

南方某市污泥处理处置现状及对策研究

何磊

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海市 200092]

摘要: 南方某市污水处理厂随着不断改扩建,污泥量不断增多,2023年污水设计处理能力为168.5万 m^3/d ,污泥量达189 462 t/a(以80%含水率计),污泥的有效处理处置面临着严峻挑战。为了应对这一挑战,在调研国内污泥处理处置工程情况的基础上,通过分析该市污水处理厂污泥处理处置现状和垃圾焚烧厂运营现状,制定了近期因地制宜采用“污泥脱水+干化+垃圾焚烧厂协同处置”的技术路线,以快速高效解决当前污泥处理处置能力不足的难题;远期则以“污泥脱水+干化+污泥独立焚烧处置”技术路线为主,近期协同处置路线作为备用的规划,确保该市污水处理厂污泥处理处置路径的独立自主、稳定可靠。

关键词: 污水处理厂;污泥处理处置;技术路线;近远期规划;焚烧协同处置;独立焚烧

中图分类号: TU992

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2025)08-0205-06

Study on Present Situation and Countermeasures of Sludge Treatment and Disposal in a Southern City

HE Lei

[Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 200092, China]

Abstract: With the continuous expansion and reconstruction of wastewater treatment plants (WWTPs) in a southern city, the amount of sludge has been increasing. In 2023, the designed sewage treatment capacity reached 1 685 000 m^3/d , and the amount of sludge reached 189 462 t/a (calculated at an 80% moisture content). The effective treatment and disposal of sludge is facing to a severe challenge. To address this challenge, on the basis of investigating and surveying the domestic sludge treatment and disposal engineering, and by analyzing the current status of sludge treatment and disposal in the WWTP and the operational status of waste incineration plant in this city, the technical route of “sludge dewatering + sludge drying + waste incineration plant collaborative disposal” is proposed in the short term according to the local condition to solve the problems of current insufficient sludge treatment and disposal capacity quickly and efficiently. For the long-term planning, the technical route of “sludge dewatering + sludge drying + independent incineration and disposal of sludge” is mainly adopted, and the short-term collaborative disposal route is planned as a backup, which ensures the independent, stable and reliable path for sludge treatment and disposal in the WWTP of this city.

Keywords: wastewater treatment plant (WWTP); sludge treatment and disposal; technical route; short-term and long-term planning; collaborative incineration disposal; independent incineration

0 引言

2023年8月15日,广东省住房城乡建设厅、发展改革委发布《关于进一步加强城镇生活污水处理厂污泥处理处置工作的指导意见》(粤建城函[2023]626号),旨在进一步规范城镇生活污水处理厂污泥处理处置工作,切实提升污泥处理处置能力和管理水平。该指导意见要求高度重视污泥处理处置工

作、因地制宜地优化污泥处理处置方式(鼓励有效利用本地垃圾焚烧厂、火力发电厂、水泥窑等协同焚烧处置污泥)、补齐污泥处理处置设施短板、加强污泥处理处置全过程监督检查和非法处置污泥执法力度。

2023年南方某市污水处理厂设计处理能力为168.5万 m^3/d ,污泥量达189 462 t(以80%含水率计)。随着污水处理厂改扩建、污水提质增效工程的实施以及污水排放标准越来越严,污水处理厂污泥量将进一步增多,污泥的有效处理处置面临着巨大挑战。本文通过调研,在充分掌握国内污泥处理处置现状和趋势的基础上,对该市污水处理厂污泥处理处置现状及近远期技术路线进行了分析和思考,制定了

收稿日期: 2025-01-06

基金项目: 上海市科技计划项目(23230730600)

作者简介: 何磊(1985—),男,硕士,高级工程师,从事市政给排水和水环境综合整治的咨询设计工作。

合适的对策来解决该市污泥出路问题。

1 污泥处理处置现状

1.1 污水处理现状

2021年该市已建成污水处理厂22座,设计总处理规模123.5万m³/d,实际平均处理水量107.72万m³/d,年平均负荷率87.22%。至2025年,该市将建成24座污水处理厂(其中新建2座、扩建17座),设计总处理规模将达229万m³/d。随着污水处理厂的陆续投用,2023年该市污水处理厂的设计处理能力已达168.5万m³/d,年平均负荷率86.63%。

