

厨余垃圾处理与生活垃圾焚烧厂协同处置的工程应用

张翼¹, 赵鸿²

¹中城院(北京)环境科技股份有限公司, 北京

²北京市女子监狱, 北京

收稿日期: 2025年3月6日; 录用日期: 2025年4月24日; 发布日期: 2025年5月13日

摘要

本文以陕西某地厨余垃圾与生活垃圾焚烧厂协同处置项目为例, 系统介绍了厨余垃圾与生活垃圾焚烧厂协同处置的工作原理、技术特点、系统组成、工艺流程以及设备运行情况, 为其他垃圾协同处置项目提供设计思路、运行经验参考。

关键词

厨余垃圾, 生活垃圾焚烧, 协同处置

Engineering Application of Coordinated Treatment of Kitchen Waste and Domestic Waste Incineration Plants

Yi Zhang¹, Hong Zhao²

¹Zhongcheng Academy (Beijing) Environmental Technology Co., Ltd, Beijing

²Beijing Women's Prison, Beijing

Received: Mar. 6th, 2025; accepted: Apr. 24th, 2025; published: May 13th, 2025

Abstract

Taking the coordinated treatment project of kitchen waste and domestic waste incineration plants in a certain place in Shaanxi as an example, this paper systematically introduces the working principle, technical characteristics, system composition, process flow and equipment operation of coordinated treatment of kitchen waste and domestic waste incineration plants, and provides design

ideas and operation experience references for other waste coordinated treatment projects.

Keywords

Kitchen Waste, Domestic Waste Incineration, Coordinated Treatment

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 工程背景概述

厨余垃圾与生活垃圾焚烧厂协同处置是当前固废处理领域的重要发展方向,其核心在于通过技术整合与资源优化,实现垃圾处理效率提升、碳排放减少及资源循环利用[1]。

《“十四五”城镇生活垃圾分类与处理设施建设发展规划》提出加强垃圾处理设施整合,推动厨余垃圾与焚烧厂协同处理[2]。在“无废城市”建设和“双碳”目标推动下,政策明确鼓励协同处置模式。政府对协同处置项目提供专项补贴(如“十二五”“十三五”期间投入超 290 亿元用于餐厨垃圾处理),并通过税收减免、电价补贴等政策降低企业运营成本,吸引社会资本参与[3] [4]。

厨余垃圾可分为家庭厨余垃圾、餐厨垃圾以及其他厨余垃圾。我国每天产生的生活垃圾约有 100 万吨,其中厨余垃圾占城市生活垃圾的比重超过 35%,部分大城市甚至高达 60%。在经济发达城市或生活品质较高的地区,平均每万人每天就会产生 1~1.5 吨厨余废弃物,我国主要城市每年产生厨余垃圾量达 6000 多万吨[5]。

考虑到填埋、焚烧或堆肥食品垃圾对环境的负面影响,厌氧消化已作为一种相对经济有效的技术被广泛应用,用于生产可再生能源[6] [7]。

部分项目将厨余垃圾先进行厌氧发酵产沼气,剩余残渣再焚烧发电,形成“生物质能 + 焚烧”的双重资源化路径。厨余垃圾焚烧产生的渗滤液需与生活垃圾焚烧的烟气净化系统协同处理,以减少二次污染。例如,采用干法或半干法烟气净化技术,结合膜分离技术处理渗滤液,可降低运营成本并提高环保标准。

本文以陕西某地厨余垃圾处置项目为例,处理对象为家庭厨余垃圾以及餐厨垃圾,处理设施规模为家庭厨余垃圾 200 t/d,餐厨垃圾 300 t/d,年运行时间为 365 天,该项目毗邻当地一座生活垃圾焚烧处理项目。焚烧项目建设有 3 条 750 t/d 生活垃圾焚烧线(3 台机械炉排炉型垃圾焚烧炉,单台处理能力为 750 t/d,年运行小时数 8000 h),配 2 台 25 MW 抽汽式汽轮发电机组。本文重点研究介绍了厨余垃圾处理与生活垃圾焚烧项目系统协同的工作原理、工艺流程、系统组成、应用效果等,同时从工程设计的角度提出了厨余垃圾与生活垃圾焚烧系统处置发展方向以及设计要点,为同类项目的应用提供设计思路以及工程案例。

