

# 深圳市“无废城市”建设与碳减排协同路径探索

刘丹<sup>1</sup>, 田翠翠<sup>2</sup>, 张千湖<sup>1</sup>

<sup>1</sup>深圳市源清环境技术服务有限公司, 广东 深圳

<sup>2</sup>深港产学研基地, 广东 深圳

收稿日期: 2022年12月20日; 录用日期: 2023年1月21日; 发布日期: 2023年1月30日

## 摘要

2021年, 深圳市顺利通过国家首批“无废城市”建设试点评估验收, 固体废物治理体系和治理能力得到显著提升, 初步形成了覆盖生活垃圾、建筑废弃物、一般工业固体废物、危险废物、医疗废物、市政污泥的六大特色治废模式。“无废城市”建设与碳减排在目标和路径上具有良好的协同性。碳达峰碳中和目标背景下, 深圳市积极探索“无废城市”建设与碳减排协同推进路径, 并从“无废城市”建设指标、减废降碳方法学、源头减量和资源化利用、技术与经济支撑等方面提出具体措施, 努力推动实现减废降碳协同增效, 以期为全国“无废城市”建设、珠三角无废试验区建设提供深圳经验。

## 关键词

深圳市, 无废城市, 碳减排, 协同增效

# Research on the Cooperative Path of Shenzhen “No Waste City” Construction and Carbon Emission Reduction

Dan Liu<sup>1</sup>, Cuicui Tian<sup>2</sup>, Qianhu Zhang<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Shenzhen Yuanqing Environmental Technology Service Co., Ltd., Shenzhen Guangdong

<sup>2</sup>PKU-HKUST Shenzhen-Hong Kong Institution, Shenzhen Guangdong

Received: Dec. 20<sup>th</sup>, 2022; accepted: Jan. 21<sup>st</sup>, 2023; published: Jan. 30<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

Shenzhen has successfully passed the acceptance of the first batch of “no waste city” pilot con-

struction in 2021, the solid waste management system and management capacity have been significantly improved, and six characteristic waste management modes covering household waste, construction waste, general industrial solid waste, hazardous waste, medical waste and municipal sludge have been initially formed. “No waste city” construction and carbon emission reduction have good collaboration on the goal and path. Under the background of the carbon peaking and carbon neutrality goals, Shenzhen researched the cooperative path of “no waste city” construction and carbon emission reduction actively, and put forward the specific measures from the “no waste city” construction index, methodology of waste reduction of carbon reduction, source reduction and resource utilization, the technical and economic support. They strive to seek greater synergy between curbing pollution and cutting carbon emissions, which expect to provide Shenzhen experience for the construction of national “no waste city” and the Pearl River Delta waste free pilot area.

## Keywords

Shenzhen, No Waste City, Carbon Emission Reduction, Synergistic Effect

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

## 1. 引言

固体废物量大面广、利用前景广阔，是资源综合利用的核心领域。2018 年我国从城市整体层面上深入推进固体废物综合管理的改革创新，开展首批“无废城市”建设试点工作并取得初步成效，“无废城市”示范效应逐步显现，极大推动了固体废物源头化、资源化利用水平的提高[1]。固体废物处置中具有巨大的碳减排潜力，改善固体废物回收利用及处置方式可有效减少二氧化碳排放量[2] [3] [4]。2022 年 6 月，生态环境部等 7 部门联合印发的《减污降碳协同增效实施方案》中提出要开展城市减污降碳协同创新，在“无废城市”建设中强化减污降碳协同增效相关要求及任务[5]。“无废城市”建设与碳减排天然耦合，在目标和路径上具有极高的协同性[6]。深圳市作为我国首批“无废城市”建设试点城市之一，在试点建设取得阶段性成效的基础上，积极探索“无废城市”建设与碳减排协同路径，推动固体废物源头减量和资源化利用纳入降碳体系，着力破解固体废物管理难题。

