

5 生态保护对策

5.1 环境影响评估的重要性

环境影响评估对防范填海工程给海洋生态带来的负面影响至关重要。它运用详细研究方法,深入剖析填海项目对海洋生态系统的显性与潜在危害,为决策筑牢可靠根基。评估能精准锁定易受影响区域、生物栖息地及水流动力学变化,助力预估生态问题。这项工作需海洋生态学、地质学、环境科学等多学科协同,全面探究潜在风险。合理规划评估方案,能在填海规划初期避免生态环境遭受不可逆损害。分析填海与海洋生物多样性的关联,可为生物栖息地保护提供技术支撑。评估结论能为政策制定提供依据,限制过度填海。且评估标准要与国际接轨,以平衡海洋生态保护与区域发展,指明未来方向。

5.2 海洋保护区的建立与管理

海洋保护区的建立与管理是为减轻填海工程对海洋生态环境作用的关键方法。借助设定专门的海洋区域实施守护,能够高效保障生物多样性和生态系统功能。这些区域应当依据生态重要性、物种栖息需求和地理特征进行合理设计。管理措施就必须涵盖定时观察生态环境变动、约束人类活动影响以及强化法律法规的落实力度。促进社区、政府和科学机构一起加入保护区的管理与监管,以保证保护区的生态效益和可持续发展目标能够达成。

5.3 受损生态系统的恢复方法

在修复破坏生态系统方面,应实施合理地的生态修复技术,借助移栽人工礁石、栽培海草和珊瑚、导入合适的物种及改善栖息地来推动生态环境的天然自修。联合持久监督手段,评价修复效果并修正恢复措施,以达成海洋生态系统的稳定性及功能性增强,为区域生态可持续发展给予助力。

6 综合讨论与未来展望

6.1 填海工程与环境保护的平衡

填海工程对沿海区域发展意义重大,却也不可忽视其对海洋生态环境的破坏。探寻经济发展与环境保护的平衡点已成为核心议题。在填海活动开展过程中,对生态保护的重视程度直接决定其对环境的影响程度。工程实施前,进行详尽的环境影响评估是基础,这有助于预估隐性生态风险并拟定针对性保护措施。采用环保型工程技术,能尽量降低施工对生态系统的影响,缓解环境压力。同时,应引入实时监测机制,评估填海后生态环境恢复状况,及时采取必要恢复行动。通过协调填海规模和设计方案,既满足区域发展需求,又避免对环境造成不可挽回的损害,才能实现长期生态与经济平衡,兼顾当下发展与未来海洋资源的可持续利用。

6.2 技术革新在生态保护中的作用

技术创新在生态保护中作用重大,能有效减轻填海工

程对海洋环境的不良影响,提供优质解决方案。在填海工程中,人工智能技术大显身手,它提升了环境影响评估水平,通过模拟预测不同填海方案的生态后果,为决策提供科学可靠的参考依据。新型材料与施工技术的研发成功,降低了工程对海床结构和水流动力学的不利冲击,保护了海洋生物栖息地的完整性。生态修复技术的持续发展,让受损区域环境恢复更为迅速,智能监测设备还能实时跟踪恢复进度。借助技术创新,填海工程既能实现预期经济效益,又能最大程度减少生态破坏,为海洋资源可持续利用筑牢根基,保障未来海洋环境健康发展。

6.3 对未来政策与管理的建议

填海工程关乎海洋生态与区域发展的平衡。政策制定层面,要严格落实环境评估,不放过任何潜在生态风险;强化海洋保护区管理,筑牢生态安全屏障。同时,以技术创新为引擎,推动生态修复工作。此外,需综合考量经济利益,制定贴合实际的管理措施,让填海工程在生态保护与经济发展间找到最优解,稳步迈向可持续发展目标。

7 结语

为探究填海工程对现代化海岸区域发展环境的影响,开展了深入探讨。运用对比分析与实地考察,清晰呈现了填海活动破坏海洋生物多样性、污染水质、改变海底地形等不利后果,尤其强调其对渔业资源的隐蔽危害。填海破坏海床结构、改变水流动力学,使海洋生物栖息地遭毁,冲击物种多样性。针对这些问题,提出有效策略:加强环境影响评估审查,设立并保护海洋保护区,恢复重建受损生态系统。推行这些举措,能在不影响经济发展的同时,减少填海对海洋环境的伤害,推动海洋可持续管理。不过,不同海域环境条件差异大,当前策略的适用性有待考量。未来还需重视长期影响评估与跟踪监测,维护海洋生态健康。此外,加强国际合作,共同应对跨国界海洋生态问题,也是未来研究和实践中至关重要的方向。

参考文献

- [1] 刘杨.大型填海工程对海洋生态环境的影响及保护策略研究[J].运输经理世界,2021,(17):142-144.
- [2] 朱志清,高琰,刘付越,陈周斌,俞晓天,刘桂云,叶林安.围填海工程对周边海洋生态环境影响研究进展[J].科技与创新,2023,(13):69-73.
- [3] 金余娣,鲁水,朱志清,叶林安.关于围填海工程的生态环境保护措施[J].环境与发展,2020,32(04):6-8.
- [4] 陈翔,张蒙生,胡海畅.基于调查数据的东海岛围填海工程海洋生态环境影响研究[J].智能城市应用,2020,3(03):83-88.
- [5] 郑军.水利工程对生态环境的影响及保护对策[J].区域治理,2020,(47):0086-0086.

Pre-treatment process improvement and economic analysis of collaborative disposal of kitchen waste in domestic garbage incineration plant

Yang Song

Zhongchengyuan (Beijing) Environmental Technology Co., Ltd., Beijing, 100120, China

Abstract

Traditional landfill disposal of food waste often causes secondary pollution, while standalone anaerobic fermentation struggles to achieve large-scale adoption. Although co-processing with municipal solid waste incineration plants offers advantages like “resource integration and energy sharing,” it suffers from inefficiency. This study proposes an integrated pretreatment process combining “intelligent sorting, crushing, multi-stage dehydration, and precision impurity removal”: The intelligent sorting system reduces residual impurities to below 3%, dual-shaft shear crushers resolve clogging issues in high-moisture materials, two-stage dehydration processes decrease moisture content from 90% to 35%-40% with over 75% energy efficiency, and precision impurity removal systems maintain inorganic impurities below 0.5%. Case results show: Total fixed asset investment of 7.92 million yuan, annual total costs of 1.79223 million yuan, annual revenue of 6.864 million yuan, static investment payback period of 1.8 years (2.3 years including construction period), 10-year net present value of 26.16 million yuan, and internal rate of return (IRR) of 45%. Sensitivity analysis indicates the payback period remains below 2.5 years even with key variables $\pm 20\%$ changes, demonstrating both technical feasibility and economic resilience.

Keywords

domestic waste; incineration plant; collaborative disposal; kitchen waste; pretreatment process

生活垃圾焚烧厂协同处置厨余垃圾的预处理工艺改进与经济性分析

宋旻

中城院（北京）环境科技股份有限公司，中国·北京 100120

摘 要

厨余垃圾传统填埋处置易引发二次污染、单独厌氧发酵难以规模化推广，而生活垃圾焚烧厂协同处置虽具有“资源整合、能耗共享”优势，但存在低效问题。本文提出“智能分拣-破碎-多级脱水-精准除杂”一体化预处理工艺：智能分拣系统将杂质残留率降至3%以下，双轴剪切破碎机解决高含水率物料堵塞问题，两级脱水工艺将含水率从90%降至35%~40%且节能率超75%，精准除杂系统使无机杂质含量低于0.5%。案例结果显示：项目总固定资产投资792万元，年总成本179.223万元，年总收益686.4万元，静态投资回收期1.8年（含建设期后2.3年），10年净现值2616万元，内部收益率45%；敏感性分析表明关键变量 $\pm 20\%$ 变动下回收期仍低于2.5年，工艺兼具技术可行性与经济抗风险能力。

关键词

生活垃圾；焚烧厂；协同处置；厨余垃圾；预处理工艺

1 引言

根据《中国城市建设统计年鉴 2023》，2022 年我国城镇生活垃圾清运量达 2.4 亿吨，其中厨余垃圾占 30% ~ 50%、年产量超 0.8 亿吨，其高效处置已成为城镇环境治理关键议题。传统处置：填埋需大量占地，且厌氧环境产生的甲烷与渗滤液易引发二次污染；单独厌氧发酵需专用

场地设备，产气效率受含水率、杂质影响大，投资回报周期长达 5 ~ 8 年，难以规模化推广。2022 年我国生活垃圾焚烧厂处理占比达 45%，这类设施具备成熟的焚烧发电与烟气净化系统，协同处置厨余垃圾可实现“资源整合、能耗共享”。但厨余“高含水率、高杂质”特性与生活垃圾差异显著，直接混合焚烧会导致炉温低于 850℃、锅炉热效率降 15% ~ 20%、渗滤液增 30% 以上，故预处理工艺改进至关重要。基于此，本文将对生活垃圾焚烧厂协同处置厨余垃圾的预处理工艺改进与经济性展开分析。

【作者简介】宋旻（1992-），男，中国河北定州人，硕士，工程师，从事环境卫生研究。

2 生活垃圾焚烧厂协同处置厨余垃圾的现状与问题

生活垃圾焚烧厂协同处置厨余垃圾的核心逻辑是“资源互补”，具体体现在能耗共享、设备复用与效益叠加三方面^[1]。能耗共享层面，可利用焚烧厂烟气余热（温度200-300℃）为厨余垃圾干化提供热源，替代传统电加热或天然气加热方式，节能率可达40%~60%；设备复用层面，可直接复用焚烧厂现有渗滤液处理系统与烟气净化系统，无需为厨余垃圾单独建设环保设施，大幅减少固定资产投资；效益叠加层面，厨余垃圾经预处理后可转化为“类燃料”，补充焚烧原料，将焚烧炉负荷率从70%~80%提升至85%~90%，进而增加发电量，提升焚烧厂整体效益。

尽管协同处置具备显著优势，但当前焚烧厂采用的预处理工艺多沿用“人工分拣+简单破碎+单级脱水”模式，存在多方面突出问题：在杂质分离效率上，人工分拣依赖工人经验，对塑料袋、玻璃等轻质杂质的分拣率仅60%~70%，残留杂质易导致破碎机堵塞与焚烧炉结焦，增加设备维护成本；在含水率控制上，单级机械挤压脱水（如螺旋压榨机）仅能将含水率从90%降至60%~65%，仍需大量喷入柴油等辅助燃料维持焚烧温度，显著增加运行成本；在能耗与二次污染方面，部分焚烧厂采用“电加热干化”降低含水率，能耗高达80-100kWh/t（厨余垃圾），且干化过程中产生的H₂S、NH₃等恶臭气体需额外处理，进一步增加环保成本；在经济性层面，传统工艺的预处理成本达120-150元/t（厨余垃圾），而多数地区的政策补贴仅为80-100元/t，补贴难以覆盖成本，导致焚烧厂协同处置积极性普遍较低。

3 预处理工艺改进方案设计

针对现有工艺的痛点，本文提出“智能分拣—破碎—多级脱水—精准除杂”一体化预处理工艺，核心目标是实现“高效除杂、深度脱水、节能降耗”，完整工艺流程为：厨余垃圾进场后依次经智能分拣、破碎、多级脱水、精准除杂处理，最终预处理产物直接入炉焚烧。

3.1 智能分拣系统：替代人工提升除杂效率

智能分拣系统旨在解决传统人工分拣效率低、稳定性差的问题，采用“红外光谱识别+AI分拣机器人”组合模式^[2]。红外光谱识别模块通过物料的红外吸收特性，快速区分有机组分（厨余垃圾）与无机杂质（塑料袋、金属、玻璃），识别准确率达92%~95%；AI分拣机器人基于识别结果，通过机械臂实现杂质抓取，分拣效率达20~25t/台·天，可同时处理3-5种杂质；为进一步确保除杂效果，系统增设1-2名工人对分拣后物料进行抽查，最终将杂质残留率控制在3%以下（传统工艺为15%~20%），同时减少50%~60%的人工成本（传统工艺需5-8名分拣工人，改进后仅需1-2名复核工人）。

3.2 双轴剪切式破碎：适配高含水率物料防堵塞

破碎环节采用双轴剪切式破碎机，针对性解决传统单轴破碎机对高含水率厨余垃圾（含水率>85%）易出现的“缠绕、堵塞”问题：该设备通过双轴反向旋转，利用剪切与挤压作用将物料破碎至粒径20~50mm，有效避免菜叶、果皮等纤维类物料缠绕轴体；轴体采用高铬合金材质，使用寿命从1年延长至3~4年，降低设备维护频率与成本；单台设备处理能力达30~50t/h，可匹配中小型焚烧厂（500~1000t/日生活垃圾处理规模）协同需求，确保与后续脱水环节处理节奏匹配。

3.3 多级脱水工艺：深度降湿与节能降耗

含水率是影响厨余垃圾焚烧效率的核心指标，因此改进方案设计“机械挤压脱水+低温余热干化”两级脱水工艺^[3]：一级脱水采用双螺旋压榨机，通过渐变式挤压腔设计，将破碎后物料的含水率从90%降至55%~60%，脱水率达33%~39%，压榨产生的渗滤液（COD浓度约8×10⁴mg/L）直接送入焚烧厂现有渗滤液处理系统，无需额外建设处理设施；二级脱水采用低温余热干化，利用焚烧厂烟气余热（经换热器降温至120-150℃）作为热源，通过带式干化机对压榨后物料进行干化处理，干化时间控制在30~40min，将物料含水率进一步降至35%~40%。该干化方式相比电加热干化，能耗从80-100kWh/t降至15-20kWh/t（仅需风机、输送带动力），节能率超75%，且干化过程采用密闭式设计，产生的恶臭气体（H₂S浓度约50~80mg/m³）直接引入焚烧炉高温焚烧（>850℃）实现无害化处理，无需额外建设除臭设施。

4 基于A市焚烧厂的案例经济性分析

本文以“某省A市生活垃圾焚烧厂”为案例开展经济性分析，该焚烧厂原有生活垃圾处理规模为800t/日，2023年新增厨余垃圾协同处置能力50t/日，全套采用上述改进预处理工艺。分析周期设定为10年（设备折旧年限），基准收益率取8%（参考《市政公用设施建设项目经济评价方法与参数》中市政基础设施项目基准收益率），所有数据均基于项目实际采购合同、运维记录及当地政策文件整理，确保数据严谨性。

4.1 案例背景与成本构成

该焚烧厂位于A市郊区，周边厨余垃圾日均产量约80t，项目新增的50t/日协同处置能力可覆盖区域62.5%的厨余垃圾产量，预处理系统占用焚烧厂现有空地（约1200m²），无需额外征地。成本主要包括固定资产投资成本、运行成本与折旧成本三类，其中设备投资明细如表1所示。

运行成本按年运行330天计算，涵盖能耗、人工、维护与药剂四类成本：能耗成本方面，智能分拣系统日能耗360kWh、日成本216元，破碎机日能耗720kWh、日成本432元，压榨机日能耗600kWh、日成本360元，干化机日能耗960kWh、日成本576元，分选系统日能耗240kWh、