

绿色环保

餐厨垃圾协同生活垃圾焚烧厂处理工艺技术

宋士丽 冯楠 石姗姗 刘希瞳

(中国恩菲工程技术有限公司, 北京 100038)

[摘要] 目前中小规模餐厨垃圾处理厂采用传统的餐厨垃圾处理工艺,存在工艺复杂、投资大、运行成本高、盈利难等问题,开发简单、资源化程度高、智能高效的餐厨垃圾处理工艺是当前热点问题。餐厨垃圾协同生活垃圾焚烧厂处理是未来餐厨垃圾处理的主流趋势。本文介绍了餐厨垃圾协同处理的常规工艺流程及其优势,并以实际项目为例,介绍了不同餐厨垃圾协同处理工艺的适用规模及优缺点,以期为我国餐厨垃圾处理项目建设提供相关参考。

[关键词] 餐厨垃圾;生活垃圾;预处理工艺;协同处置;资源化处置

[中图分类号] X799.3

[文献标志码] B

[文章编号] 1008-5122(2022)01-0056-05

DOI:10.19610/j.cnki.cn11-4011/tf.2022.01.014

0 前言

“十二五”至“十三五”期间,我国已分5批在100个试点城市建设了共计100余座餐厨垃圾资源化与无害化处理厂。其中,有79个试点城市采用厌氧消化技术,其他处理厂采用饲料化或好氧堆肥工艺。这些项目主要采用BOT、BOO、BOOT及PPP模式,由社会资本投资建设和运营,政府提供餐厨垃圾收运及处置补贴费,但处理规模较小的独立餐厨垃圾处理厂盈利能力较弱。随着非洲猪瘟的蔓延,为了避免餐厨垃圾引发的资源浪费与环境污染等问题,建设餐厨垃圾处理厂的需求已经从中大城市发展到中小城市。中小城市人口少,餐厨垃圾产量少,如果采用传统的餐厨垃圾处理厂工艺,存在工艺复杂、建设投资高、运行成本高、盈利难的问题^[1-2]。“十四五”时期,生活垃圾分类和处理设施建设将进入关键时期,其中餐厨厨余垃圾处理

是重点发展项目。

目前,餐厨垃圾处理大部分采用“预处理+破碎分选制浆+全物料厌氧消化+产物资源化利用”的主体技术路线。近年来,随着各地固废处理循环经济产业园的规划建设,餐厨垃圾处理不再是孤立的项目,而是与生活垃圾焚烧发电厂等环保设施统筹建设,各项目之间的物质能量流动越来越密切。餐厨垃圾处理厂更多地开始考虑与其他设施协同建设,尤其是与生活垃圾焚烧厂协同建设,可以为其他处理工艺所需的热能、废水、废渣利用及处理提供便捷途径。

当前,依托国家政策,结合行业处理现状及项目实际特点,探索一种适合中小城市餐厨垃圾的处理方法,开发简单、资源化程度高、智能高效的餐厨垃圾处理工艺,有效实现餐厨垃圾资源化、无害化及减量化,同时保证项目实现最大经济效益迫在眉睫。

1 餐厨垃圾协同处理工艺

餐厨垃圾处理项目单独建厂模式的预处理工艺主要采用水力制浆、破碎分选制浆等工艺。这些预处理工艺复杂,设备处理精细,最大程度地减少物料有机质损失率,主要是将餐厨垃圾中可发酵的有机物尽可能多地转移到浆液中,通过厌氧发酵最大程

[收稿日期] 2021-12-10

[作者简介] 宋士丽(1985—),女,黑龙江哈尔滨人,硕士,工程师,主要从事餐厨、厨余、粪便、畜禽粪、污秸秆及污泥等有机垃圾咨询设计及设计管理工作。

[引用格式] 宋士丽,冯楠,石姗姗,等.餐厨垃圾协同生活垃圾焚烧厂处理工艺技术[J].有色冶金节能,2022,38(1):56-60.