## 2. 深圳市“无废城市”建设基础

深圳市是一个快速发展的超大型城市，地铁工程、治水工程、城市更新工程等开发建设体量巨大，实际管理人口超 2000 万人，全市每天产生固体废物约 44 万吨[7]。深圳市高度重视固体废物管理和处理处置工作，将其作为生态文明建设的重要一环，全面推进各项固体废物处理措施的落实，在全国最早建成危险废弃物联单管理制度和信息化全过程管理系统，率先开展建筑废弃物和餐厨垃圾资源化回收利用，形成成熟的固体废物处置利用市场机制，打造了社会广泛参与固体废物管理的局面。2018 年深圳市成功入选我国首批“无废城市”建设试点城市，印发实施了《深圳市“无废城市”建设试点实施方案》，对标国际一流水平，积极探索固体废物综合治理途径，倾力打造超大型城市固体废物管理的“深圳模式”，不断提升“变废为宝”的能力。2021 年深圳市全面完成试点建设部署的 100 项任务，逐步形成了覆盖生活垃圾、建筑废弃物、一般工业固体废物、危险废物、医疗废物、市政污泥的六大特色治废模式(见表 1)，并顺利通过“无废城市”建设试点评估验收[8]。全市固体废物本地处置和利用能力提升至 24.3 万吨/日，生活垃圾回收利用率提升至 46%，位居全国前列，危险废物、医疗废物及市政污泥 100%安全处置[9]。

**Table 1.** Six special waste treatment models in Shenzhen  
**表 1.** 深圳市六大特色治废模式

类别	特色治废模式	亮点成效
生活垃圾	分类收集减量 + 分流收运利用 + 全量焚烧处置	<ul style="list-style-type: none"> <li>在全国率先建立垃圾分类的“大分流、细分类”体系，发布全国首份《家庭生活垃圾分类投放指引》；</li> <li>创新“集中分类投入 + 定时定点督导”模式，在 5800 多个住宅区设置 2.1 万余个密闭化、标准化集中分类投放点，生活垃圾回收利用率达 46%，位居全国前列；</li> <li>建成 5 大生活垃圾能源生态园，焚烧能力最高可达 2 万吨/日，在全国超大型城市中率先实现分类后的生活垃圾全量焚烧和零填埋。</li> </ul>
建筑废弃物	源头限额排放 + 资源化利用 + 全过程信息监管	<ul style="list-style-type: none"> <li>在国内首推房屋拆除、建筑废弃物综合利用及清运一体化管理，探索形成深圳市拆除废弃物资源化利用模式；</li> <li>率先出台《深圳市建筑废弃物管理办法》，在全国首次提出建筑废弃物限额排放制度，填补国内建筑废弃物源头减排与综合利用的空白；</li> <li>在全市范围实行电子联单制度，实现从建筑废弃物的产生源头至末端处置的“两点一线”闭环管理，拆除废弃物资源化利用率达 99%。</li> </ul>
一般工业固体废物	绿色制造源头减量 + 多技术多固废资源化利用	<ul style="list-style-type: none"> <li>定期印发《深圳市产业结构调整优化和产业导向目录》，实行产业发展分类指导；</li> <li>多途径资源化利用一般工业固体废物，推进能源生态园生活垃圾焚烧炉渣制作免烧砖等环保建材，电力有限公司炉渣和粉煤灰用于生产水泥和建材，创新退役动力电池梯级利用等；</li> <li>全市一般固体废物综合利用率达 91.33%。</li> </ul>
危险废物	全过程信息化监管 + 网格化巡查 + 视频远程执法 + 联合惩处	<ul style="list-style-type: none"> <li>创新社会源危险废物“集中收运”模式，研发“油途”危险废物智能收运系统收运汽修行业危险废物，试点“集中采购”式签订处置合同收运加油站危险废物；</li> <li>采取 B2B 电商交易模式设计开发深圳市危险废物处置交易平台，构建统一开放、竞争有序的危险废物线上交易新体系；</li> <li>创新企业视频远程执法模式，对全市 19 家危险废物经营单位和 1.2 万家产生危废企业的危险废物进行全过程监管；</li> <li>实施固体废物“市级督查、区级检查、街道巡查”三级网格化监管。</li> </ul>
医疗废物	全覆盖 + 全收集 + 全处理	<ul style="list-style-type: none"> <li>印发全国首个医废处置全流程操作规程，建立环境监管人员、集中收运人员、医疗机构医疗废物管理员“三位一体”工作联络机制，“一对一”监管重点涉疫产废场所；</li> <li>开发医疗机构医疗废物 APP 和医疗废物监管 APP，运用人工智能等先进技术全面构筑抗“疫”智慧防线，打通医疗废物从产生至接收处置的全链条业务闭环。</li> </ul>
市政污泥	厂内深度脱水 + 燃煤电厂掺烧发电 + 全过程信息化监管	<ul style="list-style-type: none"> <li>建成投产 19 座污泥深度脱水设施，形成一套可复制推广的“污水处理厂污泥干化减容减重模式”；</li> <li>建成全球规模最大的集生产、生态、示范功能为一体的华润海丰电厂污泥耦合发电项目，污泥日处理量达 6000 吨；</li> <li>创新采用“厂内深度脱水 + 掺烧焚烧”污泥处理处置路线，无害化处置率 100%；</li> <li>建立资质备案、检查考核、驻场监管、转移联单、通报处罚制度及智能监管技术“5 + 1”污泥监管制度体系，全过程信息化监管污泥运输装载车辆。</li> </ul>

