

ICS 13.030.50

CCS Z 05

团 体 标 准

T/HSES 0011-2025

硫化精矿氧压浸出硫渣中硫与有色金属 综合回收技术规范

Technical specification for comprehensive recovery of sulfur and
non-ferrous metals in sulfur slag from oxygen pressure leaching

2025-12-31 发布

2025-12-31 实施

湖南省环境科学学会 发布

目 次

1 适用范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	3
4 总体要求	4
5 工艺设计	5
6 主要工艺设备	7
7 检测与过程控制	9
8 主要辅助工程	9
9 劳动安全与职业卫生	10
10 环境保护	9
11 运行与维护	10
参 考 文 献	13

前 言

本文件按照现行国家标准 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由湖南省环境科学学会提出并归口。

本文件起草单位：中南大学、深圳市中金岭南有色金属股份有限公司丹霞冶炼厂、昆明理工大学、呼伦贝尔驰宏矿业有限公司。

本文件主要起草人：田晨、杨平、高青山、董志成、郑莉莉、周东风、王郎郎、邓伟、伍贺东。

本文件的某些内容可能涉及知识产权。本文件的发布机构不承担识别这些知识产权的责任。

本文件为首次发布。

硫化精矿氧压浸出硫渣中硫与有色金属综合回收技术规范

1 适用范围

本文件规定了硫化精矿氧压浸出硫渣中硫与有色金属综合回收技术规范的总体要求、工艺设计规范、工艺设备要求、检测与监测要求，以及运行与维护等要求。

本文件适用于硫化精矿氧压浸出硫渣中单质硫的富集、分离并获得硫磺产品，同时实现有价金属的分离回收。本文件可作为有色金属冶炼企业及相关工程技术人员进行氧压浸出硫渣资源化处理和工艺运行管理的指导文件。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 150.1 压力容器 第1部分：通用要求
- GB/T 150.2 压力容器 第2部分：材料
- GB/T 150.3 压力容器 第3部分：设计
- GB/T 150.4 压力容器 第4部分：制造、检验和验收
- GB/T 2449.1 工业硫磺 第1部分：固体产品
- GB/T 3836.1 爆炸性环境 第1部分：设备 通用要求
- GB/T 3884.2 铜精矿化学分析方法 第2部分：金和银量的测定 火焰原子吸收光谱法和火试金法
- GB/T 3884.8 铜精矿化学分析方法 第8部分：锌量的测定 Na_2EDTA 滴定法
- GB 5085.1 危险废物鉴别标准 腐蚀性鉴别
- GB 5085.3 危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别
- GB 5085.7 危险废物鉴别标准 通则
- GB/T 8151.1 锌精矿化学分析方法 第1部分：锌量的测定 沉淀分离 Na_2EDTA 滴定法和萃取分离 Na_2EDTA 滴定法
- GB/T 8151.3 锌精矿化学分析方法 第3部分：铁量的测定 Na_2EDTA 滴定法
- GB/T 8151.6 锌精矿化学分析方法 第6部分：铜量的测定 火焰原子吸收光谱法
- GB/T 8151.22 锌精矿化学分析方法 第22部分：锌、铜、铅、铁、铝、钙和镁含量的测定 波长色散 X 射线荧光光谱法
- GB 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准
- GB 12523 建筑施工场界环境噪声排放标准
- GB 12801 生产过程安全卫生要求总则
- GB/T 13869 用电安全导则
- GB 14554 恶臭污染物排放标准
- GB/T 14848 地下水质量标准
- GB 15577 粉尘防爆安全规程
- GB 16297 大气污染物综合排放标准
- GB 18597 危险废物贮存污染控制标准

