

存量垃圾填埋场污染分析及修复治理的策略探讨

覃玉斌

4205021987****6511

摘要: 伴随着中国经济的飞速增长和城市化的步伐不断加速,产生的生活垃圾数量也在持续上升。传统的垃圾填埋场作为一种垃圾处理手段,在过去的一段时间里起到了不可或缺的角色。但是,伴随着垃圾填埋场的不断扩建和长时间的使用,很多已经完工的垃圾填埋场开始显露出其环境污染的隐患。垃圾填埋场释放的渗滤液和气体,以及它们对土壤和地下水造成的污染,已经变成了当前迫切需要解决的环境问题之一。这类污染不只是给生态环境带来了深重的打击,同时也威胁到了附近居住者的身体健康。因此,科学地评估垃圾填埋场的污染程度并实施有效的修复和治理措施,已经变成了当前垃圾处理领域的一个关键研究课题。本文旨在探讨现有垃圾填埋场的污染类型及其影响因素,并结合现代科技手段,提出相应的修复治理策略。

关键词: 存量垃圾填埋场; 污染分析; 修复治理

Exploration of Pollution Analysis and Remediation Strategies for Existing Landfill Sites

Yubin Qin

4205021987****6511

Abstract: With the rapid growth of China's economy and the accelerating pace of urbanization, the amount of household waste generated is also continuously increasing. Traditional landfills, as a means of waste disposal, have played an indispensable role in the past period. However, with the continuous expansion and long-term use of landfills, many completed landfills have begun to reveal potential environmental pollution hazards. The leachate and gas released from landfills, as well as the pollution they cause to soil and groundwater, have become one of the urgent environmental problems that need to be addressed. This type of pollution not only brings a profound blow to the ecological environment, but also threatens the physical health of nearby residents. Therefore, scientifically assessing the pollution level of landfills and implementing effective remediation and control measures has become a key research topic in the current field of waste disposal. This paper aims to explore the pollution types and influencing factors of existing landfill sites, and propose corresponding remediation and control strategies based on modern technological means.

Keywords: existing landfill sites; pollution analysis; repair governance

0 前言

垃圾填埋目前是全球最普遍的垃圾处理方法之一,特别是在发展中国家,由于经济和技术的限制,填埋处理仍然是主导方式。根据 2024 年 10 月住建部发布的《2023 年城市建设统计年鉴》,2023 年中国正在运行的城市生活垃圾填埋场 366 座、县城生活垃圾填埋场 845 座,共计 1211 座。2024 年 7 月 24 日,生态环境部正式发布《生活垃圾填埋场污染控制标准(GB16889—2024)》,其中细化了填埋场运行、封场及后期维护与管理期间的污染控制要求,确保填埋场在整个生命周期内都得到有效管理;增加了生活垃圾填埋场开挖再利用技术要求,为填埋场的再利用提供了技术指导和支持。

从国家各部委政策的发布可以看出,一方面,地级及以上城市和具备焚烧处理能力或建设条件的县城原则上不再规划和新建原生垃圾填埋设施,同时注重对库容已满填埋设施开展封场治理,并将现有填埋场剩余库容转为兜底保障

填埋设施备用,加强对现有填埋场综合整治;另一方面,着力提升与填埋相关的焚烧飞灰、渗滤液等废弃物的处理和资源化利用能力,倡导因地制宜在已封场的垃圾填埋场等地块规划建设新能源项目,且通过完善监管体系强化对填埋设施各环节的达标监控,同时新发布的标准细化了填埋场各阶段污染控制要求并增加开挖再利用技术指导,推动填埋场更规范、更环保及科学再利用的发展。

1 垃圾填埋场污染概述

垃圾填埋场在垃圾填埋的过程中,它们会经历降解过程,生成渗滤液、废气等多种污染物,这些污染物对附近的环境和人们的健康构成了严重的威胁。渗滤液含重金属、有机污染物及病原微生物,浓度范围差异大。重金属含量可能超标,有机污染物如 COD、BOD 浓度可高达数万毫克/升,且随填埋时间逐渐降低。病原微生物种类多,浓度受多种因素影响。处理时需严格监测并消毒^[1]。容易渗透到地下水中,