2. 协同处置方式

2.1. 沼气利用方式

厨余处理项目沼气量约为 30,000 Nm³/d,产量相对较大。若与焚烧厂协同送入焚烧炉焚烧处理,一方面,焚烧厂设有 700 t/d 垃圾渗沥液厌氧处理设施,厌氧消化过程中会产生约 10,000~20,000 Nm³/d 的沼气,该部分沼气由管道输送至焚烧炉内经沼气燃烧器燃烧处理,当焚烧厂进厂垃圾量较大,热值较高

时, 焚烧厂现有焚烧炉负荷无法满足厨余处理项目沼气的燃烧要求; 若沼气于厨余处理项目内资源化利用, 将焚烧厂沼气亦送至本项目内资源化利用, 可有效降低焚烧炉负荷, 提升焚烧厂垃圾焚烧处理能力。

2.2. 热源利用方式

焚烧发电厂的蒸汽可以为厨余处理项目工艺及冬季供暖提供热源, 厨余处理项目所需蒸汽量相对焚烧厂的蒸汽产量占比非常小, 焚烧厂能够满足本项目的蒸汽要求。本项目沼气利用方式为厂区内发电自用及上网, 发电机组余热蒸汽及热水用于工艺及供暖; 当发电机组检修或余热不足时, 需考虑其它热源进行补充。

2.3. 臭气处理

厨余处理项目产生的臭气可经风机接入焚烧厂焚烧处理, 厨余处理项目臭气源距焚烧炉约 250 m, 除臭风量总计约 130,000 Nm³/h, 其中臭气浓度较高的点源臭气浓度为 30,000 Nm³/h, 臭气浓度较低的面源臭气浓度为 100,000 Nm³/h; 焚烧厂焚烧炉一次风量约为 350,000 m³/h。且本项目与焚烧厂建设存在时间上的先后顺序, 风管较大, 若采用协同方式会对焚烧厂的建筑外立面以及已有设施造成影响。因此本项目臭气采用厂区内自行处理的方式进行处置。

2.4. 固渣处理

焚烧发电厂的焚烧可以作为本项目固渣处理方式, 本项目固渣产生量约为 200 t/d, 占焚烧厂处理能力的 8%~9%, 同时, 本项目产生的固渣平均含水率约为 65%, 可燃物占比较高, 进入焚烧炉掺烧影响较小, 但需专门输送设备, 每天运输。其中, 本项目产生的沼渣及污泥也可在本项目范围内建设堆肥车间, 经过堆肥后可作为园林绿化营养土外售, 该方式能实现更大效率的资源化, 但需占地面积大, 投资高, 臭气控制难, 销售困难。经过综合比较, 预处理固渣及污泥沼渣均采用脱水后外送至焚烧厂协同(焚烧)处理方式。

3. 厨余垃圾处置系统设计

陕西某地厨余垃圾处置项目新建 2 条餐厨垃圾处理线(单线处理能力 150 t/d)一级 1 条厨余垃圾处理线(单线处理能力 200 t/d), 年运行时间 365 天。主要处理对象为项目所在地的餐厨垃圾和厨余垃圾。项目总占地面积约 31,049 平方米, 主要建筑物及生产处理设施有综合楼、厨余垃圾综合处理车间、污水处理车间、生化池及设备间、厌氧系统、沼气处理及利用系统等。

3.1. 工艺流程

餐厨垃圾处理采用“预处理 + 湿式中温厌氧”工艺技术路线进行处理。预处理包含进料、粗分、精制制浆、除砂、高温蒸煮、三相分离等步骤, 进厂的餐厨垃圾经过预处理工序后分离出的油相经提纯制“粗油脂”, 液相进入厌氧处理系统厌氧发酵, 固相残渣外运至焚烧厂处理。厌氧处理采用湿式中温厌氧处理, 厌氧产生的沼气再经过脱硫净化处理后进入沼气发电机, 沼气用于发电上网和厂区供热, 沼渣及污泥离心脱水后外运协同处理, 污水经“预处理 + 膜生物反应器(MBR) + 纳滤”处理达标排放, 除臭采用“生物除臭 + 化学除臭”; 家庭厨余垃圾处理则通过人工分选、破碎、筛分、压榨的预处理, 其有机浆液与餐厨垃圾有机浆料混合进入厌氧消化系统, 固渣外运焚烧厂协同处理, 工艺流程见图 1。

