

循环经济视角下的固废资源化利用路径

王文科

河南济环环保科技有限公司 河南 济源 459000

【摘要】：固废资源化利用是推动循环经济发展、实现资源再生的关键环节。通过分析当前固废管理的现状与问题，提出基于循环经济理念的固废资源化利用路径。固废资源化需要在政策引导、技术创新和产业协作方面取得突破；创新的固废处理模式如生物转化、热解、回收利用等是实现资源化的主要手段；加强固废资源化利用的制度建设、市场机制和技术应用，将推动固废向可持续发展转型。通过这一路径，固废不仅能减少对自然资源的依赖，还能降低环境污染，推动经济绿色转型。

【关键词】：循环经济；固废资源化；技术创新；绿色转型；可持续发展

DOI:10.12417/2811-0536.26.05.068

1 固废资源化的关键问题与挑战

1.1 固废资源化的现状与挑战

大量固废的产生和处理需求已经超出传统管理模式的承载能力，尤其是城市固废的处理难度较大。现阶段，固废资源化的技术水平、处理能力以及回收效率的提升还远未达到理想状态。许多固废物质如建筑垃圾、电子废弃物等，仍未被有效回收或转化为有价值的资源，造成资源浪费与环境污染。固废分类体系不健全，处理设施的分布不均等因素，也使得固废资源化面临巨大的挑战。

1.2 政策和技术的瓶颈

固废资源化面临的政策和技术的瓶颈直接影响着其推广与应用。现行政策法规中，固废资源化的激励机制尚不完善，尤其在废弃物分类、回收利用以及绿色技术的应用方面缺乏系统性支持^[1]。部分地区政策执行力度不足，导致固废资源化的推进受限。与此同时，技术创新也未能达到预期，虽然出现了如热解、气化、微生物降解等新型处理技术，但技术的成熟度与普及度仍较低，许多高效能的处理技术尚未得到广泛应用，这使得固废资源化的效果未能充分体现。

1.3 固废资源化的社会和经济影响

固废资源化不仅关乎环境保护，还与社会和经济发展密切相关。固废的高效资源化能够大幅度减少土地填埋、焚烧等传统处理方式所带来的负面影响，提升资源的利用率。通过有效的资源化路径，能够为社会创造新的就业机会，并促进环保产业的快速发展。固废资源化的实施还面临社会接受度和经济成本的双重压力。高投入的初期成本和长期回报的不确定性，可能导致企业和政府在实施过程中缺乏足够的积极性。这种情况对资源化目标的实现构成了严峻的挑战。

2 固废资源化利用的技术路径探索

2.1 物理化学法与生物转化技术

物理化学法与生物转化技术是固废资源化的重要手段。物理化学法主要通过物理和化学反应对固废进行处理，将废弃物中的有价值成分提取出来。常见的方法包括机械粉碎、筛分、沉降、浮选等，通过这些技术能够分离出可回收的金属、塑料、玻璃等材料，减少废弃物的体积和污染物排放。对于一些有害成分如重金属的处理，物理化学法能够有效降低其环境风险。另一方面，生物转化技术利用微生物的代谢过程对有机废弃物进行降解，转化为可利用的有机肥料、沼气或其他能源。生物转化技术不仅环保，而且对资源的再生具有重要意义。通过优化微生物群落和反应条件，能够提升有机废弃物的降解效率，推动固废资源化向高效、绿色方向发展。

2.2 建材化利用与能源回收技术

建材化利用是当前固废资源化最主流的途径。工业固废和建筑垃圾经处理后，可制成再生骨料、蒸压加气混凝土砌块、水泥掺合料、道路基层材料等。例如，中铝国际与北京科技大学联合研发的“赤泥等工业固废材料化全量协同利用技术”，首创“源头减量+高值转化”模式，将赤泥与煤矸石、粉煤灰等协同利用，制备的建筑材料中工业固废总掺量高达 95%，且强度与环保性能优异，已在山西建成 3.2 公里赤泥基道路示范工程。这种技术路径显著降低了处理成本与环境风险，同时为绿色建材、道路基层、装配式墙板等场景提供了可持续的原料供给。能源回收则聚焦于将固废转化为可利用的能源载体，主要包括焚烧发电、热解气化、厌氧发酵等方式^[2]。城市生活垃圾、有机污泥、农林废弃物等通过焚烧发电可实现供热供电；在无氧或缺氧条件下，将废塑料、废橡胶、污泥等热解转化

