁温度可为 1130℃，内壁温度为 920℃。

(3)塔体有效受热面积：

$$F_{效} = Q_{热} / Q_{壁单}$$

式中：$F_{效}$——塔体需要的有效受热面积 m^2；

$Q_{热}$——塔体蒸发段各自所需热量 kJ/h。

40.4.5.2 塔盘结构、尺寸

塔盘均为长方形，但其各部位结构不同，技术要求不同，蒸发四周为圆角，以防因加热而变化开裂。

(1)蒸发盘

蒸发盘的横向断面为 W 型，金属锌液存于塔盘四周的沟槽，有得于接受蒸发壁传入的热量，啻载舟的蒸发能力，载舟的上气孔面积也应是最大气体的要求。实践中曾设计 2～4 处不同的气孔面积的盘型，组合时沿上气流方向，气孔面积增大的蒸发应于最上面。塔盘沟槽内的高为 22.5，即大于盘同度的一半，以逢到提高会热的目的。

盘壁接口呈向里倾斜的坡面，倾斜角度取 7°～9°。

(2)回流塔

回流盘为平底长方形槽型，其工艺动能是人保证锌液和锌蒸气相互有最大的接触面积，达到不同沸点的金属部分馏的目的，其结构要求：平底面没有导流槽格棱和溢流口，使锌液在盘面呈 S 型流动，延长盘内气流两相心接触时间，格高度不应大于 14mm～22mm，溢流口高度 10mm～14mm，回流盘上气孔面积应大于盘长总面积的 40%，盘的上气孔气体流速和上下盘的横向气体流速应小于 10m/s。

(3)塔盘尺寸和长宽的关系

塔盘大小的选择，应根据生产量的大小确定，不要过高，也不能受负荷进行，影响塔盘质量和塔体寿命。

塔盘和长宽的关系：

$$l_{盘} = (1.8 - 2.2)b_{盘}，常取\ 2b_{盘}$$

塔盘长与宽的关系：

$$h_{盘} = (0.3 - 0.4)\ b_{盘} m$$

墙盘厚度 s，主要根据盘型大小，B# 锌含铁量多少及制作结构密实程度选择，一般厚度为 30mm～50mm。

(4)每塔塔盘的受热面积($f_{盘}$)

按照一般惯例，取盘壁周边内外面积的平均值作为受热面积；

$$f_{盘} = 2h_{盘}(l_{盘}\ b_{盘} - 2s_1) m^2$$

40.4.5.3 塔体塔盘块数高度

(1)蒸发段塔盘块数 $n_{蒸}$：

$$n_{蒸} = F_{放} / f_{盘}$$

塔盘蒸发段采用 W 型蒸发盘

(2)回流段回流盘快速

用平底槽形盘，回流盘数经验公式：

$$n_{回} = E(n_{蒸} + n_{辅})$$

公式中 $n_{回}$——塔体回流段的塔盘块数、块；

$n_{辅}$——塔体组合时，需要辅助塔盘数、如底盘、倒气盘等，一般为 9～10 块；

E——回流段塔盘高度与蒸发段高度的比值，比值是保证氧化锌质量的重要参数，一般为 0.6～0.8；

C——塔体高度($H_{铅}$)：

$$H_{铅} = n_{蒸} \times h_{盘} + n_{回} \times h_{盘} + h_{辅} \times h_{盘}$$

公式中　$H_{铅}$——为铅塔总高度(m)。

40.4.5.4　塔内锌蒸气流速运算

塔内气体流速一般不超过 10 米/秒，为了演算过程中实际速度主要演算蒸发最上一块蒸发盘上气孔的纵向气速和通过相邻 2 盘之间横向流速，采用以下经验公式：

$$W_{最大}=[0.343\,P_{4}^{气}(1+t/273)]/f_{小}$$

公式中 $W_{最大}$——蒸发盘最上一块蒸发盘或回流盘上气孔的纵向气速或相邻两盘的横向气速，m/s，应小于 10m/s。

$P_{4}^{气}$蒸发段塔盘内需要气化的锌量，kg/s；

t——上部塔内锌蒸气温度，一般为 910℃～920℃；

$f_{小}$——最上部蒸发盘内气孔截面积或两盘间空间横向通道的最小截面积 m^2。

(1)燃烧室尺寸的确定

①燃烧室容积按下式计算：

$$V_{燃}=[B_{煤}(Q_{低}+Q_{煤})+Q_{空}\,B_{空}]/q$$

式中 $V_{燃}$——燃烧室容积，m^3；

$Q_{低}$——煤气低发热值 kJ/m^3；

$B_{煤}B_{空}$——煤气量空气量 m^3/h；

q——燃烧室容积热强度 kJ/m^2h；

$Q_{空}$——预热空气带入热，kJ/m^3；

$Q_{煤}$——预热煤气带入热，kJ/m^3；

B——燃烧室内烟气流动速度为 0.5～1.5m/s；

C——燃烧室截面积 $F_{燃}=(V_{燃}/h_{燃})m^2$。

式中 $h_{燃}$—燃烧室高度，按塔体有效受热高度计算 m。

b 燃烧室宽度 $B_{燃}=(-l\pm\sqrt{l^2+16Fe_{燃}/8)m}$

公式中　l——塔盘周长 m。

40.4.5.5　换热器

换热器的换热面积 F 按下式计算：

$$F=Q/K\cdot\Delta t$$

公式中　F——换热面积 m^2；

Δ_t——器壁两侧废气和空气、煤气的平均温差℃；

Q——传给空气或煤气的热量，kJ/h。

$$Q=n(Q_{废}^{始}-Q_{废}^{终})$$

n——换热器本身热利用率系数；

$Q_{废}^{始}$、$Q_{废}^{终}$——废气进入换热器带入热量 kJ/h；

K——换热器的热交换系数 $kJ/(m^2h-c)$。

$$K=1/(1/a_{废}+s/\lambda+1/a)$$

$Q_{废}$——废气对热交换器壁的传热系数 $W/m^2℃$；

a——换热器器壁对预热空气或煤气的传热系数 $W/m^2℃$；

s——换热器器壁厚度 m；

λ——换热器器壁导热系数 $W/m^2℃$。

40.4.5.6　熔化炉

(1)熔池面积 F；

$$F=(1000P_1/24a\Phi b)K\ m^2$$

公式中 P_1——塔加入量，t/d；

Φb ——熔化锌产出系数，取 0.981；

a ——熔化强度 kg/m² · h；

K ——熔池富裕系数。

(2)熔池深度

一般取溶池中心液体深度为 0.22～0.30 米。

40.4.5.7 精炼炉

(1)熔析池

熔析池容积 $V = (P_1 P_3 T/V)$ m³。

P_1 ——塔加入量 t/h；

P_3 ——塔底产物比例；

T ——熔析时间 h；

V ——熔体密度 t/m³；

t ——锌液温度℃取 480℃～520℃。

熔析池面积 $F = V/h$ m²。

公式中 h ——熔析池液体深度 m。

(2)B# 锌池

① $V_{放} = (P_1 P_3/\gamma) \times t_1 = hBl$

公式中 $V_{放}$ ——每次放出锌液高度 h_1 内的容积 m³；

t_1 ——放出间隔时间 h；

γ ——炉体密度 t/m²；

B ——熔析池宽度 m；

h_1 ——每次放出锌液高度 m；

l ——熔析池长度 m。

② $V_{液} = H_2 Bl$

公式中 $V_{底}$ ——溶池底锌的容积 m³；

H_2 ——底锌深度 m 一般为(1.5－2)h

$$C \times Vn = V_{放} + V_{底} = (2.5 \sim 3)\ V_{放}。$$

公式中 Vn ——无镉锌池几何容积 m³。

按经验公式计算法 $Vn = hBl = (0.16 - 0.2)V$。

V ——熔析池容积 m³；

h ——无镉锌贮池总深度 m，一般为(0.5～0.6)。

40.5 精馏锌精炼工

40.5.1 开炉

41.5.1.1 烘塔盘、燃烧室和换热室

准备工作就绪以后，开始对系统各部位进行烘烧升温，目的主要是除去耐火材料中的水分，稳定耐火材料性能，达到不漏不裂。

烘塔升温开始宜慎重，在 100℃下，升温速度每小时为 2.5℃，防止水分蒸发过快，使盘灰缝出现空隙。在 100℃～200℃时，升温速度每小时为 5℃。经恒温后，可以从塔顶检查排出的废气中含水分情况。

在烘塔盘的同时，对新建的燃烧室和换热室也要进行烘炉，操作方法与烘塔类似，所用燃料为煤气。

40.5.1.2　燃烧室升温

燃烧室升温速度为5℃/h，最大不超过10℃/h，900℃以下用净化煤气（俗称小煤气）升温，900℃以上用预热净化煤气（俗称大煤气）升温。

小煤气点火升温，燃烧室的最终温度作为燃烧室升温后起始温度。升温时，650℃下要保持木柴明火，木柴和煤气混合燃烧。燃烧室上部、下部和换热室入口温度各呈一条直线，左右温差小于5℃，上下部温差小于60℃。

换预热净化煤气，（俗称换大煤气），通常燃烧室温度在900℃～980℃之间换火煤气，换热室出口温度必须大于350℃才开始换大煤气，换大煤气要求燃烧室温度波动小于30℃，4小时之内将燃烧室上下左右温度调成一条线，换热室入口温度自成一条线；升温在1300℃后要恒温，要保持燃烧室上盖处显正压，使塔盘砌筑的灰浆烧结；降温时不要采取大煤气的办法，降到900℃恒温。

40.5.1.3　回流塔升温

对冷装压密砖的精馏采取两段升温：对热装密砖精馏塔采取一段升温。就两段升温而言，在燃烧室送小煤气点升温时，回流塔也点火，开温过程中要经常检查保温套严密情况，及时抹缝墙漏，防止冒火烧坏保温套，各部位温差不小于50℃。

除此之外，其他如冷凝器、下延部等，都在不同时期用木柴和煤气升温新建的还要烘烤。

40.5.1.4　加料

在各部烘烤升温完成，燃烧室回流塔经烧结降温达900℃，熔化炉锌液700℃时可开始加料。

（1）选用烟气量大的燃烧物，从下延部点火，使燃烧废气通入塔内。待塔顶冒浓烟3～5分种后快速取出可燃物并密封，避免再漏进空气，同时向塔供料。

（2）塔加料后，料量从小到大，逐渐达到规定料量。一般中型大铅塔第一班加料量为13.2吨/班，以后每班增料400kg，一直到正常生产料量为止。

（3）料进入塔内后，主塔燃烧室仍保持900℃，经过两小时，料流到塔中部以下时，主塔燃烧开始提温，先慢后快。下延部见锌后，快速提温，一小时内达到1050℃，以后各班根据冷凝器温度提高主塔燃烧室温度，一直到百叶窗达到正常指标。

（4）下延部见锌判断方法：根据料量计算见锌时间，或者根据下延部温度上升情况判断是否见锌。

（5）如果热装压密砖，加料后36～48小时装村密砖，如果冷装村密砖，加料到36～48小时，用炭黏化硅灰浆刷压密砖缝，至此，全部开塔工作结束，转入正常生产。

40.5.2　**火法冶炼**

40.5.2.1　进料

精馏塔使用的原料为粗锌。一般要求粗锌铅含量＜1%，铁含量＜0.04%，镉含量＜0.05%；由于铁在精馏过程中对炭黏化硅塔体有腐蚀作用，因此应控制其含量。

液体锌中的铁由于能和炭黏化硅发生化学反应而对塔盘进行腐蚀，其反应方程式为：

$$SiC+Fe=FeSi+C$$

其生成物为高硅铁。以高硅铁为基体的非均匀固化熔化炉存在于塔盘内，其熔点为1400℃左右，在精馏温度下为固体。由于炭黏化硅与高硅铁的热膨胀系数不同，当生产中因扫除、停电掉闸引起塔温度波动时，容易导致塔盘破裂，严重时会使塔盘碎裂。

原料中含铁越高，对塔盘腐蚀越厉害。腐蚀结果使塔盘变薄，强度降低，使用寿命缩短。原料含铁浓度与塔盘腐蚀速度的关系。

原料含铁浓度与塔盘腐蚀速度关系：

含铁浓度（%）	0.001	0.030	0.035	0.065	0.085
塔盘最大腐蚀速度（毫米/10天）	0	0.123	0.45	1.875	1.90

加料操作是精馏塔正常生产的基础条件，要求加料均匀、连续、稳定、准确。加料操作直接影响精锌产量和质量，也影响热工温度和塔体寿命。操作不当易引起塔内压力骤升骤降，会引起塔顶和冷凝器放炮，流槽鼓开。粗锌有液锌与块锌之别，加入熔化炉时，必须严格控制加料速度。影响铅塔加料速度的有：(1)熔化炉锌液面高低。锌液面高，落差大，流速快，下料多；锌液面低则相反。(2)锌液温度。温度高，黏度小，流速快；温度低则相反。因此，熔化炉应尽量稳定，熔化炉温度指标为600℃～650℃，对加铝工艺的熔化炉，为了减少铝偏高，锌液温度应提高50℃，而渣量不会增加。

40.5.2.2 供热

精馏过程的热工控制直接影响精锌质量和塔体寿命，因此选择燃料加热方式、结构设计等应保证供热可靠，均匀稳定

(1)供热方式和结构特点

在精馏过程中，除熔化炉和熔析炉为直接加热外，铅塔及镉塔皆采用间接加热，燃烧室位于精馏炉蒸发盘四周，供热要求温度均匀稳定。

(2)供热的基本要求

①燃烧室部位的精馏塔内部各点温度差不应大于10℃.

②为了提高热效率和减小温差，使用燃烧废气预热空气，在采用净化发生炉煤气时，还需要将煤气预热。

③燃烧室内压力应低于塔内压力，以预防燃烧废气或空气进入塔盘内使锌蒸气氧化。

(3)温度压力

①精馏炉

铅金属蒸气温度为9010℃，塔内壁温度约为930℃。塔底部排出锌液温度为880℃～900℃塔内。

②精馏炉

熔析温度一般控制在430℃～520℃，最好为430℃～460℃，温度过低外液流动性差，上层B#锌溢流困难；温度高则铅铁熔析不完全，特别是锌铁金属不易分层。

熔析时间一般为60h～120h。当粗锌含铅、铁高时，可取上限，低时可取下限。若原料仅含铁高，可取上限，以利于塔龄延长。

40.5.2.3 锌的冶炼方法

现代炼锌方法分为火法炼锌和湿法炼锌两大类。火法炼锌包括平罐蒸馏法、竖罐蒸馏法、电解蒸馏法和密闭鼓风炉炼锌法；湿法炼锌即电解法炼锌。

(1)火法炼锌焙烧的特点

采用火法炼锌(蒸馏法)时，通过焙烧力求除去全部硫和绝大多数的铅镉以获得主要的金属氧化物组成的多孔度的焙烧。这样就可以使蒸馏过程强化，且得到较纯的锌。此外，还可以通过收尘把炉气中的部分烟尘收下，作为提镉和铅的原料。焙烧产出含SO_2的炉气则送去制造硫酸。

(2)蒸馏法炼锌的特点

①氧化锌难还原，需要强烈的还原气氛和高温条件。实践中氧化锌还原成金属锌是950℃以上高温下进行的，而金属锌在907℃时就已经完全气化，常压下不能像铜、铅、铁等金属氧化物还原那样直接得到液体金属。

②氧化锌还原只能在一氧化炭黏浓度较高的条件下进行，还原后产生的锌蒸气又很容易被二氧化炭黏和空气再氧化。为此，蒸馏法不允许燃烧废气与锌蒸气直接混合，而必须在密闭的炼罐内，以间接加热方式进行。

③蒸馏法炼锌一般不加熔剂，也不像冶炼其他金属那样要产出熔渣。

④氧化锌在密闭罐内加热还原后，得到含有锌蒸气和一氧化炭黏的混合气体，导入密闭冷凝器内，才能得到液体锌。

因此，以锌焙烧矿制成团矿，经焦结、蒸馏提取金属锌主要包括两个过程：一是在蒸馏炉中还原氧化锌获得锌蒸气；二是锌蒸气在冷凝器内冷凝成液体锌。

40.5.3 主要设备选择计算

(1)精馏塔座数的初步确定

铅塔和镉塔的座数，应根据每年需要处理的粗锌和需生产的精锌的产量而定。可按下列公式计算：

$$\text{铅塔座数 } N_{铅} = G/365np$$

$$\text{镉塔座数 } N_{镉} = G/365np^{2}$$

$$\text{B}^{\#}\text{塔座数 } Nb = GmE/365np(1-m)$$

式中

G：处理粗锌的总量；

P：一座铅塔每天的加料量；

E：B#塔每天直接产出率；

m：铅塔或B#锌塔底部排出物经熔析产出的B#锌系数，一般为总量的92%～96%即除去硬锌、粗铅和锌渣量。

n：塔年运转率。

上式中，$Nb<2$ 时，取 Nb 为1。当 $2<Nb<3$ 时，取 Nb 为2。

B#锌尚有剩余，可分别返回铅塔。

如果年处理量不大，可不设B#塔，这样计算铅、镉塔座数时，铅塔每日平均处理量应加入返回的B#锌，铅塔实际处理量应为：

$$G = G(1+n)$$

(2)塔日平均处理量

根据年处理粗锌量和初定塔数，经过复算，验定原取数无误，即由下述公式求得：

铅塔日处理量 $= G/365nN_{铅}$；

镉塔日处理量 $= 2G/365nN_{镉}$；

如果B#锌返回铅塔，上式G应改为 $G = G(1+m)$。

(3)塔内锌流向分配系数的制定

根据精馏分馏的理论，冶金计算及粗锌杂质含量，结合生产实践参数，计算塔内锌流流入分配比率。

根据上列锌流流向分配比率，可计算塔内各部位所需热量和散发热量，从而计算塔盘的加热热面积和散发热面积，设计不同塔盘尺寸和数量。

(4)塔内所需热量和塔体受热面积

①塔内需要热量

$$Q_{需} = Q_{加} + Q_{气} = P_1[C(t_{沸} - t_{液}) + p\ 4C_{气}];$$

式中 $Q_{需}$——塔内锌液加热及蒸发所需热量；

$Q_{加}$——蒸发段塔内盘内锌液经外壁加热到沸点所需热量；

$Q_{气}$——锌液加热气化所需的热量；

P_1——每小时平均加入塔内的液锌量，铅塔、镉塔可各自取加入量；

C——金属锌的比热；

$C_{气}$——金属锌的氧化潜热；

P_4——塔体蒸发段的蒸发比，镉铅塔可各自取其蒸发比。

②塔壁单位面积传热量

$$Q_{壁单} = (T_{外} - T_{内})/(S_1/R_1 + S_2/R_2)$$

式中 $Q_{壁单}$——塔壁单位面积传热量；

S_1——塔盘壁厚；

R_1——塔盘 SiC 质塔壁导热率，一般为 9.3～11.6w/m.℃；

R_2——塔盘表面釉质或涂料导热率；

$t_{外}$、$t_{内}$——分别为塔内、塔外壁温度，一般外壁温度可取 1130℃，内壁温度取 920℃。

③塔体有效受热面积；

$$F_{放} = Q_{需}/Q_{壁单}$$

式中 $F_{放}$——铅塔镉塔需要的有效受热面积；

$Q_{需}$——铅塔镉塔蒸发段各自所需热量。

(5)塔盘结构、尺寸

塔盘约为长方形，但其内部结构不同，技术要求也各异，盘的四周为圆角，以防因受热而开裂。

①蒸发盘

蒸发盘的横向断面为 W 型。金属锌液存于塔盘四周的沟槽，有利于接受盘壁传入的热量，增加塔盘的蒸发能力。

蒸发盘结构尺寸的构成要求如下：

上下两盘的空间高度 H_2 应保证塔内最大锌水平气速小于 10mm/s，且水平方向的阻力不能太大。

塔盘的上气孔面积也应适合最大气流速度的要求。设计 2～4 种不同气孔面积的盘型，组合时沿边上升气流流向方向，气孔面积增大的盘放于最上方。这种技术要求，在大塔盘设计，改进为一种大小的上气孔盘。

塔壁盘沟槽内的锌液面高度 $h_1 > 0.5h$，即大于盘壁高度一半，以达到提高传热效率的目的。

盘内平底薄层锌液的高度视塔盘的大小一般取 10mm～20mm。

盘壁接口呈倾斜的坡面，倾斜角取 7°～9°，以保证塔盘达砌稳固。

②回流塔

回流盘为平底长方槽型，其他功能是保证锌液和锌蒸发两相有最大的接触面，以达到不同沸点的金属部分馏的目的。其结构要求：平底面设有导流格棱和溢流口，使锌液在盘内呈 S 形流动，延长塔内气液面相的接触时内，格棱高度一般为 14mm～20mm，溢流口高度 0mm～14mm，回流盘上气孔面积应不大于盘面积的 40%，盘的上气孔气体流速和上下两盘的空间横向气体流速应小于 10m/s。

③塔盘尺寸和长、宽、高的关系

塔盘尺寸大小的选择，应生产的大小确定，即不要能力过剩，也不能过负荷运行，影响塔盘质量和塔龄寿命。

塔盘长宽的关系：

$$L_{盘} = (1.8 - 2.2)B_{盘}，常取\ 2B$$

塔盘高与宽的关系：

$$H_{盘} = (0.3 - 0.4)B_{盘}$$

载舟厚度为 S，主要根据盘型大小，粗锌含铁量多少及制作结构密度实际选择，一般厚度为 30mm～50mm。

④每塔的塔盘受热面积

按照一般情况，取盘壁周围内侧面积的平均值作为受热面积

$$F_{盘} = 2h_{盘}(L_{盘} + B_{盘} - 2S_1)$$

(6)塔体塔盘块数和高度

①蒸发段塔盘块数

$$N_{蒸} = F_{效} / F_{盘}$$

铅塔蒸发段用 W 型蒸发后，镉塔蒸发段用平底回流盘，其结构效率后者较前者低 20%～30%。为了温化镉塔的蒸发段，解决粗锌含 Cd 高的矛盾，有的工厂曾采用部分 W 型盘取代平底槽形盘，以保证镉塔塔加热段与铅塔在一楼层高度。

②回流段回流盘块数

用平底槽形盘，回流盘块数可用工厂经验公式计算

$$N_{回} = E(N_{蒸} + N_{辅})$$

式中 $N_{回}$：塔体回流段的塔盘块数

$N_{辅}$：载体组合时，需要辅助的塔盘的块数，如底盘预热盘等，一般为 2～3 块

E：回流段塔盘高度与蒸发段高度的比值，比值是保证精锌质量的重要系数，一般为 0.6～0.8 视原料杂质含量高低而定，高则取大值。

③塔体高度

铅塔塔体高度

$$Hpb = N_{蒸}\ h_{盘} + N_{回}\ h_{盘} + N_{辅}\ h_{盘}$$

镉塔塔体高度

$$Hcd = N_{蒸}\ h_{盘} + N_{回}\ h_{盘} + N_{辅}\ h_{盘} + h_{大冷}$$

式中 Hpb、Hcd 分别为铅塔和镉塔塔体总高度。

(7)塔内锌蒸气流速验算

塔内气体流速一般不超过 10m/s，为了验算过程中的实际速度，主要验算蒸发段最上一块蒸发盘上气孔的纵向气速和通过相邻两盘之间窖的横向流速，采用以下经验公式：

$$W_{最大} = [0.343P_{锌气}(1 + t/273)]/f_{小}$$

式中 W 最大 —— 蒸发盘最上一块蒸发盘或回流盘上气孔有纵向气速或相邻两盘之间的横向气速。

$P_{锌气}$—— 蒸发段塔盘内需要氧化的锌量

t—— 上部塔内锌蒸气温度。

$f_{小}$——最上部蒸发盘内上气孔截面或两盘间空间横向通道的最小截面积。

(8)铅塔冷凝器：

铅塔冷凝器是用炭黏化硅质耐火材料砌筑的短形容器，下设锌液封闭的底贮槽，外围设有活动得保温窗。

①散热面积

冷凝器所需散热面积可用一列公式计算：

$$Fpb = Q_{散} / [k(t_{壁} - t_{空})]$$

式中 Fpb—— 冷凝器所需散热面积；

$Q_{散}$ —— 冷凝器散出的热量；

P—— 冷凝锌量；

C—— 锌的比热；

$t_{汽}$ —— 进入疮疤冷凝器温度；

$t_{液}$ —— 铅塔冷凝器锌液；

$C_{汽}$ —— 锌的气化；

K—— 传热系数；

S—— 冷凝器壁厚；

R—— 冷凝器导热系数；

a—— 器壁对空气的散热率；

$t_{壁}$ —— 冷凝器内壁温度；

$t_{空}$ —— 冷凝器周围空气温度。

②冷凝器容积的尺寸

冷凝器容积

$$Vpb_{冷} = P/a_{冷}$$

式中 $a_{冷}$——经验系数，铅塔冷凝器冷凝容积强度。

冷凝室尺寸可按下列经验公式计算

宽：长＝1：(1.4～1.6)；

宽：高＝1：(4～5)。

(9)镉塔冷凝器大小的设计

冷凝器的冷凝锌量：

大冷凝器回流锌量

$$p_{大冷} = p_1(p_2 + p_5 - p_2)$$

小冷凝冷凝锌量

$$p_{小冷} = p_1 \cdot p_5$$

式中 p 大冷 p 小冷——分别为镉塔大小冷凝器需冷凝的锌量

p_1——镉塔每小时加入含镉锌量；

p_2——镉塔塔内锌量分配比率的回流比；

p_5——镉塔小冷凝器冷凝高镉锌比例，取冷凝比 0.05～0.15 的平均值；

p_2——镉塔回流塔拟定的回流比，(不含大冷凝器的冷凝量)，与铅塔回流比相似，一般为 0.25～0.30，可取大值。

(10)燃烧室尺寸的确定

根据理论计算和生产实际来确定。

换热室：

换热室的换热面积按下列公式计算

$$F = Q/kt$$

式中 F ——换热面积；

t ——器避雨两侧废气和空气煤气的平均温度差；

Q ——传给空气或煤气的热量。

$$Q = n(Q_{废始} - Q_{废终})$$

n ——换热器本身的热利用系数；

$Q_{废始}$、$Q_{废终}$ ——废气进出换热室带入热量。

(11)换热器的热交换强度。

依据各厂所选设备确定。

(12)熔化炉

①熔化面积

$$F = p_1 1000/24arb$$

式中 p_1 ——铅塔加料量；

rb ——熔化炉锌产出系数；

a ——熔化温度；

k ——熔池富裕系数。

②熔池深度

一般取熔池中心液体锌深度为 0.22～0.33。

(13)精炼炉

①熔析池容积：

$$V = p_1 p_3 T/r$$

式中 p_1 ——塔加入量；

p_3 ——塔底产物比例；

T ——熔析时间；

r ——熔体密度；

t ——锌液温度。

熔析池面积：

$$F = r/h$$

式中 h ——熔析池液体锌深度

②B#锌池

$$V_{放} = p_1 p_3 / r t_1 = h_1 BL$$

式中 $V_{放}$——每次放出锌液高度，h_1 内的容积；

t_1 ——放出间隔时间；

r ——熔析密度；

B ——熔析池密度；

h_1 ——每次放出锌液高度；

L ——熔析池长度。

$$V_{液} = H_2 BL$$

式中 $V_{底}$——熔析池底锌的容积；

H_2 ——底锌深度。

$$Vn = V_{放} + V_{底}$$

式中 Vn ——无镉锌池的几何容积；

h ——无镉锌贮池总深度；

V ——熔析池容积。

40.5.4 停炉检修

(1)熔化炉

如果大修，将炉膛锌液放干净后再关泄气降温。

如果中修，炉膛内锌液可不放出，降温速度每小时不超过 20℃。

(2)燃烧室

停止向塔内供料后，燃烧室开始降温。中修塔降温速度为每小时 5℃，大修塔降温速度为每小时 10℃。燃烧室上部温度降到 800℃时，关闭煤气支道总阀门进行“闷炉”降温。燃烧室上部温度降到 700℃，打开燃烧室上盖扫除口。燃烧室上部温度降到 400℃，打开补塔门和二阶入口。燃烧室温度降至 200℃，将各孔口全部打开。

(3)精馏塔

铅塔停止加料 8 小时后，将冷凝器底座和流槽内的含镉锌掏净，均匀加入镉塔。停止加料 20 小时后，将下延部锌以及镉塔小冷凝器底座里的高镉锌掏净。

(4)熔析炉

停炉前掏净硬锌及出铅。如果大修，将锌铅全部放出。降温速度每小时不超过 20℃。

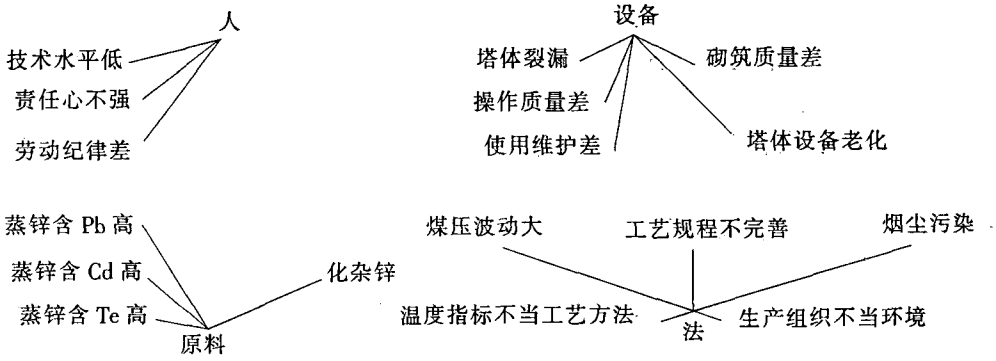
(5)纯锌槽

对于中修塔，纯锌槽中的锌液面放至最低即可。如果大修，则将精锌全部放出后再降温。

40.5.5 质量管理

精锌质量主要包括化学成分和物理表面。影响化学成分的主要元素是铅、镉、铁。影响物理表面的主要原因是铸锭机和操作水平。

(1)精锌化学物质的因素分析



(2)精锌含 Pb 高的因素分析

①精锌产出率高→原料含 Pb 高→熔析效果差→蒸锌含铅高→加料量少→B# 锌含铅高→不按规定化其他锌→主塔温度高;出铅不及时。

②供锌不及时→回流塔漏锌→保温套堵塞→操作水平低→设备维护差、铅塔超期运行→扫除不及时→工艺纪律差、塔顶漏锌→铅塔料量波动大→铅塔脱铅能力差。

40.5.6 生产过程管理

(1)生产能力

①塔壁工作强度

塔壁工作强度是指单一塔体有效受热面积的生产强度,可按下列公式计算

$$Apb = p(1-Q1)/Fpb$$

$$Acd = 2p(1-Q_1)(1-Q_2)/Fcd$$

式中:

Apb—— 铅塔塔壁工作强度;

Acd—— 镉塔塔壁工作强度;

p—— 每座铅塔加入锌量;

Q_1—— 铅塔下延部排出无镉锌系数;

Q_2—— 镉塔高镉锌或镉灰出的系数;

Fpb、Fcd—— 分别为铅、镉塔壁有效受热面积。

塔壁工作强度主要根据原料杂质含量,生产精锌纯度及冶炼条件,参考同类型精馏炉实际生产指标的确定或计算得出。

②精馏生产能力

精馏生产能力一般是指以塔组每日生产精锌量表示,但也有用生产精锌和 B# 锌的总量表示的,三塔型的生产能力可以下式表示:

$$M_3 = Acd \cdot Fcd$$

式中:M_3——三塔型塔组生产能力。

(2)塔龄和运转率

①塔龄一般是指两次大修之间的生产时间,但精馏塔常以两次塔盘拆修(称为中修)之间的工作

时间为塔龄，因为实际大修时间都超过 10 年以上，一代塔龄一般铅塔为 18～24 个月，镉塔 24 个月以上。影响塔龄的主要因素有：原料质量、炉体结构及材质、砌筑质量、生产使用和维护。

②精馏炉运转率是扣除检修和停、开塔时间的实际生产天数与日历天数之比，一般为 88%～71%。设计时年工作能力可取 330 天。

③精锌单耗粗锌。

粗锌单耗粗锌计算公式：

粗锌单耗＝全部使用粗锌(外来块锌)±高镉锌/交库精锌量

精锌单耗粗锌的因素分析：

a. 泄露损失→产铝铁化合物及硬锌多→液体锌→熔化炉等烟尘损失→B# 锌平衡不好→原料铁高→渣多带→精炼炉温度合格率低→铝铁比不合适→含杂质多塔漏、压密、砖漏→提温效果不好。

b. 损失→铝铁化合物捞取周期不适→加铝操作不好→露天堆放物料管理不当→精炼炉熔析效果不好。

c. 液体锌、块锌→大冷温度高→纯锌槽温度→熔化炉计量不准→原料含铅高→高化返锌多→温度高→铅塔冷凝器→精炼炉。

d. 出库精锌→小冷温度过低→粗铅锌多→底座化返锌→温度高计量不准→多加块锌→回流量过大→及加液体。

e. 半成品计量不准→原料含镉高→锌操作不好。

f. 计量损失→产高镉锌多→产粗铅多→产渣多。

(3)金属回收率

精锌的冶炼回收率可按下式计算：

$$精锌回收率＝产出精锌含锌量/A\pm B-C\times 100\%$$

式中：

A—— 加入的总锌量；

B—— 期末、期初塔内存锌量差额；

C ——各种返回品锌量(包括氧化锌、硬锌、锌渣、高镉锌、粗铅等)。

(4)燃料煤耗

①煤气流量与实际耗煤时的换算

$$实际耗煤量＝煤气流量数\times 17/3000$$

②精锌煤耗高因素分析图：

a. 原燃料：蒸锌含铁高导致、媒质差、含水量大、回流量大、副产物多、煤层波动大且频繁、换热效率低、三气连通。

b. 设备：燃烧室、换热室、铅、镉不配套、漏气严重、保温差、煤气罐漏气、负压相对不足、塔漏严重。

c. 操作者技术水平低、责任心差。

(5)加铝除铁

①铁对精馏生产的危害

a. 腐蚀塔盘，缩短塔体寿命，且易造成塔体爆炸事故。

b. 不出硬锌，堵塞下延部和方井，必须定期捞出，增加了工人劳动强度。

c. 易造成给料器堵塞，影响加料，甚至造成凝固断料和加料不均匀。

d. 影响精锌单耗和回收率的完成。

②试述加铝除铁的机理和作用

由于铝与铁的亲和力大于锌与铁的亲和力，锌液中加入铝后，使铝与铁形成完全而除去。

加铝除铁最主要作用是大大减少铁对塔盘的腐蚀，延长塔体寿命。

加铝前锌液中的铁与锌反应生产的硬锌，必须定期从精炼炉大池中捞出来，这不仅加重了工作的强度，而且会增加损失，影响精锌单耗指标的完成。要用加铝工艺后，克服了不利影响，减轻了工人的劳动强度，提高了定额指标。

40.5.7 粗锌精炼技术发展方向

近年来精馏法有很大的发展。我国已成功地利用精馏法进行粗镉提纯和锌粉制造；创造了单体分馏塔和塔盘精馏炉；实现了液体锌运输遥控，燃烧室煤气遥控，锌锭自动码垛；捞硬锌和出铅机械化；研究成了加铝除铁新工艺，取得了较好的经济效果；进行了产品深加工，除生产精锌外，还生产高级氧化锌、锌粉和锌基合金等。在国外，人们已经生产出纳米氧化锌，总之精馏技术的发展是强化工艺流程，延长塔体寿命，提高热利用效率的实现和计算机控制。

(1)扩大塔体尺寸，改变塔体结构与组合，提高生产能力

国外已普遍使用了大塔盘，增加塔体高度。塔盘已扩大到 1372mm×686mm，塔高 12m。改变塔盘几何结构上，出现了一室双塔和一室三塔，还有一塔同时生产两种不同规格的精锌等。

(2)延长塔体寿命

塔体寿命的长短，是多种因素综合作用的结果，国外非常重视，有的已延长到三年。为了延长载体寿命，国外采取了下述措施：

①降低精锌直接产出率，增加 B# 锌铅塔处理能力，合并扩大熔析炉。精锌和 B# 锌产量几乎各半，有的工厂还合并扩大熔析炉，不但可以提高熔析除铅铁的效率，还可以节省燃料。

②改进升温方法，缩小各点温差，使各部位温差控制在 5℃范围内，除此之外，还改进了回流塔的升温方法，改善了回流塔的状况。

③提高粗锌质量，加料连续、均衡准确，稳定塔内气体压力，降低粗锌中的铁、铜等可以延长塔体寿命。国外使用 1.5t 的大锭，随着接触熔池部分的锌锭表面匀速熔化，大锭以同样的速度匀速下降，可以使加料连续、均衡、准确。为了稳定塔内气体压力，防止过压放炮，在塔上安装了精确的压力计，直接和调节设备相连。

(3)提高热利用效率

降低低温热源温度，减少炉壁热损失。为此，出现了各种新工艺、新设备。其中之一是利用铅塔燃烧室燃烧的废气加热和紧密相连的小镉塔。此外，回收铅、镉塔冷凝器的散失热也是成功的例证。

(4)实现了计算机控制，特别是微型机的应用日益广泛。

第41章　锡冶炼技师

41.1　焙烧

41.1.1　作业过程

41.1.1.1　工艺控制

(1)分析与相关工序之间的影响

焙烧是锡冶炼的第一个工序，承担的任务是脱除杂质S、As、Sb，它们都是锡冶炼的有害杂质，尤其是As和Sb。焙烧脱除杂质的好坏，对焙砂的还原熔炼和粗锡的精炼影响甚大，增长脱除率低，杂质随着焙砂进入熔炼和精炼工序，焙烧中的残留S，部分以SnS形式存在，在还原熔炼时，挥发进入烟尘，降低了还原熔炼的直收率，绝大部分的As、Sb则进入粗锡，乙锡率上升。在精炼过程中，粗锡中As、Sb使精炼三渣率升高，精炼直收率降低幅度大。所以焙烧脱除杂质的好坏至关重要。

(2)判断工艺操作是否规范

衡量焙烧效果的指标是焙砂As、S含量。一般，焙砂(As+S)≤0.9%标志焙烧效果比较理想，焙砂(As+S)=0.9%～1.1%，焙烧效果一般，焙砂(As+S)≥0.9%～1.1%，焙烧效果不好，焙砂质量不合格。从焙砂的外观颜色观察，焙砂颜色为黑色，则焙烧效果较好，焙砂颜色为灰黑色，说明焙烧脱除杂质效果一般，焙砂颜色偏红色，则焙砂更多的情况是质量不合格。

判断沸腾炉工艺操作是否规范的标准是：

①焙砂质量是否合格。

②沸腾炉作业的工艺技术条件是否符合技术操作规程的规定。

③沸腾层温度、炉顶温度、鼓风量、进料速度、炉顶压力是否符合技术操作规程的要求，是否做到工艺技术操作条件的稳定，即温度、风量、进料速度、炉顶压力的“四稳定”。

41.1.1.2　分析数据

(1)炉窑技术指标的计算

炉窑各种生产技术指标的计算方法：

炉床能力：沸腾炉的炉床能力是指每平方米炉床在24小时有效的开炉时间内处理的物料量。

$$\text{炉床能力}=\frac{\text{沸腾炉处理的物料量(吨)}}{\text{炉床面积(平方米)}\times\text{开炉作业时间(小时)}}\times 24 \qquad \text{单位：t/m}^2\cdot\text{d}$$

焙烧脱As率：

$$\text{脱As率}=\frac{\text{入炉锡精矿实物量}\times(1-\text{精矿含水率})\times\text{精矿含As\%}-\text{焙砂量}\times\text{焙砂含As\%}}{\text{入炉锡精矿实物量}\times(1-\text{精矿含水率})\times\text{精矿含As\%}}$$

焙烧脱Sb率：

$$\text{脱Sb率}=\frac{\text{入炉锡精矿实物量}\times(1-\text{精矿含水率})\times\text{精矿含Sb\%}-\text{焙砂量}\times\text{焙砂含Sb\%}}{\text{入炉锡精矿实物量}\times(1-\text{精矿含水率})\times\text{精矿含Sb\%}}$$

(2)根据数据分析调整工艺参数

$$\text{脱As率}=\frac{\text{入炉锡精矿实物量}\times(1-\text{精矿含水率})\times\text{精矿含As\%}-\text{焙砂量}\times\text{焙砂含As\%}}{\text{入炉锡精矿实物量}\times(1-\text{精矿含水率})\times\text{精矿含As\%}}$$

41.1.1.3　检修炉窑

(1)判断炉窑检修情况

沸腾炉系统的小修理检修内容主要有：配料设备的完好情况，精矿输送皮带设备的完好情况，沸

腾炉给矿控制系统的圆盘给料机、电子皮带称的准确性、沸腾炉罗茨鼓风机的完好情况，沸腾炉风帽堵塞情况，烟道堵塞情况，返尘螺旋输送设备的完好情况，浸没式圆筒冷却机的完好情况，检查热焙砂出矿溜槽的磨损情况，焙砂输送皮带机的完好情况。

沸腾炉大修的内容除了上述内容外，主要是检修耐火砖和保温材料、炉壳钢板的损坏情况。锡沸腾炉的鼓风强度比较小，热焙砂对炉壁的冲刷不大，烟气含 SO_2 浓度低，大修周期很长，一般在 10 年以上。

(2)拟订炉窑小修方案

沸腾炉的小修方案：

配料系统的检修内容：检查和检修皮带给料机的传动设备的损坏状况，特别是减速箱和传动链条的机械性能。

电子皮带秤的检修内容：使用标准砝码检查和校正皮带秤的计量准确性，检查皮带的传动和跑边情况。

精矿输送皮带机的检修内容：检查和检修皮带输送机电动滚筒的完好情况，检查皮带是否存在需要全部或某一段更换的严重磨损的情况，检查和校正皮带跑边的情况。

沸腾炉罗茨鼓风机的检修内容：马达的轴承完好状况，马达的绝缘情况，检查罗茨鼓风机的轴承完好状况和更换润滑油。

沸腾炉风帽堵塞检修内容：检查风帽堵塞情况，并组织对风帽进行疏通，对堵塞严重，不能疏通的风帽，把填充风帽周围的耐火泥打出，再更换新的风帽。全部堵塞风帽处理完成后，使用水玻璃与耐火泥混合搅拌均匀，填充已经更换的风帽周围，然后检查炉底空气分布箱内积料情况并清理。

