

团 体 标 准

T/CIECCPA 126—2026

铝电解大修渣提氟提锂及石墨化资源综合 利用技术指南

Technical guide for fluorine and lithium extraction with graphitization
resource comprehensive utilization of spent potlining

2026 - 01 - 28 发布

2026 - 02 - 02 实施

中 国 工 业 节 能 与 清 洁 生 产 协 会 发 布

CLECCRA

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 总体原则	2
5 工艺流程	2
6 检测分析	3
7 产品质量要求	4
8 过程记录	5
图 1 铝电解大修渣提氟提锂及石墨化资源综合利用工艺流程	2
表 1 铝电解大修渣提氟提锂及石墨化资源综合利用检测分析项目、频次及标准	3

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：中铝郑州有色金属研究院有限公司、国电投宁夏能源铝业科技工程有限公司、兰州铝业有限公司、浙江工企环保集团有限公司、霍林郭勒市锦联环保科技有限公司、新疆环保集团昌吉环境发展有限公司、北京绿碳循环信息技术咨询有限公司。

本文件主要起草人：刘建军、李若楠、虎兴茂、王铁、任广义、马靖晖、苏海涛、向玉桥、方岑彭、俞楚云、邓向辉、马剑平、曾波、马青山、杜婷婷、孙丽贞、罗钟生、张文婷、梁晓苏、李成功。

铝电解大修渣提氟提锂及石墨化资源综合利用技术指南

1 范围

本文件提供了铝电解大修渣提氟提锂及石墨化资源综合利用过程的总体原则、工艺流程、检测分析、产品质量要求和过程记录等内容的指南。

本文件适用于铝电解大修渣资源综合利用技术方案的制定。

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 212 煤的工业分析方法

GB/T 3519 微晶石墨

GB/T 4291 冰晶石

GB/T 4292 氟化铝

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/T 6009 工业无水硫酸钠

GB/T 11075 碳酸锂

GB/T 15555.12 固体废物 腐蚀性测定 玻璃电极法

GB/T 19077 粒度分布 激光衍射法

GB 16297 大气污染物综合排放标准

GB/T 27804 氟化钙

YB/T 044 炼钢用类石墨

YS/T 517 氟化钠

YS/T 739.3 铝电解质化学分析方法 第3部分：钠、钙、镁、钾、锂元素含量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法

YS/T 763 石墨化阴极炭块用煅后石油焦

YS/T 1420 铝电解废耐火材料资源化利用规范

YB/T 4403 石墨化增碳剂

T/HNNMIA 46 铝电解废渣含锂卤水

T/CIEP 0035 工业用十水硫酸钠

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

废阴极 spent cathode

电解铝生产过程电解槽的阴极部分维修、更换产生的废渣。

3.2

废耐材 spent refractory

电解铝生产过程电解槽的耐火材料内衬部分维修、更换产生的废渣。

4 总体原则

- 4.1 资源利用需遵循“资源化、减量化、无害化”原则，最大化铝电解大修渣中的氟、锂资源，高效回收炭素组分并实现石墨化高值利用，减少固废排放量。
- 4.2 处理过程采用的工艺、设备及操作方法需符合国家及行业相关安全、环保、质量标准要求，确保处理过程稳定可控，避免二次污染。
- 4.3 企业需根据铝电解大修渣的组分特性调整工艺参数，确保技术可行性与经济性平衡。
- 4.4 处理过程需同步落实安全防护与环保治理措施，平衡生产效率与安全环保要求，保障作业人员健康，符合大气、噪声、固废等环保排放标准。

5 工艺流程

5.1 流程概述

铝电解大修渣提氟提锂及石墨化资源综合利用工艺流程主要包括破磨工序、提氟工序、提锂工序和石墨提纯工序，具体流程为：对铝电解大修渣（废阴极/废耐材）破碎、磨粉制成粉料，对粉料进行氟盐溶浸后固液分离，含氟滤液除氟后制备氟化盐；脱氟滤渣进行锂盐溶浸后固液分离，含锂滤液除杂浓缩后制备含锂卤水或锂盐；废阴极滤渣预处理后进行超高温处理，制备得到石墨，或可经浮选处理得到微晶石墨；废耐材滤渣可作为建材原料利用。

