

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB 50985 – 2014

铅锌冶炼厂工艺设计规范

Code for process design of lead and zinc smelters

2014 – 04 – 15 发布

2015 – 01 – 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

铅锌冶炼厂工艺设计规范

Code for process design of lead and zinc smelters

GB 50985-2014

主编部门:中国有色金属工业协会

批准部门:中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期:2015年1月1日

中国计划出版社

2014年 北 京

中华人民共和国国家标准
铅锌冶炼厂工艺设计规范

GB 50985-2014



中国计划出版社出版

网址: www.jhpress.com

地址: 北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 3 层

邮政编码: 100038 电话: (010) 63906433 (发行部)

新华书店北京发行所发行

三河富华印刷包装有限公司印刷

850mm×1168mm 1/32 2.75 印张 68 千字

2014 年 11 月第 1 版 2014 年 11 月第 1 次印刷



统一书号: 1580242·424

定价: 17.00 元

版权所有 侵权必究

侵权举报电话: (010) 63906404

如有印装质量问题, 请寄本社出版部调换

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第 398 号

住房城乡建设部关于发布国家标准 《铅锌冶炼厂工艺设计规范》的公告

现批准《铅锌冶炼厂工艺设计规范》为国家标准，编号为 GB 50985—2014，自 2015 年 1 月 1 日起实施。其中，第 1.0.6、5.1.3、7.4.1、7.4.2、7.5.5 条为强制性条文，必须严格执行。

本规范由我部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2014 年 4 月 15 日

前 言

本规范是根据原建设部《关于印发〈2007 年工程建设标准规范制订、修订计划(第二批)〉的通知》(建标〔2007〕126 号)的要求,由中国恩菲工程技术有限公司和中国有色金属工业工程建设标准规范管理处会同有关单位共同编制完成的。

在本规范编制过程中,编制组经广泛调查研究,认真总结了近年铅锌冶炼行业的实践经验,参考国内外有关标准,并在广泛征求意见的基础上,经过反复讨论、修改和完善,最后经审查定稿。

本规范共分 10 章,主要技术内容包括:总则,原料、辅助原料、燃料,物料的贮存与准备,铅冶炼工艺,锌冶炼工艺,冶金计算,主要设备选择,总平面和车间配置,辅助生产设施,有价金属回收等。

本规范以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本规范由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释,由中国有色金属工业工程建设标准规范管理处负责日常管理,由中国恩菲工程技术有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见和建议,请寄送至中国恩菲工程技术有限公司(地址:北京市复兴路 12 号,邮政编码:100038)。

本规范主编单位、参编单位、主要起草人员和主要审查人:

主 编 单 位:中国恩菲工程技术有限公司

中国有色金属工业工程建设标准规范管理处

参 编 单 位:长沙有色冶金设计研究院有限公司

主要起草人:王建铭 王忠实 陆业大 戴江洪 贾 睿

彭子玉 陈阜东 仝一喆 左小红 吴 筱

主要审查人:赵国权 舒毓璋 舒见义 梁 可 肖功明

李卫锋 贾著红 李若贵 徐庆新

目 次

1	总 则	(1)
2	原料、辅助原料、燃料	(2)
2.1	原料	(2)
2.2	辅助原料	(2)
2.3	燃料	(3)
3	物料的贮存与准备	(4)
3.1	贮存	(4)
3.2	精矿干燥	(4)
3.3	配料	(5)
3.4	混合与制粒	(5)
4	铅冶炼工艺	(6)
4.1	铅冶炼	(6)
4.2	二次铅物料回收	(6)
5	锌冶炼工艺	(8)
5.1	一般规定	(8)
5.2	硫化锌精矿焙烧	(8)
5.3	湿法炼锌	(8)
5.4	二次锌物料回收	(9)
6	冶金计算	(10)
6.1	一般规定	(10)
6.2	铅冶炼冶金计算的主要参数	(10)
6.3	锌冶炼冶金计算的主要参数	(14)
7	主要设备选择	(18)
7.1	一般规定	(18)

7.2	給料设备	(18)
7.3	输送机械	(18)
7.4	起重设备	(18)
7.5	铅冶炼设备	(19)
7.6	密闭鼓风炉炼锌	(20)
7.7	湿法炼锌	(21)
8	总平面和车间配置	(25)
8.1	一般规定	(25)
8.2	物料的贮存与准备	(25)
8.3	氧气底吹熔炼、顶吹熔炼、氧气底吹熔炼直接炼铅(QSL)法、 基夫赛特(Kivcet)法、闪速熔炼法炼铅	(26)
8.4	液态富铅渣直接还原熔炼	(29)
8.5	铅精炼	(29)
8.6	湿法炼锌	(30)
8.7	密闭鼓风炉炼锌(ISP)	(31)
9	辅助生产设施	(33)
10	有价金属回收	(34)
10.1	一般规定	(34)
10.2	铅冶炼厂有价金属回收	(34)
10.3	锌冶炼厂有价金属回收	(35)
	本规范用词说明	(37)
	引用标准名录	(38)
	附:条文说明	(39)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Raw materials, auxiliary materials, fuels	(2)
2.1	Raw materials	(2)
2.2	Auxiliary materials	(2)
2.3	Fuels	(3)
3	Storage and preparation of materials	(4)
3.1	Storage	(4)
3.2	Concentrate drying	(4)
3.3	Proportioning	(5)
3.4	Blending and pelletizing	(5)
4	Lead smelting process	(6)
4.1	Lead smelting	(6)
4.2	Secondary lead materials recovery	(6)
5	Zinc smelting process	(8)
5.1	General requirement	(8)
5.2	Zinc sulphide concentrate roasting	(8)
5.3	Zinc hydrometallurgy	(8)
5.4	Secondary zink materials recovery	(9)
6	Metallurgical calculation	(10)
6.1	General requirement	(10)
6.2	Main parameters for lead smelting	(10)
6.3	Main parameters for zinc smelting	(14)
7	Main equipment selection	(18)
7.1	General requirement	(18)

7.2	Feeding equipment	(18)
7.3	Conveying machine	(18)
7.4	Hoisting equipment	(18)
7.5	Lead smelting equipment	(19)
7.6	ISP smelting	(20)
7.7	Zinc hydrometallurgy equipment	(21)
8	General layout and plant arrangement	(25)
8.1	General requirement	(25)
8.2	Storage and preparation of materials	(25)
8.3	SKS,TSL,QSL,kivcet and flash lead smelting	(26)
8.4	Direct reduction of molten rich lead slag	(29)
8.5	Lead refining	(29)
8.6	Zinc hydrometallurgy	(30)
8.7	ISP smelting	(31)
9	Auxiliary facilites	(33)
10	Precious metals recovery	(34)
10.1	General requirement	(34)
10.2	Lead smelter precious metals recovery	(34)
10.3	Zinc smelter precious metals recovery	(35)
	Explanation of wording in this code	(37)
	List of quoted standards	(38)
	Appendix: Explanation for provision	(39)

1 总 则

1.0.1 为促进技术进步,确保铅锌冶炼厂的工程设计技术先进、经济合理、节能环保、安全可靠,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于新建、改建和扩建的铅锌冶炼厂的工艺设计。工艺设计应由基本(初步)设计和详细(施工图)设计组成。

1.0.3 铅锌冶炼厂工艺设计在完成项目核准或备案后,应完成环境影响报告书及批复、安全预评价报告及备案、项目使用场地的工程地质勘察报告等工程项目前期工作。

1.0.4 铅锌冶炼厂工艺设计开始前应取得下列协议:

- 1 项目的供电、供水协议;
- 2 主要原料供应协议。

1.0.5 铅锌冶炼厂工艺设计应符合下列要求:

1 铅锌冶炼厂分期建设时,应做好全面规划设计,满足分期建设的需要;

2 采用技术成熟、技术经济指标先进的冶炼工艺;

3 集成先进机械、仪表设备,实现过程自动控制、管理数字化传递;

4 合理确定产品结构;

5 充分利用有色金属资源,综合回收有价值元素;

6 铅锌冶炼厂工艺设计所选的新工艺应具有可靠的工业试验数据,或有关鉴定报告书。

1.0.6 环保、消防、职业安全卫生设施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入生产和使用。

1.0.7 铅锌冶炼厂工艺设计,除应符合本规范外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 原料、辅助原料、燃料

2.1 原 料

2.1.1 铅精矿的质量应符合现行行业标准《铅精矿》YS/T 319 的有关规定。

2.1.2 锌精矿的质量应符合现行行业标准《锌精矿》YS/T 320 的有关规定。

2.1.3 混合铅锌精矿的质量应符合现行行业标准《混合铅锌精矿》YS/T 452 的有关规定。

2.2 辅 助 原 料

2.2.1 熔剂应符合下列规定：

1 硅石(石英石)应符合现行行业标准《硅石》YB/T 5268 的有关规定；

2 石灰石应符合现行行业标准《石灰石》YB/T 5279 的有关规定；

3 铁矿石宜含铁 50%以上；

4 其他熔剂应符合国家现行相关熔剂标准的规定。

2.2.2 化学品应符合下列规定：

1 硫酸应符合现行国家标准《工业硫酸》GB/T 534 的有关规定；

2 硅氟酸应符合现行行业标准《工业氟硅酸》HG/T 2832 的有关规定；

3 氢氧化钠(烧碱)应符合现行国家标准《工业用氢氧化钠》GB 209 的有关规定；

4 碳酸钠(纯碱)应符合现行国家标准《工业碳酸钠及其试验

方法 第1部分:工业碳酸钠》GB 210.1 的有关规定;

5 硝酸钠(硝石)应符合现行国家标准《工业硝酸钠》GB/T 4553 的有关规定;

6 硫磺应符合现行国家标准《工业硫磺》GB/T 2449 的有关规定;

7 二氧化锰矿粉应符合现行行业标准《化工用二氧化锰矿粉》YB/T 5084 的有关规定;

8 液氯等其他化学品应符合现行国家标准《工业用液氯》GB 5138 等的有关规定。

2.3 燃 料

2.3.1 焦炭(粉)质量应符合现行国家标准《冶金焦炭》GB/T 1996 及下列规定:

1 焦炭的 NR 值宜小于 1.2,不应大于 1.4;

2 焦粉粒度在 5mm~15mm 范围内的应大于 50%。

2.3.2 烟煤质量指标宜符合表 2.3.2 的要求。

表 2.3.2 烟煤质量指标

固定碳(%)	挥发分(%)	灰分(%)	低发热值(MJ/kg)
>60	>28	<16	>25

2.3.3 粉煤质量指标宜符合表 2.3.3 的要求。

表 2.3.3 粉煤质量指标

固定碳 (%)	挥发分 (%)	灰分 (%)	灰分熔点 (℃)	水分 (%)	低发热值 (MJ/kg)	粒度 ($<74\mu\text{m}$)(%)
± 60	>25	<15	>1200	<1.5	>25	80~85

2.3.4 重油质量应符合现行行业标准《燃料油》SH/T 0356 的有关规定。

2.3.5 天然气应符合现行国家标准《天然气》GB 17820 的有关规定。

2.3.6 发生炉净化冷煤气的热值不宜低于 $5.23\text{MJ}/\text{Nm}^3$ 。

3 物料的贮存与准备

3.1 贮 存

3.1.1 物料的贮存时间,应符合下列规定:

- 1 精矿的贮存时间宜为 20d~30d,北方高寒地区可为 60d~90d;
- 2 熔剂的贮存时间宜为 20d~30d;
- 3 焦炭的贮存时间宜为 20d~30d;
- 4 烟煤的贮存时间应为 30d~60d,堆高不应超过 3.5m;
- 5 化学品的贮存时间宜为 30d~60d;
- 6 重油的贮存量宜多于一个月的用量,贮油罐数不宜少于 2 个;
- 7 火法炼铅和湿法炼锌工艺中产出氧化锌,应设置氧化锌仓库,宜有贮存 3d~5d 的仓容。独立铅冶炼厂的氧化锌仓库仓容可加大到 20d。

3.1.2 精矿应贮存于有屋盖的地坑式矿仓内,矿仓应按需要分格,宜设置混料仓。

3.1.3 寒冷地区的冶炼厂的精矿仓,应设采暖、防冻、解冻设施。

3.1.4 焦炭、粉煤用烟煤宜贮存于有屋盖的仓库。

3.1.5 熔剂、燃料烟煤可贮存在露天仓库。

3.1.6 化学品贮存应符合现行国家标准《常用化学危险品贮存通则》GB 15603 和国家关于危险化学品安全管理的有关规定。

3.2 精 矿 干 燥

3.2.1 精矿含水率达到 10%以上时,宜设置干燥处理设施。

3.2.2 采用圆筒干燥机干燥时,主要技术参数应符合下列规定:

- 1 干燥强度应为 $30\text{kg(水)}/(\text{m}^3 \cdot \text{h}) \sim 50\text{kg(水)}/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$;

- 2 干燥耗热量应为 $5\text{MJ/kg(水)}\sim 6\text{MJ/kg(水)}$;
 - 3 进口热气温度宜为 700°C , 出口废气温度应为 120°C ;
 - 4 下料管角度应大于 65° ;
 - 5 精矿干燥后含水率应为 $7\%\sim 8\%$;
 - 6 日作业时间应为 $18\text{h}\sim 22\text{h}$ 。
- 3.2.3** 当精矿干燥要求含水率小于 1% , 并设余热锅炉提供饱和蒸汽热源时, 应优先采用蒸汽干燥装置。蒸汽压力应为 $2\text{MPa}\sim 4\text{MPa}$, 蒸汽温度应为 $214^{\circ}\text{C}\sim 250^{\circ}\text{C}$ 。

3.3 配 料

- 3.3.1** 铅锌冶炼厂宜采用仓式配料, 配料仓容积宜满足每种物料贮存 $8\text{h}\sim 16\text{h}$ 用量。黏结性物料贮存可小于 4h 。
- 3.3.2** 配料仓下方应装设带称量装置的给料设备。单机称量允许误差应为 $\pm 0.5\%$, 系统称量允许误差应为 $\pm 1\%$ 。
- 3.3.3** 配料仓应采用钢板制作, 圆锥形配料仓的仓壁倾角: 精矿仓宜大于 60° ; 返粉仓、熔剂仓、水碎渣仓宜大于 50° ; 减压仓宜大于 60° ; 烟尘仓宜大于 65° 。顶部为敞开式的配料仓宜设格栅。
- 3.3.4** 配料仓壁外宜装设振打器或空气炮。
- 3.3.5** 配料仓进、出料处应设防尘通风装置, 仓内应设料位测量和报警装置。
- 3.3.6** 配料工序宜采用计算机控制。

3.4 混合与制粒

- 3.4.1** 由几种精矿或物料经配料而成的复合料, 应混合均匀, 混合设备宜采用圆筒混合机, 物料在圆筒内的停留时间不应低于 2min 。
- 3.4.2** 冶炼工艺要求炉料为颗粒状时, 应进行制粒。制粒设备宜采用圆筒制粒机或圆盘制粒机, 制成的球粒宜为 $\phi 6\text{mm}\sim \phi 15\text{mm}$ 。

