

新能源汽车废旧电池垃圾处理回收

张晟杰 谭靖阁 任家康 徐子健

长春工程学院, 中国·吉林 长春 130012

摘要: 新能源汽车产业的迅速发展带动了动力电池的大规模应用, 使电池报废数量逐年增长。废旧电池中的锂、钴、镍等稀有金属资源回收价值较高, 但如果处理不好, 所含重金属和有机电解质会严重污染土壤与水体; 目前国内外电池垃圾处理和回收技术已有一定规模, 物理回收、化学回收、机械拆解等方法被广泛应用, 不过整体回收率较低且技术成本高。近年来自动化分选、绿色溶剂萃取等新技术的出现为提高回收效率、降低环境风险带来新思路; 建立完善回收体系有利于资源循环利用, 能够缓解矿产资源紧缺状况, 还能减少环境污染, 推动新能源汽车产业可持续发展。

关键词: 新能源汽车电池; 垃圾处理; 回收技术; 环境影响; 资源利用

Waste treatment and recovery of waste batteries in new energy vehicles

Zhang Shengjie, Tan Jingge, Ren Jiageng, Xu Zijian

Changchun institute of technology, China Jilin Changchun 130012

Abstract: The rapid development of new energy automobile industry has led to the large-scale application of power batteries, and the number of scrapped batteries has increased year by year. Lithium, cobalt, nickel and other rare metal resources in waste batteries have high recycling value, but if they are not handled properly, the heavy metals and organic electrolytes contained in them will seriously pollute the soil and water. At present, the technology of battery waste treatment and recycling has reached a certain scale at home and abroad. Physical recycling, chemical recycling and mechanical disassembly are widely used, but the overall recovery rate is low and the technical cost is high. In recent years, the emergence of new technologies such as automatic separation and green solvent extraction has brought new ideas for improving recovery efficiency and reducing environmental risks. Establishing and perfecting the recycling system is conducive to recycling resources, alleviating the shortage of mineral resources, reducing environmental pollution and promoting the sustainable development of new energy automobile industry.

Keywords: New energy automobile battery; Garbage disposal; Recycling technology; Environmental impact; Resource utilization

0 引言

近年来, 全球新能源汽车推广速度不断加快使得动力电池需求量剧增, 电池报废问题渐趋凸显。大量废旧电池堆积既造成宝贵金属资源浪费又因重金属泄漏、电解液扩散可能给生态系统带来潜在威胁, 电池结构复杂且材料种类多, 回收处理面临诸多技术难题, 急需探索高效、安全、经济的回收模式。稀有金属价格上涨且资源储量有限进一步凸显电池回收的重要性, 实现资源再生最大程度降低环境风险已成为新能源汽车产业绿色发展的关键议题, 受到科研机构、企业和政府广泛关注。

1 新能源汽车电池的基本特性及其环保挑战

1.1 新能源汽车电池的分类与特点

废旧动力电池回收行业随着新能源汽车的不断加而

蓬勃发展, 但是电池回收中产生的污染物对环境的影响要引起从业者的深思, 本文分析了动力电池拆解可能造成的环境污染, 从建立健全制度、回收技术改进、二次利用市场扩大、电池生产企业回收革新等多个角度探究了电池回收的新思路^[1]。

新能源汽车主要采用锂离子电池作为动力电池, 其中镍钴锰酸锂电池、磷酸铁锂电池、三元锂电池等应用最为普遍。凭借能量密度高、充放电效率佳、使用寿命长等优势能够满足新能源汽车对续航里程和动力性能的要求。电池内部由正极材料、负极材料、电解液和隔膜等多种组分构成, 其金属元素种类繁多且含量不低, 特别是锂、钴、镍等稀有金属储量有限, 因此赋予了废旧电池较高的回收利用价值。动力电池的生命周期大概是 5 到 8 年, 随着循

