

Constructing a Waste-Free City: A Study of Landfill Landscape Transformation Paths

Xulin Hao Changfu Wang Shuo Yang Yiluo Sun

School of Art, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong, 271018, China

Abstract

Landfills are usually used as buildings on the edge of cities, but after years of urban development and expansion, a significant portion of landfills are overused or abandoned and segregated, and have become a sizable brownfield in the middle of the city. And after more than seventy years of urban development, our country has become one of the countries that generate the most waste. In response to this problem, the State Council proposed the concept of “waste-free cities” in 2018. As a place to dispose of waste, the landfill landscape will also be transformed into a new type of urban landscape by reintegrating it into the urban environment based on this concept. By summarizing the construction results after the theory has been put forward in recent years and the related results of foreign project cases, we analyze the path study of their preliminary restoration means - medium-term landscape transformation methods - late operation strategies, and discuss the value and significance embodied in these cases, aiming to provide diversified transformation references. It also discusses the value and significance embodied in these cases, aiming to provide diversified references for remodeling.

Keywords

waste-free city; landfill; landscape remodeling; environmental design

构筑无废城市：垃圾填埋场景观改造路径研究

郝栩麟 王常福 杨硕 孙艺洛

山东农业大学艺术学院, 中国·山东 泰安 271018

摘要

垃圾填埋场通常作为城市边缘的建筑物,但是经过多年的城市发展扩张,有相当一部分的垃圾填埋场过度使用或者废弃隔离,成为城市中间一块相当大小的棕地。而我国的城市经过七十多年的发展,已经成为垃圾产生最多的国家之一。针对此问题,国务院2018年提出了“无废城市”这一城市发展理念。作为处理垃圾的场所,也将基于这一理念对垃圾填埋场景观改造,重新融入城市环境,从而转变为一种新型的城市景观。通过总结近年来理论提出后的建设成果与国外相关成果项目案例,分析他们前期修复手段——中期景观改造方式——后期运行策略的路径研究,并探讨了这些案例所体现的价值与意义,旨在提供多元化的改造参考。

关键词

无废城市; 垃圾填埋场; 景观改造; 环境设计

1 引言

“无废城市”(Zero-Waste City)概念是由联合国环境规划署(UNEP)提出,旨在固体废物综合治理的先进模式。这个概念核心理念在于通过一系列系统设计,包括源头减量、资源化利用以及无害化处置的方法方式,以实现城市固体废物产生量的最小化、资源化率的最大化以及环境影响的趋零化。在2018年世界银行的报告中继续得到了详细阐述。在此之后的我国,发布的《“十四五”时期“无废城市”建设工作方案》中,对这一概念进行了本土化的阐述和解读。

以定义为它是一个强调以创新、协调、绿色、开放、共享的新发展理念为引领,致力于构建一个覆盖固体废物全生命周期的可持续管理体系。“无废城市”理念要以新发展理念为指导,以践行绿色生活和创建绿色生活方式为目标,以固体废物源头减量化、资源化利用、固体废物填埋量最小化和推动绿色生活方式为重点,不断实现固体废物的减量化、资源化,尽量减少固体废物的填埋量,将固体废物对环境的负面影响降到最低,创造一个宜居、干净、和谐的城市生活环境。

2 国内垃圾填埋场情况

我国城市化进程中产生的历史垃圾填埋场已进入集中封场期。据住建部统计,截至2022年底,全国累计的封场填埋场达1500余座,占地面积超过300平方公里。这些场址普遍存在多重环境风险:表层覆土厚度不足导致污染扩

【作者简介】郝栩麟(2004-),男,中国山东德州人,在读本科生,从事可持续景观与城市设计研究。

散，降解产生的甲烷气体存在爆燃隐患，渗滤液处理系统老化引发地下水污染等。传统处置方式多采用简单覆绿或长期闲置，但监测显示，仅依靠自然修复的场地土壤重金属含量在封场 20 年后仍超标 2-5 倍，且存在一定的土地资源浪费、周边社区排斥等社会问题。^[1]

景观再生战略通过系统性生态修复和功能重构，显示出显著优势，首先地形重塑技术可建立 5 - 8 米安全覆土层，与垂直阻隔系统配合，污染物扩散风险降低 90% 以上。其次，植物群落配置研究证实，豆科植物与禾本科的组合种植可使土壤有机质年增长率达到 15%，重金属钝化效率提高 40%。更重要的是，景观设计通过建设生态公园、体育设施等公共空间，使场地价值再生率提高到传统模式的 3 倍以上，比如上海老港生态基地改造后碳汇量增加 1200 吨 / 年，深圳下坪填埋场公园日均接待市民超过 5000 人次。这些实践印证了景观改造既实现了环境治理目标，又创造了多重社会经济效益，是推进 " 无废之城 " 建设的科学路径。^{[2][3]}