4 铅冶炼工艺

4.1 铅 冶 炼

4.1.1 新建的大型铅冶炼厂铅粗炼应采用铅精矿直接熔炼工艺。

4.1.2 铅精矿直接熔炼工艺宜采用氧气底吹熔炼-液态富铅渣直接还原炼铅、富氧侧吹炼铅、氧气底吹熔炼直接炼铅(QSL)法炼铅、基夫赛特(Kivcet)法炼铅、富氧顶吹炼铅和闪速熔炼炼铅等炼铅技术。

4.1.3 铅冶炼工艺设计应做到有价金属有效综合回收。

4.1.4 铅冶炼工艺设计中对有害人体健康的元素或化合物的处理应符合国家有关工业企业设计卫生标准和国家有关安全生产的规定。

4.1.5 粗铅脱铜后的精炼工艺应符合下列规定：

1 粗铅含锡小于 0.2%时,宜采用电解精炼工艺；

2 当电解精炼后阴极铅含锡大于或等于 0.2%时,宜采用碱性精炼脱锡；

3 粗铅含锡大于或等于 0.2%、铋含量大于或等于 1.5%且火法精炼不能满足要求时,宜先采用碱性精炼除锡、砷、锑,后采用电解精炼除金、银、铋的联合精炼工艺。

4.1.6 年产 100kt 电铅的铅电解厂宜采用大型阳极板立模浇铸自动排板生产线,阴极制造、阴阳极自动排距生产线,电铅自动浇铸、码垛生产线。

4.1.7 铅物料不得被运输工具等携带至厂外,不得造成二次污染。

4.2 二次铅物料回收

4.2.1 二次铅物料回收应包括杂铅回收、废铅酸电池回收、其他行业产出的铅物料回收。

4.2.2 处理硫化铅精矿的铅冶炼厂宜设二次铅物料回收的设备，并宜具备二次铅物料回收能力。

4.2.3 废铅酸电池解体可采用整体破碎、筛分、选矿的工艺将金属颗粒、电池壳颗粒、铅泥选分，也可采用切割法将壳体与栅板、铅泥分开。铅泥宜返回矿铅生产系统。

5 锌冶炼工艺

5.1 一般规定

- 5.1.1 处理硫化锌精矿的锌冶炼厂应采用焙烧-浸出、直接浸出(常压富氧浸出、加压氧浸出)湿法炼锌工艺。
- 5.1.2 锌氧化矿宜采用直接浸出湿法冶炼工艺。
- 5.1.3 锌冶炼厂的浸出弃渣堆存前必须进行无害化处理。
- 5.1.4 渣库设计应符合现行国家标准《危险废物填埋污染控制标准》GB 18598 的有关规定。
- 5.1.5 硫化铅锌矿无法分选时产出的铅锌混合精矿,宜采用铅锌密闭鼓风炉熔炼工艺处理。

5.2 硫化锌精矿焙烧

- 5.2.1 硫化锌精矿焙烧应采用上部扩大型的流态化焙烧炉,焙烧烟气应设余热锅炉回收烟气显热。
- 5.2.2 焙砂冷却宜采用内冷式冷却圆筒。

5.3 湿法炼锌

- 5.3.1 硫酸销售渠道有保障的地区,宜采用硫化锌精矿焙烧-浸出工艺。
- 5.3.2 硫化锌精矿焙砂宜采用热酸浸出工艺,浸出液除铁工艺宜采用低污染黄钾铁矾除铁、针铁矿除铁、赤铁矿除铁、喷淋除铁等工艺。
- 5.3.3 热酸浸出铅银渣宜送铅系统综合回收,常规浸出渣、针铁矿渣和喷淋除铁渣等宜采用火法处理。
- 5.3.4 硫酸销售困难地区建厂或老厂扩大产能的改、扩建工程,

宜采用直接浸出工艺流程,单独建厂宜采用二段直接浸出工艺流程,并应同步设计硫渣综合回收生产工艺。

5.4 二次锌物料回收

5.4.1 二次锌物料回收应包括钢厂含锌烟尘、镀锌浮渣、炉底渣、铅厂氧化锌烟尘及其他含锌烟尘等二次锌物料回收。

5.4.2 处理工艺应回收锌和其他有价元素,宜采用碱洗、氯盐回收、萃取、电解工艺。

6 冶金计算

6.1 一般规定

6.1.1 基本(初步)设计阶段工艺设计应进行生产全过程的冶炼工序的冶金计算;计算内容应包括全部物料平衡、金属平衡、空气量、烟气量及烟尘成分。金属平衡计算应对 5 种重点防控元素铅、镉、铬、汞、砷(Pb、Cd、Cr⁶⁺、Hg、As)作出走向分布并进行平衡计算,物料平衡计算中不应出现损失一项。

6.1.2 基本(初步)设计阶段,工艺设计中的干燥、焙烧、熔炼、烟化工序应进行热平衡计算。

6.1.3 年物料平衡中的物料与一般元素重量单位应以吨计,稀贵金属重量单位应以千克计,均应精确到小数点后两位。

6.2 铅冶炼冶金计算的主要参数

6.2.1 精矿干燥窑窑尾出口烟气温度不应小于 120℃,干燥窑脱水强度应为 30kg/(m³·h)~50kg/(m³·h)。

6.2.2 氧气底吹熔炼工艺设计应采用下列参数:

- 1 高铅氧化渣含铅宜为 35%~45%;
- 2 烟尘率不宜大于 18%;
- 3 富铅渣渣型的钙硅比(CaO:SiO₂)宜为 0.4~0.6,铁硅比[(FeO+ZnO):SiO₂]宜为 1.0~2.0;
- 4 氧气(O₂)利用率不应小于 95%。

6.2.3 富氧顶吹炼铅工艺宜采用下列参数:

- 1 富铅渣含铅宜为 40%~50%。
- 2 烟尘率宜为 13%~18%。
- 3 富铅渣宜采用下列参数:

- 1) 钙硅比($\text{CaO} : \text{SiO}_2$)宜为 0.4~0.6;
- 2) 铁硅比 $[(\text{FeO} + \text{ZnO}) : \text{SiO}_2]$ 宜为 1.0~2.0。
- 4 富氧浓度宜大于等于 34%。
- 5 炉床能力宜为 $80\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d}) \sim 90\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。
- 6.2.4 液态富铅渣直接还原熔炼工艺宜采用下列参数:
 - 1 还原后炉渣含锌宜为 10%~20%, 含铅不宜大于 3.0%;
 - 2 烟尘率宜为 8%~12%;
 - 3 还原粒煤消耗宜为 3%~6%;
 - 4 富氧浓度宜为 50%~95%。
- 6.2.5 氧气底吹(顶吹)熔炼-富铅渣直接还原炼铅工艺铅冶炼能耗宜小于 280kgce/t 粗铅。
- 6.2.6 基夫赛特(Kivcet)法炼铅工艺宜采用下列参数:
 - 1 粗铅含铅宜为 95%~98%;
 - 2 炉渣含铅宜小于 5%;
 - 3 烟尘率宜为 4%~8%;
 - 4 渣型的硅钙比($\text{SiO}_2 : \text{CaO}$)宜为 1.5~2.5, 硅铁比($\text{SiO}_2 : \text{Fe}$)宜为 0.8~1.0;
 - 5 氧气浓度宜大于 90%。
- 6.2.7 氧气底吹熔炼直接炼铅(QSL)法炼铅工艺宜采用下列参数:
 - 1 粗铅含铅宜为 95%~98%;
 - 2 炉渣含铅宜小于 5%;
 - 3 烟尘率宜为 15%~18%;
 - 4 渣型中的铅不宜大于 15%, 氧化亚铁为 25%~35%, 二氧化硅为 25%~35%, 氧化钙为 15%~20%;
 - 5 氧气浓度不宜小于 90%;
 - 6 粗铅能耗宜小于 10.26MJ/t(350kgce/t)。
- 6.2.8 氧气侧吹法炼铅工艺宜采用下列参数:
 - 1 炉渣含铅不宜大于 2%;

2 烟尘率不宜大于 15%，烟气二氧化硫浓度宜为 8%；

3 氧气浓度不宜小于 60%。

6.2.9 闪速熔炼炼铅工艺宜采用下列参数：

1 粗铅含铅宜为 97%~99%；

2 炉渣含铅宜小于 3%、锌小于 3%；

3 烟尘率宜为 4%~8%，烟气二氧化硫浓度宜大于 20%；

4 钙硅比($\text{CaO} : \text{SiO}_2$)宜为 0.4~0.7，铁硅比($\text{Fe} : \text{SiO}_2$)宜为 0.8~1.1；

5 氧气浓度宜大于 90%。

6.2.10 卡尔多(Kaldo)法应用于处理废电极板，宜采用下列参数：

1 炉渣含铅宜小于 4%；

2 氧气浓度不宜小于 90%；

3 烟尘率不宜大于 15%；

4 熔炼周期不宜大于 240min。

6.2.11 烟化炉烟化宜采用下列参数：

1 挥发锗(Ge)、铟(In)时，烟化后渣含锌宜小于 2%；

2 处理含铅大于 2.5%的铅熔炼炉渣时，锌挥发率不宜小于 80%，铅挥发率不宜小于 85%，锗挥发率不宜小于 80%；

3 烟化炉烟化挥发熔炼时粉煤率宜为 15%~25%，处理湿法炼锌浸出渣时粉煤率宜为 45%~50%；

4 烟化炉烟化挥发熔炼加热期空气过剩系数宜为 0.8~0.9，还原期空气过剩系数宜为 0.6~0.7；

5 烟化炉烟化挥发熔炼时三次风口吸入风量宜为总风量的 20%。

6.2.12 粗铅脱铜精炼应符合下列要求：

1 铅电解精炼前的脱铜精炼应符合下列要求：

1) 熔析脱铜精炼，应升温至 650℃~700℃，然后降温至 520℃，加碎煤搅拌，熔析脱铜后粗铅含铜应为 0.05%~

0.1%;

2) 加硫脱铜的加硫量应为生成硫化铜所需硫理论量的 1.25 倍~1.30 倍。

2 粗铅全火法精炼的脱铜精炼,脱铜后粗铅含铜不应大于 0.005%。

3 浮渣反射炉熔炼烟尘率宜为 2.5%~3%。

6.2.13 粗铅电解精炼宜采用下列参数:

1 大型铅电解车间宜采用大阳极板、大型整体电解槽;

2 阳极泥率宜为 1%~3%;

3 大极板残极率不宜大于 38%,小极板残积率不宜大于 45%;

4 铅电解液成分宜为二价铅离子(Pb^{2+})60g/L~120g/L,游离硅氟酸(H_2SiF_6)60g/L~100g/L,硅氟酸离子(SiF_6^{2-})100g/L~180g/L。

6.2.14 除脱铜精炼外的粗铅火法精炼宜采用下列参数:

1 碱性精炼除锡、砷、锑各种反应剂的加入量宜符合表 6.2.14 的规定;

表 6.2.14 碱性精炼除锡、砷、锑各种反应剂的加入量(杂质质量的倍数)

反应剂 杂质	Na_2CO_3	NaOH	NaNO_3	NaCl
Sn	1.2~1.5	2.0	0.7	0.7
As	1.5~2.0	3.0	1.1	1.2
Sb	1.5~2.0	1.6	0.6	0.7

2 加锌除银过程中的锌加入量宜为粗铅总量的 1%~1.5%,或为粗铅含银量的 5%~10%;

3 加钙、镁除铋过程中的钙加入量宜为粗铅含铋量的 2.5 倍~10 倍,镁的加入量宜为粗铅含铋量的 3.5 倍~12 倍。

6.3 锌冶炼冶金计算的主要参数

6.3.1 精矿干燥窑尾部出口烟气温度不宜小于 120°C ,干燥窑脱水强度宜为 $40\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{h}) \sim 90\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$ 。

6.3.2 流态化焙烧工序宜采下列参数:

- 1 焙烧温度宜为 $860^{\circ}\text{C} \sim 1050^{\circ}\text{C}$;
- 2 焙砂残硫[硫化物的硫(S_{MeS})]宜为 $0.2\% \sim 0.4\%$;
- 3 烟尘残硫[硫化物的硫(S_{MeS})]宜为 $0.6\% \sim 0.8\%$;
- 4 氧过剩系数宜为 $1.15 \sim 1.25$ 。

6.3.3 焙砂浸出工序宜采用下列参数:

1 传统浸出宜符合下列要求:

1)主要金属浸出率宜符合表 6.3.3-1 的规定;

表 6.3.3-1 主要金属浸出率

元 素	Zn	Cd	Cu
浸出率(%)	≥ 80	≥ 80	$30 \sim 45$

2)中浸上清液含锌宜大于 140g/L ;

3)浸出渣含锌宜为 $16\% \sim 22\%$,其中水溶锌宜为 $1\% \sim 4\%$ 。

2 热酸浸出宜采用下列参数:

主要金属浸出率宜符合表 6.3.3-2 的规定。

表 6.3.3-2 主要金属浸出率

元 素	Zn	Cd	Cu	Fe	In
浸出率(%)	≥ 98	≥ 95	~ 90	$80 \sim 90$	≥ 90

6.3.4 净化工序宜采用下列参数:

1 锌粉加入量宜为置换铜(Cu)、镉(Cd)理论量的 3 倍~4 倍;

2 净化后电解液含二价钴离子(Co^{2+})浓度宜小于 1mg/L ,含二价铜离子(Cu^{2+})浓度宜小于 0.2mg/L ,含二价镉离子(Cd^{2+})浓度宜小于 1mg/L 。

6.3.5 锌电积废电解液含锌离子(Zn^{2+})宜为 $45\text{g/L} \sim 55\text{g/L}$,酸

锌比($\text{H}_2\text{SO}_4 : \text{Zn}^{2+}$ 的质量比)宜为 3.2~3.5。

6.3.6 熔铸宜采用感应电炉熔化锌片,锌直收率宜为 97.0%~97.5%。

6.3.7 锌粉制造,锌直收率宜为 92%~95%。

6.3.8 浸出渣干燥工序应采用下列参数:

- 1 干燥后浸出渣含水率应为 12%~15%;
- 2 干燥窑脱水强度宜为 $70\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{h}) \sim 90\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$ 。

6.3.9 挥发窑挥发工序宜采用下列参数:

- 1 主要金属挥发率宜符合表 6.3.9 的规定;

表 6.3.9 主要金属挥发率(%)

元素	Zn	Pb	In
挥发率	≥ 93	≥ 85	≥ 60

- 2 焦率宜为 50%;
- 3 氧化锌产出率宜为浸出干渣量的 30%~35%;
- 4 窑渣率宜为浸出干渣量的 60%~70%;
- 5 窑渣含锌宜小于 2%,含铅宜小于 1%。

6.3.10 氧化锌烟尘多膛炉焙烧脱氟、氯工序宜采用下列参数:

- 1 锌直收率宜大于 98%;
- 2 脱氟率宜大于 93%、脱氯率宜为 60%~80%;
- 3 焙砂产出率宜为 97%~98%;
- 4 烟尘率宜为 1.7%~2.3%。

6.3.11 氧化锌烟尘浸出工序宜采用下列参数:

- 1 当氧化锌烟尘含铟(In)高时宜采用高酸浸出。主要金属浸出率宜符合表 6.3.11 的规定;

表 6.3.11 主要金属浸出率(%)

