

团 体 标 准

T/CIECCPA 067—2025

铜冶炼炉渣全组分梯级协同利用技术规范

Technical specification for cascade collaborative utilization of all
components of copper smelting furnace slag

2025 - 03 - 25 发布

2025 - 03 - 31 实施

中 国 工 业 节 能 与 清 洁 生 产 协 会 发 布

CLECCRA

目 次

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 铜冶炼炉渣来源与成分 1

 4.1 铜冶炼炉渣来源 1

 4.2 铜冶炼炉渣产生比例 2

 4.3 铜冶炼炉渣成分 2

5 工艺设计 2

 5.1 基础要求 2

 5.2 工艺流程 2

 5.3 工艺布局 4

 5.4 清洁生产 5

 5.5 职业卫生 5

6 主要设备配备 5

 6.1 渣缓冷工序设备 5

 6.2 碎矿筛分工序设备 5

 6.3 磨矿分级工序设备 5

 6.4 浮选工序设备 5

 6.5 脱水工序设备 5

 6.6 管道 5

 6.7 供配电设备 5

7 检测与过程控制 6

 7.1 分析化验检测 6

 7.2 在线检测 6

 7.3 过程控制 6

8 运行与维护 6

8.1 一般规定	6
8.2 人员与运行管理	6
8.3 维护保养	7
8.4 应急措施	7
附 录 A	8

前 言

本文件按照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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国工业节能与清洁生产协会提出并归口。

本文件起草单位：江西铜业股份有限公司、易门铜业有限公司、厦门紫金矿冶技术有限公司、国投金城冶金有限责任公司、北京低碳绿标信息技术咨询有限公司。

本文件主要起草人：胡意文、王国红、伏彦雄、杨应宝、孙忠梅、徐其红、余小吕、黄帅武、南君芳、杜武钊、邓向辉、郭剑晖、王文军、吴波、徐国华、刘成、卢梦遥、丁杰、莫文吕、李声旭、谢昌俊、胡勇、姜志光、李汉鑫、张文婷、梁晓苏、李成功。

铜冶炼炉渣全组分梯级协同利用技术规范

1 范围

本文件规定了铜冶炼炉渣全组分梯级协同利用的铜冶炼炉渣来源与成分、工艺设计、主要设备、检测与过程控制、运行与维护技术等要求。

本文件适用于铜冶炼炉渣全组分梯级协同利用技术的管理，适用于铜冶炼过程中产生的铜冶炼炉渣堆存及处理、有用资源回收利用等方面的工艺设计和管控，可作为铜冶炼炉渣全组分梯级协同利用技术有关项目设计及运行管理的参考依据。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过规范性引用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 5085.7 危险废物鉴别标准通则
GB 8978 污水综合排放标准
GB 18597 危险废物贮存污染控制标准
GB 18599 一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准
GB 25467 铜、镍、钴工业污染物排放标准
GB 50016 建筑设计防火规范
GB 50034 建筑照明设计标准
GB 50046 工业建筑防腐蚀设计规范
GB 50116 火灾自动报警系统设计规范
GB 50140 建筑灭火器配置设计规范
GB 50187 工业企业总平面设计规范
GB 50189 公共建筑节能设计标准
GBZ 1 工业企业设计卫生标准
GBZ 158 工业场所职业病危害警示标识
HJ 558 清洁生产标准 铜冶炼业

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

铜冶炼炉渣 copper smelting furnace slag
铜冶炼过程中产生的熔炼炉渣、吹炼炉渣。

4 铜冶炼炉渣来源与成分

4.1 铜冶炼炉渣来源

铜冶炼炉渣是铜冶炼过程中产生的熔炼炉渣、吹炼炉渣，主要成分为铜、金、银、铁、铅、锌等。

4.2 铜冶炼炉渣产生比例

现有企业铜冶炼炉渣产生比例应通过实测确定，新建企业铜冶炼炉渣产生量可根据生产工艺、生产规模、工作制度和管理水平相近的企业类比确定，炉渣分类及其对应产生比例参考范围见表 1。

