



废弃塑料的降解和高值化利用

林龙飞^{1*}, 梅清清^{2*}

1. 中国科学院化学研究所, 北京 100190

2. 浙江大学环境与资源学院, 杭州 310058

* 联系人, E-mail: linlongfei@iccas.ac.cn; meiqq@zju.edu.cn

Degradation and upcycling of waste plastics

Longfei Lin^{1*} & Qingqing Mei^{2*}

¹ Institute of Chemistry, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China

² College of Environmental and Resource Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China

* Corresponding authors, E-mail: linlongfei@iccas.ac.cn; meiqq@zju.edu.cn

doi: [10.1360/CSB-2025-0538](https://doi.org/10.1360/CSB-2025-0538)



林龙飞

中国科学院化学研究所研究员, 获国家高层次青年人才项目。长期从事碳资源高效转化利用方面的研究。在废弃碳资源转化反应新路线方面, 以及在中子非弹性散射和中子衍射、同步辐射X射线衍射、同步辐射X射线吸收、光谱学等尖端技术对动态和复杂的化学反应过程进行原位研究方面取得了重要创新性成果。

塑料因其轻质、耐用、成本低等优势, 在现代社会中被广泛应用, 成为支撑经济发展的关键材料。然而, 其废弃物难以降解, 已对生态环境和人类健康构成威胁。据统计, 全球塑料废弃物累积量已超过60亿吨, 回收利用率不足10%^[1]。若不采取有效处理措施, 至2050年, 全球环境中塑料废弃物或将突破120亿吨^[2]。我国是塑料消费和废弃量最大的国家, 现存废弃塑料约10亿吨, 每年新增超过5000万吨。在塑料仍不可替代的背景下, 禁塑并非可行方案, 推动废弃塑料资源化、高值化利用已成为国际共识。对我国而言, 这不仅是缓解环境压力的重要路径, 也具备显著的经济与战略意义。

《科学通报》聚焦提升废弃塑料资源化率, 组织出版了“废弃塑料转化利用”专题, 共收录9篇文章。谢冰及其团队^[3]深入研究并总结了可降解塑料在环境降解及其影响方面的最新进展, 重点关注了不同聚合物组分在受非生物和生物因素影响下的降解特性。该研究明确了可降解塑料的定义与分类, 系统归纳了这些材料在好氧堆肥和厌氧消化条件下的降解行为, 并进一步探讨了可降解塑料残留物的环境影响机制。此项工作为推动可降解塑料的应用提供了重要的理论基础和实践指导。罗虎和王慧等人^[4]系统回顾了聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)废弃物的化学回收方法, 包括热解、水解、醇解、氢解、光/电催化与微波强化等路径。文章重点介绍了反应机理与产物选择性调控策略, 分析了不同方法的适用性及其面临的技术瓶颈。文章不仅梳理了PET回收技术的研究脉络, 也为工业化过程的优化提供了理论依据, 具有推动塑料循环利用与高值化转化的重要意义。谢银君等人^[5]聚焦于聚酯类废弃物的催化氢解回收路径, 强调其在原子经济性与产物多样性方面的优势。文章以PET为代表, 系统分析了C-O键的活化机制及其与催化剂结构、反应条件之间的关系, 总结了回收过程中关键难点与发展瓶颈。该文对理解催化

引用格式: 林龙飞, 梅清清. 废弃塑料的降解和高值化利用. 科学通报, 2025, 70: 2809–2811

Lin L, Mei Q. Degradation and upcycling of waste plastics (in Chinese). Chin Sci Bull, 2025, 70: 2809–2811, doi: [10.1360/CSB-2025-0538](https://doi.org/10.1360/CSB-2025-0538)



梅清清

浙江大学研究员, 牛顿国际学者。聚焦生物质和废塑料等有机固体废弃物定向转化与高值利用, 致力于开发重要化学品绿色制备新路径与精准催化体系。以高选择性转化为核心目标, 围绕废弃物中关键化学键的识别与活化, 开发原子经济转化新技术, 在多介质固废高效、高值、绿色转化方面取得一系列原创性研究成果。

氢解机理和开发高效回收体系具有重要参考价值, 为聚酯资源化利用提供了新的思路。黄垒等人^[6]围绕聚烯烃塑料的化学氧化升级回收展开, 重点讨论了热催化、光催化、光热催化与电催化等技术路径在温和条件下实现高附加值产物生成的可能性。文章分析了各类催化体系的反应特点、机理认识及技术路径, 指出当前研究所面临的挑战与待突破的关键问题, 有助于深化对聚烯烃化学氧化转化机制的理解, 推动其在碳资源循环与污染治理中的应用拓展。许振等人^[7]基于当前塑料回收产业的现状及相关政策, 着重总结了提升废塑料高附加值利用的新兴升级回收技术, 如热催化、光催化、微波法、电催化以及生物酶催化等。文章详细探讨了在国家政策的支持下, 这些回收技术展现出的先进性和技术经济性优势。同时, 他们也剖析了每种技术面临的瓶颈问题, 并展望了未来塑料回收技术的发展趋势。该研究对于推动塑料回收技术的进步及实现塑料的高值化转化, 提供了重要的理论依据和实践指导。张士成及其团队^[8]系统回顾并分析了聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)废弃物的生产情况及现有的回收技术, 梳理了传统PET化学解聚技术的研究现状, 以及PET解聚单体原位高值化的新实例。文章深入探讨了包括水解、甲醇解和糖醇解等在内的各种传统PET解聚技术的最新进展, 创新性地总结并提出了关于PET解聚产物乙二醇捕获和重整转化的新思路。此外, 文中还总结了当前PET解聚技术发展的关键瓶颈与挑战, 并指出了通过开发多组合技术来推进PET解聚技术发展的未来方向。这项工作为促进社会和经济的可持续发展提供