元素	Zn	Cd	In
浸出率	92~95	80	~80

- 2 浸出液含二价锌离子(Zn^{2+})浓度宜大于 130g/L。

6.3.12 铟富集工序宜采用下列参数：

- 1 置换铟的锌粉用量宜为浸出液含二价铟离子(In^{2+})量的40倍~60倍；
- 2 铟置换渣含锌宜为20%~30%，含铟宜大于3%；
- 3 铟置换率宜为98%。

6.3.13 硫化锌精矿直接浸出时，富氧浸出工序的冶金计算主要参数宜符合表 6.3.13 的规定。

表 6.3.13 富氧浸出工序的冶金计算主要参数

参 数		氧压浸出	常压富氧浸出
精矿粒度(μm)		$-44 > 95\%$	$-70 > 90\%$
氧气纯度(%)		> 98	> 90
总压(MPa)		1.1~1.3	0.05~0.3
氧分压(MPa)		0.7~0.8	0.3
温度($^{\circ}\text{C}$)		150 ± 10	98
时间(min)		60~120	1440
终液(g/L)	Zn	130~150	140~150
	Fe	3~9	15~30
	H_2SO_4	15~30	25~35
浸出率(%)	Zn	98~99	98~99
	Cu	70~90	70~90
	Cd	~95	~95
	In	> 90	> 90
元素硫转换率(%)		80~85	75~85

6.3.14 密闭鼓风炉炼锌宜采用下列参数：

- 1 烧结焙烧宜采用下列参数：
 - 1) 烧结块残硫不宜大于1%；
 - 2) 返粉含硫宜为1.5%~1.8%；
 - 3) 混合料含硫宜为6%；
 - 4) 混合料含水率宜为5%~7%；

5) 烟尘率宜为精矿含硫量的 15%~18%;

6) 烧结焙烧干烟气含二氧化硫的浓度不宜小于 6%。

2 鼓风炉熔炼宜采用下列参数:

1) 焦炭预热烧损率宜为 5%~7%, 热焦屑产出率宜为 3%~5%;

2) 密闭鼓风炉熔炼炉渣的钙硅比 ($\text{CaO} : \text{SiO}_2$) 宜为 0.9 : 1~1 : 1, 含锌不宜大于 7%, 含铅不宜大于 1%;

3) 锌直收率宜为 80%~85%;

4) 铅直收率宜为 82%~87%;

5) 燃碳量可按下式计算:

$$\text{燃碳量} = K[0.936 \times \text{蒸发锌量} + 0.2173(\text{炉渣量} + \text{黄渣量} + \text{铕量})] \quad (6.3.14)$$

式中: K ——耗碳率, 一般取 0.77。

6) 补铅量宜为燃碳量的 6%~7%。

3 锌精馏宜采用下列参数:

1) 锌回收率宜为 99%;

2) 铅塔 B[#] 锌产出率宜为 24%~26%;

3) B[#] 锌塔 B[#] 锌产出率宜为 24%~26%。

7 主要设备选择

7.1 一般规定

7.1.1 选用的设备应符合节能、高效、实用、安全、维护检修方便、价廉的要求,并应有相应的合格证书。

7.1.2 选用的设备宜采用机电一体化定型产品。

7.2 给料设备

7.2.1 精矿配料为圆筒仓配料时,精矿给料设备宜采用称量给料机给料,圆筒仓的排料口应设有振动漏斗。对于黏性大的物料应采用圆盘给料机给料。

7.2.2 当采用胶带给料机给料时,胶带给料机应采用调速驱动装置,并应在下一级胶带输送机设置称量装置。

7.3 输送机械

7.3.1 大于 20mm 的块状物料宜采用链斗或链盘式输送机。

7.3.2 粉状干物料宜采用链式刮板运输机。

7.3.3 用于物料垂直输送的链式斗式提升机应选用重型斗式提升机,其斗式提升机额定运输量应大于设计计算运输量的 3 倍。

7.3.4 螺旋输送机输送距离不宜超过 20m。

7.3.5 胶带输送机带速不宜大于 1.0m/s,胶带输送机的物料输送系统中第一条胶带输送机的头部应装设电磁除铁器。

7.4 起重设备

7.4.1 起重机用于起吊装有熔体的包子时,必须选用工作制度为 A8 级的起重机。

7.4.2 电动葫芦起重机不得用于起吊装有熔体的包子。

7.4.3 起重机吊装物体时需要称重时可采用吊车秤称重。

7.5 铅冶炼设备

7.5.1 混合、制粒设备宜选用圆盘制粒机或圆筒制粒机,当对球粒强度无特殊要求时,物料停留时间宜大于 3.5min;当对球粒强度要求较严时,混合与制粒过程应在两个设备中进行,混合宜采用圆筒混合机,制粒可采用圆盘制粒机或圆筒制粒机,混合停留时间宜大于 2min,制粒的停留时间宜大于 3.5min。

7.5.2 氧气底吹熔炼炉的加料宜采用宽度 $B=650\text{mm}$ 的胶带输送机。

7.5.3 氧气底吹熔炼炉的辅助加热烧嘴宜采用渐进式带风机的烧嘴。

7.5.4 液态渣直接还原的粉煤称量给煤设备称量精度应达到 $150\text{kg/h}\pm 1\text{kg/h}$ 。

7.5.5 粉煤输送用的粉煤贮仓应按压力容器设计,粉煤贮存时间超过 4h 的粉煤贮存仓应采用氮气保护。

7.5.6 基夫赛特炉和铅闪速熔炼炉炉壁、炉顶铜水套的出水管应设水温及流量检测和报警装置。

7.5.7 烟化炉鼓风机的出口压力不应小于 100kPa 。

7.5.8 烟化炉鼓风机、烟化炉排烟机可各设 1 台备用风机。

7.5.9 粗铅精炼锅及电铅精炼铸型锅不宜设置备用,但应留 25% 的富裕能力。

7.5.10 电解槽数量应按 95% 的利用率确定。

7.5.11 铅电解的阳极板、始极片制备和电铅锭铸型均宜采用机械化、自动化作业线。

7.5.12 主要设备选择计算的主要参数应符合下列规定:

- 1 氧气底吹熔炼炉年有效工作天数宜为 300d~310d;**
- 2 氧气底吹熔炼直接炼铅(QSL)炼铅炉、基夫赛特炼铅炉和**

铅闪速熔炼炉年有效工作天数宜为 300d~330d;

3 烟化炉床能力宜为 $28\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d}) \sim 35\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$, 不包括处理锌浸出渣;

4 精炼锅熔析加硫脱铜操作周期不宜小于 12h;

5 连续脱铜反射炉熔炼床能力宜为 $12\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d}) \sim 20\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$;

6 浮渣反射炉熔炼床能力宜为 $3.5\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d}) \sim 4\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$;

7 铅电解精炼电流密度宜为 $140\text{A}/\text{m}^2 \sim 180\text{A}/\text{m}^2$;

8 铅电解精炼电流效率不宜小于 95%;

9 除脱铜精炼外的铅火法精炼宜采用下列参数:

1) 碱性精炼时间不宜小于 14h;

2) 加锌除银时间不宜小于 14h;

3) 真空脱锌时间不宜小于 4h~6h;

4) 加钙镁除铋时间不宜小于 6h;

5) 最终精炼时间不宜小于 2h。

7.6 密闭鼓风炉炼锌

7.6.1 密闭鼓风炉炼锌, 应采用喷淋冷却炉壳的单冷凝器标准型炼锌鼓风炉。

7.6.2 循环铅液宜采用浸没式冷却流槽冷却, 并宜采用气化冷却方式。

7.6.3 浮渣冷却应采用间接冷却式圆筒冷却机, 冷却机排料端应设筛分装置。

7.6.4 主鼓风机的出口压力不应小于 60kPa, 可采用液力耦合器调速。

7.6.5 料罐运输车应选用可调速的驱动装置。

7.6.6 粗锌精馏宜采用大塔盘精馏塔。

7.6.7 粗锌精馏系统应设 B[#] 塔处理 B[#] 锌。

7.6.8 每座炼锌鼓风炉应设置下列辅助设施:

1 宜设 2 座焦炭预热炉、3 座热风炉, 焦炭预热炉与热风炉

应设炼锌鼓风炉低热值煤气和备用燃料燃烧设施；

2 宜设 6 个容积为 2.8m^3 的底卸式料罐；

3 宜设 4 台流量为 $1500\text{t/h}\sim 2800\text{t/h}$ 可调速的铅液循环泵。

7.6.9 密闭鼓风炉炼锌工艺设备选择的主要参数应符合下列规定：

1 烧结焙烧主要参数应符合下列规定：

1) 烧结机脱硫强度应大于 $1.4\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ；

2) 烧结机年工作天数应为 $300\text{d}\sim 315\text{d}$ 。

2 空气预热过程中热风炉单位风量需加热面积不应小于 $30\text{m}^2/(\text{m}^3 \cdot \text{min})$ 。

3 鼓风炉熔炼主要参数应符合下列规定：

1) 每炉每天燃碳量应大于 180t ；

2) 炼锌鼓风炉年工作天数应为 $300\text{d}\sim 315\text{d}$ 。

4 粗锌精馏主要参数应符合下列规定：

1) 铅塔塔壁工作强度不应小于 $1.35\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ；

2) 熔化炉容量应为日处理量的 $30\%\sim 35\%$ ；

3) 熔化强度应为 $220\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})\sim 280\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ；

4) 精炼炉熔析时间应为 $60\text{h}\sim 90\text{h}$ ；

5) 精馏塔年工作日应为 $315\text{d}\sim 330\text{d}$ 。

7.7 湿法炼锌

7.7.1 锌精矿焙烧应采用流态化焙烧炉。

7.7.2 浸出工序应采用连续浸出的机械搅拌槽。

7.7.3 浓密工序宜采用高效浓密机。

7.7.4 浸出渣过滤宜采用箱式压滤机、箱式隔膜压滤机和立式压滤机。

7.7.5 净化工序采用连续净化时，除铜、镉应采用机械搅拌槽，过滤设备宜采用箱式压滤机。

7.7.6 电积工序宜采用树脂混凝土电解槽，废液冷却应采用空气冷却塔。

- 7.7.7 大型湿法炼锌剥锌作业宜采用机械剥锌。
- 7.7.8 锌熔铸应采用低频感应电炉。
- 7.7.9 各种冶金炉窑不应设置备用。
- 7.7.10 浸出搅拌槽不宜设置备用。
- 7.7.11 浓密机不宜设置备用。
- 7.7.12 湿法炼锌主要工艺设备选择的技术参数应符合下列规定：
- 1 流态化焙烧炉床能力应为 6.0t/h~7.5t/h。
 - 2 焙砂浸出应符合下列规定：
 - 1) 传统浸出工艺中性浸出时间应为 1.5h~4h,酸性浸出时间应为 3h~4h;
 - 2) 热酸浸出工艺中的黄钾铁矾法,中性浸出时间应为 1.5h~4h,Ⅰ段酸浸时间应为 3h~4h,Ⅱ段酸浸时间应为 4h~5h,沉矾时间应为 5h~6h。低污染黄钾铁矾法的中性浸出时间应为 1.5h~4h,预中和时间应为 2h~4h,低污染沉矾时间应为 5h~6h,高酸浸出时间应为 3h~5h,针铁矿法的酸性浸出时间应为 2h~3h,高酸浸出时间应为 3h~4h,超酸浸出应为 4h~5h,还原时间应为 3h~4h,氧化沉铁时间应为 3h~6h;
 - 3) 氧化锌浸出及富集铟过程的酸性浸出时间应为 2h~3h,高酸浸出时间应为 5h~6h,锌粉置换铟的时间应为 3h~4h。
 - 3 浓密与过滤应符合下列规定：
 - 1) 传统浸出浓密主要技术参数应符合表 7.7.12-1 的规定;

表 7.7.12-1 传统浸出浓密主要技术参数

工 序	上清液产率[m ³ /(m ² ·d)]	底流液固比
焙砂中浸	5~8	≤4 : 1
焙砂酸浸	5~8	≤3 : 1
氧化锌酸浸	3~6	≤4 : 1
氧化锌高浸	≥2	≥2 : 1

2)传统浸出过滤的过滤能力应符合表 7.7.12-2 的规定；

表 7.7.12-2 传统浸出过滤的过滤能力[$\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$]

设备名称	物料种类	过滤能力
箱式压滤机	焙砂浸出渣	15~20
	氧化锌浸出渣	10~12
箱式隔膜压滤机	焙砂浸出渣	15~20
	氧化锌浸出渣	10~12
立式压滤机	焙砂浸出渣	40~80
	氧化锌浸出渣	25~40

3)热酸浸出过滤的过滤能力应符合表 7.7.12-3 的规定；

表 7.7.12-3 热酸浸出过滤的过滤能力[$\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$]

设备名称	物料种类	过滤能力
箱式压滤机	铁矾渣	15~20
	针铁矿渣	12~15
	铅银渣	10~12
箱式隔膜压滤机	铁矾渣	15~20
	针铁矿渣	12~15
	铅银渣	10~12
立式压滤机	铁矾渣	50~80
	针铁矿渣	35~55
	铅银渣	30~45

4 三段铈盐(或砒霜)锌粉净化应符合下列规定：

- 1)第一段净化反应时间应为 1h~2h；
- 2)第二段净化反应时间应为 2.5h~3.5h；
- 3)第三段净化反应时间应为 1.0h~1.5h。

5 电积应符合下列规定：

- 1)电流密度应为 $400\text{A}/\text{m}^2 \sim 550\text{A}/\text{m}^2$ ；
- 2)电流效率应大于 88%；

- 3)宜采用多功能绝缘自动吊车、自动机械剥锌机组。
- 6 熔铸应采用功率为 900kW 以上的大型感应电炉熔化,宜采用直线型浇铸、码垛、打捆机组。
- 7 浸出渣干燥应符合下列规定:
- 1)浸出渣干燥后含水应为 12%~15%,用于烟化炉、顶吹熔炼时宜取低值;
 - 2)浸出渣圆筒干燥强度应为 $70\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{h}) \sim 90\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$ 。
- 8 浸出渣烟化挥发应符合下列规定:
- 1)挥发窑生产能力应为 $1\text{t}/(\text{m}^3 \cdot \text{d}) \sim 1.2\text{t}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$,年生产天数应为 240d~270d;
 - 2)烟化炉生产能力应为 $15\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d}) \sim 20\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$,年生产天数应为 280d~310d;
 - 3)顶吹熔炼熔化生产能力应为 $30\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d}) \sim 40\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$,年生产天数应为 280~310d。
- 9 多膛炉焙烧床能力应为 $0.3\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d}) \sim 0.4\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。
- 10 硫化锌精矿直接浸出釜(槽)技术性能条件选择应符合表 7.7.12-4 的要求。

表 7.7.12-4 硫化锌精矿直接浸出釜(槽)技术性能条件

技术参数	氧压浸出	常压富氧浸出
氧气纯度(%)	>98	>90
总压(MPa)	1.1~1.3	0.05~0.3
氧分压(MPa)	0.7~0.8	0.3
温度(℃)	145~150	98~100
时间(min)	60~120	1440