### 3. “无废城市”与碳减排的内在联系

#### 3.1. “无废城市”建设与碳减排在目标上具有一致性

气候变化是 21 世纪全人类共同面对的严峻挑战之一，我国积极应对气候变化和参与全球气候保护，主动实施一系列应对气候变化的战略、措施及行动。自 2009 年中国政府在联合国气候变化哥本哈根大会上首次提出 2020 年比 2005 年减排 40%~45% 的战略目标，到 2020 年习近平总书记在 75 届联合国大会一般辩论上正式提出我国 2030 年前碳达峰、2060 年前碳中和战略目标<sup>[10]</sup>，碳减排作为国家重大决策部署

的一项持续性推进工作，被纳入我国生态文明建设的整体布局，其目标就是推动实现碳达峰碳中和。“无废城市”是一种先进的城市管理理念，自提出以来得到党中央高度重视。“无废城市”建设旨在通过城市管理手段推动形成绿色发展方式和生活方式，持续推进固体废物源头减量和资源化利用，最大限度减少填埋量，促进城市低碳可持续发展[11]。李金惠指出“无废城市”是固体废物领域生态文明体制改革的“催化剂”[12]，固体废物污染防治与减污、降碳紧密相连，通过“无废城市”建设可实现城市固体废物产生量最小、资源化利用最大及处置安全，有效减少原材料和产品在提取、制造、运输、分配和处置等过程中的碳排放，助力实现碳达峰碳中和。

### 3.2. “无废城市”建设与碳减排在路径上具有良好的协同性

固体废物污染防治与二氧化碳减排都是环境管理的重要内容，江媛等[13]对城市固体废物、乡村固体废物和工业固体废物的处理处置中的二氧化碳减排潜力研究发现，固体废物与二氧化碳等温室气体的排放从内在角度来说存在同根同源的特性，对固体废物的分类资源化利用可以很好地协同推进二氧化碳减排。“无废城市”建设遵循“减量化、资源化、无害化”的重要原则，其中减量化和资源化是实现碳减排的根本途径。减量化要求在生产、流通和消费等过程中减少资源消耗和废物产生，或减少固体废物重量和体积的过程，可直接减少隐含在资源消耗过程中的碳排放。资源化要求采用适当措施实现固体废物中可回收的材料及能源等资源再利用的过程，可实现全生命周期的利用价值并延长资源的生命周期，有利于减少物质资源的消费量，进而减少相关环节碳排放。另外，无害化要求将固体废物经过适当的处理或处置，使固体废物本身或其中的有害成分无法危害环境，或者转化为对环境无害的物质。填埋和焚烧处置是固体废物处理过程主要的碳排放源[14]，采用垃圾焚烧替代填埋以减少甲烷气体的排放，并对焚烧产生的二氧化碳进行捕获和回收，可同时到达减量化、无害化和资源化的目的，大幅度减少固体废物处置过程中的碳排放。

