

设计经验

DOI: 10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2022.10.009

常州市污泥焚烧中心一期工程设计及运行

卢义程

(上海市市政工程设计研究总院<集团>有限公司, 上海 200092)

摘要: 常州市污泥焚烧中心一期工程设计规模400 t/d, 设三条生产线。核心技术采用日本搅拌筒式干燥机+双桨叶式干燥机和回旋式焚烧炉, 实现全干污泥的入炉稳定焚烧, 烟气处理采用“干法脱酸+布袋除尘+湿法洗涤”工艺。臭气处理按源头分级管控、分类收集和多途径处理的原则设计, 异味控制效果良好。工程运行稳定良好, 整个系统烟气热能回收及污染物控制性能优良。

关键词: 污泥全干化焚烧; 搅拌筒式干燥机; 回旋式焚烧炉; 桨叶式干燥机

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2022)10-0063-07

Design and Operation of Changzhou Sludge Incineration Center Phase I Project

LU Yi-cheng

(Shanghai Municipal Engineering Design Institute <Group> Co. Ltd., Shanghai 200092, China)

Abstract: The design scale of Changzhou sludge incineration center phase I project is 400 t/d, and there are three production lines. The core technology, namely mixing cylinder dryer, double-paddle dryer and gyratory incinerator, is imported from Japan to achieve stable incineration of completely dry sludge in the furnace. The flue gas is purified by the process of dry deacidification, bag dust removal and wet scrubbing. The odor treatment process is designed according to the principles of source classification control, classified collection and multi-method treatment, and good odor control performance is achieved. The project operates stably, and the whole system has excellent performance of flue gas heat recovery and pollutant control.

Key words: sludge completely drying and incineration; mixing cylinder dryer; gyratory incinerator; paddle dryer

常州市污泥焚烧中心服务于常州市北部片区江边、城北、戚墅堰、清潭、郑陆、邹区、奔牛等7座污水处理厂。2020年规划总污水处理能力为 83×10^4 m³/d, 污泥总量126 tTS/d, 污泥干化焚烧设施规划总规模140 tTS/d; 计划分两期建成, 设施选址常州新北区化工产业园, 占地约3.086 hm²。一期工程建设规模80 tTS/d, 于2018年3月开始桩基工程施工,

2020年5月28日—30日完成最终性能测试, 2021年6月顺利完成环保验收, 标志着江苏省第一例污泥独立焚烧案例成功投运。江苏省乃至长三角地区是全国经济较为发达的地区之一, 土地资源稀缺, 采用填埋或土地利用等处置途径日益受到空间及农业的限制, 因此干化焚烧技术或干化协同焚烧技术是长三角等发达地区解决污泥出路的必然

基金项目: 上海市“科技创新行动计划”项目(21DZ1209803、20QB1404800)

选择^[1-5]。

1 建设标准及泥质条件

1.1 工程建设标准

污水处理厂污泥处理处置须满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)、《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB 18485—2014)中的关键技术指标和烟气排放指标。布袋除尘截留飞灰经现场整合处理并检测合规后与污泥焚烧后产生的普通灰渣一并送至生活垃圾填埋场填埋处置。异味气体无组织排放执行《恶臭污染物排放标准》(GB 14554—1993)和《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)中恶臭污染物厂界标准值中的二级排放标准。一期工程废水排放按国标纳管标准接入常州民生环保科技有限公司集中处理。厂界噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB 12348—2008)3类标准。

1.2 污泥热值分析

针对不同来源污泥,以热值为主的污泥泥质分析是干化焚烧技术设计的重要前提条件。7座污水处理厂中江边和城北污水厂占到常州市区总泥量的55%左右。总体判断常州市污水处理厂污泥有机质含量较高,江边等污水处理厂污泥脱水前后有机质含量在50%左右。城北、清潭污水处理厂脱水污泥的有机质含量均达到60%以上。以有机质和工业元素的两项分析结果和计算作为设计参考条件。依据有机可燃分估计干基高位热值,参照日本下水道手册的计算公式: $H_h=(59V-237)\times 4.186 \text{ kJ/kgTS}$;市政污泥工业元素分析估计热值可参照计算公式: $H_h=32.86C-145.5(H-O/8) \text{ kJ/kgTS}$ ^[6]。