表 1 铜冶炼炉渣分类及产生比例参考范围

序号	炉渣种类	产生比例参考范围（吨渣/吨阳极铜）
1	熔炼炉渣	2.2-2.8
2	吹炼炉渣	0.3-0.7

4.3 铜冶炼炉渣成分

铜冶炼炉渣成分含量范围可参照表 2。

表 2 铜冶炼炉渣成分含量范围

元素	Cu(%)	S(%)	Au(g/t)	Ag(g/t)	Pb(%)	Zn(%)	Fe(%)	As(%)
范围	1.00-5.00	0.10-1.00	0.05-5.05	1.00-50.00	0.10-10.00	0.50-10.00	15.00-45.00	0.00-1.00
元素	SiO ₂ (%)	CaO(%)	Sb(%)	Bi(%)	Hg(%)	Cr(%)	Cd(%)	
范围	10.00-30.00	0.50-15.00	0.00-1.00	0.00-1.00	0.00-0.01	0.00-0.10	0.00-0.01	

5 工艺设计

5.1 基础要求

- 5.1.1 分梯级协同利用工艺应遵守国家 and 地方相关法律法规、产业政策。
- 5.1.2 需满足环评文件中的污染物总量控制指标和 GB 8978 等相关规范。
- 5.1.3 铜冶炼炉渣全组分梯级协同利用技术工程应设置事故应急防范设施和必要的安全报警装置，其中消防设施设计应符合 GB50016、GB50116 和 GB50140 等规范要求。
- 5.1.4 工艺设计应对铜冶炼炉渣的成分、产生量及其变化规律进行全面调查，得到具有代表性、准确的铜冶炼炉渣成分参数，并进行必要的工艺试验。
- 5.1.5 铜冶炼炉渣全组分梯级协同利用工程应在科研和生产实践的基础上，采用先进、适用的新技术、新工艺、新材料、新设备，且应符合本文件的有关规定。

5.2 工艺流程

本文件推荐使用浮选法和磁选法，工艺流程为：“炉渣预处理→破碎筛分→磨矿分级→浮选→磁选→产品脱水→尾矿处理”，具体如图 1 所示。企业可根据渣选特点及回收要求对工艺流程进行适当调整。

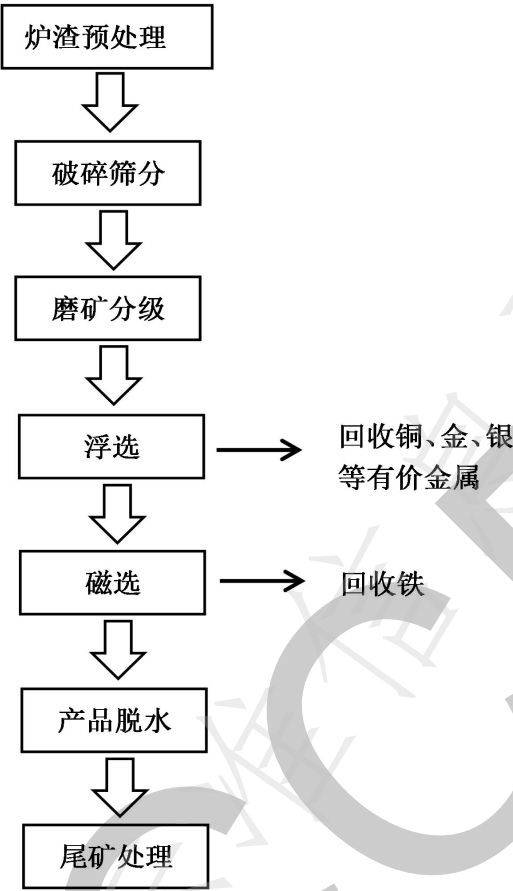


图1 铜冶炼炉渣全组分梯级协同利用工艺流程

5.2.1 炉渣预处理工序

炉渣预处理过程宜采用“自然缓冷+喷淋冷却+翻包预破碎”的预处理工艺。高温炉渣宜采用保温缓冷工艺，在保温缓冷一定时间后，再进行喷水冷却直至常温，后再由专用渣包车或其他专用翻包设备进行翻包作业，将冷却后的炉渣倒入渣堆场，若翻出的块渣粒径大于 500 mm，宜采用凿岩机预破碎。