现状污水处理厂出水执行广东省《水污染物排放限值》(DB 44/26—2001)第二时段一级标准和《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2016)一级A标准的较严值。

1.2 污泥处理处置现状

1.2.1 污泥处理现状

2022年该市22座污水处理厂中,1座污水处理厂污泥采用板框压滤至含水率65%以下后外运处置,其余21座污水处理厂污泥处理基本采用带式压滤、离心脱水等机械脱水至含水率80%以下后外运处置(2020—2022年平均占比超92%)。2023年,2座污水处理厂新增了污泥干化设施,处理能力分别为100、200 t/d(均以含水率80%计),且均采用“离心脱水+低温热泵带式干化”工艺,将污泥干化至含水率40%以下后外运处置。2024年,本轮治水新扩建的污水处理厂拟采用高压板框压滤机进行深度脱水,出厂污泥含水率控制在60%以下。2022—2023年,该市污水处理厂污泥产生量稳步增加,污泥脱水处理方式按照处理量占比依次是机械离心浓缩脱水、带式压滤脱水和板框压滤脱水。

污水处理厂污泥产生量及脱水方式见图1。

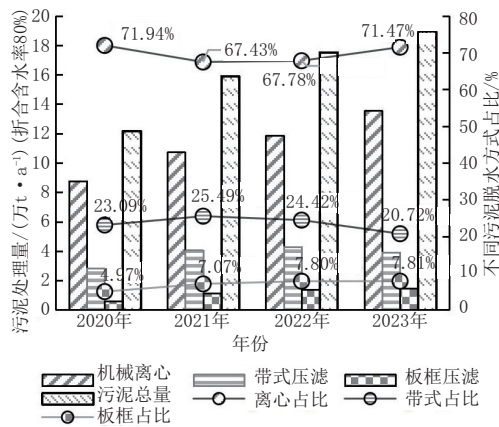


图1 污水处理厂污泥产生量及脱水方式

1.2.2 污泥处置现状

该市污水处理厂产生的污泥优先运往市内M公司进行协同处理处置,超过处理能力的污泥委托市内外有资质的单位进行处置。M公司现状一期工程建设规模为300 t/d(以含水率80%计),采用“热水解污泥改性+中温厌氧消化+沼渣板框压滤脱水”工艺,将含水率80%的湿污泥处理至含水率50%左右的泥饼,然后进行制砖等综合利用。

2020—2023年,该市污水处理厂污泥无害化处置率达100%。污泥最终处置包括掺烧、建材利用(制砖等)、土地利用、其他无害化处置(培菌等)等方式。在这几年中,该市污泥处置方式虽然仍集中于土地利用、建材利用和焚烧利用3种方式,但是随着外部市场环境的变化,3种处置方式的占比发生了较大变化,其中焚烧(垃圾协同掺烧)比例逐年上升,2023年的建材利用比例较2020年明显下降。

污水处理厂污泥处置方式见图2。

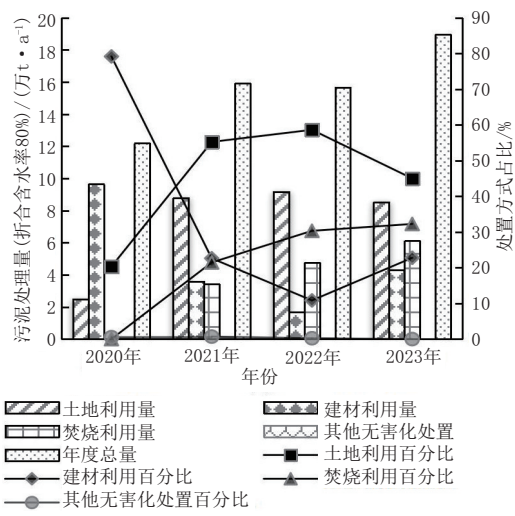


图2 污水处理厂污泥处置方式

1.2.3 污泥产量

对该市近几年污水处理厂污水处理量、污泥量数据进行分析,得出的产泥率见表1。

表1 污水处理厂产泥率

年份	污水处理量/ 万 m ³	按含水率 80% 计的 污泥量/(t·a ⁻¹)	绝干污泥 量/(t·a ⁻¹)	每万 m ³ 污水 产泥率/tDS
2020	31 703	121 911	24 383	0.77
2021	37 176	159 113	31 823	0.86
2022	44 124	175 219	35 059	0.79
2023	49 639	189 462	37 892	0.76
平均值	40 661	161 426	31 973	0.80

