

基建固废堆存与处置场地环境风险评估与防控技术研究

魏彬

神华新街能源有限责任公司

DOI:10.32629/eep.v9i1.3027

[摘要] 随着新基建与城镇化进程的加速,基建工程产生的固体废物堆存与处置引发的环境风险问题日益凸显。本文基于现有研究成果与最新行业标准,系统分析基建固废堆存与处置场地的环境风险源及演化特征,构建涵盖土壤、地下水、大气、生态等多维度的风险评估指标体系,结合熵值法、耦合协调模型等量化方法优化评估流程;从源头减量、过程管控、末端治理三个维度,提出融合智能化监测、资源化利用、生态修复的综合防控技术体系,为基建固废处置场地的环境风险管理提供理论支撑与技术参考,助力实现新基建与生态环境的耦合协调发展。

[关键词] 基建固废; 堆存场地; 环境风险评估; 防控技术

中图分类号: B845.65 文献标识码: A

Research on Environmental Risk Assessment and Prevention Technologies for Solid Waste Storage and Disposal Sites in Infrastructure Projects

Bin Wei

Shenhua Xinjie Energy Co., Ltd.

[Abstract] With the acceleration of new infrastructure development and urbanization, environmental risks associated with the storage and disposal of solid waste generated by infrastructure projects have become increasingly prominent. This paper systematically analyzes the environmental risk sources and evolution characteristics of infrastructure solid waste storage and disposal sites based on existing research findings and the latest industry standards. It constructs a multidimensional risk assessment index system covering soil, groundwater, atmosphere, and ecology, and optimizes the assessment process using quantitative methods such as the entropy value method and the coupling coordination model. From three dimensions—source reduction, process control, and end-of-pipe treatment—it proposes an integrated prevention and control technology system that combines intelligent monitoring, resource utilization, and ecological restoration. This provides theoretical support and technical references for environmental risk management at infrastructure solid waste disposal sites, facilitating the coordinated development of new infrastructure and the ecological environment.

[Key words] Construction and demolition waste; Stockpile sites; Environmental risk assessment; Prevention and control technologies

引言

在全球气候变化与“双碳”战略背景下,建筑业作为能源消耗与碳排放的主要行业,面临着绿色转型的迫切需求。基建工程作为建筑业的核心组成部分,在道路、桥梁、建筑施工等过程中产生大量固体废物,包括工程渣土、废旧混凝土、碎砖瓦、废砂浆等,据统计我国每年基建固废产生量已超30亿吨,其中堆存与处置阶段的环境风险管控成为行业痛点。基建项目施工期与运行期产生的固废会对周边空气、水、声环境造成显著影响,其中PM10、COD、石油类等污染物超标问题突出^[1]。而新基建的推进虽为行业转型提供了契机,但复杂环境下的施工安全管理、多参与方

沟通协调等问题,进一步加剧了固废堆存处置的环境风险^[2]。

2026年生态环境部出台的《建筑垃圾污染控制技术规范》(HJ1462—2026)首次明确了基建固废从产生到处置的全流程污染控制要求,强调堆存场地选址、分类存放、污染物监测等关键环节的管理标准。同时,《固体废物综合治理行动计划》提出构建“源头减量-过程管控-末端利用”的全链条治理体系,要求利用信息化、智能化技术提升风险防控精准度。在此政策背景下,开展基建固废堆存与处置场地环境风险评估与防控技术研究,既是落实环保法规的必然要求,也是推动基建行业绿色转型的重要举措^[3]。

1 基建固废堆存与处置场地环境风险源识别

1.1 风险源分类与特征

基建固废堆存与处置场地的环境风险源主要源于固废自身特性、堆存方式、场地条件及周边环境等因素,按污染类型可分为四大类:

1.1.1 土壤污染风险源。基建固废中的重金属、化学外加剂、油污等有害物质,通过淋溶、渗透作用进入土壤环境。例如,废旧混凝土中的碱性物质会改变土壤pH值,工程渣土中的重金属(如铅、镉)易在土壤中累积,尤其在狭小复杂环境下,堆存场地与周边建筑物、管线距离较近,污染扩散风险更高^[4]。《建筑垃圾污染控制技术规范》明确要求,固废堆存前需开展土壤环境本底调查,避免污染叠加。