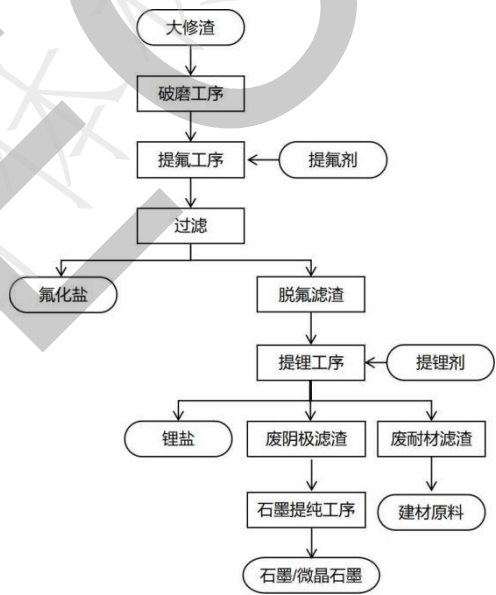


图1 铝电解大修渣提氟提锂及石墨化资源综合利用工艺流程

5.2 破磨工序

- 5.2.1 破磨工序所需设备主要由破碎机、磨粉机、输送设备、料仓等组成。
- 5.2.2 将铝电解大修渣（废阴极/废耐材）通过破碎机破碎后由输送设备送入磨粉机进行制粉，粒度需小于200目，得到的粉料经输送设备送入料仓存储。

5.2.3 破磨工序产生的粉尘经收尘器收集后返回破磨工序，废气经处理后需满足GB 16297规定。

5.3 提氟工序

5.3.1 提氟工序所需设备主要由溶浸槽、反应槽、固液分离机等组成。

5.3.2 将铝电解大修渣（废阴极/废耐材）粉料和提氟剂加入溶浸槽进行氟盐溶浸反应后，固液分离，脱氟滤渣进入提锂工序。提氟剂添加量根据大修渣中氟含量按化学反应配比。

5.3.3 含氟滤液在反应槽中通过与除氟剂反应去除氟化物，可直接蒸发结晶制备氟化盐，也可加入沉氟剂反应后，得到氟化钠、冰晶石、氟化铝、氟化钙等不同种类氟化盐，液相循环定期结晶制备硫酸钠。

5.3.4 提氟工序产生的废气经净化设施处理后需满足GB 16297规定。

5.4 提锂工序

5.4.1 提锂工序所需设备主要由溶浸槽、反应槽、固液分离机、浓缩设备等组成。

5.4.2 将提氟工序滤渣和提锂剂加入溶浸槽进行锂盐溶浸反应后，固液分离，废阴极滤渣进入石墨提纯工序，废耐材滤渣可作为建材原料利用。提锂剂添加量根据滤渣中锂含量按化学反应配比，滤液中锂含量大于10g/L。

5.4.3 含锂滤液加入反应槽进行除杂反应后，经浓缩设备浓缩得到含锂卤水，含锂卤水可直接外售，也可加入沉锂剂反应后，沉锂剂易选择 Na_2CO_3 等，添加量根据含锂卤水中锂含量按化学反应配比。得到碳酸锂、磷酸锂等不同种类锂盐，液相循环定期结晶制备硫酸钠。

5.4.4 提锂工序产生的废气经净化设施处理后需满足GB 16297规定。

5.5 石墨提纯工序

5.5.1 石墨提纯工序所需设备主要由石墨化炉、冷却塔、浮选机、调浆设备等组成。

5.5.2 将提锂工序的废阴极滤渣进行预处理后，加入石墨化炉中进行2400~3000℃高温石墨化处理，冷却后得到石墨；或经浮选处理得到微晶石墨，需控制入料料浆浓度和浮选药剂用量，浮选药剂用量宜大于100g/t。

5.5.3 石墨提纯工序产生的废气经收尘器和净化设施处理后需满足GB 16297规定。

6 检测分析

检测分析主要针对铝电解大修渣原料、生产过程固体物料、生产过程液体物料、废气以及产品。铝电解大修渣提氟提锂及石墨化资源综合利用检测分析项目、频次及标准见表1。

表 1 铝电解大修渣提氟提锂及石墨化资源综合利用检测分析项目、频次及标准

项 目	物 料	分析项目	测试频次	分析标准
原料	废阴极	无机氟化物（以F计）、氟化物（以CN计）等16项浸出毒性全分析	每批一次	GB 5085.3
		pH 值	每批一次	GB/T 15555.12
		钠、钾、锂	每批一次	YS/T 739.3
		总氟	每批一次	X 射线荧光光谱法
		碳	每批一次	GB/T 212
	废耐材	无机氟化物（以F计）、氟化物（以CN计）等16项浸出毒性全分析	每批一次	GB 5085.3
		pH 值	每批一次	GB/T 15555.12
		钠、钙、镁、钾、锂	每批一次	YS/T 739.3