3 基于“无废城市”理念下的垃圾填埋场改造相关案例

自 2019 年正式公布“无废城市”建设试点名单以来，已历六载。在此期间，本研究对一系列与“无废城市”相关的改造及建设项目进行了全面系统的梳理，并在实践中取得了显著成效。与此同时，自国际社会首次提出“无废城市”概念至今已七年，全球范围内相关建成项目在推动城市更新与发展的过程中，已证实其发挥了积极效应。

3.1 上海老港生态基地（国内）

亚洲最大垃圾填埋场（1991-2019），累计填埋量超 8000 万吨，对周边的环境污染严重。在环境治理和生态修复实践中，这项研究采取了四大关键策略，首先，通过显著隔离污染物质、有效阻止其进一步破坏环境的地形重塑技术，构筑了厚度达 8 米的覆土层。此外，成功塑造了高程差达 20 米的人工丘陵地形，此举既丰富了地形多样性，又为野生动植物营造了新的栖息环境，其次，实施了植被修复计划，在具有重金属富集能力的芦苇、香樟等植物中，精选了品种。这些植物在生长过程中可以吸收和积累土壤中的有害重金属，从而达到土壤净化的目的，目前这些植物覆盖面积已经扩大到 3.6 平方公里，对土壤生态修复的积极作用十分显著。三是通过能源协同利用战略，能源使用效率明显提高，组建的填埋气发电机组实现了 2.1 亿度 / 年的供电量，为当地居民提供了清洁能源。同时，铺设了面积达 12 公顷的光伏面板，有效促进了可再生能源的利用，并积极为减少碳排放贡献力量，最终通过功能植入策略，建成了湿地公园、再生艺术展示厅等公共设施。这些设施在增强区域文化功能、提升社区生活品质的同时，提升了区域的生态价值，也为居民提供了休闲娱乐的场所。

3.2 Freshkills Park(美国纽约)

在国际上，对废弃垃圾填埋场进行生态修复并将其转

化为景观已成为一种普遍做法。以世界上最大的露天垃圾填埋场（运营期间为 1948 年至 2001 年）为例，该填埋场的堆体体积达到了惊人的 1.5 亿立方米。该场地采用了分阶段封场技术，并实施了六层复合衬垫系统（包括黏土层和高密度聚乙烯（HDPE）膜），确保了坡度控制在 1:3 以下。在生态监测方面，设置了 500 个沼气收集井，用于实时监测甲烷浓度和地面沉降数据。在场地的动态开发过程中，规划分为四个阶段进行，优先考虑修复鸟类的栖息地，并预留了 20% 的用地作为未来发展的弹性空间。此外，通过建立“填埋场实验室”，鼓励社区居民参与土壤采样和植被维护工作，实现了社区居民的积极参与。

4 景观改造策略（结合上面案例）

4.1 前期修复手段

填埋场改造的核心目标在于实现污染治理和生态基底的再造，其首要任务是消除环境隐患，为后续的开发活动打下安全保障的基础。在污染隔离工程方面，通过建造包括粘土层和高密度聚乙烯 (HDPE) 膜在内的复合衬垫系统形成垂直阻隔层，结合 8-10 米的覆盖土层，实现物理封堵污染物。如上海老港就成功降低渗沥液水位，通过实施立体排水网络，减少了 92% 的污染物扩散风险。在生物化学修复方面，引入超积累植物（如蜈蚣草、东南景天）以富集重金属，并配合使用有机质改良剂（如生物炭、腐殖酸）以提高钝化效率。纽约 Freshkills 公园通过豆科植物的固氮作用，使土壤有机质含量由 0.8% 增加到 2.3%。在气体控制控制系统方面，通过布设主动填埋气收集系统（井距≤30m），结合热氧化装置 (RTO) 焚烧装置的使用，实现甲烷转化率≥85%。从技术必要性分析，前期的修复工作通过工程技术手段阻断了污染迁移路径，为景观营造达到《污染地块风险管控标准》(GB36600-2018) 的安全阈值提供了保障。

4.2 中期景观改造方式

而中期以空间叙事与功能再生为目标。在生态安全基础上，通过景观设计实现场地功能转型与价值提升。地形叙事重构：利用原有堆体高程差塑造微地形（坡度≤15°），形成雨水花园、台地景观等海绵设施。如上海老港将垃圾山转化为 20 米高差的人工丘陵，构建梯级湿地净化系统。植物群落配置：采用“乔木 - 灌木 - 草本”三层修复模式，优先选择抗逆性强、碳汇能力高的乡土物种（如刺槐、芦苇），使植被覆盖率从< 10% 恢复至 75% 以上。功能空间植入：依据场地特征嵌入差异化功能模块（表 1）。