由表1可见,2020—2023年,污水处理厂产泥率为0.77~0.86 tDS/万m³,平均产泥率为0.80 tDS/万m³。

与省内类似工艺和出水标准的广州市(1.40~1.60 tDS/万 m³)和深圳(1.80~2.00 tDS/万 m³)相比,该市污水处理厂平均产泥率明显偏低,主要原因是其进水污染物浓度较低。随着正本清源、雨污分流、市政管网完善、暗涵整治工作的推进,该市污水提质增效工作成效将逐步呈现;同时,随着更加严格的地方流域排放标准的实施,该市污水处理厂的产泥率将进一步提高。预计,2025 年该市污水处理厂的产泥率可达 0.85~1.00 tDS/万 m³,2035 年则可达 1.40~1.60 tDS/万 m³。

1.2.4 污泥泥质

对该市污水处理厂混合污泥样本(以干基计的有机物含量为 47.6%~55.7%)进行热值检测。结果表明,含水率 40% 的污泥样本收到基低位热值为 5 724 kJ/kg,折合干基低位热值为 12.01 MJ/kg;含水率 60% 的污泥样本收到基低位热值为 2 767 kJ/kg,折合干基低位热值为 11.53 MJ/kg。另外,对部分污水处理厂污泥样本进行了泥质检测,结果见表 2。

表 2 典型污泥样本检测结果

检测项目	限值	1#样本	2#样本	3#样本
pH 值	5~10	6.3	7.3	7.1
粪大肠菌值 (大肠菌群)	>0.01	0.04	0.04	4.30
总镉(以干基计)/ (mg·kg ⁻¹)	<20	未检出	未检出	未检出
总汞(以干基计)/ (mg·kg ⁻¹)	<25	0.99	1.19	1.30
总铅(以干基计)/ (mg·kg ⁻¹)	<1 000	49.94	82.37	34.90
总铬(以干基计)/ (mg·kg ⁻¹)	<1 000	58.97	159.22	83.10
总砷(以干基计)/ (mg·kg ⁻¹)	<75	11.90	37.87	25.10
总铜(以干基计)/ (mg·kg ⁻¹)	<1 500	99.04	520.18	140.80
总锌(以干基计)/ (mg·kg ⁻¹)	<4 000	373.96	861.27	362.40
总镍(以干基计)/ (mg·kg ⁻¹)	<200	35.95	42.58	25.40
总氮(以干基计)/ (mg·kg ⁻¹)		3.01×10 ⁴	3.55×10 ⁴	3.05×10 ⁴
总磷(以干基计)/ (mg·kg ⁻¹)		1.97×10 ⁴	2.16×10 ⁴	1.95×10 ⁴
总钾(以干基计)/ (mg·kg ⁻¹)		8.61×10 ⁴	1.10×10 ⁴	1.08×10 ⁴
有机物含量 (以干基计)/%		55.7	53.2	47.6

由表 2 可知,该市污泥中的金属元素含量符合《城镇污水处理厂污泥泥质》(GB 24188—2009)的相

关泥质要求,不存在重金属超标问题。3 个污泥样本干基中,营养组分(总氮+总磷+总钾)的平均含量为 60.8~135.9 g/kg,总体营养物质含量较高,具备用作园林绿化肥料和种植营养土的潜质。干基中有机物含量在 47.6%~55.7% 之间,按照郝晓地等^[1]绘制的干化污泥自持燃烧含水率与有机质含量关系图,当该市污泥入炉含水率控制在 40% 以下时,可以实现自持燃烧。