## 4. 深圳市“无废城市”建设与碳减排协同推进策略

协同推进“无废城市”建设与碳减排工作，一方面要加强顶层设计，明确战略目标及实现路径；另一方面要完善政策、经济、技术等保障，形成长效机制[15]。在“十四五”及未来中长期，深圳市将从“无废城市”建设指标、减废降碳方法体系、源头减量和资源化利用、技术与经济支撑等方面深入推进“无废城市”建设与碳减排协同，推动实现“无废城市”固体废物减量化、资源化、无害化、低碳化，探索打造资源循环与减废降碳超大型示范城市，助力加快实现碳达峰碳中和。

### 4.1. 构建“无废城市”建设指标体系

深圳市充分借鉴日本东京、美国旧金山、新加坡等城市和地区先进经验[16][17][18]，加强“无废城市”建设顶层设计，发布了“十四五”时期“无废城市”建设发展蓝图，参考《“无废城市”建设指标体系(2021年版)》[19]，结合区域特色，突出与碳减排相关的评价指标，从固体废物源头减量、资源化利用、最终处置三个方面选取生活垃圾清运量、一般工业固体废物产生强度、工业危险废物产生强度、生活垃圾回收利用率、建筑废弃物资源化利用率、城镇污水污泥无害化处置率等代表性指标，以及人均生活垃圾清运量、房屋拆除废弃物资源化利用率等区域特色指标，并从市场、监管等方面配套设置“无废城市”建设保障能力指标，建立“十四五”时期全市“无废城市”建设指标体系。明确各项指标2025年目标值，如生活垃圾回收利用率达50%，主要再生资源回收率达85%，建筑废弃物资源化利用率达35%，重点行业一般工业固体废物综合利用率达到95%，生活垃圾焚烧处理能力占比100%等，推动减污降碳协同增效作用充分发挥，“无废城市”建设主要指标达到国际先进水平，初步建成超大城市“无废城市”

典范[20]。

## 4.2. 深入开展减废降碳方法学研究

推动固体废物治理与碳减排协同增效的核心是建立减废降碳方法体系。深圳市从碳普惠与碳核查两方面着手,探索固体废物减废降碳方法学研究。一是深入推进碳普惠方法学研究,印发《深圳碳普惠体系建设工作方案》,提出加快制定废弃物资源化利用领域方法学,以方法学规范减排量核算。同时,深圳市明确对具备碳减排效益且经备案公布的碳普惠方法学予以资助,鼓励企业推进固体废物减废降碳方法学研究。二是加快推进固体废物减碳核查方法学研究,按照行业、领域分类逐步建立健全固体废物利用处置行业碳排放核查体系,构建相应的核查方法及制定技术指南。积极开展固体废物利用处置行业碳排放的监测、核查及报告,挖掘不同行业、不同类别固体废物全过程管理的碳排放基础数据,重点推进生活垃圾资源化利用、建筑废弃物资源化利用、工业固体废弃物循环利用、市政污泥燃煤掺烧等领域的减碳核查工作,总结其碳减排先进技术及减碳成效,并结合深圳市固体废物处置行业特征设立减废降碳示范项目,进而有效管理重点排放环节的碳减排。

## 4.3. 深入推进固体废物减量化与资源化利用

推动固体废物减废降碳的关键是落实落细“三化”原则,深圳市提出加快健全各类废弃资源循环利用回收体系,完善集中处置和资源化利用设施,通过转变传统的末端处置方式,提升资源回收利用能力。生活垃圾方面,有序推进光明区、盐田区等厨余垃圾资源化利用项目建设,高标准建设龙华区、深汕生态环境科技产业园生活垃圾焚烧发电厂/项目等,实现“变废为材”和“变废为能”。工业固体废物方面,进一步拓宽大宗工业固体废物综合利用渠道,扩大在生态修复、绿色建材等领域的利用规模;推进生活垃圾焚烧发电项目配套设施建设,推进炉渣资源化利用。污水处理厂污泥方面,推进全市水质净化厂污泥市内深度减容减量,推动华润海丰电厂污泥耦合发电二期工程稳定运行,启动深汕污泥综合处置中心(一期)建设,进一步提升污泥处置能力。建筑废弃物方面,试点开展工程渣土环保烧结制品的研发与应用,规划建设南山区、光明区、宝安区等建筑废弃物综合利用厂,全面推进工程渣土和拆除废弃物资源化利用;深入开展建筑废弃物综合利用产品认定,大力推广建筑废弃物综合利用产品。再生资源回收利用方面,深入开展废旧物资循环利用体系示范城市建设,构建高效合理的废旧物资回收网络体系;创新动力电池梯次利用模式,开展废旧动力电池梯次利用及再生利用产业试点示范;加强特色产业固体废物中有价资源的回收利用,开拓再生原材料市场应用渠道等,深入推进固体废物减量化和资源化利用。

