

ICS XXXXXX
CCS X XXX

团 体 标 准

T/CIECCPA XXX—20XX

废旧磷酸铁锂正极材料修复清洁生产 技术规范

Technical specification for repair and clean production of waste lithium
iron phosphate cathode material

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国工业节能与清洁生产协会 发布

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 总体要求	2
5 技术要求	2
6 设备	3
7 清洁生产评价指标	4
8 环境保护要求	5
9 安全要求	5
附录 A（规范性）废旧磷酸铁锂正极材料修复指标及检测方法	6
附录 B（规范性）废旧磷酸铁锂正极材料修复清洁生产计算方法	8
图 1 废旧磷酸铁锂正极材料修复工艺流程图	3
表 1 废旧磷酸铁锂正极材料资源利用指标	4
表 2 废旧磷酸铁锂正极材料修复生产能源利用指标	4
表 3 废旧磷酸铁锂正极材料修复生产污染物控制指标	4
表 A.1 磷酸铁锂正极材料成品粒径分布	6

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管理。

本文件主要起草单位：深圳鑫茂新能源技术股份有限公司、山东天力能源股份有限公司、池州西恩新材料科技有限公司、河南师范大学化学化工学院、长沙金凯循环科技有限公司、安徽惠宏科技有限公司。

本文件主要起草人：艾戊云、孔令超、邢召良、王鹏、田秀波、赵志安、杨徐烽、杨书廷、董红玉、颜群轩、谭群英、高德堃、蒋龙进、袁海中、袁志强。

本文件为首次发布。

废旧磷酸铁锂正极材料修复清洁生产技术规范

1 范围

本文件规定了磷酸铁锂电池制造过程中报废的磷酸铁锂正极材料和废旧磷酸铁锂电池拆解回收的正极材料修复与清洁生产技术方法，包括术语和定义、总体要求、技术要求、设备、清洁生产评价指标、生态环境要求以及安全要求。

本文件适用于磷酸铁锂电池制造过程中报废正极材料和废旧磷酸铁锂电池拆解回收的正极材料修复与清洁生产，但不适用于磷酸铁锂电池在保质期返厂检测、翻新维修，拆解得到的磷酸铁锂正极材料。

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，凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修订单）适用于本文件。

GB 5085.7 危险废物鉴别标准 通则

GB/T 5162 金属粉末 振实密度的测定

GB/T 5211.6-2020 颜料和体质颜料通用试验方法 第6部分：水悬浮液 pH 值的测定

GB/T 6283 化工产品中水分含量的测定 卡尔·费休法（通用方法）

GB 8978 污水综合排放标准

GB 9078 工业炉窑大气污染物排放标准

GB 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准

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 18599 一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准

GB/T 19077 粒度分析 激光衍射法

GB/T 19587 气体吸附 BET 法测定固态物质比表面积

GB/T 26493 电池废料贮运规范

GB 31573 无机化学工业污染物排放标准

GB/T 33598.2 车用动力电池回收利用 再生利用 第2部分：材料回收要求

GB/T 42161-2022 磷酸铁锂电化学性能测试首次放电比容量及首次充放电效率测试方法

HJ 819 排污单位自行监测技术指南 总则

HJ 2025 危险废物收集 贮存 运输技术规范

YS/T 1028 磷酸铁锂化学分析方法

T/CIECCPA 021-2023 退役锂电池循环利用的清洁生产技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

废旧磷酸铁锂正极材料 waste lithium iron phosphate cathode material

废旧磷酸铁锂正极材料指的是磷酸铁锂电池成品及半成品在生产、运输、储存、使用过程中产生的不合格产品、报废产品、过期产品，无法进行梯次利用等废旧磷酸铁锂电池经拆解回收后得到的废旧磷酸铁锂正极材料。