2 污泥处理处置现状存在问题

2.1 处理能力不足

2023 年该市污水处理厂污泥产生量约 502 t/d(按含水率 80% 计),市内仅 M 公司进行协同处理,处理能力为 300 t/d(按含水率 80% 计),因此存在 202 t/d(含水率 80% 计)的缺口。2025 年,随着污水处理量的增加、提质增效工程的实施以及出水排放标准的提高,污泥产生量将进一步增大,污泥处理设施短缺的问题将进一步凸显。随着 2 座污水处理厂污泥干化系统(总处理能力 300 t/d,按含水率 80% 计)的投运,该问题可在一定程度上得到缓解,但距离 2025 年预计污泥产生量 973~1 145 t/d(按含水率 80% 计,产泥率按 0.85~1.00 tDS/万 m³ 计)来算,仍存在巨大缺口。

2.2 末端处置受限

污水处理厂负责污泥处理,污泥处置单位负责污泥处置,污水处理厂付费后由污泥处置单位进行后续处置消纳。目前该市污泥主要由 M 公司“热水解污泥改性+中温厌氧消化+沼渣板框压滤脱水”进行处理后外运处置,末端处置方式包括掺烧、建材利用、土地利用等。但受限于污泥性质等,末端处置单位往往对污泥泥质要求偏高,且接收处置的污泥量受处置单位自身生产情况的变化而波动,严重影响污泥有效处置。

2.3 政策收紧风险

该市污泥处置包括建材利用和土地利用,部分污泥跨市运送至江门、阳春、廉江等地处置,增加了污泥运输途中的环境风险和交通压力,也增大了监管难度。随着环保政策的不断收紧,污泥异地处置要求趋严,存在极大的不确定风险。

3 应对策略分析

上海、深圳、东莞、广州等城市均通过焚烧方式处置污水处理厂污泥,污泥干化焚烧技术路线在国

内得到日益广泛的应用,并逐步成为主流处理工艺。污泥焚烧方式包括单独焚烧和燃煤电厂/垃圾焚烧发电厂/石灰窑协同焚烧。该市污泥处理处置路线应在基于现状的情况下,兼顾国内污泥处理处置技术路线发展趋势,近期选取快速高效、方便可行的技术路线解决燃眉之急,远期选取稳定可靠、独立自主的技术路线实现稳定发展。

3.1 近期应对策略

3.1.1 技术路线分析

该市现有燃煤电厂和水泥窑厂数量有限且接收能力波动较大,垃圾焚烧厂仍有富余处理能力且有掺烧污泥的强烈意愿,污泥和垃圾协同焚烧具备可行性。该市生活垃圾焚烧发电厂焚烧设计处理能力为7 710 t/d,目前焚烧处理量约5 900 t/d,可利用余量为1 810 t/d。参照类似项目经验,污泥掺量若按5%~10%测算,则垃圾焚烧可协同处理市政污泥总量为590~1 180 t/d(以收到污泥量计,不区分含水率)。

现阶段我国市政污泥与生活垃圾协同掺烧采用半干化(含水率30%~40%)较为适宜^[2]。若入炉污泥含水率过高,将导致污泥热值过低和污泥量大,不利于炉内燃烧,且因掺烧量大而增加污水处理厂污泥处理成本;若入炉污泥含水率过低,将导致粉尘量过大,污泥中有机质未燃烬即被高温烟气带走,从而浪费能量并增加前端干化成本。因此,该市近期采用“污泥源头减量+集中干化协同焚烧(干化后含水率控制在40%以下)”技术路线来处置市政污泥,在技术理论和实操应用方面是可行的。

该市现有22座污水处理厂,其中2座污水处理厂污泥干化至含水率40%以下后外运处置,1座污水处理厂污泥经板框压滤脱水至含水率65%以下后外运处置,其余污水处理厂污泥均为机械脱水至含水率80%以下后外运处置。因此,近期出厂污泥仍以含水率80%居多。结合污水处理厂污泥处理现状,提出3条可行的污泥处理处置技术路线,见图3。

