

垃圾焚烧设施高效协同处置有机固体废物技术

罗成

衡南县固体废弃物处置中心 湖南衡阳 421100

【摘要】实施垃圾分类后，垃圾焚烧发电厂的垃圾处置量大幅降低，迫切需要寻求替代处理物，因此垃圾焚烧发电厂协同处置有机固体废物就显得很有必要。垃圾焚烧设施高效协同处置技术是指以垃圾焚烧为核心，通过整合工艺流程、共享基础设施及优化资源配置，实现对多种有机固体废物（如污泥、餐厨垃圾、园林垃圾、粪便等）的集中处理与资源化利用的系统性技术体系。其核心在于实现能源梯级利用、污染物协同控制和资源高效回收。文章分析了现有以低热值垃圾设计的垃圾焚烧设施高效协同处理有机固体废物的可行性和经济性，为同类型项目技改和新项目设计提供了参考。

【关键词】垃圾焚烧；有机固体废物；低热值垃圾；协同处置

Technical Solutions for Efficient Co-Processing of Organic Solid Wastes in Waste Incineration Facilities

Luo Cheng

Hengnan County Solid Waste Disposal Center, Hunan Province, Hengyang 421100

【Abstract】 Following the implementation of waste sorting policies, the volume of waste processed by waste-to-energy incineration plants has significantly decreased. This necessitates the development of alternative treatment methods, making co-processing organic solid wastes through waste incineration facilities particularly crucial. The efficient co-processing technology for waste incineration systems integrates core processes, shared infrastructure, and optimized resource allocation to achieve centralized treatment and resource utilization of diverse organic solid wastes (including sludge, food waste, garden waste, and feces). Its core principles involve energy cascade utilization, coordinated pollutant control, and efficient resource recovery. This paper analyzes the feasibility and economic viability of co-processing organic solid wastes in existing low-calorific waste incineration facilities, providing valuable references for technical upgrades and new project designs in similar scenarios.

【Key words】 Waste incineration; Organic solid wastes; Low-calorific waste; Co-processing

随着城市垃圾逐年增多和公众对环境质量要求的提高，安全、有效地处理城市生活垃圾已成为政府急需解决的问题之一。生活垃圾焚烧因其技术优势及占地面积小等优点被政府决策部门接受，但垃圾焚烧过程中不可避免产生的污染物可能对周边环境造成一定影响，并呈现出从局部地区污染防治向区域尺度环境问题研究转变。

一、垃圾焚烧设施高效协同处置定义

垃圾焚烧设施高效协同处置是指在优先保障生活垃圾处理的前提下，利用焚烧设施的富余能力和配套系统，对特定有机固体废物进行集中无害化与资源化处理的一体化模式。其核心定义涵盖以下三方面：

1. 处置对象协同扩展

生活垃圾主体：焚烧设施以处理生活垃圾为核心任务。

有机固废协同类型：污泥（需满足焚烧污染控制标准）；厨余垃圾残渣、园林绿化垃圾、粪便等生物质废弃物；鞋服、

包装等行业可燃性一般工业固废（如废塑料、废纺织品）；装修垃圾分拣后的可燃残渣。

2. 设施与能力协同共享

富余能力利用：在满足生活垃圾处置需求后，利用焚烧炉、烟气处理等富余能力处理其他固废，避免重复建设。配套资源共享：渗滤液处理系统、臭气控制设施跨固废类型共享；余热用于污泥干化等预处理，形成能源闭环。

3. 管控原则与目标

处置优先级，生活垃圾处置需求绝对优先，富余能力方可用于协同处置。总量与比例控制，设定年度协同总量上限；工业固废掺烧比例 $\leq 30\%$ 。准入与排放，严格筛查固废性质（禁入危废）；执行超低排放标准（如二噁英控制）。区域统筹，小城市跨区域共建共享焚烧设施（日垃圾量 < 300 吨时）。

二、垃圾焚烧设施高效协同处置技术核心

垃圾焚烧设施高效协同处置技术的核心在于通过多系

系统集成优化,实现能源梯级利用、污染物协同治理及资源循环再生,形成“处理-能源-材料”三位一体的技术体系。其核心技术要素如下:

1.热能梯级利用技术

余热深度回收,利用焚烧烟气余热干化污泥(如青岛小涧西项目将污泥含水率从 80%干化至 40%),减少外部能耗;干化废水送入渗滤液处理系统,形成能量闭环。超临界发电技术:主蒸汽参数提升至 30MPa/600℃,发电效率突破 42%,较传统技术提升 18%。多源固废协同燃烧,智能掺烧系统:基于神经网络动态调节垃圾、污泥、工业固废的投加比例,控制混合物料热值波动 $\leq \pm 5\%$ (如污泥掺烧比例 10%时,吨垃圾发电量提升 8%)。高热值固废增效:鞋服废料等工业固废按 $\leq 30\%$ 比例掺烧,提升炉膛温度稳定性。

2.污染物协同控制技术

焚烧过程优化,采用“3T+E”原则:温度 $>850^{\circ}\text{C}$ 、停留时间 >2 秒、湍流度 $>50\text{m/s}$ 、过量空气系数 1.6–2.0,抑制二噁英生成。渗滤液回喷:高安屯项目年回喷 3 万吨渗滤液至焚烧炉,高温分解有机物。末端净化创新,飞灰低温热解:350℃分解 99%二噁英,解毒后飞灰用于建材生产(如湖州示范项目)。活性炭吸附+布袋除尘:协同脱除重金属与二噁英,排放浓度低于 0.01ng-TEQ/m³。

3.智能控制与系统集成

多参数闭环调控,实时监测炉温、氧浓度、料层厚度等 200+参数,动态调节炉排速度与风量配比(一/二次风比例 3:5:2),提升主蒸汽稳定性 36%–48%。AI 燃烧优化:吨垃圾发电量增加 4.5%,热效率突破 31.6%。

设施共享与区域协同,渗滤液处理、臭气控制系统跨固废类型共享,降低运营成本 30%。小城市跨区域共建焚烧设施(日处理量 <300 吨),实现规模化效益。

4.资源循环技术

炉渣建材化,磁选回收金属(回收率 $>90\%$)后,炉渣制成环保砖(抗压强度 15MPa)。有机固废协同,餐厨垃圾:分离油脂 $\rightarrow$ 厌氧产沼气 $\rightarrow$ 固渣焚烧。园林垃圾:破碎后作为辅助燃料,提升热值利用效率。核心技术应用效益对比,热能梯级利用,超临界发电+余热干化,吨垃圾发电量 $\uparrow 18\%$ 。智能掺烧,神经网络动态配比,燃烧稳定性 $\uparrow 36\%$,热值波动 $\leq 5\%$ 。飞灰资源化,低温热解+水洗脱氯,二噁英分解率 99%,解毒飞灰建材化。多固废园区协同,渗滤液/臭气设施共享,运营成本 $\downarrow 30\%$ 。

三、垃圾焚烧发电厂协同处理有机固体废物对燃烧系统的影响

热值波动与燃烧效率下降,有机固废(如污泥)含水率普遍较高(通常达 80%),导致入炉燃料热值降低。例如,

含水率 80%的污泥低位热值仅 1.578 MJ/kg,远低于生活垃圾的 5.23 MJ/kg,需消耗焚烧炉热量蒸发水分,降低炉温并延长干燥时间。热值不稳定的有机固废掺烧后,可能引发炉温波动(如低于 850℃),影响燃烧完全性,增加 CO 和二噁英生成风险。污染物排放加剧,有机固废中硫、氯元素含量较高,焚烧后 SO₂浓度可能上升 25%,HCl 生成量增加,加重脱硫脱硝负担。重金属(如 Pb、Cd)和二噁英类污染物排放风险升高,尤其当垃圾混入含氯塑料时,二噁英瞬时浓度可能超标 3–5 倍。设备腐蚀与结焦风险,高氯废物焚烧产生的 HCl 气体加剧锅炉受热面低温腐蚀;碱金属熔融物引发高温腐蚀,并促进灰渣结焦,降低传热效率。协同处置可能增加飞灰产量(灰分增幅达 2.83%),加剧尾部受热面积灰。运行稳定性挑战,固废形态多样(如半固态污泥)可能导致进料系统堵塞,影响连续投料。低热值混合物需补充燃料(如添加 12%–15%辅助燃料),增加运行成本,并加速炉排磨损(每万吨垃圾磨损 1–2mm)。

