

厨余垃圾处理产生热能用于供暖的可行性研究

冯筱新

北京市顺义区新城建设管理服务中心

DOI:10.12238/bd.v9i2.4370

[摘要] 本研究探讨了利用厨余垃圾处理产生热能用于供暖的可行性。通过分析厨余垃圾的特性、处理技术以及热能转换方法,评估了该系统的技术可行性和经济环境效益。研究表明,厨余垃圾处理产生的热能可用于供暖系统,具有显著的节能减排效果。然而,系统的推广仍面临技术、经济和政策等方面的挑战。本研究为厨余垃圾资源化利用和清洁供暖提供了新的思路,对推动城市可持续发展具有重要意义。

[关键词] 厨余垃圾; 热能回收; 供暖系统; 厌氧消化; 焚烧; 热解

中图分类号: TL941+.32 **文献标识码:** A

Feasibility study on generating heat energy from kitchen waste treatment for heating

Xiaoxin Feng

Shunyi District New City Construction Management Service Center, Beijing

[Abstract] This study explores the feasibility of using kitchen waste treatment to generate heat energy for heating. By analyzing the characteristics, treatment techniques, and thermal energy conversion methods of kitchen waste, the technical feasibility and economic and environmental benefits of the system were evaluated. The research results indicate that the heat generated by kitchen waste treatment can be used for heating systems, with significant energy-saving and emission reduction effects. However, the promotion of the system still faces challenges in terms of technology, economy, and policies. This study provides new ideas for the resource utilization of kitchen waste and clean heating, which is of great significance for promoting urban sustainable development.

[Key words] kitchen waste; Thermal energy recovery; Heating system; Anaerobic digestion; burn; pyrolysis

引言

随着城市化进程的加快和人口的增长,厨余垃圾的产生量逐年增加,如何有效处理和利用厨余垃圾已成为城市管理面临的重要挑战。传统的填埋处理方式不仅占用大量土地资源,还会产生温室气体和渗滤液等环境问题。与此同时,城市供暖需求持续增长,传统的化石能源供暖方式面临能源短缺和环境污染的双重压力。在此背景下,探索厨余垃圾处理产生热能用于供暖的可行性具有重要的现实意义。本研究旨在分析厨余垃圾处理产生热能的技术路径,评估其应用于供暖系统的可行性,为城市垃圾资源化利用和清洁供暖提供新的解决方案。

1 厨余垃圾的特性及处理技术

厨余垃圾是指家庭、餐饮业和食品加工工业产生的易腐有机废弃物,主要包括食物残渣、果皮、蔬菜叶等。它具有高水分、高有机物含量、易腐烂等特点,这些特性决定了厨余垃圾具有较高的能源回收潜力。厨余垃圾水分含量高达80%~95%,导致运输困难,易产生渗滤液,增加处理难度且污染环境,厨余垃圾富含

蛋白质、淀粉、纤维素等,易腐坏发臭,但具备堆肥、沼气转化等资源化潜力。厨余垃圾能快速发酵滋生沙门氏菌、大肠杆菌等病原微生物,威胁公共卫生安全。厨余垃圾含大量油脂,占干物质的28.82%,还有许多盐分,钠含量高,处理不当易产生地沟油污染,或腐蚀设备。厨余垃圾中的高水分会导致垃圾热值不足,焚烧时需额外能源辅助,否则易产生二噁英等有害气体。这些特性使其既是环境污染物,又是可转化的资源,需通过厌氧消化、生物柴油提炼等专业处理可以实现无害化与资源化利用。然而,厨余垃圾也容易滋生细菌、产生恶臭,如果处理不当会造成环境污染。

目前,厨余垃圾的主要处理技术包括厌氧消化、好氧堆肥和焚烧等。厌氧消化是在无氧条件下,利用微生物将有机物分解为沼气和消化液的过程。厌氧消化技术分为四个核心阶段,水解阶段通过微生物将淀粉、蛋白质等大分子分解为小分子有机物;酸化阶段进一步转化为挥发性脂肪酸;产乙酸阶段将脂肪酸转化为乙酸;最终产甲烷阶段由甲烷菌将乙酸等转化为沼气。厌氧

消化可以将能源回收,产生的沼气可用于发电或供热;厌氧消化产生的残渣稳定,可作为肥料实现资源循环;还可以减少填埋和焚烧带来的温室气体排放与环境污染。这项技术广泛应用于城市厨余垃圾、污水处理等领域,但面临处理效率受有机物复杂性、氨氮抑制及重金属影响等挑战,需通过工艺优化提升稳定性,厌氧消化作为循环经济关键环节,兼具环境效益与能源价值。

好氧堆肥则是在有氧条件下,通过微生物的作用将有机物转化为稳定的腐殖质。好氧堆肥基本原理是通过调节温度、含水率、C/N比等参数,促进微生物代谢活动,实现有机物的快速降解和病原微生物灭活。工艺流程包括预处理、主发酵、后发酵、后处理及贮存。好氧堆肥技术具有处理效率高、无害化彻底、产物可资源化利用等优点,但需配套预处理设备,对原料有机物含量和分类要求较高,且过程中可能产生CO₂、CH₄、N₂O等温室气体及恶臭污染物。适用于厨余垃圾集中处理设施,通过优化通风控制和过程管理,可提升堆肥效率并降低环境风险。