度生产沼气,并对沼气进行资源化(主要是沼气发电或提纯制天然气)。

餐厨垃圾协同焚烧厂处理,从节约投资及运行成本方面考虑,大部分100 t/d以下规模的项目对餐厨进行预处理后,便将餐厨垃圾与生活垃圾焚烧厂协同处置。大部分100 t/d以上规模的项目采用“预处理+厌氧消化”工艺路线。根据规模及沼气用途不同,各工艺处理系统仍有较大差异。常规采用“物料接收+分选系统+挤压系统+除砂除杂+蒸煮提油+中温湿式水相厌氧消化+沼气/渣/液协同焚烧厂处置”工艺,流程图如图1所示。该工艺流程短,保证经过预处理后的有机物料的各项指标,满足提油系统及厌氧消化系统安全稳定运行的要求,减少设备磨损维修成本,提高粗油脂的提取率,实现了餐厨垃圾的资源化、无害化及减量化处理^[3]。

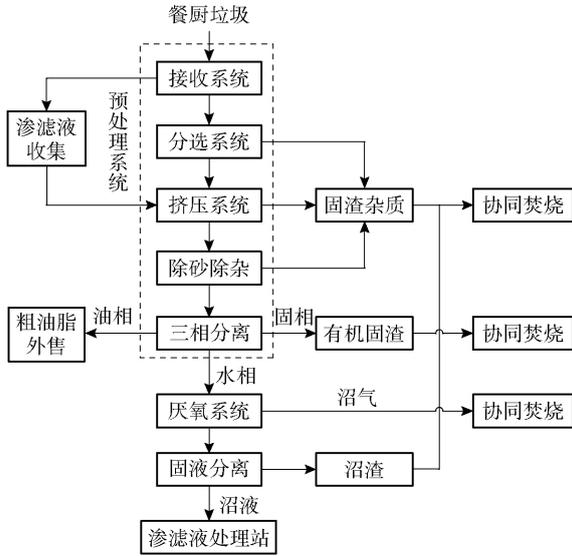


图1 餐厨垃圾处理工艺流程图

1.1 餐厨垃圾预处理

餐厨垃圾预处理采用“物料接收+分选系统+挤压系统+除砂除杂+蒸煮提油”的主体工艺。

餐厨垃圾进厂称重计量后卸倒在接收斗内,接收斗内设有滤水装置,滤水后的餐厨垃圾通过底部螺旋输送至分选系统内去除大块杂质。分选杂质后的有机物料进入挤压系统内进行固液分离,挤压后的浆液由气力输送泵送入除砂设备,去除浆液中的重物质砂砾。除砂后的浆液送入除杂机进一步去除轻物质杂质。除杂后的浆液暂存后泵送入蒸汽喷射器内与蒸汽混合加热,加热后的物料暂存后泵送入三相离心机内。三相分离产出油脂、有机废水及有机固渣。油脂暂存定期外售;

有机废水暂存后泵送至后端厌氧消化系统;有机固渣和除杂机分出的有机固渣集中收集后外售资源化利用或协同焚烧处置,预处理系统分选出的固渣杂质协同焚烧处置。

上述预处理工艺流程短,设备投资低,可最大化提取餐厨垃圾中的油脂。根据餐厨垃圾物料性质,餐厨垃圾预处理工艺选择的关键原则是“处理环境安全、环保(无跑冒滴漏)、节能及智能化”,保证处理工序流畅,物料进得去、出得来、不卡堵,在工艺设计上充分考虑延长后续工序设备使用寿命,减少设备磨损停机维修时间,降低运营成本,保证效益最大化。

1.2 中温湿式水相厌氧消化工艺

餐厨垃圾经过预处理工艺后,有机废水泵送至厌氧消化系统,采用中温湿式水相厌氧消化为主体的工艺路线进行处理,经过充分的酸化水解后完成甲烷化过程产生沼气,从而实现餐厨垃圾的资源化利用和无害化处置,有效控制餐厨垃圾处置过程产生的污染。

采用水相厌氧消化工艺,系统占地面积小,节省厌氧系统投资,后期运营维护也相对简单方便。此外,水相厌氧消化工艺产生的沼液量较全物料厌氧消化工艺少,可减少后续污水处理建设和处理的成本。

1.3 沼气/液/渣协同焚烧厂处置

餐厨垃圾浆料经过厌氧消化后产生的消化液经过固液分离后,产生的沼气输送至气柜储存增压,然后送至焚烧厂的焚烧炉焚烧;产生的沼液送至焚烧厂渗滤液处理站协同处理;产生的含水80%的沼渣送至焚烧厂焚烧炉焚烧。沼气/液/渣协同焚烧厂处置减少建设运营成本,实现项目收益最大化。

1.4 主要技术指标对比

以处理规模100 t/d的项目为例进行测算,对比分选挤压工艺与破碎分选制浆工艺主要技术指标,结果见表1。

从表1可知:

1)分选挤压工艺固渣杂质比例为30%,破碎分选制浆工艺固渣杂质比例为33%。对于这部分固渣杂质,协同焚烧厂项目都做焚烧处置,固渣杂质处置成本差异很小。

2)分选挤压工艺设计时,对分选产生的固渣杂质进行加热洗涤,沥出油水再次提油,可保证其提油率与破碎分选工艺差异不大。

表1 分选挤压工艺与破碎分选制浆主要技术指标对比

| 序号 | 指标 | 分选挤压工艺 | 破碎分选制浆工艺 |
|----|--|-----------|-------------|
| 1 | 除杂比例/% | 20 | 10 |
| 2 | 提油比例/% | 2 | 3 |
| 3 | 有机固渣比例/% | 10 | 15 |
| 4 | 沼气产量/ $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ | 4 000 | 6 000 |
| 5 | 沼渣产生比例/% | 3 | 5 |
| 6 | 沼液比例/% | 75 | 90 |
| 7 | 运行能耗/ $\text{kW} \cdot \text{h}$ | 1 100 | 1 500 |
| 8 | 设备投资/万元 | 650 ~ 700 | 900 ~ 1 000 |

3) 两种工艺沼气产量相差约 $2\,000\ \text{m}^3/\text{d}$, 协同项目不单独建设沼气净化利用系统, 沼气直接进焚烧炉焚烧, 而焚烧炉燃烧沼气的发电效率为 20%, 相对较低。因此, 两种预处理工艺选择对整个项目影响相对较小。

4) 分选挤压工艺产生的沼液较破碎制浆工艺少 $15\ \text{t}/\text{d}$, 运行能耗低、设备投资少, 可节省建设投资及运行成本。

2 餐厨垃圾协同处理优势

餐厨垃圾处置项目单独建立处理厂时, 生产管理、公用辅助设施需建设齐全, 主处理工艺流程繁长, 因餐厨垃圾含油率高、物料粘稠同时夹杂无机杂质等理化特点, 运行过程中经常出现设备卡堵等现象。目前, 国内大部分单独建设的餐厨垃圾处理厂建设投资和运行维护成本高, 产品沼气不能获得长期稳定的收益, 完全依赖政府补贴, 所以存在亏损现象。

餐厨垃圾协同生活垃圾焚烧厂处理的优势^[4]如下:

1) 共用设施, 降低投资。餐厨垃圾厂与垃圾焚烧厂协同共建, 可共用垃圾焚烧厂的办公楼、计量系统、供水、供热、供电等公用设施, 沼气等资源化产品可协同焚烧处置, 降低投资; 餐厨垃圾处理过程中的固渣杂质可直接送至垃圾焚烧厂处置, 实现无害化、减量化处理, 并降低运行成本。固渣杂质在厂区内处理, 运输距离短, 臭气逸散易控制, 作业环境好。

2) 人员共用减少人工成本。餐厨垃圾处理厂与生活垃圾焚烧厂协同共建, 行政管理、运行、维修、安保等人员可以共用, 可减少人员工资成本。

3) 沼气/沼液协同处置。餐厨垃圾有机浆液经

厌氧消化后产生的沼气送至生活垃圾焚烧炉作为燃料助燃, 既充分利用了沼气热值, 又有利于提升焚烧炉炉内温度, 减少助燃柴油的使用。沼液送至焚烧厂渗滤液处理站协同处理, 可以解决沼液单独处理的技术难题, 同时为焚烧厂渗滤液处理补充碳源, 减少外购碳源的成本。

4) 工艺简单、设备投资低。餐厨垃圾预处理工艺的核心设备——螺旋挤压设备来自食品行业, 根据餐厨垃圾物料特点进行优化改造。该预处理路线设备投资和能耗低, 解决餐厨垃圾预处理过程中出现的设备卡堵等问题, 满足餐厨垃圾预处理除杂及蒸煮提油资源化处置需求。

5) 预处理环节保证最大除杂率及最大量提取油脂, 尽量减少后端进厌氧消化系统的有机浆液量; 而后端采用的水相厌氧消化工艺节省了系统投资及运营维护成本。

3 典型协同处置案例分析

餐厨垃圾与生活垃圾焚烧厂协同共建已逐渐成为主流, 不同的规模及沼气利用方式决定了餐厨垃圾的处理工艺有所不同。

3.1 简单预处理协同项目

某餐厨垃圾处理规模 $50\ \text{t}/\text{d}$ 的项目采用的主要处理工艺为: 预处理 + 蒸煮提油 + 固渣杂质协同焚烧厂焚烧 + 水相浆料协同渗滤液处理站处理 + 油脂外售, 工艺流程如图 2 所示。

