

废旧锂电池中有价金属（锂、钴、镍）的绿色高效回收工艺研究

李 伟

北京基亚特环保科技有限公司兰州分公司 甘肃兰州

【摘要】废旧锂电池中含有的锂、钴、镍等有价金属的高效回收，对于资源循环利用和环境保护具有重要意义。本文提出了一种绿色高效的回收工艺，通过优化溶解、分离和提纯过程中的关键技术参数，实现了对上述有价金属的高效率回收。研究结果表明，该工艺不仅能够显著提高有价金属的回收率，而且在减少环境污染方面表现出了明显的优势。通过对回收产品的质量评估，验证了该工艺的可行性和经济性。本研究为废旧锂电池中有价金属的回收提供了一种新思路，有助于推动相关技术的发展和應用。

【关键词】废旧锂电池；有价金属回收；绿色工艺；高效回收

【收稿日期】2025 年 4 月 6 日

【出刊日期】2025 年 6 月 11 日

【DOI】10.12208/j.jccr.20250009

Research on the green and efficient recycling process of valuable metals (Lithium, Cobalt, Nickel) in waste lithium batteries

Wei Li

Beijing Keyat Environmental Protection Technology Co., Ltd., Lanzhou Branch, Lanzhou, Gansu

【Abstract】The efficient recycling of valuable metals such as lithium, cobalt, and nickel contained in waste lithium batteries is of great significance for resource recycling and environmental protection. This paper proposes a green and efficient recycling process. By optimizing the key technical parameters in the processes of dissolution, separation, and purification, the high-efficiency recycling of the above-mentioned valuable metals is achieved. The research results show that this process can not only significantly improve the recovery rate of valuable metals but also demonstrate obvious advantages in reducing environmental pollution. Through the quality evaluation of the recycled products, the feasibility and economic efficiency of this process are verified. This study provides a new idea for the recycling of valuable metals in waste lithium batteries and helps to promote the development and application of related technologies.

【Keywords】Waste lithium batteries; Valuable metal recycling; Green process; Efficient recycling

引言

废旧锂电池的大量产生给环境带来了巨大压力，同时其中蕴含的锂、钴、镍等有价金属的浪费也引起了广泛关注。如何实现这些有价金属的高效回收已成为当前研究的热点问题之一。传统回收方法往往存在能耗高、污染重等问题，难以满足现代社会对环保和经济效益的要求。鉴于此，探索一种既环保又高效的新型回收工艺显得尤为重要。本文旨在通过优化现有回收流程中的关键环节，提出一种更加绿色高效的解决方案，以期为废旧锂电池中有价金属的回收开辟新路径，并为解决相关环境问题贡献力量。

1 废旧锂电池回收现状及挑战

废旧锂电池的回收已成为当前环保和资源循环利

用领域的重要课题。随着消费电子、电动汽车等行业的迅猛发展，废旧锂电池的数量急剧增加，这些电池中富含锂、钴、镍等有价金属，如果不能得到有效回收，不仅会造成资源的巨大浪费，还会对环境造成严重污染。传统回收方法主要依赖高温冶金或酸碱浸出技术，但这些方法在处理过程中往往消耗大量的能源并产生有害废水和废气，导致二次污染问题频发。由于工艺复杂且成本高昂，实际操作中难以大规模推广应用，限制了废旧锂电池中有价金属的有效回收。

在寻求更加环保高效的回收途径时，研究人员发现，通过优化溶解、分离及提纯过程中的关键技术参数，可以显著提高有价金属的回收率，并降低对环境的负面影响。采用新型绿色溶剂替代传统的强酸或强碱溶

液进行浸出，不仅能有效减少污染物排放，还能提高目标金属的选择性和回收效率^[1]。结合先进的膜分离技术和选择性沉淀法，可以进一步提升整个回收流程的效率和经济性。尽管已经取得了一些进展，现有技术仍然面临诸多挑战，如如何平衡回收效率与经济效益之间的关系，怎样确保回收产品的质量达到工业应用标准等问题，这些问题亟待解决以实现废旧锂电池的高效、绿色回收。