对烟道的检修主要是检查并疏通堵塞，特别是对旋风收尘器、电收尘器、钟罩阀和烟道的转弯处等部位的检查和清理工作。

返尘螺旋输送设备的检修内容是：检查螺旋的变形情况，检查马达和减速机的轴承完好情况。

浸没式圆筒冷却机的检修内容：检查马达和减速箱完好情况，传动大小齿轮间的磨损情况，检查并更换圆筒与支承滚圈之间的磨损码——铁块，检查冷却圆筒内部焙砂导向铁板的脱落情况并加固。

热焙砂出矿溜槽主要检查是否磨损漏砂，并焊补或更换新的溜槽。

焙砂输送皮带机的检修与给矿皮带输送机相同。

(3)炉窑检修质量检查

炉窑检修竣工验收的基本知识：

沸腾炉小修的竣工验收，验收人员组成应包括技术人员、车间领导、工序长、各检修部分的施工人员代表。

验收内容：各检修作业点的检修内容。

验收方式：根据各作业点的检修内容不同，采取不同的验收方式。机械运行设备的检修验收一般采取联动试机的方式，观察传动、齿合、声音、震动情况是否符合要求；计量设备的验收多采取检查检修记录和校验记录，必要时采取有载试机的方式验收；沸腾炉炉体的验收主要是观察炉料的冷沸腾状态是否均匀，炉门开、关是否灵活；烟道系统的检修验收方式是通过开动抽风机观察各段烟道的负压情况来判断检修质量。必要时，验收应形成记录并保存。

41.1.1.4　成本核算

(1)生产成本构成

沸腾炉生产成本由两部分构成：固定成本和可变成本。固定成本包括：人员工资和工资附加费(含劳动保护和社会福利费用)、大修费和各种小修理费、设备更新费用、固定资产投资折旧费用、银行利息、管理费等。可变成本包括：原料精矿费、电费、耗水费用、配料煤费用、开炉的柴油和木柴费用、机械润滑油费用。

(2)分析成本超支原因

沸腾炉作为一个工序，成本核算以一个月为最小计算时间段，每年的成本构成是每个月成本的累加值。

月成本的构成，有当月所发生的原料费用、动力电耗费用、当月消耗的配料煤费用、分摊的水费、工资和奖金、提留的福利费用、各种保险费、劳动保护用品费用、领用的钢材费用、设备备品备件费用、领用的柴油和润滑油的费用、木柴的费用以及预提的折旧费用和大修费用、利息、分摊的运输费用和管理费用等。

41.1.2 质量管理

41.1.2.1 产品质量异常波动的预防措施

产品质量异常波动主要是指连续4个班次出现焙砂含(As+S)≥1.1%的情况，出现焙砂质量异常波动的原因往往是多方面的，精矿性质变化、配料、设备运行、烟道堵塞情况、炉料沉积或局部结炉等因素都会引起焙砂质量的异常波动。在生产控制中，当出现上述异常情况时，要进行具体的原因分析，有针对性地采取措施解决。

41.2 电炉炼锡

41.2.1 开炉准备

开炉前应认真做好下列准备工作：

(1)炉膛内和烟道要彻底清扫干净，做到无碎砖、尘土及其杂物遗留在内。

(2)检查炉子及烟道是否有异常现象。

(3)检查炉子电极升降是否灵活，其螺母是否紧固。

(4)对生产所用的各种机电设备进行单体试运转和调整，待检测各机电设备符合技术要求后，方可允许开炉。

(5)检查炉门、闸板、阀门等严密性以及启闭时的灵活性，检查各管道系统是否严密。对冷却系统的构件进行试压，检查循环水的供给是否正常。

(6)对热工控制仪表进行检查，如有缺陷，则应予以消除，才能正式开炉。

(7)根据电炉的生产要求备足烘炉、生产所需的各种物料。如烘炉所需的焦炭、干柴、点火所需的柴油等。

41.2.2 烘炉操作

烘炉时要先烘烟道，后烘反射炉膛，要严格按烘炉曲线进行，应注意保证炉膛内温度均匀上升与分布。在烘炉过程中应及时以热工仪表测定各部位的实际温度，详细记录并绘制实际的烘炉曲线。一般烘炉操作步骤为：

(1)接通知烘炉后，与相关工序联系，要求做好烘炉准备，并将有关工作门打开。

(2)从炉门进入炉内先将炉底和炉墙炭黏砖部分抹上一层耐火泥浆，防止高温氧化。

(3)从炉门将干柴放入炉膛内，再在干柴表面洒一部分燃油，并用长火把将干柴点燃烘炉。

(4)将干柴放入炉膛内，再在干柴表面洒一部分燃油，并用长火将干柴点燃烘炉。

(5)当柴火烘炉完毕后，将电极架打扫干净，吊装好电极，用专用炉嘴工具封好炉嘴。关好炉门。一切工作准备就绪后，通知供电车间送电。

(6)向电炉炉底平铺一层粒度为20mm～50mm、厚度为300mm～400mm的焦炭层，三根电极下稍多，然后起弧烘炉。

(7)烘炉时要经常观察炉内焦炭燃烧情况，发现焦炭太少，要及时从炉门补加，最后几个班可以少加，让炉内焦炭燃烧完。

(8)烘炉过程中，要保持三相有弧，发现无弧要及时检查处理

(9)严格按升温曲线升温，起弧烘炉要防止明弧烘炉。烘炉完毕后封炉门准备投料熔炼。

(10)烘炉之后投入富渣和少量石灰石作洗炉料，以提高炉底温度。当炉温升到要求温度后，就可投入经过配料的锡精矿进行熔炼。

41.2.3 锡电炉还原熔炼

41.2.3.1 进料和布料操作的基本知识

(1)配料：还原煤的配入主要由两个因素决定：一是保证烟尘中的 SnO_2 能得到彻底的还原，达到渣含锡低，直收率高的目的；二是调节好还原煤，保证电流稳定，电极在熔炼过程中稳定地插入渣层内，最大限度提高热效率。烟尘炼前配入的还原煤主要是无烟粉煤，通常采用反应式：$2SnO_2+3C\rightarrow 2Sn+2CO+CO_2$ 来计算得出炭黏理论量的 98.5%～99.2%即为配入量，这主要是考虑到炭黏素电极材料消耗过程中可以起到部分还原剂作用。

石灰粉的配入主要由两个因素决定：一是改善渣的流动性，降低渣含锡，调节渣的硅酸度，降低炉料熔点；二是起到凝结剂的作用，使烟尘制粒成球率高、不易松散。根据生产实践经验一般按 5%配入石灰粉。

(2)进料：进料作业包括称料、混料、运输、进料等过程。按照规定的配料比将物料准确地称量均匀混合后，用皮带运输机或其他机械送至炉顶料仓以备加料。物料称量力求准确，特别是熔剂的称量误差不大于 1%。配料对锡电炉来说是一项非常重要的工作，它影响冶炼过程的各项技术、经济指标。电炉熔炼为多次进料一次放锡放渣操作，每次进料前必须先将电极断电，然后打开一个加料口，加完本口料后关好口，再打开下一个加料口加料。加时注意防止炉内喷火伤人。电炉布料一般要求入炉物料在炉内均匀分布。电炉投料采用分批投入方式，每炉熔炼周期为 24 小时，炉料量为 15t～20t，第一次投入总料量的 25%。(如果炉内渣量少，电流不稳定，宜搭配 1t～1.5t 混富渣投入，增加炉内渣量，改善炉料导电性。3.5～4 小时后投入第二批炉料，以后视熔炼实际情况(大约间隔 1.5～2 小时)投一次料。每炉分 7～8 批投入。要求在 14～16 小时内投完全部炉料。

41.2.3.2 还原熔炼操作

进料完毕后，将电极通电进行熔炼，电炉投入炉料熔炼过程中，供给炉料所需的热量是靠电极与熔渣接触处产生的电弧和电流通过炉料、炉渣产生的热能。对电炉而言，采用高电压，由于输出的电能大，可以达到迅速提高炉温，强化熔体的目的；采用低电压，对物料的适应性强，且不易造成明弧操作，可延长炉体砖砌体及炉顶盖的使用寿命。实践操作中，操作工根据投料后炉内炉料熔化情况来选择与熔炼相适应的配电操作。第一次投料后，因炉内渣量少，电极放下较深，接近炉底产生电弧，且电流不稳定，此时应采用低电压低电流操作(必要时投入适量混富渣)，待熔炼产生一定量的炉渣和锡后，可以采用高电压高电流强化熔炼。最后一次投料后，此时炉内物料已基本熔化，熔体液面高，电流高且稳定，为防止炉温过高，炉渣过热，宜采用低电压操作。所以，熔炼过程中要注意按要求调节好炉内电流，确保熔炼炉底温度，防止结底和过流，来宾冶炼厂 1250kvA 电炉电流技术要求为：

表 41－1 1250kVA 电炉电流技术

一次电压(V)	二次电流(A)
64	≤6561
75	≤6561
87	≤6561
98	≤6561

续表

110	≤6561
130	≤5552
150	≤4812
170	≤4245

41.2.3.3 放锡放渣操作

(1)放锡放渣前的准备工作

①确认物料已还原好,工作场地周围无安全隐患。

②准备好放锡放渣时所需的工器具(如氧气、氧管、钢钎、大锤、炉嘴钎、铁铲、锡瓢、漏瓢等),并摆放到位。

③检查放锡放渣槽、大小前床、渣包、锡包、锡桶是否干燥、干净、畅通无杂物。

④准备好堵炉嘴黄泥、玻璃水等放炉材料。

(2)放锡放渣

放锡时先用铁锤将炉嘴钎轻轻的向内后,用吹氧管将放锡口烧穿,放出锡、渣。烧放锡口时用铲子将放锡口遮住以防锡、铁渣飞溅伤人。粗锡放出时呈暗红色,放入大前床内。当锡口附近的锡流表面出现颜色发白的熔体时说明放锡工作完毕,开始改道进行放渣工作。炉渣放入渣槽内。放完锡渣后将炉嘴清理干净,然后用炉嘴泥重新堵住,再打入一根炉嘴钎封好炉嘴,将电极插到炉底,通电。先将炉底温度升起,当炉底温度达到要求后,便进入下一炉投料熔炼工作。

炉渣放完后将锡窝的渣用耙子推出,当粗锡温度降至800℃左右,便将表面硬头捞出,然后向粗锡表面加入一定量的降温煤,反复搅动,将粗锡温度降至600℃左右,再捞出表浮渣乙锡。然后再次向粗锡表面加入一定量的降温煤,反复搅动,将粗锡温度降至350℃～400℃左右,再次捞出表浮渣乙锡,此时前床内剩下便是甲锡,通知取样工取样,然后将甲锡放入锡包,倒入锡桶铸成大锭或直接送精炼车间精炼。在加煤降温捞乙锡过程中要注煤颗粒要适当,加入要均匀,搅动要迅速,使降温煤充分均匀与粗锡接触。工作完毕后搞好场地卫生,填写料单并作好交班记录。

41.2.3.4 交接班

(1)原始记录的填写要求:正常作业需要记录的参数有每次时料各相电压、电流、炉膛温度、炉内负压、进料时间、进料量。每班进料量,每炉产出物料量每班(24小时)记录一次等。

(2)交接班时,当值人员应向接班人员确认各设备的完好情况、开停机情况、炉况、工器具交接、安全设施完好情况、原料准备情况等。

41.2.4 **安全注意事项**

(1)操作工进入生产工作场,要按规定要求穿戴好劳动保护用品。

(2)生产工作过程中使用的工具器要按头尾顺序整齐放置在指定地点。

(3)与高温炉渣、锡液接触的钢钎、扒具等不能沾水,以免发生爆炸伤人。

(4)放炉吹氧前,必须用挡板等专用工具挡好炉嘴,用炉渣、粉料盖好,并有2人以上负责挡火,吹氧管人不能正对炉嘴,要侧身操作,以免喷火伤人。

(5)放炉吹氧时,要有专人掌握氧气的开关,要慢慢开启氧气瓶开关阀,不可突然开启,并根据需要调节好氧气量的大小。

(6)开炉生产过程中,进行与电极架接触的工作时(如投料、吊电极),必须切断电极架电源。

(7)投料时,操作工不能正对下料口,以免喷火伤人。

(8)熔炼过程中,发现电极架打火花时,要及时切断电极电源,并进行检查。

(9)合上电极架电源时,一定要注意观察电极架周边无人时,才能按下合闸按钮。

(10)升、降电极架时，必须有专人操作，不可中途离开，并注意观察电极是否黏结电极孔，以免损坏炉顶盖。

(11)操作过程中，要合闸电极架电源时，要等跳闸指示灯亮后，才能按下合闸按钮。

(12)操作台在合闸的情况下，严禁切断、合上隔离开关，以免发生触电事故。

(13)下雨、潮湿的天气，一定要关闭真空开关房的窗口，以免发生漏电情况。

(14)在炉温较高的情况下打开炉门，要先打开水冷人字管盖板。

41.2.5 质量管理

41.2.5.1 电炉产出物料质量要求

锡精矿沸腾炉焙烧产出的焙砂，一般情况要求粗锡含铁≤2.5%，当连续4炉超出要求，说明产品出现了异常的质量波动，过程存在系统性导致产品质量不稳定的因素。

41.2.5.2 质量控制

质量管理活动的要求：

电炉还原熔炼的质量管理，首先要求确保配料——反射炉系统各设备和硬件设施的完好性，以达到对系统过程的调节和控制，保持电炉作业的各个运行系统的特征参数形成完整的原始记录，粗锡含铁的异常与波动的跟踪和分析，采取必要的纠正和预防措施，最终实现对粗锡含铁的稳定和确保反射炉作业的金属回收率。

41.3 反射炉炼锡

41.3.1 开炉

反射炉砌成后，在投产前必须进行烘炉。烘炉是按照预定的烘炉曲线进行的，其目的是排除砌体中的水分，并使砖的转化完全，避免产生开裂和剥落现象，而影响反射炉炉衬的使用寿命。

通过烘炉，可以对反射炉的供热、空气物质循环、水冷系统、传动装置以及反射炉工作温度进行一次考验，以便满足生产要求。同时，通过烘炉，又可以对炉子的制造或修理进行一次最现实的检查。

41.3.1.1 烘炉曲线

烘炉时必须遵守的升温速度、保温时间以及用时间温度来表示的图表，称为烘炉曲线。

(1)烘炉的3个阶段

①水分排出　温度从常温至200℃将泥浆的水分以及砌体内部分潮气的排出期，这个时期必须打开炉门。同时在200℃时要保温较长时间，以保证水分的充分排出。

②砌体膨胀期　从200℃～600℃期间，是砌体开始膨胀变形期，这时应注意缓慢升温。如果升温过快，往往容易因砌体急剧膨胀而产生裂纹、损坏，特别是硅砖或铬镁砖，膨胀更为严重。在此期间更应注意升温速度，一般升温速度不超过50℃/h。

③保温期　在600℃以上可随反射炉工作温度而确定升温速度的保温时间，每升高100℃～200℃，应适当保温一段时间，过急往往容易损坏砌体。

(2)影响烘炉曲线的因素

①烘炉时间的长短与反射炉的大小、耐火材料性能、修炉季节及施工方法等有关，如厚度大的砌体所需时间比厚度小的砌体长；硅砖砌体所需时间比黏土砖砌体长；冬季施工的砌体比夏季施工的砌体长(长10%～20%)；镁铁烧结炉底比铝铬砖砌炉底长。总之，炉子越大烘炉时间越长，但最小的炉子，烘炉时间应大于20小时为宜。

②烘炉升温速度主要取决于砌体的热膨胀情况，如一般耐火黏土砖、高铝砖砌体可按

25℃/h～50℃/h的升温速度升温，耐火混凝土的砌体可按10℃/h～20℃/h的速度升温。

③烘炉的保温温度和保温时间，主要取决开砌体水分(游离水和结晶水)的排出和砖的晶体转化的胀缩情况。

41.3.1.2 开炉前的准备

开炉前应认真做好下列准备工作

(1)炉膛内和烟道要彻底清扫干净，做到无碎砖、尘土及其杂物遗留在内。

(2)检查炉子及烟道是否有异常现象。

(3)检查炉子骨架上的所有纵、横拉杆是否焊牢，其螺母是否紧固。

(4)对生产所用的各种机电设备进行单体试运转和调整，待检测各机电设备符合技术要求后，方可允许开炉。

(5)检查炉门、闸板、阀门等严密性以及启闭时的灵活性，检查各管道系统是否严密。对冷却系统的构件进行试压，检查循环水的供给是否正常。

(6)对热工控制仪表进行检查，如有缺陷，应予以消除，才能正式开炉。

(7)根据反射炉的生产要求备足烘炉、生产所需的各种物料。如烘炉所需的干柴、点火所需的柴油等。

(8)根据反射炉所用耐火材料的种类，炉底、炉墙、炉顶的厚度结构等具体情况，制订烘炉升温曲线、烘炉操作规程以及注意事项。

41.3.1.3 烘炉操作

烘炉时要先烘烟道，后烘反射炉膛，要严格按烘炉曲线进行，应注意保证炉膛内温度均匀上升与分布。在烘炉过程中应及时以热工仪表测定各部位的实际温度，详细记录并绘制实际的烘炉曲线。一般烘炉操作步骤为：

(1)通知烘炉后，与相关工序联系，要求做好烘炉准备，并将有关工作门打开。

(2)从炉门将干柴放入炉膛内，再在干柴表面洒一部分燃油，并用长火把将干柴点燃烘炉。

(3)柴火烘炉按要求完成后转入粉煤(燃油、煤气)烘炉，点粉煤(燃油、煤气)前，首先确认各设备完好，燃料充足，然后与相关工序联系，确认准备好后，关好工作门，便可按粉煤(燃油、煤气)安全、技术操作规程操作点燃粉煤(燃油、煤气)。点粉煤时先将柴火烧至最旺，然后启动一次风，加入粉煤。

(4)待粉煤(燃油、煤气)点燃后，调节好风量、煤量(燃油、煤气)，并使炉膛内保持微负压。

(5)严格按升温曲线升温，粉煤烘炉要定期扒出炉内煤灰。

(6)烘炉过程要注意调节拉杆松紧，特别是上升到900℃左右时更要检查拉杆的松紧。

(7)烘炉过程要注意防止烧坏烧嘴，若烧嘴烧红须采取相应的降温措施(如开二次风5～10分钟)。

41.3.1.4 试生产

对采用粉煤供热的反射炉，烘炉完毕，首先洗炉，其目的主要是将烘炉时落入炉内的煤灰洗净。洗炉一般是将烟化炉贫渣配入3%～5%的石灰石，其数量约为正常炉料的2/3即可。有些单位采用反射炉产出富渣洗炉效果也不错。洗完炉后便可进行试生产，试生产时要求严格按照操作规程进行生产操作，确保生产正常进行。

41.3.2 锡反射炉还原熔炼

41.3.2.1 进料和布料操作的基本知识

进料作业包括称料、混料、运输、进料等过程。按照规定的配料比将物料准确地称量均匀混合后，用皮带运输机或其他机械送至炉顶料仓以备加料。物料称量力求准确，特别是熔剂的称量误差不大于1%。炉料的水分一般控制在9%以下。

配料对锡反射炉来说是一项非常而重要的工作，它影响冶炼过程的各项技术、经济指标。锡反射炉还原熔炼配料计算包括还原剂及熔剂的加入量计算。还原剂配入量按下列反应式进行计算：

$$2SnO_2+3C\rightarrow 2Sn+2CO+CO_2$$

$$Fe_2O_3+C=2FeO+CO$$

考虑到其他氧化物的还原和燃烧损失，在上述计算的基础上加入过量的还原剂 10%～20%；熔剂配入量计算有综合法和硅酸度法两种，在生产中一般采用硅酸度法。因为硅酸度法具有快速方便，适合于复杂多变的物料配料。具体计算步骤为：

(1)将常用的各种类型的精矿及返料分别进行自熔性计算，以确定该物料的酸、碱性。其计算方法如下：根据硅酸度计算公式 $K=(1/30\times\%SiO_2)\div(1/72\times\%FeO+1/56\%CaO)$ 或 $K=(53\times\%SiO_2)\div(22\times\%FeO+29\%CaO)$ 式中 $\%SiO_2$、$\%FeO$、$\%CaO$ 分别表示物料中二氧化硅、氧化亚铁及氧化钙的百分含量。将物料中的 FeO、CaO 的实际含量代入硅酸度公式，求出 $K=1$ 时的 SiO_2 的量，然后将所求得的 SiO_2 含量减去物料中实际 SiO_2 含量。若差值为正，说明物料为碱性，反之为酸性。

(2)将酸性物料与碱性物料进行搭配，使混合物料的 K 值尽量接近于 1。然后用石灰石或石英调节硅酸度，直到混合料的 $K=(0.9\sim1)$ 为止。由于本计算方法未考虑熔炼中还原剂和燃煤灰分的影响，因此在实际生产中炉渣的硅酸度一般在 1.2 左右。

当上一炉放渣完毕或新炉底烧结完毕后即开始进料。进料时将料仓闸板打开将炉料投入炉内，与此同时减小进风量和减少炉内负压，进完料后关好料仓闸板，恢复正常风量和负压。反射炉布料一般按炉头炉尾少布，炉中多布，放锡口不布料的原则进行。同时，物料投入炉内时要注意防止炉内喷火伤人。

41.3.2.2　还原熔炼操作

进料完毕后，炉料即进入了还原熔炼阶段。由于炉料含有水分以及炉料的吸热，因此进料后炉温将下降到 800℃～900℃。经过 1～2 小时，炉料水分被蒸干，炉温开始上升。当炉温上升到 1150℃～1250℃时，炉料开始进行还原和造渣过程。当熔炼进行到 4～5 小时，炉内已有液态炉料出现，而当炉料熔化 2/3 时，便可开始扒炉（翻料作业）。扒炉的目的是为了加快炉料熔化过程，并促进渣锡分离。扒炉是根据炉料熔化情况，用钢耙顺料堆脚进行搅动。扒炉要扒平，并扒到边、角、底的物料；扒炉动作要快，发现炉底有结块时及时用撬棍撬起，必要时用高压风吹炉底结块，使炉料熔化均匀、迅速。当熔炼进行到 6～7 小时左右时，炉料基本熔化完毕，此时炉温已上升到 1300℃～1350℃标志着造渣过程基本完成，炉渣开始进行过热阶级。这时应对炉内再进行一次扒炉，将沉入炉底的炉料全部搅起，再根据经验判断已达到还原熔炼终点（约再经过 30 分钟左右）便可放锡放渣。

在还原熔炼过程中要根据炉况调节好风量和燃料量(按仪表操作规程进行调节)，确保炉内正常升温熔炼。炉内要保持微负压状态，因为，负压过大，大量物料被抽走，造成飞扬损失，不利于炉内温度的提高；负压过小，造成燃料燃烧不完全，炉温难以升高，炉气冲击炉顶、炉墙降低炉子寿命。同时，要注意各冷却水箱的供水是否正常，严禁水箱内水不足而烧坏水箱或水管。在扒炉过程中要注意穿戴好劳动保护用品，戴好有色眼镜，炉门附近不得有阻挡杂物，看炉时不能正视炉内，以便避开炉内喷出的火焰伤人。

41.3.2.3　放锡放渣操作

锡反射炉还原熔炼放锡放渣有一次放锡、一次放渣和多次放锡、多次放渣两种，在这介绍一次放锡、一次放渣的操作过程。

(1)放锡放渣前的准备工作

①确认物料已还原好，工作场地周围无安全隐患。

②准备好放锡放渣时所需的工器具(如钢钎、大锤、炉嘴钎、铁铲、锡瓢、漏瓢等)，并摆放到位。

③检查放锡放渣槽、大小前床、渣包、锡包、锡桶是否干燥、干净、畅通无杂物。

④准备好堵炉嘴黄泥、玻璃水等放炉材料。

(2)放锡放渣

放锡时先用铁锤将炉嘴钎轻轻的向内打并扭转至松动,然后轻轻往外拉。拉炉嘴钎时应用铲子将放锡口遮住,以防锡渣溅出伤人。粗锡放出时呈暗红色,放入大前床内。当锡口附近的锡流表面出现颜色发白的熔体时说明放锡工作完毕,开始改道进行放渣工作。炉渣通过小前床澄清分离后流入渣包内。放渣时用钢钎将炉嘴泥打开,尽量扩大炉嘴使渣尽快放出。放完渣减小进风量和炉内负压,进行投料。投料时应尽量将炉内残余的物料压出。投完料后将炉嘴清理干净,然后用炉嘴泥重新堵住,再打入一根炉嘴钎。恢复正常进风量和炉内负压,进行下一炉熔炼。

炉渣放完后将小锡窝的渣用耙子推出,然后加煤降温,搅拌后捞出浮渣回炉。再把小前床的锡放入大前床,同大前床的粗锡一同加煤降温捞出乙锡。大前床中粗锡加煤降温捞乙锡工作步骤一般是:先向粗锡表面加入一定量的降温煤,反复搅动,使粗锡温度降至800℃左右,便将表面硬头捞出,然后又向粗锡表面加入一定量的降温煤,反复搅动,将粗锡温度降至600℃左右,再捞出表浮渣乙锡。然后再次向粗锡表面加入一定量的降温煤,反复搅动,将粗锡温度降至350℃～400℃左右,再次捞出表浮渣乙锡,此时前床内剩下便是甲锡,通知取样工取样,最后将甲锡放入锡包倒入锡桶铸亿大锭或直接送精炼车间精炼。在加煤降温捞乙锡过程中要注煤颗粒要适当,加入要均匀,搅动要迅速,使降温煤充分均匀与粗锡接触。工作完毕后搞好场地卫生,填写料单并作好交班记录。

41.3.2.4 锡反射炉还原熔炼的产物

锡反射炉还原熔炼的产物主要包括粗锡、炉渣和烟尘,有时也产出硬头,下面分别介绍。

(1)粗锡

粗锡是锡反射炉熔炼的主要产物,其产量取决于精矿品位和直接回收率的高低。粗锡的品位除与上述因素有关外,还与精矿是否经过炼前处理有关。高品位精矿,又经过炼前处理脱除杂质;熔炼后所产出的粗锡纯度可达到99%以上。反射炉熔炼时,铅、铜、砷等化合物被还原成金属进入粗锡。所以精矿品位高、有害杂质少,所产出的粗锡品位就高,直收率也高;反之,粗锡的品位就低。

在我国,炼锡厂常根据含铁量不同将还原熔炼的粗金属分成硬头、乙锡和甲锡。

如果精矿含铁高或还原剂过多时,粗锡在冷却到800℃～900℃以前会产生一种含很高的(～40%Fe)块状晶体称为硬头,它所含的铁大部分为α—Fe,小部分为ζ相($Fe_{1.3}Sn$)。由于砷和铁的亲和力大,所以砷被还原后常与铁结合而进入硬头。正是这个原因,硬头常含大量的砷。如果熔炼所得到的粗锡冷却很快或含铁不高(Fe<3%)时,经冷却所得到的晶体就是乙锡。乙锡含铁一般在1%以上,有时高达10%左右。甲锡是将粗锡冷却至接近熔点(350℃～400℃)结晶析出铁和砷以后所得到的含铁少于1%的粗锡。乙锡产出的数量少于甲锡。由于乙锡含铁、砷较高,须经熔析离心过滤除铁、砷后再按甲锡精炼工艺精炼。

(2)炉渣

锡反射炉还原熔炼产出的炉渣含锡波动于7%～13%之间。由于反射炉熔炼炉渣含锡高,所以常称反射炉炉渣为"富渣"。富渣中的锡一般占入炉物料量的8.5%～10.5%,需进一步处理加以回收。

(3)烟尘

反射炉产出的烟尘一般按收尘设备命名,如淋洗尘、电收尘烟尘和布袋烟尘等。工厂把反射上升烟道出口至冷却设备或收尘设备之间的烟道中沉积下来含锡在8%～45%之间的烟尘称为烟道尘。烟道尘的处理方法视锡品位高低而定,一般含锡大于18%的烟道尘与淋洗尘、电收尘或布袋尘一起返回反射炉熔炼,而含锡小于18%的烟道尘送烟化炉或其他炼渣设备处理。

41.3.2.5 记录的填写

(1)原始记录的填写要求

正常作业需要记录的参数有一、二次风量、炉膛温度、炉内负压、每班进料量,每班产出物料量每班(8小时)记录一次,其他参数每1小时记录一次。

(2)反射炉技术参数。

反射炉炉膛温度：1000℃～1400℃；

炉内负压：－10Pa～10Pa；

一次风量：1700Nm³/h～2700Nm³/h；

二次风量：3500Nm³/h～5000Nm³/h。

41.3.2.6　交接班

交接班规定：

交接班时，当值人员应向接班人员确认各设备的完好情况、开停机情况、炉况、工器具交接、安全设施完好情况、原料准备情况等。

41.3.2.7　记录的填写

(1)原始记录的填写要求

正常作业需要记录的参数有一、二次风量、炉膛温度、炉内负压、每班进料量，每班产出物料量每班(8小时)记录一次，其他参数每1小时记录一次。

(2)反射炉技术参数

反射炉炉膛温度：1000℃～1400℃；

炉内负压：－10Pa～10Pa；

一次风量：1700Nm³/h～2700Nm³/h；

二次风量：3500Nm³/h～5000Nm³/h。

41.3.2.8　停炉检修

反射炉正常停炉应在放完最后一炉渣后，炉子空烧1小时左右，将炉内残存的炉料及炉结放完，然后逐渐停火降温，通常炉内温度降到900℃左右时，关闭所有炉门及烟道闸板，同时按操作规程停止供热系统设备，使炉子缓慢降温。停炉过程要及时拧紧拉杆，以防炉顶变形。

反射炉的维修分小修、中修和大修三种。小修的内容包括：热补炉底、检修、料斗等。小修每月进行一次，检修时间一至两天。检修期间不停火，只对炉子进行保温。

中修主要是局部检修炉顶、渣线砖等必须停炉作业的检修项目。停炉时间一般为7～15天，检修周期为3个月至1年，视炉况而定。

大修是指从炉基以上的部分(包括炉壳钢板、炉底、炉墙、炉顶、烟道等)全部拆除的一种检修方式。一般是在炉底损坏严重，不能再使用的情况下进行大修。大修周期一般为2到3年。检修时间约需2到3个月。经过大修后的炉子需重新烧结炉底。大修停炉时要放炉底锡，其操作步骤：(1)确定放炉底锡位置；(2)炉前工和钳工一起配合，把平台铁板割开；(3)用尺子量好，固定放锡口，并让钳工割开；(4)炉前工和钳工配合搭好安全平台；(5)炉前工接好风钻，先检查风钻是否完好，一切准备好后方可开始放炉底锡。风钻钻眼后，用布袋等遮挡物挡住，避免液锡溅出伤人，放锡口钻通后，慢慢拉出钻杆，让锡液正常流出并用锡桶装好，至没有锡液留出后，用黄泥堵住放锡口，停煤、停风降温。

41.3.3　质量管理

41.3.3.1　反射炉产出物料质量要求

锡精矿沸腾炉焙烧产出的焙砂，一般情况要求富渣含锡≤13%，粗锡含铁≤1.5%，当连续4炉超出要求，说明产品出现了异常的质量波动，过程存在系统性导致产品质量不稳定的因素。

41.3.3.2　质量控制

质量管理活动的要求：

反射炉还原熔炼的质量管理，首先要求确保配料－反射炉系统各设备和硬件设施的完好性，以达到对系统过程的调节和控制，保持反射炉作业的各个运行系统的特征参数形成完整的原始记录，保持对富渣含锡、粗锡含铁的异常与波动的跟踪和分析，采取必要的纠正和预防措施，最终实现对富渣含锡、粗锡含铁的稳定和确保反射炉作业的金属回收率。

41.4 烟化炉炼锡

41.4.1 开炉

41.4.1.1 开炉的准备

(1)准备好钢钎、大锤、铁铲、氧管等各岗位所需要的工器具。

(2)检查煤仓存煤情况,至少保证一仓满煤。

(3)各水冷水套供水,调节适当水量。

(4)认真检查调速电机、搅拌机是否运转正常。

(5)打开进渣口,封好炉门放渣口。

(6)与收尘室、鼓风机房、排烟风机房、余热锅炉、供煤班和汽化冷却进行联系,确认符合开炉要求。

表 41—2 工艺参数

	1#烟化炉	2#烟化炉
鼓风压力	0.7Pa～1.25×10^5Pa	0.7Pa～1.25×10^5Pa
一次风量	1000m^3/h～2000m^3/h	1500m^3/h～2500m^3/h
二次风量	2500m^3/h～4000m^3/h	3500m^3/h～5500m^3/h

41.4.2 冶炼作业

41.4.2.1 进料的准备

(1)与风机房联系开抽风。

(2)与鼓风机房联系开鼓风。

(3)把给煤机及搅拌机的开关打到“工作”位置,将仪表盘上的转差离合调速器指示到最低位置。

41.4.2.2 进液料

(1)液料从渣槽慢慢流入炉内,待加入液料 700kg～900kg 时给煤点火。给煤点火操作:打开煤旋塞阀→启动给煤机→打开风旋塞阀→启动搅拌机,然后慢慢慢转动滑差调节器的调速旋钮在 200～500 转/分,开始采用小煤点火,并根据来煤情况适当打开平衡风阀,随着液料的加入,逐渐调整给煤量进入正常作业。

(2)根据渣型及液料的多少,适当加入冷富渣。

41.4.2.3 冶炼作业

(1)分批加入黄铁矿,每隔 10～15 分钟加入一次,前面稍多 10～20 铲,后面逐渐减少。放渣前 20 分钟停止加入黄铁矿。

(2)终点判断

从三次风口、烟巷观察烟气浓度,烟气浓度低时,从加料口取样送取样房进行炉前分析,含锡丢渣品位≤0.3%时,开口放渣。

41.4.2.4 放渣

(1)开口放渣前检查冲渣水是否正常;开冲渣泵时,须有人监护出水口;开口放渣时,眼睛不能近距离正视放渣口。

(2)用钢钎或者氧管捅开放渣口,出渣后严禁人从溜槽上通过,槽子不流渣后方能关闭冲渣水;渣槽渣冷结后,方可清理溜槽;出渣后铁水多或烟气黄时,立即远离渣槽。

(3)出渣后用小铁瓢取 5～6 个点的渣,每个点少量装入取样桶。

41.4.2.5 放渣结果分析

根据放渣化验结果,丢渣含锡品位没有出现连续四炉超标或者严重超标,冶炼作业为正常,否则

为不正常。

41.4.2.6 生产记录

记录好时间、炉次，每炉进渣时间、进渣数量、炉前分析时间、炉前分析品位、黄铁矿加入量。

41.4.2.7 设备的运行记录

记录好煤仓的用煤及停煤时间。

41.4.2.8 合理化建议

根据生产实际问题，从提高技术指标及经济效益方面提出合理化建议。

41.4.2.9 协调上道工序工作

根据进渣及吹炼情况，掌握渣型及品位，并及时反馈。

41.4.3 设备维护及保养

41.4.3.1 设备维护

确保给煤系统电机，冲渣泵电机油位达到规定线，每班清扫一次设备。

41.4.3.2 设备检查

每班巡检设备 2 次，每周点检设备 1 次。

41.4.4 停炉检修

41.4.4.1 停炉作业

(1)停炉准备

通知汽化冷却准备停炉。

(2)停炉作业

①打开放渣口放空渣。

②停给煤操作：关平衡风→停搅拌机→停给煤机→关风旋塞阀→关煤旋塞阀。

③停煤 10 分钟后通知鼓风机房停鼓风。

④停煤 15 分钟后通知抽风机房停抽风。

⑤待各水冷水套完全冷却后停冷却水。

41.4.4.2 检修

(1)炉体拆除

拆除炉门、高压胶管、风嘴，拆除下层水冷水套，清理干净炉底耐火砖。

(2)配合检修

配合钳工安装炉子下层八块水冷水套；配合筑炉工砌好炉底耐火砖。

41.4.5 安全操作

41.4.5.1 安全技术操作

(1)作业现场安全

①打开液渣口进渣时，不能正对洞口，防止喷火伤人；

②倒液渣时不能靠近，以免液渣飞溅伤人，开煤时，打开风旋塞阀要慢；

③倒液渣，加冷富渣、黄铁矿、调大粉煤时，不能近距离正视加料口或三次风口；

④吹炼过程中，进料、塞口子时，严禁调换煤仓，调节粉煤时，调速旋钮要慢开，快关。

(2)岗位安全教育

每周进行 1 次安全教育活动，上岗前进行身体安全确认。

(3)安全事故分析

发生事故及时参加分析，并找出事故原因。

42.4.5.2　劳动保护

(1)劳动保护用品

穿戴好劳动保护用品，高空作业时系好安全带。

(2)环境污染控制

确保良好抽风，抽风差时及时通知收尘工振打布袋或检查抽风系统，并采取相应措施。

41.4.6　**常见故障的判断及处理**

41.4.6.1　工艺故障处理

(1)水箱漏水大：立即停加各种物料，开口放渣，同时适当开大给煤量，尽量把渣放干净。

(2)停电有风：立即开口放渣，同时振打煤管、煤仓，必要时转动给煤机靠背轮，不出渣时，关掉平衡风和各设备的电源开关。

(3)停风有电：尽快打开放渣口放渣，关掉给煤系统，将清灰门和防爆门打开。

(4)停风停电：立即开口放渣，并迅速往风嘴内插入钢钎，将所有的设备开关全部关闭。

(5)冲大煤：立即减少给煤量，适当关小平衡风，如继续冲煤较大时，关平衡风，关螺旋。给煤机，立即检查是否是一次风压过大或进煤阀未关死，如一次风压过大通知鼓风机房调至正常值，如进煤阀未关死立即关死。

(6)渣稠：适当加大给煤量和黄铁矿量。

(7)产生锍：延长吹炼时间，适当减少给煤量，提高炉内氧化气氛。

41.4.6.2　设备故障处理

阀门漏煤及时更换密封圈或者阀门。

41.4.7　**生产管理**

41.4.7.1　质量管理

严格遵守技术操作规程，控制好炉前分析丢渣品位。

41.4.7.2　生产过程管理

(1)生产过程管理

连续四炉以上丢渣品位不合格，要及时查找原因并采取相应措施，抽风差，要及时检查抽风系统并采取相应措施。

(2)生产过程管理方法改进

根据生产月报表，分析主要技术指标，对较差的指标提出自己的改进方法。

41.4.8　**培训与指导**

41.4.8.1　理论培训

对新工人进行理论培训，传授硫化挥发的原理，烟化炉的作用、特点、构造。

41.4.8.2　操作指导

指导烟化炉吹炼生产过程中的实际操作及操作安全注意事项。

41.5　锡火法精炼

41.5.1　**概述**

41.5.1.1　精炼的必要性

锡精矿还原熔炼产出的粗锡含有许多杂质，即使是从富锡精矿炼出的锡其纯度通常也不能满足

工业上的要求。为了达到标准牌号的精锡，总要进行锡的精炼。在多数情况下，精炼是从锡中回收有价金属，如铟、砷、铋、铜等，这样就可以提高金属的综合利用率及降低精炼的成本。粗锡中常见的杂质有铁、砷、锑、铜、铅、铋。

41.5.1.2　粗锡的一般成分及精锡标准

国家对精锡产品质量有严格要求，其标准如表 41－3 所列。

表 41－3　精锡标准

牌号	化学成分%									
	Sn	杂　质　不　大　于								
	不小于	As	Fe	Cu	Pb	Bi	Sb	Cd	Zn	Al
国标 Sn99.95	99.95	0.003	0.004	0.004	0.010	0.006	0.014	0.0005	0.0008	0.0008
国标 Sn99.90	99.90	0.008	0.007	0.008	0.040	0.015	0.020	0.0008	0.0008	0.0008

41.5.1.3　锡的火法精炼原则流程

火法精炼锡的过程是由一系列的连续作业组成，其中每一种作业都能够除去一种或两种杂质。火法的优点是生产能力较高，并且不使金属长期停滞在生产过程中，积压的锡量少。此外，锡火法精炼使杂质能够依次地提取出来，并富集于各种渣中，为综合回收这些金属提供了条件。

各冶炼厂粗锡所含杂质不同，生产规模不同，以及原材料供应及设备条件不一样，因而火法精炼流程也不一样，图 41－1 是我国锡火法精炼普遍采用的原则流程图。

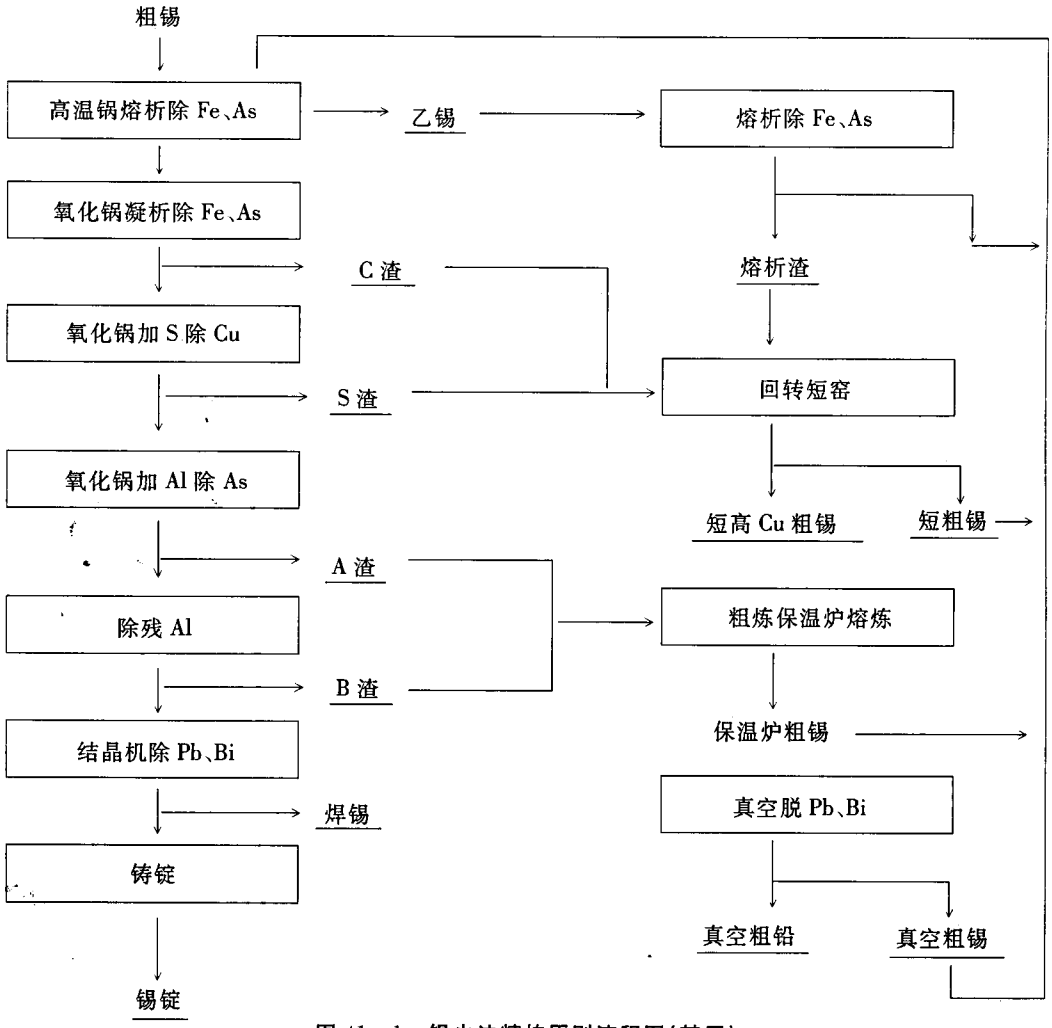


图 41－1　锡火法精炼原则流程图(某厂)