3条污泥处理处置技术路线各有优劣,应结合实际情况,从焚烧方式、源头减量效果、系统效应等方面对3条路线进行比选。比选项目见表3。

经过调研,方案二(板框压滤+集中干化+协同焚烧)在上海、佛山、惠州有类似工程案例可供参考借鉴,虽然焚烧物料性质差异会对垃圾焚烧系统带来冲击和挑战,但是近期仍不失为一种快速有效的处理处置方式。经对比发现,方案二在源头减量、协同效应、自主可控性、运行管理难度、投资成本等方面

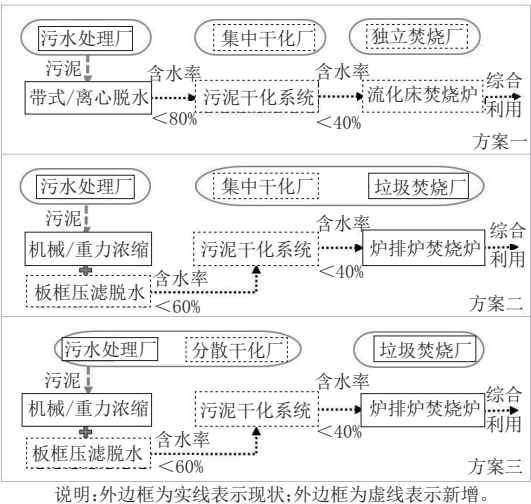


图3 近期污泥处理处置路线

表3 污泥处理处置技术路线比选

对比项目	方案一(离心脱水+集中干化+独立焚烧)	方案二(板框压滤+集中干化+协同焚烧)	方案三(板框压滤+分散干化+协同焚烧)
焚烧方式	流化床焚烧炉	垃圾焚烧厂协同焚烧	垃圾焚烧厂协同焚烧
源头减量化	污泥运输量W	污泥运输量1/2W	污泥运输量1/3W
协同效应	干化与焚烧协同,强	干化与焚烧协同,强	一般
环境影响	集中干化,臭气影响小	集中干化,臭气影响小	分散干化,臭气影响大
运营主体数量/个	2	3	3
运行管理难度	较低	较高	高
自主可控性	好	较好	一般
建设用地	集中建设用地少	集中建设用地少	用地分散,用地面积大
建设周期/月	24	12	16
人员配置	少	较多	多
总投资	中	低	高
总成本	高	低	中

均优于方案三。另外考虑到深圳市污泥独立焚烧项目从研究到立项历经数载,该市也面临同样问题,远水解不了近渴,方案一虽然存在较多优点,但可实施性不如方案二。结合该市近期垃圾焚烧厂富余能力和接收意愿,经过多方调研分析后,认为该市近期采用方案二(板框压滤+集中干化+协同焚烧)作为主要污泥处理处置路线是简洁高效、切实可行的。

3.1.2 近期处置路线的限制性

垃圾焚烧协同处置可以快速解决该市现状污泥处理处置的困境。但是,随着类似项目的运行,也暴露出一些不确定因素,会制约垃圾掺烧协同处置市政污泥系统的稳定运行。

(1)运营和监督权独立。生活污水处理厂(含污

泥处理处置)的监督和行政主管部门是水务局,垃圾焚烧发电厂的监督和行政主管部门是城市管理局。基于该市污泥处理处置路线,污泥处理分别由污水处理厂(本次新扩建处理至含水率 60% 以下,现状污水处理厂处理至含水率 80% 以下)和污泥干化特许经营单位(干化至含水率 40% 以下)负责,然后运输至垃圾焚烧厂协同处置。污泥处理处置链条由 3 个责任单位参与且独立运营,角色较多,必然存在运营的衔接、责任的转移和监督的移交,就容易出现推诿扯皮和滋生逃避监管的盲区。末端垃圾焚烧发电厂受到垃圾量、用电峰谷、设备检修等因素影响时,也会对污泥处理造成限制。该市垃圾焚烧发电厂的运营单位是特许经营模式,当前垃圾焚烧装机能力还有一定的富余量可以协同掺烧市政污泥并带来经济效益,但是随着城市的发展,垃圾处理能力达到设计规模时,将再无富余能力协同处理市政污泥。