5.2.2 破碎筛分工序

破碎筛分工序可根据以下情况选择（破碎筛分工序参见附录 A 图 1 所示），具体如下：

- a) 选择“半自磨+球磨磨矿”工艺时，宜配套采用“一段开路破碎筛分工艺”；
- b) 选择“两段一闭路破碎”或“三段一闭路破碎”工艺时，宜配套采用“两段颚式破碎机+振动筛”或“颚式破碎机+两段圆锥破碎机+振动筛”组合。

5.2.3 磨矿分级工序

磨矿分级工序（磨矿分级工序参见附录 A 图 2 所示）宜采用“半自磨+球磨”或“球磨+球磨”工艺，磨矿粒度宜控制在 325 目（指磨矿产品中能通过 325 目筛网的矿物颗粒，即矿物颗粒粒径小于 38.46 微米）含量占 75%以上，以达浮选工艺要求的单体解离度。根据熔炼炉渣性质特点也可选择其他处理工艺：

- a) 阶段磨矿工艺；
- b) 粗精矿再磨工艺；
- c) 中矿再磨工艺。

每段磨矿均应配备直线振动筛、水力旋流器形成磨矿分级闭路工艺。

5.2.4 浮选工序

5.2.4.1 铜资源回收

根据铜冶炼炉渣中铜矿物嵌布粒度和赋存状态，采用合适的药剂和浮选工艺回收铜元素。

浮选工艺包括粗选、扫选和精选等作业（浮选工序参见附录 A 图 3 所示），若原矿品位较高，可在粗选之前设置快速浮选作业，以减轻后续作业负荷。

5.2.4.2 金、银有价金属协同回收

根据铜冶炼炉渣中金、银与铜矿物伴生的特性，以及金、银元素嵌布粒度和赋存状态，采用合适的磨矿解离度和药剂种类，在浮选回收铜金属过程中协同回收金、银有价元素。

5.2.5 磁选工序

5.2.5.1 铁资源回收

磁选法（选铁工艺流程参见附录 A 图 4 所示）回收铜冶炼炉渣中的铁元素，宜采用以下两种工艺：

- a) 直接磁选工艺；
- b) 还原焙烧+磁选工艺。

必要时可配套相应磨矿作业，以达到磁选回收铁资源的解离度要求。

5.2.5.2 其他资源回收

若铜冶炼炉渣中还存在其他具有回收利用价值的金属，如铂、钯、锡、钼、锌、铅等，可在磁选后再设置其他合适的火法或湿法等回收工艺。

5.2.6 产品脱水

浮选后的产品宜采用“浓缩”“过滤”两段脱水工艺（产品脱水工序参见附录 A 图 5 所示），产品水分应不高于 12%。

5.2.7 尾矿处理

浮选后的尾矿宜采用“浓缩”“过滤”两段脱水工艺（尾矿处理工序参见附录 A 图 6 所示）。

渣选尾矿脱水后的矿粉可外销作为水泥掺和料，实现资源的循环利用，也可作为建筑、陶瓷行业或其他行业的原材料进行综合利用，应满足 GB5085.7 的相关规定。

5.3 工艺布局

5.3.1 铜冶炼炉渣全组分梯级协同利用工程宜设在铜冶炼企业内或附近区域。

5.3.2 铜冶炼炉渣全组分梯级协同利用工程总体布置应符合 GB50187 等标准的相关规定。

5.3.3 总平面布置应统筹考虑铜冶炼炉渣产生、处理和各处理单元功能的关系，结合地形、地质条件等因素，经技术经济比较后确定，同时还应满足下列要求：

- a) 总平面布置应紧凑、合理，满足施工、维护和管理等要求；
- b) 总平面宜按工艺流程布置，并根据功能和物料性质分区布置；
- c) 竖向设计应充分利用原有地形，尽可能做到土方平衡，建设提升次数，降低运行能耗；
- d) 应合理布置超越管线和维修防控设施，并确保放空水和废渣得到妥善处理处置；
- e) 输送管道宜架空铺设，宜选用 POE 耐磨管道、玻璃钢管道等耐磨管道，符合 GB 50046 等规定。