3.2. 餐厨垃圾预处理系统

设计规模为 300 吨/日的餐厨垃圾预处理系统, 配备 2 条生产线, 设备每日工作 8 小时, 系统运行 10

小时。工艺流程包括接料粗分、精制制浆、除砂、加热及三相分离、油脂提纯等单元。接料单元采用双道门结构和负压系统控制臭气,料斗设计有效容积 25 m^3 , 具备沥水功能。精制制浆单元通过破碎和分离轻物质, 有机物损失小于 1%。除砂单元去除重物质, 加热及三相分离单元通过蒸汽加热至 65°C , 分离出固、液、油三相。油脂提纯单元通过碟式离心机提纯, 最终获得含水、杂率低于 3%的毛油。

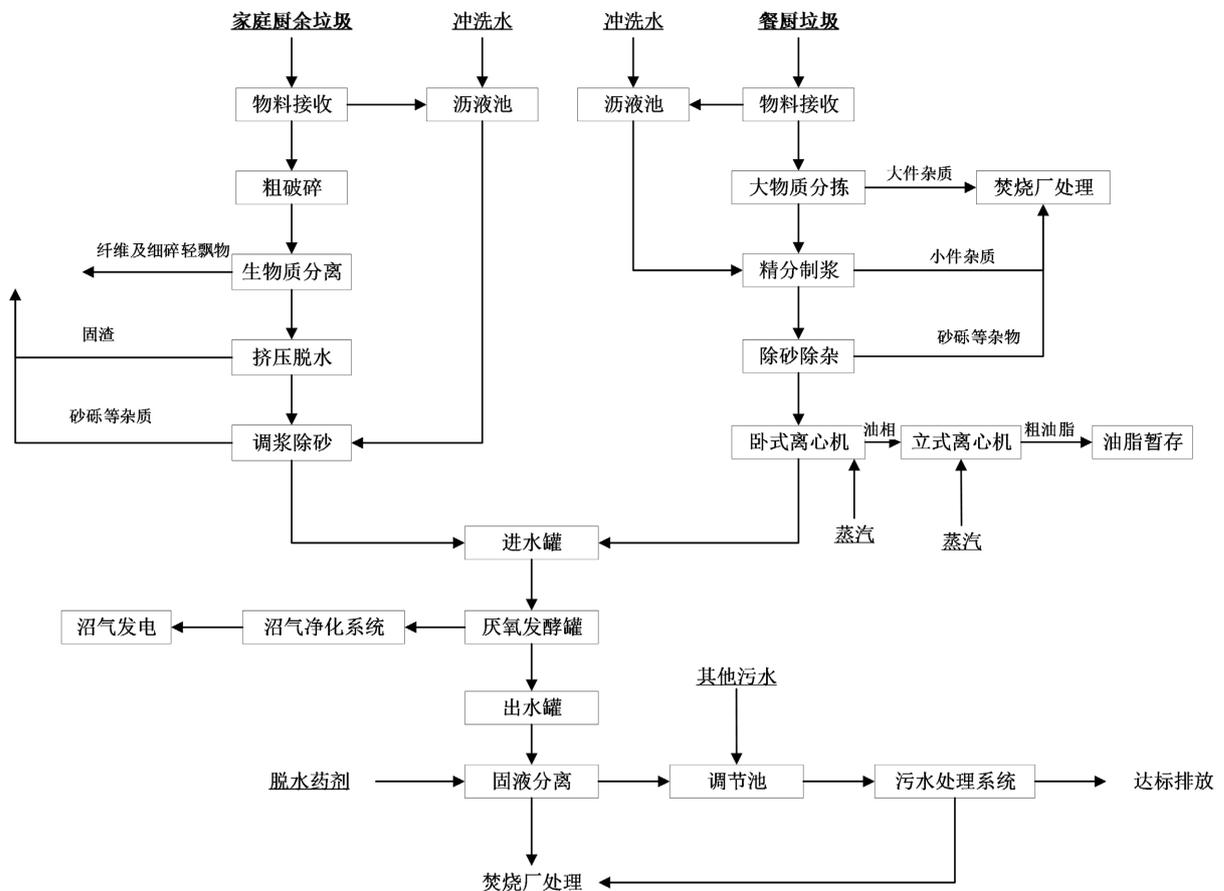


Figure 1. Food waste treatment process flow chart

图 1. 厨余垃圾处理工艺流程图

3.3. 家庭厨余垃圾预处理系统

设计规模为 200 吨/日的家庭厨余垃圾预处理系统, 配备 1 条生产线, 设备每日工作 8 小时, 系统运行 10 小时。工艺流程包括接料破碎、生物质分离、挤压脱水及除砂等单元。厨余垃圾经称重后进入接料装置, 通过粗破碎机破碎至 200 mm 以下, 再经有机质破碎分离机分离出粒径小于 50 mm 的有机物和柔性杂质。有机物通过挤压脱水机实现固液分离, 固相外运, 液相经除砂后进入浆料缓存箱, 最终泵入卧式厌氧发酵系统。主要设备包括接料仓、破碎机、有机质破碎分离机、挤压脱水机及除砂装置等。

3.4. 沼气处理及利用系统

厌氧消化系统设计处理量约为 410 吨/日, 采用中温($35 \pm 2^\circ\text{C}$)厌氧发酵工艺, 将前端处理的浆液转化为沼气、沼渣和沼液。系统包括进水罐、厌氧发酵罐和出水罐, 配备搅拌器、换热器和在线监测仪表, 确保物料均匀、温度恒定。厌氧发酵罐采用拼装罐形式, 容积 $\geq 8000 \text{ m}^3$, 有机负荷 $\geq 3.5 \text{ kgVS/m}^3 \cdot \text{d}$, 沼

