

低品位铝土矿资源综合利用技术规范

2024 - 01 - 17 发布

2024 - 04 - 15 实施

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 低品位铝土矿的分类与要求 2

5 矿石综合利用总体要求 2

6 矿石综合利用工艺技术选择 3

7 环保要求 6

8 运维管理 7

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这些专利的责任。

本文件由山西省自然资源厅提出、组织实施和监督检查。

山西省市场监督管理局对标准的组织实施情况进行监督检查。

本文件由山西省自然资源标准化技术委员会归口（SXS/TC26）。

本文件起草单位：山西省耐火材料工业协会。

本文件主要起草人：霍平、武晓煜、张书先、张建强、李永全。

低品位铝土矿资源综合利用技术规范

1 范围

本文件规定了低品位铝土矿资源综合利用术语和定义、低品位铝土矿的分类与要求、矿石综合利用总体要求与工艺技术、环保要求、运维管理等。

本文件适用于铝硅比（A/S）的范围 $1.5 \leq A/S \leq 2.6$ 、同时氧化铝含量 $Al_2O_3 \geq 40\%$ 的低品位铝土矿资源综合利用，不涉及铝土矿开采过程中矿山表土、渣土、废石、铁尾矿、含铝围岩等固体物的处置及利用。

低品位铝土矿综合利用除应符合本文件外，还应符合国家现行的其它有关标准。

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 12348 工业企业厂界噪声标准
GB/T 13869-2008 用电安全导则
GB 15562.1 环境保护图形标志——排放口(源)
GB 18152-2000 选矿安全规程
GB 18599-2020 一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准
GB/T 24483-2009 铝土矿石
GB 25465 铝工业污染物排放标准
GB 36891-2018 莫来石单位产品能耗限额
GB 39496-2020 尾矿库安全规程
GB 50016-2014 建筑设计防火规范（2018 版）
GB 50612 冶金矿山选矿厂工艺设计规范
GB 50782-2012 有色金属选矿厂工艺设计规范
DZ/T 02002-2020 地质矿产勘查规范 铝土矿
YB/T 104-2005 电熔莫来石
YSJ 014-92 有色金属选矿厂设计技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

低品位铝土矿 low grade bauxite

指铝硅比（A/S） $1.5 \leq A/S \leq 2.6$ 、同时氧化铝含量 $Al_2O_3 \geq 40\%$ 的以一水硬铝石为主矿相的铝土矿，矿石的品位有价成分用（ Al_2O_3 ）的质量分数表达，以百分数表示。矿石品位的划分应符合DZ/T 02002-2020的要求。

3.2

铝土矿浮选工艺 bauxite beneficiation process by flotation

铝土矿浮选工艺是利用矿物表面物理化学性质的不同来分选铝土矿物的选矿方法。它的特点是有用矿物选择性地附着在添加了药剂和压缩空气的矿浆中的空气泡上，并随之上浮到矿浆表面，达到有用矿物与脉石的分离。铝土矿浮选工艺通常采用正浮选工艺。

3.3

铝土矿磁选除铁工艺 bauxite De-Fe process by magnetic separation

铝土矿磁选工艺是根据矿石中矿物磁性差异，在不均匀磁场中实现矿物分离的选矿方法。铝土矿磁选的主要工艺目的是除铁，指采用磁选的方法去除铝土矿中含铁磁性或弱铁磁性物质的方法。

3.4

铝硅比 A/S ratio between Al_2O_3 And SiO_2 within bauxite

铝土矿中氧化铝含量与氧化硅含量的比值 (Al_2O_3/SiO_2)，简记为A/S。

3.5

铝土矿选精矿及其品位 concentrate of bauxite minerals and grade

经浮选后得到的铝土矿精矿产品。其品位定义为富集了有价成分 (Al_2O_3) 的最终分选产品，即选精矿中有价成分 (Al_2O_3) 的质量分数。

3.6

浮选低铝料及其品位 bauxite tailings after flotation and grade

经浮选后得到的铝土矿尾矿产品。其品位定义为经分选后仍富集了一部分有价成分 (Al_2O_3) 的最终尾矿产品。其中有价成分以 (Al_2O_3) 的质量分数表示。