图 41－1 中加铝除砷、锑在火法精炼流程中的位置有两种情况：一是摆在结晶、熔析除铅、铋之前；二是摆在其后。两者对除砷、锑的效果相同，对整个流程来讲各有利弊。第一种的优点是砷、锑脱除达到标准后连续结晶机内槽中的晶体的硬度和黏度较小，可减轻螺旋器的负荷，晶体和液体的分离条件得到改善，有利于除铅、铋。同时在加铝除砷、锑后，除残余铝如果操作不仔细，残留下来的铝也会在结晶机内槽中继续氧化造渣而除去。而缺点是，除锑的程度要求低于标准含量，因结晶提纯对锑在晶体中富集可能使含锑合格的锡在结晶处理后反而不合格。加铝除砷、锑摆在结晶、熔析之后的优点是加铝除锑只需达到精锡标准即可。

本书以加铝除砷、锑在结晶、熔析除铅、铋之前的流程工艺进行讲述。

41.5.2 锡火法精炼

41.5.2.1 高温锅熔析除铁、砷

锡精矿经还原熔炼得到的粗锡，以及处理中间返回品乙锡、炭、硫渣等产出的粗锡含铁、砷都很高。熔析法除铁、砷的理论是根据铁、砷等杂质在锡液中与锡生成的高熔点金属化合物在锡液中的溶解度随温度升高而增大，将含铁、砷高的固体粗锡，加热到锡的熔点以上，高熔点金属化合物仍保持固体状态，而锡熔化成液体，分开固体和液体，从而使锡和铁、砷分离。于溶解度降低，铁、砷及其化合物结晶为固体析出，分离出固体后得到较纯的液体锡，达到锡与铁、砷分离。

表 41－4 可能存在于粗锡中的化合物及其熔点

化合物	SnAs	Sn_3As_2	Fe_2As	FeAs	Cu_3As	FeS	CuS	$FeSb_2$	Cu_2Sb	FeSn	$FeSn_2$
熔点℃	605	596	919	1030	830	1090	1135	729 分解	586 分解	745～800	1110

45.5.2.2 氧化锅除杂作业

(1)粗锡中的 Fe、As、Cu、Sb 这几个主要杂质将在氧化锅作业除去。

(2)凝析除 Fe、As。

粗锡在高温锅进行熔析除 Fe、As 后虽然能够除去大部分的 Fe、As 等杂质，但得到的粗锡含 Fe、As 仍较高，必须凝析除 Fe、As。

(3)凝析除 Fe、As 的原理

凝析法除 Fe、As 与熔析法除 Fe、As 相反，是利用铁、砷在液态锡中的溶解度随着温度下降而降低，当含铁、砷、锡的液体温度下降时，原来溶解在液锡中过饱和部分的铁、砷便以固态形式凝析出来。另外，铁、砷和锡生成的高熔点化合物以及铁砷相互间生成的高熔点化合物温度降低时也以固体形态从液体中凝析出来，然后将它们捞去达到进一步精炼的目的。

(4)操作实践

将从高温锅用锡泵泵过来的液锡 300℃～450℃利用降温管控制温度在 235℃～250℃，加入木屑充分搅拌，观察所起浮渣呈灰黑色粉末，并夹带闪耀的细小颗粒，即可停止搅拌进行捞渣。再加第二次木屑搅拌捞渣直到液面不含浮渣，在加木屑时注意：不易过快、过多，以防含水木屑飞溅伤人。

(5)加硫除铜

①加硫除铜的原理

其实质是利用铜对硫的亲和力大于锡对硫亲和力，当硫加入液锡中后，硫就优先与铜生成一种稳定的化合物 Cu_2S(硫化亚铜)，熔点 1130℃密度 5.6g/cm³，而不熔于锡，以浮渣形式浮于锡液表面然后捞去，从而达到除铜的目的，其反应式如下：

$$2Cu+S=Cu_2S(固)+18900\ 卡$$

但由于锡液的浓度大，加入的硫绝大部分先溶解于锡液中然后再与铜反应。

$$Sn+S=SnS+22000\ 卡$$

生成硫化亚锡在锡中的溶解度随温度升高而升高，在低温时硫化亚锡的溶解度很低。为提高除

铜效率，必须搅拌使生成的硫化亚锡很好与锡液中的杂质金属铜接触，从而加速下列反应的进行：

$$2Cu+SnS=Cu_2S+Sn-3100\text{ 卡}$$

②操作实践

根据在凝析除铁、砷作业之前取样分析反馈的液锡含铜百分含量，计算出该锅锡的含铜量，由反应式：$2Cu+S=Cu_2S$ 计算需加入的硫量，考虑一些杂质消耗硫以及硫的燃烧损失，实际的硫量要比理论量过量 20%～30%，硫量若在 100kg 以内，就一次加完，在 100kg 以上时分二次或多次加入。以防加入量大，影响搅拌。

加硫黄时，应开着搅拌机，边搅拌边小铲加入，不宜过急过多，减少硫在液面燃烧，提高硫利用率。硫黄加完后，应充分搅拌，促进反应进行，提高除铜效率。由于樱草属植物和铜的反应是放热反应，所以加硫过程中，会使锡液温度上升，但必须严格控制作业温度在 240℃～280℃范围，浮在锡液面的称为硫渣，当浮渣由黄色黏稠物逐渐变成黑色粉末时，说明反应结束，便可停止搅拌，开始捞去硫渣。为降低硫渣含锡，在作业后期还可加入木屑，使渣、锡分离好，获得干燥粉状硫渣，降低硫渣含锡量。

如果液锡含铜高于 0.5%时，为防止铜对凝析除铁、砷的影响，应先进行加硫除铜作业，后再凝析除铁、砷，加硫的温度控制在 300℃～320℃，加硫过量 30%～35%。

(6)加铝除砷锑

锡精矿经熔炼所产出的粗锡中的锑是不能用熔析法或凝析法除去的。另外，粗锡经熔析和凝析法处理后，虽然除去了其中大部分的砷，但锡中含砷量还有 0.15%以上。

进一步除去粗锡中的砷、锑通常是用较正电性的金属铝与砷、锑反应，生成不溶性砷化物和锑化物，这些化合物都作浮渣除去。

①加铝除砷、锑的原理

铝和砷生成高熔点化合物 AlAs，熔点 1600℃，反应式如下：

$$2Al+Sn_3As_2=2AlAs+3Sn$$

化合物 AlAs 熔点高，比重较轻，几乎不溶于锡，所以易浮于液锡面上，以浮渣形式除去。加铝除锑的原理和除砷相似，铝能与锑生成高熔点的化合物 AlSb，熔点 1050℃，反应式如下：

$$2Al+Sn_3Sb_2=2AlSb+3Sn$$

合化物 AlSb 比重也较轻，从锡液结晶析出浮于面上成浮渣除去。另外加铝也能除去锡中残留的铁和铜，因为铝也和它们生成高熔点的化合物 Al_3Fe(熔点 1160℃)、Al_2Fe(熔点为 1170℃)、Cu_3Al(熔点为 1016℃)，但因为大部分铁和铜经熔析、凝析作业和加硫除铜作业后已除去，所以残留的铁、铜不多，在计算铝消耗时稍多加一点即可。

②加铝除砷、锑实践

在工厂生产中生产精锡都必须加铝除去砷、锑，为缩短作业周期，加铝除砷、锑可同时进行。

加铝量的计算根据液锡含砷和锑量的不同，对于(As+Sb)＜0.2%，(As+Sb)：Al=1：1，对于(As+Sb)：Al=1.5：1，将凝析除铁、砷和加硫除铜的作业完毕的液锡升温至 320℃～380℃(具体升温温度与锡含锑量有关，含锑量达 2%以上时，温度升高至 380℃～550℃)，清理锅边和锅面残余浮渣(用长杆小铲将结在锅边的残渣铲起)。

加铝作业时，边搅拌边加入铝片，铝片加入完毕，观察已全部溶解，再延时搅拌 10～30 分钟，待铝与锑反应完全后停止搅拌，用水冷降温管降温至 230℃～250℃，拉出降温管(降温过程中可以间断搅拌，提高热交换率)。然后边搅拌边缓慢少量地加入氯化铵，直到液面出现黑色松散的粉末停搅拌，捞渣。

降温的目的是为了使高熔点的 AlSb 冷凝析出，加氯化铵的目的是利用其分解的气体使黏稠的铝渣疏松多孔，促进锡液滴的集合，降低渣含锡，提高锡直收率。

温度控制在 260℃左右，逐渐加入氯化铵除残铝，观察锡液颜色判断除残铝效果，直到液面出现一层灰白色粉末，观察锡液洒落地面“起珠”、“打滚”，视为除残铝结束，即可捞渣。

加氯化铵除残铝是根据下面反应进行的：

$$4Al+12NH_4Cl+3O_2=4AlCl_3+6H_2O+12NH_3$$

特别注意事项：加铝除砷、锑过程中严防铝渣与水或水蒸气接触，因为铝渣与水或水蒸气接触后会生成剧毒的砷化氢气体：

$$2AlAs+3H_2O=Al_2O_3+2AsH_3$$

特别当铝渣温度高、接触的水多、空气湿度大时，砷化氢更易产生，其量也更大，因此对作业人员会产生很大的威胁，严重吸入者会导致死亡。砷化氢气体无色无味，当周围空气中存在此气体时，人们往往不易察觉，所以铝渣堆存、运输时要特别注意。

(7)作业设备

火法精炼熔析除铁砷、凝析除铁砷、加硫除铜、加铝除砷、锑都是在精炼锅进行。我国某厂把进行熔析除铁、砷的精炼锅称为高温锅，把完成凝析除铁砷、加硫除铜、加铝除砷、锑一系列除杂的精炼锅称为氧化锅。高温锅除铁、砷作业完毕的液锡由转锡泵转入氧化锅进一步除杂作业。

精炼锅由钢板焊接而成，制作简单，使用寿命常，导热性好，升温、降温容易控制。锅的容量根据生产规模而定。我国某厂采用的精炼锅容积 30 吨，氧化锅锅面安装可掀式圆形烟罩，强制抽风回收精炼过程中产出的各类烟尘。精炼锅安装在炉灶上，炉体用黏土质耐火砖砌成燃烧火道，炉灶所用燃料为煤气。

精高温锅用移动式搅拌机，电机功率 45kW。

41.5.3 高温氧化锅操作实践部分

41.5.3.1 高温锅熔析除铁、砷

锡精矿经还原熔炼得到的粗锡，以及处理中间返回品乙锡、炭、硫渣等产出的粗锡含铁、砷都很高。熔析法除铁、砷的理论是根据铁、砷等杂质在锡液中与锡生成的高熔点金属间化合物在锡液中的溶解度随温度升高而增大。将含铁、砷高的固体粗锡加热到锡的熔点以上，高熔点金属间化合物仍保持固体状态，而锡熔化成液体，分开固体和液体，从而使锡和铁、砷分离。

(1)开机

①开机准备

a. 开机准备是为实现顺利开机提供各种保障。开机前必须准备好生产用到的各种材料如木糠、粉煤及工器具，如钢钎、螺丝、扳手、铲子和温度计等。

b. 移动式搅拌机的开机前检查。

c. 检查各连接螺杆的完好可靠性。

d. 检查安全防护罩是否齐全。

e. 用手扳动皮带轮数圈，如无卡紧、摩擦、受力均匀方可准备启动。

f 检查电缆有无裸露或断相，如有应通知电工包接好。

g. 检查精炼锅内的物料高度，如太少则不能启动。

②移动式锡泵的开机前检查

a. 使用前应检查锡泵电缆是否有破损裸露、缺相，检查插头是否完好。

b. 启动前应检查并确认出锡管是否已经搭接好。

(2)冶炼作业

①进料

a. 进料的准备：根据备料有关规定及时掌握的各种粗锡含杂质的特点，合理搭配入锅各粗锡(如：某厂产保温炉含砷、锑高，短窑粗锡含铜高，真空炉粗锡含铅高等)有利于除杂的进行。备料应该考虑的主要几种杂质有 Pb、As、Sb、Fe 和 Cu。

b. 吊入锅内的粗锡不能过多，防止粗锡熔化后或搅拌时溢出锅面流入炉膛。

②生产作业

a. 当粗锡质量较好时，粗锡的熔化温度控制在300℃～400℃；粗锡质量较差时，熔化温度控制在400℃～500℃。

b. 粗锡熔化后，经短时间搅拌后捞出锡钩，加入适当的煤或木糠，充分搅拌15分钟以上，捞出乙锡，然后捞净锡钩。再加煤或木糠充分搅拌，再一次捞乙锡，直到锅中锡液面呈金属锡的颜色，中间不夹固态物，不黏稠。

c. 用锡泵泵出部分液锡到下道工序后(转锡温度300℃～450℃)，加粗锡熔化，重复a和b。

d. 液锡泵到下道工序氧化锅离锅面不能超过10cm。

e. 捞出的乙锡分堆冷却，乙锡块度必须小于30cm，乙锡含锡不大于75%；及时将冷却后的乙锡装入乙锡斗。

f. 当粗锡质量差，形成硬头沉到锅底时，可升温至450℃～550℃，加煤搅拌捞乙锡直到液面干净且无结底。如依旧无法处理时，泵干锡液，并及时倒锅。

(3)主要工艺参数

①处理能力：30t～120t粗锡/天

②控制温度：300℃～500℃

(4)生产记录

高温锅岗位生产记录包括投入粗锡的种类、数量、主要工艺参数、作业时间、生产中的工艺故障等，必须在生产记录上详细记录，记录本上不能留空格，没有的项目可填“无”或在格内画对角斜杠。

(5)设备操作

①移动式搅拌机操作

a. 启动：确认一切正常后方可启动。先将安全开关扳至“启动”位置，然后按下启动按钮，并观察电流大小，倾听电机响声。

b. 运行过程中应注意观察搅拌机的运行情况，发现问题及时汇报处理。

c. 工作完毕后，应将安全开关扳至“停止”位置。

②移动式锡泵操作

a. 启动前应把锡泵放入熔化锡中浸泡10～15分钟后，再用手转动联轴套数圈后无卡紧现象且受力均匀。试通电数秒，确认正转后或反转，最后确认上述符合要求后，启动泵正转。

b. 停机时应先把电源切断，把锡泵吊出液面，并抖落锡泵上的残锡。

(6)设备运行记录

设备运行记录包括设备点检、巡检记录、设备维护记录和设备检修记录，每项记录都应及时、真实、详细，记录本上不能留空格，没有的项目可填“无”或在格内画对角斜杠。设备检修记录要注明设备故障时间、处理时间、处理过程简述、处理人员。

41.5.3.2 设备维护及保养

(1)设备维护

高温锅主要设备包括搅拌机、锡泵等，均须每班进行清洁维护，以免发生设备短路，影响润滑效果。搅拌机和锡泵的轴承传动点一般采用耐磨的润滑剂。

(2)设备点检

①随时检查电机、轴承温度，一般情况下电机、轴承温度不超过70℃。

②开启搅拌机时三相电源是否平衡，电压是否在规定值范围内(不超过额定值±5%)，若有异常，立即通知电工检查。

41.5.4 氧化锅作业

粗锡中的Fe、As、Cu、Sb这几个主要杂质将在氧化锅作业中除去。

41.5.4.1　开机

(1)开机准备

①开机前必须准备好本岗位生产用到的各种材料，如木糠、硫磺、铝豆、和氯化铵以及工器具，如钢钎、螺丝、扳手、铲子和温度计等。

②固定式搅拌机的开机检查

a. 检查各连接螺杆的完好可靠性。

b. 检查安全防护罩是否齐全。

c. 用手扳动皮带轮数圈，如无卡紧、摩擦、受力均匀方可准备启动。

d. 检查电缆有无裸露或断相，如有，应通知电工包接好。

e. 检查精炼锅内的物料高度，如太少则不能启动。

③移动式锡泵的开机前检查

a. 使用前应检查锡泵电缆是否有破损裸露、缺相，检查插头是否完好。

b. 启动前应检查并确认出锡管是否已经搭接好。

41.5.4.2　冶炼作业

(1)进料

用锡泵从上道工序高温锅泵转到氧化锅的液锡离锅面不能超过 10cm，液锡温度 300℃～450℃。

(2)生产作业

①凝析除铁、砷操作前取样目测，然后送样到化验室化验 Cu 含量。控制锡液温度在 235℃～250℃，根据样条的目测情况，搅拌并加入适量木糠，加木糠时，不宜过快。第一次加完搅拌 10～30 分钟，当浮渣呈黑色粉末状可停止搅拌进行捞渣；再加第二次木糠，搅拌捞渣，直到液面不含浮渣，若浮渣过多，可直接乙锡。

②加硫除铜。

a. 根据化验室反馈的化验结果，计算出该锅锡的含铜总量，含铜总量计算如下：含铜总量＝该锅粗锡总量×化验结果。把温度控制在 260℃～300℃，按总铜量的 30%～35%加入硫黄。加入时，应边搅拌边加入。当液面上出现一层浮渣，且浮渣由黄色黏稠状逐渐完全变成黑色粉末时，造渣过程结束，捞出 S 渣。

b. 若粗锡含铜大于 0.5%时，也可以先造 S 渣再造 C 渣。造完 S 渣后，仍有浮渣，可以先捞乙锡。S 渣过稠时，可以加入木糠或氯化铵少量，进行搅拌。捞完 S 渣后，取样目测，送样化验室化验(Sb＋As)含量。

c. 捞完 S 渣后，取样目测，送样化验室化验(Sb＋As)含量。

③加铝除砷、锑。

a. 造高铝渣(A 渣)。

b. 将捞完 C、S 渣的锡液升温到 280℃～380℃(具体温度与锡液中的含锑量有关，锑量达 2%以上时，温度还要升高到约 380℃～550℃)。清理锅边、锅面，然后边搅拌边加入铝粒，铝粒的加入量可按下式计算：

$$\text{加铝量}=\text{取样时锅中锡总量}\times(\text{Sb}+\text{As})\%\times(26\sim30)\%。$$

c. 当铝粒全部溶解，再延时搅拌 10～30 分钟，待 Al 与 As、Sb 反应完全后停止搅拌，用水冷降温管降温至 230℃～250℃，拉出降温管(降温过程可以间断搅拌)。并清理干净降温管。然后边搅拌边缓慢少量地加入氯化铵，直到液面出现黑色松散的粉末(即 A 渣)，停止搅拌，捞渣。

d. 造低铝渣(B 渣)。

e. 在造 A 渣时，锡液温度会升高，用降温管降温至 260±30℃左右。逐渐加入氯化铵，直到液面出现一层灰白粉末(即 B 渣)，且锡液有“起珠”、“打滚”现象，捞渣。

f. 产出的 A、B 渣可以混，但不能与 C、S 渣混，所用渣斗标注产渣渣名。

(3)产品样品采集及处理：

①捞完B渣后取样，化验结果Sb达到控制标准，将锡液锡泵泵至结晶机用保温锅。

②若化验结果Sb未达到控制标准，为该锅锡不合格。按氧化锅岗位工作标准复加铝处理。

(4)主要工艺参数：

①处理能力：30t～120t粗锡/天。

②凝析除铁、砷温度：235℃～250℃。

③加硫除铜温度：260℃～300℃。

④加铝温度：280℃～550℃。

⑤造高铝渣(A渣)温度：230℃～250℃。

⑥造低铝渣(B渣)温度：260℃±30℃。

(5)生产记录

氧化锅岗位生产记录包括投入主要工艺参数、作业时间、各种杂质的含量、物料的消耗以及生产中的工艺故障等，必须在生产记录上详细记录，记录本上不能留空格，没有的项目可填“无”或在格内画对角斜杠。

(6)设备操作：

①固定式搅拌机操作：

a. 启动：确认一切正常后方可启动。先将安全开关扳至“启动”位置，然后按下启动按钮，并观察电流大小，倾听电机响声。

b. 运行过程中应注意观察搅拌机的运行情况，发现问题及时汇报处理。

c. 工作完毕后，应将安全开关扳至“停止”位置。

②移动式锡泵操作：

a. 启动前应把锡泵放入熔化锡中浸泡10～15分钟后，再用手转动联轴套数圈后无卡紧现象且受力均匀。试通电数秒，确认正转后或反转，最后确认上述符合要求后，启动泵正转。

b. 停机时应先把电源切断，把锡泵吊出液面，并抖落锡泵上的残锡。

(7)设备运行记录

设备运行记录包括设备点检、巡检记录、设备维护记录和设备检修记录，每项记录都应及时、真实、详细记录，记录本上不能留空格，没有的项目可填“无”或在格内画对角斜杠。设备检修记录要注明设备故障时间、处理时间、处理过程简述、处理人员。

14.5.4.3 设备维护及保养

(1)设备维护

氧化锅主要设备包括搅拌机、锡泵等，均须每班进行清洁维护，以免发生设备短路、影响润滑效果。搅拌机和锡泵的轴承传动点一般采用耐磨的润滑剂。

(2)设备点检

①随时检查电机、轴承温度，一般情况下电机、轴承温度不超过70℃。

②开启搅拌机时三相电源是否平衡，电压是否在规定值范围内(不超过额定值±5%)，若有异常，立即通知电工检查。

41.5.5 **结晶机除铅、铋**

结晶法除铅(铋)是将含铅(铋)的液态粗锡冷却或将含铅(铋)的固态粗锡加热熔化时，分别都产出固相和液相，但固相和液相成分相差较大，固相(晶体)含铅(铋)较少，含锡较高。反之液相含铅(铋)较固相高，这样，就可使杂质金属铅(铋)富集到液相中去，从而达到除杂质铅(铋)得到较纯的晶体锡的目的。

在冷凝或熔化时产出的晶体含锡比原来的锡铅合金高，而含铅则比原来低，而新的液相含锡比原

来降低，而含铅则比原来增高。若将晶体和液体分开，将晶体加温熔化，再结晶一次和上次一样，这次产出的晶体比原来又升高，含铅比原来降低。这样反复进行多次，晶体含锡不断提高，不断提纯，直到达到合格精锡。同样，如果将新的液相再冷却结晶，则此次产出的液相含铅在原来的基础上增加，这样反复进行多次，最后可得到铅、锡共晶成分（含 Sn61.9%、Pb38.1%）的焊锡。和其他除铅、铋法比较，结晶机具有以下优点：

(1)过程比较简单，铅和锡分离过程只在一个设备内完成。

(2)生产效率高，且占面积小。

(3)劳动强度低，劳动条件好。

41.5.5.1 开机

(1)开机准备

开机准备是为实现顺利开机提供各种保障。开机前必须准备好生产用到的各种材料、工器具，如柴油、钢钎、螺丝、垫圈、扳手等。

(2)试机前，对设备和仪表进行全面和检查、认真清理槽内的杂物，减速器油位是否在 1/2～1/3，煤气阀，锡泵。当设备无异常，槽内卡壳，仪表控制部件均在原始位置，才能进行试机。

试机内容包括：各组电阻丝的通断状态，电压、电流表、设备转动情况。某厂结晶机电阻丝电压：380V 电流 2.5～3A。电阻丝的通断状态可从开关时电流表的摆动、调功器指示灯、仪表指针体现出来。调节各段电阻丝调功器观察仪表指针是否随之发生相应变化，若发生相应变化则说明电阻丝正常。开动电动机，转速 200r/min～500r/min，观察齿轮啮合情况是否良好，电机是否有杂音。螺旋轴转动时，应顺畅匀速，无刮底、卡壳现象，若有异常应立即找出原因并消除，重新试机。

(3)烘槽：经过试机无异常后可以开始烘槽。烘槽是将结晶机槽体预热到一定温度，以便缩短进料后进入生产阶段时间。

试机完成后，开动螺旋轴，电机传速 200r/min～500r/min。给结晶机各段电阻丝、保温桶送电，烘槽过程中必须确定螺旋轴的正常转动，以免螺旋轴受热不均匀，发生弯曲变形，影响设备性能。槽尾段电阻丝可根据情况在烘槽 15～45 分钟后断电，以节约电耗。

在烘槽时间内，应将上道工序转到保温锅中（中转锅）的锡液升温（或保温）至 300℃±60℃。

(4)原料取样方式方法

进料前应对原料中影响结晶机操作较大的元素铅、铋进行化验，并以此作为指导操作的依据。取样前将取样瓢在锡液中预热 10～30 秒，舀少许锡液倒入样模中，冷却后送化验。结晶机处理的原料中含铅、铋一般分别为 1%～10%、0.006%～0.6%。

(5) 当槽体烘到预定（槽头 300℃～400℃以上）可以开始进料，进料即把保温锅中的锡液用锡泵泵到保温桶中，再从保温桶流入槽内，流量控制在 2t/h～4t/h，进料 3t～4t 后进料量适当减小到 1t/h～2t/h，就开始洒水降温。降温时，要控制好洒水量，防止晶块过大损坏设备。当槽内晶体上到槽中部时通过调节电阻丝功率、洒水量，使槽内晶体物料分布、温度分布逐渐趋于合理状态，即形成一定的成分梯度和温度梯度。

(6)试生产。当槽头有晶体锡产出时，即进入试生产阶段。试生产阶段结晶锡尚未合格，其目的是为了观察结晶锡质量是否随操作变化发生相应变化，以判断其是否符合工艺要求。在试生产时，应不断观测槽内各段温度变化并取样鉴定，随时了解、掌握槽内物料的变化情况，根据原料含铅量利用调节电阻丝功率、螺旋转速、进料量和洒水量等手段使槽内物料分布、温度梯度达到最佳，直至产出合格结晶锡，使之进入正常生产操作。

41.5.5.2 冶炼作业

结晶机正常操作包括根据生产情况调节电阻丝功率、螺旋转速、进料量、洒水、放焊锡、撬叶片、结晶锡处理等。

正常生产情况下，槽内金属结晶应呈粗砂状，槽头结晶较黑，有氧化渣。当槽尾有焊锡富集时，槽

尾焊锡呈银白色，应及时排放，放焊锡时应坚持少量多次的原则。焊锡排放可用焊锡模、焊锡桶、焊锡锅来装，在正常生产时，焊锡的排放量可从结晶机的平衡来计算，即：

处理原料中的含铅总量＝焊锡含铅总量＋结晶锡含铅总量

生产中要经常撬动叶片，防止结大块，并将黏在叶片上和叶片间的锡撬走，以免其影响晶体向上输送和锡液的回流，使结晶合格锡粒顺利溜合锡斗内，斗满后将其倒入合锡锅中。若在生产中，不能直接倒入合锡锅，要根据当天生产情况采取回槽再处理、搭配放行或等待以后处理。当设备运行异常时，应立即取样化验，视化验结果再处理。

结晶锡样品的采集应在合锡斗中各点均匀取少许结晶锡熔化后倒入样模中，冷却后送检，焊锡取样可从焊锡模（桶、锅）中取少许焊锡冷却后送制样再化验。

操作条件对生产的影响：

温度是影响结晶机精锡、焊锡质量的主要因素，槽头温度低产出的精锡含铅、铋高，不合格；槽尾温度过高会使焊锡含锡大幅度升高。

螺旋轴转速，在温度、进料量不变的情况下，螺旋轴转速是调整产品质量的主要因素。转速快，物料在槽中停留时间短，精锡产量高，但质量低。

锡液回流，其大小取决于设备结构，包括结晶机的坡度、叶片和内槽间的间隙。回流过大产渣率高锡直收率低、焊锡含锡高；回流过小固、液相分离差，晶体含铅、铋高不易合格。

41.5.5.3　主要工艺参数

槽内温度：182℃～232℃。

单机处理量：24t/d～40t/d。

保温锅转锡温度：≥260℃。

正常生产进料量：1t/h～2t/h。

螺旋转速：200r/min～1200r/min。

结晶锡、焊锡的产量、品位、主要工艺参数、作业时间等必须在生产记录上详细记录。

41.5.5.4　设备运行记录

设备运行记录包括设备点检、巡检记录、设备维护记录和设备维修记录，每项记录都应及时、真实、详细记录。

结晶机生产常用到的锡泵启用时应将锡泵浸入锡液中预热 10～15 分钟，通电前检查是否转动灵活，确认灵活转动后，试通电数秒，确认正转后或反转，最后确认上述符合要求后，启动泵正转。停泵时关掉电源拉起锡泵，抖落泵内锡液。

41.5.5.5　设备的点检

设备的点检、巡检主要内容有减速器油位是否在 1/2～1/3 位置高度，大小齿轮啮合是否良好、轴支点（轴承）润滑是否良好，联轴器螺杆是否松动，各电阻丝的通断状态、鼓风机等是否存在异常响声等。

41.5.5.6　停机检修

（1）停机作业

包括正常停机、事故停机。事故停机主要有突然停电时间过长，洒水过多结大块，温度控制过低，机械故障等。

①正常停机准备：进料完毕后，停止保温桶供电，并按正常作业操作 2～4 小时，将槽内物料拉空，吊装好退槽时使用的锡斗，烧柴油将槽内剩余的物料熔化，放到锡斗内（即放退槽锡）。

②事故停机：发生事故须停机可直接吊装好退槽锡斗，必要时可边放锡液边烧柴油。

（2）结晶机检修

电热结晶机形状为双层的“U”形槽，夹层内从下往上依次装有石棉板、保温砖、槽形耐火砖，电阻丝分布在槽形耐火砖凹槽内，从槽头到槽尾分为数段，根据各段对温度的不同要求，安装发热量不等

的电阻丝，以便从槽头到槽尾温度不断降低。整个槽体有一定倾斜度（一般为3°～7°）内槽中装有一根螺旋轴，轴上固定有叶片（螺旋片），叶片有采用焊结和螺丝固定两种方式，叶片与螺旋轴垂直线有一定的角度，一向般为3°～4.5°。

41.5.5.7　结晶机常见故障的判断及处理

（1）结晶机常见工艺故障

结晶机常见工艺故障有结晶锡含铅、铋超标、焊锡含锡过高等。结晶锡含铅超标主要原因有各电阻丝功率过低、洒水过多使槽中温度过低、槽中焊锡富集过多、螺旋转速过快等。其解决方法是调节电阻丝功率、将转速调慢、根据粗锡含铅量采取加大焊锡排放等。结晶锡含铋超标主要原因是粗锡中含铅、铋比例不足，操作温度偏低等，粗锡中含铅、铋比值应尽可能保持在15∶20以上。含铅高有利于除铋，其原因是铅和铋原子间的结合能力大于锡和铋、锡和铅原子间相互结合的能力，因此，若粗锡含铅高，含铋低时，产出的精锡含铅、铋都较低；若粗锡含铋高，则必须另外加精铅到粗锡中去或多搭配高铅低铋物料到粗锡中。

焊锡含锡过高一般是由于操作不当所引起，如排放焊锡过多或一次性排放大量焊锡、放焊锡时槽尾温度过高等。

（2）常见设备故障处理

结晶机常见的设备故障有：叶片断（脱）落，电阻丝短路、断路，齿轮离位等。

叶片断落，其主要原因是由于洒水过多使槽内物料结大块或槽内有异物将叶片崩断，叶片断后应立即将叶片、大块或异物从槽内取出。减小进料量或停止进料，将槽中锡料拉空一些，使螺旋轴显露出来，停下螺旋电机，焊好叶片。如果是用螺杆固定的，将叶片基座、叶片上的螺丝头敲出，重新用螺杆上好，上叶片是为了调整叶片角度，可适当的在叶片、基座间垫一些垫片。

电阻丝短路可从调功器、电流表上体现出来，发现后应立即对结晶锡取样化验，并检查线路、槽体是否有漏锡，并通知电工。如果槽体漏锡，应做事故退槽，退完槽待槽体冷却后，将电阻丝、耐火砖、保温砖拆除，清理槽内锡料，重新装槽，经检查无异常后可以开机。

电阻丝断路主要有保险熔断、电阻丝断等，应立即取结晶锡样化验并通知电工。若电阻丝断则应做事故退槽处理，将电阻丝取出焊好重装，或更换新电阻丝。

齿轮离位表现为齿轮啮合不好，且有巨大响声和槽体振动。应急处理可在槽尾端洒水降温使槽尾端板与螺旋轴末端、大叶片间锡液凝固将螺旋轴往上顶，及时通知钳工调整减速器、齿轮。

41.5.5.8　关键设备维护保养

结晶机关键设备包括调功器、调速器、螺旋电机、减速器、传动齿轮等，均须每班进行清洁维护，以免发生设备短路、影响润滑效果。

结晶机齿轮啮合点和轴承一般采用耐磨的黄油作润滑剂，减速器则用流动性好的机油。

41.5.6　铸锭

铸锭就是将上道工序输送来的结晶锡或锡液铸成符合要求的锡锭。

精锡中常见的杂质As、Fe、Cu、Pb、Bi、Sb、Al等在进入合锡锅前经过多道作业基本已合格，但为确保产品质量仍须对精锡取样化验。

41.5.6.1　开机准备

开机前必须准备好铸锭所用各种工具，如点火用的火把，刮面用的铲子，打编号用的打字夹、锤子等，打字夹应预先编好批号。

41.5.6.2　试机

转动放锡槽一周以上，试压下每个锡模顶杆检查其灵活性，搅拌机通电数秒，观察其运转情况，开动抽风机、鼓风机检查，是否有异常。

41.5.6.3　铸锭作业

点燃煤气，把结晶机放行到合锡锅的锡粒升温、熔化（温度240℃～340℃），待锅中锡粒基本熔化后吊入搅拌机搅拌10～30分钟（加木糠搅拌），然后捞除液面氧化渣入专用渣斗中。将干净的取样瓢浸入锡液中预热后，舀取锡液倒入样模中（样模应事先清理干净），目测后送化验，同时将锡液升温到300℃～340℃，吊出搅拌机，吊入专用锡泵。化验结果合格（即化验结果中各顶杂质含量均低于控制标准）可进行试生产。

试生产的目的在于判断系统是否运行正常并将锡模清洗干净。打开降温冷却水，试浇铸一至两圈，产出的锡锭必须集中堆放，返回空锅中重熔。试生产时要观察锡液流动是否流畅，铸锭机运行、顶杆、放锡槽是否正常，确认符合上述条件后可进行正式浇铸。

放锡人员应根据模子标记准确控制每锭重量；刮面人员及时刮除锡液表面层，待锡液凝固后铲除周边的毛刺，保证锡锭的物理外观质量；打字人员给锡锭打好编号后将锡锭码堆，浇铸完毕要做好废锡、渣的回收工作，停止冷却水。锡泵的使用请参考结晶机锡泵使用方法。

生产合金时，浇铸温度可适当提高到340℃～380℃，不用刮除表面层。

生产低铅、特号锡时在浇铸前必须先加木糠除铁。

41.5.6.4　铸锭主要工艺参数

精锡：每件重25±1kg。

浇铸温度：300℃～340℃。

合金：每件重25±5kg。

浇铸温度：340℃～380℃。

各元素控制标准见概论有关介绍。

41.5.6.5　生产记录

铸锭完每批锡锭后必须做好生产记录工作，包括锡锭品种、批号、浇铸吨位、浇铸温度、浇铸时间、作业人员等，生产中产出的中间物料必须做好标识。

41.5.6.6　设备运行记录

包括本岗所属设备的运行状况，设备的点检、巡检记录，设备维护记录和设备检修记录，必须及时、真实、详细记录，以为检修提供依据。

41.5.6.7　设备维护及保养

铸锭所用主要设备有圆盘铸锭机、搅拌机、抽风机、鼓风机等。所属设备必须每班进行清洁，检查润滑情况，各连接螺丝是否松动，搅拌机皮带是否有松弛现象。

41.5.6.8　设备润滑

铸锭需润滑设备——搅拌机，必须定时对其转动部分进行检查润滑是否足够，轴承是否有卡紧、窜动。如有问题应及时排除、添加黄油。

41.5.6.9　设备点检

生产过程中必须严格按要求对设备进行点检（一般为两小时一次），并做好记录，铸锭设备点检主要内容有：圆盘铸锭机顶杆、弹簧、各连接螺杆、配件等是否正常、齐全；搅拌机电机发热、响声是否正常；轴承是否卡紧、窜动；抽风机、鼓风机是否有异常响声。

41.5.6.10　常见故障的判断处理

（1）工艺故障处理

铸锭主要工艺故障为各种杂质超标，在铸锭前某元素超标（除铁超标外），可根据情况采取返回或搭配处理。返回处理可直接将锡液返回上道工序或铸大锭返回，但须做好标识。当超标不严重时应优先考虑搭配处理，再考虑返回。

在精锡铸锭过程中，由于熔铸温度过高（高于350℃）或由于各种原因熔铸时间拖延加长（超过两个小时）时，易发生铁超标，此时应重新取样化验铁元素。若发生铁超标，应全部回锅熔化，加入木糠搅拌除铁，重新浇铸，或分批与其他低铁全格精锡搭配铸锭。

搭配超标锡时，可按下式计算：

(超标锡中该元素总量＋搭配锡中该元素总量)/(超标锡量＋搭配锡量)×100%≤该元素控制标准

(2)设备故障处理

合锡锅穿锅，就是合锡锅穿孔，锡液漏出锅外。一旦发生穿锅应及时将锅中锡液泵到其他空锅或铸大锭，必要时可以倒锅，即将锅头吊起把锅中锡倒入空锅中。

搅拌、抽风机、鼓风机等设备停转，应立即判断是否停电。若没有停电要及时打下设备开关，检查设备是否卡紧、连接螺杆是否脱落，是否存在短路、断路等。

第五单元·高级技师

第42章　铜冶炼高级技师

42.1　开炉

42.1.1　烘炉

在新建或检修后，为确保能安全如期地开炉，需在烘炉前制定开炉方案，并对烘炉方案的各项逐一审核。

42.1.1.1　审核开炉时间：

开炉时间安排是否合理，考查各个相关方面的因素，能否按期开炉。

42.1.1.2　审核开炉前的准备工作：

准备工作安排是否妥当，考查烘炉方案中工器具、材料、备品备件是否准备得齐全，是否制定了开炉前对炉体基础尺寸的测量、核定和绘制要求，是否对炉体辅助设施的安装进行了要求。

42.1.1.3　审核试车方案：

(1)考查试车方案的内容是否完整，试车方案是否可行。

(2)审核岗位记录、点检卡：考查岗位记录、点检卡的内容是否能反映冶炼过程控制和主要技术参数。

(3)审核安全技术操作规程：考查安全技术操作规程中各种作业是否安全、操作程序是否可靠。

(4)审核烘炉作业程序：考查烘炉作业程序中各操作步骤是否安全可靠，是否符合现场要求。

(5)审核烘炉升温曲线：考查烘炉升温曲线中升温时间与温度的关系是否能满足开炉需要。

(6)审核开炉材料计划。

(7)审核烘炉安全注意事项：本着“安全第一，预防为主”的原则严格按操作步骤执行各项作业。

42.1.2　试生产

在烘炉达到投料生产要求后，可以进入试生产冶炼阶段。为了保证在开炉后做到长周期安全生产，需制定试生产方案，并进行审核，看其中所列内容是否满足生产需要，是否符合生产原理及生产控制等。

(1)审核生产的目的，明确试生产的意图。

(2)审核试生产的方式、方法。

(3)审核试生产具备的条件。

(4)审核试生产操作要求。

(5)审核试生产参数。

(6)审核试生产物料要求。

(7)审核试生产作业程序。

(8)审核试生产安全注意事项。

42.2 火法冶炼

42.2.1 进料

42.2.1.1 进料的准备

(1)详细阅读本班的生产指令和上一班的交接班记录,了解上班的生产情况。

(2)掌握炉况。

(3)检查各料仓是否畅通。

(4)了解附属设备设施状况。

42.2.1.2 对上道工序的了解

(1)了解原料物理性质。

(2)掌握上道工序产出的中间产品的成分。

(3)掌握上道工序的技术经济指标。

42.2.2 审核岗位技术操作规程

对新编岗位技术操作规程要在进行审核后投入使用。操作规程的编写要以全面、实用、合理、科学、简单易懂为原则。

42.2.3 审核工艺参数

审核工艺参数要把握所制定的工艺参数是否能保证系统能长周期的平稳运行,系统经技术指标是否最优化,生产出来的产品是否符合质量标准等。

42.2.4 工业试验

42.2.4.1 原辅料

(1)原料

(2)熔剂

(3)燃料及其他材料

42.2.4.2 试验方案的制订

(1)根据来料的性质选择合理的作业制度。

(2)选择合理的工艺参数。

(3)收集和整理投入和产出的各种个物料的化验分析数据。

(4)通过各种个物料的化验分析数据,进行物料平衡计算。

(5)通过计算找出影响指标和产量的因素.以便更好地指导今后的生产。

42.3 安全操作

42.3.1 安全技术操作

审核岗位安全技术操作规程:

(1)从物料性能方面审核。

(2)从岗位操作方法方面审核。
(3)从工艺技术条件和工作参数方面审核。
(4)从设备性能及设备工作状态方面审核。
(5)从工作环境准备和所需的劳动保护用品方面审核。

42.3.2 安全保护及保养

审核安全环保管理制度:
(1)从工作环境方面审核。
(2)从设备工作状态方面审核。
(3)从消防工作方面审核。
(4)从环保设备方面审核。
(5)从安全防护设施方面审核。

