

环境工程视角下城市固体废弃物资源化利用策略

袁泉¹ 蔡学建²

1. 湖北荆冶湘环保技术有限公司, 中国·湖北 黄石 435005

2. 黄石市城发环境检测技术有限公司, 中国·湖北 黄石 435000

摘要: 随着城市化进程加速, 城市固体废弃物产生量急剧增长, 对环境造成巨大压力。论文从环境工程视角出发, 剖析城市固体废弃物资源化利用的重要性, 呈现废弃物产生现状与利用情况, 详细探讨资源化利用策略, 包括分类回收、生物处理、焚烧发电及填埋气利用等, 旨在为城市固体废弃物的有效管理和可持续利用提供理论支持与实践指导, 推动城市生态环境的改善和资源的循环利用。

关键词: 环境工程; 城市固体废弃物; 资源化利用; 可持续发展

Urban Solid Waste Recycling Strategy from the Perspective of Environmental Engineering

Quan Yuan¹ Xuejian Cai²

1. Hubei Jingyexiang Environmental Protection Technology Co., Ltd., Huangshi, Hubei, 435005, China

2. Huangshi Chengfa Environmental Testing Technology Co., Ltd., Huangshi, Hubei, 435000, China

Abstract: With the acceleration of urbanization, the amount of urban solid waste has sharply increased, exerting significant pressure on the environment. This paper, from an environmental engineering perspective, analyzes the importance of resource utilization of urban solid waste, presents the current situation and utilization status of waste generation, and thoroughly explores resource utilization strategies, including recycling, bioprocessing, incineration power generation, and landfill gas utilization, aiming to provide theoretical support and practical guidance for the effective management and sustainable utilization of urban solid waste, promoting the improvement of urban ecological environment and the recycling of resources.

Keywords: environmental engineering; urban solid waste; resource utilization; sustainable development

0 前言

城市固体废弃物是城市发展过程中不可避免的产物, 其组成复杂, 包括生活垃圾、建筑垃圾、工业固体废弃物等。近年来, 中国城市化率持续攀升, 截至 2023 年已超过 65%, 城市人口的增长和居民生活水平的提高使得固体废弃物产生量急剧增加。大量未妥善处理的固体废弃物不仅占用宝贵土地资源, 还会对土壤、水体和大气环境造成污染, 威胁生态平衡和居民健康。因此, 从环境工程视角探索城市固体废弃物资源化利用策略, 实现废弃物的减量化、无害化和资源化, 对于城市的可持续发展具有重要意义。

1 城市固体废弃物产生现状与危害

1.1 产生现状

根据相关统计数据, 中国城市固体废弃物产生量呈逐年上升趋势。以 2020—2022 年为例, 具体数据如图 1 所示。

由图 1 可见, 七年间城市固体废弃物产生总量持续增长, 其中工业固体废弃物产生量占比最大, 且增长态势明显; 生活垃圾和建筑垃圾产生量也稳步上升。

1.2 危害

1.2.1 环境污染

固体废弃物中的有害物质, 如重金属、有机污染物等,

会随着雨水淋溶进入土壤和水体, 导致土壤污染和水体污染。据调查, 在一些固体废弃物堆放场附近, 土壤中重金属含量超标数倍, 周边水体的化学需氧量 (COD) 和氨氮等指标严重超标, 影响农作物生长和饮用水安全^[1]。



图 1 2017—2023 年中国工业危险废物产生量与处置量

1.2.2 占用土地

大量固体废弃物的堆放需要占用大量土地资源。以某大城市为例, 其周边的固体废弃物填埋场占地面积已达数千亩, 且随着废弃物产生量的增加, 填埋场不断扩张, 可用于城市建设和生态保护的土地资源日益减少。

1.2.3 大气污染

部分固体废弃物在堆放过程中会分解产生甲烷、硫化

氢等有害气体，这些气体排放到大气中，不仅会产生恶臭，还会加剧温室效应，影响空气质量。据测算，城市固体废弃物产生的温室气体排放量占城市总排放量的一定比例，对全球气候变化产生负面影响^[2]。

2 城市固体废弃物资源化利用的重要性

2.1 资源回收利用

城市固体废弃物中蕴含着丰富的可回收资源，如废纸、塑料、金属、玻璃等。通过有效的资源化利用，可以将这些废弃物转化为原材料，重新投入生产领域。例如，回收 1 吨废纸可再造出 800 公斤好纸，节省木材 3 立方米；回收 1 吨废钢铁可炼好钢 900 公斤，节省矿石 3 吨^[3]。

2.2 减少环境污染

资源化利用能够减少固体废弃物的填埋和焚烧量，从而降低废弃物对环境的污染。以焚烧为例，合理的焚烧发电可以减少废弃物的体积，同时将热能转化为电能，但如果焚烧不规范，会产生二噁英等剧毒污染物。而通过资源化利用，减少焚烧量，可有效降低二噁英等污染物的排放。