依据7座污水厂中3座大厂取样后的工业元素分析,统计的平均值约13 162 kJ/kgTS。加权平均后污泥干基热值约14 000 kJ/kgTS。兼顾污泥检测取样的随机性和实际污泥泥质的波动性,比对上海类似项目的设计条件后,常州市区污水厂污泥的干基热值设计条件确定如下:干基基准热值12 560 kJ/kgTS,干基最高热值13 816 kJ/kgTS,干基最低热值11 304 kJ/kgTS。

2 生产线规模及技术路线

2.1 生产线规模

本工程按规模400 t/d(80%含水率)、焚烧炉热负荷满足420 t/d(污泥干基热值12 560 kJ/kgTS)进行

设计,超负荷能力为110%;年运行保证时间不小于8 400 h。设3条生产线,单条生产线设施规模为140 t/d。在单条线检修工况下仍能保证2/3的生产能力。

2.2 焚烧炉方案比选

国际上最早应用的污泥独立焚烧炉型是多膛炉和鼓泡式流化床炉以及两者的混合炉型。由于美国、德国等率先提高了与烟气排放有关的大气污染控制标准,多膛炉逐步退出污泥独立焚烧的市场。德国已经建成的23座独立焚烧厂中,多膛炉仅1座,多膛炉与流化床炉混合炉型仅1座。多膛炉以及与鼓泡式流化床的混合炉型在经历寿命期后不再成为主流^[5-7]。美国、德国、日本等国目前应用最广泛的污泥独立焚烧技术仅剩鼓泡式流化床炉和回旋式焚烧炉两种主流技术。回旋式焚烧炉技术采用较高的一次风量实现焚烧的充分混合和温度控制,适合全干污泥的焚烧,但单条生产线规模受限。而鼓泡式流化床炉更适合大规模的湿度较大的脱水污泥或半干污泥焚烧。参照DWA-M 386E的定义,参与独立焚烧的污泥分三类,即20%~35%(TS)的机械脱水污泥、40%~85%(TS)的半干污泥或称预干污泥、85%(TS)以上的全干污泥^[4-5]。污泥焚烧系统着重追求节能高效、低污染排放的先进性,但进料含固率和有机质含量越高则燃烧温度越高,尤其焚烧炉内局部超温是造成烟气氮氧化物污染不可控和灰渣熔融产生玻璃体结焦的关键因素^[6]。两种炉型技术比选如表1所示。

两种炉型的主要差别在于焚烧工况、入炉干度、补充能源、出口污染物特性等方面。两种炉型合理的系统设计均能实现达标达产。回旋式焚烧炉系统不论炉内构造还是配套系统均相对简单,由于其特点为没有砂床的空腔燃烧,自上而下燃烧之后的灰烬在底部直接溢流外排,炉渣排放相比鼓泡流化床焚烧线的多点排渣更便捷。其缺点是对过剩空气量要求较高,氮氧化物出口浓度偏高。

对本次工程采用干燥+回旋式焚烧炉和干燥+鼓泡式流化床炉两种路线进行经济指标对比分析(80%含水率计量),具体如表2所示。

立足相似的生产线配置,从单位投资角度分析,鼓泡式流化床炉针对中小规模项目并不占优;而回旋式焚烧炉具备经济优势。同样是干化焚烧生产线,若采用回旋式焚烧炉型,全套设备安装单