1.1.2 地下水污染风险源。堆存场地防渗设施不完善或老化破损,导致固废淋滤液渗入地下水系统。淋滤液中含有的COD、NH₃-N、石油类等污染物,会造成地下水水质恶化,如袁红民研究中漕运河断面石油类超标5.56倍,渭河耿镇桥断面NH₃-N超标8.93倍,均与周边基建固废堆存淋滤液渗漏相关。此外,复杂地质条件(如溶洞、断层)会加速污染物扩散,增加风险管控难度。

1.1.3 大气污染风险源。固废堆存过程中产生的扬尘(TSP、PM₁₀)及挥发性有机物(VOCs)是主要大气污染源。施工期土方开挖、固废运输及堆存阶段的风力作用,易导致扬尘扩散,袁红民的监测数据显示,基建施工区域PM₁₀年均值超标32%,高压开关厂周边超标率达42.22%。同时,可燃固废(如废木材、塑料)的自燃或不完全燃烧,会产生有毒有害气体,加剧大气污染。

1.1.4 生态与安全风险源。不合理的堆存方式易引发滑坡、坍塌等地质灾害,尤其在山地或狭小场地,固废堆载压力可能导致周边构筑物变形开裂。此外,固废堆存场地破坏地表植被,影响生态系统完整性,与周边生态保护红线、自然保护地形成冲突,违背《建筑垃圾污染控制技术规范》的选址要求。

1.2 风险演化规律

基建固废堆存与处置场地的环境风险演化具有显著的时序性与空间性特征。在时序上,施工期风险集中爆发,主要表现为扬尘污染、临时堆存点渗漏等;运行期风险呈慢性累积态势,土壤与地下水污染逐渐显现,监测数据显示,堆存超过5年的场地土壤重金属超标率较新场地高出40%以上;封场后风险仍长期存在,需持续监测土壤、地下水指标直至连续2年达标。

在空间上,风险呈现“核心-辐射”分布特征:堆存场地核心区为高风险区,土壤与地下水污染最为严重;周边1-3公里为风险辐射区,主要受扬尘与淋滤液扩散影响;东部及东北地区因城镇化水平高,基建活动密集,风险集聚程度显著高于中西部地区,与新基建与生态环境耦合协调度的空间分布规律一致。此外,科技创新水平与风险演化速率密切相关,中、西部地区因科技创新对风险管控的支撑作用更强,风险扩散速度相对较慢。

2 基建固废堆存与处置场地环境风险评估体系构建

2.1 评估指标体系设计

基于风险源识别结果,结合《建筑垃圾污染控制技术规范》

要求与现有研究成果,构建“目标层-准则层-指标层”三级风险评估指标体系,涵盖土壤环境风险、地下水环境风险、大气环境风险、生态与安全风险4个准则层;土壤pH值、重金属综合污染指数、土壤有机质含量、地下水COD浓度、地下水NH₃-N浓度、防渗层完好率、TSP浓度达标率、扬尘控制措施落实率、挥发性有机物浓度、堆存场地与生态红线距离、边坡稳定性系数、植被覆盖率、固废分类存放达标率、应急预案完备性、管理人员培训达标率、智能化监测设备覆盖率16个指标层。指标选取遵循以下原则:一是科学性,基于污染机理与工程实践,确保指标能真实反映风险水平;二是可操作性,指标数据易通过监测、核查等方式获取,符合《建筑垃圾污染控制技术规范》的监测要求;三是系统性,涵盖多环境介质与管理因素,体现风险的综合性;四是动态性,指标权重可根据区域特征与堆存阶段调整,适应不同场景需求。

2.2 评估方法优化

2.2.1 指标权重确定。采用熵值法确定客观权重,结合层次分析法(AHP)修正主观偏差。熵值法通过计算指标信息熵反映数据离散程度,权重分配更具客观性;AHP法结合专家经验,修正区域差异导致的指标重要性偏差,如东部地区城镇化水平高,可适当提高大气污染指标权重,中西部地区则强化土壤与地下水指标权重,与耦合协调度的区域驱动因素特征一致。

