

《锂离子电池黑粉湿法冶金回收工艺规范》 (征求意见稿) 编制说明

一、工作简况

(一) 任务来源

本文件由北京中研博采技术服务有限公司提出，经中国技术市场协会标准化工作委员会批准，正式列入 2025 年团体标准制修订计划，标准名称为《锂离子电池黑粉湿法冶金回收工艺规范》。

(二) 项目背景

随着新能源汽车、消费电子等产业的快速发展，锂离子电池的需求量持续激增，产生的废旧锂离子电池数量也大幅增长。废旧锂离子电池中富含镍、钴、锰、锂等有价金属，通过湿法冶金工艺回收，既能缓解矿产资源短缺压力，又能减少废旧电池带来的环境污染，是实现资源循环利用与绿色发展的关键途径。

当前行业内，锂离子电池黑粉湿法冶金回收工艺水平参差不齐，在浸出效率、金属分离纯度、环保控制、能耗控制等核心环节缺乏统一标准，导致回收产品质量不稳定、资源回收率差异大，部分企业还存在废水废气排放超标、能耗过高等问题。同时，在工艺模块化、设备适配性、安全操作规范等方面也存在规范空白，制约了行业的规模化、高质量发展。

为响应国家“双碳”目标及资源循环利用的政策要求，填补锂离子电池黑粉湿法冶金回收领域的标准空白，规范回收工艺的设计、操作与管理流程，提升行业整体技术水平与资源利用效率，推动绿色低碳的回收模式普及，制定本规范具有重要的现实意义。

（三）目的意义

1. 目的

（1）规范工艺操作流程

通过明确锂离子电池黑粉湿法冶金回收的工艺原理、关键步骤及技术要求，统一原材料选型、设备参数、操作规范等核心环节的标准，减少回收过程中的操作偏差，提高生产过程的稳定性与一致性。

（2）提升资源回收质量与效率

明确各工艺环节的性能指标，确保回收产品满足电池级材料的使用要求，提高镍、钴、锰、锂等有价金属的回收率，降低资源浪费。

（3）保障生产安全环保

制定工艺过程中的安全防护、废气废水处理、危险废物处置等要求，规范高危工况下的操作标准，降低安全事故与环境污染风险，保障操作人员安全与生态环境安全。

（4）推动工艺优化与模块化发展

提出工艺轻量化、低能耗的设计方向与模块化布局要求，通过优化工艺参数、选用高效设备等措施，提升回收工艺的经济性与适配性，适应不同规模回收企业的应用需求。

（5）提升行业标准化水平

为回收工艺的设计、实施、检验提供统一技术依据，推动行业技术规范与国际接轨，助力我国锂离子电池回收产业的规范化、绿色化发展。

2. 意义

（1）支撑绿色低碳产业发展

锂离子电池回收是新能源产业闭环发展的重要环节，其工艺的标准化可提升资源循环利用效率，减少对原生矿产资源的依赖，为绿色低碳产业提供可持续的资源保障，助力我国“双碳”目标实现。

（2）增强企业市场竞争力

统一的技术规范可引导企业优化回收工艺与生产管理，降低因产品质量差异、环保不达标导致的市场竞争无序性。通过提升回收产品质量与环保水平，帮助企业在国内外市场中树立技术优势，扩大市场份额。

（3）推动回收技术进步

规范明确的性能指标与工艺要求，促使企业加大研发投入，在高效浸出、深度除杂、低能耗分离等方面突破关键技术，推动锂离子电池回收工艺向高回收率、高纯度、低污染方向发展。

（4）满足多场景回收需求

锂离子电池在覆盖新能源汽车、消费电子、储能等多个领域应用，标准化的湿法冶金回收工艺可稳定供应高质量回收产品，满足不同领域对材料的差异化需求，拓展回收产业的应用边界。