位投资约 55 万元/t,其中焚烧炉投资约 12.5 万元/t;而采用鼓泡式流化床炉型,全套设备安装投资约 65 万元/t,其中焚烧炉投资约 15 万元/t。相比鼓泡式流化床系统须配备余热锅炉、辅助锅炉及静电除尘等,回旋式焚烧炉直接利用烟气热能回收于污泥前段干燥,热回收单元的换热器自带除尘结构,免除了静电除尘、余热锅炉和辅助锅炉的单元配置,系统相对简捷紧凑,经济优势明显,因此,该工程最终选用干燥+回旋式焚烧炉工艺。

表 1 两种炉型技术对比

Tab.1 Technical comparison of two types of incinerators

项 目	回旋式焚烧炉	鼓泡式流化床炉
炉体构造	① 炉内有旋转搅拌臂,下方设搅拌耙和燃烧空气喷嘴; ② 无砂床	① 炉内由风箱、砂床层、悬浮层组成,砂床下方有燃烧空气喷嘴或喷管; ② 由硅砂填充砂层形成流态化蓄热
最佳入炉干度(TS)/%	85±5	30±5
热回收方式	直接烟气热回收于前段干燥	余热锅炉回收蒸汽用于干燥
补充能源方式	天然气或热油补入炉内	天然气、热油直接补入炉内或通过辅助锅炉产蒸汽用于干燥
空气过剩系数	1.8~2.0	1.2~1.4
烟气停留时间/s	2~3	3~5
炉出口 NO _x 浓度/(mg·m ⁻³)	100~250	50~150
炉出口 SO _x 浓度/(mg·m ⁻³)	50~1 000	50~1 500

表 2 两种炉型方案经济指标

Tab.2 Economic indicators of two types of incinerator schemes

项 目	干燥+回旋式焚烧炉	干燥+鼓泡式流化床炉
设备投资/(万元·t ⁻¹)	46	53
安装投资/(万元·t ⁻¹)	9	12
土建费用/(万元·t ⁻¹)	30	35
工程投资合计/(万元·t ⁻¹)	85	100
焚烧系统设备投资/(万元·t ⁻¹)	12.5	15
主车间建筑面积/m ²	11 847	12 200

2.3 工艺流程及烟气余热利用

污泥干化焚烧生产线主要由污泥卸料及输送、污泥干燥、污泥焚烧、烟气热量回收二级换热利用及达标处理等系统组成。

焚烧炉烟气和搅拌筒式干燥机内烟气是一个封闭式的循环利用系统,能使烟气含尘颗粒充分燃烧且实现热能的循环利用;焚烧炉烟气一半进入烟气处理单元处理,另一半进入干燥机利用后的烟气成为不凝气体作为二次风再次回到焚烧炉脱臭段焚烧处置。

污泥干化焚烧的基本工艺流程见图 1。

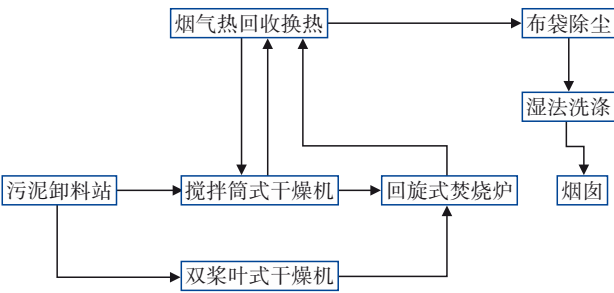


图 1 污泥干化焚烧工艺流程

Fig.1 Flow chart of sludge drying and incineration process

系统设计控制 850 ℃以上燃烧温度、烟气流速保持 2.6 s 以上停留时间可有效抑制二噁英的产生。焚烧炉烟气进入 No. 1 热交换器由 700~800 ℃降温至 400 ℃实现放热,热回收后再输送至 No. 2 热交换器内给焚烧炉燃烧空气升温。为抑制 NO_x 的生成,干燥机内部分烟气循环使用,从而降低炉内氧浓度。一次风在 No. 2 热交换器内由 20 ℃加热至最高 150 ℃后输送至焚烧炉下部的风箱并通过主搅拌轴进入回转式悬臂作为燃烧气体使用。污泥干燥尾气进入 No. 1 热交换器预热达到 400~500 ℃后进入焚烧炉进行脱臭处理。焚烧及烟气二级热能回收工艺流程如图 2 所示。