## 4.4. 加强固体废物利用及处置技术与经济支撑

“无废城市”建设与碳减排协同工作的推进既需要技术创新突破,也有赖于金融支持。碳达峰、碳中和目标背景下,支撑“无废城市”建设的原创技术、关键材料研发等方面存在一定的短板[15]。深圳充分融合互联网、环境大数据、人工智能等新兴技术手段,创新推动打造固体废物高端科研平台和技术转化平台,大力推进工业企业减废降碳技术转化与推广应用;高标准建设国家环境保护建筑垃圾资源化利用工程技术中心、国家环境保护危险废物利用与处置工程技术(深圳)中心,推进新技术、新产品、新工艺的市场化、产业化发展;建设固体废物鉴别工程中心,规范危险废物鉴别管理流程,提升固体废物的鉴别能力,推动降低固体废物利用及处置过程碳排放。绿色金融发展可通过产业结构合理化、产业结构高级化、能源消费转型三个中介效应对二氧化碳排放产生显著抑制效应[21]。深圳提出创新“无废城市”建设的市场化投融资机制和商业模式,深化政银合作,将“无废城市”建设等项目纳入金融支持生态环保项目储备库及深圳市绿色企业(项目)库,通过推广应用绿色金融工具,建立固体废物处置及资源化利用多

元化资金渠道, 加大绿色信贷、绿色债券、绿色基金等对“无废城市”建设项目的支持力度, 引导社会资本投向循环经济领域, 通过金融手段促进减废降碳。

## 5. 结语

深圳是经济、产业、人口大市, 也是空间、资源、环境容量小市, “十四五”期间, 我国生态环境保护工作进入减污降碳协同增效的关键时期, 深圳市在“无废城市”试点建设良好成效的基础上, 充分发挥先行示范作用, 深入探索“无废城市”建设与碳减排工作协同推进路径, 推动固体废物减量化、资源化、无害化、低碳化, 力争率先建成固体废物少排放、资源全回用、废物趋零填埋的“无废城市”样板, 助力加快实现碳达峰碳中和。

