

# Pollution control strategy in waste battery treatment process

Shaokun Dong

Jilin Gucheng Engineering Technology Co., Ltd., Changchun, Jilin, 130000, China

## Abstract

The release of heavy metals, acidic and alkaline electrolytes, and organic solvents during the disposal of waste batteries can cause long-term pollution to soil, water, and air, posing a significant challenge in solid waste management. This paper focuses on pollution control strategies in the processing of waste batteries, systematically examining environmental risks at each stage from collection, transportation, and sorting to final disposal and reuse. It analyzes the mechanisms of pollutant generation in physical disassembly, thermal treatment, and wet extraction processes, and explores integrated prevention and control measures. The paper further proposes strategies such as establishing a closed-loop recycling system, optimizing end-of-pipe treatment processes, and strengthening regulatory and standard systems to achieve a coordinated approach to pollution control and resource utilization throughout the process. The research aims to provide theoretical support and strategic references for the green processing and environmental management of waste batteries.

## Keywords

waste battery; pollution control; resource utilization; terminal treatment; environmental management

## 废旧电池处理过程中的污染控制策略

董少崑

吉林顾诚工程技术有限公司, 中国 · 吉林 长春 130000

## 摘要

废旧电池在处理过程中释放出的重金属、酸碱电解质与有机溶剂等有害物质, 易对土壤、水体及空气造成长期污染, 成为当前固体废物管理中的突出问题。本文围绕废旧电池处理过程中的污染控制策略展开研究, 系统梳理了从回收、运输、分类到后端处置与再利用等各环节的环境风险, 分析了物理拆解、热处理、湿法提取等技术环节中污染物的产生机理, 并探讨了防控措施的集成路径。文章进一步提出建设闭环回收体系、优化末端治理工艺、强化监管与标准体系等对策, 以实现全过程污染防控与资源化利用的协调统一。研究旨在为废旧电池绿色处理与环境管理提供理论支撑与策略参考。

## 关键词

废旧电池; 污染控制; 资源化利用; 末端治理; 环境管理

## 1 引言

随着移动通信设备、电动汽车及储能技术的快速发展, 废旧电池数量迅速攀升, 带来显著的环境压力与资源再利用挑战。废旧电池中含有的镉、铅、汞、锂等有害金属以及有机电解质在处理过程中若控制不当, 极易造成二次污染, 对生态系统与人类健康构成潜在威胁。现有的电池回收处理体系尚存在分类不清、技术落后与监管薄弱等问题, 污染控制难以实现系统闭合, 亟需从工艺技术、流程管理与政策支持等多个维度进行优化。本文聚焦废旧电池全生命周期处理过程中的污染控制策略, 围绕技术演进、风险截断与制度保障, 探索科学有效的治理路径, 力图提升资源回收效率的同时, 实现环境风险的最小化控制。

【作者简介】董少崑 (1977-), 男, 中国吉林长春人, 本科, 副高级工程师, 从事环境污染治理研究。

## 2 废旧电池污染的成因及环境风险

废旧电池主要包括铅酸电池、镍镉电池、锂离子电池和镍氢电池等类型, 各类电池在结构组成和功能材料上具有较大差异。铅酸电池含有大量铅和硫酸电解液, 对人体神经系统和土壤具有长期毒性作用; 镍镉电池中的镉具有高迁移性, 进入生物体后难以代谢排出; 锂电池广泛使用锂、钴、锰等稀有金属, 电解质中含有可燃有机溶剂, 极易引发热失控反应。这些电池在废弃过程中若未进行有效分类与防护处理, 将导致多种有害物质混合释放, 增加污染控制难度, 进而成为典型的高危固废源, 对环境安全构成复杂而持续的威胁。废旧电池在破损、拆解及处理过程中, 其内部电解液容易渗漏至周围环境, 其中含有的氟化物、有机碳酸酯类溶剂具有强腐蚀性与高挥发性, 在常温下即可释放出挥发性有机化合物, 导致空气中有毒气体集聚。部分废旧电池还包含溴化阻燃剂及有机染料, 其分解产物在高温下可能生成二噁英类污染物, 加剧环境污染的隐蔽性与难治性<sup>[1]</sup>。

### 3 废旧电池物理与化学处理过程的污染防控技术分析

#### 3.1 破碎与分离工序中的粉尘、烟气治理工艺

在废旧电池回收的初步处理环节，破碎与分离作业是常见的前端工序，主要目的是将外壳、电极材料、电解液分离以便后续处理。该过程易产生大量含金属粉尘与带有有机残留的颗粒物，在开放环境下极易扩散至作业空间，引发职业健康隐患。工业化治理中常采用负压密闭输送装置、旋风除尘器及高效袋式过滤器联合构建多级除尘系统，有效控制粉尘浓度并回收贵金属细粉。高温操作中释放的烟气经活性炭吸附与湿式洗涤塔处理后有明显降低有毒成分排放，实现作业场所空气质量达标与资源回收双重目标。

