

餐厨垃圾处理厂工艺优化与节能减排研究

李斐华

中国水利水电第十一工程局有限公司

DOI:10.12238/btr.v8i2.4631

[摘要] 随着城市人口增长和生活水平提高,餐厨垃圾产生量日益庞大。餐厨垃圾处理厂作为处理这些废弃物的关键场所,其工艺优化与节能减排对于资源回收利用、环境保护和可持续发展至关重要。本文深入研究餐厨垃圾处理厂的工艺现状,剖析现存问题,详细探讨工艺优化途径及节能减排策略,旨在为餐厨垃圾处理厂提升处理效率、降低能耗、减少污染排放提供科学依据与实践指导,推动行业绿色发展。

[关键词] 餐厨垃圾处理厂; 工艺优化; 节能减排

中图分类号: TE08 **文献标识码:** A

Study on process optimization, energy saving and emission reduction of kitchen waste treatment plant

Feihua Li

China 11th Water Conservancy and Hydropower Engineering Bureau Co., Ltd.

[Abstract] With the growth of urban population and the improvement of living standards, the amount of kitchen waste is increasing. As a key place to treat these wastes, the kitchen waste treatment plant's process optimization and energy saving and emission reduction are very important for resource recycling, environmental protection and sustainable development. In this paper, the process status of kitchen waste treatment plant is deeply studied, the existing problems are analyzed, and the process optimization approach and energy saving and emission reduction strategy are discussed in detail, aiming at providing scientific basis and practical guidance for kitchen waste treatment plant to improve treatment efficiency, reduce energy consumption and reduce pollution emissions, and promoting the green development of the industry.

[Key words] kitchen waste treatment plant; Process optimization; save energy and cut emissions

引言

在当今社会,随着城市化进程的加速和居民生活水平的不断提升,餐厨垃圾的产生量呈现出迅猛增长的态势。据相关统计数据显示,仅在上海,每日餐厨垃圾产生量已达到12000吨,且预计在未来5年内将以每年5%的速度递增。大量的餐厨垃圾若得不到妥善处理,不仅会占用宝贵的土地资源,引发环境污染问题,还可能滋生细菌、传播疾病,对生态环境和居民健康构成严重威胁。餐厨垃圾处理厂作为处理餐厨垃圾的核心设施,其处理工艺的优劣直接关系到资源回收利用效率和环境污染控制水平。优化餐厨垃圾处理厂工艺,实现节能减排目标,成为当下环保领域亟待解决的重要课题,对于推动城市可持续发展、践行绿色发展理念具有深远意义。

1 餐厨垃圾处理厂工艺现状

1.1 常见处理工艺介绍

1.1.1 厌氧发酵工艺

厌氧发酵是目前应用较为广泛的餐厨垃圾处理工艺之一。

该工艺利用厌氧微生物在无氧环境下分解餐厨垃圾中的有机物质,产生沼气和沼渣。沼气主要成分是甲烷,可作为清洁能源用于发电、供热等,实现能源回收。沼渣经过处理后可制成有机肥料,用于农业生产。例如,上海老港再生能源利用中心采用先进的厌氧发酵工艺,日处理餐厨垃圾能力达到2000吨,每日可产生沼气约180000立方米,转化为电能约250000千瓦时,不仅满足了处理厂自身用电需求,还向电网输送部分电力,同时生产有机肥料约100吨。

1.1.2 好氧堆肥工艺

好氧堆肥工艺依靠好氧微生物在有氧条件下对餐厨垃圾进行分解转化。通过控制温度、湿度、通风等条件,微生物将餐厨垃圾中的有机物分解为稳定的腐殖质,形成有机肥料。在好氧堆肥过程中,温度需维持在55℃-65℃,此温度范围有利于嗜热微生物的生长,可加快有机物分解速度。湿度一般保持在50%-60%,既能保证微生物有适宜的生存环境,又不会因水分过多导致通气性变差。通风系统则需根据堆肥阶段实时调整,前期微生