环充放电次数增多, 容量衰减不可逆, 慢慢不能满足车辆使用要求便退役了, 其在容量衰减到一定程度后剩余能量还比较高, 既可以用于梯次利用, 也为回收处理提供了不错的资源基础。

1.2 电池垃圾产生的原因与环境影响

新能源汽车保有量快速增加使动力电池报废数量持续增长^[2]。电池在长期使用后化学性能衰减、内部结构老化、热稳定性下降而失去车辆动力来源价值便成为废弃电池, 废旧电池结构中有很多有害物质, 电解液里的有机溶剂易挥发, 在拆解、运输或堆存时若处理不好就可能泄漏进土壤和水体, 导致重金属污染、有机污染物积累并影响生态系统稳定。电池有些材料在空气中易氧化形成难降解化合物从而加重环境负担, 废旧电池数量大堆存压力也大, 缺乏科学管理可能引发安全事故, 及时规范回收处理退役电池是维护环境安全的重要举措。

1.3 回收处理的难度与技术挑战

新能源汽车电池结构复杂、材料多样且金属成分交织、化学性质活泼, 不同种类电池处理方式也不一样。这使得电池回收处理面临较大技术难度, 如磷酸铁锂电池分选时得保持稳定热环境, 不然会热失控, 三元锂电池镍、钴、锰含量高, 可化学提取工艺繁杂、成本高。目前回收技术大多为物理破碎和湿法冶金, 破碎易产生粉尘与有害气体, 湿法冶金酸碱用量大, 对设备耐腐蚀性要求高, 废液处理不好还可能造成二次污染, 并且自动化拆解设备普及程度低, 很多回收环节靠人工, 效率低还有安全风险。行业发展一直受回收过程的经济性和环保性制约, 得靠技术创新、工艺优化和规模化生产来降低成本、提高回收率, 让资源再利用达到最大化。

2 新能源汽车电池回收处理技术现状及发展趋势

2.1 回收技术的分类与现有应用

新能源汽车电池回收技术大体上有物理回收法、化学回收法、机械处理技术这三类。废旧电池经物理回收法的破碎、筛选、分离等步骤, 能使其中金属与非金属材料有效分离, 回收率在 70%, 中国和欧洲不少回收企业广泛运用此类方法, 因其成本低操作简便, 适合批量处理。化学回收法借助浸出、沉淀等化学反应步骤, 提取电池中的锂、钴、镍等贵金属, 回收率一般超 85%, 但这技术对设备和环保要求较高。机械处理技术运用自动化设备拆解、破碎、分选电池, 实现资源高效分离, 部分先进企业开发出智能化分拣系统, 使回收效率和安全性大大提升。

某国内领先企业把物理回收和湿法冶金工艺相结合, 使废旧电池年处理能力达到 10 万吨, 钴金属回收量约 2500 吨, 锂金属约 1200 吨。并且在工艺流程里设置多级安全监测, 让污染物排放于破碎和化学处理时得到有效控制, 实现环境友好型生产。国际上的德国某电池回收企业利用机械自动拆解技术, 加上先进的溶剂萃取工艺, 钴、镍、锂回收率分别为 90%、88% 和 85%, 有效减少废液产生, 展现较高的技术成熟度和环保水平。

2.2 回收技术的创新与突破

新能源汽车快速普及, 动力电池回收技术不断迭代升级^[3]。其中化学回收技术的突破点在于开发绿色溶剂, 用低毒性、可循环的溶剂取代传统强酸碱, 从而有效降低环境风险; 自动化拆解设备推广后, 改善了人工操作的安全隐患, 提高了拆解效率和产品纯度。新材料回收技术发展起来后, 能够高效回收电池里含有的稀土元素、锰、钴等关键金属, 推动资源最大化利用。