3.7

磁选精矿 bauxite concentrate after magnetic separation

经铝土矿磁选工艺产生的低氧化铁含量的铝土矿精矿。

3.8

磁选尾矿 bauxite tailings containing iron contamination after magnetic separation

指铝土矿磁选工艺中产生的富含氧化铁的尾矿废渣。

3.9

浮选低铝料临时堆场 low grade tailing temporary dump yard

用于贮存选矿工艺产生的浮选低铝料的合格堆放场所。

4 低品位铝土矿的分类与要求

低品位铝土矿石的原矿选用范围以矿石的铝硅比和氧化铝含量两项指标为选择参数，矿石品位的划分应符合DZ/T 02002-2020的要求，按矿石的经济利用方式，具体分类与要求为：

- 低铝高硅铝土矿：铝硅比 $1.5 \leq A/S \leq 2.6$ ， $Al_2O_3 \geq 40\%$ ，铁含量不做限定，该类矿石可浮选脱硅。
- 低铁低品位铝土矿：铝硅比 $1.5 \leq A/S \leq 2.6$ ，且 $Fe_2O_3 \leq 4.0\%$ ，该类矿石经磁选除铁后可用于高铝质耐火原料生产。
- 浮选低铝料：该种矿石是低铝高硅铝土矿经浮选后产生的尾矿，且铝硅比 $1.0 \leq A/S \leq 1.5$ ， $Al_2O_3 \geq 40\%$ ，该类矿石脱硅除铁后有再进一步利用价值。

5 矿石综合利用总体要求

5.1 一般规定

- 5.1.1 低品位铝土矿的分类与取样应符合 GB/T 24483-2009 相关要求。
- 5.1.2 低品位铝土矿利用的工艺技术方案选择，应遵循工艺技术先进可行，成熟可靠，高效节能，二次污染和二次固体废物较少，系统运行稳定等原则。
- 5.1.3 所使用的技术与处理工艺要与矿石的特性相结合，与市场的需求相结合，工厂设计规范应符合 GB 50612 和 YSJ 014-92 的要求。
- 5.1.4 所使用的技术与处理工艺应同步建设二次污染的预防措施，固体废弃物、噪音等污染排放应满足 GB 18599-2020、GB 12348 的要求。

5.2 工艺技术

- 5.2.1 低品位铝土矿利用工艺系统主要包括浮选工艺技术、磁选工艺技术、碳还原冶炼工艺技术三种。
- 5.2.2 低品位矿石综合利用工艺可采用上述工艺的组合或部分组合，以及相应的配套工艺、环保、安全设施等。

6 矿石综合利用工艺技术选择

6.1 一般规定

- 6.1.1 应针对矿石中铝硅比 (A/S)、氧化铝 (Al_2O_3) 含量、铁含量、矿石的可选性等进行工艺选择与组合。
- 6.1.2 铝硅比 $1.5 \leq A/S \leq 2.6$, $Al_2O_3 \geq 40\%$ 的低铝高硅铝土矿，铁含量不做限定，采用浮选脱硅工艺，脱除铝土矿中的二氧化硅，提升铝土矿的铝硅比，生产出供氧化铝工业用的浮选精矿。
- 6.1.3 铝硅比在 $1.5 \leq A/S \leq 2.6$ ，且 $Fe_2O_3 \leq 4.0\%$ 范围内的低铁铝土矿，采用磁选分级方法，除铁后的精矿产品直接用于高铝质耐火原料的生产。
- 6.1.4 所选用的处理工艺流程首先应技术成熟，且能长期稳定达标运行，再考虑基建投资、运行成本、使用寿命、资源占用、能源消耗等因素。