GB 18598	危险废物填埋污染控制标准
GB 25466	铅、锌工业污染物排放标准
GB 34330	固体废物鉴别标准 通则
GB 36600	土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准
GB/T 45001	职业健康安全管理体系 要求及使用指南
GB 50015	建筑给水排水设计标准
GB 50016	建筑设计防火规范
GB 50019	工业建筑供暖通风与空气调节设计规范
GB 50034	建筑照明设计标准
GB 50052	供配电系统设计规范
GB 50054	低压配电设计规范
GB 50058	爆炸危险环境电力装置设计规范
GB 50187	工业企业总平面设计规范
GB 50194	建设工程施工现场供用电安全规范
GB 51084	有色金属工程设备基础技术规范
GBZ 1	工业企业设计卫生标准
GBZ 2.1	工业场所所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素
GBZ 2.2	工业场所所有害因素职业接触限值 第2部分：物理因素
GBZ 158	工业场所职业病危害警示标识
HG/T 20536	聚四氟乙烯衬里设备
HG/T 20677	橡胶衬里化工设备设计规范
HG/T 20678	衬里钢壳设计技术规定
HG/T 20679	化工设备、管道外防腐设计规范
HJ/T 20	工业固体废物采样制样技术规范
HJ/T 60	水质硫化物的测定碘量法
HJ 298	危险废物鉴别技术规范
HJ 2015	水污染治理工程技术导则
HJ 2042	危险废物处置工程技术导则
SN/T 5630	进口货物固体废物属性鉴别方法 锌矿及含锌富集物
YS/T 341.5	镍精矿化学分析方法 第5部分：铜、铅、锌、镁、镉和砷含量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本规范。

3.1

硫化精矿氧压浸出硫渣 oxygen pressure leaching slag from sulfide concentrate

以硫化锌、硫化镍、硫化铜或其中之一为主的硫化物精矿，通过氧压浸出工艺将锌、镍、铜等有价金属浸出分离后，得到的固态或以固态为主的浸出渣，其主要成分为硫磺、金属硫化物、脉石相。

3.2

热压调控 high temperature and high pressure control technology

利用高温、高压及固-液界面张力协同作用将硫化精矿氧压浸出硫渣中的硫磺转化成致密块状，实现硫磺高效富集及与杂质有效分离的过程。

3.3

颗粒硫 particulate sulfur

将热压调控过程中形成的块状硫磺经过破碎后得到的细颗粒硫磺，颗粒尺寸一般 < 1.0 cm。

3.4

热压残渣 residue after high temperature and high pressure control

热压调控过程中杂质相与硫磺分离后得到的混合残渣，主要成分为硅钙脉石相。

3.5

硫磺精矿 flotation concentrate with sulfur

颗粒硫、热压残渣混合配料后，通过水浮选后，上层选出的硫磺富集物，主要成分为细颗粒的硫磺、金属硫化物（主要为闪锌矿、黄铁矿），其中硫磺含量 $> 80\%$ 。

3.6

铅银渣 lead and silver residue

颗粒硫、热压残渣混合配料后，通过水浮选后，下层残余的杂质，主要成分为硫酸铅、硫化银，以及硫酸钙、二氧化硅等硅钙脉石。

3.7

断硫剂 reagents blocking sulfur from cross-linking

复配获得，可与硫磺分子结合，阻断高温条件下液态硫磺分子间交联聚合的有机药剂。

3.8

降粘纯化 technique to reduce the viscosity of sulfur by passivate

通过添加断硫剂降低液态硫磺混合体系的粘度，在后续压滤过程中将硫磺分离得到硫磺产品及热滤渣的过程。

3.9

硫磺产品 sulfur products

包括硫磺精矿在降粘纯化过程中通过压滤分离后得到的硫磺，及后续硫富集液溶解再结晶分离得到的硫磺。其成分应满足工业硫磺的现行国家标准（GB/T 2449.1 合格品）。

3.10

热滤渣 residue after filtration

硫磺精矿在降粘纯化过程中通过压滤分离硫磺后，在压滤机内滤板上收集到的残渣相。

3.11

溶硫剂 reagents for dissolving sulfur

利用溶剂分子对硫磺的选择性，实现硫磺溶解形成水溶性多硫化物的无机试剂。

3.12

硫磺结晶剂 reagents promoting crystallization of sulfur

通过溶解后释放质子，破坏水溶性多硫化物的电荷平衡使其分解并结晶形成硫磺的无机试剂。

3.13

硫富集液 sulfur-enriched solutions

热滤渣选择性溶解后过滤得到的滤液，含有溶解的多硫化物及与银的络合离子。

3.14

锌富集渣 zinc-enriched slag

热滤渣选择性溶解后过滤得到的滤渣，含有硫化锌、硫化亚铁及少量硅钙脉石。

3.15

高银渣 silver-enriched slag

通过硫磺结晶剂调控硫富集液分解结晶并过滤硫磺产品后得到的固体，主要成分为硫磺及硫化银。

3.16

再结晶尾液 terminal solution after recrystallization

硫富集液通过硫磺结晶剂调控，并过滤分离硫磺产品、高银渣后得到的溶液，主要成分为硫酸钠。

4 总体要求

4.1 一般规定

4.1.1 硫化精矿氧压浸出硫渣中硫与有色金属综合回收技术项目的建设与管理应符合国家和地方相关法律法规、产业政策、排放许可制度、行业污染管理要求和经批准的环境影响评价文件的要求。