退役电池因梯次利用技术不断完善有了新生命力, 虽然电池容量有衰减, 但可在电网调峰、备用电源等场景作储能设备, 从而延长电池整体寿命并减少资源浪费。中国汽车技术研究中心数据表明, 2024 年我国退役电池梯次利用率达 35%, 较 2021 年的 18% 提升显著且相关产业链发展迅速, 某储能企业成功运用梯次电池模块组合技术搭建起 5 兆瓦时的电网储能系统, 不但系统稳定性得以提升, 而且运营成本也降低了。

物联网与大数据技术被智能回收平台所利用, 退役电池的来源、状态以及回收过程可被实时监控且数据能得到分析, 从而确保回收环节的透明与可追溯。而数据分析能优化回收流程且降低运营成本, 为政策制定者规划回收资源布局提供科学帮助以促进产业健康发展。

2.3 电池回收行业的未来发展趋势

新能源汽车电池回收行业会被政策引导与法规完善持续推动发展。2025 年我国要全面实施电池回收强制责任制以明确生产者和销售者的回收义务并促进回收体系的规范化建设, 预计 2030 年时, 动力电池回收市场规模会突破 500 亿元人民币且回收产能能满足新能源汽车保有量增长需求。

行业日益将绿色循环经济模式视为共识, 回收技术会朝着低能耗、低污染、高效利用资源的方向发展。而像固态电池这种新材料电池出现后, 回收技术也得根据材料特性作出相应调整, 从而形成多元化技术路线并行发展的态势, 并且产业链的整合与合作在不断加强, 跨行业协同能

促使技术标准统一，提高资源利用率，提升环境保护水平。

国际上电池回收的合作不断深化，全球回收产业可通过技术经验交流和资源共享加快发展。就欧洲而言，跨国回收网络已初步形成，电池能够跨境流通和回收处理，有效避免资源浪费并防止环境风险在区域内扩散。

2.4 典型回收技术工艺比较与案例分析

某欧洲回收企业处于领先地位，就拿它来说，它将机械拆解和绿色化学萃取这两种工艺结合起来，高效分离废旧动力电池里的钴、镍、锂，钴的回收纯度能达到99.8%，并且成功循环利用废液，减少环境污染。每年处理超过 5 万吨的废旧电池，夯实欧洲电动汽车产业链的资源保障。

国内某储能企业将梯次利用技术用于把退役电池搞成模块化组合并应用到区域电网储能项目里，使电池寿命延长 3 年多，该项目不仅提高了电网调峰能力，还降低了整体系统成本，得到政府专项资金支持，成为新能源汽车电池绿色回收利用的示范工程。

3 新能源汽车电池垃圾处理回收的经济性与社会效益分析

3.1 回收的经济效益

在经济层面，新能源汽车电池回收有着重要价值^[4]。动力电池包含许多可再利用的金属和稀有元素，高效回收再利用它们既能大大减少对原生矿产资源的依赖，又能削减资源开采所带来的高额成本投入，而且回收技术不断进步、金属提取率持续提高、回收环节运行成本慢慢降低，从而有了以资源循环利用为核心的经济增长点。

上下游行业的联动被回收产业的发展带动起来并形成了一个集废旧电池的收集、分类、拆解、金属提取和再制造于一体的产业链。该产业链十分完善，既能给新能源汽车制造企业稳定的原料来源，又能提升电池生产企业的市场竞争力，而且回收环节在逐步自动化、集约化运营，使得资源利用更高效，经济效益进一步凸显。

3.2 环境效益与资源节约

电池回收对环境保护具有明显积极作用。动力电池含多种有害物质，处置不当就会给土壤、水源和生态环境带来长远污染，而废旧电池经回收技术无害化处理，能减少重金属与有毒化学物质的泄露，大大降低环境风险。

电池回收的重要价值也体现在资源节约上。退役电池里的金属和非金属材料都能再利用，科学的回收工艺减轻了矿产资源开采压力，防止大规模开采破坏生态环境，而且推进梯次利用，能让退役电池在储能等领域继续发挥作用，延长资源使用周期，进一步提升能源利用效率，有力支撑绿色能源发展。