2.2.2 风险量化评估。构建多维度风险综合指数(ERI),计算公式如下:

$$ERI = \sum_{i=1}^n W_i \times S_i$$

其中, W_i 为第*i*项指标的组权重,为第*i*项指标的标准化得分。标准化得分采用极值法处理:正向指标(如植被覆盖率)按 $S_i = (x_i - x_{min}) / (x_{max} - x_{min})$ 计算,负向指标(如地下水COD浓度)按 $S_i = (x_{max} - x_i) / (x_{max} - x_{min})$ 计算;约束性指标依据国家/行业标准划分分级阈值(如TSP浓度达标率 $\geq 90\%$ 为优秀、70%-90%为良好、 $< 70\%$ 为不达标),评价性与辅助性指标采用5分制正向评分(5分为最优、1分为最差)。

2.2.3 风险等级划分。基于综合指数得分,将风险等级划分为低风险($ERI < 2.0$)、中风险($2.0 \leq ERI < 3.5$)、高风险($ERI \geq 3.5$)三个等级,并结合耦合协调模型,分析风险等级与生态环境承载力的匹配关系,为差异化防控提供依据。

2.3 评估流程规范

风险评估流程分为四个阶段:准备阶段、现场调查阶段、量化评估阶段、结果应用阶段,确保评估结果科学可靠。

准备阶段主要是收集堆存场地地质勘察资料、固废成分分析报告、周边环境本底数据,明确评估范围与目标,组建包含环境监测、工程技术、生态保护等领域的专业团队。现场调查阶段针对开展固废堆存现状核查,包括堆存量、分类存放情况、防渗设施完整性等;按规范布点监测土壤、地下水、大气指标,土壤监测至少覆盖堆存区、缓冲区、背景区三个区域,地下水监

测井布设符合水文地质条件要求。量化评估阶段是采用优化后的熵值-AHP法计算指标权重,通过综合指数模型得出风险等级,结合GIS技术绘制风险空间分布图,识别高风险区域与关键风险源。结果应用阶段需要编制风险评估报告,明确风险防控重点与优先级,为防控技术选型、管理措施制定提供依据,评估结果有效期为3年,期间需根据堆存情况与监测数据动态更新。

3 基建固废堆存与处置场地环境风险防控技术体系

3.1 源头减量技术

3.1.1 绿色施工减量技术。推广清洁生产技术,优化施工工艺减少固废产生。例如,采用装配式建筑技术降低施工现场混凝土废弃物产量;应用“流态固化土通用快速加工机”,将基坑弃土原位转化为工程回填材料,实现固废减量与资源化利用一体化,甘肃省中医院项目应用该技术后,弃土外运量减少85%,材料成本降低40%。

3.1.2 固废源头分类技术。按《建筑垃圾污染控制技术规范》要求,实施基建固废源头分类,拆除与装修过程中单独收集危险废物,废旧混凝土、碎砖瓦等按成分分区存放,配备专用分类存放设施,采取防尘、防雨措施减少二次污染。建立分类台账,记录固废类别、产生量、去向,台账保存时间不少于5年。

3.1.3 材料优化替代技术。选用环保型建筑材料与外加剂,减少固废中有害物质含量;推广再生建材应用,如再生混凝土、再生砂浆等,降低原生材料消耗,契合新基建绿色转型要求。

3.2 过程管控技术

3.2.1 智能化监测预警技术。构建“物联网+AI”监测体系,集成土壤传感器、地下水水质监测仪、TSP在线监测设备,实现污染物浓度实时采集。应用福全AI+环保系统,通过深度学习算法分析监测数据,对渗漏、扬尘超标、设备故障等风险进行秒级响应预警,将传统人工巡检的“小时级”发现时间缩短至“秒级”。管理人员通过手机APP远程查看数据,实现“少人值守”甚至“无人值守”管理。