4.1.2 涉及硫化精矿氧压浸出硫渣中硫与有色金属综合回收技术的生产装置、产品储罐、物料运输管道等存在重金属污染风险（水体污染、大气污染、土壤污染等）的设施，应符合国家现行标准和规范要求，并应设置防腐蚀、防泄漏设施和监测装置。

4.1.3 硫化精矿氧压浸出硫渣中硫与有色金属综合回收处理过程中产生的酸性废水、尾液应回用或回收；回收过程排放的含硫气体、粉尘、酸雾等应配备气体收集处理设施及监测装置。

4.1.4 硫化精矿氧压浸出硫渣中硫与有色金属综合回收技术回收得到的硫磺产品，应符合现行国家标准 GB/T 2449.1 的规定；有价金属分离得到的铅银渣、银精矿、锌富集渣应由具有资质的单位进行综合利用或处理，并应按照其管理属性分别处置；不能自行综合利用或处置的，应交给有相应资质和处理能力的企业进行综合利用或处置。危险废物的贮存、处置、转移等应符合现行国家标准 GB 18597、GB 18598、HJ 2042 和《危险废物转移联单管理办法》^[1]的规定。

4.1.5 回收过程中应设置液碱、硫化氢、硫酸泄漏事故应急处理设施；热压调控阶段应设置管路堵塞的应急处理方案；回收设备和设施（包括但不限于电气仪表、电机、照明、就地操作箱等）应设置防爆、防腐措施，防爆应符合现行国家标准 GB/T 3836.1 的规定。

4.1.6 人员职业卫生应符合现行国家标准 GBZ 1、GBZ 2.1、GBZ 2.2 和 GBZ 158 的规定。

4.2 工程项目构成

4.2.1 工程项目应包括主体工程、辅助工程和配套设施。

4.2.2 主体工程应包括硫化精矿氧压浸出硫渣的热压结晶分离、断硫降粘纯化、溶解再结晶回收三个主体处理单元和尾气吸收单元。

4.2.3 辅助工程应包括建筑与结构、厂区道路和绿化、电器系统、给水排水和消防系统、采暖通风与空调系统等。

4.2.4 配套设施应包括办公室、休息室、卫生间、浴室、更衣室及其他生活设施等。

5 工艺设计

5.1 一般规定

5.1.1 硫化精矿氧压浸出硫渣中硫与有色金属综合回收工艺应根据氧压浸出硫渣中硫磺的赋存形态及含量、有价金属的种类及含量等性质，选择成熟、低（无）二次污染、经济合理的技术路线。

5.1.2 回收工艺设计应符合以下规定：

- a) 主体处理单元应具有收集、临时贮存、过程监控和应急处理的功能；
- b) 回收过程产生的废渣、废气应无害化处置；
- c) 处理系统设计应选用能耗低、噪声低的设备设施。

