

Optimization Analysis of Key Process Technologies for Typical Kitchen Waste Treatment Projects

Yongbin Li Haiyan Zhu* Canwei Zhou Yang Song Weidong Wang

CUCDE Environmental Technology Co., Ltd., Beijing, 100120, China

Abstract

This paper takes Yiwu City kitchen waste treatment project as an example, and analyzes the problems existing in the operation of the first phase of the project and the key process optimization in the second phase of design and construction. Under the background of good garbage classification in Yiwu, the collection and transportation capacity of kitchen waste is larger than expected, and the moisture content of kitchen waste is higher, which leads to a large number of sorting liquid phases causing different degrees of impact on the subsequent sections. At the same time, due to the imperfect selection and installation of some process system equipment in the first phase, the normal operation and production of the project have been affected to different degrees. In the second phase, through the overall optimization of the main process systems of kitchen waste, such as pretreatment, anaerobic system and sewage treatment, the existing problems in the first phase were solved, providing a strong guarantee for the full load treatment of kitchen waste, the continuous and stable operation of the project, and the reduction of the operation cost and increasing the revenue of the project. Through the above analysis, this paper provides reference for the construction design and upgrading of similar projects in Jiangsu and Zhejiang regions and the whole country.

Keywords

kitchen; kitchen waste; technology

典型餐厨厨余垃圾处理工程关键工艺技术优化分析

李永彬 朱海燕* 周灿炜 宋旻 王炜栋

中城院(北京)环境科技股份有限公司, 中国·北京 100120

摘要

论文以义乌市餐厨厨余垃圾处理项目为例,分析了项目一期运行过程中存在的问题及二期建设过程中关键工艺优化情况。义乌市在垃圾分类情况较好的背景下,餐厨及厨余垃圾收运处理量比预期大,厨余垃圾含水率较高,导致大量的分选液相对后续工段造成了不同程度的冲击。二期通过对餐厨厨余预处理、厌氧系统、污水处理等主要工艺系统进行统筹优化,解决了一期存在问题,为二期满负荷处理餐厨厨余垃圾,项目持续稳定运行,减少运行成本,增加项目收益提供了有力保障。论文通过以上分析,为江浙地区及全国类似项目建设设计和提标改造提供参考。

关键词

餐厨; 厨余; 工艺

1 工程背景概述

义乌市餐厨厨余垃圾处理厂名为“义乌市再生资源利用中心”,一期按“一次规划、分期实施”原则进行建设,土建按远期规模一次建设,设备分期配置。一期于2019年底建成运行,随着义乌市垃圾分类工作的不断推进,经过1

年运行,垃圾收运量达到设计负荷,于2021年开始实施二期工程。

论文通过对项目整体工艺选择,一期运行存在问题及二期工艺优化进行分析,为江浙地区及全国类似餐厨厨余垃圾处理项目建设设计和提标改造提供参考。

2 一期设计概况

2.1 设计规模

一期处理规模为餐厨垃圾100t/d,厨余垃圾100t/d,地沟油30t/d;原设计二期处理规模达餐厨垃圾200t/d,厨余垃圾200t/d,地沟油30t/d。

2.2 工艺路线

本项目采用“预处理+厌氧消化+沼气利用”的主体工艺,预处理固渣送往焚烧厂处理,厌氧沼气进行锅炉产热

【作者简介】李永彬(1989-),男,中国广西北流人,硕士,工程师,从事环境工程、生态工程、固废处理与资源化利用研究。

【通讯作者】朱海燕(1981-),女,中国陕西宝鸡人,硕士,高级工程师,从事环境工程(包括污水处理技术、固废处理技术)研究。

及发电上网利用,沼液经处理后达标排放。具体工艺路线及流程如下:

①餐厨垃圾预处理采用“物料接收+大物质分拣+精制制浆+除砂除杂+油水分离”工艺路线。该系统主要是接收餐厨垃圾并对餐厨垃圾进行预处理,通过大物质分选、制浆、除砂、加热、固液分离机、油水分离等设备去除垃圾中无机杂质,提取油脂。三相分离后油脂外售有资质企业,液相进入湿式厌氧系统,固相混合进入湿式厌氧系统或进入干式厌氧系统。②厨余垃圾预处理采用“物料接收+人工分选+筛分+风选+磁选+生物分离”工艺路线。该系统主要是接收厨余垃圾,并对其进行处理,通过分拣、滚筒筛、磁选、破碎机、分选机等设备去除厨余垃圾中塑料袋、金属、砂石、玻璃等无机杂质,接收垃圾沥液进入湿式厌氧系统,剩余有机浆料进入干式厌氧系统。③地沟油预处理采用“物料接收+除杂+加热+离心提油”工艺路线。该系统主要是接收地沟油,并对地沟油进行预处理,通过螺旋除渣机、油脂分离系统等去除地沟油中的无机杂质,并提取毛油。④厌氧系统采用中温湿式厌氧发酵(CSTR)及高温干式厌氧发酵两种技术路线。湿式厌氧系统对预处理后的餐厨垃圾、厨余沥水以及毛油液相进行中温厌氧消化,消化反应温度为 $35^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$,消化进料含固率为10%~13%。干式厌氧系统对预处理后的厨余垃圾固相物质进行厌氧消化,消化进料含固率为20%~30%。该系统降解餐厨厨余中的VSS,产生沼气进行利用。⑤沼气采用“粗过滤+气柜储存+脱硫+锅炉产热及发电+应急火炬”的处理及利用技术路线。该系统主要对产生的沼气进行脱硫净化,净化后沼气送至锅炉燃烧产生蒸汽利用或进行发电上网利用。⑥沼渣处理采用“药剂调理改性+脱水”技术路线。该系统对厌氧沼液进行脱水,将含水率降低至60%~80%。⑦污水处理采用“预处理+膜生化反应器+深度处理”技术路线。该系统对沼液脱水滤液、生活污水进行处理,达标后排放至市政污水管网。其中预处理系统采用“混凝气浮”工艺,膜生化反应器采用一级A/O+超滤,深度处理工艺采用纳滤(NF)处理工艺,浓缩液处理技术路线为“浓缩液减量化”。⑧本项目除臭工艺采用4套除臭系统和1套离子新风系统。其中电源除臭系统共1套,工艺流程为物理降尘过滤+酸洗+碱洗+催化氧化+活性炭+达标排放,风量为 $35000\text{m}^3/\text{h}$ 。面源除臭系统2套,工艺流程为碱洗+生物过滤+达标排放,每套风量为 $70000\text{m}^3/\text{h}$ 。污水除臭系统1套,工艺流程为酸洗+碱洗+催化氧化+达标排放,风量为 $15000\text{m}^3/\text{h}$ 。

2.3 主要存在问题

一期项目建成后,运行情况整体稳定,随着项目的持续运行,由于义乌市垃圾分类情况较好,实际收运量高于预期。二期建成后,一二期总处理规模可达餐厨垃圾250t/d,厨余垃圾250t/d,地沟油30t/d。厨余垃圾实际含水率接近于餐厨垃圾,物料含水率约80%(原设计按厨余含水率75%

进行设备选型),垃圾沥液量可达30%,大量的沥液给后续工段造成了不同程度的冲击。主要存在以下系统问题。

2.3.1 餐厨垃圾预处理系统问题

生产线采用重力除砂装置,除砂效率不高。

油水分离工段采用卧式离心机+立式离心机的二级提油工艺,虽然提取毛油纯度可达98%。但该工艺设备故障率高,易堵塞,而产品毛油一般达95%纯度即可满足外售满足要求,且二级提油要求温度较高,对能源也有一定程度的浪费,对后续厌氧浆液降温也存在难度。

2.3.2 厨余垃圾预处理系统问题

厨余预处理线原设计处理能力为厨余垃圾200t/d,果蔬80t/d,实际处理能力为厨余垃圾100t/d,果蔬30t/d。

二期规模扩大后,设计处理能力应达到厨余垃圾250t/d,按原有条件,二期建成后难以达到设计处理能力,分析如下:

设备生产能力衔接不匹配,设备稳定性差,维护工作量大,设备处理性能达不到设计要求,包括:①生物分离器处理能力不足,目前处理厨余物料100t/d,生产线设备运行时长需7h;在鳞板机低频运行下,生物分离器处理速度仍无法满足前端下料速度,导致整条线生产不能连续进行,需根据后端处理情况进行鳞板机的频繁启停,需要两名运行人员车间前端后端就地操作。②滚筒筛腐蚀情况严重、故障频繁、设备自重过大,电机扭矩不足导致启动不畅、筛网存在形变等问题导致该设备不能达到设计处理能力要求。③厨余预处理线工艺路线为:接料斗+人工分选+滚筒筛(含风选)+磁选,为单线运行,其中任一设备出现故障或堵塞则可导致全线停机;果蔬鳞板机下料口由于皮带机角度大,上料困难易堵塞,生产时须两名工作人员扒料。

物料输送设备采用鳞板机、皮带机输送形式,该形式输送设备密封性差,且厨余垃圾含水率高,因此物料在输送过程中,鳞板机、皮带输送机存在跑冒滴漏现象,导致车间地面卫生差。

2.3.3 干式厌氧系统问题

干式厌氧系统从调试阶段开始,系统处理负荷未能达设计量100t/d,罐内物料含固率约为7%,与设计值20%含固率相差较大,导致系统未能处于干式厌氧运行状态。主要原因为:①干式厌氧长时间少量进料,停留时间较长,导致系统含固率降低;②干式厌氧补泥装置未安装,长期低含固率运行,导致系统内物料分层;③干式厌氧进料量超过30d,罐内发生酸化。

由于干式厌氧工段运行工况不理想,导致对应沼渣也难以按原设计顺利脱水,脱水系统需添加大量药剂,成本较高,同时需大量冲洗水,造成后端污水处理系统水量过大。

2.3.4 污水处理系统问题

本项目一期设计污水处理系统规模为 $220\text{m}^3/\text{d}$,原预期二期污水处理系统设计处理规模为 $180\text{m}^3/\text{d}$,共计 $400\text{m}^3/\text{d}$,土建工程已一次性建设完成。

因原生垃圾含水率高,且部分工段用水量比预期大,导致一期实际污水处理量达 260m³/d。

一期建成后,当地环保政策要求污水处理在原出水标准基础上增加出水总氮不高于 70mg/L 的要求,已建生化水池停留时间不能达到该项指标要求,且污水 COD 含量较低,总氮达标处理需添加大量碳源等药剂,成本较高。

3 二期工艺优化

3.1 餐厨垃圾预处理系统优化

餐厨垃圾处理车间一期预留了一条生产线位置,二期在预留位置新增餐厨垃圾预处理生产线,处理规模为 150t/d,工艺在保持原路线的基础上,增加了旋流除砂装置,提高除砂效率。

油水分离工段拆除一期立式离心机,一、二期统一采用卧式离心机一级提油工艺,减少提油工序,降低运行能耗及成本。

3.2 厨余垃圾预处理系统优化

鉴于厨余垃圾预处理生产线问题较多,对厨余预处理线进行整体优化。工艺调整为“物料接收+破碎+分选+挤压脱水+除砂除杂”技术路线。设备按 2 条生产线配置,处理能力各 125t/d,互为备用。

物料接收单元拆除原鳞板输送机,改采用三螺旋上料装置,该装置料仓底沥水经管道进入沥水池,其余物料经螺旋输送机送至破碎单元。鳞板机更换为三螺旋上料,解决了厨余卸料中的跑冒滴漏问题,且下料速度可控,能满足前后生产连贯进行要求。