为燃料油、合成气等能源产品，实现资源化利用；利用微生物处理有机固废，通过厌氧发酵生产沼气（可发电或供热），或生产饲料、肥料。这些技术路径有效提升了固废的能量回收利用率，减少了化石能源依赖。

2.3 有价值组分提取与生态化利用技术

有价值组分提取技术聚焦于从固废中精准、高效地回收金属、矿物等高价成分。《固体废物综合管理行动计划》明确要求加强有价值组分高效提取及整体利用。在河南等地，对赤泥、尾矿等工业固废的综合利用，正突破有价值组分全量提取技术，提升产品附加值。同时，废电池（尤其是动力电池）中锂、钴、镍、锂等贵金属的回收技术持续优化，旨在提高回收率并减少二次污染。例如，湿法冶金、火法富集、生物浸出等技术已广泛应用于钢渣、赤泥、电子废弃物和尾矿的处理，可实现钒、钛、铟、稀土、氧化铝等高价物质的回收，为储能材料、高端制造等产业提供关键原料。生态化利用则将固废处理与生态修复、农业生产相结合，主要包括土壤改良与生态修复、井下充填与生态修复等路径。在严格环境风险评估前提下，经稳定化处理的固废可用于井下充填、矿坑回填、土地复垦与生态修复；赤泥、畜禽粪便、污泥等经脱碱稳定、堆肥腐熟、重金属固化处理后，可用于盐碱地修复、退化农田改良、有机肥生产，实现“变废为宝”。此外，工业副产石膏、赤泥、废玻璃等还可作为陶瓷釉料、光伏玻璃、3D打印原料等高值材料，推动固废从“量的增长”向“质的飞跃”的飞跃，提升再生产品的市场竞争力。

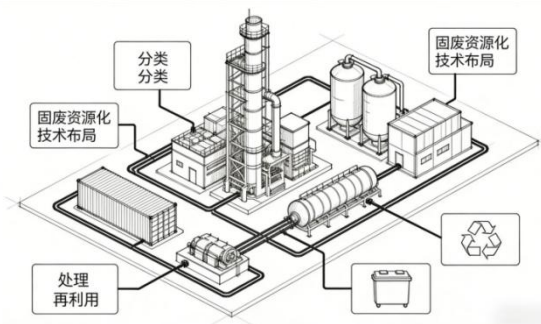


图1 固废资源化循环处理工厂全景示意图

3 固废资源化路径的政策与制度保障

3.1 政策引导与法律法规的支持

固废资源化的推进离不开政策引导与法律法规的支持。国家与地方政府在制定相关政策时，应聚焦于固废管理、资源化利用以及生态环保三大要素，形成

具有操作性的法规体系。政府在固废资源化中的引导作用不可忽视，通过出台支持政策，能够有效调动各类社会力量参与到固废资源化的工作中。废弃物分类政策的完善，直接关系到固废资源化的效率。通过规定不同种类固废的处理方式，明确哪些固废可以进行回收再利用，哪些需要特殊处理，能够促进固废的有效分流。在法律层面，针对固废的违法倾倒、非法处理等行为，完善的法规能够增强处罚力度，确保相关政策的有效实施。对于企业而言，政府可以通过税收减免、财政补贴等方式激励其在固废处理方面进行技术创新与设备更新，从而提升企业的环保意识和社会责任感。完善的法律体系也能为固废资源化的技术研发提供保障，推动废弃物处理技术的不断优化与创新。

3.2 市场机制与产业协作模式

固废资源化的发展离不开市场机制的有效运作和产业协作模式的创新。市场机制的核心在于通过经济手段调动各方参与者的积极性，推动固废资源化成为具有经济效益的产业。通过建立绿色信贷、绿色债券等金融工具，可以为固废资源化项目提供资金支持，降低其投资门槛。绿色产业基金的设立，也能为新兴的固废资源化技术提供充足的资金支持，促进技术的研发与应用。市场中的回收企业、处理企业及技术开发公司，通过优化资源配置和加强协作，能够提高固废资源化的整体效率^[3]。在产业协作模式上，政府、企业和科研机构的合作至关重要。政府应通过政策协调、行业标准的制定以及技术指导，搭建起不同主体之间的合作平台。企业在固废处理过程中不仅要关注技术的高效应用，还需考虑如何通过产业链合作，形成闭环效应，将废弃物的处理和资源化利用结合起来。科研机构则应根据市场需求，不断开展针对固废资源化技术的创新研究，为产业提供先进的技术支持。通过各方协作，能够促使固废资源化产业从传统的单一模式转向多元化发展，推动绿色发展与经济效益的双赢局面。