#### 3.2 热处理与湿法提取中挥发性污染物的控制技术

热处理过程中常用高温焙烧或热解方式分解电池中活性物质，温度达到400℃以上时电解质易分解为氟化气体与芳香烃类物质，形成含毒烟气和冷凝废液。对高温处理线设置密闭炉体与高效尾气净化系统可显著提升安全性。典型工艺配置包括预冷换热器、急冷塔与催化氧化反应器，用于实现有机物裂解后副产气体的彻底转化。湿法提取环节中金属离子溶出液若无处理将直接造成水体富营养化与酸碱失衡，故采用中和沉淀法、多级膜分离系统与电化学处理设备联动运行，提升废水达标排放与污染物回收效率。

#### 3.3 高危残渣处置与尾气净化系统的集成设计

废旧电池处理后残留物中通常富集不可回收重金属氧化物、有机碳残渣与不稳定副产物，具有一定放热性与腐蚀性。残渣经水泥固化、等离子熔融或玻璃化处理技术处理后可实现物理稳定化，部分物料可作为建筑材料再利用。尾气系统设计应结合不同处理单元的排放特征，配置多级吸附模块与自动切换控制系统，确保关键节点污染物不超标释放。通过设置尾气成分在线监测与反馈调节机制，可实现动态治理能力提升，最终形成以源头减排、过程治理和末端控制为一体的综合污染控制体系<sup>[2]</sup>。

### 4 废旧电池再生利用环节的环境友好型技术路径

#### 4.1 闭环材料循环体系与污染物副产控制方法

废旧电池再生利用的核心目标在于实现资源的高效回收与污染物的最小排放，构建闭环材料循环体系成为重要路径。该体系强调从原料来源、回收分类、处理工艺到再生材料产品的全过程控制，实现废旧电池中锂、钴、镍等金属的重复利用。通过前端精准拆解与功能材料分离，可大幅降低混合污染风险，提升回收金属纯度与产率。在加工环节应用多级洗涤、离子交换与有机溶剂萃取等技术，有效抑制副产物中的氟化物与挥发性有机污染物外泄。闭环运行模式下引入动态数据追溯系统与回用材料标准规范，有助于统一再生产品质量并控制材料中有害元素的累积扩散，实现资源回收

与环境安全的协同发展。

#### 4.2 绿色冶金技术在金属提取过程中的减排作用

传统冶金方法普遍存在高能耗、高污染的问题，绿色冶金技术以低温、低能、低废的特性，在废旧电池金属提取中展现出显著优势。湿法冶金中引入生物浸出、离子液体与深共熔溶剂等环保型浸出介质，可在常温常压条件下实现多种金属的高选择性溶出，避免了高温焙烧过程中有毒烟气的生成。电化学沉积与膜分离耦合技术可实现金属分离的高效控制，降低化学试剂用量与废液排放。对于锂电池中常见的磷酸铁锂与三元材料，采用选择性还原和溶剂解离技术可实现有效分离与回收，提升资源回收效率的同时控制有毒副产物生成。绿色冶金路径不仅促进资源循环利用，还推动了工业过程向低碳、低排、高值方向转型。

#### 4.3 无害化产品制备中的污染截断与转化策略

废旧电池再生产品的无害化制备不仅要求功能性能达标，还需在全过程中实现污染物的有效截断与转化。在材料再制造过程中，通过热压烧结、惰性气氛还原与固相烧结等工艺实现结构稳定化，避免金属离子在制品中迁移析出。残余有害组分在处理过程中通过氧化还原调控转化为难溶无毒形态，例如铅转化为硅酸盐复合体后可有效固封于材料基体中。对部分处理难度较大的高分子隔膜、电解质残渣等，则采用高温熔融耦合等离子气化方式，使其彻底裂解并与基材同体固化，避免二次环境扩散。再生制品在出厂前通过重金属溶出测试与环境适应性评估，实现全流程无害化目标，为构建绿色闭环回收体系提供终端保障，图1为废旧电池无害化处理流程。