6.2 浮选工艺技术选择

- 6.2.1 原矿石破碎：选用“三段破碎+二层振动筛分”的闭路流程，具体为，原矿石转运至矿仓，经板式给料机将矿石送至颚式破碎机，粗碎后矿石经皮带输送至重型双层振动筛分级，经振动筛分级后粗粒矿石返回至中碎圆锥破碎机进行中碎，中间粒级矿石返回至细碎圆锥破碎机进行细碎，中碎、细碎后矿石再次返回振动筛分级，振动筛分级后，合格物料进入矿石产品库或均化车间进行均化。
- 6.2.2 矿石均化：要求采用“堆存均化布料+多点取料均化”的均化工艺，具体为，均化采用地上皮带布料与地下皮带取料方式进行，均化车间布料皮带将矿石均匀平铺在均化车间受料面上。均化车间地面设计若干个下料仓，每个料仓下部设置给料机，矿石经振给料机多点取料后经取料皮带运输至磨浮车间。破碎产品粒度 $\leq 12mm$ 。均化后的矿石要求化学成分偏差 $\leq 5\%$ ，粒度分布偏差 $\leq 10\%$ 。
- 6.2.3 浮选流程：选别工艺流程如图 1 所示。矿石从均化堆场经振动给料机由皮带送入磨头仓，再由定量给料机皮带进入球磨机，球磨机采用湿式格子型球磨机作为第 1 次粗磨，采用湿式溢流型球磨机为第 2 次细磨，球磨机与分级旋流器构成闭路磨矿，合格细度的矿浆进入浮选设备进行浮选。浮选采用一次粗选、一次扫选、一次精选的选别流程。选后的精矿、尾矿矿浆经浓密机一次脱水沉降后，经渣浆泵输送至压滤车间进行二次脱水，二次脱水采用高效节能隔膜压滤机，二次脱水后得到精矿含水量 $\leq 18\%$ ，

尾矿含水量≤20%。（见下图 1）

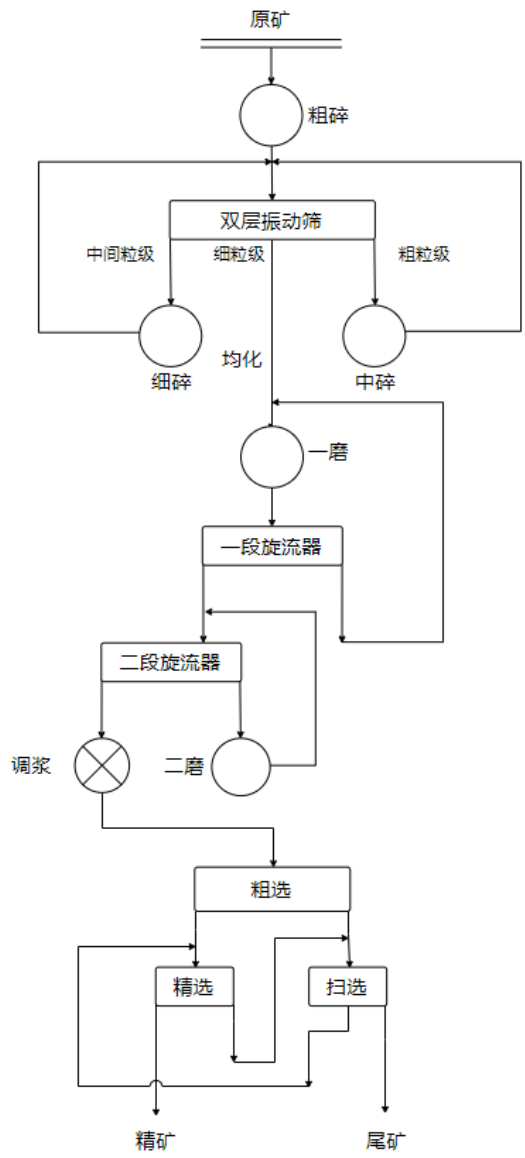


图1 矿石浮选工艺流程图

- 6.2.4 浮选精矿应达到：铝硅比 $A/S \geq 4.5$ 或以上；尾矿铝硅比 $A/S < 1.3$ ；氧化铝回收率达 60%或以上。
- 6.2.5 浮选过程中产生的低铝料尾矿，应再进一步处理利用。暂时不能直接利用的浮选低铝料尾矿，在利用前要安全堆存，其堆存场所应符合 GB 39496-2020 相关要求。

6.3 磁选工艺技术选择

6.3.1 原矿石破碎。磁选原矿石破碎采用所与浮选相同的原矿破碎工艺，但为了使低品位铝土矿的弱磁性物质与铝土矿充分分离，在原矿经过第二道次球磨后，再增加一次超细磨工艺。工艺流程见图 2。矿石从均化堆场经给料机由皮带送入磨头仓，再由定量给料机皮带进入球磨机，球磨机采用湿式格子型