气产率 $\geq 70 \text{ Nm}^3/\text{t}$ 湿垃圾。主要设备包括厌氧进水罐、CSTR 厌氧发酵罐、搅拌机、循环泵及沼液提升泵等, 系统运行稳定, 沼气甲烷含量 $\geq 55\%$, 挥发固体分解率 $\geq 82\%$ 。

3.5. 沼渣脱水及污泥脱水

沼渣脱水及污水处理系统采用“预处理 + 膜生物反应器(MBR) + 纳滤(NF) + 浓缩液处理”工艺。沼渣经卧螺离心脱水机处理, 脱水后含水率 $\leq 80\%$, 与污泥一同送至垃圾焚烧厂协同处理。污水系统处理规模为 $450 \text{ m}^3/\text{d}$, 设两条处理线。预处理采用高效除油装置, 去除油脂和悬浮物, 降低后续负荷。MBR 系统通过二级硝化反硝化工艺降解污染物, 出水经纳滤深度处理, 清水回用, 浓缩液减量化后再处理。此工艺可有效去除 COD、氨氮等污染物, 确保出水稳定达标排放。

3.6. 臭气处理系统

除臭系统设计处理规模为 $110,000 \text{ Nm}^3/\text{h}$, 采用点源除臭和面源除臭相结合的方式。点源除臭系统处理风量 $30,000 \text{ Nm}^3/\text{h}$, 采用化学酸洗 + 化学碱洗 + 生物滤池 + 活性炭(应急)工艺; 面源除臭系统处理风量 $80,000 \text{ Nm}^3/\text{h}$, 采用化学酸洗 + 化学碱洗 + 生物滤池工艺。臭气通过负压收集系统输送至除臭装置, 确保臭气不外逸。化学洗涤塔通过酸碱中和、氧化反应去除臭气成分, 生物滤池利用微生物降解臭气, 活性炭作为应急备用。系统配备负压风机、PP 材质风管及 25 米高烟囱, 确保臭气达标排放, 符合《恶臭污染物排放标准》(GB 14554-93)。