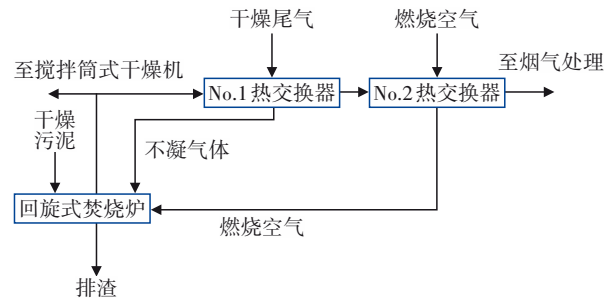


图 2 焚烧热量回收示意

Fig.2 Schematic diagram of incineration heat recovery

3 工程设计

3.1 总体概况

厂前区综合楼及配套供排水、供电、地磅等辅助单元均紧凑布置在场地南侧,场地北侧作为远期发展用地;一期工程污泥干化焚烧车间、烟气检测室及烟囱居中布置,烟气检测室及烟囱位于污泥干化焚烧车间的西北角。工程总体布置见图3。污泥干化焚烧车间占地面积6 324.62 m²,建筑面积11 846.46 m²。一期工程三条干化焚烧生产线相对独立。工艺系统由污泥卸料及供料系统、污泥干燥系统、污泥焚烧系统、烟气处理系统、灰渣处理系统、臭气处理系统等组成。

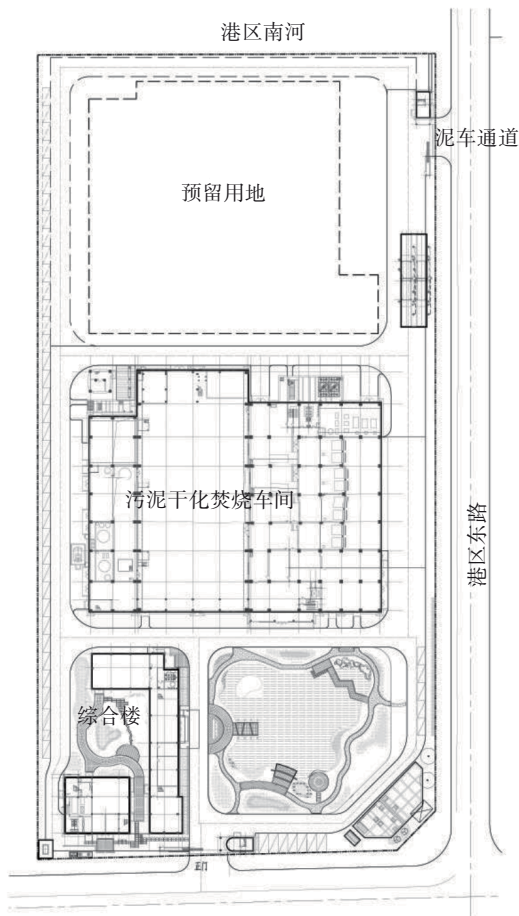


图3 项目布置

Fig.3 Project layout

3.2 污泥卸料及供料系统

设计1座地下式料仓,总容积不少于800 m³。内分4个卸料仓位,即单仓有效容积200 m³。

3.3 污泥干燥系统

系统设计考虑单线搅拌筒式干燥机能力受限,

且焚烧炉仍有潜力可挖,利用外部蒸汽热能于桨叶式干燥机提高全干污泥入炉量。每条生产线分别设1套搅拌筒式干燥机和桨叶式干燥机。单条生产线污泥干燥系统设计能力为28 tTS/d,合5.833 t/h (140 t/d);出泥含固率(85±5)% (TS)。其中搅拌筒式干燥机设计能力为24 tTS/d,桨叶式干燥机设计能力为4 tTS/d。