物需氧量高,通风量要大;后期随着有机物减少,通风量可适当降低^[1]。通过合理控制这些条件,好氧堆肥能高效产出符合国家标准的有机肥料,用于改善土壤结构、提高农作物产量。

1.2 现存工艺问题分析

1.2.1 处理效率有待提高

部分餐厨垃圾处理厂由于设备老化、工艺设计不合理等原因,处理效率较低。一些早期建设的处理厂,其分拣设备自动化程度低,主要依靠人工分拣,导致分拣速度慢、精度差,影响后续处理环节。据调查,此类处理厂每日实际处理量仅能达到设计处理量的60%,严重制约了餐厨垃圾的处理能力。例如,部分处理厂人工分拣时,每小时仅能处理5吨餐厨垃圾,且因人为因素,分拣精度仅能达到70%,大量杂质混入后续处理流程,导致处理设备故障频发,处理效率进一步降低。

1.2.2 能源消耗较大

在餐厨垃圾处理过程中,能源消耗是一个突出问题。以厌氧发酵工艺为例,维持发酵所需的适宜温度、运行搅拌设备以及沼气提纯等环节都需要消耗大量能源。部分处理厂因能源管理不善,设备运行效率低,导致能源浪费现象严重。一些处理厂的发酵罐保温效果不佳,为维持35℃-38℃的发酵温度,加热设备需长时间高功率运行,能源消耗大幅增加。同时,搅拌设备未根据发酵阶段合理调整转速,在发酵后期仍以高转速运行,造成不必要的能源损耗,其能源消耗成本占总运营成本的比例可高达40%,远远高于行业平均水平。

2 工艺优化策略

2.1 预处理工艺优化

2.1.1 改进分拣技术

采用先进的自动化分拣设备,如利用近红外光谱分析技术、图像识别技术等,能够快速准确地对餐厨垃圾中的杂物进行分拣。先进的自动化分拣设备利用近红外光谱分析技术,可根据不同物质对近红外光的吸收特性,快速识别出餐厨垃圾中的塑料、金属、玻璃等杂物。配合图像识别技术,能进一步提高分拣精度。引入此类设备后,分拣效率可提高500%以上,分拣精度达到95%以上,大大减少了人工分拣成本,同时提高了后续处理工艺的稳定性 and 效率。这使得进入后续处理环节的餐厨垃圾纯度更高,降低了设备故障风险,保障了处理流程的顺畅运行。

2.1.2 优化破碎方式

选择合适的破碎设备和破碎参数,能够使餐厨垃圾颗粒大小更均匀,有利于后续发酵或堆肥过程。例如,采用双轴剪切式破碎机,通过调整刀具间距和转速,可将餐厨垃圾破碎至粒径在10毫米左右,相比传统破碎方式,破碎效果更好,且能耗降也相对较低。双轴剪切式破碎机的刀具设计独特,在破碎过程中对餐厨垃圾进行剪切和挤压,使垃圾颗粒均匀度更高^[2]。合理调整刀具间距和转速,既能保证破碎效果,又能降低设备运行能耗,为后续处理工艺提供更优质的物料。

2.2 主处理工艺优化

2.2.1 厌氧发酵工艺优化

优化厌氧发酵工艺的关键在于控制发酵条件和菌种选育。通过精确控制发酵温度在35℃-38℃之间、pH值在6.8-7.2范围内,能够提高厌氧微生物活性,增加沼气产量。同时,选育高效的厌氧菌种,可进一步提升发酵效率。研究表明,当发酵温度稳定在37℃、pH值为7.0时,厌氧微生物的活性达到最佳状态,沼气产量可提高30%-40%。与科研机构合作,从不同环境中筛选适应本地餐厨垃圾特性的厌氧菌种,可使沼气产量再提高10%-15%。这些高效菌种能更快速地分解餐厨垃圾中的有机物质,产生更多的沼气。