42.3.3 相关知识

安全技术操作规程编制要求:(1)按各岗位工作状况编制。(2)按各岗位工艺及设备技术要求编制。(3)按生产作业指导书有关要求编制。

42.4 生产管理

42.4.1 生产过程管理

42.4.1.1 冶金炉窑生产过程管理

(1)根据生产作业计划要求,提前做好准备工作,对生产过程中各岗位的生产情况要了解掌握,发现问题及时解决,确保当班生产任务的完成。
(2)作好交接班各项工作,班前认真核实各岗位劳动力配置是否合理,并作好协调工作。
(3)严格按作业指导书和技术操作规程操作,确保各项技术经济指标的完成。
(4)做好当班生产完成情况统计及原始记录。
(5)严格执行设备维护保养运行制度,确保设备完好及正常运行。
(6)要突出"安全第一"的思想,严格执行安全技术操作规程。
(7)严格执行工艺技术规程,认真检查工艺执行情况。

42.4.1.2 生产过程管理制度审核

(1)从生产作业计划的编制方面审核。
(2)从生产前的准备工作方面审核。
(3)从工艺规程和安全操作规程方面审核。
(4)从生产组织工作方面审核。
(5)从辅助生产过程方面审核。
(6)从生产服务过程方面审核。

42.4.2 技术管理

42.4.2.1 技术文献的检索:

(1)按工程分类检索。
(2)按设备分类检索。

(3)按生产工艺分类检索。

(4)按文献类型分类检索。

42.4.2.2 技术总结：

(1)从技术指标完成情况方面总结。

(2)从技术革新、工艺改造方面总结。

(3)从设备改造方面总结。

(4)从生产方面总结

42.4.3 相关知识

文献检索常用方法：

(1)分类法：①目录法。②档案管理法。

(2)计算机应用知识：①计算机自动化控制方面的知识。②计算机文档编辑方面的知识。③计算机的在网络方面应用的知识。

(3)技术报告写作方法：①概况。②现状。③方案。④概算。⑤效果。⑥完成情况。⑦完成时间。

42.5 培训与指导

42.5.1 理论培训

42.5.1.1 编写培训讲义：

从物料性能方面编写：

(1)从岗位操作规程和安全操作规程方面编写。

(2)从工艺技术条件和工艺参数方面编写。

(3)从设备性能，结构和设备操作方面编写。

(4)从工作环境和所需的劳动保护用品方面编写。

42.5.1.2 编制培训教学计划

(1)应知应会教育：组织工人学习技术理论，工艺规程和操作技能，通过培训，使职工真正达到本岗位等级应知应会要求。在基础教育中，应重视中级技工的培养，按中级技工理论知识和中级技术等级标准培养中级技术工人，在企业中逐步形成以中级技工为主的技术工人队伍，同时，积极发展高级技工训练，以适应引进技术的运用，提高职工技术素质。

(2)确定培训目标：合理确定各个时期的培训目标、内容、形式、方法和措施，注意确定职工内部的文化、技术业务结构。在处理普及培训和专业知识教育的关系上，应以专业知识应用理论和实际技能培训为主；在处理培训对象的数量与质量上应以培训质量为主，在处理普及与提高上，应以普及为主；在处理多学科与单科培训上，应以单科培训为主；在处理培训与工作的关系上，应以工余学习为主。

42.5.2 指导操作

渣温、铜温的判断控制方法

(1)渣型的判断调整方法。

(2)控制金属在渣中损失的方法。

(3)电炉熔炼各岗位的操作方法。

(4)电炉事故的预防和处理方法。

42.5.3 相关知识

42.6 工艺改进及创新

42.6.1 工艺改进

(1)根据物料成分和性能进行工艺改进。
(2)根据降低金属在渣中的损失进行改进。
(3)根据电炉熔炼各岗位的操作方法进行改进。
(4)根据预防各类事故的发生提出工艺改进。
(5)从优化生产组织进行工艺改进。
(6)对所使用的设备进行工艺改进。

42.6.2 工艺创新

(1)从国内外火法冶炼先进管理经验进行创新。
(2)从国内外火法冶炼先进冶炼方法进行工艺创新。
(3)从国内外火法冶炼设备进行工艺创新。
(4)从国内外火法冶炼安全生产方面进行创新。

42.6.3 相关知识

(1)冶金炉窑构造:①基础;②炉底;③炉墙;④炉顶;⑤炉体钢骨架;⑥加料装置;⑦熔体放出设施;⑧排烟系统。

(2)冶金计算方法:①物料成分计算;②物料平衡计算;③热平衡计算;④金属平衡计算。

(3)机械制图有关知识:①图纸幅面;②标题栏和明细表的填写;③各种符号的表示方法及含义;④三视图的画法;⑤剖视图的画法;⑥总图;⑦部件图;⑧零件图。

第43章　镍冶炼高级技师

43.1　开炉

43.1.1　烘炉

在新建或检修后，为确保能安全如期的开炉，需在烘炉前制定开炉方案，并对烘炉方案的各项逐一审核。

(1)审核开炉时间：开炉时间安排是否合理，考查各个相关方面的因素，能否按期开炉。

(2)审核开炉前的准备工作：

准备工作安排是否妥当，考查烘炉方案中工器具、材料、备品备件是否准备得齐全，是否制定了开炉前对炉体基础尺寸的测量、核定和绘制要求，是否对炉体辅助设施的安装进行了要求。

(3)审核试车方案：

考查试车方案的内容是否完整，试车方案是否可行。

(4)审核岗位记录、点检卡：

考查岗位记录、点检卡的内容是否能反映冶炼过程控制和主要技术参数。

(5)审核安全技术操作规程：

考查安全技术操作规程中各种作业是否安全、操作程序是否可靠。

(6)审核烘炉作业程序：

考查烘炉作业程序中各操作步骤是否安全可靠，是否符合现场要求。

(7)审核烘炉升温曲线：

考查烘炉升温曲线中升温时间与温度的关系是否能满足开炉需要。

(8)审核开炉材料计划。

(9)审核烘炉安全注意事项：

本着“安全第一，预防为主”的原则严格按操作步骤执行各项作业。

43.1.2　试生产

在烘炉达到投料生产要求后，可以进入试生产冶炼阶段。为了保证在开炉后做到安全长周期生产，需制定试生产方案，并进行审核，看其中所列内容是否满足生产需要，是否符合生产原理及生产控制等：

审核生产的目的，明确试生产的意图。

审核试生产的方式、方法。

审核试生产具备的条件。

审核试生产操作要求。

审核试生产参数。

审核试生产物料要求。

审核试生产作业程序。

审核试生产安全注意事项。

43.2 火法冶炼

43.2.1 进料

43.2.1.1 进料的准备

详细阅读本班的生产指令和上一班的交接班记录，了解上班的生产情况。

掌握炉况。

检查各料仓是否畅通。

了解附属设备设施状况。

43.2.1.2 对上道工序的了解

了解原料物理性质。

掌握上道工序产出的中间产品的成分。

掌握上道工序的技术经济指标。

43.2.2 审核岗位技术操作规程

对新编岗位技术操作规程要在进行审核后投入使用。操作规程的编写要以全面、实用、合理、科学、简单易懂为原则。

43.2.3 审核工艺参数

审核工艺参数要把握所制定的工艺参数是否能保证系统能长周期的平稳运行，系统技术指标是否最优化，生产出来的产品是否符合质量标准等。

43.2.4 工业试验

43.2.4.1 原辅料

原料。

熔剂。

燃料及其他材料。

43.2.4.2 试验方案的制订

根据来料的性质选择合理的作业制度。

选择合理的工艺参数。

收集和整理投入和产出的各种个物料的化验分析数据。

通过各种个物料的化验分析数据，进行物料平衡计算。

通过计算找出影响指标和产量的因素，以便更好地指导今后的生产。

43.3 安全操作

43.3.1 安全技术操作

审核岗位安全技术操作规程：

(1)从物料性能方面审核。

(2)从岗位操作方法方面审核。

(3)从工艺技术条件和工作参数方面审核。

(4)从设备性能及设备工作状态方面审核。

(5)从工作环境准备和所需的劳动保护用品方面审核。

43.3.2 安全保护及保养

审核安全环保管理制度：

(1)从工作环境方面审核。

(2)从设备工作状态方面审核。

(3)从消防工作方面审核。

(4)从环保设备方面审核。

(5)从安全防护设施方面审核。

相关知识：安全技术操作规程编制要求①按各岗位工作状况编制。②按各岗位工艺及设备技术要求编制。③按生产作业指导书有关要求编制。

43.4 生产管理

43.4.1 生产过程管理

43.4.1.1 冶金炉窑生产过程管理

根据生产作业计划要求，提前做好准备工作，对生产过程中各岗位的生产情况要了解掌握，发现问题及时解决，确保当班生产任务的完成。

做好交接班各项工作，班前认真核实各岗位劳动力配置是否合理，并作好协调工作。

严格按作业指导书和技术操作规程操作，确保各项技术经济指标的完成。

做好当班生产完成情况统计及原始记录。

严格执行设备维护保养运行制度，确保设备完好及正常运行。

要突出“安全第一”的思想，严格执行安全技术操作规程。

严格执行工艺技术规程，认真检查工艺执行情况。

43.4.1.2 生产过程管理制度审核

(1)从生产作业计划的编制方面审核。(2)从生产前的准备工作方面审核。(3)从工艺规程和安全操作规程方面审核。(4)从生产组织工作方面审核。(5)从辅助生产过程方面审核。(6)从生产服务过程方面审核。

43.4.2 技术管理

43.4.2.1 技术文献的检索

(1)按工程分类检索。

(2)按设备分类检索。

(3)按生产工艺分类检索。

(4)按文献类型分类检索。

43.4.2.2 技术总结

(1)从技术指标完成情况方面总结。

(2)从技术革新、工艺改造方面总结。

(3)从设备改造方面总结。

(4)从生产方面总结。

43.4.2.3 相关知识

(1)文献检索常用方法：

①分类法；②目录法；③档案管理法。

(2)计算机应用知识：

①计算机自动化控制方面的知识；②计算机文档编辑方面的知识；③计算机的在网络方面应用的知识。(3)技术报告写作方法：

①概况；②现状；③方案；④概算；⑤效果；⑥完成情况；⑦完成时间。

43.5 培训与指导

43.5.1 理论培训

43.5.1.1 编写培训讲义

(1)从物料性能方面编写。(2)从岗位操作规程和安全操作规程方面编写。(3)从工艺技术条件和工艺参数方面编写。(4)从设备性能，结构和设备操作方面编写。(5)从工作环境和所需的劳动保护用品方面编写。

43.5.1.2 编制培训教学计划

应知应会教育：组织工人学习技术理论，工艺规程和操作技能，通过培训，使职工真正达到本岗位等级应知应会要求。在基础教育中，应重视中级技工的培养，按中级技工理论知识和中级技术等级标准培养中级技术工人，在企业中逐步形成以中级技工为主的技术工人队伍，同时，积极发展高级技工训练，以适应引进技术的运用，提高职工技术素质。

确定培训目标：合理确定各个时期的培训目标、内容、形式、方法和措施，注意确定职工内部的文化、技术业务结构。在处理普及培训和专业知识教育的关系上，应以专业知识应用理论和实际技能培训为主；在处理培训对象的数量与质量上应以培训质量为主；在处理普及与提高上，应以普及为主；在处理多学科与单科培训上，应以单科培训为主；在处理培训与工作的关系上，应以工余学习为主。

43.5.2 指导操作

(1)渣温、铜温的判断控制方法。(2)渣型的判断调整方法。(3)控制金属在渣中损失的方法。(4)电炉熔炼各岗位的操作方法。(5)电炉事故的预防和处理方法。

相关知识：编写培训讲义的有关知识，编制培训教学计划的有关知识。

编写培训讲义：(1)从物料性能方面编写。(2)从岗位操作规程和安全操作规程方面编写。(3)从工艺技术条件和工艺参数方面编写。(4)从设备性能，结构和设备操作方面编写。(5)从工作环境和所需的劳动保护用品方面编写。

编制培训教学计划：(1)应知应会教育：组织工人学习技术理论，工艺规程和操作技能，通过培训，使职工真正达到本岗位等级应知应会要求。在基础教育中，应重视中级技工的培养，按中级技工理论知识和中级技术等级标准培养中级技术工人，在企业中逐步形成以中级技工为主的技术工人队伍，同时，积极发展高级技工训练，以适应引进技术的运用，提高职工技术素质。(2)确定培训目标：合理确定各个时期的培训目标、内容、形式、方法和措施，注意确定职工内部的文化、技术业务结构。在处理普及培训和专业知识教育的关系上，应以专业知识应用理论和实际技能培训为主；在处理培训对象的数量与质量上应以培训质量为主；在处理普及与提高上，应以普及为主；在处理多学科与单科培训上，应以单科培训为主；在处理培训与工作的关系上，应以工余学习为主。

43.6 工艺改进及创新

43.6.1 工艺改进

(1)根据物料成分和性能进行工艺改进;(2)根据降低金属在渣中的损失进行改进;(3)根据电炉熔炼各岗位的操作方法进行改进;(4)根据预防各类事故的发生提出工艺改进;(5)从优化生产组织进行工艺改进;(6)对所使用的设备进行工艺改进。

43.6.2 工艺创新

(1)从国内外火法冶炼先进管理经验进行创新;

(2)从国内外火法冶炼先进冶炼方法进行工艺创新;

(3)从国内外火法冶炼设备进行工艺创新;

(4)从国内外火法冶炼安全生产方面进行创新。

相关知识:

(1)冶金炉窑构造:

①基础;②炉底;③炉墙;④炉顶;⑤炉体钢骨架;⑥加料装置;⑦熔体放出设施;⑧排烟系统。

(2)冶金计算方法:

①物料成分计算;②物料平衡计算;③热平衡计算;④金属平衡计算。

(3)机械制图有关知识:

①图纸幅面;②标题栏和明细表的填写;③各种符号的表示方法及含义;④三视图的画法;⑤剖视图的画法;⑥总图;⑦部件图;⑧零件图。

第44章　铅冶炼高级技师

44.1　生产管理

44.1.1　生产过程管理

44.1.1.1　生产管理的基础知识

(1)生产管理的概念

生产管理就是关于生产过程的决策制定，以使之按照规格、数量、进度和最小的成本生产出产品和服务，生产管理现在实现这些目标时，是同其他两个广大领域(生产系统的设计和控制)的活动有关。

(2)生产管理的组织机构，见附图：

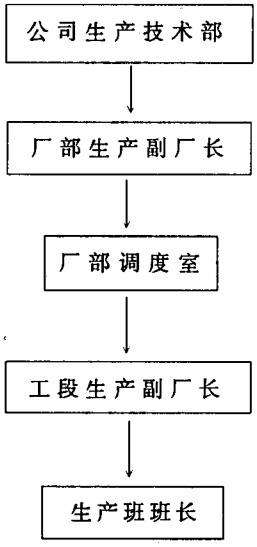


图44—1　生产管理组织机构

(3)生产管理的主要职责

生产管理是企业管理中的一项综合性很强的专业管理，它体现了企业管理的各项职能，它具有组织、指挥、协调、控制四个方面的主要职能。

①组织职能：

生产管理的组织职能就是按照企业既定的生产目标，把生产的各要素，各环节和各个方面合理地组织起来，形成一个有机的整体，使企业的生产处于正常的运转状态，并对运转中出现的故障，不平衡现象及时采取有效措施，重新进行组织使其恢复正常运转。

②指挥职能：

生产指挥职能就是对企业的各级各类资源进行调度。它主要包括以下四个方面的内容：一是对日常生产活动进行指挥；二是与员工进行有效交流，让对方理解自己的意图，接收并认可所收到的内容，以期待对自己的意图得到善意的反应和回答，与员工保持良好的和谐人际关系；三是对员工进行激励、调动其生产积极性；四是对员工实施生产计划情况进行考核和评价。

③协调职能：

生产管理的协调职能就是协调企业内部各单位和各部门的工作，协调各项生产活动，使他们能够建立良好的协作关系，不发生重复和矛盾，从而有效地实现企业目标。生产协调包括上下级领导人员和各生产工序之间的横向协调。

④控制职能：

生产管理的控制职能就是检查企业生产活动中是否按既定的生产作业计划、企业的各项标准和方法进行，若有偏差要及时分析原因，发出指令并进行纠正，以确保企业目标实现。控制的前提是要有计划性和有组织机构保证，为了进行有效的控制，必须遵循系统性、重点性、特殊性、及时性、经济性的原则。

(4)生产管理基本任务

生产管理的基本任务是以提高经济效益为目的，以生产计划为依据，合理组织生产的活动。通过对各生产要素和生产过程中的不同阶段、环节、工序的合理安排，对企业的生产活动的组织、指挥、协调和控制，实现企业的生产活动的全过程的平衡衔接，紧密配合，构成一个有机的整体，及时全面地掌握生产动态，积极预防生产活动中可能出现的不平衡现象并及时处理生产活动中出现的各种矛盾，消除生产作业计划与计划发生的偏差，必要时对生产计划进行适当的调整和补充，以保证企业生产秩序化、均衡化、节奏化，达到用最少的劳动消耗生产出更多的适合社会需要的产品的目的。

(5)搞好生产管理的基本要求

为了完成生产管理工作任务，充分发挥生产管理在实施生产作业过程中的作用，生产管理在日常工作中必须遵循以下要求：

①计划性原则：计划性是生产管理的基础，管理者必须以十分严肃的态度对待生产作业计划，树立坚决完成计划的观点，克服可能打乱生产作业计划的各种情况和困难，确保计划的完成。

②统一性原则：生产指挥必须高度的集中统一，下一级的生产管理者必须服从上一级生产管理者的指令，如有不同意见，只能在贯彻执行的同时请示汇报处理。

③预见性原则：生产管理要以预防为主，瞻前顾后，既要抓住当前的生产，又要着眼全月、全季、全年的生产，管理人员应具备科学的预见性，对生产中可能或将要发生的问题，要及早采取多种措施，预防生产中可能发生的一切脱节的现象，做到“抓准备保任务，抓短期保长期，抓小事保大事”。

④及时性原则：生产管理工作发现问题要及时，信息反馈要迅速，解决问题要果断准确。

⑤群众性原则：生产管理工作应贯彻群众路线，调动职工积极性，集思广益来解决问题。在处理问题时，要充分发挥民主，听取群众的意见，并依靠群众协调各生产环节、协同完成任务。

44.1.1.2　生产过程管理

学习目标：本单元要掌握生产过程组织的概念、基本要求和公司、厂部、工段相关的生产管理制度，熟悉各岗位“三规一制”，充分了解上、下工序生产、设备状况。

(1)生产过程组织的概念

生产过程组织包括两个方面：一是对企业各物质组成部分做出合理安排，取得最佳配置，即生产过程的空间组织；二是对生产过程各组成部分的基本活动，在时间上精心衔接，取得最佳组合，即生产过程的时间组织。

(2)生产过程组织的基本要求

优化的生产过程组织，是使组成企业的各部分，形成有机的系统，以最经济的方式满足生产经营的要求，使企业成为高效运营的产品系统。具体说来，有以下五项基本要求：

①直接性：

产品在生产过程各阶段，各工序之间的流动，在时间上是紧密衔接、连续不断。也就是说，产品在生产过程中始终下于运动状态，不是在进行加工、装配、检验，就是处于运输或自然过程中，没有或很少有不必要的停顿和等待时间。

②平行性：

生产过程的各项活动，能平行进行的，都安排平行进行。

③比例性：

生产过程各阶段，各工序之间在生产能力上要保持适当的比例关系。即各个生产环节的员工人数、机器设备、生产速率、班次都互相协调。比例性是充分利用生产能力，保证生产顺利进行的前提。

④均衡性：

企业各个环节的工作，都能按计划有节奏地进行，各工作地都有均匀的负荷，在相等的时间内，产出相等或递增数量的产品，不出现时紧时松的现象。

⑤适当性：

生产过程对产品的变动具有较强的应变能力，当产品品种发生变动时，可以用最少的投资、最快的速度来实现转产。

(3)生产过程管理的主要制度

鼓风炉停炉管理制度：

在生产过程中，如出现烧结块供不应求，并且鼓风炉炉顶温度不断上升，或者出现设备和工艺故障时，鼓风炉不能正常作业时，必须请示当班生产调度，在征得当班生产调度同意后，方可按停炉操作规程停炉。

突然停电引起的停炉和紧急状态下的停炉，要在停炉后迅速报告当班生产调度。

未经当班生产调度同意，不得擅自停炉。

(4)设备故障检修和抢修制度

①在生产过程中，发生故障时，岗位要配合维修人员进行维修，同时采取相应的对策，尽可能缩短检修时间和避免停炉。

②设备故障检修和抢修时，需要停炉时，岗位人员要积极配合和参与检修和抢修，做到设备抢修不过夜。

(5)报告制度

①当班过程中出现工艺、设备故障时，要立即报告当班生产调度。

②生产过程中出现异常波动时，要立即报告当班生产调度。

③生产过程中发生人身安全、火灾等事故时，要立即报告当班生产调度。

④当班生产过程中，发生的重大的工艺、设备、人身等事故时，下班前要将事故经过以书面形式报告当班生产调度。

⑤发现入炉焦炭、烧结块质量异常波动时，应及时报告当班生产调度。

⑥计量器具失灵时，应报告当班生产调度。

44.1.1.3　生产过程中的衔接

(1)进行操作时，在鼓风炉单边进料、降料面处理炉况故障和停炉时，应与上、下道工序联系，以便上、下道工序采取措施，避免意外故障的发生。

(2)在鼓风炉作业时，出现跑空风、炉顶度超过控制标准时，应采取措施处理，同时开启喷雾水泵时烟气进行降温，并通知收尘岗位，以便其采取相应的对策，防止因烟气温度过高而烧坏收尘布袋。

(3)鼓风炉风量调整和降料面操作，须经过当班生产调度同意后，方可按当班生产调度的指令执行。

(4)鼓风炉电热前床放渣操作必须提前与下道工序联系，在得到对方的确认后，才能进行放渣操作，若遇特殊情况，需要提前放渣，必须征得当班生产调度同意后，才可进行放渣。

(5)若因下道工序原因，不能接收前床炉渣时，要征求当班调度的同意后，方可进行水淬。

(6)鼓风炉放铅应与下道工序联系是否需要液铅，若下道工序不能接收液铅，应报告当班生产调度，在征得当班生产调度同意后，对粗铅进行浇铸操作。

(7)鼓风炉汽化冷却水套的蒸气的放空与并网,必须征得当班生产调度的同意。

44.1.1.4 生产过程的控制

(1)把握好原辅材料的质量关,对加入鼓风炉的燃料、烧结块按质量标准严格把关,发现问题,及时处理和报告当班生产调度。

(2)控制好生产过程中的工艺技术条件,严格执行《工艺技术操作规程》,出现了工艺技术条件的波动,应采取相应措施,使工艺技术条件处于受控范围。

(3)做好当班的均衡生产,根据当班烧结块供应的情况,及时调整鼓风炉风量,避免生产波动,同时与生产调度联系,解决烧结块的供应矛盾。

(4)在生产过程中出现的工艺、设备故障等要及时组织处理,尽可能避免生产中断,一旦影响鼓风炉停炉,要积极参与处理,尽快恢复当班生产。

(5)早班应为中、晚班生产创造条件,做好各项生产准备工作。

(6)做好各项原始记录、生产台账、生产大事记录和生产总结。

(7)做好生产波动和故障的分析,参与工艺、设备、故障的事故分析会,提出自己的见解。

(8)优化工艺技术参数,降低消耗。

44.1.2 生产过程管理方法的改进

44.1.2.1 生产调度管理现代的基本理论

生产调度管理是把现代自然科学和社会科学的成果综合地、全面地应用于企业管理、使企业管理能符合现代化大生产的要求,能适应现代科学技术发展水平,从而促进生产力的发展,提高经济的效益。

生产调度管理的内容主要包括:管理思想、组织、方法、手段,人才等。

(1)生产调度管理思想现代化

这是生产调度管理现代体系的灵魂,社会主义的工业企业活动的指导思想,既要符合社会主义经济规律的要求,又要对世界新技术革命的挑战制订相应的对策,能结合我国企业管理的实际提出富有时代精神的改革措施。管理思想是由一系列指导企业活动的观念组成的,目前主要是树立下列观念,即:全局观念、经济效益观念、市场观念、竞争观念、开拓观念、人才观念、信息观念、时间观念等。

(2)生产调度管理组织现代化

这是生产调度管理现代化保证的保证,其目的在于管理组织的合理化,达到管理组织的高效化。管理组织的内容是指管理体制、领导制度、组织机构、人员配备、责权划分等。

(3)生产调度管理方法现代化

生产调度管理方法是指解决生产调度管理的问题,实现企业目标的有关预测、决策、计划、组织、指挥、协调、控制以及信息传输技术、程序、模型和技巧。它包括行政、经济、法律和教育方法,其中既有定性的方法,又有定量的方法,生产调度管理现代化就是按照现代化大生产的客观要求及企业经营的需要,不断应用现代科学技术成果,使生产调度管理方法科学化、系统性、标准化、制度化和最优化。目前工业企业常用的现代管理方法有:目标管理、滚动计划、市场预测、决策技术、量本利分析、网络计划技术、ABC 管理法、价值工程、全面质量管理、投入产出分析、线性规划、优选法。

(4)生产调度管理手段现代化

生产调度管理是辅助企业管理的物质工具。生产调度管理手段现代化目前就是以计算机为中心,主要包括计检、显示、监控、通讯及办公等手段的现代化,生产调度管理手段的现代化可极大提高管理效能,加快整个生产调度管理现代化的进程。这是由于计算机具有计算准确、快速储存、综合分析、自动控制等功能,因此,把它用于管理,不仅可以节约管理劳动,更重要的是有助于及时而有效地对生产经营活动进行管理,实现生产过程的最优控制。

(5)生产调度管理人才现代化

管理人才是生产调度管理现代化的核心，没有大批具有现代化的管理知识、丰富的实际经验，头脑敏锐、视野开阔，善于吸收国内外先进科学技术成果和管理经验的开拓型人才，就不可能有生产调度管理的现代化。

44.1.2.2 几种常见的管理方法的应用

(1)PDCA 循环：生产过程管理可借鉴全面质量管理中基本工作方法，即 PDCA 循环。把一项管理工作分为四个阶段，P 代表计划阶段；D 代表执行阶段；C 代表检查阶段；A 代表处理阶段，在实际生产过程管理中通过 PDCA 循环，对生产管理经验进行总结，使之不断上升和完善。

(2)将全面质量管理的七种工具应用到生产过程管理中去，来帮助我们分析影响生产的原因，抓住主要原因，提高分析和解决生产过程中的问题的能力，有效地对生产进行控制。

(3)在生产过程管理中要完成某项具体管理工作和生产过程中的抢修等具体工作时，可通过运用编制网络计划，抓住“关键线路”来高效完成工作任务。

(4)生产过程管理中的数学模型，凡是在生产过程管理中可以应用数学模型的地方，就可做出很多细致的三维模型，来加以研究和分析。

(5)将计算机知识应用到生产管理中去，可对生产数据进行迅速准确的分析，迅速找到需要的结果，能有效地监控生产，能加快生产信息迅速传递，同时还可以大大地降低生产管理成本，提高工作效率。

44.2 生产过程管理制度审核

44.2.1 管理制度审核的依据

在管理制度审核时要注意下列两条主要原则：

(1)生产过程管理制度中不能违背国家的《安全生产法》、《劳动法》、《职业病防治法》、《环境保护法》等法律、法规。

(2)生产管理制度中不能违背公司、厂部、工段相关的管理制度和“三规一制”。

44.2.2 生产过程管理制度审核

44.2.2.1 生产过程管理制度的目的与意义：

企业为实现管理目标，或为了提高管理水平，使生产各要素和各环节更紧密有机地结合起来，使管理工作标准化、程序化、科学化，企业就要制定相关的生产管理制度。

44.2.2.2 生产过程管理制度的编写：

在遵守国家的法律、法规的基础上，结合企业管理实际现状，参照公司、厂部、工段相关的管理制度和“三规一制”，充分调查研究，不断听取员工的建议，形成某项管理制度，经过实际的检验，使管理制度不断丰富和完善。

44.2.2.3 生产过程管理制度审核的要领：

(1)审核前要收集与生产过程管理制度内容相关的资料。

(2)审核时要严肃认真，仔细阅读全文，逐句理解。

(3)检查其是否违背国家的法律、法规等。

(4)检查其是否与公司、厂部、工段的相关管理制度和“三规一制”相符合。

(5)若有疑问或不很明白的处，可向编写人员了解和查阅相关资料，对把握不太准的可向有关部门或专家咨询。

(6)对发现的错误之处，用红笔更改，检查其内容是否完整、是否有漏项和缺项

(7)若有必要，可组织相关人员，共同会审。

(8)本人完成审核后，在审核人栏上签好自己的姓名和审核时间。

44.3 技术管理

44.3.1 科技文献检索

科技文献检索，是根据课题要求，利用检索工具，按照一定的步骤、方法和途径查找科技文献资料的过程。查找科技文献资料的全过程，大致可分为五个步骤：

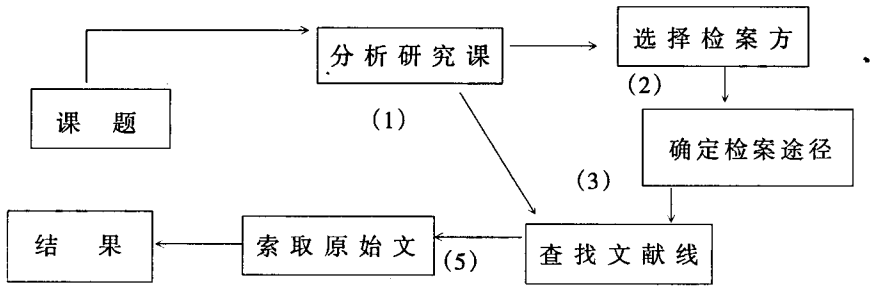


图 44－2 科技文献资料查找过程

44.3.1.1 分析研究课题，明确查找文献资料的要求和范围

在进行文献检索时，首先必须对课题进行认真的分析研究，并掌握课题有关的基本知识，详细摸清课题所需资料的范围、要求和深度，以及有关的名词、术语等，形成一个明确的主题检索路线，为检索做好准备。

44.3.1.2 选择检索方法

为了迅速、准确地查到所需要的文献资料，必须掌握一定的检索方法。所谓检索方法，就是查找文献资料的方法。目前，广大科技人员和情报资料人员经常使用的检索方法有三种。

(1)追溯查找法

这是利用文献著者在文章末尾所附的引用参考文献目录，逐一追踪查找的方法，这种检索方法的优点是，在没有检索工具，或检索工具很不齐全的情况下，借助原始文献的引用参考文献跟踪追溯，可以查得一批有关文献。其缺点是，原文著者引用的参考文献是有限的，并不可能列出全部的有关文献。追溯查找法比较费时，漏检误检的可能性也较大，所以该法一般在原始文献收藏较多的情况下，而又无检索工具可供利用时采用。

(2)顺查法

根据查找年代分析所得出的起始年代，利用选定的检索工具，由远及近地进行逐年查找。这种方法是一年一年地逐年查找，因而漏检的可能性较少，查全率较高。此外，由于在检索过程中不断筛选，剔除参考价值较小的文献，并可根据检索的进展，修订完善检索策略，对准需求口径，误检的可能性较小，检准率较高。顺查法适用于科研课题复杂，研究范围较大，研究时间较长的科学研究。这种方法的主要缺点是检索费时费力，工作量较大。

(3)倒查法

倒查法与顺查法恰好相反，利用选定的检索工具，由近而远逐卷地进行查找。由于近期文献在论述现代科学技术成就的同时，一般都要引用、论述和概述早期科学技术发展的有关资料，从而可以了解课题研究的早期发展情况。特别是评论综述性文献和系统论述本课的主体文献，提供了比较充分

的情报信息。因此，一旦基本掌握所需情报，即可中止检索，不必一年一年地查到头，可以节省大量查找时间，而时代久远的即使查获了，也会因内容陈旧而无多大参考价值。倒查法查得的资，远不如顺查法全面，有可能漏掉重要线索和有用的参考材料，漏检率比顺查法高。

44.3.1.3 确定检索途径

检索途径可分为：书名途径、著者途径、序号途径和分类途径、主题途径、分子式途径等六种。

44.3.1.4 查找文献线索

主题索引是按主题词的字母顺序排列的。目前，世界各国文摘，索引的主题标引方法有两种：一种是单级主题标引；另一种是多级主题标引。

44.3.2 电子表格应用

“电子表格”是指一种以单元格为基础进行数据管理和分析的办公自动化软件。Excel 中文版是电子表格处理软件中的典型代表，是 Office 中文版家族中的另一个重要成员。

Excel 是一个功能强大的电子表格处理软件，在数据的输入和管理、表格的设置和修饰、数据的统计和分析、图表和图形的处理以及与 Internet 的结合等方面都提供了完善的功能。其主要特色功能表现为：

(1)表格制作

用户只需在默认的工作表上，利用现成的网格线制作规范的表格，无须像 Word 中那样由用户进行较为复杂的表格线设置。

(2)数据图表

根据表格中的数据可制作成各种式样和色彩的图表，使数据的阅读理解形象直观。

(3)数据库

Excel 既可以像一般数据库那样对表格中的数据进行分类、检索、排序和筛选操作，又可以与其他数据库建立连接关系，使得数据的交换功能超出普通的表格数据处理软件。

(4)统计数据

Excel 能够对表格中的数据实施各种统计分析，丰富的内置函数使得统计分析工作简单方便。

(5)Internet 支持

Excel 可以将表格中的数据保存为扩展名为 .htm 的标准网页文件，同时也可以方便地与远程的 FTP 服务器进行数据交换。

44.3.3 技术总结撰写

技术总结是收集生产实践信息并对其进行分析评价的书面材料，其主要任务是总结生产实践经验，指出生产实践中的关键问题，制定改进措施。

(1)技术总结主体需具备的能力

①获取信息的能力

获取信息的能力，又包括观察能力，调查能力，实验动手能力和文献检索能力。这四个能力是技术总结主体感和客体、采集信息的主要手段。培养获取信息的能力，除了学习获取信息的有关知识，主要的方法就是参加获取信息的实践，在实践中学习和提高。

②思维能力

思维，是人脑对客观现实的反映，是人脑有意识地对客观事物的本质和规律性的一种概括的间接的反映。

思维自我锻炼的方法主要有：

a. 四面发散，广开思路。先将要解决的问题明确起来，然后提出解决这一问题的结果预测或假说。

b. 克服障碍，疏通思路。思路阻塞，文思不通，通常有两种障碍，一是定势障碍，一是修养不足的障碍。要疏通思路，就要设法克服这两种思维障碍。

c. 拟写提纲，理顺思路。提纲拟定，简单易行，费时不多，变动方便。很适合记录思维过程中思维结构顺序的变化。

③表达能力

表达能力在技术总结中主要是指书面表达能力，是运用书面语言进行表述的能力。具体地说包括对语言的掌握程度、遣词造句的水平和科学表述三个方面。

(2)技术总结客体采选

技术总结撰写活动在一开始时，就应当解决“写什么”的问题。“写什么”，在宏观上指写作活动的范围和方向；在微观上指一定范围或方向从什么具体问题写起。“写什么”的问题并不能由技术总结撰写主体凭主观想象去确定，是主体根据客观提供的情况来确定的，主要的是由课题和资料来确定的。

信息采集，是技术总结撰写活动的基础，是写作主体主观意向的凭借和依托。采集的途径有观察、实验、调查、检索四种。

44.4 工艺改进及创新

44.4.1 工艺改进

44.4.1.1 炼铅炉基本构造

(1)概述：现代大型炼铅厂普遍采用水套式矩形鼓风炉，主要由炉缸、炉身、炉顶三部分构成。炉身是炉料下降并发生主要反应的重要部分。它是由两节水套和上部砌筑耐火砖所转成，也有全部用两节或三节水套构成的。

鼓风炉规格是按鼓风炉风口区截面积确定的，受鼓风压力限制，风口区宽度波动较小，否则因鼓入炉内的空气达成不到炉子中心，会使风口区情况恶化，因此要建立大容量的鼓风炉，只是向长度方向延伸，而风口区宽度不宜增长。

矩形炉两端的墙是垂直的，但两长边的侧壁一般做成向下收缩的倾斜形，形成所谓炉腹腔，炉腹型鼓风炉的优点有：炉气上升速度慢，延长了还原气体与炉料的接触时间，有利于气相与固相执交换及反应的进行；由于炉气上升速度慢，炉气带走的烟尘相对较少，炉腹向下倾斜，断面积逐渐缩小，热量集中在焦点区，有利于烤炼过程的进行和获得烤体产物过熟良好。

近年来，许多炼铅厂采用了双排风口椅形水套炉，也称皮里港式鼓风炉。其特点是：①采用双排风口。下排风口的鼓风量可保证焦炭的强烈燃烧，使气体 CO_2/CO 比值接近于 1 左右，上排风口供给附加风量，使上升气流中对还原过程多余的 CO 燃烧为 CO_2。这样既保证了还原能力，又提高了燃料热量利用率和风口区温度，炉子生产能力大大提高，单位面积烤炼量增加到 80t/㎡ . d，比普通彭风炉提高 50%～60%。②采用椅形水套。上排风口区宽度比下排风口区宽度扩大大一倍左右，两排间距约 1m，上部气流速度大为降低，热交换充分，焦点区更为集中，同一水平面上炉均衡，炉况稳定，炉结的形成和危害大为减轻。

(2)矩形型鼓风炉主要参数

①风口中心区宽度：

为确保气流从风口顺利穿透至料柱中心，风口中心区宽度受到限制，矩形鼓风炉风口中心区宽度一般为 0.9m～1.83m，通常根据鼓风制度、熔炼制度、操作条件及炉子结构等情况确定。

②风口直径与风口比：

风口直径一般为 75mm～110mm，近年来，各铅冶炼厂趋向于减少风口直径和增大风压。同口比是指全部风口截面积之和与炉子风口区水平截面积的比值，一般为 0.03～0.05，大型鼓风炉取低值，小型鼓风炉取高值。

③炉腹角：

炉腹角一般为 4°～9°，较大的炉腹角有减少边缘气流的作用，改善炉内气流分布，并使焦点区还原气氛较强，适于处理炖度较小或降料多的料，较小时，炉结生长速度较慢易于清理，适于处理块度较大的炉料。

④炉身高度：

炉身高度是指风口中心线至加料平台的高度，一般为 5m～7m，高度增加允许高料作业，但投资较高，操作较难，产量地明显增加。

44.4.1.2 提高炼铅炉床能力的措施

(1)富氧熔炼：

一般的，鼓风炉内氧化区高度为焦炭直径的三倍，还原区高度约为氧化区高度的三倍，鼓入气流中的含氧量对温度和反应区高度以及气体组成都有极大的影响富氧鼓风时，氧全部消耗在薄薄的一层燃料燃烧上，使氧化区温度更高，当气体继续通过焦炭层时，炭黏的气化反应进行得更安全。

鼓入炉内的空气氧浓达到 24%～26%，焦炭消耗可降低 10%～30%，熔炼能力可提高 5%～20%，速含铅指标基本没有变化。

工业生产氧的方法通常采用深冷法和变压吸附法，深冷法制氧是将空气深冷到－170℃，使空气液化，采用分馏技术获得氧气和氮气。其优点是：氧气纯度可达到 99%，氮气纯度也可达到 99%，氧气用于强化生产，氮气可做惰性气体保护设备；其缺点是：生产成本高、设备投资大。变压吸附制氧是利用专用分子筛吸附空气中的 N_2，实现 O_2、N_2 分离。分子筛吸附达到饱和时，采用真空抽吸进行解析，使分子筛解吸再生，进而继续吸附 N_2，获得富氧，其优点是：设备投资小，生产成本低。其缺点是：生产能力小，氧气浓度低于 93%。

(2)热风熔炼：

鼓风炉采用热风熔炼时，由于热风带入炉内的物理显热增加，反应物质活性增加，从而加快了燃料燃烧速度，燃烧更完全，因此，燃料消耗下降，熔炼过程进一步强化，同时，热风熔炼时提高了燃料燃烧的温度，熔炼产物的过热程度也增大，进入炉缸(或前床)后的熔体分离使比较安全，渣含铅损失也随之减少。

国外许多热风熔炼实践工厂，使用重叠油或燃气作燃料提供 200℃以上热风，金属回收率提高了约 1%。

随着工厂废热综合利用的不断发展，热风熔炼的前景更是广阔，使用热风熔炼时，送风的标准体温积积比冷风时增大，若配合富氧使用，其效果更好。

44.4.2 现代炼铅工艺

传统炼铅法的烧结焙烧和鼓风炉熔炼，冶金反应都是在固定状态下进行的，生产过程中返料多，能耗高，烟气 SO_2 治理难度大。近 30 年来，冶金工作者力图通过 PbS 受控氧化即 $PbS+O_2=PbS+SO_2$ 的途径来实现炭黏化铅精矿的直接熔炼，以简化生产流程，降低生产成本，减少环境污染。

44.4.2.1 氧气低吹直接炼铅法(QSL 法)

氧气低吹炼铅反应器为一卧式可转动圆筒形炉，分为氧化段和还原段。铅精矿、熔剂、烟尘等按配料计算比例充分混合后，经制粒精机制粒，料矿连续不断地直接加入反应器的氧化段内，浸没在熔体中的氧送入工业氧气，使熔池熔体激烈湍动，在高氧焦情况下进行气－固－液三相的充分接触和迅速反应。硫化铅被氧化成含硫较低的精铅和含铅较高的熔融初渣。初渣经隔墙下部的连通口进入还原段，设在底部的还原按喷出的粉尘使熔渣中的氧化铅及硅酸铅等还原成金属铅，即在低氧位下进行

炉渣化。金属铅回流与氧化段形成的铅汇合后经虹吸吸口排出。最后的终渣经还原段端部的渣口连续放出。

QSL 法炼铅具有下列优点：

(1)备料简单。铅精矿、烟尘等只需一次混合，一次成球，无需干燥即可入炉。

(2)设备简单。在一个密闭的设备中直接熔炼出合格产品，渣含铅低。

(3)布局合理。在一反应器内创造了合理的氧位梯充和温度梯度，从而形成了稳定的渣组成梯度和渣含铅梯度。

(4)适应性强，能处理含铅低、成分杂的原料，可使用劣质。

(5)硫回收率高。原料中的硫几乎全部进入烟气，且烟气量少，余热利用程度高。

44.4.2.2 氧气闪速熔炼——电热还原法(kivcet 法)

Kivcet 炼铅设备主要由三部分组成：

(1)作为氧化段的闪速熔炼炉，硫化铅精矿在闪速炉内进行焙烤和熔炼反应。

(2)作为还原段中的电炉，熔体中的氧化物在电炉内被还原。

(3)锌蒸气冷凝器，作为锌蒸气冷凝为液体锌的设备。这一部分也可改为锌蒸气高温氧化为氧化锌收集。

粒度小于 1mm 的铅精矿的熔剂经干燥至含水小于 1%，然后与工业纯氧气(O_2=90%～95%)一起经过安装在闪速炉反应塔顶部的喷枪喷入塔内。炉料在塔内完成硫化物的氧化反应，并全部熔化成液体。炉料在闪速炉反应塔内的氧化和熔炼是在悬浮状态下进行的。反应速度大。氧化过程生成金属铅、氧化物和其他成分的组成的熔体。熔体通过覆盖在沉淀池表面的焦炭过滤层，使其中大部分铅的氧化物还原为金属铅，并沉降至沉淀池底部。其余的熔体形成初渣。初渣通过水冷隔墙下部的连通口进入电炉。在此，初渣中的 PbO、ZnO 及其盐类等被从炉顶通过加料器加入的焦粉(包括电极)还原。利用渣熔体的阻热提供还原所需的热量，并使其温度高达 1400℃。不定期原得到的二次粗铅逆流返回氧化段的沉淀池内，与其中的粗铅混合从虹吸放铅口连续放出。还原产出的锌蒸气随电炉炉气或进入冷凝器冷凝为液体锌，或氧化为氧化锌在收尘设备中回收。还原后产出的终渣以放渣口放出。

该法的优点是：

①省去了烧结和烟化工序，强化了熔炼过程，实现了连续炼铅。

②熔炼反应自热进行，节省了昂贵的冶金焦。

③烟气 SO_2 浓度高，制酸成本低。

第45章　锌冶炼高级技师

45.1　竖罐蒸馏工

45.1.1　开炉

学习目的：能够编写和审核大、中修开炉升温作业计划。

据升温曲线制定开炉升温计划，大中修计划。

45.1.2　冶炼

学习目的：学习掌握上蒸馏过程的主要产物及其比例，能够分析蒸馏的直产率，降低蒸馏煤耗。

45.1.2.1　蒸馏过程的产物

蒸馏过程所得产物包括：蒸馏锌、蓝粉、锌粉、氧化锌、蒸馏残渣、冷凝废气、燃烧废气等。锌在各种产物中的分配大致是：蒸馏锌83%～92%，蓝粉3.3%，锌粉1.0%，收尘器氧化锌1.0%，蒸馏残渣小于1.0%，其他3.5%～4.5%。

蒸馏锌　按其纯度及用途的要求可分为商品锌和粗锌，冷凝的液体锌符合国家商品锌四级以上标准，铸锭后作为商品锌入库。其余（包括五级锌）作为粗锌送精馏工序精制。

蓝粉　是锌蒸气在冷凝器内形成的细微的锌滴，随同炉气中机械夹带的烟尘进入二冷凝器，气流速度愈大，冷凝室温度愈高，蓝粉生成量愈大。蓝粉的产出率约为2.5%～5.0%，高时可超过6%，是影响冷凝效率率的重要因素。蓝粉含锌大于70%（水箱蓝粉约为79%～85%，水池蓝粉大于55%），沉积渗滤后含水35%～50%，经干燥至10%以下，返回制团工序配料。

锌粉　蒸馏（包括焦结）过程的氧化锌产出率一般波动在1.5%～3.0%之间，其回收率与收尘设备有关。回收效率约为65%左右，布袋收尘可达90%以上。各收尘点获得的氧化锌含锌品位略有差异。布袋尘含锌50%～60%；锅炉沉降室尘稍低；加料口收尘含锌大于50%；管道沉积部分含锌30%～50%。如前所述，加料系统密闭、防止罐壁漏损可降低产出率。焦结系统收集的氧化锌是提铟和制取硫酸锌的主要原料。其他有价成分含量低者可做成品出售。

蒸馏残渣　含锌一般为2%～4%。我国某厂经工艺技术改进，渣锌降至1%以下。渣中还含有大量剩余炭黏和多种有价金属，是综合利用的重要原料。渣的产出量与生团矿含锌品位及渣含锌有关，一般为0.9～1.2吨/吨蒸锌。

45.1.2.2　蒸馏生产率

蒸馏生产率以日生产能力来表示。除受热面积大小以外，改善物料性质和供热条件是提高蒸馏炉日产量的基本因素。贯彻精料方针，是保证团矿质量的重要手段。提高和稳定团矿中含锌品位，降低焙烧（包括二次焙烧）矿残硫，选还原性强、杂质灰分少焦煤，在保证足够炭黏倍数的前提下，降低还原煤配入量。严格控制混合烧矿的成分、粒度、配比和制团过程的有关技术条件，使制得的团矿在蒸馏过程中完整，以利于炉料间热能传递和气体扩散。确立合理的热工制度，选择适当的换热结构，提高废气与空气、煤气的换热效率和燃烧室温度。改善炭黏化硅质量，提高罐壁传热系数。所有这些措施都可以加速罐内反应速度，缩短冶炼时间，从而达到提高生产率的目的。

蒸馏工序中竖罐的蒸馏效率以及冷凝率等指标与生产率有着更为直接的关系。竖罐蒸馏效率标志着炉料（团矿）中锌蒸发的程度。在投料一定的情况下可大概以残渣含锌来表示。渣含锌愈低，蒸馏效率愈高。然而，降低渣含锌却不一定使炉日产量按比例增加。蒸馏出的锌有可能大量生成锌粉

或蓝粉。所以，只有在提高冷凝效率的基础上才可能获得较高的产出率。在生产过程中，增加小燃烧室和上延部温度，增加下延部送风量，有利于降低残渣含锌，提高蒸馏效率。而为了提高冷凝率以及确保产品质量，则需保持稍高的上延部温度和小燃烧室温度，以及较低的炉气流速和均匀的上升气流。此外，送风冲淡了锌蒸气浓度，使炉气露点降低，对冷凝不利，所以送风愈小愈好。这就形成了温度与送风量一组技术条件对生产率的矛盾。因此，必须正确掌握蒸馏冷凝过程的技术条件，力求使上述诸因素达到全面平衡合理，以获得较高的生产率。

45.1.2.3 降低蒸锌煤耗的主要措施有以下几点：

(1)使用锌品位高、杂质铁含量低的精矿

还原煤消耗与团矿单耗和配煤比有关：一般团耗降低 100 千克，还原煤耗可降低 30 千克/吨锌。而降低团耗的主要途径就是提高锌品位和直接产出率。正常情况下，团矿中铁的含量约占锌量的 1/6～1/7。还原铁的高价使氧化物要消耗还原煤。铁量增加不仅增加煤耗，同时还造成罐内积铁，影响蒸馏效率和生产率。生产实践中表明，配煤比过低对控制罐内积铁不利。此外，降低精矿含水，可节约干燥用煤量。

(2)严格执行技术条件，提高管理水平和操作水平

降低蒸馏废气含氧，减少焦结炉补充煤气量；提高煤气发生炉技术水平，降低渣含炭黏，提高煤气中 CO 成分；密封加煤辊，减少煤气放散管的泄漏损失；加强还原煤干燥，改善团矿的还原性能，有利于降低渣含锌和提高炉日产量，相应的降低了蒸馏煤耗(动力煤耗)；提高各种炉、窑的运转率，减少开停次数，降低燃料的无功消耗；改进炉型结构，如采用大型竖罐和波纹砖，提高热效率和处理能力等。

(3)加强能源的综合利用和回收

蒸馏炉使用的团矿在配料时使用煤量常超过理论计算量的三倍，因而蒸馏残渣中还含有 30%左右的炭黏，相当于每吨锌有 500 千克煤。在回收有价金属时应加以充分利用。竖罐产出的冷凝废气含 CO 成分较高，发热值较高，必须回收利用。对于不含腐蚀性气体的高温燃烧废气，应直接进行余热利用。例如，用蒸馏炉燃烧废气预热空气和煤气，焦结生团矿，通过废热锅炉产生过热蒸气发电等三次利用后，温度低于 250℃，还可生产低压蒸气提供动力部门使用。对于含有腐蚀性气体的炉气，如精矿沸腾焙烧炉炉气，则采用外部加水套的汽化冷却器加以回收，或者直接设中压锅炉回收余热，产出蒸气并入工厂汽网。此外，如沸腾炉的沸腾层、竖罐下延部以及发生炉炉体等部分均可设置汽化冷却水套，用来回收余热降低能耗。

45.1.3 冶炼回收率

提高蒸馏炼锌过程的金属回收率是对锌冶金过程的一项基本要求。提高金属回收率，减少金属损失，对于充分利用自然资源，增加企业经济效益，减少环境污染，加速国家经济建设具有重要意义。以我厂为例，年生产锌 12 万吨。如将冶炼回收率提高 0.5%，就可多生产金属 600 吨，增加收益 300 多万元。

提高蒸馏工序金属锌回收率的主要途径是：

严格控制蒸馏工艺条件，提高蒸馏效率，降低渣含锌。

加强焦结、蒸馏系统的密封、收尘，减少烟尘损失和生产过程中的机械损失。

45.2 热镀锌配料工

能够编制熔铸工序的大、中修计划并组织实施，对新建大、中修后设备进行验收、试车、看懂、绘制简单的设备结构图，参与审查设计方案，从理论和实际上辅导培训职工。

45.2.1 开炉

45.2.1.1 烘炉

审核烘炉方案要根据砖混结构或耐火烧注料而定的升温曲线为要点，重点审核赶水分阶段，高温烧结阶段，平时升温只要遵守升温原则即可。

45.2.1.2 试生产

审核试生产方案，应考虑生产能力及出现问题的处理方法。

45.2.2 生产

45.2.2.1 审核岗位技术操作规程

技术操作规程编制应把基本工作原理，生产过程使用原材料情况做简单的概述。然后详细介绍工艺流程，所用原、燃材料的技术规格，主要技术经济指标、主要技术操作原则、主要设备和附属设备规格、性能和作用，开、停炉操作规程和升温曲线环境保护和卫生收尘的有关规定。

45.2.2.2 审核工艺技术参数

首先掌握耐火材料的耐火度，荷重软化温度，耐压强度耐剥落性，耐磨损性，安全使用温度，应审核温度指标与造渣率、产品直产率、产品质量的关系，是否会影响炉体寿命，设备使用寿命。

45.2.3 安全操作

45.2.3.1 安全技术操作

(1)上岗前穿戴好一切劳动保护用品。

(2)加料前，一定观察炉况，防止冒锌烫人。

(3) 往炉内加固体物料时，必须认真认定物料表面无水或不潮湿，并将固体物料在炉门上烘烤5～10分钟，然后推入炉内。

(4)启动转子前要确认炉内物料是否全部熔化，启动时先晃车再启动。

45.2.3.2 安全保护及环保

安全技术操作规程编制要求是遵循实际的作业步骤，指出要掌握的操作要领，以及正确的作业方法，如果作业人员按这一规程作业行动自然会正确，作业也就安全，作业的动作也会合理，就会提高安全生产率，增加经济效益。

但作业时间、环境、人员、工具等不断变化，应把作业进行的顺序、要领搞的更为合理，并且把相应的安全技术措施补充到规程中去，只有这样不断积累经验，在编写安全技术操作规程时，方有可能在行业范围内，把作业的动作要领和关键所在尽可能明白的表示出来。

45.2.4 生产管理

45.2.4.1 生产过程管理

冶金炉窑生产过程管理

(1)生产原料的选择：锌、铅、铅等应选择零号标准，个别锌单项是超标的、铅、铅如不是零号标准，会造成配料不准确，从而影响产品质量。

(2)热电偶插入深度：电偶深度控制在500cm～800cm。

(3)熔池深度：熔池深度一般需要按具体情况而定。

(4)炉内温度：正常生产一般控制在550℃～600℃。

(5)排烟控制：使炉门、煤气入口，保持微负压操作。

(6)炉体的维护：防止熔体过热、过凉造成膨胀、收缩损坏炉体，应注意保持热电偶插入一定的深度，同时控制好左右侧的温度波动，要求左右侧的温度波动＜50℃。

45.2.4.2 技术管理

(1)技术总结

技术报告,以实事求是的立场、观点、方法提出问题,分析问题原因,要主题鲜明、材料充分、数据可靠、观点和材料高度统一,结构恰当、短小精悍,力求做到以下几点:

①确定主题和选定题目。

②搜集和处理资料。

③做好数据处理。

④设计和进行判断性实验。

⑤结束语,可能面临困难和将带来的效果。

(2)技术总结写作方法

技术总结是对本单位的科技工作进行总结,用以向上级或有关部门进行汇报。主要用于工作进度,有的在工作过程中按期(如月、季、年)写送,有的在工作结束时写送,目的是向上级汇报工作,以便接受上级的检查督促;向合作部门说明情况,以便通力配合,取得更好的经济效益。撰写技术总结的基本要求:

①明确写作目地

写总结是为了寻找事物的规律性,总结经验教训,指导当前和今后的科技工作,是为了分析、综合、探索规律,从科研、技术、生产的实践中总结出经验教训,把科技工作搞得更好。

②材料的收集和整理

总结必须以事实为根据,才能引出有说服力的看法。

整理材料的过程是研究分析、概括提炼、总结提高的过程。

③从本单位实际出发。

④总结力求简短。

⑤恰当运用科技工作总结的写作方法。

a. 情况概述,简要说明工作的任务,取得的主要成绩等。

b. 主要做法,经验和体会,这是对前一段工作的总结,是重点部分。

c. 指出存在的问题和努力方向,写明下阶段的工作计划。

d. 总结评价,主要是对成绩、问题和关键等发表总的看法。

45.2.5 **培训与指导**

编写培训讲义:

培训讲义是岗位培训教学活动所赖以进行的材料,岗位培训的培训目标能不能实现、教学工作的特点能不能体现,都要看有没有好的讲义。

(1)讲义应适应培养能力的要求,在编排上以培养能力为核心。

(2)讲义要考虑到教师使用方便。

(3)教材要考虑到自学者需要。

(4)教材要因岗位类型之不同而异。

45.3 竖罐蒸馏冷凝系统工

45.3.1 **开炉**

根据升温曲线制定开炉升温计划。

45.3.2 冶炼

45.3.2.1 蒸馏过程的产物

蒸馏过程所得产物包括：蒸馏锌、蓝粉、锌粉、氧化锌、蒸馏残渣、冷凝废气、燃烧废气等。锌在各种产物中的分配大致是：蒸馏锌 83%～92%，蓝粉 3.3%，锌粉 1.0%，收尘器氧化锌 1.0%，蒸馏残渣小于 1.0%，其他 3.5%～4.5%。

蒸馏锌　按其纯度及用途的要求可分为商品锌和粗锌，冷凝的液体锌符合国家商品锌四级以上标准，铸锭后作为商品锌入库。其余(包括五级锌)作为粗锌送精馏工序精制。

蓝粉　是锌蒸气在冷凝器内形成的细微的锌滴，随同炉气中机械夹带的烟尘进入二冷凝器，气流速度愈大，冷凝室温度愈高，蓝粉生成量愈大。蓝粉的产出率约为 2.5～5.0%，高时可超过 6%，是影响冷凝效率率的重要因素。蓝粉含锌大于 70%(水箱蓝粉约为 79%～85%，水池蓝粉大于 55%)，沉积渗滤后含水 35%～50%，经干燥至 10%以下，返回制团工序配料。

锌粉　蒸馏(包括焦结)过程的氧化锌产出率一般波动在 1.5%～3.0%之间，其回收率与收尘设备有关。回收效率约为 65%左右，布袋收尘可达 90%以上。各收尘点获得的氧化锌含锌品位略有差异。布袋尘含锌 50%～60%；锅炉沉降室尘稍低；加料口收尘含锌大于 50%；管道沉积部分含锌 30%～50%。如前所述，加料系统密闭、防止罐壁漏损可降低产出率。焦结系统收集的氧化锌是提铟和制取硫酸锌的主要原料。其他有价成分含量低者可做成品出售。

蒸馏残渣　含锌一般为 2%～4%。我国某厂经工艺技术改进，渣含锌降至 1%以下。渣中还含有大量剩余炭黏和多种有价金属，是综合利用的重要原料。渣的产出量与生团矿含锌品位及渣含锌有关，一般为 0.9～1.2 吨/吨蒸锌。

45.3.2.2 蒸馏生产率

蒸馏生产率以日生产能力来表示。除受热面积大小以外，改善物料性质和供热条件是提高蒸馏炉日产量的基本因素。贯彻精料方针，是保证团矿质量的重要手段。提高和稳定团矿中含锌品位，降低焙烧(包括二次焙烧)矿残硫，选还原性强、杂质灰分少焦煤，在保证足够炭黏倍数的前提下，降低还原煤配入量。严格控制混合烧矿的成分、粒度、配比和制团过程的有关技术条件，使制得的团矿在蒸馏过程中完整，以利于炉料间热能传递和气体扩散。确立合理的热工制度，选择适当的换热结构，提高废气与空气、煤气的换热效率和燃烧室温度。改善炭黏化硅质量，提高罐壁传热系数。所有这些措施都可以加速罐内反应速度，缩短冶炼时间，从而达到提高生产率的目的。

蒸馏工序中竖罐的蒸馏效率以及冷凝率等指标与生产率有着更为直接的关系。竖罐蒸馏效率标志着炉料(团矿)中锌蒸发的程度。在投料一定的情况下可概略地以残渣含锌来表示。渣含锌愈低，蒸馏效率愈高。然而，降低渣含锌却不一定使炉日产量按比例增加。蒸馏出的锌有可能大量生成锌粉或蓝粉。所以，只有在提高冷凝效率的基础上才可能获得较高的直产率。在生产过程中，增加小燃烧室和上延部温度，增加下延部送风量，有利于降低残渣含锌，提高蒸馏效率。而为了提高冷凝率以及确保产品质量，则需保持稍高的上延部温度和小燃烧室温度，以及较低的炉气流速和均匀的上升气流。此外，送风冲淡了锌蒸气浓度，使炉气露点降低，对冷凝不利，所以送风愈小愈好。这就形成了温度与送风量一组技术条件对生产率的矛盾。因此，必须正确掌握蒸馏冷凝过程的技术条件，力求使上述诸因素达到全面平衡合理，以获得较高的生产率。

45.3.2.3 控制煤耗的主要措施

降低蒸锌煤耗的主要措施有以下几点：

(1)使用锌品位高、杂质铁含量低的精矿

还原煤消耗与团矿单耗和配煤比有关：一般团耗降低 100 千克，还原煤耗可降低 30 千克/吨锌。而降低团耗的主要途径就是提高锌品位和直接产出率。正常情况下，团矿中铁的含量约占锌量的 1/6～1/7。还原铁的高价使氧化物要消耗还原煤。铁量增加不仅增加煤耗，同时还造成罐内积

铁，影响蒸馏效率和生产率。生产实践中表明，配煤比过低对控制罐内积铁不利。此外，降低精矿含水，可节约干燥用煤量。

(2)严格执行技术条件，提高管理水平和操作水平。

降低蒸馏废气含氧，减少焦结炉补充煤气量；提高煤气发生炉技术水平，降低渣含炭黏，提高煤气中 CO 成分；减少煤气放散管的泄漏损失；加强还原煤干燥，改善团矿的还原性能，有利于降低渣含锌和提高炉日产量，相应的降低了蒸馏煤耗(动力煤耗)；提高各种炉、窑的运转率，减少开停次数，降低燃料的无功消耗；改进炉型结构，如采用大型竖罐和波纹砖，提高热效率和处理能力等。

(3)加强能源的综合利用和回收

蒸馏炉使用的团矿在配料时使用煤量常超过理论计算量的三倍，因而蒸馏残渣中还含有 30%左右的炭黏，相当于每吨锌有 500 千克煤。在回收有价金属时应加以充分利用。竖罐产出的冷凝废气含 CO 成分较高，发热值较高，必须回收利用。对于不含腐蚀性气体的高温燃烧废气，应直接进行余热利用。例如，用蒸馏炉燃烧废气预热空气和煤气，焦结生团矿，通过废热锅炉产生过热蒸气发电等三次利用后，温度低于 250℃，还可生产低压蒸气提供动力部门使用。对于含有腐蚀性气体的炉气，如精矿沸腾焙烧炉炉气，则采用外部加水套的汽化冷却器加以回收，或者直接设中压锅炉回收余热，产出蒸气并入工厂汽网。此外，如沸腾炉的沸腾层、竖罐下延部以及发生炉炉体等部分均可设置汽化冷却水套，用来回收余热降低能耗。

45.4 氧化锌工

45.4.1 开炉

45.4.1.1 烘烤升温

新砌式大修后的精馏塔要经过烘烤升温，达到操作指标后，才能进行加料生产。开始作业情况如何，直接影响塔龄长短，关系到能否顺利地按计划投入生产。

45.4.1.2 开炉前的准备工作

主要是检查供水、供电、供气设备是否良好，管路是否畅通，阀门开关是否灵活好使。各种机械运输设备进行试车，检查各种控制仪表的测量范围、灵敏度、准确性是否满足生产要求，检查各岗位的安全措施是否齐全可靠，炉体验收，编制升温计划，锌精馏炉升温顺序见“升温计划”。

45.4.1.3 烘塔盘、燃烧室和换热室

准备工作就绪以后，开始对系统部位进行烘烤升温，目的主要是除耐火材料中的水分，稳定材料性能达到不漏不裂，其操作要点简述如下：

在塔外建小煤炉，将煤燃烧产生的废气由下延部通入塔盘内，利用废气带入的热量干燥塔盘，然后，废气从塔顶提出，烘塔升温开始要慎重，在 100℃以下，升温速度为 50℃/h，经恒温防止水分蒸发太快，使塔盘灰缝出现空隙，可以从塔顶检查排出的废气含水情况，确认不含水分后密闭下延部，塔顶保温。

在烘塔盘的同时，对新建的燃烧室和换热室也要进行烘炉，操作方法与烘塔类似，所用燃料为煤气。

45.4.1.4 燃烧室升温

燃烧室升温速度为 5℃/h，最大不超过 10℃/h，900℃以下用净化煤气(谷称小煤气)升温，900℃以上用于热净化煤气(俗称大煤气)升温。

小煤气点火升温，烘燃烧室的最终温度作为燃烧室升温的起始温度，点火操作方法如下：在预热道后边新建升温炉，塔燃烧室各层空气道、煤气道垃砖全关，预热煤气道拉砖开 150 毫米左右，将升温

煤气管道内空气赶净，含氧<2%，煤气压 70～80 毫米水柱，在升温炉用油布点火，加入木柴，稳之着火 3～5 分钟后开始给煤气，送废气入燃烧室，升温时，650℃以下要保持木柴明火，木柴和煤气混合燃烧，要经常抹缝堵漏，防止煤气过大，否则容易发生煤气放炮事故，燃烧室上部、下部、温度和换热室入口温度各呈一条直线，左右温差小于 5℃，上下部温差小于 60℃。

换预热净化煤气（俗称换大煤气）通常燃烧室温度在 900℃～980℃之间换大煤气，换热室出口温度必须大于 350℃才开始换大煤气。操作如下：稍开煤气拉砖，煤气拉砖开 150 毫米左右，从煤气闸门方向扫除口用油布点火，并加入木柴，稳定着火 3～5 分钟后开始给煤气，闸门送煤气，通常开 3～4 圈，后即可停开，同时，减小煤气。当煤气稳定着火以后，密闭扫除口，同时迅速闭小煤气，密闭于热道，换热室入口温度自成一条线。升温过程中，左右空气拉砖和废气拉砖开关要均匀，升温在 1300℃后要恒温，要保持燃烧室室上盖处呈正压，使塔盘砌筑的灰浆烧结，降温时不要采取大煤气的办法，降到 900℃恒温，准备加料。

45.4.1.5　回流塔升温

对冷装压密砖的精馏采用两段升温，对热装密砖精馏塔采用一段升温。就两段升温而言，在燃烧室送小煤气点火升温时，回流塔也点火，升温过程中要经常检查保温套严密情况，及时抹缝堵漏，防止冒火烧坏保温套，各部位温差小于 50℃。

除此之外，其他如冷凝器、下延部等都在不同时期，用木柴和煤气升温，新建的还要烘烤。

45.4.2　加料

在各部烘烤升温完成，燃烧室经烧结温度达 900℃时开始加料，加料前要做好一切准备工作，如安装溜槽、加料管，将加料器和自动给料箱用煤气火烧红，熔化炉装满液体粗锌（要防止过满溢出流入塔内），用精锌封住铅塔冷凝器底座锌封，用高镉锌封住水冷凝器底座锌封等。除此之外，还需全面检查技术条件，尤其是主塔燃烧室和回流塔必须保持 900℃，熔化炉锌液温度 100℃，现将加料提温操作简述如下：

(1)选用烟气量大的燃烧物如废旧油毡纸等，从下延部点火，使燃烧废气通入塔内，待塔顶冒浓烟 3～5 分钟后即快速取出可燃物，并密封，避免再漏进空气，同时向塔从料。

(2)料进入塔后，主塔燃烧室仍保持 900℃，经过两小时料流到塔中部以下时全塔燃烧室开始提温。先慢后快，下延部见锌后快速提温，一小时内达到 1050℃，各班根据冷凝器温度提高主塔燃烧室温度，一直达到正常指标。

(3)铅塔下延部见锌后将锌引入方井中，进入熔析炉。镉塔下延部见锌后将锌引入方井中，进入熔析炉，镉塔下延部见锌后将锌引入方井中，进入纯锌槽，下延部见锌判断方法，根据料量计算见锌时间。

当塔顶冒出大呈锌蒸气时封塔顶并保温密封溜槽，将锌蒸气导入铅塔冷凝器，最后密闭铅塔冷凝器。对镉塔来说，当大冷凝器顶冒出大呈锌蒸气时，封火冷凝器顶部扫除口和漏槽并保留，将锌蒸气导入小冷凝器，最后加以密封。

如果热装压密砖，加料后 36～48 小时装压密砖。如果冷装压密砖，加料到 36～48 小时，用炭黏化硅灰浆刷在密砖缝，至此全部开塔工作结束，转入正常生产。

45.4.3　正常操作及技术条件控制

氧化锌塔生产过程中要连续、均衡地进行。为此操作时要遵守下列原则，加锌连续、均匀、准确，控制升温及稳定，使塔内金属蒸发速度均衡，保证塔体部畅通无阻，确保密封装置的完好。

45.4.3.1　加料操作

锌加入塔内要均匀、连续、稳定、不断料，加料操作是氧化锌生产的基础，它直接影响氧化锌的质量，关系到塔的寿命。影响加料速度的因素有：①液面料低，锌液面高落差大，流速快。②锌液温度：

锌液温度高，黏反流速快。加料速度可以通过加料标获得加料速度，可按下式计划。

小时加料量＝熔化炉班加料量/8(小时)

小时加料的标尺格数＝小时加料量÷角搭化表的锌液量

45.4.3.2　热工调整操作

国内大多数精馏炉都要采用煤气间接加热，因为塔内反应只是金属加热蒸发的物理过程，因此燃气温度的高低，供热的多少，决定各处理量，因此塔内的温度要稳定，所以燃烧室的温度差要在10℃以内。

(1)热工调整操作温度和压力指标

氧化锌生产过程中的热工操作要求非常严格，对各部位操作非常细致。

(2)热工调整工操作

热工调整正常操作基本原则是“三勤一稳”，即勤联系、勤检查，勤调整和稳定煤气压力。

勤联系：联系加料工2、3节加料情况，检查炉内燃烧情况等。

勤检查：温度有变化，应小动、勤动。

稳定煤气压力：严格控制煤气总道压力。

①热工调整的原则

当各炉燃烧室温度都有同样的变化，应变动总条件(煤气式抽力)；

调整燃烧室的温度时变动其中一个而在温度为准，反映具体情况以前，不同时变化第二个条件；

炉内燃烧室的情况确定掌握以前，不能盲目的进行调整，必须首先了解和掌握炉内燃烧的基本情况，才能相应的采取措施。

②正常情况下几个基本条件的原则规定：

空气挡板，一层10mm～180mm，二层正常不用，三层开1/4～2/3；

废气挡板左右差不应超过20mm。

③氧化锌塔燃烧室正常热工调整方法：

遵循以上原则基础上，在煤气供应稳定废气排出正常情况下适当开各控制阀和挡板，调整燃烧室上下温度，分布均衡。若换热室和废气系统堵塞，不仅影响换热而且还会影响煤气燃烧。经常扫除换热室、废气道，保持废气畅通也是调整的重要组成部分。

④氧化炉，布袋温度控制

氧化炉与布袋温度是由主塔温度来控制的，同时也是空气挡板来调节温度。

45.4.3.3　烷析精炼操作

离开主塔的馏系锌温度为890℃，进入焙析炉出焙析池后，温度降至480℃～540℃，经过静止烷、析一段时间。上层为B#锌，中层是硬锌，下层是粗铜。B#锌经过温流口流入温度为600℃～650℃的储锌池中，B#锌定时放出，硬锌定期捞出，粗铅定期用抽铅法抽出铸锭。

烷析操作的关系是控制烷析时间也会凝死，温度太低，硬锌含铅高，硬锌发灰，产生时烷析池会凝死。温度太高，硬锌发白，B#锌含铁高，造渣多，烷析时间短，三者分离不好。时间过长，硬锌很低，焙析池上层是锌基铅铁化合物，中间是B#锌，下层是粗铅。

由于馏余锌含有较高的铅铁杂质，在随着温度的降低，液体流动性差，同时随着空气进入液体锌液易氧化成氧化渣堵塞塔盘和下延部。因此，要及时疏通下延部，在生产过程中随时掌握馏余锌的流量变化，以判断塔内情况。

出氧化锌

(1)检查电子秤是否有杂物，如有清扫干净。

(2)检查前将电子秤校准，要求清除尾数显示“0”。

(3)检查人身体不要触及正在检查的电子秤。

(4)装袋并确保准确相等，不能漏装，要按顺序装氧化锌。

(5)要把袋口扎紧,扎口整齐,无跳线,无氧化锌夹层,袋内无杂物,若发现有异物立即采取措施。

(6)确保袋内氧化锌出净。

45.4.4 间接法冶炼

间接法生产氧化锌使用的原料为B#锌,它含有少量的铅,不含或含有极少量的镉,是精馏炉的一种中间产品。

45.4.4.1 间接生产氧化锌对燃料的要求

间接法生产氧化锌利用燃料为净化煤气,对其质量要求如下:

煤气成分:一氧化炭黏含量>28±1%。

煤气发热值:>1300千卡/立方米。

煤气含尘量(包机焦油):<-0.2克/立方米。

煤气温度:净化后小于40℃。

45.4.4.2 间接法生产氧化锌基本原理

间接法生产氧化锌,其大原理是利用精馏塔产生的锌蒸气与空气中的氧在氧化炉中发生化学反应生产氧化锌,其化学方程式为:

$$Zn+1/2O_2=2ZnO$$

氧化锌生产同样分为两个阶面,第一个阶段利用精馏铅塔的蒸发与回流,产生具有一定压力的锌蒸气;第二阶段,在氧化锌中,锌蒸气与空气中的氧发生反应生成氧化锌。

45.4.4.3 氧化锌生产的工艺流程

作业程序简介:B#锌加入熔化炉,经过自动给料器,加料器,进入铅墙。在铅墙中经过多次蒸发与回流,产生具有一定压力的锌蒸气,进入气体分配室。在此一部分锌蒸气冷产形成副产精锌,另一部分进入氧化室,与空气中的氧发生化学反应,生产出氧化锌。经过人字管道集尘斗,冷却管道布袋分配箱,布袋形成成品氧化锌。在铅墙中一部分回流下来的馏余锌经过下延部,又形成了B#锌精铅和锌基铅铁化合物,B#锌返回焙炉。

45.4.4.4 精馏塔的基分数

燃烧室温度:1050℃~1300℃(在10℃波差指标内)。

直升墙温度:低燃烧室50℃~100℃。

直升墙左右温差:<40℃。

二阶库气温度:500℃~700℃,左右温差<40℃。

氧化炉温度:750℃~1050℃。

布袋温度:≤180℃。

煤气总道压力:2100±100Pa,即210±10毫米水柱。

45.4.4.5 开炉升温规定

(1)小煤气升温时,煤气温度必须大于燃烧室温度。

(2)换大煤气温差,波动小于30℃,在4个小时内上下温度调成一条直线。

(3)直升墙左右温度<30℃。

(4)废气温差<40℃。

(5)在换大煤气前,燃烧气上下温差<10℃。

(6)开炉升温要求各部位在630℃以下,必须加木柴与煤气混合升温,木柴始终有明火,防止煤气放炮。

(7)上班的条件一定告诉下班,并写在记录上。

(8)各部位在升温过程中,如果超过指标,可恒温,不用降温方法达到指标,在降温过程中如低于指标可恒温,但不应用提温方法来达到指标。

(9)按小时温度记录打温度合格率,下班给上班打温度合格率。

45.4.4.6 氧化锌物理质量标准

物理质量标准

(1)批量字迹清楚完整。

(2)扎口整齐无跳线,无氧化锌夹层,袋不漏不裂。

(3)每袋净重 25kg,毛重 25.30±0.1kg。

(4)氧化锌袋内不许有任何杂物。

45.4.4.7 氧化锌入库标准

符合优收或少量一级的氧化锌方可入库。

45.4.5 停炉检修

45.4.5.1 停炉作业

主要操作要点

(1)熔化炉

停炉前炉堂渣扒干净,锌液面放到最低,捣净自动给料器,停止向塔供料。如果大修,将炉膛不全放出,降温速度每小时不超过 20℃,对密闭式加热焙化炉需要检查换热室,结构完好情况。

(2)燃烧室

停止向塔供料以后开始降温,中塔降温速度小于 50℃,大修塔降温为每小时 10℃,燃烧室上部温度降到 800℃,关闭煤气支道总一闸门进行自然降温,燃烧室全部降到 700℃,打开燃烧室上盖,观察燃烧室上部降至 400℃,打开炉门和二阶入口,燃烧室上部降至 200℃,各孔口全部打开。

(3)熔析炉

停炉前掏净硬锌及出铅,如果大修,精锌、铅全部放出,降温每小时不超过 20℃。

(4)氧化炉

氧化炉喷嘴不喷后氧化炉温度靠自然降温,当温度达到 500℃左右时,放出氧化炉内副号精锌。

45.4.5.2 特殊操作及故障处理

停电操作:

停电意味着煤气停止供应,一旦热源断绝就无法生产,停电时间过长,甚至有被迫停塔的危险。在我国某厂精馏塔停电长约 15 小时,由于措施得当,指挥有力,成功恢复了生产。短期停电后,根据具体情况采取相应措施,操作原则规定如下:

(1)停电时煤气总道压力必须大于 20 毫米水柱,当煤气发生炉不供应煤气,使煤气系统为负压,应立即将煤气闸门关死,熔化炉、熔析炉、加料器、流槽、氧化炉、其他部位用木柴加热保温,从燃烧室上盖观察送入重油,保持燃烧室温度。

(2)如果停电时煤气总道压力大于 20 毫米水柱,熔化炉、熔析炉可开大煤气,保持炉内温度,防止锌液凝结,燃烧室关小废气拉砖,用煤气保温,加料器流槽等部位用木柴保温。

(3)来电时逐步增加煤气压力,当煤气压力达到 40 毫米水柱时,将废气拉砖恢复原来位置,然后煤压恢复正常指标,熔化炉和熔析炉等中位逐步恢复正常操作。

(4)发现停电,立即关闭密闭式间接加热窝经炉的煤气闸门,关死废气拉砖,来电后废气拉砖各开 100mm 左右,开煤气进口小门,点燃油布火把,给煤气,以小燃烧室观察到煤气稳定着火以后,取出油布火把密封门。

换加料器和加料管操作:

加料器和加料管损坏必须及时更换,中间覆盖石棉纸,烘干备用,更换加料器和加料管的操作原则规定如下:

(1)对加料器和加料管烘烤预热。

(2)燃烧室温度降到1050℃。

(3)禁止用炭黏化硅和黄泥,必须使用耐火灰。

(4)逐渐恢复正常加料量,燃烧室提温时要注意升温速度。

热外塔:

氧化锌塔生产一段时间后,由于热应力的影响和铁心腐蚀塔盘发生裂纹和穿孔面漏锌,为了继续生产进行热外,外塔的配比为80目黏土10%,80目一级炭黏化硅灰90%,用10%的磷酸和90%净水调成灰浆。操作前首先找准塔漏位置,根据位置决定使用工具,为了提高可见度,燃烧室适当成煤气,外塔操作过程如下:用小锌清除漏锌位置周围的氧化锌和熔渣,使盘露出新鲜表面,在炉子上放一层湿纸,纸上放糊状补墙灰浆,表面再涂一层,氧化铅硬而迅速地填补到漏锌位置上后使劲压,燃烧5分钟,轻轻移开炉子观察是否补好,若未补上,则再削平生补,补好以后,立即密封炉门,恢复正常生产。补炉操作时间应尽量缩短,必要时可分几次进行,以免对塔体热打击太大。

45.5 精馏锌精炼工

45.5.1 开炉

45.5.1.1 开炉

(1)烘铸升温

新砌或大修后的精馏塔要经过烘铸升温,达到操作指标后才能进行加料生产。开始作业情况如何,直接影响塔龄长短,关系到能否顺利地按计划投入生产。

(2)开炉前的准备工作

主要是检查供水、供电、供气设备是否良好,管路是否畅通,阀门、开关是否是灵活好使,各种机械运输设备进行试车,检查各种控制仪表的测量范围,灵敏度、准确性是否满足生产要求,检查各种岗位的安全措施是否齐全可靠。炉体验收,编制升温计划。

(3)烘塔盘燃烧室和换热室

准备工作就绪以后,开始对系统各部位进行烘烧升温,目的主要是除去耐火材料中的水分,稳定耐火材料性能,达到不漏不裂,其操作要点简述如下:

在塔处建小煤炉,将煤燃烧产生的废气由下延部通至塔盘内,利用废气带入的热量干燥塔盘,然后废气从塔顶排出。烘干塔升温开始宜慎重,在100℃以下,升温速度为5℃/h,经恒温防止水分蒸发太快,使塔盘灰缝出现空隙可以从塔顶检查排出的废气含水情况,确认不含水分子后,密闭下延部,塔顶保温。

在烘塔盘的同时,对新建的燃烧室和换热室也要进行烘炉,操作方法与烘塔类似,所用燃料为煤气。

(4)燃烧室升温

燃烧室升温速度为5℃/h,最大不超过10℃/h,900℃以下用净化煤气(俗称小煤气)升温,900℃以上用预热净化煤气(俗称大煤气)升温。

小煤气点火升温,烘燃烧室的最终温度作为燃烧室升温后起始温度,点火操作方法如下:在预热道后边新建升温炉,燃烧室各层空气道、废气道拉砖关死,预热煤气道拉砖开150毫米左右,将升温煤气管道内空气赶净,含氧<2%,煤气压70~80毫米水柱。在升温炉用油布点火,加入木柴,稳定着火3~5分钟后开始给煤气,送废气入燃烧室,升温时,65℃以下要保持木柴明火,木柴和煤气混合燃烧要经常抹缝墙漏,防止煤气过大,否则容易发生煤气放炮事故。燃烧室上部、下部温度和换热室入口温度各呈一条直线,左右温差5℃,上下部温差小于60℃。

换预热净化煤气，(俗称换大煤气)，通常燃烧室温度在900℃～980℃之间换大煤气，换热室出口温度必须大于350℃才开始换大煤气，操作如下：稍开煤气拉砖，煤气拉砖开150毫米左右，从煤气闸门方箱扫除口用油布点火，并加入木柴，稳定着火3～5分种后开煤气闸门送煤气，通常开3～4圈后即可停开，用时减小煤气，当煤气稳定着火以后，密闭扫除口，同时迅速关闭小煤气，密闭预热道，换热室入口温度自成一长线，升温过程中左右空气拉砖和废气拉砖开关要均匀，升温在1100℃后要恒温，要保持燃烧室上盖处呈正压，使塔盘砌筑的灰浆烧结，降温时不要采取大煤气的办法，降到900℃恒温，准备加料。

(5)回流塔升温

对冷装压密砖的精馏采取两段升温：对热装密砖精馏塔采取一段升温，就两段升温而言，在燃烧室送小煤气点火升温时，回流塔也点火，升温过程中要经常检查保温套严密情况，及时抹缝墙漏，防止冒火烧坏保温套，各部位温差不小于50℃。

除此之外，其他如冷凝器、下延部等，都在不同时期用木柴和煤气升温，新建的还要烘烤。

45.5.1.2　加料

在各部烘烤升温完成，燃烧室降温达880℃时可开始加料，加料前要做好一切准备工作，如安装溜槽、加料管。将加料器和自动给料箱用煤气火烧红；熔化炉装满液体粗锌(要防止过满溢出流入塔内)；用精锌封住铅塔冷凝器底座锌封；用高隔锌封住小冷凝器底座锌封等。除此之外，还需全面检查技术条件，尤其是主塔燃烧室和回流塔必须保持880℃，熔化炉锌液温度700℃，现将加料提温操作简述如下：

(1)选用烟气量大的燃烧物，如废旧油毡纸等，从下延部点火，使燃烧废气通入塔内。待塔顶冒浓烟3～5分钟后即快取出可燃物，并密封避免再漏进空气，同时向塔供料。

(2)料进入塔内后，主塔燃烧室仍保持880℃，经过两小时，料流到塔中部以下时，主塔燃烧室开始提温，先慢后快，下延部见锌后，快速提温，2.5小时内达到1080℃，以后各班根据冷凝器温度提高主塔燃烧室温度，一直达到百叶窗到正常指标。

(3)铅塔下延部见锌后将锌引入方井中，进入熔析炉；镉塔下延部见锌后，将锌引入方井中，进入纯锌槽，下延部见锌判断方法，根据料量计算见锌时间。

当塔顶冒出大量锌蒸气时封塔顶并保温，密封溜槽，将锌蒸气导入铅塔冷凝器，最后密闭铅塔冷凝器。对镉塔来说，当大冷凝器顶冒出大量锌蒸气时，封大冷凝器顶部扫除口和溜槽，将锌蒸气导入小冷凝器最后加以密封。

如果热装压密砖，加料后36～48小时装压密砖，如果冷装压密砖，加料到36～48小时，用炭黏化硅灰浆刷压密砖缝。至此，全部开塔工作结束，转入正常生产。

45.5.2　火法冶炼

粗锌中的杂质主要是铅、镉、铁等，它们的沸点分别是：锌906.97℃，镉767.58℃，铅1525℃，铁3235℃。利用锌及杂质元素沸点不同的特点，控制不同的温度，经过多次蒸馏，多次分凝回流，就可以使锌和其他的杂质金属分离开来，得到高纯度的金属锌。

精馏工艺过程分为两个阶段，第一阶段是在铅塔中脱除高沸点杂质金属铅和铁；第二阶段是在镉塔中脱除低沸点杂质金属镉。无论在铅塔中还是在镉塔中，都包括蒸馏和分凝回流两个物理过程，无论在蒸发盘还是在回流盘中，都同时进行着蒸馏和分凝回流，在蒸发盘主要过程是蒸馏，在回流盘中主要过程是分凝回流。

在一定的温度条件下，液相中的低沸点金属蒸馏为气相，气相中的高沸点金属分凝为液相回流，回流液相中的低沸点金属再蒸馏为气相，气相中的高沸点金属再分凝为液相回流，如此反复交错地多次进行。应该着重指出，每一个循环过程，都不是简单地机械重复，而是每经过一次循环都发生一次新的变化，——低沸点金属在气相中富集，高沸点金属在液相中富集。

如果离开蒸发盘进入回流盘的蒸气，温度为905℃蒸气中含镉为1%，随着温度的降低，液体中的镉的含量将增加，冷凝的蒸气变成液体往下流。如此反复地进行，液体中含镉愈来愈少，气体中含镉愈来愈多，最后得到精锌和高镉锌。因此，蒸馏的过程是在温度一定的条件下，实行多次蒸馏与分凝的过程，从而达到不同金属分离的目的，从铅塔下延部排出的铅、铁含量很高的馏余锌进入熔析炉，使铅、铁熔析分离，熔析精炼的原理是：根据锌、铁、铅熔点和比重的不同，控制一定的温度，使它们分层分离开来，锌、铅、铁的比重在950℃以上，锌和铅能以任何比例相溶解为均质合金。当温度降低时，铅锌合金分为两层，上层是含少量铅的锌；下层是含少量锌的铅，至于铁，也随熔析温度而变。因为锌铁化合物以Fe_5Zn_{21}的形态溶于粗锌中，随着温度的降低，锌铁分离愈来愈好，冷却时以糊状结晶一硬锌析出，使锌锌分离。

传统工艺流程：

精馏法的工艺流程包括粗锌熔化，液体合金分馏，液体金属熔析精炼和产品铸锭四个步骤。由两座铅塔，一座镉塔和一座B#塔组成四塔型，粗锌液体和块锭加入熔化炉，经过带有液体锌流量计的针状阀式自动给料器流入带有锌封的铅塔加料器加入铅塔，脱除高沸点杂质金属铅、铁等；含镉的锌蒸气进入铅塔冷凝器内冷凝为含镉锌，铅塔下延部排出的馏余锌进入熔析池进行熔析精炼得到B#锌、硬锌、和粗铅，B#锌从熔析池溢流入储锌池储存，定时放出加入B#锌塔熔化炉中，硬锌由捞锌机定期抽出，作为提铟原料，含镉锌经过带有锌封的镉封的镉塔加料器加入镉塔进行锌镉分离，经过脱镉的锌蒸气进入镉塔大冷凝器，经过镏槽导入小冷凝器冷凝或高镉锌，含镉20%的高镉锌送高镉锌塔处理。处理B#锌的铅塔生产过程和处理粗锌的铅塔生产过程类似，不同的地方是在B#锌塔冷凝器得到是精锌而不是含镉锌，B#锌含镉小于0.001%，又称“无镉锌”。

除了四塔型流程以处，还有两塔型、三塔型（包括两座铅塔和一座镉塔）、土塔型（包括四座铅塔，两座镉，一座B#锌铅塔）。

在上述各种塔型中，对于精锌直接产出率在60%～65%的四塔型是合理的，对于精锌直接产出率在70%～75%的工艺土塔型是经济合理的。当然，塔型的选择主要应该根据生产的规模来确定，关于双塔的工艺流程与单塔相似。

45.5.3 精镏塔及其附属设备的结构与作用

精镏塔由塔本体，燃烧室，换热室构成。此外，借助溜槽与熔化炉纯锌槽和冷凝器相连，形成一个密封的精馏系统。

塔本体：

塔本体由塔盘重叠安装而成，分两部分。在燃烧室内的部分称蒸馏塔。燃烧室以上不外加热的部分称回流部，铅塔由54块塔盘组成，其中蒸发部分32块，回流部分22块。镉塔由53块塔盘组成，其中蒸发部分32块，回流部分21块，安装塔盘时要使它紧密地一块叠着一块，形成一个密封的整体，以免塔盘内金属被塔外燃烧气体所氧化，相邻两个塔盘的开口再转180°，这样就使整个塔内金属液体和蒸馏出来的金属蒸气都沿“之”字路下流或上升，使蒸气和液体更有效的接触，一方面可使锌液在下流过程中有充分机会受热而蒸发，同时上升气流中夹带的高沸点金属蒸气有充分的机会冷凝。

塔盘共有十三种，十五个型号，其中多数是蒸发盘和回流盘，蒸发盘安装在蒸发部，盘的构造呈W型，中间高出的部分称为塔盘底，塔盘的周边形成一条沟。这种形状可以使液体大部分积存在沿塔盘四周的沟内，可直接与外加热的塔盘内壁接触，因而热传导快，蒸发能力大。在塔盘平底上只积存很薄一层液体金属，当液体金属积存到一定高度时，则由塔盘一端的溢流孔溢出，流到下一块塔盘，关逐渐按顺序交错下流，直至底盘，流经下延部溢出。

回流盘呈U形，液体在盘内呈S形流动，安装在铅镉塔的回流部和镉塔蒸发部的下部，回流部不外加热，靠金属蒸气的冷凝热来保持温度，为此在回流部的外面砌有耐火轻砖和保温砖。

铅塔由底盘、蒸发盘、空心盘、火沿盘、加料盘、回流盘、导气盘等十种型号的塔盘组成；镉塔由底

盘、回流盘、蒸发盘、空心盘、大沿盘、加料盘、扫除回流盘、氧化物障碍盘、导气反扣盘、导气液封盘等十三种型号的塔盘组成。

从铅塔盘的组合来看有两种，一种是蒸发部的塔盘组合起来，开口呈枣核形，两头小，中间大，这是为了使加入塔内的液体锌充分预热，从600℃予热到907℃。同时上升气体中机械夹带的铅雾在离开蒸发部前，尽可能多和液锌接触冷凝回流，降低精锌中含铅量，另一种是回流部的塔盘组合起来开口式管形下小，上中一样，这种组合阻力小，可以提高产量。

设置空心盘的作用是使气体运动速度缓冲，大沿盘外壁中部有一圈突出的边沿形似伞，回流部塔盘漏锌时，可以避免锌铅塔盘外壁流入燃烧室，而流到压密砖上，通过压密砖将锌引出，压密砖设置在燃烧室盖上，用高温水泥捣制成一体。

燃烧室和换热室：

围绕着组立塔的蒸发部用耐火砖砌筑一个燃烧室，煤气在其中燃烧，给塔盘供热，在燃烧室后边配置有换热室，作为予热空气、煤气和导出废气之用。

冷凝器：

冷凝器是用炭黏化硅砌筑的矩形柱状空间，使金属蒸气冷凝为液体，为便于调节冷凝器温度，它的外围设有活动保温窗。

熔化炉：

每座铅塔配置一座用耐火砖砌筑的熔化炉，用来熔化粗锌块锭和加热液体粗锌，熔化炉有反射式直接加热熔化炉。

反射式直接加热熔化炉，火焰和锌液直接接触，热利用率高，寿命长，但造渣量大。

密赛季式间接加热熔化炉，间接加热锌液，利用率低，铸铁管寿命短，但造渣量可减少30%，锌液温度稳定。

熔析炉：

铅塔座在用耐火砌成的下延部上通过带有液封气封的溜槽、方井和熔析炉粗连接，熔析炉用来处理馏余锌，经过熔析精炼，使伞和铅铁分离，达到脱铅、铁的目的，加铝工艺的熔析有着特殊的结构创作具备传统制取锌铝合金的功能。

纯锌槽：

每座镉塔配置一座用耐火砌砌筑的纯锌槽，储存纯锌并保温。

加料器：

带有锌封的加料器通过加料管和加料盘连接，因为镉塔加料器比铅塔加料器大。

铅、镉塔以及主要附属设备都有严格的技术规格。

45.5.4 正常操作条件控制与调整

操作原则：

精馏塔的生产过程要求连续均衡地进行，为此，操作应遵守下列基本原则：加锌连续、均匀、稳定，控制好冷凝器的温度，务使塔内金属蒸发速度和金属蒸气冷凝速度相适应，保证塔体各部畅通无阻，以达到产量高、质量好、消耗少、塔龄长、安全生产的目的。

加料：

精馏炉使用的原料是粗锌(包括平罐、紧罐生产的蒸馏锌、鼓风炉产生的锌和其他粗锌)。一般要求粗锌含铅小于2%，含镉小于0.3%，含铁小于0.04%，由于铁在精馏过程中对炭黏化硅塔体有腐蚀作用，因此控制其含量。加料操作直接影响精锌产量和质量，也影响热工温度和塔体寿命，操作不当引起塔压压力骤升骤降，会引起塔顶和冷凝器放炮，溜槽鼓开。粗锌有液锌和块锌之别。加入熔化炉时，必须严格控制加料速度，影响铅塔加料速度的因素有：液锌与块锌之别，加入熔化炉时必须严格控制加料速度，影响铅塔加料速度的因素有：

(1)熔化炉液面高低、锌液面高、落差大、流速快、下料多、锌液面低则相反，因此应均匀组织供锌。

(2)锌液温度。温度高，黏度小、流速快，温度低则相反。因此，熔化炉温度应尽量稳定，当温度发生变化时应及时调整，熔化炉液温度指标 600℃～650℃，加块锌时应保持上限指标，对加铝工艺的熔化炉，为了减少铝的偏析，锌液温度应提高 50℃，而渣量不会增加。

技术经济指标

塔壁工作强度：

塔壁工作强度是指单一塔体有效受热面积的生产强度，可按下式计算：

$$apb = p(1-\delta)/Fpb$$

$$acd = 2p(1-\delta_1)(1-\delta_2)/pcd$$

式中：apb ——铅塔塔壁工作强度，以含镉量计，如采用精锌表示，应乘以系数$(1-\delta_2)$，即 0.98～0.99，原料含镉高时取下限，如为加 B# 锌的铅则为精锌量 t/(m²·d)；

acd —— q 镉塔塔壁工作强度，以精锌产量度 t/(m²·d)；

p ——每座铅塔日加入锌量 t/d；

Φ_1 ——铅塔下部排出无镉锌系数，与原料含铅铁有关，如含 pb0.05%～2%；Fe<0.1%时，一般为 0.25～0.35；

Φ_2 ——镉塔高镉锌或镉灰产出系数，与原料含镉关系如下：

塔壁工作强度主要根据原料杂质含量，生产精锌纯度及冶炼条件，参考同类型精馏炉实际生产指标确定计算得出，铅塔塔壁工作强度一般为 0.9～1.256(m²·d)，镉塔塔壁工作强度为 1.8～246/(m²·d)，但大型一般增大 10%～15%。

杂质在精馏产物中的分布：

根据生产实践，粗锌中的铅、铁、锡在铅塔精馏过程中，脱除率一般为 98%～99%，粗锌中的铅理论上可除至微量，但由于铅锌雾的形成和锌蒸气在塔内高速度运动的影响，进入精锌的铅量为加入粗锌中铅量的 0.1%～0.4%，铅在熔析过程中为加入粗锌中铅量的 0.1%～0.4%，铅在熔析过程中的走向随熔析条件和原料含铅的不同而变化。一般经熔析后，粗铅约占粗锌含铅量的 50%～80%，加入硬锌的铅为 2%～20%，随 B# 锌在塔内循环的铅为 15～30%。粗锌中约有 2.6%～3.5%的铁以机械夹带的形式进入精锌。经过熔析后约有 50%～80%进入硬锌中，10%～40%随 B# 锌在铅塔中循环，少量随熔渣排出或沉积于铅塔盘底，盘底残余物含铁高达 50%。

镉与砷同属低沸点元素，但在精馏过程中，镉富集在高镉锌中脱除率在 99%以上，砷却大部分进入 B# 锌中，砷的脱除率为 42%。

塔龄和运转率：

塔龄一般是指两次大修之间的生产时间，但精馏段常以两次塔盘拆修(称为中修)之间的工作时间为塔龄，一般铅塔为 18～24 个月，大型塔应在 2 年以上，镉塔塔龄稍长，B# 塔最短，约 10～12 个月。塔龄降低的主要原因是粗锌含铁过高，平均 0.05%～0.08%，B# 锌塔熔析不好，B# 锌含铁达 0.1%～0.15%，较一般高 3～5 倍，可使炭黏化硅盘腐蚀加快。如果条件控制不严，加料不稳，温度波动幅度大。加料量过大，塔壁工作强度过高，也使塔龄缩短，但最重要的原因还有塔盘材质差，不重视塔盘质量检查。加之对筑炉质量，升温速度快等，也是影响塔龄的基本原因。

精馏炉运转率是指扣除检修和停开塔时间的实际年生产天数与日历天数之比，一般为 88%～91%。设计时，年工作日可取 330 天。

金属回收率：

精馏过程的操作和管理是影响回收率的主要原因。如：精馏塔塔盘裂漏，锌液或蒸气漏入燃烧室，金属被烧损。

熔化炉和精炼炉温度控制不当，引起的氧化损失。锌渣搬运损失，锌回收率一般为 99%～99.3%；铅回收率为 98%～99%，镉为 98%～99%。

45.5.5 主要设备选择计算

锌精馏炉由熔化炉、铅塔、冷凝器、精炼炉、镉塔、火冷凝器、高镉锌冷凝器、纯锌槽等组成，主体是由炭黏化硅质塔盘组合的铅塔和镉塔。

(1)精馏塔型及其组合方式

精馏塔分标准型、非标准型及双塔式炉等。塔盘的尺寸、塔盘安置数量和组合，可根据生产需要计算。采用标准型塔盘规格及塔型进行设计，也可根据计算另外设计选择其他塔盘、塔型。

(2)精馏塔座数的初步确定

铅塔和镉塔的座数，应根据每年需要处理粗锌量或需生产的精锌量而定，可按下列公式计算：

铅塔座数：$npb = G/365n \cdot p$

镉塔座数：$npb = 2G/365n \cdot p$

B# 锌塔座数：nQ 号 $= GmE/365n \cdot p(1-m)$

式中：G ——年处理粗锌总量(吨)

P ——一座铅塔每天的加料量 t/d 可参照现有塔型的不同加料量选用适宜量。

E ——B# 匀塔直接产出率%。

m ——铅塔或 B# 锌塔底部排出经熔析产出的 B# 锌系数(B# 锌产出率，或称无镉锌产出率)，一般为 Q_1 总量的 92%～96%，即除去硬锌、粗铅和锌渣量。

n ——塔年运转率%。

上式中，nB# <2 时，取 nB# 为 1。

当 2< nB# <3 时，取 nB# 为 2。

B# 匀尚有剩余，可分别返回铅塔。

如果年处理量不大，可不设 B# 锌塔。这样计算铅、镉塔座数时，铅塔每日平均处理量应加入返回的 B# 锌，铅塔的实际处理量为：

$$G' = G(1+n)$$

(3)大型塔设计

长期以来，国内采用的塔盘为通用的规格：

990mm×475mm×165mm，此外，中小型塔盘规格如下：

376mm×176mm×85mm，360mm×250mm×85mm，600mm×300mm×90mm。

由于多种原因，国内从 80 年代中才开始实施塔大型化措施，目前已有两种类型，一种是 SH 大型塔盘，尺寸为 1260mm×620mm，另一种是 H 特大型塔盘尺寸为 1372mm×762mm

国内大型塔盘的结构特点：

根据国内的长期实践和国外的零星资料，国内已设计了各具特点的大塔盘结构。

铅塔冷凝器的设计：

铅塔冷凝器是用炭黏化壁质耐火材料砌筑的矩形容器，下高锌液封闭的底座贮槽，外围设有活动保温窗。

(1)散热面积：

冷凝器所需散热面积可按下式计算：

$$Fpb = Q_{散} / K(t_{壁} - t_{空})$$

式中：Fpb ——冷凝器所需热面积，㎡。

$Q_{散}$——冷凝器须散出的热量，kJ/h　　$Q_{散} = p[c(t_{气} - t_{液})c_{气}]$。

P ——冷凝器，kg/n。

c ——锌的比热，取 0.523kJ/(kg·℃)。

$t_{气}$——进入蒸气温度，820～880℃。

$t_{液}$——铅塔冷凝器锌液温度，600～650℃。

$c_{汽}$——锌的汽化热，取 1784kJ/kg。

k——传热系数，W/(m²·e)　k=1(s/λ+1/a)。

s——冷凝器壁厚度 m。

λ——冷凝器壁导热系数，W/(m·℃)。

a——器避对空气的散热率，W/(m·℃)。

当 $t_{内}$=500℃，$t_{外}$=40℃时，a=36。

$t_{空}$——冷凝器因围空气温度℃。

计算冷凝器时，应考虑以下因素：

器壁上黏附的金属氧化物对冷凝器的影响。

计算是按照塔内恒定物料热量，实际的热量波动较大。

根据实践经验，冷凝器散热面积应按计算价得值增加 20%～30%。

为适应开炉或降低产量时减少热量的要求，冷凝器外围没有活动保温窗，以调节温度冷凝器器壁材质。可根据散热量大小，采用炭黏化硅或耐火黏土砖，为了减少冷凝器容积，强化冷凝，可在冷凝器外壁设有翅片。

这种翅片冷凝器，国内已在大型精馏炉的铅塔上使用，单位冷凝面积强度可提高 20%。

(2)冷凝器容积和尺寸

冷凝器容积 Vpb 冷

冷凝器尺寸可按下列经验式计算：

宽：长=1：(1.4～1.6)，宽：高=1：(4～5)。

镉塔大、小冷凝器的设计

镉塔大冷凝器，置于镉塔回流段的上部，并与镉塔紧密相连。加热区蒸发段蒸发上来的锌蒸气与铅塔回流段一样，先经回流段分馏后，进入大冷凝器进行冷凝，进一步与镉蒸气分离，只让少量锌与镉蒸气进入小冷凝产出高镉锌。由于大冷凝器要适应蒸发时变化较大，氧化物可能在内壁上黏结和改善劳动条件的需要，大冷凝器外面一般常数活动保温窗，故实际冷凝面积也应大于计算值，计算方法如下：

(1)冷凝器的冷凝锌量

大冷凝器冷凝回流锌量 $P_{大冷}=P_1(P_2+P_5-P_{2'})$

此式影响因素较多，如气量波动、内壁结构、活动窗启闭大小等都会影响结果的准确性，可根据大冷凝器实例参照选用。

小冷凝器冷凝锌量：$P_{小冷}=P_1P_5$

式中：$P_{大冷}$、$P_{小冷}$——分别为镉塔大、小冷凝器需放。

P_1——镉塔每小时加入含镉锌量，t/h。

P_2——镉塔塔内锌量分配比率的回流比一般比一般为 0.45～0.55，可取平均值此值实际含大冷凝器为冷凝比。

P_5——镉塔小冷凝器冷凝的高镉锌比例，冷凝比 0.05～0.15 的平均值，t/h。

$P_{2'}$——镉塔小冷凝器冷凝的高镉锌比例，冷凝比 0.05～0.15 的平均值，t/h。

镉塔回流段拟定的回流比(不含大凝器的冷凝量)与铅塔回流比相似一般为 0.25～0.30 可取大值。

(2)大冷凝器的冷凝面积

大冷凝器的冷凝面积 $F_{大冷}$

$$F_{大冷}=P_{大冷}[C_{气}+C(T_{壁}-t_{液})\times 103]/24K(t_{壁}-t_{空})$$

精馏系统的产物

精馏系统的产物精馏的主要产品是精锌，中间产物有B#锌(无镉锌)、硬锌、粗铅、高镉锌及锌渣。

精锌

一般精锌纯度可达99.99%以上，符合国家特级锌和一级锌的标准，有时由于操作条件控制不当，个别杂质含量升高。其中主要是铅、镉过程中因使用工具不当，也可能带入铁，以致于产生二级匀。是中间产品：由铅塔下延部排出的液体锌进入熔析炉得B#锌、硬锌和粗铅，由镉塔上部冷冻器出的锌，这些都是间产品，其性能及产出率分述如下：

B#锌；在铅塔生产中，铅塔下部的产物产出主为20%～35%，经熔析炉后铅塔下延部产物的为B#锌，B#锌的化学组成因粗锌杂质和熔析条件而异，其主要成分为：Zn98～96%、Pb0.8～2%、Fe0.003～0.15%、Cd<0.001%。

B#锌一般返回铅塔或专用塔，处理后产出精锌。

硬锌：锌的铁与锌结成Fe_5Zn_{21}在熔析时以针状海锦体结晶析出结晶密度介于B#锌和粗铅之间，形成糊状中间夹层，即硬锌。

硬锌产出率一般为加入锌量的0.3%～1.2%，其化学成分一般为Zn90%～95%Pb2%～3%，Fe2%～4%。

硬锌一般返回蒸馏炉或单独处理成粗锌，可用于生产锌白或锌粉。

粗铅；粗铅因密度大而沉入熔析炉底，一般粗铅含Pb94%～96%。含Zn1%～3%，沉析良好的可在98%以上。若使用的粗锌含铅较低，铅塔底部产物含铅小于1%时，则不能获得高品位的粗铅。粗铅约每月抽取一次，其产出率随粗锌含铅和熔析条件而异，约为加入粗锌料量的0.157%。此外，粗锌中含有少量的铟。在铅塔内不挥发而进行塔底产物，在精炼炉熔析过程中，几乎均匀分布于B#锌、硬锌和粗铅中，若以专用铅塔处理含铟富集到0.4%以上或更多时，这种粗铅可作为专门提取铟的原料，或送铅厂处理。

高镉锌：大部分锌蒸气经镉塔顶部冷凝器冷凝后，逸出少量锌镉蒸气，镉被富集，将此种蒸气引入密闭的小冷凝器中，而得到高镉锌，也可引入敞口的镉灰箱而得到镉灰。由于副产高镉锌具有操作方便，劳动条件较好等优点，现多采用此工艺。高镉锌的产出率及镉品位与原料含镉和塔生产强度有关，产出率一般为0.6%～2%，含镉2%～8%，使用粗锌含镉达0.5%时，产出率还相应增高。

高镉锌可回炉继续富集，使含镉达15%～20%，并可在小型镉精馏塔直接提取99.9%以上精镉。

高镉锌可根据含镉量或当作商品出售，或制成含镉的锌粉或锌板用于含镉锌液的置换，使其中的镉得以回收。

杂质在精馏产品中的分布：

根据实践，粗锌中的铅、铁、锡在铅塔精馏过程中，脱除率一般98%～99%。

精锌中的铅理论上可除至微量，但由于铅锌雾的形成和锌蒸气在铅内高速运动的影响。进入精锌的铅量为加入粗锌中铅量的0.1%～0.4%。铅在熔析过程中的走向随熔析条件和原料含铅的不同而变化，一般经熔析后，呈粗铅排出的铅约为粗锌含铅量的50%～80%，进入硬锌的铅量为5%～20%，随B#锌在塔内循环的铅为15%～30%。

粗锌中约有2.6%～3.5%的铁以机械夹带的形式进入精锌，经过熔析后约有50%～80%进入硬锌，10%～40%随B#锌在铅塔中循环，少量未熔析排出或沉积于塔底，塔底残余物含铁高达50%。

镉与砷同属低沸点元素，但在精馏过程中，镉富集在高镉锌中，脱除在99%以上，砷的脱除约42%。

塔壁工作强度主要根据原料杂质含量，生产精锌纯度及冶炼条件参与同类型精馏炉实际生产指标确定或计算得出。铅塔塔壁工作强度一般为0.9～1.23t/m^2d，镉塔塔壁工作强度一般为1.8～2.4t/m^2d，但大型塔一般增大10%～15%。

精馏炉的生产能力

精馏炉特级以塔组每日生产的精锌量表示，但也有用生产的精锌和B#锌的总量表示的。

塔龄和运转率

塔龄一般是指两次大修之间的生产时间，但精馏炉常以两次塔盘拆修之间的工作时间为塔龄。因为实际大修时间都超过10年以上，一般铅塔塔龄为18～24个月，大型铅塔应在2年以上，镉塔塔龄稍长，B#锌塔最短，约为10～12个月，但也有的工厂负载塔龄稍长。塔龄降低的主要原因是粗锌含铁过高，平均达到0.05%～0.08%，B#锌塔熔析不好，B#锌含铁达0.1%～0.15%，较一般高3～5倍，可使炭黏化硅腐蚀加快，冶炼条件控制不严，加料不稳，温度波动较大，加料量过大，塔壁工作强度过高，也使塔龄缩短。但重要的原因还有塔盘材质差，不重视塔盘质量检查，加之对筑炉质量要求不严，升温速度过快等是我国某些工厂塔龄短的基本原因。

冶金计算

(1)物料平衡

依据条件

①单塔处理量，粗锌21t/(塔·d)；

②精锌单耗锌1.024t/t；

③精锌产出率71.4286%；

④金属锌回收率99%；

⑤金属铅回收率75%；

⑥金属镉回收率75%；

⑦精锌含锌99.99%；

⑧粗锌含锌99.4%。

(2)燃烧计算

①使用理论空气量 L

$$L_{干}=(0.5H_2+0.5CO+2CH_4-O_2)/21=(0.5\times10+0.5\times28.2+2\times2.5-0.8)/21$$
$$=1.12m^3\ 空气/m^3\ 煤气$$

$$L\,0_{湿}=L0_{干}(1+0.00124g_{水干})=1.12\times(1+0.00124\times19)=1.15$$

取空气系数 $n=1.3$

$$L_{0干}=1.12\times1.3=1.46$$
$$L_{0湿}=1.15\times1.3=1.50$$

②燃烧产物的计算(Vn)

$$V\,n=V\,CO_2+V_{H_2O}+V\,n_2+V\,O_2$$

其中

$$V\,CO_2=0.01(CO+CO_2+CH_4)$$
$$=0.01(28.5+4+2.5)$$
$$=0.35m^3$$

$$V_{H_2O}=0.01(2CH_4+H_2+H_2O+0.124g\times Ln)$$
$$=0.01(2\times2.5+10+4+0.124\times19\times1.5)$$
$$=0.23m^3$$

$$Vn_2=(N_2+79\times L0_{湿})\%$$
$$=(50.2+79\times1.5)\%$$
$$=1.69m^3$$

$$V_{O_2}=0.21\times(1.3-1)\times1.12=0.07m^3$$

$$Vn=0.35+0.23+1.69+0.07=2.34m^3\ 烟气/m^3\ 煤气$$

③燃烧产物成分体积百分含量

成分：　CO_2　　H_2O　　N_2　　O_2

Vi/Vn %	14.96	9.83	72.22	2.99

④燃烧产物的密度 Ro

$$Ro=(44CO_2+18H_2O+28N_2+32O_2)/22.4\times100$$
$$=(44\times14.9+18\times9.83+28\times72.22+32\times2.99)/2240$$
$$=1.32kg/m^3$$

⑤燃烧温度的计算

$$T_{烟理}=(Q_{低用}+Q_{煤气}+Q_{空气})/Vn$$
$$=(5563.58+816.354+1382.1588)/2.34$$
$$=3317.1337kJ/m^3$$
$$V\,l=(L_n-L_o)/Vn=(1.5-1.12)/2.34=16\%$$

完全满足燃烧 1000～1300 的要求

(3)各种塔炉的热平衡计算

①热收入 $Q_{收}$

煤气燃烧热：$Q_{燃}=563.58kJ/H$

空气预热后带入热：

$$Q_{空}=1.5B\times1.39612\times660=1382.1588BkJ/h$$

煤气预热后带入热

$$Q_{煤}=620\times1.32506B=821.5372B$$
$$Q_{收}=Q_{燃}+Q_{空}+Q_{煤}$$
$$=5563.58B+1382.1588B+821.5372B$$
$$=7767.2768kJ/h$$

②热支出 $Q_{支}$

传入塔内热：

$$Q_{支}=1489.8022kJ/kg\times21000/24$$
$$=1303576.925kJ/h$$

烟气带走热 $Q_{烟}=234B\times1.57168\times660=2435.21B$

设 3%煤气未燃烧机械损失热 $Q_{机}$

$$Q_{机}=0.03B\times5563.58=166.91B$$

炉墙散热 $Q_{墙}$

$$Q_{墙}=Q_{燃烧}+Q_{换墙}$$
$$=265016.18+162443.16=427459.34kJ/h$$

其他热损失 $Q_{其}$(设 5%的煤气燃烧为其他损失)

$$Q_{其}=5563.58*0.005B=278.179kJ/h$$

其他热损失 $Q_{其}$(设 5%的煤气燃烧为其他热损失)

$$Q_{支}=Q_{放}+Q_{热}+Q_{化}+Q_{机}+Q_{墙}+Q_{其}$$
$$=1303576.925+2435.21B+166.91B+427459.34+278.179B$$
$$=1731036.265+3161.997B$$

③求煤气耗量

根据 $Q_{吸}=Q_{放}$

$$7767.276\,B=17310.36/3161.997B=1731036.265/3161.997$$
$$B=1731036.265/4605.279=375.88085m^3/h$$

各项热量的计算：

$$Q_{燃}=5563.58\times468.4588=2606308.413kJ/h$$

$$Q_{空}=1382.16\times468.4588=64748.48kJ/h$$

$$Q_{煤}=821.537\times468.4588=38485634kJ/h$$

$$Q_{烟}=2435.21\times468.4588=1145795.6kJ/h$$

$$Q_{化}=281.698\times468.4588=131963.91kJ/h$$

$$Q_{机}=166.91\times468.4588=78190.455kJ/h$$

$$Q_{其}=278.179\times468.4588=131315.41kJ/h$$

（注：生产管理、培训指导、工艺改进及创新等未涉及的内容请参阅铜、镍、铅、锡冶炼高级技师部分）

第46章　锡冶炼高级技师

46.1　焙烧

46.1.1　作业过程

焙烧技术疑难案例

在锡精矿的焙烧过程中偶尔会遇到下列的特殊问题：

(1)锡精矿粒度大，甚至有部分粒径达到3mm～5mm的极粗精矿，这种精矿在沸腾炉焙烧，出现沸腾困难，部分粗粒度精矿累积在风帽表面，形成局部沉积，或出现风帽表层吹黑息火现象，整个沸腾层温度偏低且不稳定，炉料焙砂不透，焙砂含As、S高，此类精矿的沸腾炉焙烧，如果有部分粒度达到5mm以上，必须先进行过筛分级，筛上物必须经过粉碎后，再与筛下物精矿一起进炉焙烧。焙烧时，适当加大鼓风强度，使炉料沸腾良好，才能确保焙砂的质量。

(2)锡精矿粒度细，－200目占30%～40%，此类锡精矿在沸腾炉焙烧，人员出现炉顶温度偏高，返尘量大，沸腾层温度偏低，焙烧含As、S也偏高，烟道烟尘和布袋烟尘含Sn偏高，达到3%～6%，导致直收率和回收率降低，处理此类锡精矿应采取的应对措施，是适当降低鼓风强度，保持相对比较小的炉床能力，就可以克服上述问题。

46.1.2　检修炉窑

46.1.2.1　拟订炉窑中、大修方案

拟订炉窑中、大修方案的方法：

锡沸腾炉的寿命比较长，中修一般在10年才进行一次，中修是指对炉顶、炉身的钢板外壳被含二氧化硫烟气腐蚀后的局部更换或焊补。最先被腐蚀的是炉顶的钢壳，炉顶钢壳的更换，首先要加固炉顶拱脚外周围起加强箍作用的钢板，再对炉顶钢块进行更换或直接在原来的钢壳外加焊一层钢板；炉身的钢壳更换，要视某个具体部位的腐蚀程度进行分阶段局部更换钢板。

沸腾炉的大修是指对炉体从沸腾层炉顶的耐火砖进行重新构筑砌炉。大修工作量大，但沸腾炉的大修寿命周期很长。来宾冶炼厂的锡沸腾炉从1989年投产到2004年，仍不需要大修。沸腾炉是否需要大修主要看炉内的耐火材料的损坏情况和钢外壳的损坏情况而定。

46.1.2.2　指导炉窑维修

(1)冶金炉窑施工管理知识

①施工准备工作

a. 耐火材料的验收和准备

锡精矿焙烧沸腾炉所使用的耐火材料有硅质黏土砖、硅藻土轻质保温砖、岩棉或硅酸铝纤维毡、水玻璃、硅藻土耐火泥、白垩土胶泥。根据沸腾炉的设计图纸要求，炉的各个结构部分采用不同的耐火材料和不同规格的耐火砖。砌炉前，首先根据图纸对各种耐火材料和钢制材料的种类、材质、规格、数量进行备料和验收。

b. 工器具的准备

准备好炉顶拱胎模板，按图纸要求，使用木料制作好炉顶拱胎备用。

准备好砌炉身的脚手架和操作台的钢管、方木横梁或竹制模板、运送耐火材料的起重设备和吊盘、吊篮等工具，

准备好混合不定形耐火材料的搅拌机、浆盘、浆桶、铁铲等。

准备好修砖和切割耐火砖的金刚石锯机。

准备好砌炉的砌刀、手锤、线锤、短钢钎。

(2)沸腾炉的砌筑

沸腾炉在砌筑耐火材料前，首先将炉身的钢制风箱、钢壳和风帽花板制作安装到位。安装好风帽，然后根据图纸要求和砌炉的工艺要求，首先从炉身开始到炉顶、风帽区捣固的顺序进行砌筑。

(3)施工安全

①施工中的安全技术

a. 高空作业

·施工人员应事先经过身体检查，患有高血压、心脏病、癫痫病和其他不适应高空作业病症者不得从事高空作业。

·所使用的悬吊设备和起重工具，经过两倍静负荷试验后才能使用。

·在3米以上高空作业，又无完整的发挥设施时，施工人员必须戴安全带。安全带应挂在牢固的地方。

·高空作业运输材料时，应遵守所使用运输机械的安全固定。所有材料均应放置牢固，严禁向下投扔物体。

·高空作业应有足够的照明和完善的登高设施。当施工人员需要乘坐提升设备升降时，该设备必须安装有可靠的并经过验证的安全装置(行程限位器和保险卡等)。

·操作人员的衣袖和裤脚必须扎紧。所用工具应装在工具袋或其他容器内，新型工具可用线索系在操作人员身上或脚手架上。

·高空作业附近有正在作业的炉窑或烟囱时，应采取防止烟气中毒措施。操作中必须随时注意风向。

b. 炉顶的砌筑

拱脚层砌筑前，必须严格检查拱脚梁及其他金属结构的安装质量。检查合格后才能砌筑。拱脚砖后面不得砌筑强度低的隔热耐火砖。

采用金属卡钩砌筑球形拱顶时，每砌5～6块砖用一个卡钩。随着砌体的上升，卡钩数也随之增加。砌体砌至相应高度后，每环砌体必须合门后才能拆除卡钩。最后一段砌体砌筑时，每块砖一个卡钩，并应一环一环砌筑。下环合门后，才可砌上环。

②筑炉工安全技术操作规程

a. 施工前，筑炉工必须接受管道的安全教育，并熟悉与掌握有关的安全操作规程，否则不得参与施工。

b. 砌筑前，应详细检查作业点、施工机械、脚手架、砌筑工具等是否符合安全施工的要求，确认无误后方可进行作业。凡进入施工现场的人员均应戴安全帽。

c. 砌筑时，不宜在墙上行走。沿着所砌筑的墙一般应留有宽度在0.5m以上的通道。在砌筑、运输和加工操作时，应随时注意不要打(砸)伤手脚。

d. 利用吊盘砌筑时，施工前应详细检查吊盘的安装情况。吊盘经负荷试验后，才能使用。

e. 当采用砖筐(板)集装时，应注意：砖板上的砖堆放稳固，避免运输中散落；吊运时，两侧宜迟疑夹具；在炉内吊运时，上下联系准确，防止坠落。

f. 参加高空作业的人员必须经过身体检查。施工时，应严格遵守高空作业的安全规定。

g. 当操作和使用各种施工机械时，应遵守该机械的安全操作规程。施工机械应有专人操作。

h. 在炉壳内施工时，使用的照明电压不得超过36V；特别潮湿的地方，不得超过12V。

i. 筑炉工程的各个施工场所，应有完善的防尘设施。在粉尘比较集中的地点，操作人员应戴足够的防护用品。

j. 拆修沸腾炉时，要自上而下分段进行，严禁集中拆除。同时应随时拆除随时运走。

k. 凡与有腐蚀作用的化学物品和有毒材料接触时，应接受有关的安全教育，并遵守专门的安全规程。

46.1.3 成本核算

46.1.3.1 成本管理的知识

影响沸腾炉生产单位成本的因素主要是固定成本的大小，为了在总体上控制生产成本，必须确保原料供应，使沸腾炉能满负荷运转，降低焙砂的单位固定成本含量；其次在可变成本的控制上，尽可能使入炉精矿含水分低些，注意根据不同来源和批次精矿的含硫量高低合理搭配配料，尽可能减少配料煤的消耗。加强设备的维护，减少设备的维修成本。同时，加强锡金属物料的管理，减少跑、冒、漏，提高锡金属回收率。从多方面下工夫努力控制成本。

46.1.4 质量管理

46.1.4.1 质量改进

开展质量改进的要求：

锡精矿的沸腾炉焙烧，是为还原熔炼提供含 As、S、Sb 等杂质尽可能低的焙砂。沸腾炉焙烧的质量改进，应围绕如何在确保焙砂质量的前提下，提高炉床能力，提高金属回收率，围绕降低能耗和各种辅助材料的消耗，减少设备故障，降低生产成本等课题开展质量改进活动。

46.1.4.2 质量管理

质量管理体系运行的知识：

质量管理体系在锡沸腾炉的运行，要求指定《配料岗位技术操作规程》、《锡沸腾炉岗位技术操作规程》、《锡精矿配料比计算规程》、《烟道堵塞、炉床局部沉积、炉料黏结的处理规定》、《原辅材料、中间品、产成品质量控制标准》和相关的岗位设备操作规程、安全技术操作规程等质量体系文件，以指导沸腾炉锡精矿焙烧作业，使锡精矿焙烧作业的全过程处于可控制的状态，确保过程在安全、稳定的状态下运行，达到焙砂质量的稳定和逐步的提高，根据 ISO9000：2000 质量体系标准的要求，要求对锡精矿的沸腾炉焙烧的各个过程的运行进行必要的质量记录，以对质量产生过程形成记录并具有可追溯性，对过程出现的质量偏差或波动采取措施进行纠正和预防，并在规定的时间段内实现对质量体系在锡精矿沸腾炉焙烧的运行进行内部审核和认证监督审核。

46.2 电炉

46.2.1 开炉准备

开炉前应认真做好下列准备工作：

(1)炉膛内和烟道要彻底清扫干净，做到无碎砖、尘土及其杂物遗留在内。

(2)检查炉子及烟道是否有异常现象。

(3)检查炉子电极升降是否灵活，其螺母是否紧固。

(4)对生产所用的各种机电设备进行单体试运转和调整，待检测各机电设备符合技术要求后，方可允许开炉。

(5)检查炉门、闸板、阀门等严密性以及启闭时的灵活性，检查各管道系统是否严密。对冷却系统的构件进行试压，检查循环水的供给是否正常。

(6)对热工控制仪表进行检查，如有缺陷，则应予以消除，才能正式开炉。

(7)根据电炉的生产要求备足烘炉、生产所需的各种物料。如烘炉所需的焦炭、干柴、点火所需的柴油等。

46.2.2 烘炉操作

通过烘炉,可以对反射炉的供热、空气物质循环,水冷系统、传动装置以及反射炉工作温度进行一次考验,以便满足生产要求。同时,通过烘炉,又可以对炉子的制造或修理进行一次最现实的检查。

46.2.2.1 烘炉曲线

烘炉时必须遵守的升温速度、保温时间以及用时间温度来表示的图表,称为烘炉曲线。

烘炉的3个阶段:

(1)水分排出:温度从常温至200℃将泥浆的水分以及砌体内部分潮气的排出期,这个时期必须打开炉门。同时在200℃时要保温较长时间,以保证水分的充分排出。

(2)砌体膨胀期:从200℃～600℃期间,是砌体开始膨胀变形期,这时应注意缓慢升温。如果升温过快,往往容易因砌体急剧膨胀而产生裂纹、损坏,特别是硅砖或铬镁砖,则膨胀更为严重。在此期间更应注意升温速度,一般升温速度不超过50℃/h。

(3)保温期:在600℃以上可随反射炉工作温度而确定升温速度的保温时间,每升高100℃～200℃,应适当保温一段时间,过急往往容易损坏砌体。

46.2.2.2 影响烘炉曲线的因素

(1)烘炉时间的长短与电炉的大小、耐火材料性能、修炉季节及施工方法等有关,如厚度大的砌体所需时间比厚度小的砌体长;硅砖砌体所需时间比黏土砖砌体长;冬季施工的砌体比夏季施工的砌体长(长10%～20%);镁铁烧结炉底比铝铬砖砌炉底长。总之,炉子越大烘炉时间越长,但最小的炉子,烘炉时间应大于20小时为宜。

(2)烘炉升温速度主要取决于砌体的热膨胀情况,如一般耐火黏土砖、高铝砖砌体可按25℃/h～50℃/h的升温速度升温,耐火混凝土的砌体可按10℃/h～20℃/h的速度升温。

(3)烘炉的保温温度和保温时间,主要取决于砌体水分(游离水和结晶水)的排出和砖的晶体转化的胀缩情况。

46.2.2.3 烘炉过程

烘炉时要先烘烟道,后烘反射炉膛,要严格按烘炉曲线进行,应注意保证炉膛内温度均匀上升与分布。在烘炉过程中应及时以热工仪表测定各部位的实际温度,详细记录并绘制实际的烘炉曲线。一般烘炉操作步骤为:

(1)接通知烘炉后,与相关工序联系,要求做好烘炉准备,并将有关工作门打开。

(2)从炉门进入炉内先将炉底和炉墙炭黏砖部分抹上一层耐火泥浆,防止高温氧化。

(3)从炉门将干柴放入炉膛内,再在干柴表面洒一部分燃油,并用长火把将干柴点燃烘炉。

(4)当柴火烘炉完毕后,将电极架打扫干净,吊装好电极,用专用炉咀工具封好炉咀,关好炉门。一切工作准备就绪后,通知供电车间送电。

(5)向电炉炉底平铺一层粒度为20mm～50mm、厚度为300mm～400mm的焦炭层,三根电极下稍多,然后起弧烘炉。

(6)烘炉时要经常观察炉内焦炭燃烧情况,发现焦炭太少,要及时从炉门补加,最后几个班可以少加,让炉内焦炭燃烧完。

(7)烘炉过程中,要保持三相有弧,发现无弧要及时检查处理。

(8)严格按升温曲线升温,起弧烘炉要防止明弧烘炉。烘炉完毕后封炉门准备投料熔炼。

(9)烘炉之后投入富渣和少量石灰石作洗炉料,以提高炉底温度。当炉温升到要求温度后,就可投入经过配料的锡精矿进行熔炼。

46.2.3 锡电炉还原熔炼

46.2.3.1 进料和布料操作的基本知识

(1)配料:还原煤的配入主要由两个因素决定:一是保证烟尘中的 SnO_2 能得到彻底的还原,达到渣含锡低,直收率高的目的;二是调节好还原煤,保证电流稳定,电极在熔炼过程中稳定的插入渣层内,最大限度提高热效率。烟尘炼前配入的还原煤主要是无烟粉煤,通常采用反应式:$2SnO_2+3C=2Sn+2CO+CO_2$ 来计算得出炭黏理论量的 98.5%～99.2%即为配入量,这主要是考虑到炭黏素电极材料消耗过程中可以起到部分还原剂作用。

石灰粉的配入主要由两个因素决定:一是改善渣的流动性,降低渣含锡,调节渣的硅酸度,降低炉料熔点;二是起到凝结剂的作用,使烟尘制粒成球率高、不易松散。根据生产实践经验一般按 5%配入石灰粉。

(2) 进料:进料作业包括称料、混料、运输、进料等过程。按照规定的配料比将物料准确地称量均匀混合后,用皮带运输机或其他机械送至炉顶料仓以备加料。物料称量力求准确,特别是熔剂的称量误差不大于 1%。配料对锡电炉来说是一项非常重要的工作,它影响冶炼过程的各项技术、经济指标。电炉熔炼为多次进料一次放锡、放渣操作,每次进料前必须先将电极断电,然后打开一个加料口,加完本口料后关好口,再打开下一个加料口加料。加时注意防止炉内喷火伤人。电炉布料一般要求入炉物料在炉内均匀分布。电炉投料采用分批投入方式,每炉熔炼周期为 24 小时,炉料量为 15t～20t,第一次投入总料量的 25%。(如果炉内渣量少,电流不稳定,宜搭配 1t～1.5t 混富渣投入,增加炉内渣量,改善炉料导电性)。隔 3.5～4 小时后投入第二批炉料,以后视熔炼实际情况(大约间隔 1.5～2 小时一次)投料。每炉分 7～8 批投入,要求在 14～16 小时内投完全部炉料。

46.2.3.2 还原熔炼操作

进料完毕后,将电极通电进行熔炼,电炉投入炉料熔炼过程中,供给炉料所需的热量是靠电极与熔渣接触处产生的电弧和电流通过炉料和炉渣产生的热能。对电炉而言,采用高电压,由于输出的电能大,可以达到迅速提高炉温,强化熔体的目的;采用低电压,对物料的适应性强,且不易造成明弧操作,可延长炉体砖砌体及炉顶盖的使用寿命。实践操作中,操作工根据投料后炉内炉料熔化情况来选择与熔炼相适应的配电操作:第一次投料后,因炉内渣量少,电极放下较深,接近炉底产生电弧,且电流不稳定,此时应采用低电压低电流操作(必要时投入适量混富渣),待熔炼产生一定量的炉渣和锡后,可以采用高电压高电流强化熔炼。最后一次投料后,此时炉内物料已基本熔化,熔体液面高,电流高且稳定,为防止炉温过高、炉渣过热,宜采用低电压操作。所以,熔炼过程中要注意按要求调节好炉内电流,确保熔炼炉底温度,防止结底和过流,如某厂电炉投料操作过程及配电制度如表 46－1 所示:

表 46－1 某厂电炉投料操作过程及配电制度

投料次数	间隔时间(h)	投料量(t)	投料前		投料后	
			电压(V)	电流(A)	电压(V)	电流(A)
1	—	4～5	98	4500	130	4600
2	3.5～4	1.8～2.2	130	5000	130	4700
3	1.5～2	1.8～2.2	130	5500	130	5000
4	1.5～2	1.8～2.2	150	4800	150	4500
5	1.5～2	1.8～2.2	130	5500	170	4000
6	1.5～2	1.8～2.2	130	5000	150	4700
7	1.5～2	1.8～2.2	130	5100	110	4600
8	1.5～2	1.8～2.2	110	5600	98	5200

表 46－2　来宾冶炼厂 1250KVA 电炉电流技术

一次电压(V)	二次电流(A)
64	≤6561
75	≤6561
87	≤6561
98	≤6561
110	≤6561
130	≤5552
150	≤4812
170	≤4245

46.2.3.3　放锡放渣操作

放锡放渣前的准备工作：

(1)确认物料已还原好，工作场地周围无安全隐患。

(2)准备好放锡放渣时所需的工器具(如氧气、氧管、钢钎、大锤、炉嘴钎、铁铲、锡瓢、漏瓢等)，并摆放到位。

(3)检查放锡放渣槽、大小前床、渣包、锡包、锡桶是否干燥、干净、畅通无杂物。

(4)准备好堵炉嘴黄泥、玻璃水等放炉材料。

放锡放渣：

放锡时先用铁锤将炉嘴钎轻轻的向内后，用吹氧管将放锡口烧穿，放出锡渣。烧放锡口时用铲子将放锡口遮住以防锡、铁渣飞溅伤人。粗锡放出时呈暗红色，放入大前床内。当锡口附近的锡流表面出现颜色发白的熔体时说明放锡工作完毕，开始改道进行放渣工作。炉渣放入渣槽内。放完锡渣后将炉嘴清理干净，然后用炉嘴泥重新堵住，再打入一根炉嘴钎封好炉嘴，将电极插到炉底，通电。先将炉底温度升起，当炉底温度达到要求后，便进入下一炉投料熔炼工作。

炉渣放完后将锡窝的渣用耙子推出，当粗锡温度降至 800℃左右，便将表面硬头捞出，然后又向粗锡表面加入一定量的降温煤，反复搅动，将粗锡温度降至 600℃左右，捞出表浮渣乙锡。然后再次向粗锡表面加入一定量的降温煤，反复搅动，将粗锡温度降至 350℃～400℃左右，再次捞出表浮渣乙锡。此时前床内剩下便是甲锡，通知取样工取样，然后将甲锡放入锡包倒入锡桶铸亿大锭或直接送精炼车间精炼。在加煤降温捞乙锡过程中要注意煤颗粒要适当，加入要均匀，搅动要迅速，使降温煤充分均匀与粗锡接触。工作完毕后搞好场地卫生，填写料单并作好交班记录。

46.2.3.4　主要产品

(1)粗锡

粗锡是电射炉熔炼的主要产物，其产量取决于精矿品位和直接回收率的高低。粗锡的品位除与上述因素有关外，还与精矿是否经过炼前处理有关。高品位精矿，又经过炼前处理脱除杂质，熔炼后所产出的粗锡纯度可达到 95%以上。电炉熔炼时铁、铅，铜，砷等化合物被还原成金属进入粗锡。所以精矿品位高、有害杂质少，所产出的粗锡品位就高，直收率也高；反之，粗锡的品位就低。

在我国，炼锡厂常根据含铁量不同将还原熔炼的粗金属分成硬头、乙锡和甲锡。

(2)炉渣

锡电炉还原熔炼产出的炉渣含锡波动于 0.6%～3%之间。由于电炉熔炼炉渣含锡低，渣量少，一般将电炉渣进行烟化回收。

(3)烟尘

电炉产出的烟尘一般含锡 20%～30%，含锌也比较高(有部分厂高达 30%)。为了回收锌，先将电炉烟尘浸出，制硫酸锌，再将其渣返回电炉或反射炉处理。

停炉操作：

(1)放完炉内熔渣后即可切断电极电源，封好炉咀，将放锡溜槽、前床等清理干净。

(2)将电极提升，但电极水套水不停，待电炉冷却后方可停水，通知供电车间切断变压器电源及布袋收尘室停止抽风。

突然停电操作：

(1)若停电超过 2 小时，或不知停电时间长短时，须将电极提升在炉料面上。

(2)若临时停电不超过 2 小时，可不提升电极。

交接班：

(1)原始记录的填写要求：正常作业需要记录的参数有每次时料各相电压、电流、炉膛温度、炉内负压、进料时间、进料量。每班进料量，每炉产出物料量每班(24 小时)记录一次等。

(2)交接班时，当值人员应向接班人员确认各设备的完好情况、开停机情况、炉况、工器具交接、安全设施完好情况、原料准备情况等。

46.2.4 故障处理

一般炉况异常情况及处理方法如下

(1)炉料的导电性差，电流小和炉温低。如遇到这种情况可添加高铁质炉渣或熔析渣，改善其导电性能。加入量为炉料量的 10%～20%。

(2)炉渣酸度高，黏度大，炉内产生的大量气体不能顺利排出，造成炉渣结壳。出现这种情况可加入石灰石以降低炉渣的熔点和黏度，改善流动性。石灰石加入量为渣量的 5%左右。或加入一定量的助熔剂苏打，短时间埋弧熔炼，并停止进料，待炉况正常并调整好炉料配比后才能进料。

(3)当炉渣含 WO_3 高时不易放出，可在熔炼后期加入 3%左右的苏打，以降低渣的熔点和黏度。

(4)若熔池表面温度过高(高于 1250℃)，电流波动大。主要原因是炉料中还原煤配比过大，熔池表面的煤层过厚，电极插入渣层过浅，电极附近没有还原剂的环形区不能形成，加之导电性不好，致使电流通过煤层起弧，进而是电流波动大，炉渣温度下降，甚至造成短路事故。出现这种情况时，应立即加入一部分不配还原煤的原料，转用低电压，高电流操作，及时调整好炉料中还原煤的配比，均匀搅拌炉料。

(5)若是负荷不稳定，功率过低，熔池变冷。主要是由于还原煤配比过小，炉渣表面不能形成一层均匀的还原剂层，还原作用下降。同时由于电极的炉底作用，使电负荷不稳定，电流无法上升到给定数值，功率降低，熔池变冷。此时应补加还原煤，并调整炉料配比。

46.2.5 安全注意事项

(1)操作工进入生产工作现场，要按规定要求穿戴好劳动保护用品。

(2)生产工作过程中使用的工具器要按头尾顺序整齐放置在指定地点。

(3)与高温炉渣、锡液接触的钢钎、扒具等不能沾水，以免发生爆炸伤人。

(4)放炉吹氧前，必须用挡板等专用工具挡好炉嘴，用炉渣、粉料盖好，并有 2 人以上负责挡火，吹氧管人不能正对炉嘴，要侧身操作，以免喷火伤人。

(5)放炉吹氧时，要有专人掌握氧气的开关，要慢慢开启氧气瓶开关阀，不可突然开启，并根据需要调节好氧气量的大小。

(6)开炉生产过程中，进行与电极架接触的工作时(如投料、吊电极)，必须切断电极架电源。

(7)投料时，操作工不能正对下料口，以免喷火伤人。

(8)熔炼过程中，发现电极架打火花时，要及时切断电极电源，并进行检查。

(9)合上电极架电源时，一定要注意观察电极架周边无人时，才能按下合闸按钮。

(10)升、降电极架时，必须有专人操作，不可中途离开，并注意观察电极是否黏结电极孔，以免损

坏炉顶盖。

(11)操作过程中,要合闸电极架电源时,要等跳闸指示灯亮后,才能按下合闸按钮。

(12)操作台在合闸的情况下,严禁切断、合上隔离开关,以免发生触电事故。

(13)下雨、潮湿的天气,一定要关闭真空开关房的窗口,以免发生漏电情况。

(14)在炉温较高的情况下打开炉门,要先打开水冷人字管盖板。

46.2.6 质量管理

46.2.6.1 电炉产出物料质量要求

锡精矿沸腾炉焙烧产出的焙砂,一般情况要求粗锡含铁≤2.5%,当连续4炉超出要求,说明产品出现了异常的质量波动,过程存在系统性导致产品质量不稳定的因素。

46.2.6.2 质量控制

质量管理活动的要求:

电炉还原熔炼的质量管理,首先要求确保配料—反射炉系统各设备和硬件设施的完好性,以达到对系统过程的调节和控制,保持电炉作业的各个运行系统的特征参数形成完整的原始记录。粗锡含铁的异常与波动的跟踪和分析,采取必要的纠正和预防措施,最终实现对粗锡含铁的稳定和确保反射炉作业的金属回收率。

46.2.7 锡电炉筑炉、修炉时要注意做四个方面工作

46.2.7.1 筑炉、修炉前的准备工作

(1)认真钻研图纸,熟悉炉窑的各个部位、技术要求并制定相应的筑炉方法。

(2)落实筑炉所用材料是否到位、齐全及合格。

(3)检查筑炉所用设备、工具是否完好、齐全,对一些专用的模具需预先制作。

(4)筑炉工进现场筑炉前,应检查炉子打炉情况,对不便于筑炉的部位及时要求相关人员整改,直至炉窑完全符合筑炉要求。

46.2.7.2 耐火泥浆调制的一般规定

(1)砌筑工业炉前,应根据砌体类别,通过试验确定泥浆的稠度和加水量,同时检查泥浆的砌筑性能(黏结时间)是否能满足砌筑要求。泥浆的黏结时间视耐火制品外形尺寸大小而定。

(2)不同类泥浆的稠度应根据砌体类别选定。

(3)调制泥浆一般应采用洁净的工业用水,不得使用含有害杂质或有油污等的水。

(4)调制泥浆时,必须称量准确、搅拌均匀。不应在调制好的泥浆内任意加水或结合剂。

(5)掺有水泥、水玻璃或卤水的泥浆,不应在砌筑前过早调制。已初凝的泥浆,不得使用。

(6)磷酸或磷酸盐泥浆所用的原材料及其配合比,应符合有关规定。

(7)不同品种、牌号的泥浆不得混用、错用。当天搅拌的泥浆,以当天用完为宜。

46.2.7.3 砌砖的一般规定

(1)砌砖前,应根据炉子中心和标高检查砌体的各部尺寸和相关标高。

(2)砌体应错缝砌筑,砌体砖缝内泥浆应饱满,表面应勾缝。干砌时,除设计规定外,一般应以干耐火粉填满。

(3)不得在砌体上砍凿砖。砌砖时,应用木槌或橡胶垫锤找正。泥浆干固后,不得敲打砌体。

(4)砖的加工面不宜朝向炉膛或炉子通道内表面或膨胀缝。

(5)砌砖中断或返工拆砖时,应作成阶梯形的斜茬。

(6)耐火砌体的加工砖,不得使用加工成宽度小于1/2的砖或厚度小于2/3的砖。

(7)组合砖应按其组装的内径、尺寸和标高进行"对号入座"砌筑。

(8)烟道与烟囱或其他建筑物间设有膨胀缝时,才允许砌筑烟道。沉降缝应防止透气和渗水。

(9)地下烟道的拱顶,只有在墙外回填土后,才可打入锁砖。

(10)耐火砌体和隔热砌体,从施工到投入生产的过程中,应预防受湿。

46.2.7.4 磷酸盐耐火浇注料的搅拌要求

(1)搅拌时,先将成品料粗细混合均匀,然后慢慢加入按规定浓度事先配制好的磷酸溶液需用量的2/3,搅拌1～2分钟。

(2)拌匀的磷酸浇注料需困料16～24小时,以利气体排出。

(3)磷酸浇注料常温强度很低,因此,浇注前应加入2%～3%的高铝水泥作促凝剂,并将余下1/3磷酸溶液加入,并搅拌均匀。

(4)已拌好的磷酸浇注料不得任意加水。

46.2.8 设备维修和保养

锡反射炉熔炼主要设备除反射炉本身外还有皮带运输机、离心风机、螺旋给料机等设备。

46.2.8.1 皮带运输机

皮带运输机开机前要做到"六查一加"准备工作。六查是指:一查橡胶带有无刮破,接头是否完好;二查机器是否正常,减速机油位是否符合标准;三查各部辊筒有无损坏;四查各部漏斗有无卡塞或损坏;五查有无杂物阻碍皮带机运转;六查紧急事故停机开关是否正常;一加是向各加油点加油润滑。皮带运输机接到开机信号后,先开动皮带运输机(若有跑偏现象,应先调正),然后慢慢投料。皮带运输机正常停机时,先停给料装置,待物料卸完,再停皮带运输机,并拉下电源开关。皮带运输机在运行中要注意以下四点:

(1)严格执行安全技术操作规程。

(2)注意皮带接头有无被拉破和橡胶带有无刮破现象。

(3)注意观察各部位运转和有无异响,电机及轴承升温不许超过60℃。

(4)发现异常情况必须紧急停车(如接头松脱、皮带刮破、下料斗被堵或发生安全事故等)。

46.2.8.2 离心风机

离心风机开机的准备工作为:

(1)检查各部位的紧固件是否处于紧固状态,各部件是否齐全;

(2)润滑油质量是否合格,润滑油是否达到规定油线;

(3)用手转动工作轮(皮带轮或靠背轮),观察是否灵活,有无张紧或摩擦现象;

(4)三相电源是否平衡,电压是否在工作范围,若有异常,立即通知电工检修。

离心风机接到开机指令后,在启动前先将进风门关闭,出风门稍开,使风机保持空载启动状态。然后启动风机,观察无异常后,把风门全开,调到需要位置,进入正常运转状态。停机时先将进、出闸门关闭,然后停机。离心风机运行中注意事项有:

(1)启动风机要注意观察电流是否在规定电流值范围内,并注意风机的响声和振动情况。

(2)定时检查电机、轴承温度。一般不得超过70℃。

(3)运行中做好运行记录,发现问题及时处理或向领导反映。

(4)若有备用机,其叶阀每班至少开合两次(开完合完)。

(5)保持清洁环境,每班要擦拭机身。

46.3 反射炉高级技师

46.3.1 开炉

反射炉砌成后,在投产前必须进行烘炉。烘炉是按照预定的烘炉曲线进行的,其目的是排除砌体

中的水分，并使砖的转化完全，避免产生开裂和剥落现象，而影响反射炉炉衬的使用寿命。

通过烘炉，可以对反射炉的供热、空气物质循环、水冷系统、传动装置以及反射炉工作温度进行一次考验，以便满足生要求。同时，通过烘炉又可以对炉子的制造或修理进行一次最现实的检查。

46.3.1.1 烘炉曲线

烘炉时必须遵守的升温速度、保温时间以及用时间温度来表示的图表，称为烘炉曲线。

46.3.1.2 烘炉的3个阶段

(1)水分排出温度从常温至200℃将泥浆的水分以及砌体内部分潮气的排出期，这个时期必须打开炉门。同时在200℃时要保温较长时间，以保证水分的充分排出。

(2)砌体膨胀期从200℃～600℃期间，是砌体开始膨胀变形期，这时应注意缓慢升温。如果升温过快，往往容易因砌体急剧膨胀而产生裂纹、损坏，特别是硅砖或铬镁砖，则膨胀更为严重。在此期间更应注意升温速度，一般升温速度不超过50℃/h。

(3)保温期在600℃以上可随反射炉工作温度而确定升温速度的保温时间，每升高100℃～200℃，应适当保温一段时间，过急往往容易损坏砌体。

46.3.1.3 影响烘炉曲线的因素

(1)烘炉时间的长短与反射炉的大小、耐火材料性能、修炉季节及施工方法等有关，如厚度大的砌体所需时间比厚度小的砌体长；硅砖砌体所需时间比黏土砖砌体长；冬季施工的砌体比夏季施工的砌体长(长10%～20%)；镁铁烧结炉底比铝铬砖砌炉底长。总之，炉子越大烘炉时间越长，但最小的炉子，烘炉时间应大于20小时为宜。

(2)烘炉升温速度主要取决于砌体的热膨胀情况，如一般耐火黏土砖、高铝砖砌体可按25℃/h～50℃/h的升温速度升温，耐火混凝土的砌体可按10℃/h～20℃/h的速度升温。

(3)烘炉的保温温度和保温时间，主要取决开砌体水分(游离水和结晶水)的排出和砖的晶体转化的胀缩情况。

46.3.1.4 开炉前的准备

开炉前应认真做好下列准备工作：

(1)炉膛内和烟道要彻底清扫干净，做到无碎砖、尘土及其杂物遗留在内。

(2)检查炉子及烟道是否有异常现象。

(3)检查炉子骨架上的所有纵、横拉杆是否焊牢，其螺母是否紧固。

(4)对生产所用的各种机电设备进行单体试运转和调整，待检测各机电设备符合技术要求后，方可允许开炉。

(5)检查炉门、闸板、阀门等严密性以及启闭时的灵活性，检查各管道系统是否严密。对冷却系统的构件进行试压，检查循环水的供给是否正常。

(6)对热工控制仪表进行检查，如有缺陷，则应予以消除，才能正式开炉。

(7)根据反射炉的生产要求备足烘炉、生产所需的各种物料。如烘炉所需的干柴、点火所需的柴油等。

(8)根据反射炉所用耐火材料的种类，炉底、炉墙、炉顶的厚度结构等具体情况，制订烘炉升温曲线、烘炉操作规程以及注意事项。

46.3.1.5 烘炉操作

烘炉时要先烘烟道，后烘反射炉膛，要严格按烘炉曲线进行，应注意保证炉膛内温度均匀上升与分布。在烘炉过程中应及时以热工仪表测定各部位的实际温度，详细记录并绘制实际的烘炉曲线。一般烘炉操作步骤为：

(1)接通知烘炉后，与相关工序联系，要求做好烘炉准备，并将有关工作门打开。

(2)从炉门将干柴放入炉膛内，再在干柴表面洒一部分燃油，并用长火把将干柴点燃烘炉。

(3)柴火烘炉按要求完成后转入粉煤(燃油、煤气)烘炉,点粉煤(燃油、煤气)前,首先确认各设备完好,燃料充足,然后与相关工序联系,确认准备好后,关好工作门,便可按粉煤(燃油、煤气)安全技术操作规程点燃粉煤(燃油、煤气)。点粉煤要先将柴火烧至最旺,然后启动一次风,加入粉煤。

(4)待粉煤(燃油、煤气)点燃后,调节好风量、煤量(燃油、煤气),并使炉膛内保持微负压。

(5)严格按升温曲线升温,粉煤烘炉要定期扒出炉内煤灰。

(6)烘炉过程要注意调节拉杆的松紧。特别是上升到900℃左右时更要检查拉杆的松紧。

(7)烘炉过程要注意防止烧坏烧嘴,若烧嘴烧红须及时采取相应的降温措施(如开二次风5～10分钟)。

46.3.1.6 试生产

对采用粉煤供热的反射炉,烘炉完毕,首先洗炉,其目的主要是将烘炉时落入炉内的煤灰洗净。洗炉一般是将烟化炉贫渣配入3%～5%的石灰石,其数量约为正常炉料的2/3即可。在些单位采用反射炉产出富渣洗炉效果也不错。洗完炉后便可进行试生产,试生产时要求严格按照操作规程进行生产操作,确保生产正常进行。

46.3.2 锡反射炉还原熔炼

46.3.2.1 进料和布料操作的基本知识

进料作业包括称料、混料、运输、进料等过程。按照规定的配料比将物料准确地称量,均匀混合后,用皮带运输机或其他机械送至炉顶料仓以备加料。物料称量力求准确,特别是熔剂的称量误差不大于1%。炉料的水分一般控制在9%以下。

配料对锡反射炉来说是一项非常重要的工作,它影响冶炼过程的各项技术、经济指标。锡反射炉还原熔炼配料计算包括还原剂及熔剂的加入量计算。还原剂配入量按下列反应式进行计算:

$$2SnO_2+3C=2Sn+2CO+CO_2$$

$$Fe_2O_3+C=2FeO+CO$$

考虑到其他氧化物的还原和燃烧损失,在上述计算的基础上加入过量的还原剂10%～20%;熔剂配入量计算有综合法和硅酸度法两种,在生产中一般采用硅酸度法。因为硅酸度法具有快速方便,适合于复杂多变的物料配料。具体计算步骤为:

(1)将常用的各种类型的精矿及返料分别进行自熔性计算。以确定该物料的酸、碱性。其计算方法如下:

根据硅酸度计算公式:$K=(1/30\times\%SiO_2)\div(1/72\times\%FeO+1/56\%CaO)$或$K=(53\times\%SiO_2)\div(22\times\%FeO+29\%CaO)$

式中$\%SiO_2$、$\%FeO$、$\%CaO$分别表示物料中二氧化硅、氧化亚铁及氧化钙的百分含量。将物料中的FeO、CaO的实际含量代入硅酸度公式,求出$K=1$时的SiO_2的量。然后将所求得的SiO_2含量减去物料中实际SiO_2含量。若差值为正,说明物料为碱性,反之为酸性。

(2)将酸性物料与碱性物料进行搭配。使混合物料的K值尽量接近于1。然后用石灰石或石英调节硅酸度,直到混合料的$K=0.9\sim1$为止。由于本计算方法未考虑熔炼中还原剂和燃煤灰分的影响,因此在实际生产中炉渣的硅酸度一般在1.2左右。

当上一炉放渣完毕或新炉底烧结完毕后即开始进料。进料时将料仓闸板打开,将炉料投入炉内,与此同时减小进风量和减少炉内负压,进完料后关好料仓闸板,恢复正常风量和负压。反射炉布料一般按炉头炉尾少布,炉中多布,放锡口不布料的原则进行。同时,物料投入炉内时要注意防止炉内喷火伤人。

46.3.2.2 还原熔炼操作

进料完毕后,炉料即进入了还原熔炼阶段。由于炉料含有水分以及炉料的吸热,因此进料后炉温将下降到800℃～900℃。经过1～2小时,炉料水分被蒸干,炉温开始上升。当炉温上升到

1150℃～1250℃时，炉料开始进行还原和造渣过程。当熔炼进行到4～5小时，炉内已有液态炉料出现，而当炉料熔化2/3时，便可开始耙炉（翻料作业）。扒炉的目的是为了加快炉料熔化过程，并促进渣锡分离。扒炉是根据炉料熔化情况，用钢耙顺料堆脚进行搅动，扒炉要扒平，并扒到边、角、底的物料；扒炉动作要快，发现炉底有结块时及时用撬棍撬起，必要时用高压风吹炉底结块，使炉料熔化均匀、迅速。当熔炼进行到6～7小时左右时，炉料基本熔化完毕，此时炉温已上升到1300℃～1350℃，标志着造渣过程基本完成，炉渣开始进行过热阶级。这时应对炉内再进行一次扒炉，将沉入炉底的炉料全部搅起。再根据经验判断已达到还原熔炼终点（再经过约30分钟左右）便可放锡放渣。

在还原熔炼过程中要根据炉况调节好风量和燃料量(按仪表操作规程进行调节)，确保炉内正常升温熔炼。炉内要保持微负压状态，因为负压过大，大量物料被抽走，造成飞扬损失，同时将火焰焰心拉向炉尾，不利于炉内温度的提高；负压过小，造成燃料燃烧不完全，炉温难以升高，炉气冲击炉顶、炉墙，降低炉子寿命。同时，要注意各冷却水箱的供水是否正常，严禁水箱内水不足而烧坏水箱或水管。在扒炉过程中要注意穿戴好劳动保护用品，戴好有色眼镜，炉门附近不得有阻挡杂物，看炉时不能正视炉内，以便避开炉内喷出的火焰伤人。

46.3.2.3　放锡放渣操作

锡反射炉还原熔炼放锡放渣有一次放锡一次放渣和多次放锡次放渣两种，在这介绍一次放锡一次放渣的操作过程。

放锡放渣前的准备工作：

(1)确认物料已还原好，工作场地周围无安全隐患。

(2)准备好放锡放渣时所需的工器具(如钢钎、大锤、炉嘴钎、铁铲、锡瓢、漏瓢等)，并摆放到位。

(3)检查放锡放渣槽、大小前床、渣包、锡包、锡桶是否干燥、干净、畅通无杂物。

(4)准备好堵炉嘴黄泥、玻璃水等放炉材料。

放锡放渣：

放锡时先用铁锤将炉嘴钎轻轻的向内打并扭转至松动，然后轻轻往外拉。拉炉嘴钎时应用铲子将放锡口遮住，以防锡渣溅出伤人。粗锡放出时呈暗红色，放入大前床内。当锡口附近的锡流表面出现颜色发白的熔体时说明放锡工作完毕，开始改道进行放渣工作。炉渣通过小前床澄清分离后流入渣包内。放渣时用钢钎将炉嘴泥打开，尽量扩大炉嘴使渣尽快放出。放完渣减小进风量和炉内负压，进行投料。投料时应尽量将炉内残余的物料压出。投完料后将炉嘴清理干净，然后用炉嘴泥重新堵住，再打入一根炉嘴钎。恢复正常进风量和炉内负压，进行下一炉熔炼。

炉渣放完后将小锡窝的渣用耙子推出，然后加煤降温，搅拌后捞出浮渣回炉。再把小前床的锡放入大前床，同大前床的粗锡一同加煤降温捞出乙锡。大前床中粗锡加煤降温捞乙锡工作步骤一般是：先向粗锡表面加入一定量的降温煤，反复搅动，使粗锡温度降至800℃左右，便将表面硬头捞出，然后又向粗锡表面加入一定量的降温煤，反复搅动，将粗锡温度降至600℃左右，再捞出表浮渣乙锡。然后再次向粗锡表面加入一定量的降温煤，反复搅动，将粗锡温度降至350℃～400℃左右，再次捞出表浮渣乙锡，此时前床内剩下便是甲锡，通知取样工取样，最后将甲锡放入锡包倒入锡桶铸亿大锭或直接送精炼车间精炼。在加煤降温捞乙锡过程中要注煤颗粒要适当，加入要均匀，搅动要迅速，使降温煤充分均匀与粗锡接触。工作完毕后搞好场地卫生，填写料单并作好交班记录。

46.3.2.4　锡反射炉还原熔炼的产物

锡反射炉还原熔炼的产物主要包括粗锡、炉渣和烟尘，有时也产出硬头，下面分别介绍。

(1)粗锡

粗锡是锡反射炉熔炼的主要产物，其产量取决于精矿品位和直接回收率的高低。粗锡的品位除与上述因素有关外，还与精矿是否经过炼前处理有关。高品位精矿，又经过炼前处理脱除杂质，熔炼后所产出的粗锡纯度可达到99%以上。反射炉熔炼时，铅、铜、砷等化合物被还原成金属进入粗锡。

所以精矿品位高、有害杂质少，所产出的粗锡品位就高，直收率也高；反之，粗锡的品位就低。

在我国，炼锡厂常根据含铁量不同将还原熔炼的粗金属分成硬头、乙锡和甲锡。

如果精矿含铁高或还原剂过多时，粗锡在冷却到800℃～900℃以前会产生一种含很高的(40%Fe)的块状晶体称为硬头，它所含的铁大部分为α－Fe，小部分为ζ相(Fe1.3Sn)。由于砷和铁的亲和力大，所以砷被还原后常与铁结合而进入硬头。正是这个原因，硬头常含大量的砷。如果熔炼所得到的粗锡冷却很快或含铁不高(Fe<3%)时，经冷却所得到的晶体就是乙锡。乙锡含铁一般在1%以上，有时高达10%左右。甲锡是将粗锡冷却至接近熔点(350℃～400℃)结晶析出铁和砷以后所得到的含铁少于1%的粗锡。乙锡产出的数量少于甲锡。由于乙锡含铁、砷较高，须经熔析离心过滤除铁、砷后再按甲锡精炼工艺精炼。

(2)炉渣

锡反射炉还原熔炼产出的炉渣含锡波动于7%～13%之间。由于反射炉熔炼炉渣含锡高，所以常称反射炉炉渣为"富渣"。富渣中的锡一般占入炉物料量的8.5%～10.5%，需进一步处理加以回收。

(3)烟尘

反射炉产出的烟尘一般按收尘设备命名，如淋洗尘、电收尘烟尘和布袋烟尘等。工厂把反射上升烟道出口至冷却设备或收尘设备之间的烟道中沉积下来含锡在8%～45%之间的烟尘称为烟道尘。烟道尘的处理方法视锡品位高低而定，一般含锡大于18%的烟道尘与淋洗尘、电收尘或布袋尘一起返回反射炉熔炼，而含锡小于18%的烟道尘送烟化炉或其他炼渣设备处理。

46.3.2.5　记录的填写

(1)原始记录的填写要求

正常作业需要记录的参数有一、二次风量、炉膛温度、炉内负压、每班进料量，每班产出物料量每班(8小时)记录一次，其他参数每1小时记录一次。

(2)反射炉技术参数

反射炉炉膛温度1000℃～1400℃。

炉内负压：－10Pa～10Pa。

一次风量：1700Nm^3/h～2700Nm^3/h。

二次风量：3500Nm^3/h～5000Nm^3/h。

46.3.2.6　交接班

交接班规定：

交接班时，当值人员应向接班人员确认各设备的完好情况、开停机情况、炉况、工器具交接、安全设施完好情况、原料准备情况等。

46.3.2.7　记录的填写

(1)原始记录的填写要求

正常作业需要记录的参数有一、二次风量、炉膛温度、炉内负压、每班进料量，每班产出物料量每班(8小时)记录一次，其他参数每1小时记录一次。

(2)反射炉技术参数

反射炉炉膛温度：1000℃～1400℃。

炉内负压：－10Pa～10Pa。

一次风量：1700Nm^3/h～2700Nm^3/h。

二次风量：3500Nm^3/h～5000Nm^3/h。

46.3.2.8　交接班

交接班规定

交接班时，当值人员应向接班人员确认各设备的完好情况、开停机情况、炉况、工器具交接、安全

设施完好情况、原料准备情况等。

46.3.2.9 停炉检修

反射炉正常停炉应在放完最后一炉渣后，炉子空烧1小时左右，将炉内残存的炉料及炉结放完，然后逐渐停火降温，通常炉内温度降到900℃左右时，关闭所有炉门及烟道闸板，同时按操作规程停止供热系统设备，使炉子缓慢降温。停炉过程要及时拧紧拉杆，以防炉顶变形。

反射炉的维修分小修、中修和大修三种。小修的内容包括：热补炉底、检修、料斗等。小修每月进行一次，检修时间一至两天。检修期间不停火，只对炉子进行保温。

中修主要是局部检修炉顶、渣线砖等必须停炉作业的检修项目。停炉时间一般为7～15天，检修周期为3个月至1年，视炉况而定。

大修是指从炉基以上的部分（包括炉壳钢板、炉底、炉墙、炉顶、烟道等）全部拆除的一种检修方式。一般是在炉底损坏严重，不能再使用的情况下进行大修。大修周期一般为2到3年。检修时间约需2到3个月。经过大修后的炉子需重新烧结炉底。大修停炉时要放炉底锡，其操作步骤：(1)确定放炉底锡位置；(2)炉前工和钳工一起配合，把平台铁板割开；(3)用尺子量好，固定放锡口，并让钳工割开；(4)炉前工和钳工配合搭好安全平台；(5)炉前工接好风钻，先检查风钻是否完好，一切准备好后方可开始放炉底锡。风钻钻眼后，用布袋等遮挡物挡住，避免液锡溅出伤人，放锡口钻通后，慢慢拉出钻杆，让锡液正常流出并用锡桶装好，至没有锡液留出后，用黄泥堵住放锡口，停煤、停风降温。

锡反射炉筑炉、修炉时要注意做四个方面工作：

(1)筑炉、修炉前的准备工作

①认真钻研图纸，熟悉炉窑的各个部位技术要求并制定相应的筑炉方法。

②落实筑炉所用材料是否到位、齐全及合格。

③检查筑炉所用设备、工具是否完好、齐全，对一些专用的模具需预先制作。

④筑炉工进现场筑炉前，应检查炉子打炉情况，对不便于筑炉的部位及时要求相关人员整改，直至炉窑完全符合筑炉要求。

(2)耐火泥浆调制的一般规定

①砌筑工业炉前，应根据砌体类别，通过试验确定泥浆的稠度和加水量，同时检查泥浆的砌筑性能（黏结时间）是否能满足砌筑要求。泥浆的黏结时间视耐火制品外形尺寸大小而定。

②不同类泥浆的稠度应根据砌体类别选定。

③调制泥浆一般应采用洁净的工业用水，不得使用含有害杂质或有油污等的水。

④调制泥浆时，必须称量准确、搅拌均匀。不应在调制好的泥浆内任意加水或结合剂。

⑤掺有水泥、水玻璃或卤水的泥浆，不应在砌筑前过早调制。已初凝的泥浆，不得使用。

⑥磷酸或磷酸盐泥浆所用的原材料及其配合比，应符合有关规定。

⑦不同品种、牌号的泥浆不得混用、错用。当天搅拌的泥浆，以当天用完为宜。

(3)砌砖的一般规定

①砌砖前，应根据炉子中心和标高检查砌体的各部尺寸和相关标高。

②砌体应错缝砌筑，砌体砖缝内泥浆应饱满，表面应勾缝。干砌时，除设计规定外，一般应以干耐火粉填满。

③不得在砌体上砍凿砖。砌砖时，应用木槌或橡胶垫锤找正。泥浆干涸后，不得敲打砌体。

④砖的加工面不宜朝向炉膛或炉子通道内表面或膨胀缝。

⑤砌砖中断或返工拆砖时，应作成阶梯形的斜茬。

⑥耐火砌体的加工砖，不得使用加工成宽度小于1/2的砖或厚度小于2/3的砖。

⑦组合砖应按其组装的内径、尺寸和标高进行“对号入座”砌筑。

⑧烟道与烟囱或其他建筑物间设有膨胀缝时，才允许砌筑烟道。沉降缝应防止透气和渗水。

⑨地下烟道的拱顶，只有在墙外回填土后，才可打入锁砖。

⑩耐火砌体和隔热砌体，从施工到投入生产的过程中，应预防受湿。

(4)磷酸盐耐火浇注料的搅拌要求

①搅拌时，先将成品料粗细混合均匀，然后慢慢加入按规定浓度事先配制好的磷酸溶液需用量的2/3，搅拌1～2分钟。

②拌匀的磷酸浇注料需困料16～24小时，以利气体排出。

③磷酸浇注料常温强度很低，因此，浇注前应加入2%～3%的高铝水泥作促凝剂，并将余下1/3磷酸溶液加入，并搅拌均匀。

④已拌好的磷酸浇注料不得任意加水。

46.3.2.10 安全操作

锡反射炉熔炼安全操作主要注意以下几个方面：

(1)进入工作场地必须穿戴好劳动保护用品。

(2)炉前的工作场地、各种工器具严禁有水，以防爆炸。

(3)各种红热工具应放置在规定地方，按头尾顺序放好。

(4)扒炉时须戴有色眼镜，炉门附近不得有阻挡杂物，以便避开喷出的火焰伤人。

(5)投料时，不准正视加料孔，以免炉火伤人。

(6)使用大锤时，先检查锤把是否松动，锤头钢钎头是否有锡，周围是否有人和障碍物。

(7)不得戴手套打锤，打锤掌钎不得同边，以免发生锤击事故。

(8)行车吊运重物，路经操作位置上空时，应主动避让。

(9)严禁放渣时跨越渣槽。

(10)修炉时要严格按着砌筑炉的安全技术操作规程进行。

46.3.2.11 设备维修和保养

锡反射炉熔炼主要设备除反射炉本身外还有皮带运输机、离心风机、螺旋给料机等设备。

(1)皮带运输机

皮带运输机开机前要做到“六查一加”准备工作。六查是指：一查橡胶带有无刮破，接头是否完好；二查机器是否正常，减速机油位是否符合标准；三查各部辊筒有无损坏；四查各部漏斗有无卡塞或损坏；五查有无杂物阻碍皮带机运转；六查紧急事故停机开关是否正常；一加是向各加油点加油润滑。皮带运输机接到开机信号后，先开动皮带运输机(若有跑偏现象，应先调正)，然后慢慢投料。皮带运输机正常停机时，先停给料装置，待物料卸完，再停皮带运输机，并拉下电源开关。皮带运输机在运行中要注意以下四点：

①严格执行安全技术操作规程。

②注意皮带接头有无被拉破和橡胶带有无刮破现象。

③注意观察各部位运转和有无异响，电机及轴承温升不许超过60℃。

④发现异常情况必须紧急停车(如接头松脱、皮带刮破、下料斗被堵或发生安全事故等)。

(2)离心风机

离心风机开机的准备工作为：

①检查各部位的紧固件是否处于紧固状态，各部件是否齐全；

②润滑油质量是否合格，润滑油是否达到规定油线；

③用手转动工作轮(皮带轮或靠背轮)，观察是否灵活，有无张紧或摩擦现象；

④三相电源是否平衡，电压是否在工作范围，若有异常，立即通知电工检修。

离心风机接到开机指令后，在启动前先将进风门关闭，出风门稍开，使风机保持空载启动状态。然后启动风机，观察无异常后，把风门全开，调到需要位置，进入正常运转状态。停机时先将进、出闸门关闭，然后停机。离心风机运行中注意事项有：

①启动风机要注意观察电流是否在规定电流值范围内，并注意风机的响声和振动情况。

②定时检查电机、轴承温度。一般不得超过70℃。

③运行中做好运行记录，发现问题及时处理或向领导反映。

④若有备用机，其叶阀每班至少开合两次(开完合完)。

⑤保持清洁环境，每班要擦拭机身。

(3)螺旋给料机

螺旋给料机开机前要检查各部件是否润滑良好，连接螺栓是否紧固可靠，各部件是否有卡紧或其他不正常现象。经检查确认后才能开机。开机时螺旋给料机要空载启动螺旋机，待平稳后方可投料。螺旋给料机在运行中要经常检查电机升温有无异响，不正常立即停机。正常停机时，应先关闭给料装置，待物料输送完毕方可停机。螺旋给料机维护保养及注意问题：①轴承升温不得超过30℃；②设备连续使用三个月，应更换一次润滑油；③保持清洁环境，每班要擦拭机身。