① 搅拌筒式干燥机

搅拌筒式干燥机为直接干燥机型。脱水污泥在搅拌筒内与来自焚烧炉的650~750 °C烟气高效率混合并流后,通过翻动增加污泥表面与烟气接触面积,高效率地实现干燥,获得全干燥污泥颗粒。干燥后的200 °C含尘废气经集尘器回收粉尘再进入No. 1热交换器。按出口污泥干度为80%(TS)计,则设计升水蒸发量为2 889 kJ/kgH₂O,干燥机设计容积为45 m³。设计单位容积热负荷为75~85 kgH₂O/(m³·h)。

② 双桨叶式污泥干燥机

双桨叶式污泥干燥机是利用双轴中空桨叶实现热媒与污泥接触的一种间接热交换设备,干燥污泥颗粒通过出口堰溢出。按出口污泥干度为80%(TS)计,则设计升水蒸发量为2 412 kJ/kgH₂O,干燥机换热面积为80 m²。设计单位面积热负荷为6~8 kgH₂O/(m²·h)。

3.4 污泥焚烧系统

一期工程三条焚烧线,单线设回旋式焚烧炉1套,回旋式焚烧炉是专门高效焚烧全干污泥颗粒的炉型。以满足入炉条件计,最小含固率80%(TS)颗粒粒径为1~5 mm的均一尺寸的干燥污泥,单条焚烧线设计参数如下:设计含固率80%(TS),设计进泥量1 458 kg/h。

回旋式焚烧炉是一种搅拌吹风连续作业的单体炉,从炉体中回转臂下部,按照篝火吹气原理,喷出燃烧所需要的空气,是物料边燃烧边搅拌的一种焚烧方式,污泥焚烧彻底。

回旋式焚烧炉内部由炉床到循环空气入口的燃烧段、循环空气入口至顶盖的排出气体脱臭处理段等两大部分构成。焚烧炉内部设有以搅拌、供给燃烧气体为目的的竖直搅拌轴及其转动悬臂机构。接近全干的干燥污泥与约3 r/min的转动悬臂端部所安装的搅拌头里喷出的燃烧气体接触,高效率地实现焚烧。

回旋式焚烧炉的一个重要优势就是污泥焚烧后的固体废弃物以炉渣为主、飞灰为辅。理论计算焚烧和烟气处理产生的飞灰仅占灰渣总量的 10%，炉体直接排渣占灰渣总量的 90%；计入投加药剂部分反应及未完成反应的残留药剂，最终危废飞灰与炉渣产量之比约 3:7。

焚烧炉选型参数如表 3 所示。焚烧系统设计热效率能控制在 70% 以上。

表 3 回旋式焚烧炉选型参数
Tab.3 Selection parameters of gyratory incinerator

项 目	数值
进炉水分比/%	≤20
焚烧前处理物质量/(kg·h ⁻¹)	1 458.3
干基高位设计热值/(kJ·kg ⁻¹ TS)	12 560
天然气使用量/(m ³ ·h ⁻¹)	154.4
天然气低位发热量/(MJ·m ⁻³)	35.59
污泥显热/(MJ·h ⁻¹)	161.192
污泥发热量/(MJ·h ⁻¹)	14 563.8
天然气发热量/(MJ·h ⁻¹)	5 458.7
污泥燃烧空气显热/(MJ·h ⁻¹)	5 107.5
天然气燃烧空气显热/(MJ·h ⁻¹)	106.8
干燥不凝气体入炉显热/(MJ·h ⁻¹)	32 571.6
合计热量/(MJ·h ⁻¹)	58 059.6
设计过剩空气系数	1.8
焚烧炉内蒸发水分量/(kg·h ⁻¹)	291.7
设计燃烧速度/(MJ·m ⁻² ·h ⁻¹)	1 130.4
选型焚烧炉面积/m ²	20.5