2.2.2 好氧堆肥工艺优化

在好氧堆肥过程中,合理控制通风量和堆肥物料的碳氮比是提高堆肥质量和效率的关键。利用智能化通风系统,根据堆肥过程中氧气含量和温度变化实时调整通风量^[3]。调整物料碳氮比至25-30,可促进微生物生长繁殖,缩短堆肥周期。智能化通风系统通过传感器实时监测堆肥内部的氧气含量和温度,当氧气含量低于18%时,自动加大通风量;温度超过65℃时,增加通风频率以降低温度。将物料碳氮比控制在合适范围,微生物可充分利用碳源和氮源进行生长繁殖,堆肥周期可从原来的40天缩短至25天左右,且有机肥料中氮、磷、钾等养分含量更均衡,质量显著提升。

3 节能减排措施

3.1 能源回收与利用

3.1.1 沼气发电与余热回收

厌氧发酵处理厂中,沼气发电是能源回收的关键手段。厌氧发酵时,有机废弃物在无氧环境下被微生物分解,产出以甲烷为主的沼气。安装高效沼气发电机组,能将沼气化学能转化为电能。沼气发电机组基于内燃机技术,沼气在发动机气缸内燃烧,推动活塞运动,带动发电机转子发电。为提高发电效率,需预处理沼气,去除杂质、水分与硫化氢等,保障发动机稳定运行,延长设备寿命。发电过程产生大量余热,余热回收装置可有效收集。常用热交换器,如管壳式,发电尾气在管程流动,需加热的发酵罐物料或进气在壳程,通过管壁传热。这能提升物料温度,促进厌氧发酵,或预热进气,优化处理工艺,减少额外能源投入,实现能源梯级利用,提高处理厂能源效率。

3.1.2 利用太阳能等可再生能源

在处理厂建设太阳能光伏发电系统,可利用厂区屋顶与空地。这些区域面积大、光照好。系统主要由太阳能板、逆变器、支架与电气连接设备构成。太阳能板是核心,基于光伏效应工作。太阳光照射,光子与半导体材料电子作用,产生电子-空穴对,在电场下形成电流。将多个太阳能板串并联组成光伏阵列,可依用电需求与场地调整规模布局。逆变器把太阳能板产生的直流电转换为交流电,供厂区使用。支架固定太阳能板,依当地纬度与光照调节倾斜角度,获取最佳光照。建设光伏发电系统,可减少传统能源依赖,降低碳排放与能源成本,提升效益。

3.2 降低污染物排放

3.2.1 废气处理技术改进

餐厨垃圾处理会产生含硫化氢、氨气的废气，未经处理排放，不仅异味刺鼻，还危害环境与健康。采用生物除臭和活性炭吸附组合工艺，可高效处理。生物除臭塔利用微生物分解污染物。塔内填充适宜微生物生长的填料，废气通过时，硫化氢、氨气等被微生物捕获，在生长代谢中分解为无害物。不同污染物有对应优势菌种，如处理硫化氢的氧化硫杆菌。控制塔内温度、湿度、pH 值等，可提升微生物分解能力。经生物除臭塔处理后，废气中仍有少量异味与残余污染物，此时用活性炭吸附装置净化。活性炭比表面积大、微孔丰富，对异味和小分子污染物吸附力强。废气通过吸附层，污染物被吸附在表面，实现深度净化，使厂界臭气浓度达标，改善空气质量。