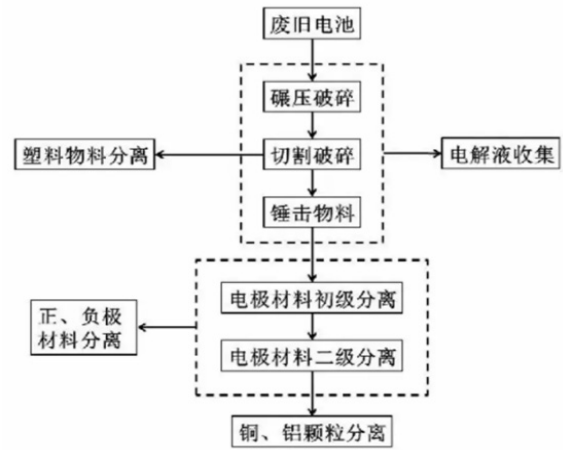


图1 废旧电池无害化处理流程

### 5 废旧电池处理过程的监管机制与标准体系建设

#### 5.1 全过程环境监测指标体系与动态评估制度

废旧电池处理过程中存在多类型、多阶段的污染物释放，建立全过程环境监测指标体系是实现污染预警与过程调控的基础。指标设置需覆盖气态排放物、液体废水、固体残

渣及周边环境介质,涵盖重金属浓度、VOCs浓度、酸碱度、异味物质等关键参数。在监测频率上应根据处理工艺分阶段配置,增强对破碎、热解、浸出等高风险节点的实时监控能力。通过布设在线监测设备、数据采集终端与远程预警平台,可实现污染指标的自动采集与智能判断。引入动态评估制度,以时间序列对比与风险等级响应机制为核心,推动从静态排放达标向过程稳定性与突发应急响应能力的全过程转变,提高处理体系的环境透明度与公众信任水平<sup>[3]</sup>。

### 5.2 行业排放标准完善与环保执法能力提升路径

废旧电池作为危险废物,其处理排放具有特殊性与复杂性,亟需针对不同处理环节和技术路线制定更具针对性的行业标准。现行标准多以一般固废或金属冶炼类排放限值为依据,缺乏对电解液成分、有机污染物与特定金属细颗粒物的细化限制,导致监管执行缺乏依据。在制度完善路径上,应结合典型工艺流程制定分工序限值标准,同时强化对混合电池处理模式下的复合污染控制规范。在执法机制方面,应提升地方环保部门在专业审查、现场执法、数据解析与技术判定等方面的能力,配置专业检测设备与培训人员队伍。通过第三方检测机构介入与数据实时对接机制,构建统一监管平台,推动从事后惩戒向全过程预警、协同执法转型,形成高效有力的治理体系。

### 5.3 企业污染控制责任机制与绿色绩效考核体系

实现废旧电池处理的污染控制目标,必须建立企业为主体的责任归属机制与绿色绩效评价体系。在责任机制上,应明确企业在废旧电池回收、运输、分类、处理与再生各环节的环境保护义务,设立违规排放责任追溯链条与损害赔偿制度,推动企业落实源头控制、过程管理与末端治理职责。在绩效考核方面,引入绿色生产指标与碳排放指标作为企业

信用与市场准入评价标准,评估内容涵盖单位处理量污染物生成量、资源回收率、能耗水平与环境投诉频率等核心维度。鼓励通过环保信用评级、绿色税收激励与环保资金支持等方式引导企业自我优化污染治理能力。构建“排放—考核—奖惩”闭环体系,使企业从被动应对转变为主动治理,实现绿色生产理念的制度化与常态化运行<sup>[4]</sup>。

## 6 结语

废旧电池处理过程中污染物释放路径复杂,涉及固、液、气多介质交互,若缺乏系统化控制极易造成二次污染与资源浪费。推动污染控制策略升级,需从工艺优化、技术替代、制度建设等多维度协同发力,实现从源头回收到末端处置的全过程环保治理。完善环境监测指标与标准体系,有助于提升监管效能与公众透明度。企业作为污染控制的责任主体,应主动构建绿色治理机制,提升再生资源利用率与环境绩效水平。通过构建闭环循环路径与强化政策支撑,可实现废旧电池处理的高效、安全与绿色发展,为生态环境保护与资源可持续利用提供坚实保障。

## 参考文献

- [1] 岳东,庄亚芹,曲晓文,马晓龙.新能源汽车废旧锂电池回收处理过程中污染控制技术研究[J].汽车与驾驶维修(维修版),2024,(07):28-30.
- [2] 杨湘政,罗明聪.新能源汽车废旧电池回收与污染防治措施探究[J].资源节约与环保,2024,(05):132-135.
- [3] 苏南.废旧电池高质量回收再利用提速[N].中国能源报,2024-02-19(002).
- [4] 路忻,李祥华,何新生.某废旧电瓶炼铅厂环境污染损害评估研究[J].能源与环保,2022,44(08):64-67.