3.5 烟气处理系统

每套焚烧生产线配置 1 套烟气处理生产线，三条生产线共设三套烟气处理系统。单条生产线焚烧炉 800℃ 高温烟气总量约 112 940 m³/h (20 786 kg/h，湿度 0.504 kg/kg)，其中约 50% 用于干燥，剩余部分余热用于一次风并经烟气处理达标后排放。烟气经过急冷塔后依次进入干法脱酸系统和布袋除尘器除尘。布袋除尘后的烟气进入湿法脱酸系统，烟气中的 SO₂ 和 HCl 与 NaOH 溶液进一步中和，稳妥实现烟气中的污染物完全达到排放标准，通过烟囱外排。因进料污泥含氮量波动，在焚烧炉炉膛设有非催化还原(SNCR)系统装置脱硝；布袋除尘前补充碳酸氢钠粉末强化脱硫。烟气处理各单元主要参数如表 4 所示。

另外灰渣处理系统分为飞灰收集系统、飞灰螯合固化系统及炉渣输送系统。灰渣处理系统按三

条线合并集中外运设计。飞灰输送采用刮板输送机+仓泵气力输送至飞灰储仓，回旋式焚烧炉炉渣由冷却刮板输送机直接送入炉渣坑。

表 4 烟气处理单元关键参数
Tab.4 Key parameters of flue gas treatment unit

项 目	SNCR	干法 脱酸	布袋 除尘	湿法 洗涤
入口温度/℃	850~1 000	160.3	159.7	136
烟气体积流量/(m ³ ·h ⁻¹)	14 367	15 869	15 937	15 940
烟气质量流量/(kg·h ⁻¹)	10 393	11 441	11 541	11 541

3.6 臭气处理系统

污泥处理厂臭气控制是项目成败的关键。臭气控制的基本原则是强化封闭源头管控、分类收集、多途径末端处理^[8]。本工程恶臭污染源来自污泥卸料站(包含卸料大厅、卸料仓池体、卸料站上部空间等)、污泥干化焚烧车间污泥干燥机产生的异味气体和炉渣坑、废液池等。按恶臭气体源强的不同又可分为三类：第一类为散发于卸料仓内和炉渣坑等处的恶臭气体，第二类是干燥工艺产生的高浓度不凝气体，第三类是污泥干化焚烧车间核心生产线区域操作空间泄漏的微量低浓度恶臭气体。

第一类恶臭污染源的控制是重中之重。基本原则是尽可能压缩与污水或污泥、炉渣等接触的空间容积，同时考虑二重或三重的多层次空间封闭控制外逸，再次采用大比例抽风送至末端处理单元实现高标准处理排放。第一道封闭设计采用混凝土建筑隔间严格密闭，同时在第一层封闭的外层外逸空间再次利用建筑封闭作为第二道隔离屏障，控制少量逸出的异味气体，即主车间卸料大厅内设小卸料间并用快速启闭门控制异味扩散。第二类恶臭污染源不凝气体产生量较少，但强度非常高、处理难度很大。不凝气体正常生产工况可直接纳入污泥焚烧的二次风系统进入焚烧炉进行焚烧脱臭。第三类恶臭污染源排放的气体特征是强度低、风量大，主要依靠送新风预处理+机械排风的方式解决。除臭系统总设计规模 30 000 m³/h，包含第一类和第二类恶臭气体总风量，除臭技术路线采用酸洗(H₂SO₄)+碱洗(NaOH+NaClO)+水洗+生物滤池。除臭系统单独设 1 根 DN1 200 排气筒，排放高度 25 m。