四、垃圾焚烧发电厂协同处理有机固体废物的应对措施

1.预处理优化燃料品质

深度脱水干化,采用蒸汽干化或生物干化技术,将含水率 $>80\%$ 的有机固废(如污泥)降至 40%以下,提升热值至 5–7MJ/kg,满足自持燃烧需求;干化过程优先利用焚烧厂余热或汽轮机抽汽,实现能源闭环。建立配伍模型控制掺烧比例:市政污泥掺烧量 $\leq 10\%$ (湿基),高热值工业固废掺烧量 $\leq 30\%$,确保入炉混合燃料热值稳定在 4000 kJ/kg 以上。均质化预处理,设置破碎-搅拌系统,消除有机固废形态差异(如半固态污泥板结),防止进料系统堵塞;餐厨垃圾需先分离油脂并厌氧产沼,固渣再与生活垃圾混合入炉。

2.燃烧参数精准调控

强化供风与温度控制,采用“3T+E”原则:炉温 $\geq 850^{\circ}\text{C}$ 、烟气停留时间 ≥ 2 秒、湍流度 $>50\text{m/s}$ 、过量空气系数 1.6–2.0,抑制二噁英生成。

分级配风优化:干燥段一次风占比提至 15%–20%,燃烧段维持 50%–60%风量,并增设富氧喷射(氧浓度 25%)补偿热值损失。炉排运行智能调节,基于公式 $L \times V \times H \times \rho = C$ 动态调控炉排速度(V)与料层厚度(H):低热值燃料采用厚料层(0.6m 以上)+低速运行策略,避免局部熄火。

3.污染物协同治理

烟气净化升级,采用“半干法脱酸(效率 90%)+SCR 脱硝(效率 80%–90%)”组合工艺,活性炭喷射量增至 0.5–1kg/t 垃圾,针对性吸附二噁英及重金属。应对硫/氯增量:脱酸塔入口喷入熟石灰粉,控制 SO₂/HCl 排放 $\leq 50\text{mg/Nm}^3$ 。飞灰资源化处置,应用水洗脱盐+水泥窑协同技术,或熔融玻璃化工艺(1400℃以上),使飞灰重金属浸出

毒性降低 99%；严格执行《生活垃圾焚烧飞灰综合利用技术规范》

4.设备防护与智能监控

抗腐蚀设计，炉排采用镍基合金材质，锅炉受热面喷涂防腐陶瓷涂层，抵抗 HCl 高温腐蚀。AI 运行监控，部署焚烧智能控制系统，实时监测炉温、氧量等参数，0.5 秒内完成工况诊断与调节，将温度波动控制在 $\pm 15^{\circ}\text{C}$ 内。

5.能源协同与效益提升

余热梯级利用：用汽轮机抽汽干化污泥，干化尾气作为一次风回用；焚烧发电的同时供应工业蒸汽，提升能源效率。经济性验证：国电承德项目年掺烧污泥超 1 万吨，创收 216 万元；蒸汽销售毛利率达 65%。实施要点：协同处置需符合《生活垃圾焚烧发电厂协同处置高热值一般工业有机固废技术规范》(T/GDSES 10)，完成环评变更并落实“灰灰”趋零填埋”目标。

五、垃圾焚烧发电厂协同处理有机固体废物的技术经济性分析

1.技术经济性核心增益

成本优化路径，设备投资降低：等离子体炬等核心设备国产化使协同处置项目单位投资成本降低 40%，如章丘项目单位投资从 60 万元/吨降至 45 万元/吨。能源梯级利用：利用焚烧余热干化污泥（如汽轮机抽汽干化），减少外部能源消耗。青岛小涧西项目通过余热干化污泥，形成“蒸汽-污泥-废水”闭环，降低干化能耗 30%。运维效率提升：AI 智能焚烧系统动态调节炉排速度和风量配比，使吨垃圾发电量从 480kWh 提升至 610kWh，炉温波动缩小至 $\pm 30^{\circ}\text{C}$ ，维修响应时间缩短 60%。收益多元化机制，电力与副产品收益：