## 参考文献

- [1] 生态环境部. “无废城市”建设试点亮点模式[EB/OL]. <http://www.mee.gov.cn/home/ztbd/2020/wfcsjssdggz/sdjz/ldms>, 2020-09-23.
- [2] 吕望舒. 综合施策推进“治废”与“减碳”相融合[N]. 中国环境报, 2021-04-16(007). [http://epaper.cnnews.com.cn/html/2021-04/16/node\\_8.htm](http://epaper.cnnews.com.cn/html/2021-04/16/node_8.htm)
- [3] 中国循环经济协会. 循环经济助力碳达峰研究报告[R]. 2021.
- [4] 中国环保产业协会固体废物处理利用委员会. 2021 年固体废物处理利用行业发展评述和 2022 年发展展望[EB/OL]. <https://mp.weixin.qq.com/s/n4WZFddbybFqK8QIh--w1g>, 2022-01-28.
- [5] 生态环境部, 发展改革委, 工业和信息化部, 住房城乡建设部, 交通运输部, 农业农村部, 能源局关于印发《减污降碳协同增效实施方案》的通知[J]. 中华人民共和国国务院公报, 2022(24): 42-49.
- [6] 姜玲玲, 丁爽, 刘丽丽, 滕婧杰, 崔磊磊, 杜祥瑞. “无废城市”建设与碳减排协同推进研究[J]. 环境保护, 2022, 50(11): 39-43. <https://doi.org/10.14026/j.cnki.0253-9705.2022.11.014>
- [7] 刘友婷. 打造“无废城市”, 深圳的固体废物都去哪了?[N]. 工人日报, 2022-02-15(004). <https://doi.org/10.28277/n.cnki.ngrb.2022.000604>
- [8] 深圳市生态环境局. 深圳市生态环境局关于 2021 年度深圳市固体废物污染环境防治信息公告[EB/OL]. [http://www.sz.gov.cn/cn/xxgk/zfxxgj/tzgg/content/post\\_9888030.html](http://www.sz.gov.cn/cn/xxgk/zfxxgj/tzgg/content/post_9888030.html), 2022-06-15.
- [9] 窦延文. 探索超大型城市固废治理样板——深圳持续深化“无废城市”建设, 力争建成超大型“无废城市”典范[N]. 深圳特区报, 2021-12-31(A05).
- [10] 檀一帆, 汪柳. 中国低碳经济增长路径研究: 一个文献综述[J]. 特区经济, 2022(1): 157-160.
- [11] 国务院办公厅. “无废城市”建设试点工作方案[EB/OL]. [https://www.mee.gov.cn/home/ztbd/2020/wfcsjssdggz/dcsj/wfcszcwj/202006/t20200602\\_782280.shtml](https://www.mee.gov.cn/home/ztbd/2020/wfcsjssdggz/dcsj/wfcszcwj/202006/t20200602_782280.shtml), 2019-03-29.
- [12] 李金惠. “无废城市”建设: 生态文明体制改革的新方向[J]. 人民论坛, 2021(14): 30-32.
- [13] 江媛, 刘晓龙, 崔磊磊, 等. “无废城市”建设与温室气体减排协同推进策略研究[J]. 环境保护, 2021, 49(7): 52-56. <https://doi.org/10.14026/j.cnki.0253-9705.2021.07.010>
- [14] 环境保护杂志社. 院士说|《环境保护》对话陈云敏院士: 固体废物领域亟须追溯碳排放源头[EB/OL]. <http://www.hjbhzz.com/news/2022/0613/1604.html>, 2022-06-13.
- [15] 孟小燕, 王毅. 我国推进“无废城市”建设的进展、问题及对策建议[J]. 中国科学院院刊, 2022, 37(7): 995-1005. <https://doi.org/10.16418/j.issn.1000-3045.20210918001>
- [16] 张敏, 蓝艳, 李盼文, 等. 新加坡“无废城市”建设顶层设计及对我国的启示[J]. 环境与可持续发展, 2020, 45(5): 196-199. <https://doi.org/10.19758/j.cnki.issn1673-288x.202005196>
- [17] 崔佳莹, 董庆银, 李金惠, 等. 美国“无废”建设管理机制与经验研究[J]. 环境污染与防治, 2022, 44(3): 403-408. <https://doi.org/10.15985/j.cnki.1001-3865.2022.03.021>
- [18] 王永明, 任中山, 桑宇, 等. 日本循环型社会建设的历程、成效及启示[J]. 环境与可持续发展, 2021, 46(4): 128-135. <https://doi.org/10.19758/j.cnki.issn1673-288x.202104128>
- [19] 生态环境部. 关于印发《“十四五”时期“无废城市”建设工作方案》的通知[EB/OL]. [https://www.mee.gov.cn/xxgk/xxgk03/202112/t20211215\\_964275.html](https://www.mee.gov.cn/xxgk/xxgk03/202112/t20211215_964275.html), 2021-12-15.

- [20] 深圳市生态环境局. 深圳“十四五”“无废城市”建设实施方案出台 八大行动助推资源循环与减废降碳[EB/OL]. [http://meeb.sz.gov.cn/gkmlpt/content/9/9858/post\\_9858228.html#3766](http://meeb.sz.gov.cn/gkmlpt/content/9/9858/post_9858228.html#3766), 2022-06-06.
- [21] 张婷, 李泽辉. “碳达峰、碳中和”目标下绿色金融的减排效应及其作用机制分析[J]. 华北金融, 2022(3): 49-58.