4 调试运行

单线采用两种干燥机相结合实现全干污泥入炉焚烧，系统调试和生产管理复杂程度很高；尤其

因含砂量和含水率波动造成干燥机的故障率较高。搅拌筒式干燥机的热力工况、桨叶式干燥机的运行稳定性以及生产管理和人员培训等方面为重点问题发生环节。

为应对进泥含水率波动,搅拌筒式干燥机采取提高烟气回收热能即提高烟气干燥工作温度的方式。将烟气入干燥机温度提高至650~700℃以上,对干燥机烟道和内通道保温砖和搅拌轴的材质选型是巨大的挑战。烟气环境650~700℃是金属材料 and 烟道保温材料选型须严密关注的临界温度区间^[7],该搅拌轴采用STPT370耐热无缝钢管制作,材料自身正常工作温度上限不宜超过450℃,即烟气环境温度不宜超过650~700℃。调试过程中曾发生搅拌轴断裂破坏、烟道保温砖破碎等故障,后续密切关注调整工况,尤其是精确控制内通道工作温度,实现了平稳运行,即将上限工作温度由原设计的780℃调整至750℃且采取自动降温控制措施维持基本恒定。

由于进泥含砂量和含水率波动太大,桨叶式干燥机设施规模和桨叶尺寸均相对较小,应对能力有限;因扭矩过大、磨损和腐蚀等因素造成桨叶和壳体穿孔问题时有发生。前端污水系统的完善、脱水污泥的品质控制是保证干燥系统操作可靠度的关键。

系统设计按照单条线PLC自动控制模式结合上位机DCS分布式集中控制,对系统操作人员操作水平要求较高。系统操作培训学习时间相对较长,生产期间需要人员干预控制的点位较多。今后有待进一步挖潜提高自动化水平。

项目建成稳定投运2年后,主要物料消耗统计见表5。

表5 主要生产物料消耗

Tab.5 Consumption of main production material

项 目	2020年平均	2021年夏季平均
电耗/(kW·h·t ⁻¹)	85	75.6
天然气/(m ³ ·h ⁻¹)	50	40.1
自来水/(m ³ ·t ⁻¹)	0.88	0.81
废水/(m ³ ·t ⁻¹)	0.5	0.38
炉渣/(kg·t ⁻¹)	0.07	0.073
飞灰/(kg·t ⁻¹)	0.03	0.032

主要物料及能源消耗兼顾其他次要消耗统计计算的单位脱水污泥直接生产成本约260~290元/t。

生产成本与同行业同类技术相比具有一定的竞争优势。

5 技术特点与总结

① 常州污泥焚烧中心在引进技术基础上再创新,采用搅拌筒式干燥机和桨叶式干燥机结合回旋式焚烧炉技术,焚烧炉系统利用烟气热能回收设计实现70%热效率。采用全干污泥入炉方式应对7座不同污水处理厂脱水污泥的泥质波动,焚烧和烟气处理设施的运行稳定性很好。

② 常州项目最终连续三天的性能测试表明,在进泥含水率82%~85%波动范围内的单位污泥天然气消耗约35~50 m³/t,测试期间日均脱水污泥处理量约360 t/d。

③ 焚烧炉入炉前采用烟气直接干燥和间接干燥相结合实现全干化污泥入炉焚烧,最大限度地挖掘焚烧炉的生产潜能,有效利用附近垃圾焚烧厂产生的余热蒸汽。烟气处理将干法脱酸、布袋除尘及湿法洗涤相结合,并在焚烧炉内采用SNCR脱硝、干式喷射少量补充碳酸氢钠强化脱硝等技术,实现了烟气稳定达标。多种技术的应用使系统复杂度较高。

④ 生产车间自污泥卸料至烟气排放、灰渣输送、臭气处理、电气控制等所有与生产和管理维护等相关的设施均布置在同一座干化焚烧车间内。建筑外观采用去工厂化的现代办公用房式总体设计,营造相对舒适的生产办公环境,生产管理和行政办公、接待沟通等均能完美兼顾,符合行业高质量发展的需要。

