

Discussion on urban solid waste management strategies under carbon neutrality goal

Yu Chen

Suining Solid Waste, Hazardous Chemicals and Vehicle Exhaust Monitoring Center, Suining, Sichuan, 629000, China

Abstract

Guided by carbon neutrality objectives, urban solid waste management not only plays a vital role in improving ecological quality but also serves as a crucial component of low-carbon transition. With accelerated urbanization, the continuous growth of solid waste generation has drawn widespread attention to carbon emissions during its treatment processes. This paper analyzes carbon neutrality strategies through four key dimensions: source reduction of solid waste, synergistic conversion of resource recovery and energy utilization, carbon emission accounting mechanisms, and smart regulatory system development. The research aims to establish a new paradigm for urban solid waste management aligned with carbon reduction goals. By systematically mapping the carbon emission characteristics throughout the entire lifecycle of solid waste, we propose actionable reduction pathways and management strategies. These contributions provide technical support and institutional safeguards to enhance urban environmental governance and accelerate green, low-carbon development.

Keywords

carbon neutrality; solid waste; resource utilization; carbon accounting; intelligent supervision

碳中和目标下城市固体废弃物管理策略探讨

陈喻

遂宁市固废危化物品与机动车尾气监控中心，中国·四川 遂宁 629000

摘要

在碳中和目标引导下，城市固体废弃物管理不仅关系生态环境质量的提升，也成为实现低碳转型的重要环节。随着城市化进程加快，固废产生总量持续增长，其处理处置过程中所产生的碳排放引发了广泛关注。本文围绕碳中和战略，从固废源头减量、资源化与能源化协同转化、碳排放核算机制及智慧化监管体系建设等方面展开分析，旨在构建符合碳减排目标的固废管理新范式。通过系统梳理固废全生命周期的碳排放特征，提出可操作性强的减排路径与管理策略，为提升城市环境治理水平、加快绿色低碳发展提供技术支持与制度保障。

关键词

碳中和；固体废弃物；资源化利用；碳核算；智慧监管

1 引言

城市固体废弃物管理正处于转型升级的关键时期，传统以污染控制为导向的处置思路已难以应对绿色发展与减碳并重的政策要求。碳中和目标的提出，为固废管理体系重构带来全新契机，也提出更高标准。从源头分类到末端处置，每一环节都需在碳排放控制与资源再利用之间寻求平衡。特别是在“双碳”战略驱动下，固废处理方式亟须从“处理优先”向“资源化+低碳化”并重方向转变。本文聚焦城市固废管理在碳中和背景下的关键问题，系统分析影响城市固废碳排放的核心要素，探讨适配未来低碳城市发展的综合管理策略，力求为实现生态文明建设与城市可持续发展提供可行思路。

【作者简介】陈喻（1985-），女，中国四川遂宁人，本科，助理工程师，从事环境管理研究。

2 碳中和目标对城市固废管理提出的新要求

2.1 碳中和背景下城市碳排放结构分析

城市碳排放结构呈现出能源消耗与非能源排放并存的特征，其中固体废弃物处理环节所带来的间接碳排放不容忽视。与工业、交通等直接排放源不同，固废碳排放更多隐藏于处置流程和衍生环节中，涵盖运输、填埋、焚烧及再处理等多个阶段。碳中和目标对碳源识别提出更高要求，推动城市管理从单一控制点扩展至系统全过程。当前统计方法多侧重能耗排放，未能全面捕捉固废管理中的隐性碳排放路径，需借助更加科学的模型工具进行量化分析，以实现城市碳排放图谱的细化与优化，支撑精细化的减碳管理策略。

2.2 固体废弃物生命周期碳排放特征解析

固体废弃物从产生、分类、转运、处置到资源回收的各阶段均伴随不同形式的碳排放，具有时间跨度长、空间分

布广、排放形式多样的特性。原始投放不规范将导致混合收运与填埋比重增加，加剧甲烷等温室气体排放风险。运输过程依赖传统能源驱动设备，间接排放不可忽略。处理方式不同决定碳释放强度差异，焚烧虽可替代能源但碳强度高，填埋则易形成长期累积性排放。相较之下，资源化路径如堆肥、回收再利用可实现碳排放回避或负排放效应。深入掌握生命周期排放特征有助于精准识别关键控制节点，推动全流程低碳化优化。

3 城市固废减量化管理路径研究

3.1 源头分类制度建设与居民行为引导机制

源头分类是实现固废管理碳减排的基础环节，其有效性取决于制度约束力与公众参与度的协同发挥。制度建设需明确分类标准、界定投放责任、强化监督机制，构建涵盖住宅区、商业区及公共空间的全域分类管理体系。居民行为是影响分类成效的关键因素，应结合行为心理学开展持续引导，推动公众从被动响应向主动参与转变。通过社区自治、积分激励、环保教育等多元手段，逐步培育绿色生活方式。数据平台建设可实时反馈分类行为与成效，促进行为纠偏与习惯养成。以法治为底线、以激励为引导、以技术为支撑，推动源头分类制度走向系统化、常态化与高效化^[1]。