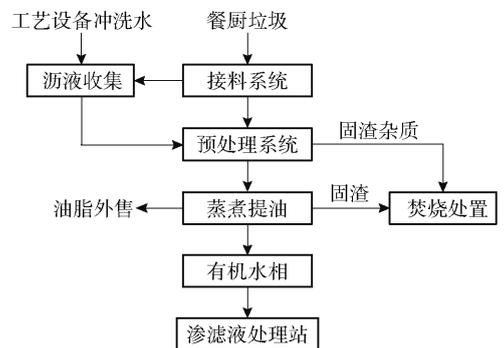


图2 餐厨垃圾简单预处理工艺流程图

该工艺较为简单, 后端不设计厌氧消化系统, 适合中小城市餐厨垃圾处理规模 $50\ \text{t}/\text{d}$ 以下、与焚烧厂协同共建的项目。

该工艺的优点是工艺简单, 占地小, 节省建设投资及运行成本。缺点是经过预处理的餐厨垃圾蒸煮提油产生的有机水相浆液中各类污染物浓度较高: COD 浓度为 $14\ \text{万} \sim 18\ \text{万}\ \text{mg}/\text{L}$, SS 浓度为 $2\ \text{万} \sim$

4.5万 mg/L, 油脂浓度约5 000 mg/L。因此, 有机水相与焚烧厂渗滤液处理站进行协同处置时, 前端去除油脂、SS等预处理工艺设备选择是关键。如果油脂及SS去除效果不佳, 对后端MBR超滤系统及膜系统影响极大, 会导致渗滤液处理系统崩溃。

对于餐厨垃圾简单预处理协同工艺, 餐厨垃圾处置规模与渗滤液处理站规模匹配、选择合适的油脂及SS去除设备是关键, 否则这种工艺不能长期稳定运行。

3.2 预处理 + 水相湿式厌氧消化 + 沼气净化发电协同项目

某餐厨垃圾处理规模250 t/d的项目采用的主要处理工艺为: 预处理 + 蒸煮提油 + 固渣杂质协同焚烧厂焚烧 + 水相浆料厌氧消化 + 沼气净化发电 + 沼液渗滤液处理站协同处理, 工艺流程如图3所示。

该工艺适合餐厨垃圾处置规模较大的项目或与焚烧厂协同共建的项目。

该工艺为全流程餐厨垃圾处置工艺, 可实现餐厨垃圾最大程度资源化, 产品为油脂、沼气和电, 全面响应国家餐厨垃圾处置相关政策。餐厨垃圾200 t/d以上规模独立建设的餐厨垃圾厂采用此工艺也可形成规模效应, 保证项目收益。若与焚烧厂协同共建, 废水、废渣处置便利, 节省成本; 焚烧厂渗滤液处置沼气与餐厨沼气协同处理, 可避免单独焚烧厂渗滤液沼气直接火炬焚烧处置, 减少资源浪费。该工艺的缺点是相对运行成本较高。

由于该工艺为餐厨垃圾工艺全流程处置, 为保证项目稳定运行及盈利, 项目的运行管理水平必须提高。

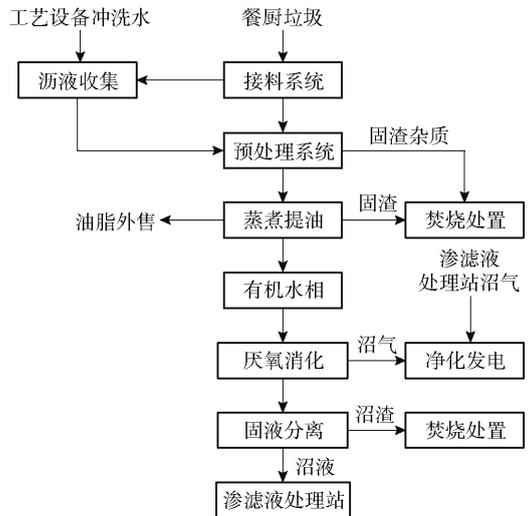


图3 预处理 + 水相湿式厌氧消化 + 沼气净化发电工艺流程图

3.3 预处理 + 全物料湿式高温厌氧消化协同项目

某餐厨垃圾150 t/d、厨余垃圾150 t/d、粪便300 t/d处理规模的项目采用的主要处理工艺为: 餐厨垃圾、厨余垃圾及粪便预处理 + 高温联合厌氧消化 + 沼气加热焚烧炉一次风 + 沼液渗滤液处理站协同处理 + 固渣杂质协同焚烧, 工艺流程如图4所示。