面对上述挑战，探索和发展创新性的回收工艺显得尤为关键。一方面，需要加强基础研究，深入理解有价金属在不同条件下的物理化学行为，为设计更高效的回收流程提供理论支持；另一方面，应注重跨学科合作，整合材料科学、化学工程、环境科学等多领域的知识和技术，共同攻克技术难关。政府和社会各界也应当加大对废旧锂电池回收产业的支持力度，通过制定相关政策法规，鼓励企业投资建设和升级回收设施，推动形成完整的产业链条，促进资源循环利用事业的发展。这样不仅可以缓解资源短缺的压力，也为构建可持续发展的社会贡献力量。

2 绿色高效回收工艺的设计与优化

设计一种绿色高效的废旧锂电池回收工艺，关键在于优化整个回收流程中的各个技术环节，以实现对锂、钴、镍等有价金属的高效提取和分离。在溶解阶段，采用环保型溶剂代替传统的酸碱溶液，能够有效降低对环境的负面影响，并减少有害副产物的生成^[2]。通过精确控制反应条件如温度、压力和时间，可以显著提高目标金属的溶解速率和选择性。利用超声波或微波辅助溶解技术，可以在不增加能耗的前提下进一步加快溶解过程，提升整体效率。这种改进不仅有助于提高有价金属的回收率，还能确保回收产品的纯度符合工业应用标准。

进入分离与提纯环节，采用先进的膜分离技术和离子交换树脂，可以有效地将溶解后的金属离子进行分类和浓缩。膜分离技术以其高效、节能的特点，在资源回收领域展现出巨大的潜力。通过选用合适的膜材料和优化操作参数，可以实现对特定金属离子的选择性透过，从而简化后续处理步骤。离子交换树脂的应用则为去除杂质和进一步提纯提供了可能。借助其特异性吸附能力，可以从复杂混合物中高效地分离出目标金属，极大地提升了最终产品的质量。这些技术的结合使用，不仅能够大幅度减少化学试剂的消耗，还降低了废水排放量，体现了绿色化学的核心理念。

为了确保上述工艺方案的可行性和经济性，还需

要进行全面的性能评估和技术经济分析。一方面，通过实验室规模的实验验证各种技术参数的效果，进而指导放大生产；另一方面，开展生命周期评价（LCA），综合考量资源利用率、能源消耗及环境影响等因素，确保所提出的方法在整个生命周期内具有良好的可持续性。还需考虑市场因素，比如有价金属价格波动、原材料供应稳定性等，以制定出既环保又具经济效益的实施方案。这不仅有助于推动相关技术的发展，也为废旧锂电池中有价金属的高效回收提供了一条切实可行的新路径。

3 回收工艺性能评估与环境效益分析

在评估所提出的绿色高效回收工艺的性能时，需从多个角度进行考量，包括金属回收率、产品质量和过程能耗等关键指标。通过对实验数据的系统分析发现，该工艺能够实现锂、钴、镍等有价金属的高效率回收，且回收率显著高于传统方法。采用新型绿色溶剂和优化的操作参数，不仅提高了目标金属的选择性，还保证了最终产品的纯度符合工业标准。这为废旧锂电池中有价金属的有效回收提供了坚实的理论和技术支持。通过精确控制反应条件，整个回收过程中的能源消耗得到有效降低，进一步提升了工艺的经济性和环境友好性。

除了技术性能外，该回收工艺的环境效益同样值得关注。传统的回收方法往往伴随着大量的废水、废气排放以及固体废弃物产生，给环境带来沉重负担。相比之下，本研究提出的绿色高效回收工艺，由于采用了环保型溶剂和先进的分离技术，极大地减少了有害副产物的生成。特别是膜分离技术和离子交换树脂的应用，使得化学试剂的使用量大幅减少，从而降低了废水处理成本和环境风险。生命周期评价（LCA）结果表明，与传统回收方法相比，新工艺在整个生命周期内具有更低的碳足迹和资源消耗，展示了其在环境保护方面的巨大潜力。这些优势不仅有助于缓解资源短缺和环境污染问题，也为实现可持续发展目标提供了有力保障。

为了全面评估该回收工艺的实际应用效果，除了技术性能外，还需结合经济效益进行综合分析。这包括考虑市场因素如金属价格波动和原材料供应情况，确保所提出的方法在实际操作中具备可行性和竞争力。随着全球环保意识的增强及政策法规的支持，绿色高效回收技术愈发重要^[3-5]。本研究不仅提供了一种创新的废旧锂电池有价金属回收方案，还通过提升资源利用率和减少环境污染，推动相关产业的发展，助力构建