3.2.2 废水处理与循环利用

建设高效废水处理系统对餐厨垃圾废水处理意义重大。废水成分复杂，含高浓度有机物、氮、磷与可能的重金属。处理一般采用厌氧生物、好氧生物及深度处理工艺组合。厌氧生物处理阶段，厌氧微生物在无氧环境将大分子有机物分解为小分子有机物与甲烷。厌氧工艺多样，如升流式厌氧污泥床（UASB）。以 UASB 为例，废水从底部进入，与厌氧颗粒污泥接触，进行发酵反应，去除大部分有机物，同时产生沼气可回收利用。好氧生物处理在有氧条件下，利用好氧微生物降解厌氧处理后的残留有机物，将其氧化为二氧化碳和水，净化水质。常见工艺有活性污泥法、生物膜法。活性污泥法中，曝气池曝气为微生物提供氧气，微生物形成活性污泥絮体，吸附分解有机物。经过厌氧和好氧处理，废水仍可能含难降解污染物与重金属，需深度处理。常见方法有混凝沉淀、过滤、膜分离与高级氧化等。如超滤膜和反渗透膜组成的膜分离技术，可去除微小颗粒、胶体、重金属离子和溶解性有机物，使废水达回用标准。处理后的中水可回用于厂区冲洗、绿化灌溉。中水回用减少新鲜水取用，降低水资源消耗与废水排放，实现水资源循环利用，提高资源利用效率，符合可持续发展理念。合理规划建设废水处理与循环利用系统，可实现废水达标排放，提升处理厂环境与经济效益。

4 案例分析

上海黎明资源再利用中心是一家日处理能力为1500吨的餐厨垃圾处理厂。在工艺优化前，该厂存在处理效率低、能耗高、污染物排放超标的问题。通过实施一系列工艺优化与节能减排措施，取得了显著成效。

在工艺优化方面，该厂更新了分拣设备，引入自动化分拣系统，分拣效率提高了400%。从原来每小时处理10吨提升至每小时

处理50吨。对厌氧发酵工艺进行优化，调整发酵温度和pH值，筛选高效厌氧菌种，沼气产量增加了40%。优化前每日沼气产量为120000立方米，优化后达到168000立方米。在节能减排方面，建设了沼气发电与余热回收系统，每年发电800万千瓦时，余热回收节省天然气200000立方米。安装先进的废气处理设备，废气污染物去除率达到95%以上，废水处理系统实现了中水回用率65%。

通过上述措施，该厂处理效率大幅提升，能源消耗降低了35%，污染物排放达标，经济效益和环境效益显著提升。具体数据对比见下表（表1）：

表1 上海黎明资源再利用中心工艺优化与节能减排成效对比

项目	优化前	优化后	变化情况
处理效率(日处理量占设计量比例)	50%	90%	提高 40 个百分点
沼气产量(立方米 / 日)	12000	168000	增加 48000 立方
能源消耗成本(占总运营成本比例)	45%	30%	降低 15 个百分点
废气污染物去除率	未达标	95% 以上	达标且显著提高
中水回用率	30%	65%	提高 35 个百分

5 结语

综上，餐厨垃圾处理厂工艺优化与节能减排是实现城市可持续发展的必然要求。通过改进预处理和主处理工艺，提高处理效率，降低能源消耗；采用能源回收与利用措施，增加清洁能源供应；改进废气、废水处理技术，降低污染物排放，能够有效提升餐厨垃圾处理厂的运行效益和环境友好性。未来，随着科技的不断进步，应持续探索创新处理工艺和节能减排技术，推动餐厨垃圾处理行业向高效、绿色、可持续方向发展。

[参考文献]

- [1]付源,徐坚麟,顾斌,等.自动控制系统在餐厨垃圾处理中的应用[J].中国资源综合利用,2024,42(03):40-42.
- [2]邓松圣,戴飞,冷夕杜.餐厨垃圾处理节能降耗措施分析[J].科学咨询(科技·管理),2024,(03):125-128.
- [3]陈玉龙,吴元,单君,等.餐厨垃圾处理过程气体除臭技术进展[J].环境工程,2023,41(S2):475-479.

作者简介：

李斐华(1984--),女,汉族,河南巩义人,大学本科,工程师,中国水利水电第十一工程局有限公司,研究方向：施工质量控制。