3.2

废旧磷酸铁锂正极材料修复 waste lithium iron phosphate cathode materials repair

废旧磷酸铁锂正极材料经过除杂、修复等工艺处理后，恢复磷酸铁锂材料的初始性能，使其可直接应用于磷酸铁锂电池生产的正极材料。

3.3

清洁生产 cleaner production

清洁生产指不断采取改进设计、使用清洁的能源和原料，采用先进的工艺技术与设备、改善管理、综合利用等措施，从源头削减污染物，提高资源的利用效率，减少或避免生产、服务和产品使用过程中污染物的产生和排放，以减轻或消除对人类健康和环境的危害。

[来源于：T/CIECCPA 021-2023]

4 总体要求

4.1 废旧磷酸铁锂正极材料修复企业应具有国家法律法规规定的相关资质。

4.2 废旧磷酸铁锂正极材料在运输、贮存应按 GB/T 26493 中的要求执行。

4.3 废旧磷酸铁锂正极材料修复生产企业应选择节能、节水、减污、降碳的生产设施设备，建立用能考核制度，配备必要的能源（水、电、天然气等）计量器具。企业应加强对运输、储存、生产、检测等各环节的能耗管控，降低综合能耗和单位产品综合能耗，提高能源利用效率。

4.4 废旧磷酸铁锂正极材料修复生产企业在废旧磷酸铁锂正极材料修复过程中的综合回收率和元素回收率应满足 GB/T 33598.2 的规定。

4.5 废旧磷酸铁锂正极材料修复生产企业应建立信息溯源管理制度，做好溯源信息台账记录统计，并上传溯源信息。

4.6 废旧磷酸铁锂正极材料修复生产企业应建立安全环保应急管理制度。从事修复生产的人员应进行安全知识、消防知识、专业技能等相关培训，经考核通过后方可上岗。

4.7 废旧磷酸铁锂正极材料修复生产企业应对资源能源利用效率、污染物产生与排放等方面提出管理指标及要求，且污染物排放应符合 GB 31573 要求。

5 技术要求

5.1 工艺流程

废旧磷酸铁锂正极材料修复工艺流程图如图 1 所示。

5.2 粉碎

对分离获得的团聚或块状废旧磷酸铁锂正极材料进行打散和粉碎操作，将废旧磷酸铁锂材料转化为

均匀的物料，并使其符合所需的粒径要求。

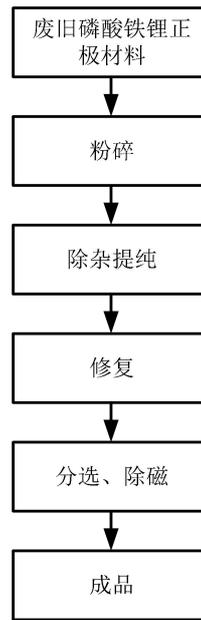


图 1 废旧磷酸铁锂正极材料修复工艺流程图

5.3 除杂

应用选择性高的除杂方式，确保杂质元素得到合理去除，同时降低锂、铁、磷等元素的流失。

5.4 修复

对废旧磷酸铁锂正极材料进行元素补充，并结合高温煅烧进行成分、形貌、性能等方面调控，最终恢复废旧磷酸铁锂正极材料初始性能的过程。

5.5 分选、除磁

分选：对热处理后的材料进行分离、筛选，进一步加工处理。

除磁：除去经修复后废旧磷酸铁锂正极材料中如铁、钴、镍、锌、铬等磁性元素，避免磁性物质对磷酸铁锂成品性能的负面影响。

5.6 成品

废旧磷酸铁锂正极材料经修复后应不含任何重金属与稀有金属、无毒，且在运输、生产、使用中均无污染，符合中国 RoHS 要求。具体技术指标参考附录 A。

6 设备

设备主要包括破碎机、粉碎机、分选机、除杂提纯系统、筛分机、搅拌机、除磁机、贮存装置、粉尘处理装置、废气废水处理装置、废渣处理装置等。

6.1 破碎机、粉碎机、分选机等设备应配备旋风分离器、布袋除尘装置等除尘装置，产生的废弃经收集、处理后达标排放。

6.2 除杂提纯系统应采用污染低、效率高的设备，并采用选择性高的方式，确保杂质元素得到合理除去的同时，降低锂、铁、磷等元素的流失。

7 清洁生产评价指标

7.1 指标分级

- 一级：国内清洁生产领先水平
- 二级：国内清洁生产先进水平
- 三级：国内清洁生产基本水平

[来源于 T/CIECCPA 021-2023]

7.2 资源利用指标

废旧磷酸铁锂正极材料修复清洁生产资源利用指标要求如表 1 所示。

表 1 废旧磷酸铁锂正极材料资源利用指标

指标	一级	二级	三级
锂利用率 (%)	≥95	≥90	≥85
铁利用率 (%)	≥95	≥90	≥85
磷利用率 (%)	≥95	≥90	≥85
注：锂、铁、磷利用率应按照附录 B 计算			

7.3 能源利用指标

废旧磷酸铁锂正极材料修复清洁生产能源利用指标要求如表 2 所示。

表 2 废旧磷酸铁锂正极材料修复生产能源利用指标

指标	一级	二级	三级
单位产品综合能耗 (kgce/t)	≤60	≤70	≤85
单位产品温室气体排放量 (tCO ₂ e/t)	≤350	≤380	≤420
注：单位产品综合能耗、单位产品温室气体排放量应按照附录 B 计算			

7.4 污染物控制指标

废旧磷酸铁锂正极材料修复清洁生产污染物控制指标要求如表 3 所示。

表 3 废旧磷酸铁锂正极材料修复生产污染物控制指标

指标	一级	二级	三级
废气中污染物排放指标	符合 GB 9078 的要求		

表 3 废旧磷酸铁锂正极材料修复生产污染物控制指标（续表）

指标	一级	二级	三级
废水中污染物排放指标	符合 GB 8978 的要求		
单位产品废水排放量（m ³ /t）	≤60	≤70	≤85
单位产品废气中颗粒物排放量（g/t）	≤350	≤380	≤420
单位产品固体废物产生量（t/t）	≤2.0	≤2.5	≤3.0

8 环境保护要求

- 8.1 修复企业在生产过程中，不同状态的材料应按照 GB/T 26493 的规定进行分类、运输和储存。
- 8.2 修复企业在生产过程中产生的废水经收集、处理后，污染物排放浓度应符合 GB 8978 的要求。
- 8.3 修复企业在生产过程中产生的废气经尾气净化装置处理后，污染物排放浓度应符合 GB 9078 的要求。
- 8.4 修复企业在生产过程中产生的固体废物按 GB 5085.7 规定进行鉴别，并符合下列规定
- a) 经鉴别属于危险废物，应按 GB 18597 和 HJ 2025 要求进行收集、贮存、运输，并交由有资质单位进行处理；
 - b) 经鉴别属于一般固体废物，应按 GB 18599 要求执行。
- 8.5 修复企业在生产过程中产生的粉尘经收集、处理后，应符合 GB 16297 的要求。
- 8.6 修复企业厂界噪声应符合 GB 12348 的要求。
- 8.7 修复企业应按 HJ 819 要求对污染物排放定期检测。

9 安全要求

- 9.1 修复企业的生产作业区应在配备有通风管道、排气、吸尘和储存装置的厂房内进行。
- 9.2 操作人员在未取得上岗操作证或未经上岗培训，不准上岗作业。
- 9.3 安全装置不齐全的设备不准使用。
- 9.4 生产处理设备和容器应具有安全防护措施。
- 9.5 工艺操作应严格执行生产工艺流程、安全技术规程、岗位操作规程。
- 9.6 严格遵守安全纪律，无关人员不应进入操作岗位和动用生产设备、设施和工具。
- 9.7 发现或发生紧急情况，应在保证人员自身安全的情况下做出妥善处理，同时立即向有关方面报告。必要时，先处理后报告。

附录 A
(规范性)

废旧磷酸铁锂正极材料修复指标及检测方法

A.1 外观

自然光条件下目视观察，修复后磷酸铁锂成品呈灰黑色粉末、颜色均一、无硬结块。

A.2 水分

修复后的磷酸铁锂成品水分含量不大于 0.2%。

产品的水分测定按照 GB/T 6283 的规定进行。

A.3 粒径分布

修复后的磷酸铁锂成品粒径分布见表 1：

表 A.1 磷酸铁锂正极材料成品粒径分布

粒径	D10	D50	D90
指标	$\geq 0.4 \mu\text{m}$	2.0-5.0 μm	$\leq 40 \mu\text{m}$

产品粒径分布的测定按照 GB/T 19077.1 的规定进行。

A.4 振实密度

修复后的磷酸铁锂成品振实密度不小于 0.7 g/cm^3 。

产品振实密度的测定按照 GB/T 5162 的规定进行。

A.5 比表面积

修复后的磷酸铁锂成品比表面积不大于 $20 \text{ m}^2/\text{g}$ 。

产品比表面积的测定按照 GB/T 19587 的规定进行。

A.6 pH 值

修复后的磷酸铁锂成品 pH 值在 9.0-11.0。

产品 pH 值的测定按照 GB/T 5211.6-2020 的规定进行。

A.7 磁性物质

修复后的磷酸铁锂成品磁性物质不大于 3.0 ppm。

产品磁性物质的测定按照 GB/T 37167 的规定进行。

A.8 Li 含量

修复后的磷酸铁锂成品锂含量在 3.9-5.0%。

产品 Li 含量的测定按照 YS/T 1028 规定的进行。

A.9 Fe 含量

修复后的磷酸铁锂成品 Fe 含量在 33-36%。

产品 Fe 含量的测定按照 YS/T 1028 规定的进行。

A.10 P 含量

修复后的磷酸铁锂成品 P 含量在 18-20%。

产品 P 含量的测定按照 YS/T 1028 规定的进行。

A.11 首次放电容量

修复后的磷酸铁锂成品在电压范围 2.5-4.1V, 0.1C 充放电倍率条件下首次放电容量不小于 140 mAh/g。

产品首次放电比容量的测定按照 GB/T 42161-2022 规定的进行。

A.12 首次充放电效率

修复后的磷酸铁锂成品在电压范围 2.5-4.1V, 0.1C 充放电倍率条件下首次效率不小于 85%。

产品首次充放电效率的测定按照 GB/T 42161-2022 规定的进行。

附录 B
(规范性)

废旧磷酸铁锂正极材料修复清洁生产计算方法

B.1 锂、铁、磷元素利用率计算

锂、铁、磷元素利用率以 R_c 计，按公式 (B.1) 计算：

$$R_c = \frac{m_c}{M_c} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

m_c ——废旧磷酸铁锂电池经修复后中元素 c 的质量，单位为千克 (kg)；

M_c ——废旧磷酸铁锂电池中元素 c 的质量，单位为千克 (kg)。

B.2 单位产品综合能耗计算

单位产品综合能耗以 E_z 计，以千克标准煤每吨 (kgce/t) 表示，按公式 (B.2) 计算：

$$E_z = \frac{e}{P} \dots\dots\dots (B.2)$$

式中：

e ——统计期内工厂实际消耗的各种能源实物量，单位为千克标准煤 (kgce)；

P ——统计期内合格产品产量，单位为吨 (t)。

B.3 单位产品温室气体排放量计算

单位产品温室气体排放量以 C 计，以吨二氧化碳当量每吨 (tCO₂e/t) 表示，按公式 (B.3) 计算：

$$C = \frac{E_c}{P} \dots\dots\dots (B.3)$$

式中：

E_c ——统计期内工厂便捷范围内的温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量 (tCO₂e)；

P ——统计期内合格产品产量，单位为吨 (t)。