从而污染水源；废气主要来源于垃圾有机物在降解过程中释放的甲烷和二氧化碳等温室气体，这些甲烷的释放不仅会加剧温室效应，还可能导致爆炸等安全问题；除此之外，垃圾填埋场附近的土地和大气也有可能遭受污染，从而对生态系统造成损害。垃圾填埋场所产生的污染是持久和扩散的，污染物的流动和扩散会受到多种因素的制约，这包括填埋场的具体位置、采用的填埋方法以及当地的气候状况等。因此，垃圾填埋场造成的污染问题不只是局部的，它可能会波及周围数十公里甚至更广泛的区域，从而引发土壤退化、生物多样性的丧失等一系列的环境问题，而且治理这些问题的难度很大，成本也很高。基于此，垃圾填埋场的污染控制和修复已经上升为当前环境保护工作的核心议题之一。

2 垃圾填埋场污染物的监测与评估

2.1 渗滤液污染物的监测

填埋场内的垃圾在微生物作用下会分解产生渗滤液。在封场初期（一般数年时间），渗滤液的产生量相对较大，其主要成分包括有机物、重金属等污染物。随着时间推移，渗滤液的产生量会逐渐减少，但仍会持续产生。例如，在一些封场后的填埋场监测中发现，封场 10 年后仍有一定量的渗滤液渗出，这是因为垃圾中的可降解成分如厨余垃圾等在厌氧环境下缓慢分解，释放出水分和溶解性有机物。对渗滤液的监控主要涉及对其水质的周期性检查和成分分析。常用的监测指标有化学需氧量（COD）、生物需氧量（BOD）、重金属离子、氨氮以及挥发性有机物（VOCs）等。通过对这类污染物的持续监控，我们能够深入了解渗滤液的污染水平及其变化模式，从而评估其对环境造成的潜在影响。特别是重金属和有机污染物，它们具有长时间的积累和生物毒性，可能对人类的健康和生态系统造成隐患。因此，运用如气相色谱法、液相色谱法和原子吸收光谱法等高效检测技术，对渗滤液中的污染物进行准确的分析，成为确保污染控制和治理效果的关键途径。另外，对于渗滤液的监测，我们也需要密切关注其在空间和时间上的分布，这样可以及时捕捉到污染源的不正常变动，并为后续的治理策略提供参考。

2.2 废气排放的监测

填埋气体（主要是甲烷和二氧化碳）的产生也是一个长期的过程。在封场后的前 10~20 年左右是填埋气体产生的高峰期，这些气体如果不加以收集处理，会对周围环境造成温室气体排放、爆炸等安全隐患和异味污染^[2]。废气检测的核心任务是对甲烷和二氧化碳的浓度进行实时监控，因为甲烷是温室气体中的主要成分，如果浓度过高，可能会增加爆炸的风险。常用的气体检测技术有气相色谱法、红外气体分析法以及光谱分析法，这些技术能够精确地监测气体的成分和浓度的变动，并评估废气排放对环境造成的潜在影响。与此同时，填埋场附近的气体排放必须定期进行监控，以确保排放的废气不会超出规定标准，从而不会对附近居民的健

康构成威胁。利用这些监测数据，我们能够追踪废气的排放源，并及时实施措施以降低有害气体的泄漏和释放。此外，通过整合气体的收集与处理系统，废气的监测能够为垃圾填埋场的废气处理提供科学的支持，从而确保处理措施的实际效果。

2.3 土壤与地下水的污染评估

高厨余垃圾填埋场典型降解稳定化时间为 10~23 年，而对于低厨余垃圾填埋场，填埋龄期 15~30 年以上的垃圾降解基本停止。对土壤和地下水的污染进行评估是垃圾填埋场环境监控和管理的关键步骤，目的是确定污染物的种类、浓度以及它们对生态系统和人类健康可能产生的影响。评价流程一般涵盖了四个核心环节：确定污染源、采集样本、进行实验室分析以及对数据进行解读。在确定污染源的过程中，需要综合考虑填埋场的历史背景、地理位置以及其周边环境，以分析可能导致污染的各种因素和源头。样本的收集是评价过程中的关键步骤，通常需要在土壤和地下水的多个层面上进行分散式的采样，以确保样本的准确性和可靠性。在进行实验室分析时，我们需要对土壤和地下水中的重金属、挥发性有机物（VOCs）、氨氮以及其他污染物进行检测。为了确保分析结果的准确性，可采用气相色谱、液相色谱和原子吸收光谱等高效的分析技术。