3.3 社会效益与产业链发展

在社会层面，电池回收产业的发展有着积极影响。其回收体系的建设带动大量就业机会，涉及回收、检测、研发、设备制造、物流等多个领域并为区域经济注入新的活力，而且推动着新能源汽车产业健康运行，给电动汽车可持续的电池供应保障从而让消费者对新新能源汽车更有信心。

产业链的完善推动相关技术持续进步并促进社会绿色消费观念的普及。公众环保意识增强使得绿色出行和资源循环利用渐成社会共识，电池回收是其中重要环节对传播可持续发展理念有积极作用，企业社会责任意识增强使回收利用被越来越多生产企业纳入长期发展战略从而形成社会、企业与环境协同发展的良性局面。

3.4 电池回收经济模式创新与产业升级

电池回收行业的经济模式正向多元化、集约化发展^[5]。绿色循环经济渐成主导，生产企业、回收企业及配套产业间协作愈发紧密，构建起资源共享、技术共建的合作体系，且智能化和信息化的引入让回收环节追踪管理、流程优化和资源配置更高效。

产业不断升级，回收企业在工艺、管理和商业模式方面持续创新并建立集中化回收网络，优化运输与处理流程，从而降低整体运营成本并提高资源利用率。绿色、低碳、

表1

回收技术类型	主要工艺	适用电池类型	主要优点	主要缺点	回收率（%）	典型应用案例
物理回收法	破碎、筛分、磁选	磷酸铁锂、三元锂电池	成本低，处理速度快	回收纯度较低	70-80	国内某大型回收厂年处理10万吨废电池
化学回收法	浸出、沉淀、萃取	各类锂电池	高回收率，资源利用全面	设备要求高，环境风险较大	85-95	德国某企业采用绿色溶剂技术
机械拆解技术	自动拆解、分选	多种类型动力电池	安全高效，适应性强	投资大，技术要求高	80-90	日本企业开发自动拆解机器人
梯次利用技术	模块化重组	退役电池	延长电池使用寿命，节约资源	适用范围有限	不适用传统回收率指标	中国储能企业搭建电网储能系统

可持续发展理念渐渐贯穿产业链各个环节,使新能源汽车电池回收朝着高效、环保、经济方向发展,给能源转型和绿色社会建设坚实支撑。

4 结语

推动绿色发展,新能源汽车电池回收是关键环节,不但能有效舒缓资源紧张的压力,还能大幅降低环境污染风险。且随着回收技术不断创新、产业模式日益完善,资源利用效率得以提升,促进经济和生态的协调发展,以后随着政策引导深入、技术不断进步,电池回收会更高效、安全和环保,给构建循环经济体系、实现可持续能源转型筑牢根基,推动新能源汽车产业朝着更绿色低碳的未来前行。

参考文献:

[1] 张皓东. 新能源汽车电池回收行业污染探究与防治

措施[J]. 时代汽车, 2022,(15):118-120.

[2] 高焘. 新能源汽车废旧电池污染及治理研究[J]. 资源节约与环保, 2023,(12):128-131.DOI:10.16317/j.cn-ki.12-1377/x.2023.12.009.

[3] 邓鑫涛. 动力电池回收全产业链分析[J]. 资源再生, 2023,(03):40-48.

[4] 杨湘政, 张东方, 饶冰青等. 新能源汽车电池回收行业污染防治措施[J]. 化工管理, 2023,(29):82-84. DOI:10.19900/j.cnki.ISSN1008-4800.2023.29.023.

[5]《废电池污染防治技术政策》解读[J]. 中国资源综合利用, 2017,35(02):4-6.

作者简介: 张晟杰(2004.09-), 男, 汉族, 吉林省长春市人, 本科, 研究方向: 新能源汽车垃圾处理。