增设破碎机,解决物料输送过程中的架桥、缠绕、堵塞问题,提高后续分选效率、挤压效率。破碎机主要将厨余垃圾进行初步破碎,将物料破碎至≤ 80mm 粒径。

破碎后厨余垃圾输送至分选单元,分选单元主要作用是把厨余垃圾中的大物质如塑料袋,玻璃瓶,易拉罐等分离出来。分选单元去除粒径> 60mm 的物料,粒径≤ 60mm 的物料由无轴螺旋输送机送至螺旋挤压机。分选单元可选择圆盘筛式大物质分选机或破碎筛分一体机等稳定设备。

挤压机通过螺旋挤压力的作用对物料下进行机械脱水,脱水后的物料输送至干式厌氧系统;水分及细微渣通过筛网排出,经除砂除杂系统去除浆料中的砂石等杂质,进入餐厨浆料池,最终进入湿式厌氧系统。

输送设备统一更换为螺旋输送,解决输送设备故障率高,跑冒滴漏等问题。

3.3 湿式厌氧系统优化

湿式厌氧系统二期继续采用中温湿式完全混合式厌氧发酵工艺。在一期原 1 座 650m³ 均质罐,1 座 4500m³ 厌氧罐,1 座 650m³ 出水罐及基础上,新增 1 座 650m³ 均质罐,2 座 5500m³ 厌氧罐,1 座 1000m³ 出水罐。满足一、二期所有预

处理后的餐厨垃圾浆液、厨余沥水、厨余压榨液相以及毛油液相进行中温厌氧消化的需求,厌氧罐反应温度 37℃。

均质罐前增设冷却系统,保证提油后高温液相进入厌氧系统前降低至合适温度。同时通过泥水换热器,通过浆料循环确保罐内物料温度的恒定(± 2℃),维持微生物的活性,使系统持续产气、稳定运行。

3.4 干式厌氧系统优化

由于前序工段大部分有机液相均进入了湿式厌氧系统,厨余垃圾挤压有机固相量有限,因此干式厌氧系统二期不再新增设备,经维护后继续处理厨余固相,并逐步降低使用率。

3.5 污水处理系统优化

由于处理规模及排放指标提高,二期工程污水处理系统在二期预留池容基础上,另新建一座生化水池及一座膜处理车间。

二期建成后,一、二期污水处理规模合计达 600 m³/d。通过降低一期污水处理系统的进水水量(约 120m³/d),使得一期污水处理系统尽量通过一级 A/O 实现氨氮、总氮的脱除。应急情况下进入二期工程的二级 A/O 系统进一步处理达标排放。

二期污水处理系统设计处理规模为 480m³/d,生化处理系统采用两级 A/O 工艺,保障总氮的进一步脱除。同时考虑到厂区沼液水质的波动,二期污水处理设备考虑 1.2 倍的富裕系数。

4 结语

义乌市餐厨厨余垃圾处理工程项目针对一期运行过程中存在的问题,在二期设计建设过程中对工艺进行了优化。

义乌市在垃圾分类情况较好的背景下,餐厨及厨余垃圾收运处理量比预期大,一、二期总处理规模达餐厨垃圾 250t/d,厨余垃圾 250t/d,地沟油 30t/d。厨余垃圾含水率较高,导致大量的分选液相对后续工序造成了不同程度的冲击。

二期通过对餐厨厨余主要工艺系统进行统筹优化,解决了一期存在问题,为二期满负荷处理餐厨厨余垃圾,项目持续稳定运行,减少运行成本,增加项目收益提供了有力保障。

参考文献

- [1] 单君,张乐乐,褚祺,等.基于EMBT处理技术的餐厨与厨余垃圾协同资源化处理工程应用实例[J].环境工程,2023,41(S2): 520-522+528.
- [2] 俞敏洁,王伟平,杭建强.垃圾分类下餐厨厨余混合垃圾处理工程实例分析[J].低碳世界,2023,13(8):7-9.
- [3] 郭晓旻.郑州市餐厨厨余垃圾处理工程项目工艺设计[D].郑州:河南工业大学,2015.
- [4] 屈阳,左武,徐丽丽,等.分类湿垃圾协同全量厌氧消化工程设计[J].中国给水排水,2024,40(2):75-81.