8 总平面和车间配置

8.1 一般规定

8.1.1 根据建厂地区的风向及生产操作特点,车间厂房宜向阳布置,同时应根据车间之间物料流向布置车间位置,应利用地形,减少基建作业的土石方量。

8.1.2 厂区建筑物、构筑物布置、道路布置应符合国家现行有关消防、排水、物流和人流方向等法规、规范的规定。

8.1.3 厂区道路及道路与建(构)筑物的距离应满足厂区管网布置的要求。

8.1.4 铅锌冶炼厂厂房应满足生产、设备安装与检修要求。

8.1.5 铅锌冶炼厂各车间的主厂房应根据需要采用钢筋混凝土结构或钢结构厂房,并应符合国家现行有关抗震、防腐、抗高温热辐射和消防等标准的规定。

8.1.6 北方地区的厂房应设外围结构。

8.1.7 湿法冶炼车间厂房的楼面、地面宜有 1% 的坡度,并应设集液沟池。

8.1.8 车间内的水、电、风、气、蒸汽、仪表等管线应有序布置,并应符合各种管线之间排列的安全距离规定。

8.2 物料的贮存与准备

8.2.1 干燥车间的配置应符合下列规定:

- 1 圆筒干燥机应配置于厂房内;
- 2 采用单台圆筒干燥机时厂房跨度应为 7m~9m,采用多台圆筒干燥机时两台干燥机的中心距离应为 7m~9m。

8.2.2 配料车间的配置应符合下列规定:

1 配料仓的配置应根据料仓数量和厂区总平面布置决定单列或双列配置,配料仓数量不大于 7 个时,宜采用单列布置;

2 配料仓下的配料胶带给料机应设置称量装置,对黏性较大的物料宜采用圆盘给料机给料,配料仓单列配置时,配料胶带输送机宜配置在副跨内;当配料仓双列配置时,配料胶带输送机宜配置在两列配料仓之间,沿厂房纵向轴线布置;

3 配料仓的加料胶带输送机在第一个卸料点前应有大于 8m 的水平段。

8.2.3 混合、制粒设备的配置应符合下列规定:

1 采用铅锌密闭鼓风炉熔炼工艺时,圆筒混合机宜配置在独立的混合机房内,圆筒混合机可放地面以上,圆筒制粒机应配置在烧结主厂房副跨的楼层上;

2 氧气底吹熔炼工艺的圆盘制粒机宜放在熔炼主厂房副跨内的楼层上,并应设置检修起重设备。

8.3 氧气底吹熔炼、顶吹熔炼、氧气底吹熔炼直接炼铅(QSL)法、基夫赛特(Kivcet)法、闪速熔炼法炼铅

8.3.1 氧气底吹熔炼应符合下列规定:

1 氧气底吹熔炼炉应配置在 12m~15m 主跨内,氧气底吹熔炼主厂房宜采用钢筋混凝土框架结构厂房,但主跨内的各楼层土建结构应采用钢结构;

2 氧气底吹熔炼炉定量给料系统应设置在副跨内;

3 氧气底吹熔炼炉主厂房的氧气管道在进厂房前应设阻火段和过滤器,氧气管道在室内应为不锈钢管,氧气管道的设计、安装应符合国家和行业的氧气管道设计、安装有关标准的规定;

4 氧气底吹熔炼炉烟气出口应直接与余热锅炉连接,使烟气温度降至 350℃;

5 氧气底吹熔炼炉出铅口宜设置粗铅圆盘铸锭机、出渣端宜设置铸渣机或富铅渣还原炉;

6 氧气底吹熔炼炉主厂房的主跨底层地面及柱子应采取防热辐射、防热侵蚀措施,主跨操作平台的土建结构和楼板应进行隔热处理;

7 氧气底吹熔炼厂房内的集散控制系统(DCS)控制室应设在上风侧,并应设有 2 个出入口。

8.3.2 顶吹熔炼主厂房应符合下列规定:

1 顶吹熔炼主厂房应采用钢结构厂房,主跨底层地面及柱子应采取抗热辐射、抗热侵蚀措施;

2 顶吹熔炼炉宜配置在 $15\text{m}\times 9\text{m}$ 的主跨内;

3 顶吹熔炼主厂房应设置电梯间;

4 顶吹熔炼炉的炉壁冷却水套的冷却水应设置水温测量和断流报警装置。

8.3.3 氧气底吹熔炼直接炼铅(QSL)法炼铅应符合下列规定:

1 氧气底吹熔炼直接炼铅(QSL)反应器应配置在 $12\text{m}\sim 15\text{m}$ 的主跨内,氧气底吹熔炼主厂房宜采用钢筋混凝土框架结构厂房,但主跨内的各楼层土建结构应采用钢结构;

2 氧气底吹熔炼直接炼铅(QSL)反应器的球粒炉料定量给料系统应设置在副跨内;

3 氧气底吹熔炼直接炼铅(QSL)反应器主厂房的氧气管道在进厂房前应设阻火段和过滤器,氧气管道在室内应为不锈钢管,氧气管道的设计、安装应符合国家和行业氧气管道设计、安装灯有关标准的规定;还原用的粉煤供应系统宜设置在副跨内,副跨跨度宜为 12m ;

4 氧气底吹熔炼直接炼铅(QSL)反应器出铅口宜设置粗铅圆盘铸锭机或熔铅锅、出渣端宜设置电热前床;

5 氧气底吹熔炼直接炼铅(QSL)反应器主厂房的主跨底层地面及柱子应采取防热辐射、防热侵蚀措施,主跨操作平台的土建结构和楼板应进行隔热处理;

6 氧气底吹熔炼直接炼铅(QSL)反应器厂房内的集散控制

系统(DCS)控制室应设在上风侧,并应设 2 个出入口;

7 氧气底吹熔炼直接炼铅(QSL)反应器还原段所需粉煤应由设置在副跨内的定量给煤系统供应;

8 氧气底吹熔炼直接炼铅(QSL)反应器的余热锅炉对流段应装设一氧化碳(CO)、氧气(O₂)含量在线测定仪。

8.3.4 基夫赛特法炼铅应符合下列规定:

1 基夫赛特法炼铅主厂房宜采用钢结构厂房,底层地面和柱子应采取抗热辐射、抗热侵蚀措施,炉体应架空;

2 烟化炉系统和炉渣水碎系统宜配置在副跨内;

3 铅精矿深度干燥宜采用蒸汽干燥;

4 基夫赛特炉反应塔前的干精矿贮存时间应为 4h,并应配置在炉子反应塔上方;

5 基夫赛特炉反应塔烟气应采用余热锅炉回收烟气余热,余热锅炉应紧连炉子直升烟道;

6 反应塔及电炉铜水套水温测定应分组连续测定,并应设置断流报警装置;

7 凡有工艺作业的部位应设置楼层或操作台。

8.3.5 铅闪速熔炼应符合下列规定:

1 富氧闪速熔炼法主厂房宜采用钢结构厂房,底层地面和柱子应采取抗热辐射、抗热侵蚀措施,炉体应架空;

2 烟化炉系统和炉渣水碎系统宜配置在副跨内;

3 铅精矿深度干燥宜采用蒸汽干燥;

4 富氧闪速熔炼炉反应塔前的干精矿贮存时间应为 4h,并应配置在炉子反应塔上方;

5 富氧闪速熔炼炉反应塔烟气应采用余热锅炉回收烟气余热,余热锅炉应紧连炉子直升烟道;

6 反应塔及电炉铜水套水温测定应分组连续测定,并应设置断流报警装置;

7 凡有工艺作业的部位应设置楼层或操作台。

8.4 液态富铅渣直接还原熔炼

8.4.1 液态富铅渣直接还原熔炼、烟化炉烟化车间的配置,应符合下列规定:

1 液态富铅渣直接还原熔炼、烟化炉烟化车间的主厂房主跨跨度宜为 12m~15m,主跨内宜配置液态富铅渣直接还原熔炼炉,烟化炉宜配置在 12m~15m 副跨内;

2 液态富铅渣直接还原熔炼炉、烟化炉应设置余热锅炉;

3 液态富铅渣直接还原熔炼炉的炉渣宜直接流入烟化炉烟化。

8.4.2 液态富铅渣直接还原熔炼炉、烟化炉的供煤系统应布置在第二层楼面以上,并应采用自动控制系统。

8.5 铅 精 炼

8.5.1 初步火法精炼应符合下列规定:

1 粗铅(包括残极)熔化、脱铜、阳极浇铸及精铅铸锭宜就近配置;

2 熔铅锅锅面应设通风罩。

8.5.2 电解精炼应符合下列规定:

1 铅电解车间应位于厂区的下风侧;

2 电解车间厂房应采用单跨,电解槽宜采用单级循环配置,应视生产规模排成双行或四行;计算厂房跨度时,侧边走道宽度应将吊车吊钩到边槽极板的距离计算在内,中间走道宽不宜小于 2.0m;

3 确定电解槽操作楼层标高时,电解槽下土建梁底至地面的净空高度不宜小于 1.8m~1.9m;

4 电解槽槽面宜高于楼面 300mm~400mm;

5 桥式起重机轨面标高视生产规模宜为 9m~12m;

6 电解液高位槽宜配置在靠近电解槽的副跨或电解槽列的

端头,高位槽的出液口至供液溜槽液面的位差不应小于 1.5m;

7 电解液循环槽和贮槽及其他溶液槽应视需要配置在地下或地面;

8 阳极泥过滤系统宜配置在副跨二楼平面上;

9 电解车间全厂房应设置天窗,设置外围结构;电解工序及阳极泥过滤系统的土建结构应做全防腐处理;

10 整流器室应紧靠电解厂房配置。

8.6 湿法炼锌

8.6.1 焙砂浸出应符合下列规定:

1 浸出主厂房配置应符合下列规定:

1)焙砂浸出应采用机械搅拌浸出槽连续浸出,年产 100kt 电锌的车间宜采用双列配置;

2)连接浸出槽之间溜槽坡度宜为 3%,操作楼层楼面的标高应按矿浆经溜槽自流入浓密机设计;

3)浸出槽焙砂应采用定量称重干式加料方式;

4)浸出槽盖板上应设置排气管;

5)溶液贮槽宜在室外配置。

2 浓密机的配置应符合下列规定:

1)浓密机应露天配置,浓密机宜加设盖子,传动装置可设置防雨罩;

2)浓密机底部空间应符合阀门、泵或溜槽的安装距离要求;

3)浓密机底部平面宜设置防泄漏围堰。

3 过滤车间的浸出渣需要干燥时,过滤机宜配置在干燥窑的上层平面上。

4 净液车间的配置应符合下列规定:

1)净液槽应采用机械搅拌槽,连续净化作业;

2)净液槽应设置机械通风装置。

5 电积厂房的配置应符合下列规定:

- 1) 年产 50kt 电锌的电积厂房跨度宜为 15m;
 - 2) 宜利用废电解液冷却塔风机抽吸厂房内的含酸雾空气。
- 8.6.2 硫化锌精矿氧压浸出应符合下列规定:**
- 1 氧压浸出高压釜宜在室内配置,也可露天布置;
 - 2 料浆槽、闪蒸槽宜分别配置在主厂房两端,并应符合下列规定:
 - 1) 调节槽、浓密机可在室外配置;
 - 2) 应设置事故池。
- 8.6.3 硫化锌精矿常压直接浸出时,反应器宜在室外配置,并应设置事故池。**

8.7 密闭鼓风炉炼锌 (ISP)

- 8.7.1 烧结焙烧应符合下列规定:**
- 1 工艺设备均应在地面以上配置,不得在地坑内配置;
 - 2 破碎烧结块的齿辊破碎机,宜配置在烧结厂房内部;
 - 3 仪表控制室宜配置在烧结机头部一端的厂房内部;
 - 4 上料系统宜配置在烧结主厂房的副跨内。
- 8.7.2 熔炼应符合下列规定:**
- 1 在总图配置上,鼓风炉工序与备料工序宜紧密相连;在风向位置上,两厂房宜与主导风向平行配置;
 - 2 鼓风炉加料应采用双料罐运输车,运输车提升塔中心至鼓风炉中心的间距不宜大于 55m;
 - 3 鼓风炉采用端部加料时,应设置料钟检修起重机;侧面加料时,可利用加料起重机进行检修作业;
 - 4 鼓风炉炉渣水碎作业区应位于本工序的下风侧;
 - 5 烟气净化系统应紧靠鼓风炉;
 - 6 电热前床配置应设前床维修区,并应就近设废砖临时堆场;
 - 7 运送熔体的通道净宽不宜小于 4m~4.5m;

8 应在鼓风炉基础地面设置炉缸放空用安全坑,安全坑应进行防水处理;

9 仪表室可配置在冷凝器楼层;

10 煤气洗涤机周边应有清理转子的作业场地。

8.7.3 锌精馏应符合下列规定:

1 应缩短精馏车间至熔炼车间的距离;

2 精馏塔宜采用三塔型或七塔型布置;

3 厂房形式宜视生产规模采用单跨式或两跨式;

4 精馏炉炉体中心线应与主导风向一致,炉体之间的净距可为 1.8m~2.4m,炉体前后外壁至主厂房墙面的净距可为 2.5m~3.5m;

5 精馏炉烟囱宜布置在精馏炉组后侧的主厂房旁,并宜位于炉组的适中位置;若采用地下烟道,烟道应便于清理,并应做防水处理;

6 仪表控制室应靠近精馏炉组的适中心,宜与精馏炉主要热工作业位于同一楼层。

9 辅助生产设施

9.0.1 大型湿法炼锌厂可设阴极和阳极制备工段、锌浮渣处理工段和锌粉制备工段。

9.0.2 铅锌冶炼厂的二氧化硫工艺烟气,应设置二氧化硫回收装置,并应生产硫酸。

9.0.3 采用烟化炉挥发铅锌的冶炼厂应设粉煤制备车间。

9.0.4 锌粉制备及粉煤制备车间的设计应符合国家安全、防火有关标准的规定。大型粉煤车间、电炉锌粉制备车间的贮仓及管道宜采用氮气加压充气防护措施。

9.0.5 冶炼过程中使用富氧或纯氧时,应设置制氧站。制氧工艺可采用深冷法或变压吸附法工艺。

10 有价金属回收

10.1 一般规定

10.1.1 对铅精矿、锌精矿、混合铅锌精矿中所含主金属外的其他有价元素,应视其含量的经济价值回收利用。

10.1.2 铅锌冶炼生产系统中产生的各种烟尘、中间渣,当返回生产系统可回收有价金属时,宜返回生产系统;不宜返回生产系统的,应开路处理;暂难处理的,应妥善保存或外售。

10.1.3 湿法工艺产生的含铁浸出尾渣,应视其品位作为炼铁原料或暂时堆存。

10.1.4 废(污)水处理站产生的渣,宜返回生产系统进行有价金属的回收。

10.1.5 综合回收项目应与主工艺装置同时设计和施工;条件具备时,应分阶段投产。

10.2 铅冶炼厂有价金属回收

10.2.1 铅精矿的火法熔炼时,应从产生的烟气、烟尘、炉渣中分别回收有价金属(元素),并应符合下列规定:

1 从烟气中以硫酸、液体二氧化硫或硫磺形态回收硫时,硫的总回收率应大于 95%;

2 当铅精矿镉、铟、硒、碲、铋含量高时,宜从烟尘中回收铅、镉、硒、碲、铋;

3 宜从炉渣烟化所产生的氧化锌中回收铅、锌、铟、锗。

10.2.2 粗铅火法精炼产生的铜浮渣、碲渣、砷锑锡渣、银锌壳、锌渣、铋渣,应分别回收其所含的有价金属(元素);并应从铜浮渣熔炼烟尘中回收铟。

10.2.3 对粗铅电解精炼时产出的铅阳极泥的回收处理,应符合下列规定:

1 当采用火法工艺处理铅阳极泥时,应从产出的贵铅中回收金、银、铜;从不同种类渣中分别回收铅、铋、碲;从烟尘中回收锑、砷;

2 采用湿法生产工艺处理铅阳极泥时,应从浸出渣中回收金、银、铅,从浸出液中回收锑、铋、铜。

10.2.4 从铅阳极泥或富银渣(银锌壳)至成品金、银锭的金、银冶炼回收率应大于 97%。

10.2.5 从铋渣至精铋的冶炼回收率应为 90%。

10.3 锌冶炼厂有价金属回收

10.3.1 湿法炼锌过程的伴生元素回收应符合下列规定:

1 流态化焙烧工艺烟气应采用制酸装置,利用烟气中的二氧化硫生产硫酸;

2 富氧直接浸出的浸出渣应从中回收元素硫;

3 锌精矿中的铜和镉应从浸出液净化产出的铜镉渣中回收。铜应以铜精矿形态回收;镉应制成粗镉或精镉,镉的冶炼回收率应为 75%~85%;

4 锌精矿中的伴生金属达到表 10.3.1 规定的含量时,应进行回收;

表 10.3.1 锌精矿伴生金属回收规定(%)

元素	Pb	Ga	Hg	In	Ge	Ag	Co
含量	1	0.01	0.01	0.005	0.002	0.01	0.005

5 汞应从焙烧烟气中回收;

6 处理铜镉渣产出的提镉后液(贫镉液),若含铟量高于 0.01g/L 时,宜将铟回收;

7 氧化锌经脱氟氯焙烧所得烟尘,当含铟高于 0.08%时,宜将铟回收;

8 钴应从钴渣或铜钴渣中回收,当产品为氧化钴时,从钴渣回收钴的冶炼回收率不应小于 80%;

9 铟、锗、镓应从酸浸渣处理所产的氧化锌经浸出的酸浸液中提取,还可从铁钒渣中回收铟;

10 银应从酸浸渣中回收,可采用浮选法富集产出银精矿,银的回收率应为 55%~75%;

11 挥发窑渣中的多种有价元素,暂无条件同时利用回收时,应有设防的堆存场地,不得流失污染环境。

10.3.2 密闭鼓风炉炼锌过程的伴生元素回收应符合下列规定:

1 精矿中 80%~92% 的硫进入烧结烟气中,应将烟气中的二氧化硫采用两转两吸制酸工艺回收制成硫酸;

2 精矿含汞大于 0.01% 时,应在制酸电除雾后从烟气中回收汞;精矿含汞大于 0.025% 时,还应从制酸净化酸泥中回收汞;

3 应从烧结烟气电收尘所收烟尘和鼓风炉所产粗锌经精馏所得高镉锌中回收镉;

4 应从烧结烟气电收尘所收烟尘中回收铟;

5 精矿含锗大于 0.003% 时,应从鼓风炉炉渣烟化氧化锌及粗锌精馏 B[#] 塔硬锌和锌渣中回收锗;

6 精矿中若含铟,可从粗锌精馏所产粗铅中回收;

7 鼓风炉产出的铜铋宜外售或单独处理,从铜冶炼过程中应回收铜、金、银、铋、锑等元素;

8 鼓风炉产出的粗铅中含铜、金、银、锡、铋、锑等元素,应在粗铅精炼过程中回收。

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《工业用氢氧化钠》GB 209
- 《工业碳酸钠及其试验方法 第1部分：工业碳酸钠》GB 210.1
- 《工业硫酸》GB/T 534
- 《冶金焦炭》GB/T 1996
- 《工业硫磺》GB/T 2449
- 《工业硝酸钠》GB/T 4553
- 《工业用液氯》GB 5138
- 《常用化学危险品贮存通则》GB 15603
- 《天然气》GB 17820
- 《危险废物填埋污染控制标准》GB 18598
- 《铅精矿》YS/T 319
- 《锌精矿》YS/T 320
- 《混合铅锌精矿》YS/T 452
- 《化工用二氧化锰矿粉》YB/T 5084
- 《硅石》YB/T 5268
- 《石灰石》YB/T 5279
- 《工业氟硅酸》HG/T 2832
- 《燃料油》SH/T 0356

中华人民共和国国家标准

铅锌冶炼厂工艺设计规范

GB 50985-2014

条 文 说 明

制 订 说 明

《铅锌冶炼厂工艺设计规范》GB 50985—2014,经住房和城乡建设部 2014 年 4 月 15 日以第 398 号公告批准发布。

本规范制订过程中,编制组进行了广泛深入的调查研究,总结了我国有色金属铅锌冶炼厂工程建设的设计成果,特别是改革开放以来,我国有色金属工业所取得的长足进步,引进、消化、吸收了芬兰、日本、德国、瑞典等国先进的成套有色冶炼设备与技术,吸取了近代国内有色金属企业设计及建设的实践经验,对一些重要问题进行了专题研究和反复讨论,并广泛、多渠道征求了业内专家和有关单位的意见。最后经专家委员会审查后定稿。

为了便于广大设计、生产、施工、科研、学校等单位有人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定,《铅锌冶炼厂工艺设计规范》编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明,还着重对强制性条文的强制性理由作了解释。但是,本条文说明不具备与规范正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。

目 次

1	总 则	(4 5)
2	原料、辅助原料、燃料	(4 7)
2.1	原料	(4 7)
2.2	辅助原料	(4 7)
2.3	燃料	(4 7)
3	物料的贮存与准备	(4 9)
3.1	贮存	(4 9)
3.2	精矿干燥	(4 9)
3.3	配料	(5 0)
3.4	混合与制粒	(5 0)
4	铅冶炼工艺	(5 2)
4.1	铅冶炼	(5 2)
4.2	二次铅物料回收	(5 2)
5	锌冶炼工艺	(5 4)
5.1	一般规定	(5 4)
5.2	硫化锌精矿焙烧	(5 4)
5.3	湿法炼锌	(5 4)
5.4	二次锌物料回收	(5 7)
6	冶金计算	(5 8)
6.1	一般规定	(5 8)
6.2	铅冶炼冶金计算的主要参数	(5 8)
6.3	锌冶炼冶金计算的主要参数	(6 6)
7	主要设备选择	(7 2)
7.1	一般规定	(7 2)

7.2	给料设备	(72)
7.3	输送机械	(72)
7.4	起重设备	(72)
7.5	铅冶炼设备	(73)
7.6	密闭鼓风炉炼锌	(73)
7.7	湿法炼锌	(73)
8	总平面和车间配置	(74)
10	有价金属回收	(75)
10.1	一般规定	(75)
10.2	铅冶炼厂有价金属回收	(76)
10.3	锌冶炼厂有价金属回收	(76)

1 总 则

1.0.1 本条阐明了本规范制定目的。

1.0.2 本条阐明了本规范适用范围,明确了铅锌冶炼厂工艺设计应包括基本(初步)设计和详细设计阶段。

1.0.3 本条是铅锌冶炼厂工艺设计必须具备的条件,是为了保证项目建设过程中在用地、环保、工程地质和消防安全等方面都符合国家的规定。政府主管部门的项目核准或备案、环境影响报告书及批复、安全预评价报告及备案、项目使用场地的工程地质勘察报告是工程项目实施前必须履行的程序和手续,也是项目实施过程中和投产运行后获得良好的经济与社会效益、生态环境得到良好保护、职业卫生和劳动安全得到有效保障的前提条件。

1.0.4 工艺设计开始前取得水电及主要原料供应协议是为保证设计的准确、可靠和项目建成后企业运行获得预期效益。

1.0.5 本条是对以往设计工作经验和设计成果实施后项目运行情况的总结,为了使工厂投产过程顺利,对工艺流程的选择必须进行认真调查,取得真实、可靠的工艺生产数据、设备运行和维护、关键设备的备品备件更换周期等资料。设计中所选的新工艺应具有可靠的工业试验数据,或省部级科学技术鉴定报告书。特别是引进国外技术和工艺设备时,一定要认真调查,做好试验研究,在科学、真实、客观、公正和全面地完成项目技术经济可行研究后才能实施。这方面成功的工程很多,但失败的工程也并非个别。

合理确定产品结构以满足市场需要,降低综合能耗和金属损失,这主要是为项目投产后,产品能够符合市场需要,降低生产成本。

工艺设计要保证项目投产后获得良好经济和社会效益的前提

下,实现对原料中有价元素综合回收。

1.0.6 环保、消防、职业安全卫生设施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入生产和使用是项目验收的必要条件,若环保设施不同时投产,将会造成二氧化硫(SO_2)烟气或含重金属的废水对环境的污染,严重时将危害公民的健康;若消防设施不能同时完成,一旦发生火情时将无法及时扑灭火灾;若职业安全卫生设施没有同时建成,将会导致操作人员铅中毒或其他职业病发生。项目也将不能获得政府行政部门的生产许可。故本条为强制性条文,必须严格执行。

2 原料、辅助原料、燃料

2.1 原 料

2.1.1~2.1.3 要求原料质量符合现行行业标准,并最好是高品级,以确保主金属品位,限制有害成分硫、砷、六价铬、镉、汞、铊的含量,以利于冶炼工艺过程的顺利运行,获得好的社会效益。原料中有害成分砷、六价铬、镉、汞、铊的含量过高,将会增加锌冶炼厂的废气、废水、废渣的处理难度,造成环境污染,甚至影响操作人员的健康。

2.2 辅 助 原 料

2.2.1 熔剂一般为标准中的高品级,以减少渣量,利于提高金属回收率和节约能源。铁矿石的品种一般就地选择,赤铁矿为优,亦可使用黄铁矿烧渣。硅质熔剂可使用河砂,对含贵金属的硅质熔剂,若纯度不达标,可以适当降标使用。熔剂粒度按不同冶炼工艺的要求由供货商制备。

2.2.2 本条所列系铅锌火法和湿法冶炼工艺中所需要的主要化学药剂,除个别说明外,均为工业品,一般尽量选用标准中的高品级,以利于产出高品质产品和提高金属回收率。

2.3 燃 料

2.3.1 焦炭的 NR 值是其反应性指标,是指温度在 1000℃时,焦炭中的碳与二氧化碳反应生成一氧化碳的速度。NR 值低,表明焦炭的反应性慢,反之则快。鼓风炉炼锌(ISP)要求焦炭的反应性慢,因为反应性快的焦炭易在炉内上部燃烧,使焦耗增加;在同样鼓风条件下,生产能力降低,冷凝效率降低。NR 值大于 1.4 时,

熔炼炉况恶化。鼓风炉炼铅所用的焦炭质量可比鼓风炉炼锌所用的焦炭质量低一点。

2.3.2~2.3.5 在这几种燃料中,有些宜符合国家、行业标准,有些宜达到所列指标,以利于冶炼工艺过程顺利运行。

烟煤可直接用作燃料。

粉煤为自行生产,按表 2.3.3 质量要求选择烟煤原料。主要应控制粉煤含水率和粒度,粉煤含水(包括煤中所含的结晶水)超过 1.5%时易造成粉煤在输送、贮存过程中的堵塞。对粉煤的粒度作出规定是为了保证粉煤在冶炼过程中反应迅速、完全。

3 物料的贮存与准备

3.1 贮 存

3.1.1 物料的合理贮存时间,涉及工厂工作制度和检修制度的相互衔接,以及运输条件和运输距离等诸多因素。本条所规定的各物料贮存时间,系为各冶炼厂多年生产实践所采用。但在市场经济条件下,为了节省投资,减少企业资金积压,降低生产成本,宜根据当地外部条件,确定短而可行的物料贮存时间。

对于既使用国产精矿又使用进口精矿的内陆地区冶炼厂,精矿仓仓容一般需具有增加一列火车运输量的仓容。而使用单一进口精矿的沿海地区冶炼厂,精矿仓仓容一般大于轮船一次运输的精矿量。

对烟煤堆存高度设限,是为了防止发生煤的自燃。

化学品中的硫酸通常自产而设有成品硫酸库,不必另设贮存罐。其他化学品可按用量及供货地,确定贮存时间及仓容。

氧化锌系副产品,通常外售,一般需设仓库进行临时贮存。

3.1.3 精矿冻结程度与其含水率有关,当精矿含水率 9% 以上、气温低于 -15°C 时,通常需设防冻和解冻设施。

3.1.4 使用干焦炭有利于炉子熔炼时的节能,湿烟煤不利于加工粉煤。

3.1.5 熔剂不吸水,湿煤有利于燃烧,可以露天贮存。

3.1.6 化学品中有危险品(易燃、易爆、剧毒),应按国家现行有关安全管理规范或条例的规定设置专用化学药品库。易制毒品要设置专门的易制毒品库。

3.2 精 矿 干 燥

3.2.1 精矿含水率达到 10% 以上时,会黏结输送、给料设备,也

给配料造成困难。

3.2.2、3.2.3 圆筒干燥机成熟可靠,适用于干燥不必深度脱水的精矿。精矿含水率若低于 7%,则飞扬损失较大。本条规定的技术参数为国内外工厂生产经验值。其中干燥强度因与精矿的初水分有关,故有波动范围;而脱水 1kg 的耗热量理论值为 2.51MJ,实际经验值为 5.01MJ。

3.3 配 料

3.3.1 仓式配料简便,易于调节,且占地面积小,投资少。配料仓容量不宜过大,一般贮存 1 个班到 2 个班的用量基本可以防止因事故造成生产中断。若配料仓容量过大,将使厂房结构高大,而且易产生仓内“棚料”现象。

3.3.2 给料设备应根据物料性质选择,精矿可采用胶带给料机、圆盘给料机、螺旋给料机、胶带称量给料机;颗粒状物料(返粉、熔剂、水碎渣、烟尘)可采用振动给料机。称量装置推荐采用称量误差小的电子(皮带)秤。

3.3.3 钢筋混凝土配料仓易发生黏结,故配料仓采用钢板制作,可使下料通畅。对钢板仓锥体部分提出倾角要求,是为避免下料不畅而堵料。

3.3.4 配料仓设置振打器,是针对仓内物料发生“棚料”或黏结的预防措施。

3.3.5 针对配料仓进、出口处的扬尘现象采取防尘通风措施,可以改善劳动条件。仓内设置料位测量和报警装置,可以监视仓内的物料动态数量,避免因满仓或空仓而酿成事故。

3.3.6 采用在线控制的自动配料系统,可以实现准确的配料量和稳定的配料成分,极大地方便生产管理。

3.4 混合与制粒

3.4.1 一般铅冶炼的炉料混合与制粒工序,为使物料混合均匀,

物料在圆筒内必须有足够停留时间,通常混合时间为 2min~4min,制粒为 5min~8min。一般而言,圆盘制粒机结构较复杂,但易于观察调整,操作检修方便,产品球粒比较均匀。对大于 $\phi 6\text{mm}$ 的同一粒级的球粒产出率宜达 70%左右。

3.4.2 对于鼓风炉炼锌厂,为获得强度较高的球粒,国内一般均采用“圆筒混合—圆筒制粒”两段作业;而国外则有采用“圆筒混合—圆盘制粒”两段作业。圆筒制粒机结构简单,单机产量大,但产品球粒不均匀,若要求筛分,则返料循环量可达 200%~400%。