3.2 绿色产品推广与包装废弃物源头压减策略

绿色产品的推广是减少包装类固废产生的关键路径，需从产品设计端推动包装材料绿色化、可降解与可回收性能提升。企业在绿色设计中应关注全生命周期碳足迹，通过轻量化、模块化与多功能整合，降低产品包装强度与冗余物料。政策层面可通过绿色认证、财政补贴与强制标准等手段提升绿色产品市场占比。消费者在选择行为上受价格、便利性与认知影响，需引导其优先选购低碳包装商品。建立生产者责任延伸制度，对包装生产与使用环节形成闭环管理，有效压缩源头产生量。

3.3 产业链协同推进废弃物资源化利用水平

城市固废资源化需构建跨部门、多主体的协同运行机制，打通产业链上下游关键环节，提升资源循环效率。在回收端，需推动回收系统与物流配送、社区管理等功能整合，增强回收网络覆盖与效率。在再利用端，应扩大废弃物在建材、能源、农业等领域的替代应用场景，推动相关产业开展低碳工艺再制造创新。协同机制可借助大数据、区块链等信息手段，实现固废流动路径可视、追踪与评价，保障资源流安全与可控。政策支持应聚焦跨行业资源配置平台建设、标准一致性与利益分配机制优化，为资源化利用构建高效运行生态。

4 资源化与能源化协同转化策略

4.1 厨余垃圾厌氧发酵与沼气发电技术路径

厨余垃圾富含有机质与水分，适宜采用厌氧发酵实现能源化转化与碳排放减量。厌氧消化过程中，微生物将有机

质分解为甲烷与二氧化碳，沼气可作为清洁能源用于发电、供热或天然气替代。沼渣沼液亦可资源化为农业有机肥料，形成“能源-资源”双向回收模式。技术路径包括干式与湿式两类工艺，依赖前端分选精度与发酵环境控制能力。发酵效率受温度、C/N比、水分与pH值等多种参数影响，需建立过程自动化监测系统确保稳定运行。政策层面需强化与电力补贴、上网机制的衔接，提升经济可行性。推广该路径有助于实现厨余减量、能源转化与碳减排协同效益。

4.2 建筑废弃物再生骨料与替代材料开发

建筑废弃物作为城市固废的重要组成，其资源化转化能力直接关系整体减碳水平。通过粉碎筛分、杂质剔除与性能改性等工艺，可将废弃混凝土转化为再生骨料，用于道路垫层、预拌混凝土与透水砖等领域。在生产过程中，应通过质量检测与分级管理确保再生材料性能满足工程标准。同时，探索以工业副产物如粉煤灰、钢渣等制备生态型替代材料，可显著降低天然矿产资源依赖，削减碳排放强度。关键技术还包括表面处理提升界面结合力、掺合料协同优化整体力学性能。政策端需加强工程项目中再生材料强制使用比例与财政激励，构建从拆除到再利用的闭环链条^[2]。

4.3 可燃性固废高效焚烧与热能回收系统建设

可燃性固废焚烧处理具备体积减容与热值转化双重功能，是高密度城市的常用处置方式。在碳中和目标引导下，焚烧设施需重点优化热效率、能量利用率与污染控制水平。通过余热锅炉、汽轮发电系统与供热管网的耦合建设，实现焚烧热能的多维回收与梯级利用。燃烧控制技术的提升可稳定排放，实现低氧燃烧、分段供风与温度分区调节。飞灰与烟气治理系统可同步减控有害排放，确保环境安全与碳减排并重。焚烧系统碳效益评估应纳入全生命周期视角，明确替代能源与碳减排边界。构建集发电、供热、减排于一体的焚烧能量回收系统，是提升城市固废能源利用效率的关键环节。

5 碳核算体系与低碳管理机制构建

5.1 固废领域碳排放核算方法与边界界定

固体废弃物管理过程中碳排放的核算需依据排放源特性与处理方式差异，构建科学合理的量化体系。常见方法包括过程排放因子法、生命周期评估法与投入产出模型等，不同方法适用场景存在差异。边界界定是核算准确性的基础，应明确是否涵盖运输、预处理、终端处置与资源回收各环节，并区分直接排放与间接排放成分。在实际操作中，数据采集困难、排放因子地域差异较大等问题影响核算精度。应结合区域固废处理技术结构与数据基础，制定适配本地管理特点的核算指南，提升管理部门在碳排查、碳控与政策制定中的技术支撑能力，推动制度化落地。