5.4 清洁生产

铜冶炼企业应对铜冶炼炉渣的产生、处理、回用和排放进行全过程控制，优先采用清洁生产技术，提高资源、能源利用率，减少污染物的产生和排放，包括但不限于以下内容：

- a) 污染物排放应符合许可制度和 GB 25467、HJ 558、GB 5085.7 等要求；
- b) 回水应统一收集、优先回用，多余废水扬送至渣缓冷场，作为渣缓冷喷淋水。相关生产装置、储罐和管道应急池、回水收集及处理池等存在土壤污染风险的设施应符合 GB 18597、GB 18599 的规定。

5.5 职业卫生

5.5.1 应符合 GBZ1 和 GBZ158 等相关规定。

5.5.2 应加强作业场所的职业卫生防护，设置防尘、防毒、噪声、减震、防暑措施。

5.5.3 应向操作人员提供必要的防护用品，配置浴室和更衣室等卫生设施。

5.5.4 在加药间、脱水间等高粉尘、有毒、有异味环境情况下，进入人员应佩戴必要的劳动防护用品。

6 主要设备配备

6.1 渣缓冷工序设备

渣包、渣包车、凿岩机、装载机、冷却塔、水泵等。

6.2 碎矿筛分工序设备

给料机、颚式破碎机、圆锥破碎机、筛分机、皮带运输机、除铁装置、矿仓等。

6.3 磨矿分级工序设备

半自磨机、球磨机、立磨机、给料机、皮带运输机、直线振动筛、圆筒筛、螺旋分级机、水力旋流器、渣浆泵等。

6.4 浮选工序设备

搅拌槽、浮选机、浮选柱、浮选风机、给药机、渣浆泵、磁选机等。

6.5 脱水工序设备

脱水设备产率和脱水产品含水率应通过试验或根据相同机型、相似精尾矿脱水运行数据确定。宜选用浓密机、浓缩桶、陶瓷过滤机、压滤机进行脱水，设备台数应根据最大精尾矿处理量确定。

6.6 管道

6.6.1 管道均应采用密封处理，禁止采用槽。

6.6.2 管道应选用耐腐蚀管道，宜选用玻璃钢管道、塑料管道、衬塑金属复合管道等。

6.7 供配电设备

6.7.1 设备现场控制箱应设置运行和故障状态指示、手动/自动转换开关，控制和开关设备应满足一般的环境条件要求。

6.7.2 建筑物照明设计应符合 GB50034 的规定。

7 检测与过程控制

铜冶炼炉渣全组分梯级协同利用工程的运行应配套分析化验检测、在线检测系统和自动化过程控制系统。在线检测仪表和自动控制系统设置在易爆或有腐蚀性气体、液体等直接接触环境时，应严格做好防爆、防腐蚀等方面工作。

7.1 分析化验检测

应对生产过程中矿浆品位、回水等必要的工艺控制参数进行分析化验检测。

7.2 在线检测

各处理系统宜配套设置自动在线检测分析设备，包括但不限于以下内容：

- a) 工艺管道应设置流量检测以控制生产平衡，宜采用管道泄漏可视识别技术以控制生产工况；
- b) 回水应设置酸碱度检测；
- c) 泵出口应设置压力检测。

7.3 过程控制

7.4.1 自动化过程控制系统应满足生产工艺要求，并确保运行可靠、经济、节能、安全。

7.4.2 过程控制参数、技术要求和自动化控制水平应根据工艺流程、水质处理要求等因素确定，应符合以下要求：

- a) 主要处理工艺单元宜采用计算机控制系统进行集中监控；
- b) 使用成套设备时，设备控制箱应预留必要通讯接口，以实现与总控制系统的通讯和数据交换；
- c) 加药系统应根据工艺设定参数自动控制加药量。

8 运行与维护

8.1 一般规定

8.1.1 铜冶炼炉渣全组分梯级协同利用工程的运行与维护应符合国家有关法律、法规。

8.1.2 工程应按规定配备环境保护专职技术人员、运行人员、维护人员。

8.1.3 工程应建立健全的规章制度、岗位操作规程和质量管理等文件。

8.1.4 工程的运行记录和水质监测报告的原始记录应规范保存。

8.2 人员与运行管理

8.2.1 作业人员应经过岗位安全培训和技能培训，通过考核后方可上岗。作业人员应熟悉整体工艺、相关技术条件和设施、运行操作的基本要求，能够正确处置运行过程中出现的各种故障与技术问题。