2.3 促进可持续发展

城市固体废弃物资源化利用符合可持续发展理念，促进资源的循环利用，降低对原生资源的依赖，减少资源开采对生态环境的破坏，实现经济、社会和环境的协调发展。同时，资源化利用产业的发展还能创造就业机会，推动经济增长^[4]。

3 城市固体废弃物资源化利用策略

3.1 分类回收

3.1.1 分类体系建立

建立科学合理的城市固体废弃物分类体系是实现资源化利用的基础。一般可分为可回收物、有害垃圾、厨余垃圾和其他垃圾四类。可回收物包括废纸、塑料、玻璃、金属和织物等；有害垃圾包括废电池、废荧光灯管、废水银温度计、过期药品等；厨余垃圾包括居民日常生活及食品加工、饮食服务等活动中产生的垃圾；其他垃圾则是除上述几类垃圾之外的难以回收的废弃物^[5]。

3.1.2 回收模式创新

推广“互联网+回收”模式，借助手机 APP、微信公众号等平台，居民可预约上门回收服务，提高回收效率和便利性。同时，建立社区回收站和智能回收箱，方便居民投放可回收物。以某城市为例，在推广“互联网+回收”模式后，可回收物回收率提高了 30%，具体数据如表 1 所示。

表 1 回收模式分析

回收模式	可回收物回收率（%）	人均回收量（千克/年）
传统回收模式	35	20
“互联网+回收”模式	65	35

3.2 生物处理

3.2.1 堆肥处理

对于厨余垃圾和部分有机废弃物，堆肥处理是一种有效的资源化利用方式。结合微生物的发酵作用，将有机废弃物转化为有机肥料。堆肥过程中，需控制好温度、湿度、碳氮比等条件，以保证堆肥质量。例如，某城市的堆肥厂采用好氧堆肥工艺，每年可处理厨余垃圾 5 万吨，生产优质有机肥料 2 万吨，用于城市绿化和农业生产。

3.2.2 厌氧发酵

厌氧发酵可将有机废弃物转化为沼气和有机肥料。沼气可作为清洁能源用于发电、供暖等，有机肥料则用于土壤改良。以某大型养殖场的废弃物处理为例，通过厌氧发酵，每天可产生沼气 1000 立方米，满足养殖场自身用电和供暖需求，同时每年可生产有机肥料 3000 吨，实现了废弃物的资源化利用和能源的自给自足。

3.3 焚烧发电

3.3.1 焚烧技术优化

采用先进的焚烧技术，如循环流化床焚烧技术、炉排炉焚烧技术等，提高焚烧效率和能源利用率。同时，配备高效的尾气处理系统，去除焚烧过程中产生的二噁英、二氧化硫、氮氧化物等污染物，确保达标排放。例如，某新建的垃圾焚烧发电厂采用先进的炉排炉焚烧技术和尾气处理系统，发电效率达到 35%，尾气排放指标远低于国家标准。

3.3.2 协同处置

开展垃圾焚烧与污泥、工业废弃物等的协同处置，实现多种废弃物的无害化处理和资源化利用。通过合理调配废弃物的比例，优化焚烧工况，提高能源回收效率。例如，某垃圾焚烧厂与污水处理厂合作，将污泥与生活垃圾混合焚烧，不仅解决了污泥的处置难题，还提高了垃圾焚烧的热值，增加了发电量。

3.4 填埋气利用

3.4.1 填埋气收集系统建设

在固体废弃物填埋场建设完善的填埋气收集系统，采取水平井和垂直井相结合的方式，收集填埋气中的甲烷等可燃气体。同时，加强填埋场的日常管理，确保填埋气收集系统的正常运行。例如，某大型填埋场在建设填埋气收集系统后，甲烷收集率达到 80% 以上。

3.4.2 填埋气利用方式

将收集到的填埋气用于发电、供热或提纯为生物天然气。填埋气发电是常见的利用方式，利用内燃机或燃气轮机将填埋气的化学能转化为电能。以某填埋气发电项目为例，每年可发电 1000 万千瓦时，减少二氧化碳排放 8 万吨，具有显著的环境效益和经济效益。

4 某城市生活垃圾资源化利用案例

4.1 垃圾分类体系构建

A 市自 2018 年起大力推行垃圾分类工作，构建了全面

且细致的垃圾分类体系。在前端,通过社区宣传、学校教育、媒体推广等多种方式,提升市民垃圾分类意识。社区定期组织垃圾分类知识讲座,覆盖全市 80% 以上的社区,参与人数达 50 万人次。学校将垃圾分类纳入课程体系,培养学生良好习惯,全市中小学垃圾分类知晓率超 95%。媒体利用电视、广播、新媒体平台等渠道,发布垃圾分类公益广告和科普视频,营造浓厚氛围。同时,在城市各个角落设置分类垃圾桶,按照可回收物、有害垃圾、厨余垃圾和其他垃圾四类进行区分,并配备清晰标识。建立垃圾分类智能监管系统,利用摄像头和传感器对居民投放行为进行监测,对错误投放及时提醒纠正。