4 铅冶炼工艺

4.1 铅 冶 炼

4.1.1~4.1.3 这三条概述了铅冶炼工厂工艺设计的基本原则,指出了冶炼厂选择工艺流程时应注意的关键点,提出了可供选择的直接炼铅工艺方法。

4.1.4 保证作业环境卫生和安全达标是设计单位的基本职责,它涉及职工的身体健康和人身安全,因此工艺设计中必须严格执行。

4.1.5 根据工厂生产经验规定了粗铅脱铜后的精炼工艺。

4.1.6 本条规定是为了保证项目建成后能获得高生产效率,减轻劳动强度。

4.1.7 本条规定是为了适应日趋严格的环保要求而提出,以保证项目内的污染物不流入项目界外,以免造成二次污染。

4.2 二次铅物料回收

4.2.2 为了提高二次铅回收的生产能力,减少二次铅物料对环境的污染,处理硫化铅精矿的铅冶炼厂一般宜具备二次铅物料回收的设备和能力。

4.2.3 对于废铅酸蓄电池的处理,国内具有较大规模的二次铅生产工厂不多,废铅酸电池解体一般采用以下两种生产方法:

(1)全自动机械化切割解体分离,取出栅板、铅泥、废酸。废酸过滤后,稀酸返回铅酸蓄电池厂。

(2)机械破碎解体—重力分离,分离出金属颗粒、塑料颗粒、铅泥。在过滤铅泥时形成的酸性废水需要进行处理,处理后的回水应返回使用。

栅板、金属颗粒一般采用熔铅锅熔化后,再配制成铅合金。

对于铅泥的处理,国内工厂一般采用反射炉熔炼工艺,个别工厂采用短窑熔炼工艺或全密闭竖炉熔炼工艺;为了达到环保、岗位卫生以及清洁生产的要求,新建工厂设计时,宜采用短窑、全密闭竖炉或侧吹转炉熔炼工艺,不采用没有良好密闭能力的反射炉熔炼工艺。

为了保证车间内生产岗位的环境空气达到职业卫生要求的标准,熔铅锅应设置通风罩。

生产过程中产出的含砷渣和砷浮渣应防止被水淋泡,以免造成职工砷化氢中毒。

在二次铅物料处理过程中,需特别注意防止铅尘的二次污染。

5 锌冶炼工艺

5.1 一般规定

5.1.1、5.1.2 提出了可供选择的炼锌的工艺方法。

5.1.3 锌冶炼厂的浸出弃渣堆存前必须进行无害化处理,浸出弃渣已定为危险废弃物。未经无害化处理的浸出弃渣堆存场不得设置专用临时渣库,是为了防止有些企业因为有临时渣场延缓了有害危险渣的固化工作,以致临时渣场成为永久渣场,同时堆放在渣场中的浸出弃渣在刮风下雨时被吹走冲走,造成对环境的污染,危害人民健康。本条为强制性条文,必须严格执行。

5.1.4、5.1.5 提出了可供选择的炼锌的工艺方法。

5.2 硫化锌精矿焙烧

5.2.1、5.2.2 国内硫化锌精矿焙烧一般均采用上部扩大型流态化焙烧炉,以达到高效、节能的目的。

焙烧炉的烟气应设余热锅炉回收烟气中的显热。国内大型流态化焙烧炉均设置产出 3.8MPa~4.0MPa 压力的饱和蒸汽锅炉,所产蒸汽可用于汽轮机发电。

焙砂的冷却应采用内冷式圆筒焙砂冷却机,冷却筒应设通风设施,以达到节能目的,保持作业环境良好。

5.3 湿法炼锌

5.3.1 在当地有硫酸销售渠道时,一般采用流态化焙烧-浸出工艺。

5.3.2、5.3.3 关于硫化锌精矿焙砂热酸浸出,21 世纪 70 年代以来,焙烧-浸出常规湿法炼锌厂相继出现了热酸浸出-黄钾铁矾法、

热酸浸出-低污染黄钾铁矾法、热酸浸出-针铁矿法和赤铁矿法,用于处理浸出渣。除赤铁矿法因在压力釜中进行,其设备和操作费用较高而未广泛推广外,其他热酸浸出和渣处理方法均已得到广泛运用。

我国多数工厂采用热酸浸出低污染黄钾铁矾工艺,本条所列数据均为工厂生产数据。

中性浸出-高酸浸出-预中和-低污染沉矾的全湿法炼锌工艺,在沉矾过程中不加任何中和剂,提高了锌等有价值金属的回收率,减少了矾渣对环境的污染;由于除铁效果好,对各种复杂原料的适应性强;该工艺具有很大的消耗酸的能力,对系统酸平衡有利。因此该工艺是常规铁矾法的改进,有着广泛的应用前景。

生产实践表明,该工艺可使高铁溶液的含铁离子从 30g/L 降低至 1g/L 以下,从而得到满足工艺要求的中浸前液和低污染铁矾渣。该工艺主要技术经济指标如下:

- (1)铁矾渣渣率:12%~25%;
- (2)铁矾渣组成: Zn_T 2%~4%,Fe30%~32%;
- (3)锌总回收率:93%~96%;
- (4)铁矾渣过滤速度:大于 150kg/(m²·h)。

赤峰冶炼厂低污染铁矾法的主要技术指标大大优于常规的铁矾法,其技术经济指标如表 1、表 2 所列。

表1 金属回收率比较(%)

元素	常规铁矾法	赤峰低污染铁矾法	里士登低污染铁矾法
Zn	92~94	93~96	~98
Cu	88~90	90~94	95
Cd	92~94	94~96	97~98
Pb	75	90	>95
Ag	75	90	93
CO	75~80	85~90	

表 2 铁矾渣组成比较

元素	常规铁矾法	赤峰低污染铁矾法	里士登低污染铁矾法
Zn(%)	3~6	2~4	1.3~1.8
Fe(%)	25~30	28~32	30
Cu(%)	0.1~0.3	0.06~0.1	0.04~0.08
Cd(%)	0.05~0.2	0.02~0.1	0.004~0.01
Pb(%)	0.2~0.4	0.2	0.2
Ag(g/t)	10~15	2~5	18

国外采用热酸浸出-针铁矿工艺的炼锌厂已有 10 多家,该工艺中的铟、镓、锗等稀散金属的浸出率高,综合回收利用效果好。针铁矿渣含铁较高(约 40%),有利于铁的资源化回收,需无害化处理的渣量少,能耗及成本相对较低。热酸浸出渣(铅银渣)量少,渣中铅、银品位相对较高,可直接送铅熔炼系统综合回收铅、银,银回收率可达 90%以上。

5.3.4 关于硫化锌精矿氧压浸出。1981 年世界上第一座硫化锌精矿氧压浸出工厂在加拿大投入工业生产。当今,国外采用该工艺的炼锌厂已有 6 家(已停产 3 家)。国内现已投产或即将投产的氧压浸出炼锌厂也有几家。

富氧浸出工艺炼锌对原料的适应性广,能处理低锌和高铁、铅、硅的精矿,故特别适用于常规法老厂的扩产,可使两种生产工艺互补(富氧浸出的浸出渣可返至常规法生产系统进行焙烧处理)。

富氧浸出有加压与常压和高酸与低酸及一段与二段之分,常规法老厂的扩产通常采用一段高酸氧压浸出,其综合技术经济指标先进些,但常压浸出的设备投资较少(不需要高压釜)。

富氧浸出与常规法(黄钾铁矾)比较,有下列优缺点:

(1)生产工艺流程短,无焙烧、收尘、制酸等工序,通常认为建厂投资可以减少,但国内已建成的 2 个工厂由于主要设备需进口,故投资并未比常规法(热酸浸出-黄钾铁矾)少。

(2)无二氧化硫气体产生,硫转换成元素硫的形态,以硫磺或硫精矿(元素硫大于 60%)产出;硫磺纯度大于 99%,硫精矿则可返至常规法焙烧,而不必受制于硫酸市场或适应硫酸市场。目前硫磺的热滤尚未经济有效地解决,造成硫渣大量堆存,进而造成新的环境污染问题。

(3)锌浸出率高,可达 99%。

(4)有利于铜、镓、锗、铅及贵金属的综合回收,但在浮选硫磺过程中,银等贵金属分散进入硫精矿和浮选尾渣中,受硫磺热滤制约,尚未能实现经济有效地回收铅及贵金属。

(5)环保效果好。

5.4 二次锌物料回收

5.4.1、5.4.2 这两条阐明了二次锌物料的种类和回收二次锌物料中锌的方法。

6 冶金计算

6.1 一般规定

6.1.1~6.1.3 这三条对工艺设计中冶金计算作出了基本规定。其中第 6.1.1 条、第 6.1.2 条对工艺设计的计算内容作出了详细规定,这是国际上的通行规则,也是我国环保部门的要求。此规定为可以保证冶炼过程中各工序的顺利进行,为冶金原料中有价元素的综合利用提供了基本条件,确定冶炼过程中原料中的有害元素的走向分布,为防治和控制有害元素提供了基础条件。

6.2 铅冶炼冶金计算的主要参数

6.2.1 本条的精矿干燥数据为生产经验数据。

6.2.2 通过氧气底吹熔炼实现硫化铅精矿氧化脱硫,使炉料中的硫进入烟气,产出含铅 40% 的富铅渣和部分粗铅;含二氧化硫 8%~10% 的烟气送硫酸车间制酸。富铅渣铸块后送鼓风炉还原熔炼,产出粗铅和含锌较高的炉渣。

国内已建成氧气底吹熔炼炼铅厂的生产能力已达到粗铅总产量的 40% 以上,其技术为国内开发的成熟炼铅工艺,为国家有色行业推荐的工艺。该工艺方法的特点是投资省、铅和其他有价金属回收率高、硫的利用率高、节能、环境条件好。

氧气底吹熔炼-鼓风炉还原炼铅法技术经济指标见表 3,其中煤的加入量是指加入的煤为精矿量的百分比数。

表 3 氧气底吹熔炼-鼓风炉还原炼铅法技术经济指标

原 料	铅精矿	
铅精矿成分(%)	Pb	56
	Cu	1.0

续表 3

原 料	铅精矿	
铅精矿成分(%)	Fe	5
	S	17
球粒料成分(%)	Pb	54
球粒料含水(%)	8	
烟尘率(%)	10~16	
氧气量(m ³ /t 精矿)	185~195	
煤的加入量(%精矿)	0~2	
烟气二氧化硫浓度(%)	8~10	
烟气量(m ³ /h)	—	
初渣含铅(%)	~40%	
鼓风炉渣含铅(%)	<4%	
鼓风炉焦率(%)	14~16	
鼓风炉床能力[t/(m ² ·d)]	45	
底吹熔炼炉氧气压力(MPa)	0.8	
底吹熔炼炉氮气压力(MPa)	0.8	
底吹熔炼炉氮气消耗(m ³ /h)	600	
设备运转率(%)	97	
硫利用率(%)	99.7	
铅回收率(%)	97	
锌回收率(%)	99	
金、银(%)	99	
铅精矿-粗铅单位产品综合能耗(kgce/t 粗铅)	<380	

河南某厂采用氧气底吹熔炼,在原料中已配入废铅酸电池中的铅泥回收铅泥中的铅,其配入量已达到精矿与铅泥的比为 1:1。

6.2.3 富氧顶吹炼铅在云南曲靖、个旧等地的铅冶炼企业已投产。

云南某厂的富氧顶吹熔炼生产工艺指标见表 4。

表 4 富氧顶吹熔炼生产工艺指标

炉型	指标名称	数值	指标名称	数值
ISA 炉	日处理物料量(t/d)	550~650	氧气量(m ³ /t 混合料)	80~110
	日最大处理物料量(t/d)	760	熔池高度(m)	<2.3
	混合料品位(%)	55~65	富铅渣含铅(%)	40~50
	混合料水分(%)	8.5	富铅渣硅铁比(SiO ₂ :Fe)	0.8~1.0
	燃料煤率(%)	<1	富铅渣钙硅比(CaO:SiO ₂)	0.3~0.5
	石英砂(%)	2~5	熔池温度(℃)	920~1000
	石灰石(%)	2~4	粗铅产率(%)	40~60
	富氧浓度(%)	≥34%	烟尘率(%)	13~15
	二次风量(Nm ³ /s)	≥1.0	烟气二氧化硫浓度(%)	8~15
	喷枪供风压力(MPa)	0.2	氧气浓度(%)	90~93
	床能力[t/(m ² ·d)]	80~90	炉床最大能力[t/(m ² ·d)]	103
鼓 风 炉	床能力[t/(m ² ·d)]	61.25	终渣含铅(%)	1.98
	焦率(%)	13.14	终渣含铁(%)	27~29
	烟尘率(%)	2.47	终渣含二氧化硅(%)	20~24
	渣率(%)	57.60	终渣含氧化钙(%)	14~17
	富铅渣块率(%)	>73	终渣含锌(%)	<11
	富铅渣含铅(%)	35~45	炉顶温度(℃)	<1300

本规范正文和条文说明中的铁硅比、钙硅比、硅铁比、硅钙比，均为重量百分比数之比。

6.2.4 为了取消富铅渣铸块工序，开发了富铅渣直接还原的冶炼工艺，2010 年在河南三家工厂相继建成了富铅渣底吹还原和侧吹还原炼铅车间，成功投入商业运行。

富铅渣底吹还原炼铅已建成与年产 80kt 粗铅的氧气底吹熔炼炉配套的富铅渣底吹还原熔炼炉。已投产的富铅渣侧吹还原炼

铅工业示范装置是与年产 80kt 粗铅的氧气底吹熔炼炉配套的富铅渣还原系统。

液态富铅渣底吹还原包括下列主要技术经济指标：

- (1)还原后炉渣含铅小于 3%，烟尘率约为 12%~13%；
- (2)吨铅消耗，天然气 75m³，无烟粒煤 150kg，工业氧 140m³ (折 100%O₂)，能耗低；
- (3)烟气排放量低，由于还原冶炼设备密闭漏风量小，因此烟气量仅为富铅渣鼓风炉还原烟气量的 30%；
- (4)作业环境条件良好，由于冶炼设备完全密闭，可以有效防止铅尘的弥散。

液态富铅渣侧吹还原包括下列主要技术经济指标：

- (1)还原后炉渣含铅小于或等于 2%，铅回收率 97.1%，烟尘率约为 8%；
- (2)吨铅消耗，焦炉煤气 180m³，无烟粒煤 105kg，工业氧 81.4m³ (折 100%O₂)；
- (3)金属回收率，铅为 97.1%，渣含银 0.002%~0.003%，金 0.04%~0.05%，铜 0.3%~0.4%，锑 0.03%~0.05%，铋 ≤ 0.01%；
- (4)作业环境条件良好，由于冶炼设备完全密闭，可以有效地防止铅尘的弥散，操作岗位铅含量小于 0.03mg/m³，采用液态富铅渣侧吹还原工艺后，富铅渣还原时的烟气以单位富铅渣量计算，其冶炼烟气量为鼓风炉还原烟气量的 30%。

6.2.5 液态富铅渣还原工艺取得成功，使氧气底吹(顶吹)熔炼-鼓风炉还原炼铅工艺发展成为氧气底吹(顶吹)熔炼-富铅渣直接还原新的炼铅工艺，使铅冶炼能耗降至 280kgce/t 粗铅，铅回收率可达98.0%。