3.3 公众意识与环保教育的促进

公众意识的提升与环保教育的推动，对于固废资源化的成功实施至关重要。只有通过广泛的社会参与，才能真正实现固废的高效分类和资源化。在固废资源化的推广过程中，社会公众的环保意识亟待加强。通过宣传教育，使公众认识到固废资源化不仅是环保的需要，也是每个人应尽的社会责任。针对固废资源化的关键环节，社区、学校和社会组织应开展形式多样的环保教育活动，普及废弃物分类的知识以及废弃物对环境的影响。公众在日常生活中主动参与固废分类，

将有助于提高废弃物的回收率和资源化水平。政府可以通过政策引导,鼓励企业、单位和居民积极参与固废资源化过程中的各项活动,通过减税、奖励等措施增强公众参与的积极性。随着社会各界对固废资源化的关注不断增加,形成广泛的绿色消费理念与资源节约观念,将使固废资源化在整个社会中得到更好的支持,推动绿色发展进入常态化轨道。通过多方协作与长效机制的建立,固废资源化不仅能够实现环保目标,还能提高资源的利用效率,推动经济社会的可持续发展。

4 固废资源化路径的可持续发展前景

4.1 循环经济下的资源优化配置

循环经济模式的核心是通过资源的重复利用与再生,最大化减少资源浪费。固废资源化正是推动这一目标实现的重要路径。通过优化资源配置,固废中的有价值成分能够得到充分提取,降低了对原生资源的依赖。在这一过程中,生产与消费的每一环节都需要重新设计和调整,确保废弃物能够进入资源循环流转体系。例如,通过高效的废弃物分类和先进的回收技术,固废中的金属、塑料、玻璃等材料能被有效分离和再利用。固废资源化不仅局限于物质回收,还包括能源回收,如通过热解、气化等技术将废弃物转化为可再利用的能源。这种资源优化配置可以有效提升资源利用效率,实现生态环境与经济的双赢。

4.2 绿色发展与经济转型的协同效应

固废资源化与绿色发展和经济转型紧密相关。随着绿色发展理念的深入人心,传统的“高消耗、高污染”生产方式逐步向“低碳、绿色”模式转型。固废资源化在这一过程中起到了桥梁作用^[4]。通过有效的固废处理与资源再利用,不仅能够降低环境污染、减

轻资源压力,还能够为经济带来新的增长点。绿色发展不仅体现在企业的生产环节,也体现在社会的消费方式、能源使用等各方面。在经济转型的背景下,固废资源化将成为推动经济发展方式转变的重要驱动力,促进传统产业的绿色升级,推动新兴环保产业的发展。实现绿色发展与经济转型的协同效应,将为经济的高质量发展注入新动能。

4.3 固废资源化的未来趋势与战略方向

固废资源化在未来的发展趋势将集中于技术创新、政策优化和市场化机制的深化。随着先进技术的不断发展,如物联网、大数据、人工智能等技术的结合,固废资源化的智能化与自动化程度将不断提高,提升废弃物的分类、回收和处理效率。在政策层面,各国政府将更加注重加强固废管理的法律法规建设,实施更加严格的废弃物分类与回收规定。与此同时,固废资源化的市场化机制也会逐步完善,绿色金融和创新融资工具的推出将为固废资源化企业提供更多资金支持。展望未来,固废资源化将不仅限于废弃物的处理,还将进一步延伸至产品设计和生产过程的优化,推动全生命周期的资源节约和循环利用,向全面绿色发展迈进。

5 结语

固废资源化在循环经济框架下展现出巨大的潜力,不仅可以推动资源的高效利用,还能促进绿色发展与经济转型的协同。随着技术的不断进步、政策的逐步完善及社会各界的积极参与,固废资源化将逐步成为可持续发展的核心组成部分。通过优化资源配置和增强公众环保意识,固废资源化不仅是环境保护的需求,也是经济社会转型的关键动力。未来,固废资源化将成为推动社会全面绿色发展的重要支撑。

参考文献:

- [1] 张理匡.循环经济模式下机电设备固废处理资源化研究[J].中国设备工程,2025,(24):108-110.
- [2] 张婷婷.基于循环经济的化工固废资源化利用工艺研究[J].中国轮胎资源综合利用,2025,(12):146-148.
- [3] 艾乐,刘吉宇.基于循环经济的固废处理与资源化利用策略研究[J].皮革制作与环保科技,2025,6(23):146-148.
- [4] 左慧云.基于固体废物资源化的循环经济效率提升策略[J].化工管理,2025,(30):54-57.