⑤ 系统设计考虑到全干污泥焚烧温度均匀控制、烟气回收热能于干燥和一次风预热、主搅拌轴和旋转臂冷却等多种需要,实现了全干污泥的稳定焚烧并抑制了局部超温而造成的结焦结渣。

⑥ 污泥焚烧后的固废产物以可建材利用的炉渣为主,飞灰占比较低。焚烧技术性能优势显著。

⑦ 干化焚烧生产线布置紧凑、占地少,预制拼装能实现现场快速安装调试,建设周期简短可控。该技术是符合时代发展的关键技术,也是经济发达地区可率先普及的污泥焚烧适用技术之一。

⑧ 系统设计将臭气处理源头管控、分类收集、多途径末端处理等相结合,实现了对异味的高

效、高标准控制。

6 结语

常州市污泥焚烧中心一期工程设计采用日本搅拌筒式干燥机+双桨叶式干燥机和回旋式焚烧炉工艺,实现全干污泥的入炉稳定焚烧,烟气处理采用“干法脱酸+布袋除尘+湿法洗涤”工艺。工程运行稳定良好,其经验值得推广借鉴。

参考文献:

- [1] 郝晓地,陈奇,李季,等. 污泥干化焚烧乃污泥处理/处置终极方式[J]. 中国给水排水,2019, 35(4):35-42.
HAO Xiaodi, CHEN Qi, LI Ji, *et al.* Ultimate approach to handle excess sludge: incineration and drying [J]. China Water & Wastewater, 2019, 35 (4) : 35-42 (in Chinese).
- [2] ATV-DVWK. Drying of Sewage Sludge: Advisory Leaflet ATV-DVWK-M 379E [S]. Germany: ATV-DVWK, 2004.
- [3] German Association for Water, Wastewater and Waste. Thermal Treatment of Sewage Sludge-Co-Incineration in Power Plants: Advisory Guideline DWA-M 387E [S]. Germany: German Association for Water, Wastewater and Waste, 2012.
- [4] German Association for Water, Wastewater and Waste. Thermal Treatment of Sewage Sludge-Mono-Incineration: Advisory Guideline DWA-M 386E [S]. Germany: German Association for Water, Wastewater and Waste, 2011.
- [5] German Environment Agency. Sewage Sludge Disposal in the Federal Republic of Germany [M]. Germany: German Environment Agency, 2018.
- [6] 废弃物学会. 废弃物手册[M]. 金东振,金晶立,金永民,等译. 北京:科学出版社,2004.
Solid Waste Association. Solid Waste Manual [M]. JIN Dongzhen, JIN Jingli, JIN Yongmin, *et al.*, translated. Beijing: Science Press, 2004 (in Chinese).
- [7] 美国水环境联合会. 废水固体焚烧系统[M]. 王黎,译. 北京:中国石化出版社,2013.
WEF. Wastewater Solids Incineration Systems [M]. WANG Li, translated. Beijing: China Petrochemical Press, 2013 (in Chinese).
- [8] 刘红,赵晓峰. 污泥干化焚烧处理厂臭气防控和措施探讨[J]. 低碳世界,2020 (12):23-24.
LIU Hong, ZHAO Xiaofeng. Discussion on odor prevention and control measures of sludge drying incineration treatment plant [J]. Low Carbon World, 2020(12):23-24 (in Chinese).

作者简介:卢义程(1974-),男,安徽安庆人,硕士,高级工程师,上海市政总院第四设计研究院副总工程师,长期从事污泥和有机废弃物工程设计和技术研究,曾负责完成昆明、苏州、扬州、常州、上海等地的污泥处理处置或污泥与垃圾协同处理处置标杆项目。

E-mail:luyicheng@smedi.com

收稿日期:2021-11-27

修回日期:2022-04-03

(编辑:孔红春)

保护生态环境就是保护生产力
改善生态环境就是发展生产力