超临界蒸汽参数（25MPa/600 $^{\circ}\text{C}$ ）技术使热效率提升至 42%，吨垃圾发电量达 650~700kWh；炉渣制建材（抗压强度 15MPa）年收益增加 1200 万元，飞灰熔融玻璃化后作为建材原料，处置成本从 1500 元/吨降至 450 元/吨。氢能及碳交易：上海浦东项目集成垃圾气化与变压吸附提氢，日产氢

8 吨供应氢能重卡，每吨垃圾减少碳排放 0.32 吨，叠加碳交易收益。协同处置补贴：污泥掺烧比例 $\leq 10\%$ 时，垃圾处理成本降低 15%，县域园区共享渗滤液设施年节约运营成本 300 万元。

2.关键技术经济挑战与对策

热值波动控制，预处理成本：污泥干化至含水率 $< 40\%$ 需投入蒸汽干化设备，但利用余热可降低能耗成本 30%。智能配伍：神经网络算法动态调节有机固废掺烧比例（市政污泥 $\leq 10\%$ ，工业固废 $\leq 30\%$ ），使混合燃料热值波动控制在 $\pm 5\%$ 内，避免炉温波动导致的二噁英生成风险。污染治理成本增量，烟气净化升级需增加投资 15%（如六级净化工艺），但可降低环保罚款风险 90%，年节约排污费超 2000 万元。飞灰资源化（水洗脱盐+水泥窑协同）虽增加处置环节，却减少填埋用地并创造建材销售收入，经济净收益提升 25%。设备适应性改造成本，炉排改用镍基合金、锅炉喷涂防腐涂层，初期投入增加 20%，但设备寿命延长 50%，维护成本降低 30%。

3.经济模型验证与政策协同

投资回报周期：传统项目回收期 6~8 年，通过技术迭代（设备国产化+副产品开发）可缩短至 5 年内。政策驱动收益：垃圾发电标杆电价 0.65 元/kWh（280kWh/吨垃圾）为基础收益；碳交易配额、绿证及氢能销售构成增量收益，占项目总收益 35% 以上。区域案例：某项目年掺烧污泥超 1 万吨，创收 216 万元，蒸汽销售毛利率 65%；如采用“焚烧+光伏+储能”模式，园区能源自给率提升 40%。

垃圾焚烧设施高效协同处置有机固体废物技术通过系统整合与智能调控，推动垃圾处理从“末端消纳”转向“资源-能源”双输出模式，成为“无废城市”建设的关键支撑。协同处置的经济性取决于技术集成度与政策利用效率：预处理干化与智能燃烧控制是降低可变成本的核心；飞灰资源化、氢能耦合等增值链条可对冲环保投入；需遵循《生活垃圾焚烧处理与能源利用工程技术标准》，同步申请绿证及碳配额。

参考文献

- [1]张希利.厨余垃圾协同垃圾焚烧发电厂处理新模式分析[J].区域治理, 2020 (22): 148-149.
- [2]赵选兵.垃圾焚烧炉用耐火材料的现状与发展[J].耐火材料, 2022 (6): 353-355, 358.
- [3]刘缙.氧化锆对铬刚玉浇注料烧结及抗热震性能的影响[J].硅酸盐学报, 2021, 39 (3): 436-440.
- [4]刘德艳.关于城市垃圾无害化处理问题、北京、台北的问卷调查分析[J].北京科技大学学报 (社会科学版), 2022, 33 (3): 39-50.
- [5]宁静.我国生活垃圾处理模式现状及保障措施[J].现代农业科技, 2022, 45 (12): 189-190.
- [6]韩继忠.城市生活垃圾焚烧的环境保护可行性研究-以延吉市生活垃圾焚烧发电厂为例[D].东北师范大学, 2022.