球磨机作为第 1 次粗磨，采用湿式溢流型球磨机为第 2 次细磨，球磨机与分级旋流器构成闭路磨矿，球磨工艺合格细度的矿浆进入矿浆浓度调节池，浓度合格的矿浆再进入超细磨，超细磨工序可以是搅拌磨，也可以是砂磨机。经过超细磨工艺后的矿浆的细度 $\leq 0.043\text{mm}$ 目的占比要求 95-98%范围。
(见下图 2)

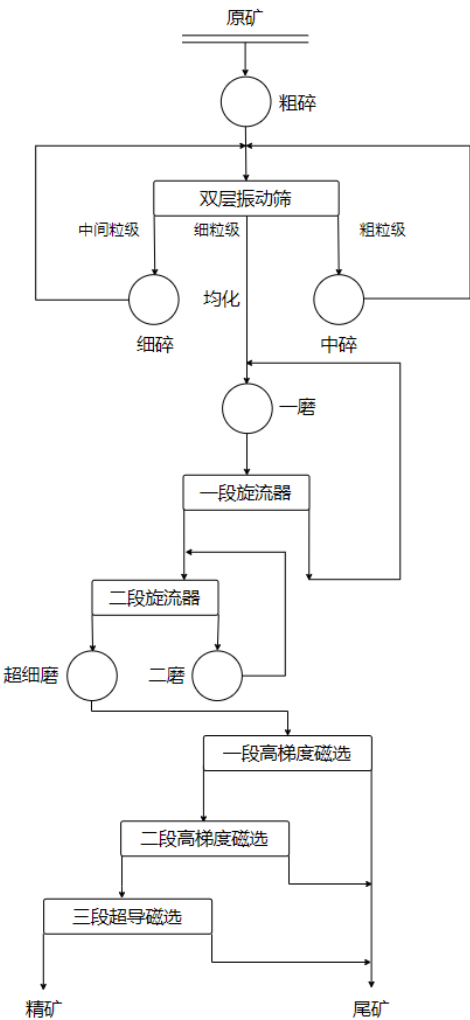


图2 磁选工艺流程图

- 6.3.2 磁选第一次的高梯度磁选由背景磁场强度不超过 0.65 特斯拉高梯度磁选机组成，第二次由背景磁场强度不超过 1 特斯拉的高梯度磁选机组成，第三次的磁选由背景磁场强度为 2-5 特斯拉的超导磁选机组成。
- 6.3.3 磁选精矿达到如下要求：磁选精矿铁含量 $\leq 1.2\%$ 。
- 6.3.4 磁矿过程中产生的富铁尾矿去向是，有浮选流程的企业，含铁的磁选尾矿，返回浮选流程，脱硅后用于氧化铝的生产。
- 6.3.5 无浮选流程的企业，富铁尾矿堆存应符合 GB 39496-2020 相关要求，或送相关冶炼厂再利用。

6.4 矿热炉碳还原工艺

- 6.4.1 浮选过程中产生的低铝料尾矿，铝硅比 (A/S) 满足 $1.0 \leq A/S \leq 1.5$ ，且 $Al_2O_3 \geq 40\%$ ，需采用同

时脱硅和除铁的工艺进行处理，矿热炉碳还原电熔工艺适合这一要求，利用矿热炉碳还原电熔法工艺处理浮选低铝料，产品是电熔莫来石等优质高铝耐火原料。

6.4.2 碳还原矿热炉炉型的选择。浮选低铝料碳还原冶炼方法可采用适宜的矿热炉，矿热炉的炉型工艺、炉子的功率大小等选择，应与原料的适应性、项目产能大小等一并考虑。莫来石单位产品能耗限额应符合 GB 36891-2018 要求。

6.4.3 矿热炉碳还原的工艺流程选择。流程图见图 3。矿热炉碳还原配料：浮选低铝料压球或压块→轻烧→入料仓备料；无烟煤、铁屑等入对应的原料仓；冶炼工艺流程是：矿热炉配料→冶炼→出炉浇注→冷却碎选→计量与入库。（见下图 3）