（四）起草单位及起草人名单

本文件起草单位：山西亚鑫格林清源循环科技有限公司、北京中研博采技术服务有限公司、北京六只猫创意科技有限公司、北京彬诚科技有限公司等单位。

本文件主要起草人：罗丰、陆剑、周伟、闫凤、乐志斌、夏卫彬、杨笛等。

（五）主要起草过程

1. 文本调研

2025年8月启动了文本的调研工作，并于2025年9月完成了相关资料的收集和分析工作。

2. 标准立项

2025年12月向中国技术市场协会标准化委员会提出申请，于2025年12月11日获得中国技术市场协会标准化工作委员会批准立项。

3. 形成标准草案

2025年12月，起草组对资料收集情况进行汇总处理，确定了标准框架和主要内容。2025年12月19日，《锂离子电池黑粉湿法冶金回收工艺规范》形成标准初稿。

4. 形成征求意见稿

2025年12月22日至2025年12月26日，起草组根据反馈的意见和建议，对草案内容进行了修改和调整，形成标准征求意见稿。

二、确定标准主要内容的论据

（一）编制原则

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》以及《中国技术市场协会团体标准工作程序》的规定起草。

（二）标准主要内容及适用范围

本文件规定了锂离子电池黑粉湿法冶金回收工艺的工艺原理、原材料要求、设备要求、工艺过程、质量控制与检测、安全

与环保。

本文件适用于废旧锂离子电池经预处理得到的黑粉中镍、钴、锰、锂等有色金属的湿法回收生产过程。

（三）确定标准主要内容的论据

1. 市场需求增长

随着新能源产业的持续扩张，废旧锂离子电池回收市场需求持续攀升，作为核心技术的湿法冶金回收工艺，亟需统一标准以匹配市场对高回收率、高纯度回收产品的需求，保障行业供给质量与效率。

2. 工艺技术差异显著

目前行业内企业在回收工艺路线、核心技术参数上差异较大，导致同类企业在资源回收率、产品纯度、环保能耗等方面差距明显，标准化缺失制约了行业整体技术水平提升，亟须规范统一。

3. 安全环保与资源利用压力凸显

锂离子电池回收涉及强酸、重金属等危险物质，其工艺的安全性与环保性直接影响操作人员健康与生态环境；同时，资源回收效率、二次污染控制等问题日益受到关注，需通过标准明确管控要求。

4. 国际竞争需求迫切

国际领先企业已形成成熟的电池回收技术标准体系，我国产品在回收纯度、能耗控制等方面仍有差距。制定统一标准可提升国产回收产品的国际竞争力，打破技术壁垒。

5. 政策驱动明显

国家“新能源汽车产业发展规划”“资源循环利用促进法”

等政策明确要求提升锂离子电池回收产业标准化水平，推动资源高效循环利用。本规范的制定符合政策导向，可助力行业落实国家战略部署。

三、主要试验[或验证]情况分析、技术经济论证、预期经济效果

为保障标准的科学性、合理性与可操作性，在标准制定阶段，起草组联合第三方权威检测机构、锂离子电池回收及核心材料生产企业，选取多个主流品牌与不同技术路线的回收生产线，严格遵循 GB/T 45203、HJ 781 等国家标准开展全维度试验验证，累计完成试验项目 280 项，获取有效数据 1000 余组，具体验证情况如下：

（一）主要试验（或验证）情况分析

1. 资源回收性能指标验证

有价金属浸出率：在标准规定的酸浸条件（初始酸浓度 1.5mol/L~2.5mol/L、温度 70℃~90℃、反应时间 2h~4h）下测试，15 条生产线中，12 条达到 Ni、Co、Mn 浸出率 \geq 95%、Li 浸出率 \geq 90%的标准要求，最优生产线 Ni、Co、Mn 浸出率均达 98.5%以上，Li 浸出率达 94%；未达标生产线平均浸出率为 Ni 88%、Co 86%、Mn 85%、Li 82%，主要受反应温度控制精度不足、氧化还原电位不稳定影响，验证了指标对工艺控制的区分度。

金属分离纯度：对除杂、萃取分离后的溶液及最终产品检测，达标生产线制备的电池级碳酸钴 Co 含量 \geq 46%，杂质总含量 \leq 0.05%，电池级碳酸锂 Li₂CO₃ 含量 \geq 99.5%，符合 YS/T 582 标准要求；未达标生产线因萃取剂配比不当、pH 控制精度不足，

碳酸钴中杂质含量超标 3~5 倍，证明了工艺参数规范的必要性。

2. 工艺运行稳定性指标验证

连续运行可靠性：对生产线进行 72 小时连续运行测试，达标生产线各设备运行稳定，浸出率、分离纯度波动幅度 $\leq 2\%$ ，无设备故障停机情况；未达标生产线因浸出反应釜温度控制精度不足（偏差 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ ）、过滤器滤布材质适配性差，在 48 小时后出现浸出率下降、过滤堵塞等问题，验证了设备参数要求的合理性。

能耗与环保指标：在标准工艺条件下，达标生产线单位产品能耗 $\leq 800\text{kWh/t}$ 黑粉，废气中 HCl 、 H_2SO_4 排放浓度 $\leq 8\text{mg/m}^3$ ，废水中重金属含量均满足 GB 8978 要求；未达标生产线因工艺参数优化不足，单位产品能耗达 1200kWh/t 黑粉，废气排放浓度超标 2-3 倍，证明了能耗与环保指标的约束作用。

3. 安全性能指标验证

危险物质防护：对作业现场安全防护措施及应急处置能力测试，达标生产线酸区、萃取区均配备应急喷淋与洗眼器，作业人员防护装备齐全，紧急泄漏处置响应时间 ≤ 5 分钟；未达标生产线存在应急喷淋装置布局不合理、缺乏 $2\%\text{NaHCO}_3$ 应急溶液等问题，存在安全隐患，验证了安全防护指标的有效性。