6.2.6 基夫赛特(Kivcet)法是介于旋涡与闪速熔炼的直接炼铅工艺，对原料适应性广，还可以处理除铅精矿外的浸出渣、铅银渣等含铅物料。物料中铅的氧化和还原过程在一个炉子

内完成,作业连续。30 多年来,全球建成 6 座工业化基夫赛特炉(目前只有 2 家工厂在运行,国内有 2 家工厂采用此技术),生产实践表明,环保效果较好,是先进的炼铅工艺。炉料含硫 14%以上就能实现自热熔炼。但是通常认为生产成本较高,建设投资也较大。

该炼铅法属富氧强化熔炼,喷入反应塔的炉料在塔内快速发生反应,因此,要求炉料颗粒细、含水低。焦粉粒度是按其烧损率不应高于 10%而确定的。

锌回收率是随精矿含锌高低的不同而变化,因此有较大波动范围。外国试验资料表明,锌无论是以氧化锌还是金属锌产出,其回收率相近。精矿含锌与锌回收率的关系见表 5。

表 5 精矿含锌与锌回收率

产品	粗锌	粗锌	氧化锌	粗锌
精矿含锌(%)	5.7	8	10	38
锌回收率(%)	73.9	90.9	90.2	91.0

该法需要配置较大功率的炉渣沉降电炉,因而单位产品能耗较高。炉渣含铅为 5%~7%,该炼铅炉渣需要进一步处理。

江西铜业公司和株洲冶炼集团已分别在九江和株洲建成基夫赛特炼铅装置,目前尚无生产数据报道。

6.2.7 氧气底吹熔炼直接炼铅(QSL)法炼铅在德国和韩国各有一家工厂运行,生产能力达到 120kt/a~150kt/a。

中国白银有色金属公司建设了一座年产 50kt 粗铅的 QSL 炼铅装置,于 1995 年 7 月投产,截至 1995 年 12 月底产粗铅 130kt,1996 年 6 月停产。因资金原因而没能恢复生产。

德国和韩国氧气底吹熔炼直接炼铅(QSL)法炼铅工厂处理原料为铅精矿,精矿含铅 45%~70%,也搭配处理铅银渣、废铅酸蓄电池铅泥及其他含铅二次物料。氧气底吹熔炼直接炼铅(QSL)法炼铅操作技术参数见表 6。

表 6 氧气底吹熔炼直接炼铅(QSL)法炼铅操作技术参数

技术参数		数值	备 注
含铅混合原料粒度(mm)		25	
熔剂、返料(mm)		<3	
碎煤(mm)		<3	当混合炉料含硫低时需加入碎煤补热
含铅混合原料含水(%)		<10.0	
渣型	硅钙比($\text{SiO}_2 : \text{CaO}$)	1.5~2.5	一般为硅酸盐渣型, 指标为重量百分比的比值
	铁硅比($\text{Fe} : \text{SiO}$)	1.0~1.8	
粗铅含铅(%)		95~98	
炉渣含铅(%)		<5	
金属 回收率	铅(%)	90~97	入粗铅
	铜(%)	80~86	入粗铅
	金、银(%)	96~99	根据原料金、银含量高低 决定入粗铅的金银量
	锌(%)	74~91	当设有烟化炉吹炼时, 以进入次氧化锌产品计
烟尘率(%)		15~18	
氧气浓度(%)		>90	
粗铅能耗(MJ/t)		<10.26	<350kgce/t
离开 QSL 反应器 的工艺烟气温度($^{\circ}\text{C}$)		850~950	
余热锅炉饱和蒸汽压力(MPa)		4.0	

6.2.8 关于氧气侧吹熔炼法。在河南新乡市某铅冶炼厂进行了工业化试验,通过了部级技术鉴定。所列数据为工业化试验数据,该法是基于强化熔池熔炼,其熔炼炉称之为瓦纽科夫炉,床能力高达 $70\text{t}(\text{精矿})/(\text{m}^2 \cdot \text{d}) \sim 100\text{t}(\text{精矿})/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$,居所有熔炼方法的首位。该法用于处理铜精矿、镍精矿、铜镍精矿,已有 30 多年工业生产经验,俄罗斯、哈萨克斯坦有 6 台工业炉在运行。对于处理铅精矿,俄罗斯曾在 20m^2 双区(室)炉中进行日处理 1000t 精矿的

工业试验,产出含铅 96% 的粗铅和含铅 1%、锌 1.7% 的贫化渣。国内则在 1.5m^2 单区(室)炉中分别进行过氧化、还原熔炼工业试验;氧化熔炼产出含铅不小于 98% 的粗铅、含铅 28%~35% 的富铅渣,离炉烟气含 SO_2 20%~25% (脱硫率大于 97%),床能力达 $110\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d}) \sim 125\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$;还原熔炼产出含铅不小于 96% 的二次粗铅、含铅 1%~3% 的终渣,床能力达 $90\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d}) \sim 110\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$;冶炼回收率(入粗铅)铅大于 96%、银大于 98.5%、金不小于 99%。

本条所列指标系根据国内外试验成果确定。

氧气侧吹法备料简单、熔炼强度大、投资省、生产成本低,尚需商业运行的工厂进行工业生产指标验证。

6.2.9 灵宝某厂年产 100kt 粗铅的铅富氧闪速熔炼工程于 2011 年 5 月进行了工业试生产,处理富含锌、铜的复杂铅精矿,搭配处理铅银渣、铜浸出渣、锌浸出渣等冶炼尾渣及铅酸蓄电池、电子玻璃等二次含铅物料,取得了好于预期的生产指标,随后经过不断的改进和完善,已成为稳定、可靠的铅冶炼新技术及装备,并已通过了部级技术鉴定。尚需商业运行的工厂进行工业生产指标验证。

部级技术鉴定数据如下:处理入炉物料含铅 25%~30%,闪速熔炼渣含铅 8%~12% (最低降至 3%)。经电炉贫化还原,电炉弃渣含铅小于 2% (最低小于 1%)、含锌小于 2% (最低小于 1%)、平均含银小于 6g/t、含金小于 0.1g/t、含铜小于 0.1%;粗铅品位大于 98%;闪速熔炼烟尘含铅大于 65%、含锌小于 3%,烟尘率 8%~12% 且全部闭路返回熔炼。铅回收率大于 98%、金银回收率大于 99.5%、总硫利用率大于 98%;包括还原贫化电炉挥发锌的能耗在内,粗铅综合能耗 $213\text{kgce}/\text{t}$ 。

6.2.10 卡尔多(Kaldo)法这种直接炼铅法是将铅精矿用“氧油-精矿”喷枪斜位喷入立式旋转炉内进行闪速熔炼,故要求铅精矿含水低、粒度小。粗粒料、熔剂、焦粉则经炉口直接加入炉内。氧化、还原、出渣、放渣等过程分段进行,为一炉一炉熔炼的周期性作业,

此生产过程造成烟气所含的二氧化硫时断时续,需产出部分液体二氧化硫调节硫酸生产或全部生产液体二氧化硫。

该法已有 30 多年的工业生产实践,目前世界上有 13 台卡尔多炉在运行,处理铜精矿、镍精矿、阳极泥、废杂铜、废铅酸蓄电池铅泥等不同原料。我国青海西部矿业公司引进的 1 台 11m^3 卡尔多炉,年产粗铅 50kt,于 2005 年投产,现用于处理废铅电极板。本条所列指标系国内外生产厂实际数据。

6.2.11 烟化炉烟化含锌炉渣在国内已广泛使用,本条所列数据为生产经验数据。

6.2.12~6.2.14 粗铅脱铜精炼、粗铅电解精炼、粗铅火法精炼(不包括脱铜精炼)工序所列指标均系国内外生产厂实际数据。

铅电解精炼时,铅阳极板所含的铜和锡为最有害杂质,铜会形成铜-铅(Cu-Pb)共晶,锡的电极电势与铅相近,均会在阳极溶解后在阴极析出而影响阴极铅质量。当粗铅含铜、锡高时,宜采用火法精炼预先尽量去除后,再铸阳极板。

铅电解精炼厂的铅电解液成分一般为:铅 60g/L~120g/L,游离硅氟酸 60g/L~100g/L,总硅氟酸根(SiF_6^{2-})100g/L~180g/L;铅电解液允许杂质浓度见表 7。

表 7 铅电解液允许杂质浓度(g/L)

Cu	Sb	Sn	Ag	Bi	Fe	F
<0.002	<0.8	<1.0	<0.001	<0.002	<4.0	<3.0

装备与大阳极板、大电解槽配套的立模浇铸生产阳极板、始极片制造、阴阳极自动排极、残极刷洗机组 4 条线,可以提升整体装备水平,实现机械化、自动化作业,从而提高劳动生产率,改善工作环境和劳动条件。对于年产 80kt 以上电铅的电解精炼厂宜采用立模浇铸生产阳极板,以提高电流效率。

符合要求的电解液成分是产出高质量电铅的前提,且电解液无须进行净化处理,有利降低生产成本。

粗铅火法精炼分粗铅电解精炼前期的初步精炼和粗铅全流程

火法精炼。我国粗铅精炼一般采用电解精炼法工艺,火法精炼工艺在西方和俄罗斯等国家得到普遍采用。当粗铅含铋超过 1.5% 时应采用电解精炼工艺。火法精炼设备简单,投资较低,产品品质没有电解精炼的产品高,但完全能适应工业产品加工要求,相反品质纯净的电解精炼铅通常工业加工成产品时还要配入其他合金或金属。火法精炼过程产出的中间含杂质浮渣量在品种和数量上均较多,且处理浮渣的工艺较复杂,环境条件也较差。

6.3 锌冶炼冶金计算的主要参数

6.3.1 精矿干燥的生产经验数据为:圆筒干燥机烟气入炉温度约 800℃,出炉烟气温度 120℃ 以上至 140℃ 以下。脱水强度为 40kg/(m³·h)~90kg/(m³·h)。

6.3.2 国内有关工厂氧化焙烧生产指标如表 8。

表 8 国内工厂氧化焙烧生产指标

指标名称	数值(%)	指标名称	数值(%)
烧成率	86~90	烟尘中含硫酸盐形态硫(S _{Me} SO ₄)	≤0.35
烟尘率	20~25	烟尘中含硫化物形态硫(S _{Me} S)	≤0.11
脱硫率	96~98	空气过剩系数	1.05~1.1
焙砂中含硫酸盐形态硫(S _{Me} SO ₄)	≤0.37	脱除的硫生成二氧化硫	95~98
焙砂中含硫化物形态硫(S _{Me} S)	≤0.14		

国内有关工厂酸化焙烧生产指标见表 9。

表 9 国内工厂酸化焙烧生产指标

指 标 名 称	数 值
烧成率(%)	86~90
烟尘率(%)	45~52
脱硫率(%)	91~93

续表 9

指 标 名 称	数 值
焙砂中含硫酸盐形态硫(S_{MeSO_4})(%)	0.9~1.0
焙砂中含硫化物形态硫(S_{MeS})(%)	≤ 0.4
烟尘中含硫酸盐形态硫(S_{MeSO_4})(%)	≤ 2.6
烟尘中含硫化物形态硫(S_{MeS})(%)	≤ 1.4
空气过剩系数	1.2~1.25
脱除的硫生成二氧化硫(%)	95~98

6.3.3 本条对焙砂浸出作以下规定：

1 有关传统浸出。

1)国内有关工厂主要金属浸出率见表 10。

表 10 主要金属浸出率

元素	Zn	Cd	Cu
浸出率(%)	≥ 80	≥ 80	30~45

2)中国工厂一般中浸上清液含锌大于 140g/L。

3)中国工厂一般浸出渣含锌为 18%~22%，其中水溶锌为 3%~4%。

2 有关热酸浸出工厂。

一般热酸浸出工艺参数见表 11。

表 11 热酸浸出工艺参数

项目	热酸浸出-低污染黄钾铁矾工艺	热酸浸出-针铁矿除铁工艺
中浸	始酸 H_2SO_4 为 30g/L~40g/L, pH 值为 4.8~5.2, 温度为 60℃~75℃, 液固比为(10~15):1	始酸 H_2SO_4 为 30g/L~40g/L, pH 值为 4.8~5.2, 温度为 60℃~75℃, 液固比为(10~15):1
I 段酸浸	始酸 H_2SO_4 为 95g/L~180g/L, 温度为 90℃~95℃, 终酸为 0~100g/L, 反应时间为 3h~4h	始酸 H_2SO_4 为 95g/L~180g/L, 温度为 90℃~95℃, 终酸为 50g/L~100g/L, 反应时间为 3h~4h

续表 11

项目	热酸浸出—低污染黄钾铁矾工艺	热酸浸出—针铁矿除铁工艺
Ⅱ段酸浸	温度为 95℃ ~ 98℃, 终酸为 120g/L~150g/L, 反应时间为 4h	温度为 95℃ ~ 98℃, 终酸为 120g/L~150g/L, 反应时间为 4h
沉铁	沉矾剂为: 碳酸氢铵 + 碳酸氢钠, 沉矾温度为 90℃ ~ 95℃, 时间为 4h~6h, 酸度为 10g/L~15g/L, 沉矾后液含铁 1.5g/L~2.5g/L	中和剂为焙砂或氧化锌, 除铁温度为 80℃ ~ 90℃, 时间为 5h~7h, 始酸 pH 值为 ± 3.5, 终酸 pH 值为 ± 2.4, 除铁后液含铁 1.5g/L ~ 2.5g/L

国内有关工厂主要金属浸出率见表 12。

表 12 主要金属浸出率

元素	Zn	Cd	Cu	In	Fe
浸出率(%)	≥98.5	≥95	~90	≥90	80~85

6.3.4 本条有关净化的规定值为国内有关工厂生产指标。

6.3.5 国内有关工厂生产指标是废电解液含锌为 45g/L~55g/L。

6.3.6~6.3.10 所列数据均为国内有关工厂生产指标。

6.3.11 国内某工厂氧化锌烟尘浸出采用高酸浸出时, 镉的浸出率达到 80% 以上。

6.3.12 国内某工厂置换镉的锌粉用量宜为镉量的 40 倍~60 倍, 镉置换率宜为 98% 左右。

6.3.13 本条所列数据为国内外有关工厂生产数据。

6.3.14 本条所列数据均为国内外密闭鼓风炉炼锌工厂生产数据。

国内韶关冶炼厂生产指标如下:

(1) 炉料中的锌与铅合计应高于 50%, 锌铅比一般为 2:1~2.2:1;

(2) 一般采用两段圆筒进行炉料的混合、制粒, 粒级 1mm~6mm 的应大于 85%, 含水一般为 5%~7%;

(3) 应采用鼓风返烟烧结及刚性滑道烧结机。烧结工艺参数见表 13。

表 13 烧结工艺参数

工 艺 参 数	数 值
总料层厚度(mm)	280~400
垂直烧结速度(mm/min)	12~25
床能力[t/(m ² ·d)]	>30
烧结块含硫(%)	0.6~2.0
脱硫强度[t/(m ² ·d)]	1.3~2.5
脱硫率(%)	80~92
烟气二氧化硫浓度(%)	5~7
成品块率(%)	20~30
作业率(%)	85~96
铅、锌金属回收率(%)	96.5~98

(4)返粉制备一般采用三段热破一段冷破,返粉粒级一般为:3mm~6mm 的大于 60%,小于 3mm 的小于 30%,大于 9mm 的小于 10%;

