

生态环境工程领域生活垃圾填埋场与转运站建设运营管理的实践探索

麦守廉

广东 中山 528467

DOI:10.61369/EAE.2025060017

摘 要： 本文围绕生活垃圾填埋场与转运站展开，涵盖选址、工艺设计、运营管理等多方面。选址需综合考量地质、水文及社会经济因素；填埋工艺研究分层填埋与防渗结构；运营管理涉及作业管理、渗滤液处理等。转运站则探讨功能布局、设备配置等。此外，还提及固废设施智慧运维及低碳运营等，展望了人工智能与循环经济融合的发展方向。

关 键 词： 生活垃圾填埋场；生活垃圾转运站；智慧运维

Practical Exploration of Construction, Operation and Management of Domestic Waste Landfills and Transfer Stations in the Field of Ecological Environment Engineering

Mai Shoulian

Zhongshan, Guangdong 528467

Abstract： This article focuses on landfill sites and transfer stations for household waste, covering multiple aspects such as site selection, process design, and operation management. Site selection should comprehensively consider geological, hydrological, and socio-economic factors; Research on layered landfill and anti-seepage structure in landfill technology; Operations management involves job management, leachate treatment, etc. The transfer station explores functional layout, equipment configuration, etc. In addition, intelligent operation and low-carbon operation of solid waste facilities were also mentioned, and the development direction of the integration of artificial intelligence and circular economy was discussed.

Keywords： landfill site for household waste; household waste transfer station; smart operation and maintenance

引言

《“十四五”城镇生活垃圾分类和处理设施发展规划》（2021年颁布）为生活垃圾处理指明方向。生活垃圾填埋场与转运站的建设运营管理意义重大，选址需综合地质、水文及社会经济因素，设计要注重填埋工艺与防渗结构，运营管理涵盖作业流程、渗滤液处理等多方面。转运站在功能布局、设备配置、除臭降噪等领域不断探索创新。同时，数字孪生、北斗定位等技术助力运维智慧化提升，碳足迹核算、光伏封场等推动低碳发展。未来，人工智能与循环经济的融合将为固废管理带来新突破。

一、生活垃圾填埋场建设关键技术

（一）填埋场选址与场地勘察

生活垃圾填埋场选址需综合考虑地质条件、水文环境及社会经济因素。地质条件方面，要避开地震活动带、断层等不良地质区域，选择地质稳定、承载能力良好之处，以防填埋体变形或塌陷。水文环境上，应远离水源地、含水层等，且地下水位不宜过高，减少渗滤液对地下水污染风险。社会经济因素也不容忽视，需考量与城市距离、交通便利性，既方便垃圾运输，又要避免对

周边居民生活产生过大影响。场地勘察时，要遵循岩土工程勘察技术标准，全面了解场地岩土特性，运用科学风险评估方法，识别潜在风险，如滑坡、渗漏风险等，为填埋场后续设计与建设提供可靠依据^[1]。

（二）填埋工艺系统设计与防渗结构

生活垃圾填埋场的填埋工艺系统设计，要着重研究分层填埋作业规范。分层填埋能使垃圾分布更合理，有效利用填埋空间，同时减少垃圾沉降带来的影响。规范需明确每层填埋的厚度、压实度等具体参数，确保填埋作业科学有序进行。防渗结构方面，

HDPE 膜与 GCL 复合材料防渗体系是常用选择。HDPE 膜具有良好的化学稳定性、耐候性和防渗性能。GCL 复合材料则有施工简便、遇水膨胀密封等特点。对比二者经济性与生态效益^[2]，HDPE 膜成本相对较高但使用寿命长，GCL 复合材料成本较低但对施工环境要求稍高。需综合考虑项目所在地的地质条件、环境要求及预算等因素，选择合适的防渗体系，以实现生态与经济的平衡。