4. 工程运行效果

本项目 2022 年 4 月建成投产, 已通过相关部门的验收及考核, 处理能力能够满足 300 t/d 餐厨垃圾及 200 t/d 家庭厨余垃圾的负荷, 满足设计目标值要求。运行过程中废气、生产废水以及残渣检测指标均能满足要求。

5. 结论与展望

陕西某地厨余垃圾协同处置项目通过整合餐厨垃圾(300 t/d)与家庭厨余垃圾(200 t/d)处理系统, 结合生活垃圾焚烧厂资源, 实现了高效协同处置与资源化利用。项目采用“预处理 + 湿式中温厌氧 + 沼气发电”工艺, 餐厨垃圾有机物转化率达 82% , 沼气产量达 $30,000 \text{ Nm}^3/\text{d}$, 发电效率 $\geq 38\%$, 余热利用率 $\geq 85\%$; 家庭厨余垃圾经挤压脱水后固渣焚烧掺烧率 100% , 系统整体碳排放降低约 30% 。臭气处理采用“化学洗涤 + 生物滤池”组合工艺, 固渣与污水焚烧协同处理减少了二次污染风险。运行数据表明, 项目年处理厨余垃圾 18.25 万吨, 产粗油脂约 5000 吨, 发电量超 2000 万 kWh, 资源化利用率达 90% 以上, 验证了“无废城市”与“双碳”目标的可行性。

未来可从以下方向优化协同处置模式:

技术升级: 探索厌氧发酵菌种优化与热解气化技术, 提升沼气产率(目标 $\geq 80 \text{ Nm}^3/\text{t}$)及固渣热值利用率; 研发智能分选设备, 降低预处理能耗与有机物损失率(目标 $\leq 0.5\%$)。

资源化延伸: 推动沼渣堆肥与园林土应用, 形成“厌氧 + 焚烧 + 堆肥”多路径资源化链条; 开发粗油脂深加工技术(如生物柴油转化), 提升附加值。

系统耦合: 深化与焚烧厂的热电联供协同, 利用烟气余热优化厌氧系统温控, 降低蒸汽依赖; 探索厨余垃圾渗滤液与焚烧厂渗滤液协同处理工艺, 降低膜系统运维成本。

该项目的成功运行为同类工程提供了可复用的协同处置模板, 未来可通过技术迭代与模式创新, 进一步推动固废处理行业向“零填埋、全资源化”目标迈进。

参考文献

- [1] 生涛. 垃圾分类后厨余垃圾有机废弃物可资源化利用研究[J]. 有机硅材料, 2025, 39(1): 83-84.
- [2] 《“十四五”城镇生活垃圾分类和处理设施发展规划》印发[J]. 工程建设标准化, 2021(6): 25.
- [3] 唐颖. “无废城市”理念下生活垃圾收运、处理体系研究[J]. 低碳世界, 2024, 14(5): 4-6.
- [4] 王姣姣, 杨小明, 王力, 等. 我国厨余垃圾管理现状及提高资源化利用水平的对策建议[J]. 再生资源与循环经济, 2024, 17(3): 7-11.
- [5] 卢雨奇, 赵毅. 厨余垃圾综合处理工艺分析[J]. 清洗世界, 2024, 40(10): 84-86.
- [6] Lin, C.S.K., Pfaltzgraff, L.A., Herrero-Davila, L., Mubofu, E.B., Abderrahim, S., Clark, J.H., *et al.* (2013) Food Waste as a Valuable Resource for the Production of Chemicals, Materials and Fuels. Current Situation and Global Perspective. *Energy & Environmental Science*, 6, 426-464. <https://doi.org/10.1039/c2ee23440h>
- [7] Posmanik, R., Labatut, R.A., Kim, A.H., Usack, J.G., Tester, J.W. and Angenent, L.T. (2017) Coupling Hydrothermal Liquefaction and Anaerobic Digestion for Energy Valorization from Model Biomass Feedstocks. *Bioresource Technology*, 233, 134-143. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.02.095>