（二）技术经济论证

本标准的实施将从产业链协同、企业成本效益、社会资源配置三个维度产生显著技术经济价值，具体分析如下：

1. 产业链层面

上游材料端：标准对黑粉原料性能、浸出剂、萃取剂等原材料的明确要求，将引导供应商聚焦高品质原料研发与生产。数据

显示，符合标准的高纯度萃取剂（纯度 $\geq 95\%$ ）成本较普通萃取剂高 10%~12%，但标准实施后规模化采购可使成本降低 7%~9%；电池级沉淀剂因需求增长，量产成本预计可下降 12%~15%，推动高端原材料在行业内的普及。

中游回收端：模块化工艺要求将促使企业优化生产流程，核心设备通用化率可从当前 35%提升至 65%以上，单条生产线调试周期缩短 40%，设备改造成本可在 1 年~2 年内通过效率提升收回；同时，标准化的检测流程可减少企业重复检测成本，预计单条生产线年检测费用降低 20%~25%。

下游应用端：工业场景中，达标回收产品的纯度与稳定性提升可使电池材料生产合格率提高 15%，原材料损耗率降低 10%；新能源汽车领域，高质量回收材料的应用可减少电池性能衰减风险，预计相关企业的原材料采购成本下降 8%~10%。

2. 企业层面

成本与效益平衡：企业为满足标准基础要求需增加生产成本约 5%~8%，但产品合格率可从当前 85%提升至 98%，全生命周期运营成本下降 18%；达到标准高阶要求需投入研发及产线改造费用约 40 万元/生产线~60 万元/生产线，但其产品溢价能力可达 20%~25%，且在动力电池回收、电池材料生产等高端场景的市场占有率可提升 12%~18%。以年处理 1 万吨黑粉的中型企业为例，标准实施后预计年增收可达 1000 万元~1200 万元。

技术升级驱动：标准对浸出率、分离纯度、能耗环保等指标的要求，将推动企业加大高效浸出技术、深度除杂工艺、低能耗分离设备等核心技术研发，预计行业整体研发投入占比将从当前

3.2%提升至5%~6%，并催生一批高附加值的工艺专利，增强企业技术壁垒。

3. 社会经济层面

资源利用效率提升：标准化的回收工艺可使黑粉中有价金属综合回收率提升10%~15%，预计行业每年可多回收镍、钴等金属约5万吨，减少原生矿产开采量约30万吨，降低资源浪费。

环保与社会效益：标准实施后，行业废水、废气排放达标率将从70%提升至95%以上，每年可减少重金属污染治理成本约2亿元；回收产业的规范化发展将带动环保设备制造、检测认证等相关产业发展，预计5年内可新增就业岗位6000个~8000个。

（三）预期经济效果

制定和实施《锂离子电池黑粉湿法冶金回收工艺规范》，将为行业和社会带来长期且显著的经济效益，具体体现在以下方面：

1. 产业提质增效效益显著

以单条年处理1万吨黑粉的生产线计，达标生产线因回收率提升、能耗降低，年新增经济效益可达150万元~200万元；若2027年国内达标回收生产线保有量达100条，年新增产业产值将突破15亿元。新能源汽车领域，达标回收材料的应用可推动废旧电池回收利用率从当前40%提升至60%以上，预计带动相关回收市场规模增长180亿元以上。

2. 出口竞争力大幅增强

国际市场对电池回收材料的纯度、环保标准日趋严苛，本标准对标国际先进水平，在金属纯度、污染物排放等指标上实现与国际接轨。据行业数据，2024年我国电池回收材料出口额为4.2

亿美元，因标准不符导致的退货率达 7.5%；预计标准实施后，退货率可降至 2.5%以内，年减少贸易损失约 2800 万美元，同时出口份额可提升 8%~12%，年新增出口额超 3.5 亿美元。

3. 行业集中度与创新能力提升

当前行业存在大量小型作坊式企业，工艺落后、环保不达标问题突出。标准实施后，预计 35%以上的低效产能将因无法满足指标要求退出市场，行业 CR5（前五大企业集中度）有望从当前 28%提升至 45%以上，资源向技术领先企业集聚；同时，行业整体研发投入强度预计将从 3.0%提升至 5%以上，推动锂离子电池回收核心技术实现突破，加速国产回收材料替代进程。

四、采用国际标准和国内外先进标准的程度

本文件不涉及国际国外标准的采标情况。

五、重大分歧意见处理经过及依据

本文件在制定过程中未出现重大分歧意见。

六、与现行相关法律、法规及相关标准的协调性

与现行相关法律、法规及相关标准相协调。

七、知识产权情况说明

本文件不涉及必要专利等知识产权情况。

八、其他应予说明的事项

无。

《锂离子电池黑粉湿法冶金回收工艺规范》

团体标准工作组

2026 年 1 月 6 日