(5)热风炉应采用蓄热(拷贝)式热风炉,数量一般为 3 台;(也可以先采用 2 台,预留第 3 台的场地);

(6)焦炭预热应采用鼓风炉煤气(LCV)作燃料,焦炭预热炉一般配设 2 台。焦炭预热工艺参数见表 14。

表 14 焦炭预热工艺参数

工 艺 参 数	数 据
入炉焦炭含水(%)	<5
入炉烟气含氧(%)	>0.5
入炉烟气温度(℃)	800~900
出炉烟气温度(℃)	70~120
预热后焦炭温度(℃)	800
焦炭含固定碳(%)	>82
焦炭块度(mm)	40~80
热焦产出率(%)	90
预热炉处理率[t/(m ² ·d)]	7

(7)鼓风炉(ISF)规格视生产规模确定,当今已突破标准炉(炉身截面积 17.2m^2)的界限,宜尽量大型化。锌蒸汽冷凝一般采用单冷凝器。

鼓风炉工艺参数见表 15。

表 15 鼓风炉工艺参数

工 艺 参 数	数 据
入炉热风温度($^{\circ}\text{C}$)	≥ 950
烧结块温度($^{\circ}\text{C}$)	≥ 300
床能力(炉料)[$\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$]	$37.5 \sim 45$
燃碳率[$\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$]	$8 \sim 12$
碳耗率($\%$)	$66 \sim 77$
焦率($\%$)	$34 \sim 38$
碳锌比	$0.72 \sim 1.0$
利用系数[$\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$]	$8.15 \sim 14.30$
锌蒸发率($\%$)	$93 \sim 95$
锌冷凝效率($\%$)	± 90
锌直收率($\%$)	$80 \sim 85$
锌回收率($\%$)	$92 \sim 95$
粗锌品位($\%$)	$97.85 \sim 98.81$
炉渣含锌($\%$)	$6.40 \sim 8.96$
铅挥发率(燃碳量的百分比)($\%$)	$7 \sim 15$
铅直收率($\%$)	$82 \sim 87$
铅回收率($\%$)	$90 \sim 96$
粗铅品位($\%$)	$91.0 \sim 99.4$
炉渣含铅($\%$)	$0.50 \sim 2.36$
全鼓风日数(d/a)	$300 \sim 335$

(8)粗锌精炼通常宜采用三塔型(两座铅塔和一座镉塔)精馏法。精馏塔一般采用新型大塔盘。

精馏系统工艺参数见表 16。

表 16 精馏系统工艺参数

序号	工艺参数名称			数 据
1	熔化	熔化炉床能力	粗锌锭[t/(m ² · d)]	5~6
			液态锌[t/(m ² · d)]	8~9
2	精炼	熔析温度(℃)		430~460
		熔析时间(h/炉)		43~120
		铅熔析率(%)		40~80
		粗铅品位(%)		94~98
		铅回收率(%)		98~99.9
		B [±] 锌产出率(%)		20~33
		B [±] 锌品位(%)		98~99
		硬锌产出率(%)		0.30~1.2
		硬锌品位(%)		90~95
3	精馏	精锌直接产出率(%)		60~80
		精锌总产出率(%)		94~96
		精锌品级率(%)	0 [±] 锌	80~90
			1 [±] 锌	10~20
		高镉锌产出率(%)		0.6~1.2
		锌回收率(%)		99~99.3
		镉回收率(%)		98~99
		精锌耗粗锌(t/t)		1.04~1.10
4	冷凝	冷凝容积强度 [t/(m ³ · d)]	铅塔	3.23~4.26
			镉塔	2~6
5	年工作日(d)			330

(9)铅锌密闭鼓风炉熔炼总回收率见表 17。

表 17 铅锌密闭鼓风炉熔炼总回收率(%)

金 属 品 种	回 收 率
锌	92~95
铅	91~94
银	86~90

7 主要设备选择

7.1 一般规定

7.1.1、7.1.2 设备选择时不可选用国家和企业淘汰的机电产品。国家产业发展政策明令淘汰的产品设备一般涉及消耗能源高、污染环境、产品性能落后等。

7.2 给料设备

7.2.1、7.2.2 给料设备一般采用胶带给矿机,胶带给矿机一般要带称量装置并能调速,圆筒仓下部出料口一般设振动漏斗。

7.3 输送机械

7.3.1 对于块度大于 20mm 的块状物料运输,提出了采用链盘式运输机和链斗运输机。

7.3.2 对于粉状干物料运输采用链式刮板运输机运输,能有效防止粉尘飞扬。

7.3.5 要求胶带输送机带速不宜大于 1.0m/s 是为了减少粉尘飞扬。

7.4 起重设备

7.4.1 起重机用于起吊装有熔体的包子时,必须选用工作制度为 A8 级的起重机。因为装有高温熔体的包子一旦发生滑落,将危及现场人员生命安全,造成设备财产损失。本条为强制性条文,必须严格执行。

7.4.2 电动葫芦起重机不得用于起吊装有熔体的包子,因为装有高温熔体的包子一旦发生滑落将危及现场人员生命安全,造成设

备财产损失。本条为强制性条文,必须严格执行。

7.5 铅冶炼设备

7.5.1~7.5.4 这几条所列的设备选择参数均为工厂生产经验数据。

7.5.5 本条规定是为了防止粉煤因贮存时间长造成着火、爆炸。国际上,德、日等国均要求粉煤仓实施通氮气保护,以保障作业所人身安全。同时,因为粉煤输送的工作压力超过了 0.1MPa,所以粉煤贮仓应按压力容器设计。本条为强制性条文,必须严格执行。

7.5.6~7.5.11 这几条均为工厂生产实践中设备运行、操作、维护的经验总结,作为本规范的设备选择的一般规定。

7.5.12 本条是工厂生产的设备运行、维修的实际经验,也是多年来各设计单位的设计经验数据之汇总。

7.6 密闭鼓风炉炼锌

本节数据系为国内外密闭鼓风炉炼锌设备的工厂经验数据。

7.7 湿法炼锌

本节所述各条均为国内外工厂和国内设计单位的实际经验总结,在国内外公开发表的文献中均有报道。

8 总平面和车间配置

本章所叙为铅锌冶炼厂总平面布置原则,主要冶炼工序的车间配置参数。生产车间的跨度及长度以满足生产操作、安全、消防、职业卫生相关法规的要求。

车间内的配置原则参数是工厂生产经验的总结数据,其基本要求是满足操作需要、保证人身安全及设备安全。

总平布置需注意物流通畅,路径简短。人流与物流分流。产生粉尘或污染气体的设施一般布置在下风侧,对环境大气质量要求较高的设施布置在上风侧。

为防止湿法炼锌过程中浸出液加锌粉置换镉时产生的砷化氢气体外逸,造成操作人员中毒,净液槽一般应设置机械通风装置。

10 有价金属回收

10.1 一般规定

10.1.1 铅精矿、锌精矿、混合铅锌精矿中除含主金属外,一般均含有其他有价元素,对有价元素进行回收,既防止了某些元素污染环境,同时又提高了工厂的经济效益。因此设计时应尽可能使有价元素得到有效综合回收。

铅锌冶炼原料中除含铅和锌外,还含有铁、铜、钴、金、银、镓、铟、铊、锗、锡、锑、铋、镉、汞、硫、硒、碲、砷等。在冶炼过程中,这些金属(元素)将进入或富集于烟气、烟尘、中间产品、各种渣、阳极泥、酸泥等物料内。从发展循环经济和充分利用资源及保护环境的角度出发,为建设资源节约、环境友好型社会,应将上述有价金属(元素)尽量分别回收利用。特别是不能让含二氧化硫、铅、砷、镉、铊、汞等有毒物料进入环境中,以免污染空气和水源,危害人类自身生存环境。

10.1.2 针对铅锌冶炼生产系统中产出的各种烟尘、中间渣,当返回生产系统可回收有价金属时,即指返回生产系统时不会对工艺过程和岗位操作条件带来不利影响,宜返回生产系统。不宜返回生产系统的,应开路处理;暂难处理的,应妥善保存或外售。暂难处理系指目前尚无成熟、可靠的生产工艺及设备,但经济和环境效益良好的,应妥善保存或外售。

10.1.3 针对湿法炼锌工艺所产含铁浸出尾渣,当含铁超过 40% 时,作为铁原料送炼铁厂处理。

综合回收项目宜尽量做到“三同时”,使经济效益和社会效益完美统一。由于目前对铅锌精矿中伴生的有价金属在冶炼过程中的分布不完全清楚,通常仅完成金、银、铜、钴、镍、铟、锗、锡、锑、

铋、镉、汞、硫、砷等主要有价金属的回收设计,其他有价金属的回收设计在工厂投产后逐渐完成。

10.2 铅冶炼厂有价金属回收

10.2.1~10.2.3 在铅火法冶炼过程中,各有价金属(元素)在其中间和最终产物中的分配率,除硫、金、银相对较稳定外,其他的则随熔炼工艺的不同,其分配情况和富集程度会有差异。在选择回收处理工艺时,一般宜依据实际情况或类似工厂的生产实践。

10.2.4 从铅阳极泥或富银渣中回收金和银,国内各生产厂的金、银回收率实际指标为 97%~98%。

10.2.5 从铋渣中回收铋,国内生产厂实际指标为 90%左右。

10.3 锌冶炼厂有价金属回收

10.3.1 本条对湿法炼锌过程的伴生元素回收作出具体规定。以下各款所采用数据,多数为株洲冶炼厂常规湿法炼锌流程的实际测定值。

1、2 常规法湿法炼锌时,锌精矿中的硫在焙烧时以二氧化硫形态进入烟气而被制成硫酸;而富氧浸出时,硫则以元素硫形态留在浸出渣中,以硫精矿或硫磺回收;

3 锌精矿中的铜和镉进入浸出液,浸出液净化后所产铜镉渣,国内外均对该渣中的铜和镉回收,镉回收率为 75%~90%;

4 锌精矿含铅 1%时,超浸渣与氧化锌浸出铅渣含铅将达 14%~25%,通常将其返回至铅系统(对铅锌联合企业而言)或作为铅原料出售,根据国内生产实践,锌精矿含银 0.01%以上即达到计价标准,应回收;

5 汞有 80%~90%进入流态化焙烧烟气中,另有约 10%进入挥发窑烟气,故应从烟气中回收;

6、7 为工厂生产实践经验,提出此界线;

8 锌精矿含钴 0.005%时,中浸液含钴达 0.01g/L 以上,故必

须净化除钴；从钴渣中回收钴，也为我国所缺的钴资源增加了来源；

9 浸出液中的铟、锗、镓等稀散金属易富集在铁渣中，铟进入铁钒渣可达 95%。因此在除铁前应优先回收铟、锗、镓，最好的方法是将溶液中的铁还原为二价铁，然后沉淀富集入渣中，最后再采用针铁矿除铁；

溶液中有价元素分离采用萃取法，萃取法比化学沉淀法分离的选择性强、流程短、回收率高，萃取剂可以再生，过程可以实现自动化、连续化，操作简便。离心萃取器对低浓度溶液的萃取效果好，较高浓度溶液（如铟离子大于 1g/L、三价铁离子小于 2g/L）可采用常规的混合澄清萃取箱；

10 从含银浸出渣中回收银，对于铅锌冶炼联合企业，最经济合理的方法是将浸出渣直接送铅生产系统，其银入粗铅的回收率达 95% 以上。当企业受条件限制时，可采用浮选法富集回收银，但银回收率低。日本某炼锌厂采用赤铁矿法，焙砂中 97% 的银进入浸出渣，该渣在高压釜中通入二氧化硫，在 100℃～110℃ 条件下进行还原浸出，产出铜-铅-银（Cu-Pb-Ag）渣；将这种渣进行浮选，产出富集金银的铜精矿，其回收率可达金 98%，银 96.2%；

11 对挥发窑渣堆存场地的规定，是为了避免窑渣中有价元素流失及污染环境。

挥发窑渣中各元素的残留率一般为：铜 71.42%，铅 13.7%，硫 4.23%，汞 21.49%，砷 58.74%，铟 30.7%，锗 71.14%，镓 43.95%，铊 32.18%，铋 26.46，锡 26.45，锑 56.90%，银 0.005%～0.012%。

10.3.2 本条对密闭鼓风炉炼锌过程的伴生元素回收作出了具体规定。

1 烧结烟气二氧化硫浓度一般为 5%～7%，二氧化硫浓度高于 4.5% 即能采用两转两吸制硫酸工艺生产硫酸，尾气经脱硫处理后达标排放；

2 精矿中 98% 以上的汞进入烧结烟气，当精矿含汞 0.01% 时，制酸电除雾后的烟气中含汞约 20mg/m³；为保证成品硫酸含

汞不大于 1ppm, 必须回收这部分汞。但精矿含汞小于 0.01% 时, 从烟气中回收汞不经济; 为保证成品硫酸含汞不大于 1ppm, 可采用硫酸脱汞方案;

精矿含汞 0.025% 时, 电除雾后的烟气含汞超饱和, 达 $35\text{mg}/\text{m}^3 \sim 50\text{mg}/\text{m}^3$; 部分汞进入烟气净化酸泥中, 其含汞可达 1% 以上; 故除了从电除雾后的烟气中回收汞外, 还应从酸泥中回收汞, 从而防止厂区大气含汞超标。从酸泥中回收汞可采用蒸馏法。

韶关冶炼厂采用“碘结合-电解”法从烧结烟气中回收汞, 其除汞效率达 99%, 精制汞纯度为 99.99%, 硫酸含汞 1ppm 以下, 汞的总回收率为 45.3%;

3 烧结焙烧时, 精矿中的镉有 50%~90% 挥发进入烟气, 电收尘器回收的含镉烟尘, 应开路处理回收镉, 不能作为返料返回生产系统, 否则将会使粗锌含镉超过 0.25%, 导致因精锌含镉高而降低产品质量等级。从烟尘中回收镉, 可采用火法和湿法组成的联合法提镉工艺。

鼓风炉熔炼时, 炉料中的镉有 37%~48% 进入粗锌, 粗锌精馏时从镉塔产出高镉锌。从高镉锌中回收镉, 可以采用“精馏-碱性精炼”提镉工艺;

4 烧结焙烧时, 精矿中的铊有 75%~80% 挥发而富集于烧结烟尘内。从该烟尘中提取铊, 可采用“焙烧—浸出—萃取”联合法工艺;

5 烧结焙烧时, 精矿中的锗有 98% 进入烧结块, 鼓风炉熔炼烧结块时, 其 65% 的锗进入粗锌, 约 25% 的锗进入炉渣。粗锌精馏时, 粗锌中的锗有 76%、22% 分别进入 $B^{\#}$ 塔硬锌和锌渣中; 炉渣烟化时, 炉渣中的锗进入氧化锌中。锗在这三种中间产品中的分配率分别为: $B^{\#}$ 硬锌, 35%~40%; $B^{\#}$ 塔锌渣, 25%~30%; 烟化氧化锌, 20%~25%。

从硬锌中提取锗, 宜采用真空蒸锌、锗渣氯化蒸馏法。

从 $B^{\#}$ 塔锌渣和烟化氧化锌中提取锗, 宜采用硫酸浸出、丹宁沉淀法。

S/N:1580242·424



统一书号: 1580242·424

定 价: 17.00 元