(2) 焚烧设备的适应性。由于生活垃圾和市政污泥在颗粒度、粉尘量等物理性状方面存在差异,生活垃圾焚烧通常采用机械炉排焚烧炉(该市垃圾焚烧发电厂),而市政污水处理厂污泥独立焚烧通常采用流化床焚烧炉(上海石洞口污泥焚烧、上海竹园污泥焚烧、上海白龙港污泥焚烧、东莞污泥集中焚烧等)。与生活垃圾的大颗粒、大尺寸相比,干化或半干化污泥呈细小粉末状,抓取和焚烧过程中容易从缝隙中散落,会导致焚烧残渣的热灼减率不达标。因此,垃圾协同掺烧处置市政污泥,也需要对机械炉排焚烧炉、余热锅炉和烟气处理系统进行适应性改造,才能保证其稳定运行和尾气排放达标。例如:污泥掺烧会造成烟气中粉尘含量增加、飞灰中氯含量上升,导致余热锅炉积灰结焦严重,受热面换热能力降低及寿命减短,清灰效果差,锅炉效率下降等弊端^[3]。

(3) 烟气达标排放风险。该市生活垃圾焚烧发电厂烟气排放执行《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB 18485—2014)标准,大多采用“SNCR+半干法(石灰浆溶液)+干法(氢氧化钙干粉)+活性炭喷射+布袋除尘器”烟气净化系统。掺烧污泥会导致烟气指标发生变化,某案例 SO_x 质量浓度增加了 36%,烟尘含量增加了 10%^[3],对烟气净化系统和达标排放带来了较大挑战。虽然垃圾焚烧厂掺烧污泥已有工程案例,但是污泥性状、前端处理添加药剂、掺烧量、来泥含水率等指标的不同可能会对后续烟气组分、含量产生较大影响,给烟气达标排放带来不确定性,

存在超标风险。

3.2 远期应对策略

随着广东省的快速发展,污水提质增效成效日益显著,该市人口、垃圾量、供水量、排水量及污泥量会进一步增加,污泥处理处置面临新的挑战。正在编制的排水专项规划,初步测算 2035 年该市污水处理厂设计规模将达 328 万 m³/d(考虑合流区域雨季截流量),全市污水处理厂预计产生含水率为 80% 的污泥 2 624 t/d(按污泥产率系数 1.6 tDS/万 m³污水计)。因此,远期垃圾协同焚烧将无法满足不同污水处理厂污泥的处置需求,探索一条高效可行、独立安全的市政污泥处置路线势在必行。污泥-垃圾协同焚烧与污泥独立焚烧路线对比分析见表 4。

表 4 远期污泥处置技术路线比选

项目	污泥-垃圾协同焚烧	污泥单独焚烧
污泥干化	热源来自垃圾焚烧厂产生的蒸汽,干化设施可与垃圾焚烧厂协同	可以根据需要采用污泥焚烧产生的热源就地干化
污泥焚烧	(1)可利用垃圾焚烧厂现有设施,减少新建工程量;(2)与垃圾在炉排炉内掺烧,受燃料、工况影响易产生结焦,运行控制难度大,掺烧量不宜超过 5%~10%	(1)需单独新建污泥独立焚烧设施,选址较为困难;(2)污泥在流化床内单独焚烧,工况稳定,适应性较好
锅炉运行	(1)掺烧后会增加锅炉积灰,降低锅炉效率;(2)炉温控制困难,稳定性存在影响	针对性设计,采用流化床焚烧炉,锅炉效率高
燃烧效果	(1)干化污泥颗粒小,易阻塞炉排的透气孔,影响燃烧效果,一般需要额外造粒;(2)污泥中挥发分高、热值低,在炉排炉中燃尽率较低	流化床焚烧炉十分适合污泥的焚烧,燃烧效果好
烟气处理	(1)烟气中飞灰含量升高、含水量升高,会降低烟气处理的粉尘、SO ₂ 、NO _x 等污染物的去除效率;(2)掺烧后除尘效率降低,造成危险废物飞灰量增多	针对性设计,一般设置 2 级除尘,去除效率高
类似工程案例	国外近年来有少量案例;国内上海、佛山、惠州等地有应用,掺烧规模较小,对垃圾焚烧影响较大	国外近年来应用较多;国内上海、东莞、香港、成都、深圳、宁波等地稳定达产、环保稳定达标的案例较多