46.3.3 质量管理

46.3.3.1 反射炉产出物料质量要求

锡精矿沸腾炉焙烧产出的焙砂，一般情况要求富渣含锡≤13%，粗锡含铁≤1.5%，当连续4炉超出要求，说明产品出现了异常的质量波动，过程存在系统性导致产品质量不稳定的因素。

46.3.3.2 质量控制

质量管理活动的要求：

反射炉还原熔炼的质量管理，首先要求确保配料—反射炉系统各设备和硬件设施的完好性，以达到对系统过程的调节和控制，保持反射炉作业的各个运行系统的特征参数形成完整的原始记录，保持对富渣含锡、粗锡含铁的异常与波动的跟踪和分析，采取必要的纠正和预防措施，最终实现对富渣含锡、粗锡含铁的稳定和确保反射炉作业的金属回收率。

46.4 烟化炉

46.4.1 开炉

开炉的准备：

(1)准备好钢钎、大锤、铁铲、氧管等各岗位所需要的工器具。

(2)检查煤仓存煤情况，至少保证一仓满煤。

(3)各水冷水套供水，调节适当水量。

(4)认真检查调速电机、搅拌机是否运转正常。

(5)打开进渣口，封好炉门放渣口。

(6)与收尘室、鼓风机房、排烟风机房、余热锅炉、供煤班和汽化冷却进行联系，确认符合开炉要求。

表46—3 工艺参数

	1#烟化炉	2#烟化炉
鼓风压力	0.7Pa～1.25×105Pa	0.7Pa～1.25×105Pa
一次风量	1000m³/h～2000m³/h	1500m³/h～2500m³/h
二次风量	2500m³/h～4000m³/h	3500m³/h～5500m³/h

46.4.2 冶炼作业

46.4.2.1 进料的准备

(1)与风机房联系开抽风。

(2)与鼓风机房联系开鼓风。

(3)把给煤机及搅拌机的开关打到“工作”位置,将仪表盘上的转差离合调速器指示到最低位置。

46.4.2.2 进液料

(1) 液料从渣槽慢慢流入炉内,待加入液料 700kg～900kg 时给煤点火。给煤点火操作:打开煤旋塞阀→启动给煤机→打开风旋塞阀→启动搅拌机,然后慢慢慢转动滑差调节器的调速旋钮在 200～500 转/分,开始采用小煤点火,并根据来煤情况适当打开平衡风阀,随着液料的加入,逐渐调整给煤量进入正常作业。

(2)渣型及液料的多少,适当加入冷富渣。

46.4.2.3 冶炼作业

(1)分批加入黄铁矿,每隔 10～15 分钟加入一次,前面稍多 10～20 铲,后面逐渐减少。放渣前 20 分钟停止加入黄铁矿。

(2)终点判断

从三次风口、烟巷观察烟气浓度,烟气浓度低时,从加料口取样送取样房进行炉前分析,含锡丢渣品位≤0.3%时,开口放渣。

46.4.2.4 放渣

(1)开口放渣前检查冲渣水是否正常;开冲渣泵时,须有人监护出水口;开口放渣时,眼睛不能近距离正视放渣口。

(2)用钢钎或者氧管捅开放渣口,出渣后严禁人从溜槽上通过,槽子不流渣后方能关闭冲渣水;渣槽渣冷结后,方可清理溜槽;出渣后铁水多或烟气黄时,立即远离渣槽。

(3)出渣后用小铁瓢取 5～6 个点的渣,每个点少量装入取样桶。

46.4.2.5 放渣结果分析

根据放渣化验结果,丢渣含锡品位没有出现连续四炉超标或者严重超标,冶炼作业为正常,否则为不正常。

46.4.2.6 生产记录

记录好时间、炉次,每炉进渣时间、进渣数量、炉前分析时间、炉前分析品位、黄铁矿加入量。

46.4.2.7 设备的运行记录

记录好煤仓的用煤及停煤时间。

46.4.2.8 合理化建议

根据生产实际问题,从提高技术指标及经济效益方面提出合理化建议。

46.4.2.9 协调上道工序工作

根据进渣及吹炼情况,掌握渣型及品位,并及时反馈。

46.4.3 设备维护及保养

(1)设备维护

确保给煤系统电机,冲渣泵电机油位达到规定线,每班清扫一次设备。

(2)设备检查

每班巡检设备 2 次,每周点检设备 1 次。

46.4.4 停炉检修

46.4.4.1 停炉作业

(1)停炉准备

通知汽化冷却准备停炉。

(2)停炉作业

①打开放渣口放空渣。

②停给煤操作:关平衡风→停搅拌机→停给煤机→关风旋塞阀→关煤旋塞阀。

③停煤 10 分钟后通知鼓风机房停鼓风。

④停煤 15 分钟后通知抽风机房停抽风。

⑤待各水冷水套完全冷却后停冷却水。

46.4.4.2 检修

(1)炉体拆除

拆除炉门、高压胶管、风嘴,拆除下层水冷水套,清理干净炉底耐火砖。

(2)配合检修

配合钳工安装炉子下层八块水冷水套;配合筑炉工砌好炉底耐火砖。

46.4.5 安全操作

46.4.5.1 安全技术操作

(1)作业现场安全

①打开液渣口进渣时,不能正对洞口,防止喷火伤人。

②倒液渣时不能靠近,以免液渣飞溅伤人,开煤时,打开风旋塞阀要慢。

③倒液渣,加冷富渣、黄铁矿、调大粉煤时,不能近距离正视加料口或三次风口。

④吹炼过程中,进料、塞口子时,严禁调换煤仓,调节粉煤时,调速旋钮要慢开,快关。

(2)岗位安全教育

每周进行 1 次安全教育活动,上岗前进行身体安全确认。

(3)安全事故分析

发生事故及时参加分析,并找出事故原因。

46.4.5.2 劳动保护

(1)劳动保护用品

穿戴好劳动保护用品,高空作业时系好安全带。

(2)环境污染控制

确保良好抽风,抽风差时及时通知收尘工振打布袋或检查抽风系统,并采取相应措施。

46.4.6 常见故障的判断及处理

46.4.6.1 工艺故障处理

(1)水箱漏水大:立即停加各种物料,开口放渣,同时适当开大给煤量,尽量把渣放干净。

(2)停电有风:立即开口放渣,同时振打煤管、煤仓,必要时转动给煤机靠背轮,不出渣时,关掉平衡风和各设备的电源开关。

(3)停风有电:尽快打开放渣口放渣,关掉给煤系统,将清灰门和防爆门打开。

(4)停风停电:立即开口放渣,并迅速往风嘴内插入钢钎,将所有的设备开关全部关闭。

(5)冲大煤:立即减少给煤量,适当关小平衡风,如继续冲煤较大时,关平衡风,关螺旋给煤机,立即检查是否是一次风压过大或进煤阀未关死,如一次风压过大通知鼓风机房调至正常值,如进煤阀未关死立即关死。

(6)渣稠:适当加大给煤量和黄铁矿量。

(7)产生锍:延长吹炼时间,适当减少给煤量,提高炉内氧化气氛。

46.4.6.2 设备故障处理

阀门漏煤及时更换密封圈或者阀门。

46.4.7 生产管理

46.4.7.1 质量管理

严格遵守技术操作规程，控制好炉前分析丢渣品位。

46.4.7.2 生产过程管理

(1)生产过程管理

连续四炉以上丢渣品位不合格，要及时查找原因并采取相应措施，抽风差，要及时检查抽风系统并采取相应措施。

(2)生产过程管理方法改进

根据生产月报表，分析主要技术指标，对较差的指标提出自己的改进方法。

46.4.7.3 技术总结

掌握计算机的基本知识，根据生产月报表，并结合生产实际情况编写技术总结。

46.4.8 培训与指导

46.4.8.1 理论培训

对新工人进行理论培训，传授硫化挥发的原理，烟化炉的作用、特点、构造。

46.4.8.2 操作指导

指导烟化炉吹炼生产过程中的实际操作及操作安全注意事项。

46.4.9 工艺改进及创新

46.4.8.1 工艺改进

掌握烟化炉主要技术指标的计算方法，对落后的工艺提出自己的改进措施。

46.4.8.2 工艺创新

熟悉烟化炉的结构，对不适宜生产的工艺进行改革创新。

后　记

经劳动和社会保障部批复（劳社部函［2001］192号）同意,中国有色金属工业协会于2002年1月16日正式成立了“有色金属行业职业技能鉴定指导中心”（以下简称“中心”），并明确与有色金属工业人才中心合署办公。“中心”主要职责之一是组织制定有色金属行业特有工种职业标准，组织编写培训教程，并组建相应的试题库。

“中心”在广泛调研的基础上，于2002年9月正式启动了火法冶炼工等十三个国家职业标准的编写工作。根据有色金属生产工艺特点和国家职业标准编制原则，采取了每个标准由一家骨干企业牵头起草，多个企业参与，“中心”组织协调的工作方式。2004年2月，劳动和社会保障部颁布了火法冶炼工等十三个国家职业标准，填补了有色金属行业特有职业国家职业标准的空白。

根据劳动和社会保障部有关规定和“标准、教材、题库”一条龙的编制原则，“中心”启动了《国家职业资格培训教程——火法冶炼工》等有色金属行业职业技能鉴定培训系列教程（以下简称《教程》）的开发编写工作。标准起草单位作为牵头单位,具体负责《教程》编写工作，其他相关单位参与,“中心”组织行业内专家对《教程》初稿进行研讨、补充，由牵头单位定稿后公开出版发行。

除标准、教程的开发外，有色金属行业的职业技能鉴定的整体工作也迈出了坚实的一步。截止到2005年末，有色金属行业已建立55个行业特有工种职业技能鉴定站，培训2041名考评人员、202名质量督导员，开展了各等级鉴定，取得国家职业资格证书2.6万余人，其中技师、高级技师共3456人。

根据“中心”工作计划，今后将继续开发有色金属行业特有工种的职业标准和教程，与标准、教程对应的国家题库有色行业分库也正在开发当中。我们相信，在“中心”与各鉴定站的共同努力下，在全行业各企业的大力支持下，“鉴定工作平台”一定能够建成，并为全行业技能人才队伍建设、为有色金属行业的发展作出贡献。

有色金属行业职业技能鉴定指导中心

2006年7月

火法冶炼工

Huo Fa Ye Lian Gong

出版说明

本书根据《国家职业标准——火法冶炼工》的要求，按照标准、教材、题库一条龙的编制原则，由金川集团有限公司牵头编写，是火法冶炼工职业技能鉴定推荐培训教材。

本书介绍了火法冶炼工的基础知识和初级工、中级工、高级工、技师、高级技师五个级别应掌握的操作技能及相关知识，涉及铜、镍、铅、锌、锡等重金属冶炼的开炉、火法冶炼、停炉检修、安全操作、设备维护及保养、常见故障判断及处理、生产管理、工艺改进创新、培训与指导等内容。

相关国家职业标准

- 《国家职业标准——重冶备料工》
- 《国家职业标准——焙烧工》
- 《国家职业标准——火法冶炼工》
- 《国家职业标准——湿法冶炼工》
- 《国家职业标准——电解精炼工》
- 《国家职业标准——烟气制酸工》

责任编辑：邓玲玲 刘正东
封面设计：熊小平

ISBN 978-7-5423-1641-7
9 787542 316417 >
定价：80.00元

[General Information]
书名=铜、镍、铅、锌、锡火法冶炼工技能鉴定培训教程
作者=蒋永胜主编
页数=507
SS号=11981971
出版日期=2007.5
出版社=甘肃教育出版社

封面
书名
版权
前言
目录
第一篇　相关知识
第1章　职业道德
1.1　道德和职业道德的形成
1.2　职业和职业道德
1.2.1　什么是职业
1.2.2　什么是职业道德
1.2.3　职业道德的特点
1.2.4　职业道德的社会作用
1.3　员工职业道德守则
1.3.1　爱党爱国，爱厂爱岗，勤奋敬业，尽职尽责
1.3.2　勤于学习，勇于创新，精通业务，效率优先
1.3.3　安全至上，科学管理，遵章守纪，廉洁自律
1.3.4　文明礼貌，优质服务，崇尚先进，团结进取
第2章　重有色金属基础知识
2.1　几种主要金属的性质
2.1.1　铜的性质
2.1.2　镍的性质
2.1.3　铅的性质
2.1.4　锌的性质
2.1.5　锡的性质
2.1.6　其他几种重有色金属的性质
2.2　几种主要重有色金属的化合物性质
2.2.1　铜的化合物性质
2.2.2　镍的化合物性质
2.2.3　铅的化合物性质
2.2.4　锌的化合物性质
2.2.5　锡的化合物性质
2.2.6　其他几种重有色金属的化合物性质
2.3　几种主要重有色金属的用途及产销
2.3.1　铜的用途及产销
2.3.2　镍的用途及产销
2.3.3　铅的用途及产销
2.3.4　锌的用途及产销
2.3.5　锡的用途及产销
2.3.6　其他几种重有色金属的用途及产销
2.4　几种主要重有色金属的矿物、矿石及精矿组成和分类
2.4.1　铜的矿物、矿石及精矿组成和分类
2.4.2　镍的矿物、矿石及精矿组成和分类
2.4.3　铅的矿物、矿石及精矿组成和分类
2.4.4　锌的精矿组成和分类
2.4.5　锡的矿物、矿石及组成和分类
2.4.6　其他几种重有色金属的矿物、矿石及精矿组成和分类
2.5　几种重有色金属的冶炼方法
2.5.1　铜的冶炼方法
2.5.2　镍的冶炼方法
2.5.3　铅的冶炼方法
2.5.4　锌的冶炼方法

2.5.5　锡的冶炼方法
2.5.6　其他几种重有色金属的冶炼方法
第3章　重有色金属火法冶金原理基础知识
3.1　冶金炉渣基础知识
3.1.1　概述
3.1.2　炉渣的组成
3.1.3　炉渣的物理化学性质
3.2　化合物的离解—生成反应
3.2.1　概述
3.2.2　氧化物的离解和金属的氧化
3.2.3　碳酸盐的离解
3.3　氧化物的还原
3.3.1　燃烧反应
3.3.2　氧化物用气体还原剂CO、H2还原
3.3.3　氧化物用固体还原剂C还原
3.4　硫化矿的火法冶金
3.4.1　金属硫化物的热力学性质
3.4.2　硫化矿的氧化富集熔炼——造锍熔炼
3.5　粗金属的火法精炼
3.5.1　粗金属火法精炼的目的、方法及分类
3.5.2　熔析精炼
3.5.3　萃取精炼
3.5.4　氧化精炼
3.5.5　硫化精炼
第4章　设备、设施维护基础知识
4.1　机电设备维护基础知识
4.1.1　设备管理的任务和内容7
4.1.2　设备分类和管理
4.1.3　设备的维修保养以及点检
4.2　耐火材料基础知识
4.2.1　概述
4.2.2　耐火材料的分类及性质
4.2.3　耐火材料的高温使用性能
4.2.4　耐火砖的生产过程
4.2.5　常用耐火砖
4.2.6　不定型耐火材料
第5章　安全与卫生知识
5.1　安全生产基础知识
5.1.1　有关安全术语
5.1.2　安全生产方针及原则
5.1.3　安全生产责任制
5.1.4　安全教育制度
5.1.5　事故报告制度
5.1.6　事故管理
5.1.7　高处作业的分级和种类
5.1.8　安全色及安全标志
5.2　劳动保护与卫生基础知识
5.2.1　常见的危害因素
5.2.2　工业粉尘
5.2.3　氯气
5.2.4　二氧化硫
5.2.5　锰及其化合物

5.2.6 镍及其化合物
5.2.7 生产性噪声
5.2.8 工业伤害现场急救知识
5.3 环境保护基础知识
5.3.1 环境保护
5.3.2 环境保护的主要内容
5.3.3 环境污染
5.3.4 防止环境污染的措施
5.3.5 控制环境污染源
5.3.6 环境管理的主要对象及主要内容
5.3.7 环境监测统计指标
5.3.8 环境标准归类
5.3.9 工业污染
第6章 质量管理知识
6.1 全面质量管理基础知识
6.1.1 质量管理发展简史
6.1.2 全面质量管理的基本概念
6.1.3 数理统计方法在质量管理中的应用
6.1.4 质量改进
6.2 2000版IS09000质量管理体系基础知识
6.2.1 IS09000：2000系列标准的四个核心标准
6.2.2 2000版IS09000族标准的特点、实施要求
6.2.3 IS09001：2000标准的主要特点和要求
6.2.4 质量管理八项原则及其应用指南
6.2.5 质量管理体系十二项原理
6.2.6 IS09001：2000标准条款的理解
第7章 相关法律法规基础知识
7.1 劳动法的相关知识
7.1.1 劳动法概述
7.1.2 劳动合同
7.1.3 工作时间与休息休假
7.1.4 工资概述
7.1.5 劳动保护概述
7.1.6 社会保险
7.1.7 劳动争议概述
7.2 产品质量法的相关知识
7.2.1 产品质量的概念
7.2.2 产品、产品质量与产品质量责任
7.2.3 产品质量检验和认证机构
7.2.4 生产者和销售者的产品质量义务
7.2.5 产品责任
7.2.6 违反产品质量法的法律责任
7.3 环境保护法的相关知识
7.3.1 环境保护法的概念和特点
7.3.2 环境保护法的基本原则
7.3.3 环境保护法的基本制度
7.3.4 环境法律责任
7.4 安全生产法基本知识
7.4.1 安全生产法的概念
7.4.2 安全生产法的调整对象
7.4.3 生产经营单位主要负责人对本单位安全生产的责任
7.4.4 生产经营单位的从业人员在安全生产方面的权利和义务

7.4.5　安全生产的监督管理
7.4.6　违反《安全生产法》的法律责任
第二篇　操作实践
第一单元　初级工
第1章　铜冶炼初级工
1.1　开炉准备
1.1.1　材料准备
1.1.2　试车
1.2　烘炉
1.2.1　烘炉的目的及意义
1.2.2　烘炉的方式方法
1.3　试生产
1.3.1　试生产的目的
1.3.2　试生产的方式方法
1.4　开炉、试生产注意事项
1.4.1　电炉
1.4.2　转炉
1.5　火法冶炼
1.5.1　进料的准备
1.5.2　原辅材料样品采集
1.6　冶炼作业
1.6.1　加料
1.6.2　冶炼作业
1.6.3　生产记录
1.6.4　设备操作
1.6.5　设备运行记录
1.6.6　安全消防及环保设备设施操作
1.7　产出
1.7.1　产品放出作业
1.7.2　产品样品采集
1.8　设备维护及保养
1.8.1　设备维护
1.8.2　设备点检
第2章　镍冶炼初级工
2.1　开炉
2.1.1　开炉准备
2.1.2　烘炉
2.1.3　试生产
2.1.4　开炉、试生产注意事项
2.2　火法冶炼
2.2.1　进料
2.2.2　冶炼作业
2.2.3　产出
2.3　设备维护及保养
2.3.1　设备维护
2.3.2　设备点检
第3章　铅冶炼初级工
3.1　铅鼓风炉的开炉
3.1.1　烘炉
3.1.2　铅鼓风炉熔炼的试生产
3.2　火法冶炼
3.2.1　进料

3.2.2　原材料的取样及其质量要求
3.2.3　进料条件
3.2.4　进料作业
3.2.5　鼓风炉供风
3.3　冶炼
3.3.1　生产理论技术
3.3.2　工艺控制与技术指标
3.3.3　铅鼓风炉还原熔炼的基本原理
3.3.4　铅鼓风炉熔炼产物
3.3.5　铅锍和黄渣
3.3.6　炉气（含烟尘）
3.3.7　连续排放
3.3.8　风口与水冷系统
3.3.9　电热前床
3.3.10　富氧熔炼与热风熔炼
3.4　炼铅鼓风炉常见故障处理
3.4.1　炉顶故障及其处理方法
3.4.2　风口故障及其处理方法
3.4.3　连续排放故障及处理方法
3.4.4　虹吸故障
3.5　反射炉炼铅
3.5.1　进料
3.5.2　冶炼
3.6　设备维护与保养
3.6.1　设备点检制度
3.6.2　设备维护与保养
第4章　TD炉系统初级工
4.1　TD炉的开炉准备
4.2　TD炉的烘炉
4.2.1　烘炉的目的和意义
4.2.2　烘炉的方式和过程
4.3　试生产
4.4　TD炉进料
4.4.1　进料前的准备
4.4.2　原料样品采集
4.5　TD锌的冶炼
4.5.1　TD锌冶炼的作业程序
4.5.2　TD锌冶炼工艺参数
4.6　TD锌的产出
4.6.1　TD炉出锌作业
4.6.2　TD锌的采样
4.7　安全技术操作规程
4.7.1　加料收尘岗位
4.7.2　调整岗位
4.8　TD炉系统设备的维护及保养
4.8.1　TD炉系统的设备使用与维护
4.8.2　TD炉的使用、维护与巡检
第5章　锌冶炼竖罐蒸馏初级工
5.1　开炉
5.1.1　材料的准备
5.1.2　开炉升温
5.1.3　煤气的性质及使用中应注意的事项

5.2 冶炼
5.2.1 竖罐蒸馏冶炼概述
5.2.2 蒸馏炼锌过程中控制工艺参数及操作制度
5.2.3 操作制度
5.2.4 生产记录
第6章 热镀锌配料初级工
6.1 开炉
6.1.1 开炉操作
6.1.2 烘炉的目的和意义
6.2 火法冶炼
6.2.1 进料
6.2.2 冶炼
6.3 产出
6.3.1 产品放置作业
6.3.2 产品样品采集
6.4 设备维护及保养
第7章 竖罐蒸馏冷凝系统初级工
7.1 开炉
7.1.1 开炉准备
7.1.2 烘炉
7.1.3 开炉注意事项
7.2 火法冶炼
7.2.1 冶炼作业
7.2.2 工艺参数
7.2.3 生产记录
7.2.4 设备操作
7.3 设备维护及保养
第8章 氧化锌初级工
8.1 开炉准备
8.1.1 开炉材料的准备
8.1.2 烘炉
8.1.3 开炉加料
8.2 间接法生产氧化锌原理
8.2.1 概述
8.2.2 原理
8.2.3 原料
8.2.4 燃料
8.3 氧化锌生产的工艺流程
8.4 氧化锌质量标准
8.5 技术操作指标和条件
8.6 设备结构及操作
8.7 正常操作条件与调整
8.8 炉体维护和保养
8.9 延长炉体寿命
第9章 精馏锌精炼初级工
9.1 精馏塔开炉
9.1.1 开炉的准备
9.1.2 开炉加料
9.2 火法炼锌
9.2.1 精馏法的基本原理
9.2.2 工艺流程
9.2.3 设备结构及操作

9.2.4　正常操作条件控制与调整
9.3　精馏塔维护和保养
第10章　锡冶炼焙烧初级工
10.1　开炉准备
10.2　作业过程
10.2.1　记录的填写
10.2.2　控制运行参数
10.2.3　处理故障
10.2.4　交接班
10.3　质量管理
10.3.1　质量判断
10.3.2　质量控制
第11章　锡冶炼电炉初级工
11.1　开炉准备
11.2　烘炉
11.3　还原熔炼
11.3.1　进料和布料操作的基本知识
11.3.2　还原熔炼操作
11.3.3　放锡放渣操作
11.3.4　质量管理
第12章　锡冶炼反射炉初级工
12.1　开炉准备
12.2　烘炉
12.3　还原熔炼
12.3.1　进料和布料操作的基本知识
12.3.2　还原熔炼操作
12.3.3　放锡放渣操作
12.4　质量管理
12.4.1　反射炉产出物料质量要求
12.4.2　质量控制
第13章　锡冶炼烟化炉初级工
13.1　开炉
13.1.1　开炉的准备
13.1.2　工艺参数
13.2　冶炼作业
13.2.1　进料的准备
13.2.2　进液料
13.2.3　设备维护及保养
第14章　锡火法精炼初级工
14.1　概述
14.1.1　精炼的必要性
14.1.2　粗锡的一般成分及精锡标准
14.1.3　锡的火法精炼原则流程
14.2　锡火法精炼
14.2.1　高温锅熔析除铁、砷
14.2.2　加铝除砷、锑
14.3　高温氧化锅操作实践部分
14.3.1　高温锅熔析除铁、砷
14.3.2　氧化锅作业
14.3.3　结晶机除铅、铋
14.3.4　铸锭
第二单元　中级工

第15章　铜冶炼中级工
15.1　开炉
15.2　开炉准备
15.2.1　对闪速炉的要求
15.2.2　对矿热电炉或贫化电炉的要求
15.2.3　转炉系统
15.2.4　系统试车
15.3　烘炉
15.3.1　烘炉作业
15.3.2　开炉方案及升温曲线
15.4　试生产
15.4.1　试生产的目的
15.4.2　试生产方式方法
15.5　火法冶炼
15.5.1　进料
15.5.2　冶炼
15.5.3　设备开、停车判断
15.5.4　物料计量
15.5.5　化验分析
15.5.6　产出
15.6　停炉检修
15.6.1　停炉作业
15.6.2　检修
15.7　安全操作
15.7.1　安全技术操作
15.7.2　安全保护及环保
15.8　设备维护及保养
15.8.1　关键设备的维护保养
15.8.2　设备点检
15.9　常见故障的判断及处理
15.9.1　工艺故障处理
15.9.2　设备故障处理
15.9.3　烟道故障
15.9.4　余热锅炉故障
15.9.5　排烟机故障或事故状态
第16章　镍冶炼中级工
16.1　开炉
16.1.1　开炉准备
16.1.2　烘炉
16.1.3　试生产
16.2　火法冶炼
16.2.1　进料
16.2.2　配料
16.3　冶炼
16.3.1　冶炼作业
16.3.2　生产技术控制
16.3.3　生产操作控制
16.3.4　产出
16.4　停炉检修
16.4.1　停炉作业
16.4.2　检修
16.5　安全操作

16.5.1　安全技术操作
16.5.2　安全保护及环保
16.5.3　相关知识：安全状态判定标准
16.6　设备维护及保养
16.6.1　设备维护
16.6.2　设备点检
16.7　常见故障的判断及处理
16.7.1　工艺故障处理
16.7.2　设备故障处理
第17章　铅冶炼中级工
17.1　概述
17.1.1　铅鼓风炉炉渣各主要成分的性质
17.1.2　铅炉渣渣型的选择
17.1.3　降低渣含铅的主要措施
17.2　停炉检修
17.2.1　炉体拆除注意事项
17.2.2　炉窑设施检修规程
17.3　设备维护与保养
17.3.1　设备点检
17.3.2　设备维护与保养
17.4　常见设备故障的判断与处理
17.4.1　设备故障判断知识
17.4.2　故障处理程序
第18章　TD炉系统中级工
18.1　TD炉的开炉
18.1.1　TD炉的开炉准备
18.1.2　烘炉
18.2　火法冶炼
18.2.1　进料
18.2.2　TD锌冶炼
18.3　停炉检修
18.3.1　停炉作业
18.3.2　安全操作
18.3.3　设备的维护和保养
18.3.4　常见的工艺及设备故障处理
第19章　竖罐蒸馏中级工
19.1　开炉
19.1.1　开炉准备
19.1.2　烘炉
19.1.3　大修、中修开炉升温曲线
19.2　冶炼
19.2.1　煤气的燃烧
19.2.2　热传递
19.3　安全操作
19.3.1　调整工岗位安全技术规程
19.3.2　补炉工安全技术规程
19.3.3　扫除工岗位安全技术规程
19.4　设备维护及保养
19.4.1　关键设备的维护保养
19.4.2　蒸馏炉补炉质量标准
19.4.3　预热风机的维护和保养
19.5　常见故障的判断及处理

19.5.1　工艺故障处理
第20章　热镀锌配料中级工
20.1　开炉
20.1.1　烘炉
20.1.2　烘炉的目的和意义
20.2　火法冶炼
20.2.1　进料
20.2.2　冶炼
20.2.3　产出
20.2.4　停炉
20.3　安全操作
20.3.1　安全技术操作
20.3.2　劳动保护用品的正确使用
20.4　设备维护及保养
20.4.1　单轨吊车开车前的准备
20.4.2　单轨吊车“十不吊”原则
20.5　常见故障的判断及处理
20.5.1　工艺故障处理
20.5.2　设备故障处理
第21章　竖罐蒸馏冷凝系统中级工
21.1　开炉
21.2　冶炼
21.3　停炉检修
21.4　安全操作
21.4.1　安全技术操作
21.4.2　安全保护及环保
21.5　常见故障的判断及处理
21.5.1　工艺故障处理
21.5.2　设备故障处理
第22章　氧化锌中级工
22.1　开炉
22.1.1　烘炉作业
22.1.2　开塔加料
22.2　火法冶炼
22.2.1　进料的准备
22.2.2　进料的条件
22.3　冶炼
22.3.1　运行参数判定
22.3.2　设备开修判定
22.4　产出
22.5　停炉检修
22.5.1　熔化炉
22.5.2　精馏塔（氧化锌）
22.5.3　燃烧室
22.5.4　氧化炉
22.5.5　精炼炉
22.5.6　布袋室
22.6　安全操作
22.6.1　安全技术操作
22.6.2　环境污染控制
22.7　常见故障的处理及判断
第23章　精馏锌精炼中级工

23.1 开炉
23.1.1 烘炉作业
23.1.2 开炉方案及升温曲线
23.1.3 开塔加料
23.2 火法冶炼
23.2.1 进料
23.2.2 冶炼
23.2.3 产出
23.2.4 停炉检修
23.2.5 安全操作
23.2.6 常见故障的判断及处理
第24章 锡冶炼焙烧中级工
24.1 开炉准备
24.1.1 开炉
24.1.2 处理开炉过程中的常见故障
24.2 作业过程
24.2.1 分析记录
24.2.2 控制运行参数
24.2.3 处理故障及停炉
24.2.4 质量管理
第25章 锡冶炼电炉中级工
25.1 开炉准备
25.2 烘炉
25.3 还原熔炼
25.3.1 进料和布料操作的基本知识
25.3.2 还原熔炼操作
25.3.3 放锡放渣操作
25.4 质量管理
25.4.1 电炉产出物料质量要求
25.4.2 质量控制
第26章 锡冶炼反射炉中级工
26.1 开炉
26.2 烘炉
26.3 还原熔炼
26.3.1 进料和布料操作的基本知识
26.3.2 还原熔炼操作
26.3.3 放锡放渣操作
26.3.4 记录的填写
26.3.5 交接班
26.4 停炉检修
26.5 质量管理
26.5.1 反射炉产出物料质量要求
26.5.2 质量控制
第27章 锡冶炼烟化炉中级工
27.1 开炉
27.1.1 开炉的准备
27.1.2 工艺参数
27.2 冶炼作业
27.2.1 进料的准备
27.2.2 进液料
27.2.3 冶炼作业
27.2.4 放渣

27.2.5　生产记录
27.2.6　设备的运行记录
27.3　设备维护及保养
27.3.1　设备维护及检查
27.3.2　停炉检修
27.3.3　安全操作
27.3.4　常见故障的判断及处理
第三单元　高级工
第28章　铜冶炼高级工
28.1　烘炉
28.1.1　系统试车
28.1.2　烘炉条件判定
28.1.3　烘炉操作
28.2　试生产
28.2.1　试生产条件判断
28.2.2　试生产操作
28.2.3　指导试生产作业
28.3　冶炼准备
28.4　冶炼
28.4.1　岗位操作规程
28.4.2　协调生产作业
28.4.3　工艺参数调整
28.5　产出
28.6　停炉检修
28.6.1　停炉作业
28.6.2　检修
28.7　安全操作
28.7.1　安全技术操作
28.7.2　安全保护及环保
28.8　设备维护及保养
28.8.1　设备维护
28.8.2　关键设备的维护保养
28.8.3　设备点检
28.9　常见故障的判断及处理
28.9.1　工艺故障处理
28.9.2　相关知识
第29章　镍冶炼高级工
29.1　开炉
29.1.1　烘炉
29.1.2　烘炉条件判定
29.1.3　电炉烘炉
29.1.4　转炉烘炉
29.1.5　试生产
29.2　火法冶炼
29.2.1　进料
29.2.2　冶炼
29.2.3　产出
29.3　停炉检修
29.3.1　停炉作业
29.3.2　检修
29.4　安全操作
29.4.1　安全技术操作

29.4.2 安全保护及环保
29.5 设备维护及保养
29.5.1 设备维护
29.5.2 关键设备的维护保养
29.5.3 设备点检
29.6 常见故障的判断及处理
29.6.1 工艺故障处理
29.6.2 设备故障处理
第30章 铅冶炼高级工
30.1 停炉检修
30.2 设备维修与保养
30.2.1 设备点检
30.2.2 提出设备整改建议
30.2.3 设备的维护保养
30.3 常见故障的判断与处理
第31章 锌冶炼TD炉高级工
31.1 锌冶金TD炉开炉
31.1.1 TD炉的烘炉
31.1.2 试生产
31.2 火法冶炼
31.2.1 进料
31.2.2 冶炼
31.2.3 产品产出
31.3 停炉检修
31.3.1 停炉作业
31.3.2 检修
31.3.3 安全操作
第32章 锌冶炼竖罐蒸馏高级工
32.1 开炉
32.2 火法冶炼
32.2.1 煤气、空气和废气三者之间的关系
32.2.2 竖罐裂漏的原因
32.2.3 罐体的侵蚀
32.2.4 调整工与扫除工，调整工与补炉工以及补炉工与扫除工之间的配合
32.2.5 相关知识
32.3 停炉检修
32.4 蒸馏炉及其主要附属设备和性能
32.5 常见故障的判断及处理
32.5.1 炉瘤（悬矿）的成因及控制
32.5.2 炉瘤的处理方法
第33章 热镀锌配料高级工
33.1 开炉
33.2 火法冶炼
33.2.1 组织配料
33.2.2 冶炼
33.2.3 设备维护
33.3 故障判断及处理
第34章 锌竖罐蒸馏冷凝系统高级工
34.1 开炉
34.1.1 烘炉
34.1.2 加焦
34.1.3 试生产

34.1.4　进料
34.2　冶炼
34.2.1　下延部送风
34.2.2　冷凝操作对蒸锌质量的影响
34.2.3　根据生产情况变化调整工艺参数
34.2.4　蒸锌质量的判定
34.3　停炉检修
34.4　设备维护及保养
34.4.1　转子冷凝器的维护规程
34.4.2　电动葫芦的维护规程
34.4.3　洗涤机的维护
34.4.4　螺旋输送机的维护
34.4.5　相关知识
第35章　氧化锌高级工
35.1　开炉
35.1.1　烘焙升温
35.1.2　正常操作及技术条件控制
35.2　间接法冶炼
35.2.1　间接法生产氧化锌的原料
35.2.2　间接法生产氧化锌对燃料的要求
35.2.3　间接法生产氧化锌基本原理
35.2.4　氧化锌生产的工艺流程
35.2.5　精馏塔的基系数
35.2.6　开炉升温规定
35.2.7　氧化锌物理质量标准
35.2.8　氧化锌入库标准
35.3　停炉检修
35.4　特殊操作与故障处理
35.4.1　停电操作
35.4.2　换加料器和加料管操作
35.4.3　热补塔
第36章　精馏锌精炼高级工
36.1　开炉
36.1.1　开炉
36.1.2　正常操作及技术条件控制
36.2　火法冶炼
36.3　停炉检修
36.3.1　停炉作业
36.3.2　特殊操作与故障处理
36.3.3　精馏产物及处理
第四单元　技师
第37章　铜冶炼技师
37.1　开炉
37.1.1　烘炉
37.1.2　试生产
37.2　火法冶炼
37.2.1　进料
37.2.2　冶炼
37.3　停炉检修
37.3.1　停炉作业
37.3.2　检修
37.4　安全操作

37.4.1 安全技术操作
37.4.2 安全保护及环保
37.5 生产管理
37.5.1 质量管理
37.5.2 生产过程管理
37.6 培训与指导
37.6.1 理论培训
37.6.2 指导操作
37.6.3 相关知识
第38章 镍冶炼技师
38.1 开炉
38.1.1 烘炉
38.1.2 试生产
38.2 火法冶炼
38.2.1 进料
38.2.2 冶炼
38.3 停炉检修
38.3.1 停炉作业
38.3.2 检修
38.4 安全操作
38.4.1 安全技术操作
38.4.2 安全保护及环保
38.5 生产管理
38.5.1 质量管理
38.5.2 生产过程管理
38.5.3 相关知识
38.6 培训与指导
38.6.1 理论培训
38.6.2 指导操作
38.6.3 相关知识
第39章 铅冶炼技师
39.1 停炉检修
39.1.1 冶金炉窑检修质量标准
39.1.2 电热前床检修质量标准
39.2 生产管理
39.2.1 生产过程管理
39.2.2 生产过程管理方法的改进
第40章 锌冶炼技师
40.1 竖罐蒸馏
40.1.1 开炉
40.1.2 加料与排料
40.1.3 冶炼
40.2 热镀锌配料
40.2.1 开炉
40.2.2 火法冶炼
40.2.3 停炉检修
40.2.4 安全操作
40.2.5 生产管理
40.2.6 培训与指导
40.3 竖罐蒸馏冷凝系统
40.3.1 开炉
40.3.2 冶炼

40.3.3 停炉检修
40.3.4 蒸馏炉及其主要附属设备和性能
40.4 氧化锌技师
40.4.1 开炉
40.4.2 冶炼过程
40.4.3 供热
40.4.4 氧化锌的冶炼方法
40.4.5 主要设备选择计算
40.5 精馏锌精炼工
40.5.1 开炉
40.5.2 火法冶炼
40.5.3 主要设备选择计算
40.5.4 停炉检修
40.5.5 质量管理
40.5.6 生产过程管理
40.5.7 粗锌精炼技术发展方向
第41章 锡冶炼技师
41.1 焙烧
41.1.1 作业过程
41.1.2 质量管理
41.2 电炉炼锡
41.2.1 开炉准备
41.2.2 烘炉操作
41.2.3 锡电炉还原熔炼
41.2.4 安全注意事项
41.2.5 质量管理
41.3 反射炉炼锡
41.3.1 开炉
41.3.2 锡反射炉还原熔炼
41.3.3 质量管理
41.4 烟化炉炼锡
41.4.1 开炉
41.4.2 冶炼作业
41.4.3 设备维护及保养
41.4.4 停炉检修
41.4.5 安全操作
41.4.6 常见故障的判断及处理
41.4.7 生产管理
41.4.8 培训与指导
41.5 锡火法精炼
41.5.1 概述
41.5.2 锡火法精炼
41.5.3 高温氧化锅操作实践部分
41.5.4 氧化锅作业
41.5.5 结晶机除铅、铋
41.5.6 铸锭
第五单元 高级技师
第42章 铜冶炼高级技师
42.1 开炉
42.1.1 烘炉
42.1.2 试生产
42.2 火法冶炼

42.2.1 进料
42.2.2 审核岗位技术操作规程
42.2.3 审核工艺参数
42.2.4 工业试验
42.3 安全操作
42.3.1 安全技术操作
42.3.2 安全保护及保养
42.3.3 相关知识
42.4 生产管理
42.4.1 生产过程管理
42.4.2 技术管理
42.4.3 相关知识
42.5 培训与指导
42.5.1 理论培训
42.5.2 指导操作
42.6 工艺改进及创新
42.6.1 工艺改进
42.6.2 工艺创新
42.6.3 相关知识
第43章 镍冶炼高级技师
43.1 开炉
43.1.1 烘炉
43.1.2 试生产
43.2 火法冶炼
43.2.1 进料
43.2.2 审核岗位技术操作规程
43.2.3 审核工艺参数
43.2.4 工业试验
43.3 安全操作
43.3.1 安全技术操作
43.3.2 安全保护及保养
43.4 生产管理
43.4.1 生产过程管理
43.4.2 技术管理
43.5 培训与指导
43.5.1 理论培训
43.5.2 指导操作
43.6 工艺改进及创新
43.6.1 工艺改进
43.6.2 工艺创新
第44章 铅冶炼高级技师
44.1 生产管理
44.1.1 生产过程管理
44.1.2 生产过程管理方法的改进
44.2 生产过程管理制度审核
44.2.1 管理制度审核的依据
44.2.2 生产过程管理制度审核
44.3 技术管理
44.3.1 科技文献检索
44.3.2 电子表格应用
44.3.3 技术总结撰写
44.4 工艺改进及创新

44.4.1 工艺改进
44.4.2 现代炼铅工艺
第45章 锌冶炼高级技师
45.1 竖罐蒸馏工
45.1.1 开炉
45.1.2 冶炼
45.1.3 冶炼回收率
45.2 热镀锌配料工
45.2.1 开炉
45.2.2 生产
45.2.3 安全操作
45.2.4 生产管理
45.2.5 培训与指导
45.3 竖罐蒸馏冷凝系统工
45.3.1 开炉
45.3.2 冶炼
45.4 氧化锌工
45.4.1 开炉
45.4.2 加料
45.4.3 正常操作及技术条件控制
45.4.4 间接法冶炼
45.4.5 停炉检修
45.5 精馏锌精炼工
45.5.1 开炉
45.5.2 火法冶炼
45.5.3 精馏塔及其附属设备的结构与作用
45.5.4 正常操作条件控制与调整
45.5.5 主要设备选择计算
第46章 锡冶炼高级技师
46.1 焙烧
46.1.1 作业过程
46.1.2 检修炉窑
46.1.3 成本核算
46.1.4 质量管理
46.2 电炉
46.2.1 开炉准备
46.2.2 烘炉操作
46.2.3 锡电炉还原熔炼
46.2.4 故障处理
46.2.5 安全注意事项
46.2.6 质量管理
46.2.7 锡电炉筑炉、修炉时要注意做四个方面工作
46.2.8 设备维修和保养
46.3 反射炉高级技师
46.3.1 开炉
46.3.2 锡反射炉还原熔炼
46.3.3 质量管理
46.4 烟化炉
46.4.1 开炉
46.4.2 冶炼作业
46.4.3 设备维护及保养
46.4.4 停炉检修

46.4.5　安全操作
46.4.6　常见故障的判断及处理
46.4.7　生产管理
46.4.8　培训与指导
46.4.9　工艺改进及创新
后记