		总氟	每批一次	X 射线荧光光谱法
生产过程 固体物料、 液体物料 和废气	破磨工序粉料	粒度	每批一次	GB/T 19077
	提氟工序含氟滤液	氟离子、氟离子	每批一次	GB 5085.3
	提锂工序含锂滤液	锂离子、钠离子、钙离子、铝离子、 镁离子、铁离子、硅离子	每批一次	电感耦合等离子体原子发 射光谱法
		氟离子、氯离子	每批一次	GB 5085.3
	提氟工序、提锂工序	颗粒物、氟化物	每批一次	GB 16297
	石墨提纯工序的废气	二氧化硫	每批一次	GB 16297
产品	氟化盐	氟化钠指标全分析	每批一次	YS/T 517
		冰晶石指标全分析	每批一次	GB/T 4291
		氟化铝指标全分析	每批一次	GB/T 4292
		氟化钙指标全分析	每批一次	GB/T 27804
	含锂卤水	含锂卤水全分析	每批一次	T/HNNMIA 46
	碳酸锂	碳酸锂全分析	每批一次	GB/T 11075
	硫酸钠	无水硫酸钠全分析	每批一次	GB/T 6009
		十水硫酸钠全分析	每批一次	T/CIEP 0035
	石墨/微晶石墨	石墨化阴极炭块用煅后石油焦全分析	每批一次	YS/T 763
		炼钢用类石墨全分析	每批一次	YB/T 044
		石墨化增碳剂全分析	每批一次	YB/T 4403
		微晶石墨全分析	每批一次	GB/T 3519
	废耐材尾渣	无机氟化物（以 F ⁻ 计）、氰化物（以 CN ⁻ 计）等 16 项浸出毒性全分析	每批一次	GB 5085.3
		pH 值	每批一次	GB/T 15555.12

7 产品质量要求

7.1 氟化盐

7.1.1 氟化钠的要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输和贮存等需符合YS/T 517规定。

7.1.2 冰晶石的要求、试验方法、检验规则、包装、标志、运输和贮存等需符合GB/T 4291规定。

7.1.3 氟化铝的要求、试验方法、检验规则、包装、标志、运输和贮存等需符合GB/T 4292规定。

7.1.4 氟化钙的要求、试验方法、检验规则以及标志、标签、包装、运输和贮存等需符合GB/T 27804规定。

7.2 含锂卤水及锂盐

7.2.1 含锂卤水的技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输、贮存等需符合T/HNNMIA 46规定。

7.2.2 碳酸锂的要求、试验方法、检验规则以及标志、包装、运输、贮存等需符合GB/T 11075规定。

7.2.3 磷酸锂质量需满足使用企业要求。

7.3 石墨/微晶石墨

7.3.1 石墨化阴极炭块用煅后石油焦的要求、试验方法、检验规则、包装、标志、运输、贮存等需符合YS/T 763规定。

7.3.2 炼钢用类石墨的要求、试验方法、检验规则、包装标志等需符合YB/T 044规定。

7.3.3 石墨化增碳剂的粒度规范、技术要求、试验方法、检验规则、包装、标志、运输、贮存等需符合YB/T 4403规定。

7.3.4 微晶石墨的分类与标记、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存等需符合GB/T 3519规定。

7.4 硫酸钠

7.4.1 无水硫酸钠的要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输和贮存等需符合GB/T 6009规定。

7.4.2 十水硫酸钠的要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存等需符合T/CIEP 0035规定。

7.5 废耐材滤渣

7.5.1 废耐材滤渣浸出毒性各项指标需符合GB 5085.3规定。

7.5.2 废耐材滤渣资源化产物需满足YS/T 1420要求。

8 过程记录

过程记录包括以下内容，并保存一年以上：

- a) 铝电解大修渣（废阴极/废耐材）原料浸出毒性、pH 值及元素含量分析记录。
 - b) 生产过程破磨工序、提氟工序、提锂工序和石墨提纯工序运行参数记录。
 - c) 产品分析记录。
 - d) 仪器设备维修或更换记录。
 - e) 设备定期轮检记录。
 - f) 设备巡视检查记录。
-