焚烧是通过高温氧化将垃圾转化为灰渣和热能。焚烧技术是将垃圾置于焚烧炉内,在高温下彻底分解有机物,减容率达90%,减量率达70%以上,产生的热能可用于发电或供热。主要工艺包括层状燃烧、流化床燃烧和旋转燃烧。焚烧过程需配备烟气净化系统,去除酸性气体、重金属和二噁英等污染物,飞灰经固化处理后填埋。尽管焚烧技术能有效处理高含水率厨余垃圾,但存在投资成本高、二次污染风险及社会接受度低等问题。近年来,我国通过严格监管和技术创新,不断提升焚烧厂的环保与能源利用效率,推动其向资源化、低碳化方向发展。这些技术各有优缺点,选择合适的技术对于实现厨余垃圾的资源化利用至关重要。

2 厨余垃圾处理产生热能用于供暖的重要意义

在城市化进程加速推进的当下,厨余垃圾处理已成为衡量城市生态文明建设水平的关键指标。将厨余垃圾通过先进处理技术转化为供暖热能,不仅破解了传统垃圾处置的环保困局,更构建起能源循环利用的新型生态链条,为城市可持续发展注入强劲动力。厨余垃圾占生活垃圾比重超60%,其高含水率、易腐特性导致传统填埋处置产生渗滤液污染和甲烷温室气体排放。热能转化技术通过厌氧消化或高温焚烧,将有机质转化为清洁热能,实现垃圾减量化率超95%。这种处理方式每年可为北方供暖季提供相当于百万吨标准煤的热能,有效缓解供暖期天然气供应紧张状况,构建起城市分布式能源供应网络。

热能回收系统与区域供暖管网耦合,形成“垃圾处理-能源生产-民生供暖”闭环产业链。每吨厨余垃圾可产生200-300立方米沼气,经提纯后热值媲美天然气,供暖成本较传统能源降低30%以上。这种模式催生出垃圾处理设备制造、热能输送管网建设、智慧能源管理平台等新兴产业集群,带动就业岗位增长的同时,减少政府垃圾处置财政支出。厨余垃圾就地能源化处置,倒逼居民形成源头分类习惯,推动垃圾分类从政策约束向自觉行为转变。智能分拣机器人、物联网监测终端等技术的应用,使垃圾处理厂变身数字化能源工厂。通过余热回收、烟气净化

等集成技术,实现氮氧化物排放低于欧盟标准,树立城市环保新标杆。

作为分布式可再生能源的重要组成,厨余垃圾热能供暖系统与光伏、风电形成互补,构建多能协同供应体系。这种模式每年可减少二氧化碳排放相当于植树造林百万亩,助力城市提前实现碳中和目标。其成功实践为全球垃圾处理提供中国方案,正在通过技术输出推动发展中国家能源结构转型。厨余垃圾热能供暖的规模化应用,标志着城市废弃物管理从末端治理转向全生命周期管理。这种创新模式不仅破解了环境保护与能源需求的矛盾,更通过技术革新重构了资源利用范式,为人类探索可持续发展路径提供了可复制的解决方案。

3 厨余垃圾处理产生热能的技术路径

厨余垃圾处理产生热能的技术路径主要包括厌氧消化产沼气、焚烧发电和热解气化等。厌氧消化过程中产生的沼气主要成分为甲烷,可作为燃料直接燃烧产生热能,或用于发电和供热。沼气通过管道收集后,可通过两种方式转化热能,一是直接燃烧,利用锅炉将沼气燃烧产生的热能转化为蒸汽,驱动涡轮发电的同时回收余热供暖;二是通过内燃机发电,沼气在发动机内燃烧做功产生电能,废气中的余热由热交换系统捕获,用于加热水或供暖系统。这两种路径均实现能源梯级利用,显著提高厌氧消化系统的整体能效。预处理阶段的升温本身也需消耗部分热能,但沼气发电或供热产生的能量通常可覆盖运行成本,并实现盈余,从而形成可持续的能源闭环。焚烧技术通过高温氧化将厨余垃圾中的化学能转化为热能,可用于发电或直接供热。垃圾经分类预处理去除不可燃物后送入焚烧炉,在850-1000℃环境下充分燃烧,分解有机物并释放热量。燃烧产生的高温烟气通过余热锅炉进行热交换,加热水生成高温高压蒸汽,驱动蒸汽轮机带动发电机运转,实现热能到电能的转换。在此过程中通过自动控制系统优化燃烧参数可以确保稳定产热,同时采用烟气净化技术降低污染排放。焚烧技术不仅实现垃圾减量,还通过资源回收减少填埋压力,其热能效率随技术迭代不断提升,成为城市废弃物处理与可再生能源利用的重要环节。热解气化是在缺氧条件下将有机物分解为可燃气体和焦油,产生的可燃气体可用于供热或发电。厨余垃圾热解气化技术通过分阶段反应将有机物转化为可燃气体并回收热能,垃圾在无氧或缺氧环境中被加热至300-600℃进行热解,大分子有机物裂解生成氢气、甲烷、一氧化碳等气体以及焦油和炭黑,此过程吸收热量。随后,气化阶段利用高温和催化剂将未完全分解的炭黑、焦油进一步裂解为小分子气体,同时与气化剂发生氧化还原反应释放热能。部分系统采用间接加热法,通过中间介质传热提升效率,生成的合成气可燃烧发电或供热,实现能量闭环。该技术通过优化热解温度、气化剂配比及反应时间,既降低二噁英排放,又高效回收垃圾潜热,其热能产出效率取决于原料热值及反应设计,通常可达自给自足甚至外供能源。