表 1 景观改造方案分析表

生态功能	技术要点	经典案例
生态教育	利用降解过程可视化装置	Freshkills 填埋场实验室
文体休闲	利用稳定化地表建设慢行系统	深圳下坪环保主题公园
能源再利用	填埋气发电与光伏系统集成	上海老港多能互补体系

4.3 后期运行策略

转型项目的长期有效性,依赖于整个生命周期管理机制的建立,这是在追求动态监测和持续运维的后期。智慧监测系统的构建包括安装物联网传感器(如沉降、甲烷、渗滤液传感器),并基于建筑信息模型(BIM)构建运维平台,实现数据实时预警功能。此外,实施弹性适应机制需要预留20%的未界定空间,以便根据沉降监测结果对设施布局进行动态调整,避免地质变化造成的二次损害。社区共治模式的构建涉及建立公众参与平台(如生态志愿者协会),通过种植认养、环境监测开放日等互动活动,提升社区居民对本地环境的认同感,这是一项社会公益活动。在管理创新方面,后期运营模式应从传统的“工程交付”向“协同治理”转变,通过技术与社会的双向互动,保证系统的韧性。

4.4 分期实施的科学性论证

风险递进式管控策略:在项目的初期,采取一系列的修复措施,目的是消除那些可能存在的物理和化学风险;在进入项目中期后,通过实施一系列的改造措施,我们有效规避了空间使用相关的风险;而到了项目后期,我们通过加强运维管理,来应对那些可能长期存在的不确定性风险,我们的项目在未来一段时间内,将会有更多的可能。这样,我们就构建起层层递进、层层强化的防御体系,确保工程顺利推进,最终取得圆满成功。

效益叠加效应分析:在项目的三个不同阶段,我们分别关注了不同的受益类型,首先第一阶段我们关注的是环境受益,主要是通过污染治理来实现,这一阶段的目标是为了环境的改善和保护,减少污染对生态的影响,对人体健康的影响。其次,第二阶段我们转向社会效益的提升,重点是功能再生,通过这一系列的措施,旨在恢复和增强区域的社会功能,提高居民的生活质量,最后第三阶段我们关注的是经济效益,尤其是土地的增值。通过前两个阶段的铺垫,土地的价值得到了提升,从而带动了整个区域经济的发展。通过这一系列措施的全面实施,我们可以实现帕累托改进,即至少使一个人的状况变得更好,从而达到资源配置的最佳状态,而不会使任何人的状况变得更糟糕。

生态修复过程是一个复杂而漫长的过程,需要经历几个关键的自然演进阶段,这在技术实施的逻辑框架中是非常复杂和漫长的,首先是土壤结构的稳定性是基础,保证土壤

能够支撑后续生态活动,一般需要3到5年的时间。接下来,植物群落的演替过程将展开,这个阶段大约需要5到8年的时间,其间植物种类将逐步丰富和更替,形成一个多元化的植物生态系统。最后,当土壤和植物群落达到一定的成熟状态,整个生态系统就会进入成熟阶段,这个阶段将会花10年以上的时间,最终形成一个稳定的、功能完善的生态系统,这个过程的发展过程中,会有很多的过程。分期实施策略要与这些生态规律相契合,就显得尤为重要,它要求我们制定和调整相应的技术措施和管理方法,以保证每个阶段的特点和需求,以保证生态修复工作的顺利进行和最终取得成功。

5 结语

本研究在实施填埋场景观改造项目的过程中采用“空间修复-功能再生-价值提升”范式转换的三重范式转换,构建了实现“无废城市”目标的可操作路径,具体为:首先构建生态安全基础空间,通过污染隔离等举措将场地环境风险控制在可接受范围内;其次建设生态循环场域,通过建立能量生产和物质再生子系统将场地转变为资源循环平台;最后建立社会参与机制,通过生态教育、志愿服务等方式培养市民环境公民意识,普及“无废理念”。

我们在对填埋垃圾现场进行景观改造的过程中,提出了三阶段框架,核心是把传统的线性工程思维,变成系统思维,比较复杂,比较全面。在这个过程中,我们采取了阶段性的渐进策略,首先是前期的“安全化”阶段,然后是中期的“人文化”阶段,最后才是后期的“智慧化”阶段。这样的策略既遵循了保证环境安全稳定的污染场地修复技术逻辑,又符合社会对城市空间再生的需求,推动城市可持续发展,是一种新的治理模式。通过这一系列的改造措施,最终在城市环境改善与提升的范式上,实现了棕地改造下的“无废城市”理念。

参考文献

- [1] 住房和城乡建设部.2022年城乡建设统计年鉴[M].北京:中国建筑工业出版社,2023:45-47.
- [2] 生态环境部.封场填埋场生态修复技术指南:HJ1134-2020[S].北京:中国环境科学出版社,2020:12-15.
- [3] 上海老港再生能源利用中心.老港生态环保基地2023年度环境效益报告[R].上海,2024:8-9.