5.2 碳足迹评估在固废管理项目中的应用

碳足迹评估是衡量固废管理活动对气候影响的重要工

具,可用于识别减排潜力、优化处置路径与支撑项目评价。评估覆盖范围包括原材料投入、能耗、运输过程、排放物转化与废弃物最终处理等环节。通过建立碳清单,能够量化不同处理方式下的碳排放差异,如填埋产生甲烷高于焚烧,资源回收则具备碳回避效益。在城市管理实践中,将碳足迹嵌入固废基础设施规划、技术路线选型与项目后评价体系中,有助于引导低碳技术投资方向。需构建本地化的碳足迹数据库,整合工艺参数、能耗数据与排放因子,实现固废管理从排污控制向碳排放管理的系统过渡。

5.3 固废减排量交易机制与碳积分激励政策

将固体废弃物减排成果纳入碳市场交易体系是提升减排积极性的有效手段。通过评估各类处理方式的减排量并量化其价值,可将资源化利用、厌氧发酵、替代原料使用等低碳路径转化为可交易的碳资产。交易机制可促进固废处理企业参与市场减排,吸引社会资本投入绿色项目。碳积分激励政策通过奖励分类、回收等低碳行为,引导公众参与与行为改变,推动固废治理向社会协同转型。构建完善的排放核查、数据登记与碳权认证体系,是实现交易与激励机制公平有效运行的前提。需加强政策与现有环保制度的衔接,推动固废管理领域形成以碳绩效为导向的综合治理新格局^[3]。

6 智慧化管理与全过程监管能力提升

6.1 信息化平台支撑下的固废流向追踪与调控

固体废弃物管理的信息化平台建设有助于实现对废物流动全过程的可视化监管与动态调控。通过物联网技术采集分类投放、收运、转运与处理各环节的实时数据,构建覆盖全生命周期的数据链条。基于大数据分析能力,可对不同区域、时段及废物种类的流向趋势进行建模,支持决策部门在设施布局、资源配置与调运路径优化等方面开展科学管理。平台还可实现违规投放、非法转运等行为的在线识别与快速处置,增强监管精准性。信息共享机制推动管理主体间协同联动,提升整体运行效率。构建开放、标准化与可扩展的信息平台,是智慧固废治理体系高质量运行的基础保障。

6.2 智能监测手段在处理设施碳排放控制中的作用

现代固废处理设施在运行过程中碳排放具有隐蔽性与复杂性,需借助智能监测手段提升减排控制的精度与效率。通过安装多参数在线监测装置,实现对二氧化碳、甲烷、氧气浓度及燃烧温度、能耗等关键指标的实时采集与分析,可

及时预警异常工况并动态调整运行策略。监测数据可同步上传至监管平台,支撑政府开展环境绩效考核与差异化管理。智能化系统还可对碳排放趋势进行建模预测,辅助设施在高负荷与特殊气候条件下维持稳定运行。引入AI算法与边缘计算设备,进一步拓展数据处理能力与响应速度。设施层级的碳排放控制能力直接影响整体城市碳排放治理成效,是构建精准、高效、低碳运行体系的技术支点^[4]。

6.3 政策协同与多部门协作推动系统闭环管理

城市固废管理涉及环保、住建、城管、发改等多个职能部门,其间政策协调与职责界定直接关系监管效率与系统运行效果。实现碳中和目标背景下的闭环管理体系建设,需要在顶层设计上推动标准一致性、信息共享机制与绩效协同制度的融合。建立固废减排绩效与相关资金、审批、资源分配等政策工具的联动机制,增强碳绩效在政策执行中的导向作用。跨部门联动还需明确责任分工,构建以目标责任为核心的监管体系。地方政府可试点设立固废碳排放治理联席会议制度,定期审议目标落实、问题整改与制度优化事项。打破信息孤岛与行政壁垒,是推动城市固废管理实现闭环运行的关键保障。

7 结语

在碳中和目标持续推进的背景下,城市固体废弃物管理亟须从传统的末端治理模式转向全过程、系统化的低碳治理路径。通过减量化、资源化与能源化协同推进,结合碳排放核算机制与智慧化监管手段,可有效提升固废管理的绿色效能与治理水平。未来城市需在政策协同、技术革新与公众参与层面形成多元联动机制,构建集碳控、环保与资源循环为一体的综合管理体系。实现固废领域的低碳转型,将为构建生态文明和可持续发展城市格局提供坚实支撑与战略保障。

参考文献

- [1] 李明,陈德珍,钱柯贞,胡雨燕.城市固体废物制备绿色甲醇进展[J].燃料化学学报(中英文),
- [2] 张帅,周弋铃,詹良通,黄旭阳,辛江原,陈云敏.“无废城市”建设指标体系优化:存量固体废物治理[J].环境卫生工程,2025,33(03):1-11.
- [3] 赵斌,王海燕,徐永明,崔晋江,史易,赵菊芳,王晓晖.内蒙古自治区大中城市工业源固体废物产生情况[J].环境与发展,2019,31(11):3-4.