5.1.3 溶解再结晶单元中浸出与结晶工艺设施的地面防渗设计应符合现行国家标准 GB 18597 有关规定。

5.2 工艺设计要求

5.2.1 硫磺产品的回收率不低于 80%，有价金属锌、铜、镍的回收率应不低于 60%，银回收率应不低于 20%。

5.3 工艺选择

5.3.1 回收工艺

回收工艺应包括热压结晶分离、断硫降粘纯化、溶解再结晶回收、尾气吸收处理等工序，工艺流程见图 1。

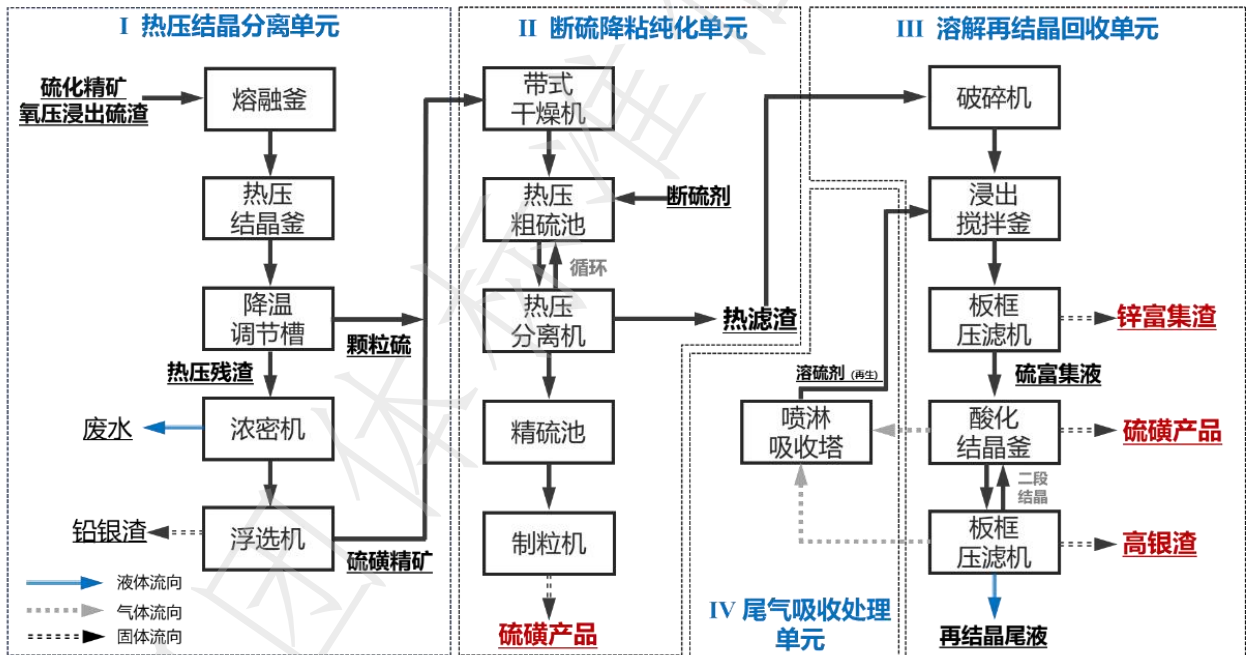


图 1 工艺流程示意图

5.3.2 热压结晶分离工序应符合下列规定：

- a) 硫渣通过熔融釜实现升温加压调控，其中熔融釜内应温度控制范围 135~150℃、压力控制范围 0.64~0.70 MPa、搅拌速度 300~800 r/min；
- b) 通过热压结晶釜调控硫磺形态，釜内应控制压力范围 100~200 kPa、搅拌速度 100~400 rpm、温度范围 95~110 ℃，熔融釜到结晶釜管路的平均降温速率应为 2~6 ℃/min；颗粒硫尺寸 1000~5000 μm；
- c) 通过连接管路进入降温调节槽，管路应蒸汽保温且不低于 95 ℃，搅拌速度应为 100~400 rpm。

5.3.3 断硫降粘纯化单元应符合以下规定：

- a) 硫磺精矿通过带式干燥机控制含水率应为 8~12 wt%；
- b) 断硫剂用量应为硫磺精矿的 0.05~0.25 wt%，和干燥后的硫磺精矿混合后直接加入热压粗硫池

熔融搅拌，其温度范围应为 135~140 °C，搅拌速率应为 150~200 rpm，搅拌时间应为 5~15 min；

c) 熔融后的硫磺精矿通过热压分离机滤出液体硫磺，开始时熔融精矿泵入分离机并在粗硫池间不断循环，滤板过滤层厚度达标后停止循环，循环时间宜小于 30 min，将滤出的液硫泵入精硫池；

d) 热滤过程中压力应控制为 0.6~1.0 MPa，实际有效压滤时间不宜超过 60 min，可通过滤出液硫的质量流量判断停止热滤分离；

e) 液体硫磺进入精硫池后静置，并通过制粒机冷却、成型回收得到硫磺产品，其中精硫池温度控制宜为 135 °C。

5.3.4 溶解再结晶单元应符合下列规定：

a) 热滤渣通过破碎机破碎，控制颗粒硫粒径小于 40 μm，浸出搅拌釜内温度应控制 50~70 °C，浸出时长可据含硫量确定（一般为 3~8 h），搅拌速率应为 400~600 rpm；

b) 浸出达标后浆液通入板框压滤机，为保证滤饼层厚度达标，循环进料时间不低于 15 min，压榨过程需保持足够压力，过滤分离的溶液通入酸化结晶釜，滤板上的锌富集渣通过人工卸渣收集并独立水洗后自然风干，其锌含量应不低于 16%~22%；