这些技术路径各有特点:厌氧消化具有能耗低、二次污染少等优点,但处理周期较长;焚烧技术处理效率高、减容效果好,

但投资和运行成本较高;热解气化技术可实现垃圾的资源化利用,但技术成熟度相对较低。在实际应用中,需要根据具体情况选择合适的技术路径,或采用多种技术的组合,以实现厨余垃圾处理的最大化能源回收。

4 厨余垃圾热能用于供暖的可行性分析

厨余垃圾作为城市废弃物的重要组成部分,其高效资源化利用已成为全球可持续发展战略的关键议题。通过热能转化技术将厨余垃圾转化为供暖能源,兼具环境效益与能源替代潜力,但其可行性需从技术、经济、环境及政策维度进行系统性评估。将厨余垃圾处理产生的热能用于供暖系统在技术上是可行的。通过合理设计,可以将厌氧消化产生的沼气或焚烧产生的热能接入现有供暖管网,或为建筑物提供独立供暖。热能转换效率是评估系统可行性的重要指标,研究表明,经过优化的系统可实现30%-50%的热能转换效率。

从经济和环境效益来看,厨余垃圾热能供暖系统具有显著优势。一方面,它可以替代部分化石能源,降低供暖成本;另一方面,它减少了温室气体排放和垃圾填埋量,具有显著的环境效益。经济可行性取决于初始投资、运营成本与收益回收的动态平衡。厌氧消化系统建设成本约为200-300万元/吨处理量,焚烧厂则需500-800万元/吨,显著高于传统垃圾填埋的100万元/吨。然而,热能回收可部分抵消处置成本:每吨厨余垃圾经厌氧消化可产生约300-400kWh电能与800kWh热能,按欧洲供暖市场价格计算,年收益可达20-30万欧元/吨处理量。此外,碳排放交易体系与可再生能源补贴可进一步优化经济模型,但需依赖政策稳定性。生命周期评估显示,厨余垃圾热能供暖较传统天然气供暖可减少40%-60%的温室气体排放。厌氧消化可抑制填埋场甲烷的挥发,焚烧系统则需通过碳捕集技术进一步提升减排效果。然而,焚烧过程的NO_x、SO_x排放及厌氧消化残余物的处置仍存在环境风险,需配套严格排放标准与废弃物管理方案。然而,系统的推广仍面临一些挑战,如初期投资较高、技术集成复杂、政策支持

不足等。未来需要进一步加强技术研发,完善相关政策,提高公众认知度,以推动厨余垃圾热能供暖系统的广泛应用。

5 结论

本研究探讨了利用厨余垃圾处理产生热能用于供暖的可行性。研究表明,通过厌氧消化、焚烧或热解气化等技术,可以有效回收厨余垃圾中的热能,并将其应用于供暖系统。这种新型供暖方式不仅能够实现厨余垃圾的资源化利用,还能减少化石能源消耗和温室气体排放,具有显著的经济和环境效益。然而,系统的推广仍面临技术、经济和政策等方面的挑战。未来需要进一步加强技术研发,完善相关政策,提高公众认知度,以推动厨余垃圾热能供暖系统的广泛应用。这项研究为城市垃圾资源化利用和清洁供暖提供了新的思路,对推动城市可持续发展具有重要意义。

【参考文献】

- [1]张明远,李红梅.厨余垃圾资源化利用技术研究进展[J].环境科学与技术,2022,45(3):1-10.
- [2]Wang,L.,Chen,Y.,& Liu, H.(2021).Thermal energy recovery from food waste:A comprehensive review. Renewable and Sustainable Energy Reviews,135,110189.
- [3]陈志强,王立新.城市厨余垃圾热能利用系统设计及经济性分析[J].可再生能源,2023,41(2):245-252.
- [4]刘彬,张森,王立彤.重庆洛碛厨余垃圾干式厌氧发酵技术应用探究[J].环境卫生工程,2025,33(02):55-63.
- [5]夏青,徐孝健,张虞婷,等.扬州家庭厨余垃圾重金属赋存特征与风险评价[J].环境卫生工程,2025,33(02):50-54.
- [6]魏洪飞.基于氮素损失原位控制和渗滤液零排的厨余垃圾堆肥技术参数[D].吉林农业大学,2011.

作者简介:

冯筱新(1977--),女,汉族,北京顺义人,本科,高级工程师,研究方向:供热系统、分户地板采暖。