预处理 + 全物料湿式高温厌氧消化工艺既适合规模较大或多种垃圾物料联合厌氧消化的项目, 又适合与焚烧厂协同的项目。

这种工艺采用全物料高温湿式厌氧消化工艺, 由于粪便含水率较高, 可用作物料调配稀释水, 减少外加工艺水成本。沼气用于加热焚烧炉一次风, 可减少焚烧厂蒸汽消耗, 提高发电效益, 同时还可减少沼气净化发电投资及运行成本, 提高项目收益; 多种

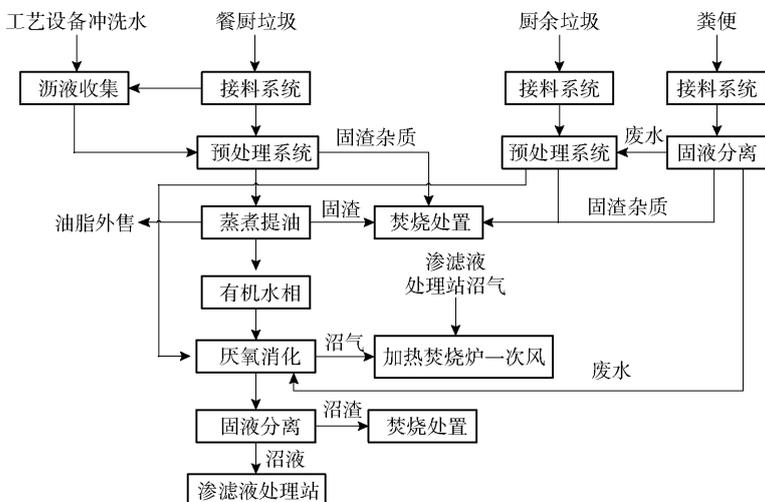


图4 预处理 + 全物料高温厌氧消化工艺流程图

物料联合厌氧消化也是未来有机垃圾联合处置的发展趋势。

该工艺的缺点为:多种物料联合进行高温湿式厌氧消化,在实际运行时,温度控制及调试、多种物料调配及 C/N 配比调试将会面临很大挑战。

对于规模较大、多种物料联合厌氧消化的项目,建议优化全厂沼气利用方案,推荐采用部分沼气单独发电机组,防止沼气直接火炬焚烧,造成资源浪费。

4 结束语

餐厨垃圾处理厂与生活垃圾焚烧厂协同共建,协同处理模式的工艺系统精简,建设投资及运营成本低,是未来餐厨垃圾、厨余垃圾及粪便等有机垃圾处理厂工艺选择的主流趋势,尤其适合餐厨垃圾产量少、缺乏规模效应、不适合采用全工艺路线的中小城

市。协同焚烧厂处置采用“简单预处理+水相厌氧消化”工艺,可保证餐厨垃圾资源化、无害化、减量化处理,实现项目的经济收益最大化。

[参考文献]

- [1] 张爱军,吴靖宇,戴小东.餐厨垃圾与生活垃圾焚烧协同处理探讨[J].环境与可持续发展,2021,46(1):115-119.
- [2] 常燕青,黄慧敏,赵振振,等.餐厨垃圾资源化处理与高值化利用技术发展展望[J].环境卫生工程,2021,29(1):44-51.
- [3] 吴占恒.餐厨垃圾处理厂处理模式的探讨[J].皮革制作与环保科技,2021,2(8):95-96.
- [4] 丁晓翔,姜忠磊,汪洋,等.国内主要餐厨垃圾处理技术模式探讨分析[J].科技创新与应用,2020(1):6-11.

Treatment Technology of Collaborative Disposal of Kitchen Waste and Domestic Waste Incineration Plant

SONG Shi-li, FENG Nan, SHI Shan-shan, LIU Xi-tong

Abstract: At present, small and medium scale kitchen waste treatment plants adopt the traditional process of kitchen food treatment process, which has the problems of complex process, high investment, high operation cost and difficult profit. Developing a simple, high degree of resource utilization, intelligent and efficient kitchen waste treatment process is a hot issue at present. Collaborative disposal of kitchen waste and domestic waste incineration is the mainstream trend of food waste treatment in the future. This paper introduced the conventional process flow and advantages of collaborative disposal of kitchen waste, and took several actual projects as examples to introduce the applicable scale, advantages and disadvantages of different collaborative disposal treatments of kitchen waste, in order to provide reference for the construction of kitchen waste treatment projects in China.

Key words: kitchen waste; domestic waste incineration; pre-treatment process, collaborative disposal; resource disposal