对数据的解析是评价过程中的核心环节，通过将污染物浓度与国家和地方的标准进行对比，我们可以评估土壤和地下水的污染水平。除此之外，我们还需对污染对生态系统造成的各种影响进行评估，这包括但不限于植物的生长、土壤中微生物的活跃度以及动物的生活环境。污染评估的成果不仅为未来的环境修复决策提供了有力的支持，同时也为公共健康风险评估和环境管理战略的制定提供了宝贵的参考依据。

3 垃圾填埋场污染治理技术

3.1 渗滤液处理技术

渗滤液处理是垃圾填埋场污染治理中的关键环节，因其含有大量有毒有害物质，处理效果直接影响环境修复的成效。常见的渗滤液处理技术包括物理法、化学法和生物法，其中，物理化学法如活性炭吸附、膜过滤等技术，能够有效去除渗滤液中的大部分有机污染物和重金属离子。例如，活性炭吸附法能去除 COD（化学需氧量）和有机溶剂，处理后的 COD 浓度可降至 100mg/L 以下；膜技术通过反渗透和超滤膜，能够去除溶解性有机物和小分子污染物，将渗滤液的 BOD（生物需氧量）和 COD 显著降低。生物处理法则主要依赖微生物降解有机污染物，采用生物滤池和生物接触氧化等工艺，可将 BOD 和 COD 的去除率提高至 90% 以上。同时，氨氮（ NH_4^+ ）的去除是渗滤液处理中的一个难点，常通过生物脱氮技术或化学沉淀法来降低氨氮浓度，达到环保排放标准。综合使用这些技术，能够实现渗滤液的深度处

理, 确保其符合国家环保标准 (见图 1)。

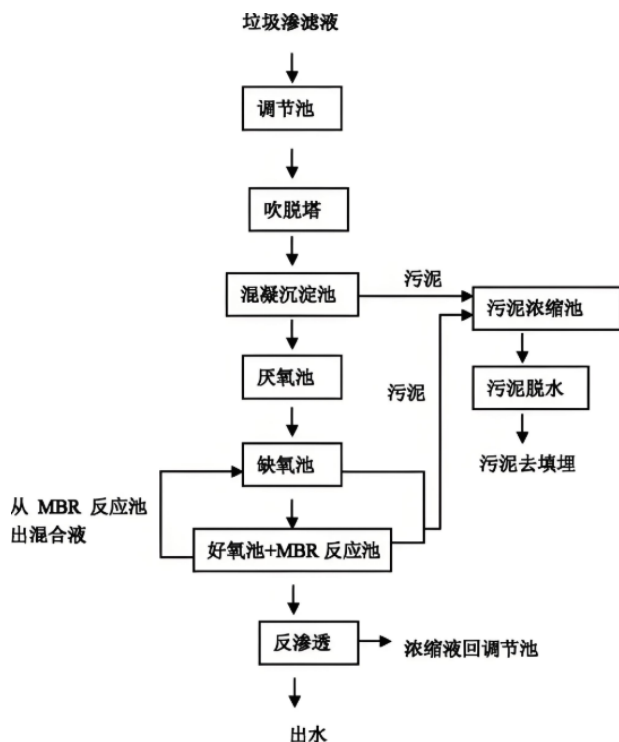


图 1 垃圾渗滤液处理

3.2 废气治理技术

在垃圾填埋场的运营过程中, 废气处理技术起到了不可或缺的角色, 其核心目的是有效地限制和降低甲烷、二氧化碳以及其他有毒气体的排放量。常见的废气处理方法涵盖了气体的收集和燃烧、活性炭的吸附以及生物滤床的技术手段。通过在垃圾填埋场设置专门的抽气井, 气体收集系统能够集中收集产生的废气, 其收集效率能够超过 85%, 从而有效地减少温室气体的排放量。收集到的这些气体可以通过燃烧装置进行焚烧处理, 从而将甲烷转化为二氧化碳, 减少其温室效应的潜力。此外, 利用活性炭的高比表面积, 活性炭吸附法能够有效地捕获挥发性有机化合物 (VOCs), 处理后的废气中 VOCs 的浓度可以降低到 50mg/m³ 以下。生物滤床技术通过利用微生物降解的特性, 能够将废气中的有机成分转变为无害的物质, 其处理效率高达 90% 或更高^[1]。综合运用这些治理技术, 可以显著减少填埋场排放的废气, 提高附近的空气品质, 并确保大众的健康安全。