4.2 处理设施建设与运营

A 市在后端建设了完善的生活垃圾处理设施。投入 10 亿元建设大型垃圾焚烧发电厂,采用先进的炉排炉焚烧技术,日处理生活垃圾 3000 吨。焚烧产生的热能用于发电,发电效率达 33%,每年可发电 1.5 亿千瓦时,满足了部分城市用电需求。同时,配备高效尾气处理系统,对焚烧过程中产生的二噁英、二氧化硫、氮氧化物等污染物进行净化处理,确保尾气排放远低于国家标准。对于厨余垃圾,建设了多座堆肥厂,采用好氧堆肥工艺。其中一座大型堆肥厂日处理厨余垃圾 1000 吨,利用微生物发酵,将厨余垃圾转化为优质有机肥料。在堆肥过程中,严格控制温度、湿度、碳氮比等参数,保证堆肥质量。

4.3 资源回收利用成效

垃圾分类和处理设施的协同运作,A 市生活垃圾资源化利用成效显著。可回收物回收率大幅提高,废纸、塑料、金属、玻璃等可回收物通过专业回收渠道,被重新加工利用。据统计,每年回收废纸 50 万吨,可再造好纸 40 万吨,节省木材 150 万立方米;回收塑料 10 万吨,生产再生塑料颗粒 8 万吨;回收金属 3 万吨,炼好钢 2.7 万吨。生活垃圾填埋量大幅减少,与推行资源化利用前相比,填埋量下降了 60%,有效缓解土地资源压力。城市环境质量得到明显改善,空气中可吸入颗粒物浓度下降,水体污染情况得到遏制,生态环境更加宜居。

5 存在的问题与对策

5.1 存在的问题

5.1.1 公众环保意识淡薄

部分居民对城市固体废弃物资源化利用的重要性认识不足,垃圾分类执行不到位,导致可回收物混入其他垃圾,影响资源化利用效率。

5.1.2 技术水平有待提高

一些资源化利用技术仍存在成本高、效率低、污染重等问题,如部分堆肥产品质量不稳定,焚烧发电过程中余热

利用效率不高,制约了资源化利用产业的发展。

5.1.3 政策支持力度不够

虽然政府出台了一些关于固体废弃物资源化利用的政策,但在资金补贴、税收优惠等方面的支持力度还需加强,相关法律法规也有待进一步完善。

5.2 对策

5.2.1 加强宣传教育

通过多种渠道,如电视、广播、网络、社区宣传等,加强对公众的环保教育,提高公众对城市固体废弃物资源化利用的认识和参与度,引导公众养成良好的垃圾分类习惯。

5.2.2 加大技术研发投入

政府和企业应加大对固体废弃物资源化利用技术研发的投入,鼓励科研机构 and 高校开展相关研究,突破关键技术瓶颈,提高资源化利用技术水平,降低成本,减少污染。

5.2.3 完善政策法规

政府应进一步完善固体废弃物资源化利用的政策法规,加大资金补贴和税收优惠力度,建立健全监管机制,规范市场秩序,促进资源化利用产业的健康发展。

6 结语

城市固体废弃物资源化利用是解决城市环境问题和资源短缺问题的重要途径。从环境工程视角出发,建立科学的分类回收体系、采用先进的生物处理、焚烧发电和填埋气利用等技术,能有效实现城市固体废弃物的减量化、无害化和资源化。案例分析表明,成功的资源化利用实践能够显著提高废弃物利用率,改善城市环境质量。然而,目前在公众意识、技术水平和政策支持等方面仍存在问题,需要通过加强宣传教育、加大技术研发投入和完善政策法规等措施加以解决。未来,随着技术的不断进步和政策的日益完善,城市固体废弃物资源化利用将迎来更广阔的发展空间。

参考文献:

- [1] 赵玉海,魏显珍,王鑫,等.城市固体废弃物资源化利用分析与研究[J].再生资源与循环经济,2023,16(9):38-41.
- [2] 王秋菲,曹梦涵.城市固体废弃物资源化共生网络脆弱性研究[J].沈阳建筑大学学报(社会科学版),2024,26(2):164-171.
- [3] 肖元庚.城市固体废弃物处理及资源化利用途径[J].皮革制作与环保科技,2023,4(9):131-133.
- [4] 李大明.城市固体废弃物处理及资源化利用途径研究[J].造纸装备及材料,2023,52(6):173-175.
- [5] 罗宝芳.城市固体废弃物处理及资源化利用途径[J].资源节约与环保,2022(5):80-83.

作者简介:袁泉(1992-),男,中国湖北黄石人,本科,中级职称,从事固废废弃物资源化利用等环境技术研究。