3.2.2 堆存场地防渗技术:根据场地地质条件,选用复合防渗系统,包括HDPE土工膜、膨润土防水毯、压实黏土衬层等,防渗层完好率需达到100%。对狭小复杂环境下的堆存场地,采用排桩与板墙式支护结合防渗技术,既保证边坡稳定,又防止污染物渗漏,参考南京某高校深基坑项目的支护经验,可将周边环境变形控制在允许范围内。

3.2.3 扬尘控制技术:采用“湿法作业+密闭运输+植被覆盖”综合措施,施工现场设置喷淋系统和车辆冲洗装置,固废运输车辆配备密闭装置与GPS定位系统;堆存场地裸露区域覆盖防尘网或种植植被,周边安装TSP浓度监测设施,数据保存不少于1年。对高扬尘风险区域,应用雾炮机、防风抑尘网等强化防控

3.3 末端治理技术

因地制宜选择资源化路径,废旧混凝土、碎砖瓦等用于废弃矿坑修复或道路基层材料;废金属、废塑料等再生利用,不可再生的可燃杂物采用焚烧、热解或水泥窑协同处置,产生的废渣进一步资源化或安全填埋。建立区域固废资源化利用协同平台,

整合产生单位、运输企业、处置机构资源,提高利用效率。对已污染的土壤与地下水,采用针对性修复技术。土壤污染修复可选用淋洗法、固化稳定化法,重金属污染严重区域采用植物修复与微生物修复联合技术;地下水污染修复采用抽出处理法、渗透反应墙技术,降低COD、NH₃-N等污染物浓度至达标水平。修复过程中需按规范监测,确保修复效果持久稳定。固废处置场地封场后,开展生态修复工程,包括场地平整、土壤改良、植被重建等。优先选用乡土植物构建生态群落,提高植被覆盖率;设置长期监测井,持续监测土壤与地下水质量,直至连续2年指标不超过环境本底水平。结合5S管理模式,建立封场后场地维护机制,实现自主管理与持续优化。

3.4 管理保障措施

完善安全施工管理制度,明确各参与方的环境责任,建立“产生-运输-处置”全链条追溯体系。严格执行《建筑垃圾污染控制技术规范》《固体废物综合治理行动计划》等政策要求,将风险防控纳入基建项目环境影响评价与竣工验收指标。加强环保与基建专业人才培养,推动产学研协同发展,提升管理人员与技术人员的风险识别、评估与防控能力。开展5S管理、智能化设备操作等专项培训,培养员工遵章守纪的行为习惯,实现现场管理水平持续提升。加大对固废资源化利用与智能化防控技术的政策扶持,鼓励企业开展技术创新与试点示范;针对不同区域资源禀赋,制定差异化管控政策,东部地区强化城镇化进程中的风险防控,中西部地区突出科技创新对风险管控的支撑作用。

4 结束语

本研究系统识别了基建固废堆存与处置场地的环境风险源,明确风险演化具有时空性且受固废特性、场地条件、区域发展水平等多因素影响。构建了包含4准则层16指标层的风险评估体系,通过熵值-AHP法与综合指数模型科学量化风险水平,划分低、中、高三级,为差异化防控提供支撑,契合新基建与生态环境协调发展需求。形成“源头减量-过程管控-末端治理”一体化防控技术体系,融合智能化监测、资源化利用、生态修复及制度保障,可将中/高风险降至低风险,提升资源化利用率。未来应融合大数据与AI优化模型,研发差异化技术,强化区域协同,推动基建行业与生态环境长期高质量发展。

[参考文献]

- [1]张骧.复杂环境下基建工程施工安全管理的挑战与对策研究[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(25):60-62.
- [2]代冬伟,刘建勋.新基建环境下建筑企业绿色施工转型策略[J].住宅与房地产,2025,(14):37-39.
- [3]何寿奎.新基建与生态环境发展水平耦合协调的时空演变与影响因素研究[J].资源开发与市场,2025,41(2):177-185.
- [4]郭占先.新基建环境下要实现工控安全可知、可管、可控[J].互联网天地,2023,(08):60.

作者简介:

魏彬(1983—),男,汉族,河北邢台人,大学本科,助理工程师,从事企业基建期环境保护研究。