c) 酸化结晶釜内酸的添加量依据硫磺含量与溶液 pH 初始条件确定，应控制尾液 pH 范围 6.5~7.5、酸化速率≤0.2/min（可根据 pH 变化调整）；

d) 硫磺结晶析出宜在溶液 pH 稳定后通过板框压滤机进行，在滤室中循环稳定后加压，压滤后卸压通入压缩空气干燥，得到硫磺产品。

e) 回收硫磺产品后，过滤出的溶液返回结晶釜进一步酸化至溶液 pH≤6.5（避免尾液酸度过大）并再次通入板框压滤机进行分离，保持循环进料时间不低于 15 min，压滤后分离出再结晶尾液，人工卸渣收集滤板上的高银渣，其银含量应不低于 2000 g/t（0.2%）。

5.3.5 尾气吸收单元应符合下列规定：

a) 配料（液）、浸出、压滤、结晶过程中均会产生硫化氢气体，应利用碱液吸收，碱液浓度宜为 10%~20% wt；

b) 尾气处理通过喷淋塔实现，碱液通过真空循环泵在塔内自上而下与尾气逆流接触并在塔内循环，应在 S²⁻浓度达到设定值后外排并回流至浸出搅拌釜。

5.4 产品应符合下列规定：

5.4.1 产品应包括硫磺产品、锌富集渣与高银渣。

5.4.2 硫磺产品应符合现行国家标准 GB/T 2449.1 中合格品要求。

5.4.3 锌富集渣应符合现行国家标准 GB 50985 中对锌浸出渣的锌含量要求，或满足行业标准 SN/T 5630 对进出口含锌固废的含量要求。

5.4.4 高银渣中银含量不应低于 2000 g/t。

6 主要工艺设备

6.1 一般规定

6.1.1 硫渣处理主要工艺设备（设施）应根据处理基本工艺流程设计和选型。

6.1.2 主要设备性能要求应符合其产品标准要求。非标设备和材料加工质量要求和使用寿命不得低于

产品说明书规定的技术指标与使用期限。

6.1.3 主体设备且应具有非氧化性强酸、强碱的耐腐蚀性能并满足 HG/T 20679 的设计要求，使用的衬底材料在设计时应满足 HG/T 20536、HG/T 20677、HG/T 20678 的规定。

6.1.4 生产过程涉及到加压或产生气体加压的设备，包括熔融釜、热压结晶釜、热压分离机、浸出搅拌釜、板框压滤机均应满足 GB/T 150.1、GB/T 150.2、GB/T 150.3、GB/T 150.4 对设计、材料、制备的要求，满足工艺过程的压力需求，同时热压结晶工艺段的主体设施、物流管路、检测元件等满足耐高温性。

6.1.5 主要用能设备应符合其能效标准要求。

6.2 热压结晶分离工艺设备

6.2.1 热压结晶分离工艺设备应包括熔融釜、热压结晶釜、降温调节槽、浓密机、浮选机。

6.2.2 熔融釜

硫化精矿氧压浸出硫渣通过熔融釜加压升温并与热压结晶釜相通。熔融釜内温度应控制在 135~150 °C，压力控制在 0.64~0.70 MPa，釜体材质需具备耐高温及耐腐蚀性，并应添设其他耐腐蚀内衬。

6.2.3 热压结晶釜

熔融釜排出的物料应进入热压结晶釜。釜内压力应控制在 100~200 kPa，温度应控制在 95~110 °C，材质应使用 904L 型或其他耐压耐腐蚀材料，应考虑锌、铁等金属离子结晶腐蚀，熔融釜与热压结晶釜连接处的设计应易于安装、更换。

6.2.4 降温调节槽

降温调节槽运送渣样的管路应设置蒸汽保温的加热层，管路内液体温度应不低于 95 °C。降温调节槽应设置链条刮板沉砂机，高口径筛网目数应控制在 20~30 目。

6.2.5 浓密机

浓密机上清液及底流排放管渠应耐酸腐蚀。浓密机应设置多组并联使用。

6.2.6 浮选机

浮选机与溶液接触部分的材质选择不低于 316L 不锈钢，仪表与工艺矿浆或溶液接触部分的材质应与设备配管材质相同（不低于 316L 不锈钢）。

6.3 断硫降粘纯化工艺设备

6.3.1 断硫降粘纯化工艺设备应包括带式干燥机、熔硫池、热压分离机、制粒机。

6.3.2 带式干燥机

带式干燥机应耐高温。洗涤过滤区的热热水温度应控制在 80~85 °C。硫磺精矿中含水率应干燥到 15% 以内（宜为 8~12%）。

6.3.3 熔硫池

熔硫池应包括热压粗硫池与精硫池。粗硫池温度应控制在 135~145 °C，精硫池温度宜控制在 ±135 °C；进入热滤分离机的硫磺应在粗硫池中熔化。

6.3.4 热压分离机

热压分离机中物料应循环过滤。滤饼层厚应控制在 30 mm 以内，过滤压力应不超过 0.4 MPa。停止进料后应用压缩空气吹干滤饼，应通过振动排渣。

6.3.5 制粒机

精硫液应通过制粒机冷却、固化。

6.3.6 工艺段使用的电机应为防爆型电机，相应的液位计、压力变送器等仪表均应选用防爆型。

6.4 溶解再结晶回收工艺设备

6.4.1 溶解再结晶工艺设备应包括破碎机、浸出搅拌釜、板框压滤机、酸化结晶釜、喷淋吸收塔。

6.4.2 破碎机

破碎采用立式砂磨机时，为满足浸出要求热滤渣粒径尺寸应符合 $D_{97} < 40 \mu\text{m}$ 。

6.4.3 浸出搅拌釜

釜体及搅拌、检测元件采用的耐酸、碱腐蚀材质，应不低于 316 L 不锈钢；并应设置有观察窗、温控探针；釜体应符合气密性要求。

6.4.4 板框压滤机

板框压滤机应耐碱、耐腐蚀，并应设置防止硫化氢逃逸的技术措施。

6.4.5 酸化结晶釜

酸化结晶过程会析出的硫化氢应设置防止硫化氢逃逸的技术措施，釜体应符合密闭性要求；釜体材质及内部衬材采用耐酸耐碱腐蚀的材料，并应不低于 316 L 不锈钢。

6.4.6 喷淋吸收塔

吸收塔应两级串联，每级宜设置 2-3 层喷淋层，并宜错开布置；尾气停留时间应在 1.5~3s， H_2S 的总去除效率应不低于 99%。塔体、喷淋层、除雾器、循环管道、水箱等设施材质宜选用玻璃钢、聚丙烯或聚偏氟乙烯。

7 检测与过程控制

7.1 检测

7.1.1 检测应包括检测室、硫的检测与污染物检测。

7.1.2 检测室

硫化精矿氧压浸出硫渣回收工程宜设置分析化验室，并应配备相应的检测仪器和设备，对各种原材料、生产出的中间产品和产品应依据有关标准进行检测，实施质量监督。

7.1.3 硫的检测

硫磺产品的成分分析应采用现行国家标准 GB/T 2449.1 标准检测；液相硫离子应采用现行行业标准 HJ/T60 检测。

7.1.4 污染物检测

硫化精矿氧压浸出硫渣回收、处理等场所需设置污染物监测点，并定期对地下水和土壤中 Zn、Cu、Ni、As、Pb、COD 等相关污染因子进行检测，其限值应按现行国家标准 GB/T 14848 及 GB 36600 相关规定执行。同时需按 GB 34330、HJ 298 对产生污染物进行鉴别。区域废水处理应满足 HJ 2015 的要求。

7.1.5 金属含量检测

对于产品或产物中金属含量的检测，应根据来源分别参考铜精矿、锌精矿、镍精矿的相应测试标准，如依据 GB/T 3884.2、GB/T 3884.8、GB/T 8151.1、GB/T 8151.3、GB/T 8151.6 对锌、铁、铜等金属分别检测，或依据 GB/T 8151.22、YS/T 341.5 对锌、铜、铅、铁、铝、钙、镁进行统一测定。

7.2 过程控制

7.2.1 检过程控制应包括生产运行参数及能耗控制。

7.2.2 生产运行参数

热压结晶分离、断硫降粘纯化、溶解再结晶回收单元等生产工序应设置生产控制、运行管理所需的检测仪器仪表；运行参数应包括给料量、药剂投加量、给水量、酸碱度、电导率、氧化还原电位等。

8 主要辅助工程

8.1 建筑与结构

8.1.1 建筑物的设计建设应符合相关现行国家标准和行业标准的规定，并应考虑后续生产发展和技术改造的可能性。

8.1.2 建筑、结构应满足防火、防爆、防腐蚀、工业卫生及消防安全等要求；内墙面应采用粉混合砂浆或水混砂浆，外墙应采用外墙涂料，并按规范及当地设计规定要求进行节能保温，楼地面宜采用水泥砂浆地面、面砖地面或不发火花地面。

8.2 厂区道路和绿化

厂区内道路和绿化等工程设计应符合现行国家标准 GB 50187 有关规定。

8.3 电气系统

8.3.1 电气系统宜选用技术先进、成熟、可靠、损耗低、谐波发射量少、能效高、经济合理的节能产品；变压器、电机、接触器、照明产品等，其能效等级应不低于国家能效等级二级的要求。

8.3.2 电气设备保护接地、防雷接地、防静电接地、仪表自控接地应共用同一接地装置，要求接地电阻不大于 1 欧姆。

8.3.3 低压配电设计应符合现行国家标准 GB 50054 有关规定。

8.3.4 供配电系统设计应符合现行国家标准 GB 50052 有关规定。

8.3.5 照明设计应符合现行国家标准 GB 50034 有关规定。

8.3.6 建设工程施工现场供用电安全应符合现行国家标准 GB 50194 有关规定。

8.4 给水排水和消防

8.4.1 硫化精矿氧压浸出硫渣中硫与有色金属综合回收工程给水排水设计应符合现行国家标准 GB 50015 有关规定。

8.4.2 硫化精矿氧压浸出硫渣中硫与有色金属综合回收工程消防设计应符合现行国家标准 GB 50016 有关规定，并应配置相应的消防器材。

8.5 采暖通风与空调

8.5.1 采暖通风与空气调节设计应符合现行国家标准 GB 50019 有关规定。

8.5.2 地下建（构）筑物、变配电间、给料间、养护厂房等应设置通风设施。

9 劳动安全与职业卫生

9.1 一般规定

9.1.1 工程在建设、运行以及维护过程中，应设立并严格执行定期的安全检查制度，始终贯彻“安全第一、预防为主”的原则。

9.1.2 劳动安全和职业卫生设施应与综合回收技术工程同时设计、施工、投产使用。危险场所应悬挂醒目标志，增加安全用具及设施。

9.1.3 各车间应建立健全的生产规程、管理制度，提供劳动者所需的防护用品（防护服、面罩、便携式 H₂S 检测装置等），并定期组织劳动安全与职业卫生培训以及健康检查。

9.2 劳动安全

9.2.1 劳动安全管理应符合现行国家标准 GB/T 12801 有关规定。

9.2.2 对于工程现场使用的药剂均应严格管理，其中危险化学品的贮存、运输、使用方法及作业场所等应符合《危险化学品安全管理条例》^[2]的规定，并在加药间的相应区域设置紧急淋浴冲洗装置。

9.2.3 高压结晶釜等高压设备及熔硫池等易产生硫蒸汽等危险气体的设施，应加强安全管理，消防、防火、防爆应符合 GB 50016、GB 50058、GB 15577 的规定，同时检修时，应采取防爆、防毒措施。

9.2.4 电气、电讯安全防范措施应符合 GB/T 13869 的规定。

9.2.5 对于现场人员操作的场所，特别是溶解再结晶工艺段的生产现场，对人体有害气体(如硫化氢)应实时监测且浓度必须低于安全限值，符合 GBZ 2.1 与 GBZ 2.2 的规定。

9.2.6 综合回收场区的设施周围应有安全警示线、设备启动警报、设备异常警报，在各种机械设备裸露的传动部分设置防护罩或防护栏杆。

9.3 职业卫生

9.3.1 工作场所的职业卫生设计要求应符合 GBZ 1 的规定。

9.3.2 回收技术的工程设计、建设、运行过程中气体排放的控制应符合 GB 16297、GB 14554、GBZ 2 的规定。

9.3.3 工程现场应采取有效的隔声、消声、绿化等降低噪声的措施，设计、建设、运行过程中噪声的控制应符合 GB 12523、GB 12348、GB 51084 的规定。

9.3.4 操作（控制）室和工作岗位应采取采暖、通风、防尘等措施，对于接触有毒有害气体（如 H₂S）的员工，应进行必要的防护措施，防止职业病发生，保护劳动者健康。

