

Ecological restoration strategies and practices of municipal solid waste landfills

Shilong Ma Lei Dong

Changchun Solid Waste Management Center, Changchun, Jilin, 130000, China

Abstract

This study investigates ecological restoration of municipal solid waste landfills, detailing its core principles and technical approaches. By integrating human intervention with natural recovery, ecological restoration enhances the structure and functionality of degraded ecosystems, thereby improving their self-regulation capacity and service capabilities. Four strategic frameworks are proposed for landfill sites, with a case study of Xiangyang Huoshi Mountain Landfill demonstrating its integrated model of “containment, diversion, remediation, and monitoring” along with implementation outcomes. The project successfully achieved ecological transformation through multiple technologies, providing technical references and practical examples for similar site restoration projects. This highlights the pivotal role of ecological restoration in sustainable development.

Keywords

municipal waste; landfill; ecological restoration; strategy analysis

城市生活垃圾填埋场的生态修复策略与实践

马世龙 董蕾

长春市固体废弃物管理中心, 中国 · 吉林 长春 130000

摘要

本文研究城市生活垃圾填埋场的生态修复, 详细阐述生态修复的核心内涵以及技术。生态修复借助人为干预与自然恢复相结合的方式, 改善受损生态系统的结构和功能, 使其自我调节能力以及服务功能得以提升。对于垃圾填埋场, 提出了四大策略体系, 结合襄阳火山垃圾填埋场的案例, 分析了其“阻控—疏导—治理—监测”的综合模式以及实施效果, 该项目运用多项技术实现了生态转型, 为同类场地的修复提供了技术方面的参考以及实践范例, 突出了生态修复在可持续发展中的关键作用。

关键词

城市垃圾; 填埋场; 生态修复; 策略分析

1 引言

当前, 中国生活垃圾年产量已达到 2.6 亿多吨, 是世界上垃圾包袱最重的国家之一, 过去的 20 年间, 生活垃圾填埋场一直作为城市生活垃圾消纳处理的主要模式, 直到近几年才逐步被生活垃圾焚烧厂所取代。近年来, 随着中国城市化进程的不断加剧, 城市规模和开发范围不断扩大, 很多原来位于城郊区域的城市生活垃圾填埋场渐渐接近主城区或新开发区域, 其潜在或释放的各类环境污染物也影响到城市居民生活, 成为城市发展过程中出现的一个新污染源, 加之很多垃圾填埋场达到设计填埋上限, 陆续将有大量城市生活垃圾填埋场进入封场修复整治阶段。

【作者简介】马世龙 (1983–), 男, 中国吉林长春人, 硕士, 工程师, 从事环境工程, 固体废弃物管理, 城市环卫设施建设运行全过程管理等研究。

2 生态修复的概述

生态修复是借助人为干预以及自然恢复相融合的办法改进受损生态系统的结构与功能的一项综合性工程, 它主要针对因人类活动污染、过度开发, 又或者是自然灾害致使的生态退化问题, 运用生态学、工程学等跨多学科的理论, 采取植被重建、土壤改良、水文调节等一系列措施, 以此推动生态系统回归到稳定健康的状态。其核心目标在于恢复生态系统的环境承载力、自我调节能力、生物多样性以及服务功能, 像水源涵养、气候调节等功能, 生态修复需要遵循自然优先、适度干预的原则, 涉及山、水、林、田、湖、草、沙等多种生态类型, 是应对生态危机、达成可持续发展的关键手段, 对于维护生态平衡以及人类生存环境有着重大的意义。

3 城市生活垃圾填埋场生态修复策略

3.1 土壤修复技术

3.1.1 物理修复技术

物理修复技术借助机械方式来改善土壤结构以及污染物分布状况,此为垃圾填埋场土壤修复的基础性手段,其常用的方法有:土壤深耕翻土,即借助打破压实土层的方式来促使土壤透气性得到提升;客土置换技术,该技术是把污染较为严重的表层土壤替换成清洁土壤,以此来迅速降低污染物的浓度;电动修复法,这种方法是利用电场的作用驱动重金属离子朝着电极迁移,实现集中去除^[1]。隔离填埋技术凭借铺设防渗膜以及缓冲层,可阻止深层污染物向上扩散,物理修复有见效快以及操作简便的特点,不过需要结合污染程度对成本加以控制,适合用于处理重金属污染、土壤板结等结构性问题,为后续的生物修复创造基础条件。

3.1.2 化学修复技术

化学修复技术依靠化学药剂同土壤污染物发生反应来实现净化的目标,适合应用于中重度污染的区域,常见的技术有向土壤当中注入螯合剂,借助络合反应提升重金属的水溶性,之后依靠淋洗系统将其移除,投放氧化还原剂,像过氧化氢、硫酸亚铁等,以此降解有机污染物,施加碱性物质来调节 pH 值,降低重金属的生物有效性。化学修复的效率比较高,不过需要严格把控药剂的用量,防止出现二次污染的情况,一般会 and 物理修复联合使用,形成协同修复的效应^[2]。