二、生活垃圾填埋场运营管理体系

（一）填埋作业全过程管理

在生活垃圾填埋场运营管理中，填埋作业全过程管理至关重要。建立垃圾进场计量的标准化流程，精准把控垃圾入场数量，为后续处置规划提供数据支撑。实施分区压实，依据填埋场布局合理划分区域，通过专业压实设备提高垃圾压实度，减少垃圾体积，延长填埋场使用寿命。覆土作业也遵循标准化要求，及时覆盖垃圾，防止异味扩散、蚊蝇滋生等环境问题。同时，积极探索无人机监测作业面的创新应用，利用无人机灵活、高效的特点，实时监测填埋作业面情况，及时发现如垃圾暴露、覆土不均等问题，为填埋作业的优化调整提供依据，从而提升填埋作业全过程管理水平，实现生态环境友好的填埋作业^[3]。

（二）渗滤液处理与甲烷回收

在生活垃圾填埋场运营管理体系中，渗滤液处理与甲烷回收至关重要。采用膜生物反应器与蒸发结晶组合工艺处理渗滤液，膜生物反应器可有效去除大部分有机物与氨氮，确保水质达标。蒸发结晶进一步浓缩处理，实现水资源的循环利用，降低对环境的污染^[4]。甲烷回收方面，研究沼气收集发电系统运营能效比优化方案，通过合理设计收集系统，提高甲烷收集效率，降低泄漏率。优化发电设备运行参数，提升发电效率，将回收的甲烷转化为电能，实现资源的再利用，同时减少甲烷直接排放对大气环境造成的温室效应，助力生活垃圾填埋场的绿色、可持续运营。

三、生活垃圾转运站工程实践

（一）转运站规划设计与设备选型

1. 站区功能布局优化

在生活垃圾转运站工程实践中，站区功能布局优化至关重要。建立压缩设备、车辆动线与环保设施的协同规划模型是关键举措。通过此模型，能够全面且系统地考量各功能要素间的相互关系与影响。在不同处理规模下，深入分析用地效率指标，可使土地资源得到更为合理的配置。比如，针对小型转运站，可依据其处理规模，精准规划压缩设备的摆放位置，同时结合车辆进出站的流线，合理设置车辆动线，避免拥堵，提升转运效率。环保设施布局则需充分考虑风向、地势等因素，确保对周边环境影响最小化。这种优化方法依据协同规划模型与用地效率指标分析，让站区功能布局科学合理，实现高效运营^[5]。

2. 智能压缩设备配置

在生活垃圾转运站智能压缩设备配置方面，垂直预压式与水

平打包式设备各具特点，需对比其运行参数。垂直预压式设备在压缩比上表现出色，通常可将垃圾压缩至较小体积，但其对垃圾的适应性可能相对较弱。水平打包式设备则在处理不同类型垃圾时更为灵活，可高效处理混合垃圾。从能耗角度看，两者也存在差异，垂直预压式在单次压缩过程中能耗可能较高，但因压缩比高，整体转运量相同情况下，总能耗或有不同表现。5G 物联网在设备状态监测中的实践意义重大^[6]，通过在设备关键部位安装传感器，借助 5G 网络的高速与低延迟特性，能实时将设备运行参数传输至管理平台，如设备压力、运行时长等，便于管理人员及时掌握设备状态，提前预警故障，保障转运站高效稳定运行。

（二）转运站环保设施建设

1. 臭气控制技术体系

在生活垃圾转运站臭气控制技术体系构建中，生物滤池与离子除臭联用系统成为关键举措。生物滤池利用微生物分解臭气中的污染物，具有处理效率高、运行成本低等优势，能有效去除大部分可生物降解的恶臭物质。离子除臭则通过产生高能离子，与臭气分子发生反应，进一步分解恶臭成分，对生物滤池难以处理的成分进行补充净化。两者联用，取长补短，可显著提升除臭效果。同时，应用嗅觉指纹图谱评价除臭效果，该技术能从嗅觉感官层面，综合反映臭气成分和强度的变化，以更贴合人体实际感受的方式对除臭效果进行量化评估^[7]，助力转运站精准调控除臭工艺，保障周边环境空气质量。

2. 噪声污染防治措施

在生活垃圾转运站噪声污染防治方面，着重研究隔声屏障结构与设备减振基座的组合降噪方案。通过采用具有高效吸声、隔声性能的材料构建隔声屏障，合理规划其高度、长度及安装位置，有效阻挡和吸收设备运行产生的噪声向外传播。同时，为各类转运设备安装减振基座，利用橡胶、弹簧等减振材料，降低设备振动传递至地面引发的结构噪声。为精准评估降噪效果，建立声环境三维模拟评估模型。该模型基于实际场地参数、设备噪声源强等数据，模拟不同工况下转运站周边声环境分布情况，以便及时调整优化降噪方案，确保降噪措施科学有效，最大程度降低对周边环境及居民的噪声影响^[8]。

四、固废设施运维智慧化提升

（一）数字孪生技术应用

1. BIM 全生命周期管理

在固废设施运维智慧化提升的数字孪生技术应用中，BIM 全生命周期管理发挥着关键作用。在填埋场扩容工程里，借助 BIM 技术可实现动态模拟。通过构建精准的三维模型，将填埋场的地理信息、设施布局等数据集成其中，模拟填埋过程、场地变化等，提前预测可能出现的情况，为工程规划与决策提供有力支撑。同时，利用 BIM 的冲突检测功能，能对扩容工程中的不同设施、结构进行碰撞检查，及时发现设计与施工中的潜在冲突点，如管道与建筑物的位置冲突等。这一功能可在施工前对设计进行优化调整，避免施工阶段的变更与返工，有效提高工程质量与效

率,实现填埋场扩容工程全生命周期的精细化管理^[9]。

2.北斗定位智能调度

在固废设施运维智慧化提升的北斗定位智能调度环节,开发基于北斗系统的运输车辆路径优化算法意义重大。借助北斗系统高精度定位功能,能够实时精准掌握运输车辆位置^[10]。通过该算法,可依据交通路况、运输距离、垃圾产生量等多因素,对车辆行驶路径进行动态规划与优化,避免拥堵,提高运输效率。同时,构建实时监控大数据平台,与北斗定位系统深度融合。该平台收集车辆运行状态、垃圾装载量、运输时间等数据,进行分析处理,实现对整个固废运输过程的全方位监控与智能调度,及时发现并解决运输中出现的问题,确保固废运输高效、有序进行,助力生活垃圾填埋场与转运站的智能化运营管理。

(二) 低碳运营模式创新

1.碳足迹核算体系

建立适用于生活垃圾填埋场与转运站的碳足迹核算体系,对于实现低碳运营意义重大。通过建立覆盖建设期建材运输、运营期能耗的全过程LCA(生命周期评价)模型,能够全面评估固废设施在整个生命周期内的碳排放情况。建设期建材运输涉及不同运输方式与距离,其碳排放存在差异,明确这些参数并纳入模型,可精准计算该阶段碳排放量。运营期能耗涵盖设备运行、照明等多方面,细致分析各能耗环节,确定关键减排节点,如优化填埋气收集利用系统,减少温室气体逸散,或改进转运站设备能源效率,降低电力消耗。借助该核算体系与LCA模型,为固废设施低碳运营提供量化依据与改进方向。

2.光伏封场一体化

在生态环境工程领域,针对生活垃圾填埋场退役后的处理,光伏封场一体化是一种创新的低碳运营模式。研究退役填埋场光伏覆盖技术,能够实现资源的二次利用。一方面,光伏板的铺设可以充分利用填埋场的闲置空间,将太阳能转化为电能,带来发电收益,增加填埋场运营的额外经济收入。另一方面,光伏封场有助于生态修复,光伏板能一定程度上减少雨水对填埋场的冲刷,降低渗滤液产生量。同时,这种模式还能减少场地扬尘,改善周边生态环境。通过发电收益与生态修复协同效益的分析,可更好地评估该模式在固废设施运维智慧化提升方面的价值,为生活垃圾填埋场的可持续发展提供新路径。

(三) 安全风险防控机制

1.边坡稳定性预警

构建基于InSAR技术的形变监测系统,对生活垃圾填埋场

边坡进行高精度、大面积的形变监测。该技术利用合成孔径雷达干涉测量原理,通过分析雷达回波信号获取地表微小形变信息,能实时掌握边坡表面位移变化情况。基于监测数据,深入分析边坡形变特征与趋势,为滑坡风险评估提供有力数据支撑。同时,开发滑坡风险分级响应预案。根据边坡形变程度、地质条件等因素,将滑坡风险划分为不同等级,针对每个等级制定详细的应对措施。风险较低时,加强监测频率;风险较高时,及时采取工程加固、人员疏散等措施,从而实现对生活垃圾填埋场边坡稳定性的有效预警,保障固废设施安全稳定运行。

2.职业健康管理体系

在固废设施运维智慧化提升的安全风险防控机制中,职业健康管理体系至关重要。一方面,完善防尘降噪个体防护标准,依据填埋场与转运站的实际作业环境及污染物特点,精准制定适用于不同岗位作业人员的防护装备要求,确保防尘口罩、降噪耳塞等防护用品能有效抵御粉尘、噪音危害。另一方面,建立作业人员健康档案大数据分析平台,全面收集作业人员的健康体检数据、职业暴露史等信息,运用大数据分析技术,及时洞察潜在的健康风险趋势,如长期接触垃圾污染物可能引发的呼吸道疾病、皮肤病等。通过这两方面措施,为作业人员构筑起坚实的职业健康保障防线,推动固废设施运维工作的持续开展。

五、总结

在生态环境工程领域,生活垃圾填埋场与转运站的建设运营管理经过实践探索,取得诸多创新成果。选址设计上,充分考虑环境因素与周边规划,实现科学布局;工艺优化通过采用先进技术,提升处理效率与环保水平;智慧运维借助信息化手段,提高管理效能。基于全生命周期成本提出设施升级路径,旨在从规划到退役各阶段,综合考量成本与效益,推动可持续发展。展望未来,人工智能与循环经济理念在固废管理领域的融合是必然趋势。人工智能将实现更精准的监测与决策,循环经济则促进资源的最大化利用,二者结合为生活垃圾填埋场与转运站的建设运营管理开辟新方向,助力生态环境工程领域迈向更高水平。

参考文献

- [1] 康霄.生活垃圾填埋场生态修复与景观设计研究——以济南济北填埋场为例[D].山东建筑大学,2022.
- [2] 吕文娟.基于生态修复的生活垃圾填埋场景观再生设计研究[D].西安建筑科技大学,2022.
- [3] 陈佳卉.生活垃圾转运站选址对城市住区恶臭扩散的影响[D].浙江大学,2022.
- [4] 安晓雯.低碳视角下的生活垃圾转运站选址及路径优化[D].华北电力大学(北京),2022.
- [5] 呼延震.城市生活垃圾填埋场液气运移规律及调控措施研究[D].大连海事大学,2021.
- [6] 刘洁.城市生活垃圾收运系统优化模型研究[D].四川:西南交通大学,2011.
- [7] 丁伟杰.生活垃圾转运站除臭技术及典型工艺研究[J].皮革制作与环保科技,2022,3(10):92-94.
- [8] 陈伟洲.生活垃圾填埋场治理技术方案探究[J].低碳世界,2022,12(12):31-33.
- [9] 刘玉文.利用生活垃圾填埋场上建设飞灰固化物填埋场适宜性探讨[J].再生资源与循环经济,2021,14(1):20-24.
- [10] 张士兵.生活垃圾填埋场恶臭高发期应急监测和精准溯源的探索[J].当代化工研究,2022(12):59-61.