了新的视角和思考路径。王树荣和苏红才等人^[9]针对实际废塑料混杂导致处置和回收困难的问题, 提出了一种聚酯-聚烯烃混合废塑料的低温水热氧化解聚耦合催化重整技术。此方法克服了传统高温热化学转化工艺能耗高、产品选择性低的缺点。研究为混合废塑料的高效利用提供了可靠的实践案例, 并为处理混杂废塑料提供了重要的实践指导, 有助于推动废塑料资源化利用的发展。李益团队^[10]针对废旧聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)热解技术的瓶颈, 设计了一种多功能NiMo双金属催化剂, 并在氢气环境下进行高效催化热解, 以生产富含对苯二甲酸(TPA)的高附加值芳香化合物。研究系统评估了不同结构催化剂及其镍成分对催化热解反应的影响, 并揭示了NiMo催化剂在H₂气氛下催化PET热解的机理。该研究为废PET塑料的绿色高效转化提供了创新思路和技术支持, 具有重要的实践意义和应用价值。张帆团队^[11]开发了一种将废弃聚烯烃塑料直接作为碳源选择性转化为芳烃的新策略, 为传统石化路线提供了新的替代方案。该研究设计并合成了一种b轴厚度可控的ZSM-5纳米片催化剂, 能够在较低温度下高效催化高密度聚乙烯(HDPE)转化为芳烃, 并深入解析了ZSM-5片状分子筛b轴厚度对催化聚乙烯芳构化反应的影响机制。该研究不仅提供了一种工业和经济上可行的废烯烃处理解决方案, 同时也对促进资源循环利用和环境保护具有重要意义。

在本专题出版之际, 我们期待与国内外同仁进一步深化交流并建立合作关系。非常感谢《科学通报》对本次专题出版的鼎力支持! 同时, 向所有作者、评审人员及编辑组成员表示最诚挚的谢意!

参考文献

- 1 Korley L S T J, Epps Iii T H, Helms B A, et al. Toward polymer upcycling—adding value and tackling circularity. *Science*, 2021, 373: 66–69
- 2 Geyer R, Jambeck J R, Law K L. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Sci Adv*, 2017, 3: e1700782
- 3 Zhang Y, Xu Y, Xie B. Advances in environmental degradation and impact of degradable plastics (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2025, 70: 2812–2824 [张雨辰, 徐源, 谢冰. 可降解塑料的环境降解和影响研究进展. *科学通报* 2025, 70: 2812–2824]
- 4 Dai R, Lin H, Zhan J, et al. Research progress on chemical upcycling of waste polyethylene terephthalate (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2025, 70: 2825–2837 [戴瑞红, 林航青, 詹佳慧, 等. 废弃聚对苯二甲酸乙二醇酯化学升级回收研究进展. *科学通报*, 2025, 70: 2825–2837]
- 5 Bian W, Xu X, Bai P, et al. Recent advances in catalytic hydrogenolysis of polyester (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2025, 70: 2838–2848 [边文格, 徐向超, 白培志, 等. 聚酯催化氢解研究进展. *科学通报*, 2025, 70: 2838–2848]

- 6 Chen G, Huang L. Research progress and challenges in the upcycling of polyolefin plastics through chemical oxidation (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2025, 70: 2849–2861 [陈国利, 黄垒. 化学氧化升级回收聚烯烃塑料研究进展及挑战. *科学通报*, 2025, 70: 2849–2861]
- 7 Xu Z, Gao T, Liu X, et al. Upcycling of waste plastics: strategies, status-quo, and prospects (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2025, 70: 2862–2877 [许振, 高通, 刘雪琪, 等. 废弃塑料的升级回收利用: 策略、现状与前景. *科学通报*, 2025, 70: 2862–2877]
- 8 Liu J, Ouyang X, Zhang Y, et al. Research progress on chemical depolymerization and upcycling of PET waste plastics (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2025, 70: 2878–2891 [刘佳铭, 欧阳雪儿, 张译天, 等. 废PET塑料化学解聚和升级再造的研究进展. *科学通报*, 2025, 70: 2878–2891]
- 9 Su H, Wang S. Hydrogen and terephthalic acid production from polyester-polyolefin mixed waste plastics by low-temperature hydrothermal conversion process (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2025, 70: 2892–2903 [苏红才, 王树荣. 聚酯-聚烯烃混合废塑料低温水热转化制氢联产对苯二甲酸. *科学通报*, 2025, 70: 2892–2903]
- 10 Liu J, Li Y, Song K, et al. Investigation on the pyrolysis of waste poly(ethylene terephthalate) over NiMo bimetallic catalysts (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2025, 70: 2904–2913 [刘俊泓, 李益, 宋坤桐, 等. NiMo双金属催化热解废旧聚对苯二甲酸乙二醇酯. *科学通报*, 2025, 70: 2904–2913]
- 11 Fan Y, Chen W, Liu Y, et al. Catalytic conversion of polyolefins to aromatics by ultra-thin b-axis oriented ZSM-5 zeolite (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2025, 70: 2914–2923 [范怡怡, 陈文君, 刘跃, 等. 超薄b轴取向的ZSM-5分子筛催化聚烯烃制芳烃. *科学通报*, 2025, 70: 2914–2923]