8.2.2 作业人员应严格执行操作规程要求，运行、维护及管理各项设施，检查并记录处理构筑物、设备、电器和仪表的运行状况。

8.2.3 应根据铜冶炼炉渣处理工艺特点与污染物特性，制定生产事故、污染物负荷突变、劣天气等突发等情况下的应急预案，配备相应的应急物资，并进行应急演练。

8.2.4 启动前检查阀门开启状况、供电系统和自动控制系统是否正常。

8.2.5 设备运行中要校核压力值、电流值、电压值参数，确保在设计范围。

12.2.6 检查设备运行中有无异常噪音与报警，定期检查轴承、电机温度是否正常。

8.3 维护保养

8.3.1 各处理设施应满足设计工况的条件下运行，并根据工艺要求，定期对构筑物、工艺、电气、集控等仪表设备进行检查维护，做好运行和维护日志。

8.3.2 保持工作现场和设备清洁。

8.3.3 定期检查设备有无腐蚀、磨损情况。

8.3.4 进行年度设备整体检查、配管与支架状况检查、涂料与防锈漆状况检查

8.3.5 编制运行和维护计划实施细则，明确控制点和控制标准，保持适当的运行记录。

8.4 应急措施

应识别危险源、环境因素和生产运行紧急情况，编制相应的应急预案，配备相应应急物资和人员、设备及通讯等资源，并定期组织应急演练。

附 录 A

(资料性)

铜冶炼炉渣全组分梯级协同利用工序图

A. 1 破碎筛分工序

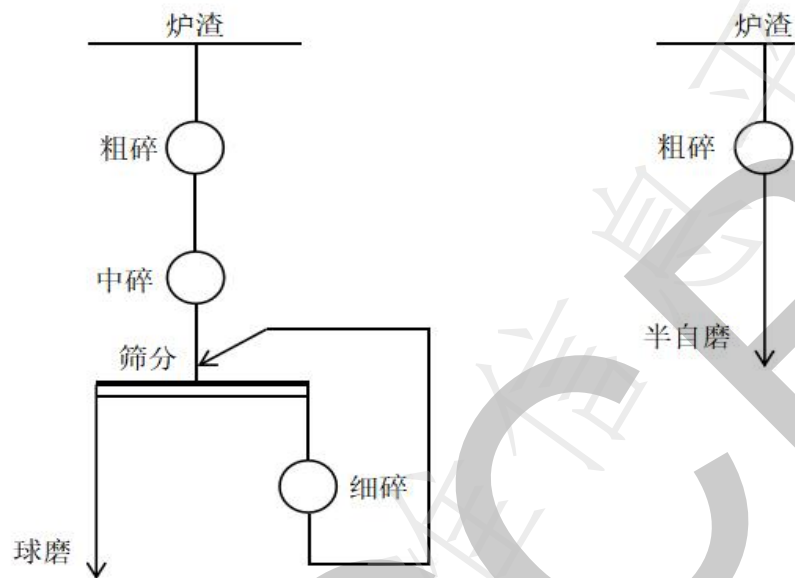


图 A. 1 破碎筛分工序图

A. 2 磨矿分级工序

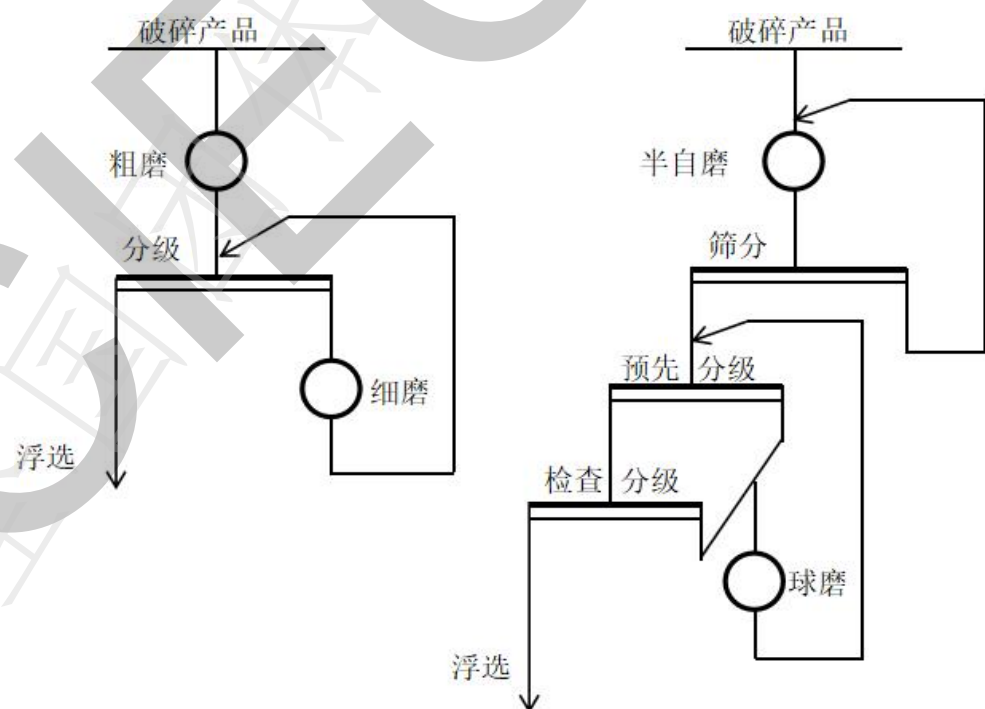


图 A. 2 磨矿分级工序图

A.3 浮选工序

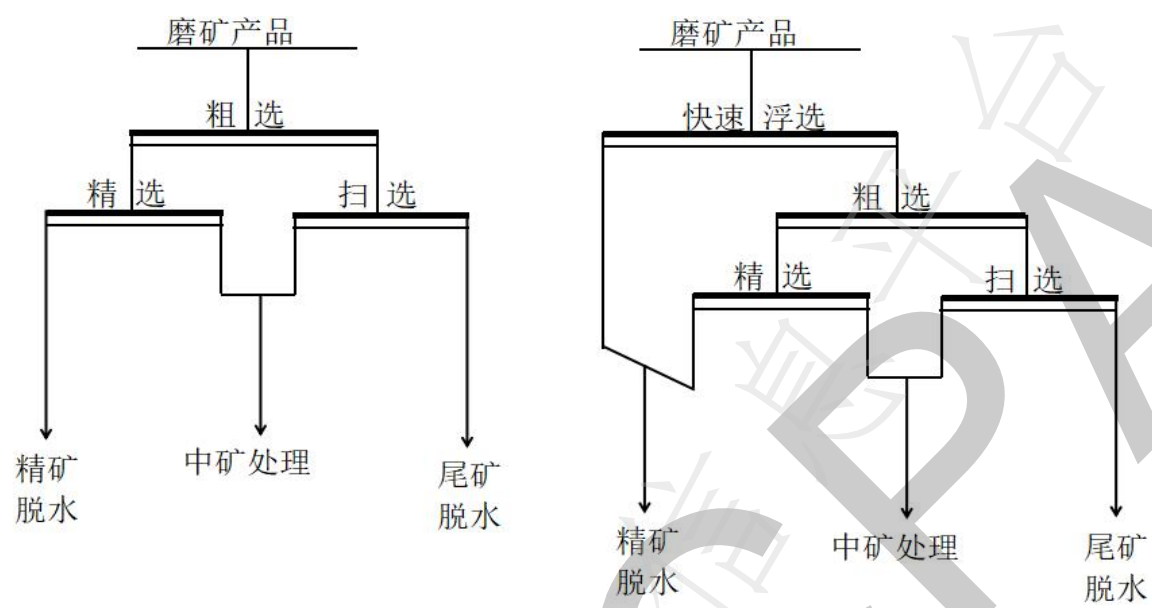