9.3.5 进行现场污染治理工程的职业卫生体系应符合 GB/T 45001 的规定。

10 环境保护

10.1 废气

- 10.1.1 回收过程中产生的硫化氢、酸雾等废气，应收集和处理后达标排放。
- 10.1.2 尾气吸收宜使用 NaOH 碱液溶液，浓度应在 10%~20%；循环次数应根据浸出釜中热滤渣质量、液碱用量确定。
- 10.1.3 输送废气的管路需具有一定的耐高温性 (>100 °C)，避免高温破坏管路泄漏废气。
- 10.1.4 废气中往往伴有少量烟尘，液碱吸收池前应设有相应的烟尘捕获装置，如袋式除尘器。

10.2 废水

- 10.2.1 生产中回用水应尽可能使用，对于车间内产生的冲洗废水等可能含重金属的废水，均应检测其中盐分含量、重金属含量后汇入废水处理系统。
- 10.2.2 职工生活污水检测后汇入生活污水处理系统。
- 10.2.3 各回收单元中的含重金属中间水、初期雨水、地面冲洗水、设备冷却水应收集后汇入含重金属生产废水处理设施统一处理，收集处理排放应执行现行国家标准 GB 25466 中要求。
- 10.2.4 溶解再结晶单元产生的酸化尾液主要成分为硫酸钠，且不含重金属离子，应考虑通过膜系统或其他方式以硫酸盐或硫化钠盐形式回收。

10.3 废渣

- 10.3.1 各回收单元产生的废渣应根据现行国家标准 GB 5085.1 与 GB 5085.3 判别是否属于危险废物进行相应处理处置，并应资源化。
- 10.3.2 无法利用的废渣应根据《国家危险废物名录》^[3]、现行国家标准 GB 5085.7、HJ298 等的鉴别结果进行分类管理。

11 运行与维护

11.1 一般规定

- 11.1.1 硫化精矿氧压浸出硫渣中硫与有色金属综合回收工程的运行、维护和安全应符合相关国家现行标准和规范的有关规定。
- 11.1.2 企业应建立健全规章制度、岗位操作规程和质量管理等文件。
- 11.1.3 企业应建立氧压浸出硫渣处理情况台账，内容包括来源、数量、种类、处理方式、时间、进料速率、检测结果、最终去向。
- 11.1.4 企业应建立药剂购买、贮存、使用情况台账，内容包括药剂名称、品牌、购买时间及数量、每日投加数量、剩余库存数量。

11.2 人员与运行管理

- 11.2.1 在处理工程启用前，企业应对管理和运行人员进行法律法规、工艺流程、专业技术、安全防护、紧急处理等方面的培训，做到培训考核合格后上岗，并定期对运行人员进行培训及考核。
- 11.2.2 运行人员应严格按照操作规程作业，如实填写运行状况、设施维护记录，并妥善保存。
- 11.2.3 运行人员应遵守企业规定的巡视制度和交接班制度。
- 11.2.4 实验及检测人员应具备基础实验能力，应掌握现行行业标准 HJ/T 20 规定的采样方法，现行国家标准 GB 5085.1、GB 5085.3 和 GB 5085.7 规定的相关分析方法，并应熟练操作常规检测设备。

11.2.5 严禁无关人员进入厂区，厂区入口、各作业场所应设置一定数量的光字牌，标明警示信息。

11.2.6 场区应安装 24 h 视频监控系统。

11.3 维护

11.3.1 维护人员应根据计划定期检查、维护和更换必要的部件和材料。

11.3.2 维护人员应做好相关记录。

11.4 应急措施

11.4.1 工程的运营管理部门应编制应急预案，包括生产事故应急预案、环保事故应急预案。生产事故应急预案应包括通用工程停电应急、设备故障应急、火灾、人员受伤等，环保事故应急预案包括液体或固体粉料药剂泄漏。

11.4.2 应急预案应包括应急预警、应急响应、应急指挥、应急处理等方面的内容。企业应制定相应的应急处理措施，并配套相应的人力、设备、通讯等应急处理的必备条件。

11.4.3 处理设施发生异常情况或重大事故时，应按应急预案启用应急处理措施。

参 考 文 献

- [1] 《危险废物转移联单管理办法》（2021年11月30日生态环境部、公安部、交通运输部令第23号公布）
- [2] 《危险化学品安全管理条例》（2011年2月16日国务院令第591号公布）
- [3] 《国家危险废物名录》（2024年11月26日生态环境部、国家发展和改革委员会、公安部、交通运输部、国家卫生健康委员会令第36号公布）
-