3.1.3 生物修复技术

生物修复技术借助生物的代谢活动来降解或者吸收污染物,具有绿色环保的特性,微生物修复是依靠筛选功能菌群或者接种特定的功能菌群,像假单胞菌以及芽孢杆菌等,以此来分解土壤里的有机污染物,植物修复则是挑选超富集植物,例如蜈蚣草可吸收砷、东南景天可以吸收锌镉等,凭借收割植物的方式来转移重金属,蚯蚓这类土壤动物可对土壤结构起到改善作用,促进微生物的活性以及物质循环。生物修复成本较低且可持续性较强,但其修复周期比较长,需要结合土壤改良措施去创造适合生物生存的环境,一般被用作长期修复的核心技术。

3.2 植被恢复技术

3.2.1 本土植物选择与配置

本土植物的选择要依照适生性以及功能性的原则来进行,首先要挑选耐贫瘠、抗污染并且根系发达的物种。以长江中下游区域为例,对于乔木而言,可以选用构树、女贞等品种,它们的深根系可起到固土保水的作用,而且抗逆性也很强,灌木方面可以选择紫穗槐、沙棘等,这些灌木有固氮改土以及水土保持的功能,草本层适合搭配结缕草、狗牙根等乡土草种,可快速地覆盖地表。在配置的时候采用“乔—灌—草”立体群落结构,上层的乔木可提供遮荫以及景观的功能,中层的灌木可以拦截污染物,下层的草本可固持表层土壤,还需要考虑植物的物候期,实现四季都有植被覆盖,

防止土壤出现裸露的情况,借助植物群落的协同作用来提升生态系统的稳定性。

3.2.2 植被恢复的生态效应

植被恢复可带来多方面的生态效益,属于生态修复的关键目标之一,植物借助光合作用来固定碳元素,以此提高区域的碳汇能力,其根系所分泌的物质,可以促使土壤微生物的活性提高,加快污染物的降解速度,枝叶形成的覆盖层可减少雨水对地面的冲刷,降低水土流失发生的风险,还可以调节地表的温度与湿度,改善局部的小气候状况^[3]。植被群落为昆虫、鸟类等生物提供了栖息之所,促使生物多样性逐渐得到恢复,枯落物经过分解后会补充土壤中的有机质,推动土壤肥力朝着积极的方向发展变化,植被景观的营造可美化环境,为后续生态功能的转型打造基础条件,实现生态效益与景观价值的统一。

3.3 水文调控与管理

3.3.1 渗滤液处理与控制

渗滤液处理要构建覆盖源头减排、过程阻断以及末端治理的完整体系,源头部分借助铺设 HDPE 防渗膜、黏土衬层等阻隔结构来减少雨水渗透进入垃圾层,设置地表径流收集系统,把未受污染的雨水直接引导排出,以此降低渗滤液的产生量。过程中利用导排盲沟和集水井收集渗滤液,借助提升泵输送到处理站,运用生物处理技术比如 MBR 膜生物反应器降解有机污染物,结合纳滤、反渗透等深度处理工艺,保证出水达到标准。处理后的中水可用于植被灌溉,实现水资源的循环利用,建立在线监测系统,实时监测渗滤液的水位和水质,避免出现渗漏污染。

3.3.2 地下水保护与修复

地下水保护要施行“预防为主、防治结合”的策略,搭建地下水监测网络,定期采集水样,分析污染物的浓度以及扩散路径,在填埋场的周边设置防渗帷幕,借助高压喷射注浆的方式形成止水墙,以此阻断污染物的迁移通道,对于已经受到污染的地下水,可以采用抽出处理技术,把受污染的地下水抽到地面进行处理之后再回灌,或者采用原位修复技术,像注入生物炭来吸附污染物、投放功能微生物去降解有机污染。优化场地的排水系统,防止地表积水出现下渗的情况,凭借抬高地下水位、构建缓冲带等相关措施,形成地下水保护屏障,逐步让地下水的生态功能得到恢复。

3.4 生态系统服务功能重建

3.4.1 生物多样性保护

生物多样性的重建工作需要营造出多层次的生境系统,以此为不同物种创造生存空间,在植被恢复的基础之上,构建“斑块—廊道—基质”这种景观格局,将原生植被斑块留存下来当作物种源地,借助植被带把破碎的生境连接起来,设置人工鸟巢以及昆虫栖息箱等设施,提高动物栖息的便利性。引入蜜蜂、蝴蝶等传粉昆虫,推动植物繁殖,控制外来物种的入侵,保护本土物种的优势地位,建立生物多样性监