1975 年,德国建成首座污水污泥单独焚烧厂,比利时、荷兰、英国、奥地利、瑞士和日本等国也都有此类工厂建成,其中德国单独焚烧比例达到 59%^[4]。2004 年,中国首座城镇污水处理厂污泥干化焚烧工程在上海石洞口污水处理厂建成投运^[5],随后上海又陆续建成白龙港污水处理厂、竹园污水处理厂污泥独立焚烧工程。随着城镇化进程加快及污水处理厂提标、扩建工程日益增多,污泥独立焚烧是实现污

泥减量化、无害化以及资源化的有效、稳妥途径,东莞、深圳等城市经过长期慎重研究后,也采用污泥独立焚烧路线来解决城市污泥出路问题。因此,远期该市污泥处理处置推荐采用“厂内污泥脱水+污泥集中干化(焚烧厂协同建设)+单独焚烧”路线,垃圾协同焚烧则作为应急备用措施。

4 技术经济分析

近期该市污水处理厂污泥在厂内干化至含水率40%的成本约360元/t(折合含水率80%计),污泥运输成本为30元/t(折合含水率80%计);目前垃圾焚烧厂接收污泥处置费用为260元/t(折合含水率40%计),即垃圾掺烧污泥成本为87元/t(折合含水率80%计)。因此,近期污泥与垃圾协同焚烧全流程的污泥处理成本约为 $360+30+87=477$ 元/t(折合含水率80%计)。

污泥单独焚烧处理成本与污泥含水率、热值相关。预测远期污泥干基低位热值为10~12 MJ/kg,全市污泥平均含水率为55%~60%,可自持燃烧,经济性较好。因此,污泥单独焚烧全流程的污泥处理成本约为497~508元/t(折合含水率80%计),与近期全流程处理成本相当。随着污泥热值的升高,污泥“厂内脱水+集中单独焚烧”的技术路线全流程成本将逐步降低,日益体现独立焚烧的经济性以及独立自主的优势。

5 结 语

(1)基于该市污泥处理处置现状和垃圾焚烧厂

协同处置能力,近期因地制宜地选取“污泥脱水+干化+垃圾焚烧厂协同处置”工艺路线是技术可行、经济合理的,能够快速有效地解决当前污泥处理处置能力不足的问题。

(2)随着污水处理厂扩建、污水提质增效实施和垃圾焚烧量增加,污水处理厂污泥量将日益增多,垃圾焚烧厂的掺烧能力将无法满足不同污泥掺烧处置需求。同时远期技术路线的经济性和合理性也将随着污泥热值的升高而逐步得到体现。因此,该市远期污泥处理处置路线应以“污泥脱水+干化+污泥独立焚烧处置”为主,近期污泥处理处置系统作为应急备用。

(3)考虑到污泥焚烧厂选址较为困难,前期研究长达数年,应尽早启动远期污泥独立焚烧厂的选址研究工作,并取得相应的规划作为支撑,确保该市污水处理厂污泥处理处置技术路径的独立自主、稳定可靠。

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.
- [2] 祁司亮,洪光.市政污泥与生活垃圾协同焚烧处理探讨[J].给水排水,2023,49(2):50-55.
- [3] 杨亮亮,尹力,黄洁.市政干化污泥掺烧对生活垃圾焚烧的影响及应对措施[J].环境卫生工程,2018,26(4):9-11.
- [4] 谭学军,王磊.我国重点流域典型污水厂污泥处理处置方式调研与分析[J].中国给水排水,2022,38(14):1-8.
- [5] 胡维杰,周友飞.城镇污水处理厂污泥单独焚烧工艺机理研究[J].中国给水排水,2019,35(10):15-20.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

官方网址: <http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱: roadbridgeflood@163.com