图 A.3 浮选工序图

A.4 磁选工序

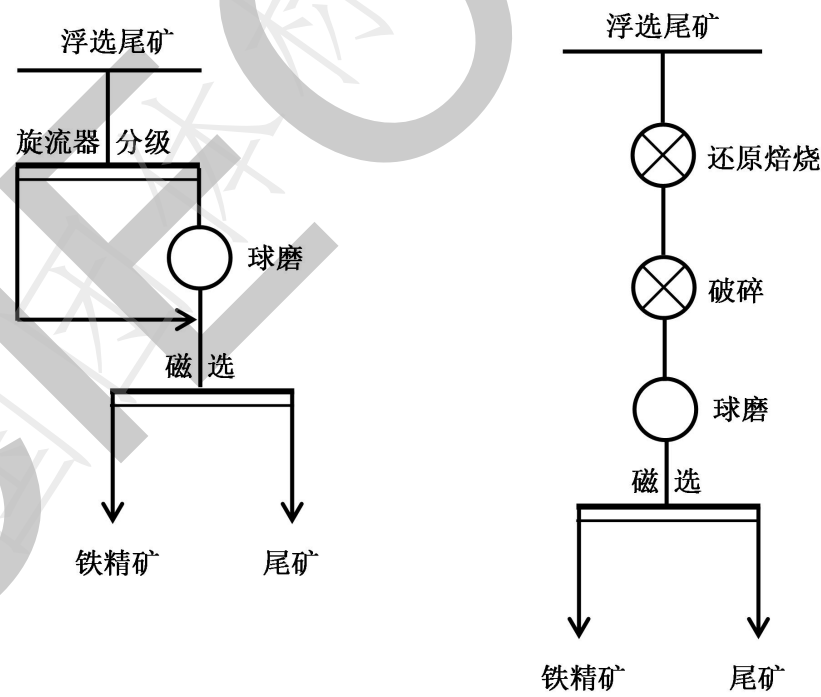


图 A.4 磁选工序图

A. 5 产品脱水工序

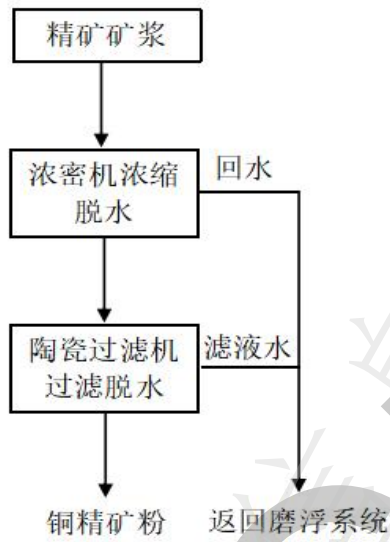


图 A. 5 产品脱水工序图

A. 6 尾矿处理工序

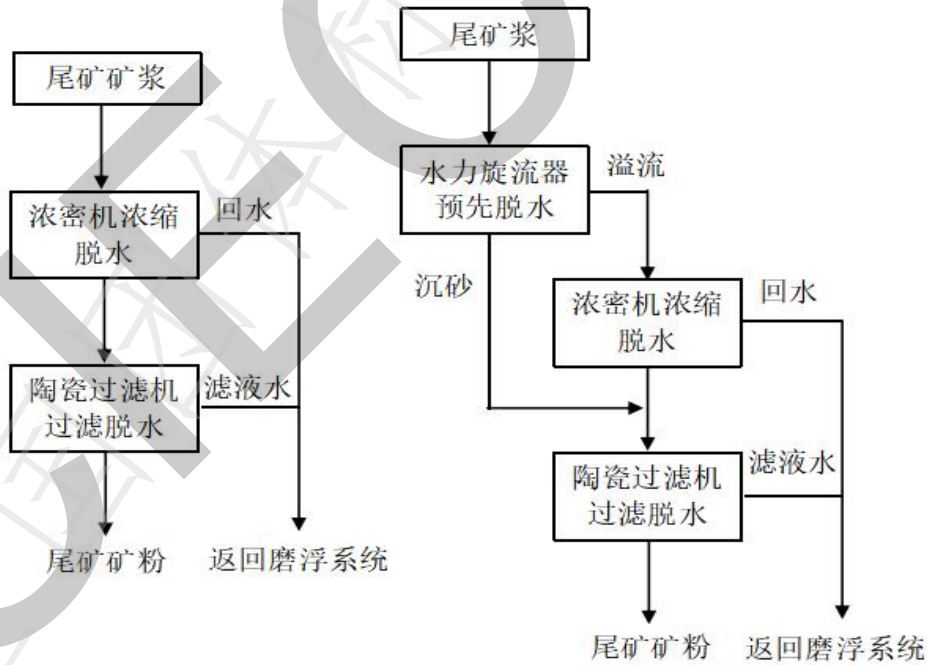


图 A. 6 尾矿处理工序图