测体系,定期对动植物群落的变化展开调查,依靠调整植被结构、改善微生境等举措,逐步恢复食物链的完整性,提升生态系统自我维持以及抗干扰的能力。

3.4.2 碳汇功能提升

碳汇功能重建要借助生态举措来增添碳封存并削减碳排放,对植被配置加以优化,提高针叶树与阔叶树混交林的占比,依据不同树种的固碳特性来提升整体的固碳数量,推广乡土落叶树种,凭借枯落物的分解形成土壤有机碳库,改良土壤结构,加大土壤有机质的含量,提高土壤碳储存的能力,运用生态覆盖技术,减少因土壤呼吸而产生的碳释放。控制垃圾填埋场的甲烷排放,借助填埋气收集系统将甲烷进行资源化利用,降低温室气体的排放,构建碳汇监测评估体系,对植被与土壤的碳储量变化进行量化,促使生态修复与碳达峰碳中和目标实现衔接。

4 城市生活垃圾填埋场生态修复实践案例分析

4.1 案例选择与背景介绍

襄阳火石山垃圾填埋场位于襄城区襄南大道以东 1 公里之处,其于 1991 年开始建设,在 2001 年的时候封场,占地面积为 127 亩,填埋的垃圾量大约是 68 万立方米。在建设初期因为受到当时条件的限制,治污设施比较简陋。设施出现年久失修的状况,垃圾填埋场以及周边区域的地下水和地表水污染问题变得越发严峻,给当地的生态环境以及居民生活带来了极大的负面作用,严重妨碍了区域的可持续发展。2019 年,襄阳市政府响应国家生态文明建设的号召,经过多方的勘查与调研,决定启动火石山垃圾填埋场生态修复项目,并且在 2020 年 5 月成功入选全国第一批地下水污染防治试点项目,为后续的系统性治理打下了基础。

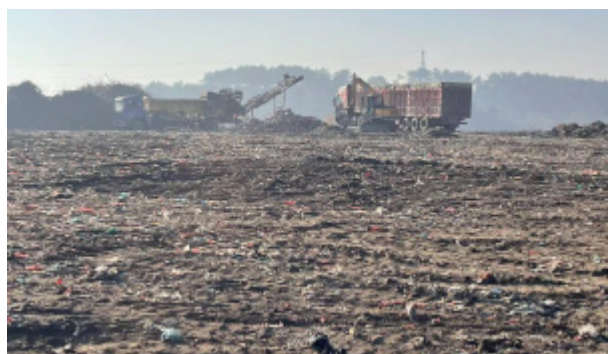


图 1 填埋场治理前

4.2 生态修复策略与实施过程

建设团队运用了一种全方位的治理模式,该模式包含多维阻控、有效疏导、污染治理以及定期监测等环节。对于原垃圾填埋场,他们先实施了整形处理措施,借助双层土工排水网格以及 HDPE 膜来包裹垃圾堆体,以此从源头降低雨水的渗入量以及渗滤液的外泄情况,构建垂直防渗帷幕,并且配备了渗滤液收集处理系统。针对地下水污染展开专门

的治理工作。新建了地下水检测井,持续对修复效果进行跟踪,在植被恢复方面,选用了有耐水湿、耐干旱以及耐盐碱特性的乡土植物,种植了面积达 1.4 万平方米的粉黛乱子草,形成了独特的景观,整合了多方面的资源,在项目建设过程中,从规划、设计直至施工,都严格依照生态保护原则来推进。



图 2 填埋场治理后

4.3 效果评估与经验总结

历经 3 年的建设历程,在 2023 年 10 月这个时间节点,项目实现了顺利完工的目标,往昔垃圾堆积如山、污水肆意流淌的景象被平整的道路、成片生长的植物以及生态游步道所替代,转变成为火石山垃圾分类主题公园。该公园与周边的襄水源生态公园、岷山城市中央生态公园达成了景观方面的衔接,打造出多功能综合服务区,对生态环境起到了改善作用,又为市民供给了休闲的场所,发挥出环保教育的功能,增强了公众的环保意识。其成功经验在于多个部门联合进行主导,引入专业企业展开协作,运用先进且适宜的技术体系,并且注重景观营造与功能开发的融合,为其他城市生活垃圾填埋场生态修复提供了可供参考的范例。

5 结语

城市生活垃圾填埋场进行生态修复属于一项系统工程,这项工程有复杂性且有长期性,需要对技术适配性、生态可持续性以及功能多元性进行全面统筹,运用物理技术、化学技术以及生物技术共同发挥作用,可对土壤质量以及水文环境起到有效的改善作用,对本土植被进行科学合理的配置,可重新构建生态群落,提升碳汇能力以及生物多样性。襄阳火石山的相关案例可以证明,多部门协同发挥主导作用、专业技术提供支撑以及景观功能相互融合的模式,可实现从污染场地转变为生态公园的目标。

参考文献

- [1] 任引,严力蛟,田波,等. 城市受损生态空间修复保育及功能提升研究[M]. 福建科学技术出版社: 202209: 198.
- [2] 汤宣林,徐鹏飞,费腾. 基于生态修复的垃圾填埋场绿化技术探讨[J]. 皮革制作与环保科技, 2022, 3 (08): 168-170.
- [3] 李丽琴. 城市生活垃圾填埋场生态修复综合施工技术[J]. 价值工程, 2022, 41 (05): 69-71.