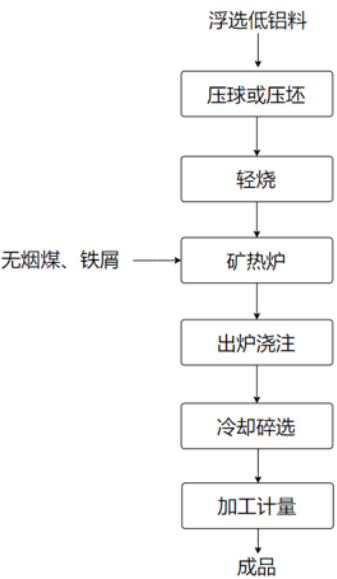


图3 矿热炉还原炉冶炼法工艺流程图

6.4.4 产品电熔莫来石的质量标准参照 YB/T 104-2005 标准，且产品的碳含量符合市场要求；氧化铝回收率达到 65%或以上。

7 环保要求

7.1 基本要求

- 7.1.1 选矿车间设计应符合 GB 50782-2012 中的环保和职业健康设计规范。
- 7.1.2 工厂污染物排放应符合铝工业污染物排放标准 GB 25465 的要求。
- 7.1.3 矿石输送应采用皮带通廊封闭输送，矿浆输送采用密封管道输送。
- 7.1.4 选精矿堆放设置精矿库，大棚内堆放。
- 7.1.5 污染物排放监控相关标志应符合 GB 15562.1 环境保护图形标志——排放口（源）。

7.2 循环水处理要求

- 7.2.1 选矿工厂应按循环水总流量配置循环水净化处理车间。循环水净化处理量不低于总循环量的 10%，净化后的循环水反送至循环水系统，与补充新水一起用于水系统的净化平衡。
- 7.2.2 循环水经机械加速沉淀池、气浮、混凝微滤、反渗透过滤、钠滤等步骤处理。（见下图 4）

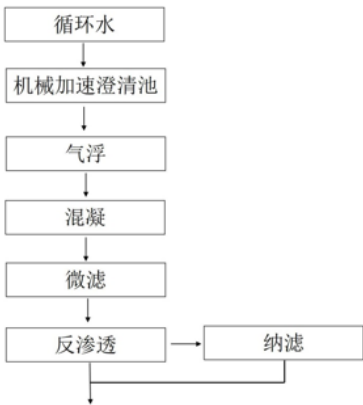


图4 循环水处理工艺流程图

- 7.2.3 机械加速沉淀池出水的浊度控制在 $\leq 150\text{NTU}$ ，气浮出水的浊度控制在 $\leq 20\text{NTU}$ ，微滤出水的浊度控制在 $\leq 0.5\text{NTU}$ ；反渗透出水的浊度不做控制，以出水量达到进水量的不小于 70%为控制目标，高盐水回收的纳滤工序，出水的浊度控制在 $\leq 0.2\text{NTU}$ 。
- 7.2.4 循环水经循环水处理工艺处理后，净水返回原工艺流程使用。
- 7.2.5 废水排放应符合铝工业污染物排放标准 GB 25465 要求。

7.3 浮选低铝料（尾矿）临时贮存的堆放场所要求

- 7.3.1 低品位铝土矿利用过程中一般固体废物排放，应符合 GB 18599-2020 的要求。
- 7.3.2 临时堆存尾矿库管理应符合 GB 39496-2020 的要求。

8 运维管理

- 8.1 在满足工矿企业的工厂建设与运维管理前提下，选矿车间和冶炼车间设计应符合 GB 50612-2010 规定；冶炼车间设计应符合 GB 50016-2014（2018 版）；高压启动磨机的供配电设计应符合 GB/T 13869-2008 用电安全导则的规定要求。
- 8.2 浮选工厂运维管理特别是安全管理应遵守 GB 18152-2000 选矿安全规程，根据企业总体管理的要求，制定完善的安全管理措施和安全操作规程，配置专业的安全员，并置备相应的安全器材等。
- 8.3 选矿车间所有泵、阀门，搅拌桶应设置矿浆应急排空沟池。
- 8.4 选矿车间应配置矿浆事故池和事故池清空设施。
- 8.5 浮选低铝料尾矿库的临时堆存要求：
- 尾矿库采用干式尾矿库。干式尾矿库库址选择和贮存设计、施工要求应符合 GB 39496-2020 有关要求。
 - 浮选低铝料尾矿的临时堆存，要先将浮选尾矿经板框压滤机压榨至水分 $\leq 20\%$ ，再经晾晒至水分 $\leq 10\%$ ，方可临时堆至浮选低铝料尾矿库。