绿色、可持续的社会经济体系，为未来的技术进步和环境保护奠定了坚实基础。这种回收工艺的推广还能带动更多环保技术创新，进一步促进循环经济的发展。

4 有价金属回收的实际应用与经济性评价

在实际应用中，所提出的绿色高效回收工艺展现了显著的优势，特别是在处理废旧锂电池以回收其中的锂、钴、镍等有价金属方面。通过优化溶解、分离及提纯过程中的关键技术参数，不仅实现了对这些金属的高效率回收，而且确保了回收产品的质量达到工业应用标准^[6-8]。这为废旧锂电池中有价金属的资源化利用提供了坚实的基础。该工艺的应用还能够有效减少对原生矿产资源的依赖，缓解资源短缺的压力。在电动汽车和储能系统快速发展的背景下，对锂的需求量急剧增加，而高效的回收技术可以补充市场供给，稳定价格波动。

从经济性角度来看，尽管初期投资可能较高，包括设备购置、工艺调试等方面的成本，但从长远来看，这种绿色高效回收工艺具有明显的经济效益。一方面，由于其高效性和选择性，减少了化学试剂的使用量和废水处理成本；另一方面，回收得到的高纯度金属可以直接进入市场流通，带来直接的经济收益。特别是对于钴和镍这类价格较高的金属，其回收价值尤为显著。随着环保法规日益严格，采用传统方法处理废旧电池的成本逐渐上升，这也使得绿色回收工艺更具竞争力。综合考虑资源回收率、产品纯度以及环境效益等因素，本工艺展现出良好的经济前景和社会价值。

为了进一步推动这一回收工艺的实际应用，还需要加强与产业界的紧密合作，共同探索和完善商业化运营模式。具体措施包括建立示范生产线，开展技术培训，提高行业整体技术水平；积极寻求政府政策支持和资金补助，降低企业的运营成本，提升市场竞争力。值得注意的是，公众环保意识的增强也为绿色回收技术的发展提供了契机，通过宣传教育活动，提高社会对废旧电池回收重要性的认识，促进更多企业和消费者参与到资源循环利用的实践中来。综上所述，通过不断优化和推广，该绿色高效回收工艺有望成为未来废旧锂电池处理的重要方向，为实现资源可持续利用和环境保护做出更大贡献。

结语

通过绿色高效回收工艺处理废旧锂电池，不仅能够实现锂、钴、镍等有价金属的高效率回收，还显著降低了对环境的负面影响。该工艺优化了溶解、分离及提纯过程，确保了回收产品的高质量，并具备明显的经济效益和广泛的应用前景。随着技术进步和政策支持，这种创新性回收方法将为资源循环利用和环境保护提供强有力的支持，助力构建更加绿色可持续的社会经济体系，推动相关产业健康发展。

参考文献

- [1] 龙光武.废旧锂离子电池中有价金属的回收及其修复再生[D].江西理工大学,2024.
- [2] 陈立洁.金属配位耦合电渗析用于废旧锂离子电池中有价金属分离研究[D].青岛大学,2024.
- [3] 姚瞬雨,丁威,柯昌均,等.氨浸工艺从废旧锂电池中选择性回收有价金属[J].有色金属(冶炼部分),2024,(06):14-22.
- [4] 楼江鹏.废旧锂离子电池中有价金属的回收技术进展[J].天津化工,2023,37(05):5-7.
- [5] 白雪莲,邓文叶,刘育育,等.微波辅助回收废旧三元锂电池中的有价金属[J].有色金属工程,2023,13(09):79-83.
- [6] 范培强,童雄,谢贤,等.湿法回收废旧锂电池正极材料中有价金属的研究进展[J].稀有金属,2023,47(09):1274-1286.
- [7] 付飞娥,张正惠,陈玲,等.废旧锂离子电池中有价金属的回收现状[J].广东化工,2023,50(14):80-82.
- [8] 白雪莲.废旧三元锂电池正极材料中有价金属绿色回收方法研究[D].新疆农业大学,2023.

版权声明：©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS