

聚焦生态环境工程：生活垃圾填埋场与转运站的建设及运营管理新论

麦守廉

广东 中山 528467

DOI:10.61369/ME.2025110031

摘 要： 本文围绕生活垃圾填埋场与转运站，阐述多项建设运营管理要点。包括选址评估、环保设计、土工材料应用、工艺流线设计等工程技术，还涉及智能化运维、环境保障与技术创新，如导电土工膜研发、生物屏障技术应用等，强调环境风险预警，指出智能化、生态化趋势及相关发展建议。

关 键 词： 生活垃圾填埋场；生活垃圾转运站；环境保障

Focus on Ecological Environment Engineering: New Perspectives on the Construction and Operation Management of Municipal Solid Waste Landfills and Transfer Stations

Mai Shoulian

Zhongshan, Guangdong 528467

Abstract： This article focuses on municipal solid waste landfills and transfer stations, elaborating on key aspects of their construction and operational management. It covers engineering technologies such as site selection assessment, environmental protection design, geosynthetic material applications, and process flow design. Additionally, it addresses intelligent operation and maintenance, environmental safeguards, and technological innovations, including the development of conductive geomembranes and the application of bio-barrier technology. The paper emphasizes environmental risk early warning systems, highlights trends in intelligent and ecological development, and provides relevant recommendations for future progress.

Keywords： municipal solid waste landfill; municipal solid waste transfer station; environmental protection

引言

2020年颁布的《关于加强生态环境领域科技创新 推动美丽中国建设的实施意见》强调了在生活垃圾处理设施建设运营中提升环保与技术水平的重要性。在生活垃圾填埋场与转运站的建设及运营管理中，选址评估、环境保护设计、材料应用、工艺规划等多个方面都关乎生态环境安全与资源合理利用。从防渗、除臭到智能化运维等一系列技术与管理措施，既符合当下环保要求，又顺应智能化与生态化发展趋势。这不仅体现了工程技术体系的规范化需求，也为未来在渗滤液资源化利用等方向的探索指明了道路，对促进生态环境工程发展意义重大。

一、生活垃圾填埋场建设关键技术

（一）选址评估与环境保护设计

在生活垃圾填埋场建设中，选址评估与环境保护设计至关重要。需依据特定水文地质条件筛选标准，考量地下水位深度、土壤渗透性等因素，以保障填埋场的稳定性与安全性^[1]。同时，严格遵循环境敏感区避让原则，远离自然保护区、水源地等区域，避免对生态环境造成重大影响。借助GIS技术构建选址评价模

型，综合分析地形、交通、人口分布等多方面因素，科学确定最佳选址。在环境保护设计方面，采用防渗系统双重保护设计，即HDPE膜与GCL结合，有效防止渗滤液渗漏，降低对地下水和土壤的污染风险，从而实现生活垃圾填埋场的可持续建设与运营。

（二）复合土工材料应用与库区构造

在生活垃圾填埋场建设中，复合土工材料的应用对库区构造起着关键作用。研究不同工况下土工膜接缝强度测试标准意义重大，合适的测试标准能准确评估土工膜接缝质量，保障其在填埋

场复杂环境中的稳定性^[2]。基于此,提出分层压实与导排盲沟协同设计,分层压实可有效提高填埋体的密实度,减少沉降,导排盲沟则能及时排除渗滤液,降低对土工材料的侵蚀,二者协同作用提升库区整体性能。同时,借助 FEA 模拟对边坡稳定性控制方案进行验证,模拟不同条件下边坡的力学响应,优化设计参数,确保库区边坡在长期运营中保持稳定,为生活垃圾填埋场的安全、环保运行奠定坚实基础。

二、生活垃圾转运站规划建造体系

(一) 功能分区与物流规划

在生活垃圾转运站规划建造体系的功能分区与物流规划中,需优化卸料-压缩-存储的工艺流线设计。通过建立转运量与服务半径的量化匹配模型,科学确定各功能区规模与布局。卸料区应方便垃圾车辆顺畅卸料,与压缩区紧密衔接,减少垃圾停留时间,降低二次污染。压缩区需根据转运量合理配置压缩设备,提高垃圾压缩效率。存储区要具备足够空间暂存压缩后的垃圾,且符合环保要求。同时,要精心规划物流路线,通过实证案例论证人车分流系统可显著提升安全效益,实现垃圾高效转运与人员安全保障的平衡,确保整个转运站运行的高效性与安全性^[3]。

(二) 压缩设备选型与降噪设计

在生活垃圾转运站的压缩设备选型方面,需对比选水平预压与垂直压缩的技术经济指标。水平预压设备在处理量较大、垃圾成分相对单一的场景下,可能在处理效率上更具优势,而垂直压缩设备则在空间利用和压缩比方面或许表现突出,通过对两者技术指标如压缩比、处理能力以及经济指标如设备采购成本、运行维护成本等的全面分析,提出模块化设备选配策略,依据转运站规模、垃圾特性等因素灵活组合设备模块,提高设备适配性。在降噪设计上,研发新型隔声屏障构造,该构造应综合考虑吸声、隔声等性能,采用新型吸声材料与合理的结构设计。同时开展现场声压级测试,依据测试结果对隔声屏障进行优化,确保转运站周边声环境符合环保标准,有效降低对周边居民生活的影响^[4]。

三、运营管理全周期控制体系

(一) 填埋场运营管理创新

1. 填埋作业标准化规程

制定单元式分层填埋作业标准,旨在优化填埋空间利用,确保垃圾填埋有序进行,减少对周边环境的影响^[5]。建立进场垃圾计量与分选管控流程,可精确掌握垃圾来源及成分,避免不符合填埋要求的垃圾入场,提高填埋效率与质量。对于开发作业面临时覆盖技术规范,这不仅能有效防止垃圾暴露造成的扬尘、异味扩散等问题,还能在一定程度上抑制垃圾中有害成分的挥发。通过这一系列填埋作业标准化规程,从垃圾入场的源头把控,到填埋过程的规范操作,再到作业面临时覆盖的有效管理,形成一套完整的标准体系,全面提升生活垃圾填埋场运营管理水平,助力生态环境工程建设。

2. 渗滤液动态处理技术

在生活垃圾填埋场运营管理创新中,渗滤液动态处理技术至关重要。需深入解析渗滤液水质随填埋年限的演变规律,不同填埋阶段渗滤液成分差异显著,这为处理工艺的动态调整提供依据。基于此,构建 MBR+NF 集成处理工艺,MBR 即膜生物反应器,能高效去除有机物和悬浮物,NF 为纳滤,可进一步截留二价及多价离子等,实现对渗滤液的深度净化^[6]。同时,对浓缩液雾化回灌的可行性展开研究验证,该方式若可行,不仅能减少浓缩液的产生量,降低后续处理难度,还可在一定程度上利用填埋场自身的净化能力,优化渗滤液处理流程,实现填埋场渗滤液处理的高效性与可持续性。

(二) 转运站智慧运维系统

1. 设备预防性维护体系

在转运站智慧运维系统的设备预防性维护体系中,基于物联网搭建压缩机状态监测系统至关重要。借助物联网技术,可实时精准采集压缩机运行数据,涵盖温度、压力、振动等关键参数,实现对设备运行状态的全方位动态感知。同时,深入分析这些数据,结合设备使用频率、工况条件等因素,科学制定关键部件更换周期标准,防止因部件过度磨损或老化引发故障,降低设备突发故障概率,保障转运站的高效稳定运行。此外,开发维修作业 VR 培训模块,通过模拟真实维修场景,让维修人员沉浸式学习维修流程、掌握操作技巧,提升维修人员的专业技能和应急处理能力,从而更好地执行预防性维护任务,为转运站设备的可靠运行筑牢根基^[7]。

2. 智能化调度管理系统

在转运站智慧运维系统的智能化调度管理系统中,构建垃圾清运车 GPS 定位平台至关重要。通过这一平台,能够实时精准获取垃圾清运车的位置、行驶轨迹等信息,从而实现转运量与车辆调度的动态匹配。依据不同区域垃圾产生量的变化,灵活且高效地调配车辆,避免车辆资源的浪费或不足。同时,借助大数据驱动故障预警机制^[8],收集、分析车辆运行过程中的各类数据,如发动机状态、零部件损耗等,提前预测可能出现的故障,以便及时安排维护与检修,保障车辆稳定运行,提升整体转运效率,确保转运站运营管理全周期的顺畅与高效。

四、环境保障与技术创新路径

(一) 新型防渗技术研究

1. 导电土工膜研发

在生活垃圾填埋场的环境保障与技术创新路径探索中,导电土工膜研发意义重大。通过实验分析石墨烯改性 HDPE 膜的力学性能与渗漏检测灵敏度,能够深入了解其特性。研究发现,石墨烯的加入可显著改善 HDPE 膜的力学性能,使其在填埋场复杂环境下更具耐久性。同时,对渗漏检测灵敏度的评估表明,该改性膜在填埋场全生命周期监测中展现出独特优势,能更精准、及时地发现渗漏问题,大大提高防渗效果。这一新型导电土工膜有望成为生活垃圾填埋场防渗的关键技术,为填埋场的长期稳定运营

提供坚实保障，有效降低对周边生态环境的潜在威胁^[9]。

2.生物屏障技术应用

在生活垃圾填埋场与转运站的建设及运营管理中，生物屏障技术应用是新型防渗技术研究的关键一环。研究功能菌群在黏土改性中的应用，借助功能菌群对黏土特性的优化，可提升其防渗性能。例如，特定功能菌群能够与黏土颗粒发生相互作用，改变黏土的微观结构，使其孔隙率降低，从而减少渗滤液的渗漏^[10]。同时，开展生物防渗墙中试试验，通过模拟实际工程环境，检验生物防渗墙的可行性与有效性，获取相关技术参数。并且，对生物防渗墙进行长期稳定性监测至关重要，及时掌握其不同环境条件及运行时间下的性能变化，为生物屏障技术在生活垃圾填埋场与转运站中的广泛应用提供坚实的技术支撑，实现更好的环境保障。

（二）全过程除臭技术集成

1.负压收集系统优化

设计转运站风幕隔离与梯度负压控制方案，是优化负压收集系统的关键环节。风幕隔离可有效阻止臭气外溢，形成一道无形屏障，减少对周边环境的影响。通过 CFD 模拟，能直观呈现气体流动状况，据此对集气效率进行优化，提高臭气收集效果，使收集过程更具针对性与科学性。同时，比对不同材质风管耐腐蚀性能也至关重要。生活垃圾转运站的臭气成分复杂，具有腐蚀性，风管长期处于这样的环境中，其材质的耐腐蚀性能直接影响使用寿命与收集效果。选择合适的耐腐蚀风管材质，能确保负压收集系统长期稳定运行，为全过程除臭技术集成提供坚实基础，从而实现生活垃圾填埋场与转运站生态环境工程的高效建设与运营管理。

2.复合除臭工艺开发

构建化学洗涤 - 生物滤池 - 光催化氧化三级处理体系，能有效应对生活垃圾填埋场与转运站臭气问题。化学洗涤利用化学药剂与臭气中污染物发生化学反应，快速去除部分易溶性臭气成分，调整臭气的化学性质。生物滤池则借助微生物的新陈代谢作用，将剩余的可生物降解臭气转化为无害物质，其处理效果稳定且环保。光催化氧化依靠光催化剂在光照下产生的强氧化性物质，进一步分解难以降解的臭气成分。通过实证研究不同臭气浓度下各环节的运行参数优化，如化学洗涤的药剂浓度、喷淋量，生物滤池的温度、湿度、停留时间，光催化氧化的光照强度、催化剂量等，使三级处理体系协同作用，最大程度提高除臭效率，实现复合除臭工艺的高效开发与应用，保障生态环境工程中垃圾处理场所的空气质量。

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] 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.
- [4] 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.
- [5] 呼延震. 城市生活垃圾填埋场液气迁移规律及调控措施研究 [D]. 大连海事大学, 2021.
- [6] 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.
- [7] 邱莹. 生活垃圾转运站建设水平评价 [D]. 华中科技大学, 2016.
- [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] 冯华一. 生活垃圾填埋场渗滤液的处理及利用方法研究 [J]. 中国资源综合利用, 2021, 39(6): 43-45.
- [10] 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.

（三）数字化管理平台构建

1.BIM技术深度应用

在生态环境工程中的生活垃圾填埋场与转运站建设及运营管理里，BIM 技术深度应用意义重大。建立包含隐蔽工程的精细化 BIM 模型，能对填埋场和转运站的各个结构与系统进行精确呈现，无论是地下的管道铺设，还是不易察觉的基础结构，都能清晰展示，为施工与后期维护提供准确参照。开发施工进度模拟系统，借助 BIM 模型将工程各环节以可视化形式呈现，可预估不同阶段所需时间与资源，及时发现潜在问题并优化方案。运营维护信息集成系统则整合设备信息、维修记录等数据，便于管理人员快速掌握设施状态，通过 BIM 模型直观定位故障点，提升运维效率，助力生活垃圾填埋场与转运站高效运行，达成环境保障与技术创新的双重目标。

2.环境风险预警系统

在生活垃圾填埋场与转运站的运营管理中，环境风险预警系统至关重要。通过集成渗漏监测、沉降监测与地下水水质监测数据，构建多源信息融合的预警指标体系。渗漏监测可及时发现填埋场底部防渗层是否破损，防止渗滤液泄漏污染土壤和地下水；沉降监测能掌握填埋场场地的稳定性，避免因不均匀沉降引发安全事故；地下水水质监测则直接反映地下水受污染状况。将这些数据整合，能全面、精准地评估环境风险。依据该预警指标体系，一旦相关数据超出安全阈值，系统可迅速发出预警，提醒管理人员及时采取措施，如修复防渗层、调整填埋方式等，从而有效降低环境风险，保障生态环境安全，实现生活垃圾填埋场与转运站的可持续运营。

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及运营管理至关重要。提炼出的工程技术体系，为其规范化发展奠定基础。智能化与生态化成为显著发展趋势，不仅提升效率，还减少对环境的影响。制定柔性防渗标准，能更好适应不同地质条件，保障地下水环境安全；建立区域协同运维机制，整合资源，提高整体管理效能。渗滤液资源化利用等研究方向的展望，旨在实现资源循环利用，降低环境污染。未来，应围绕这些技术、趋势、建议与方向持续探索，促进生活垃圾填埋场与转运站建设运营管理的不断完善，为生态环境保护提供有力支撑。