3.3 土壤与地下水修复技术

在处理垃圾填埋场的污染问题时, 土壤和地下水的恢复技术显得尤为关键, 因为这直接涉及生态平衡和人们的健康状况。面对土壤的污染问题, 常见的修复方法有物理、化学以及生物三种方式。在进行物理修复时, 如土壤的洗脱, 可以采用水、化学溶液或超声波等技术从土壤中分离出污染物, 经过适当的处理后再进行土壤的回填。化学修复方法主要是通过化学反应来分解或稳定污染物, 例如使用氧化还原剂和化学沉淀技术来清除土壤中的重金属和有机污染物, 从

而实现降低其浓度的目标。生物修复技术主要依赖微生物的分解能力, 通过使用特定的微生物群体, 将有机污染物转化为无害物质。这种方法不仅经济、环保, 而且处理效率很高, 生物修复后的 BOD 和 COD 去除率可以超过 80%。

在对地下水进行修复的过程中, 主要采纳泵—处理技术、原地处理以及生物可降解的修复方法。泵—处理方法主要是通过抽取地下水进行集中处理, 其中常见的技术有活性炭吸附和先进的氧化技术等, 这些都有助于清除水中的有机污染物和重金属离子。与此同时, 原位处理方法是直接在污染源处进行操作, 通过向地下水层注入氧化剂或微生物, 从而加速污染物的分解过程。可生物降解修复的方法是通过加入易于降解的有机物质, 以增强土壤和地下水中微生物的活跃性, 从而提升其对污染物降解的能力。通过综合运用上述技术, 我们可以显著降低土壤和地下水中的污染物浓度, 从而恢复其生态功能, 这对于确保环境安全和人类健康具有极其重要的意义。

3.4 开挖筛分技术

对存量垃圾进行开挖后异地处置, 该技术采用好氧预处理 + 开挖转运 + 异地处置 + 场地再利用技术, 该技术污染治理较彻底, 通过筛分垃圾减量资源化程度可以达到 95% 以上。填埋场本身存在较多的填埋气与渗滤液, 为了满足开挖条件, 需要先将堆体稳定后, 再进行垃圾开挖、筛分及资源化利用。治理后可将填埋场污染源彻底清除。该填埋场土地资源得以彻底释放, 可以作为建设用地进行高度利用。若采用开挖转运全量外运填埋技术, 则必须另选场址新建一座卫生填埋场接纳陈腐垃圾, 另外, 陈腐垃圾需要开挖及异地转运过程中易带来二次污染。若采用开挖转运全量外运焚烧技术, 需有焚烧厂能接纳该部分垃圾, 焚烧年限较长。

4 结语

综上所述, 为了确保治理措施的科学性和可持续性, 需要根据填埋场的具体污染特性来制定有效的治理方案, 强调其系统性和综合性的重要性。通过对垃圾填埋场管理的优化, 达到减少污染物排放和恢复生态环境的目的, 能够显著提高附近居民的生活品质和健康状况。未来随着科技的持续发展和政策的不断完善, 期望能在更广泛的范围内实现垃圾填埋场的有效管理, 从而为生态文明建设作出贡献。

参考文献:

- [1] 楼紫阳. 填埋场渗滤液性质演化过程研究[D]. 上海: 同济大学, 2006.
- [2] 王宝贞, 刘研萍, 王琳. 垃圾渗滤液处理处置技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2023.
- [3] 陈云敏, 詹良通, 胡杰, 等. 高厨余垃圾填埋场降解稳定化规律及分阶段治理方式[J]. 环境卫生工程, 2024, 32(S1): 1-12.

作者简介: 覃玉斌(1987-), 男, 中国湖北宜昌人, 硕士, 中级工程师, 从事生活垃圾分类、转运、处置方面的研究。