

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2021.20.004

# 集中式污泥处理中心的建设与思考

宋晓雅

(北京北排水环境发展有限公司, 北京 100124)

**摘 要:** 近年来随着环保问责形势的严峻以及人民对美好生活的期许,城市污水处理的副产物——市政污泥越来越引起大家的重视。合理规划污泥处理建设项目的规模,制定经济技术路线,实现持续稳定的运行是较紧迫的任务。调查总结了我国近 10 年直辖市、省会城市、国家计划单列市共 36 座城市的集中式污泥处理设施的建设情况,分析已运转项目、待建和待运转项目的技术特点和应用,并与国际上的同类项目进行对比。我国现况污泥处理中心项目普遍建设规模较小,且面临污泥终端处置的困扰和环境质量提升的挑战,亟需实施升级改造。应运用全生命周期的理念,及时总结建成项目的运行经验和运营成本,为今后污泥处理处置项目建设提供借鉴。应加快推进集中式污泥处理中心的建设,发挥集约化的优势,弥补污泥处理处置的刚性缺口。对于受经济等条件制约的城市,建议拟定分阶段实施方案,统筹规划推进,在项目占地区域规划中合理布局。

**关键词:** 污泥处理中心; 污泥处理处置; 集中式污泥处理

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2021)20-0022-06

## Construction and Thinking of Centralized Sludge Treatment Center

SONG Xiao-ya

(Beijing North Drainage Environment Development Co. Ltd., Beijing 100124, China)

**Abstract:** With the severe environmental protection accountability situation and the people's expectations for a better life in recent years, municipal sludge, the by-product of urban sewage treatment, has attracted more and more attention. It is a more urgent task to rationally plan the scale of construction projects, formulate economic and technological routes, and achieve sustained and stable operation. This paper reviews the construction of centralized sludge treatment facilities in the past ten years among 36 of under the central government municipality cities, provincial capital cities, and national plan single cities in China. The technical characteristics and application of the operational projects, projects to be built and operated were analyzed and compared with the similar projects in the world. China's current sludge treatment center projects are generally in small scale and are facing the challenges of sludge terminal disposal and environmental quality improvement. So it is urgent to be upgraded. The concept of the whole life cycle should be used to summarize the operational experience and operating costs of the completed projects promptly, and provide a reference for the future construction of sludge treatment and disposal projects. The construction of centralized sludge treatment centers should be accelerated, and the advantages of intensification should be brought into compensate for the rigid gap in sludge treatment and disposal. For cities that are constrained by economic conditions, it is recommended to formulate a phased implementation plan, make overall planning and advancement, and rationally arrange in project land occupation and regional planning.

**Key words:** sludge treatment center; sludge treatment and disposal; centralized sludge treatment

## 1 1980年前污水处理情况

通常观念认为我国在污水处理认识上长期“重水轻泥”,实际上早在第一个五年计划期间,在西安、兰州等地就已修建了污泥处理设施,典型的如1958年1月建成投产的西安市污水处理厂。1978年5月建成运转的上海闵行污水处理厂设置有污泥消化池和沼气柜等设施。合肥通用研究所1976年就开展了污泥真空过滤脱水机械研究。许泽美1977年撰文介绍污泥板框压滤、带式压滤、离心等设备以及热干燥等处理技术。北京高碑店污水处理厂中试厂1978年组织实施了污泥螺旋脱水机与带式转鼓真空过滤机脱水设备的对比研究。同期,国外技术如瑞典污泥与垃圾混合堆肥技术和日本污泥脱水方法也被介绍到国内。但总的来说,1980年之前,我国污水处理规模和设施处理能力较小。我国城乡建设统计年鉴表明,1980年我国城市污水排放量为 $195.0925 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,污水处理厂仅为35座,处理能力 $70 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,污泥处理量较少。

经过改革开放和城市发展,我国市政基础设施迅猛发展。据中国城乡建设统计年鉴数据,2010年—2017年,城市污水年排放量由 $378.6983 \times 10^8 \text{ m}^3$ 增加到 $492.3895 \times 10^8 \text{ m}^3$ ;集中式污水处理厂的数量由1444座增加到2209座;污水年处理量由 $311.7032 \times 10^8 \text{ m}^3$ 提升至 $465.4910 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。污泥作为污水处理的副产物,仅2017年城市污水处理厂干污泥产生量就达到10530970 t,而2017年城市污水处理厂干污泥处置量仅为9513973 t,年处置缺口达1016997 t。污泥处理设施建设将是城市基础设施建设的重要内容。

## 2 污泥集中处理的发展历程

一般来说,污泥处理设施作为污水厂设施的一部分会同期建设与运行,但日本横滨市的实践表明,虽然早期的污水处理厂各自单独处理污泥,但随着居民对环境质量要求的提高,在城市中不得不考虑污泥的集中处理。1987年横滨市建设运转第一座较大的污泥处理中心——北部污泥处理中心,采用污泥浓缩+厌氧消化+离心脱水+焚烧工艺,由此开启污泥集约化处理的先例。1997年荷兰SNB污泥处理中心承接荷兰北部50余座污水处理厂的污

泥,处理规模1675 t/d(以含水率为80%的污泥计),采用干化+焚烧处理工艺。同时期比利时布鲁塞尔Houthalen污泥干化厂接纳周边20多座污水厂的脱水污泥或浓缩污泥,采用流化床干化技术。

国内污泥集中处理较国际上起步较晚。2001年上海市率先启动污泥处理处置专项规划的编制<sup>[1]</sup>,并提出污泥集约化处理的思路,拟在城市北部、东部和南部筹建3座大型污泥处理中心。2002年9月浙江省温州市污泥集中干化焚烧厂<sup>[2]</sup>开始调试。2008年6月江西省南昌市利用热电厂循环流化床锅炉泥煤混合焚烧处理污水厂污泥,2008年奥运前后北京市大兴庞各庄污泥处置厂投入运行,采用好氧条垛式堆肥工艺。2009年4月辽宁省大连市夏家河污泥处理厂<sup>[3]</sup>开始试运行,设计处理能力为600 t/d(以含水率为80%的污泥计),采用厌氧消化+离心脱水工艺,并实现沼气与城市燃气并网。2009年10月北京市建成投产水泥窑干化焚烧污泥项目<sup>[4]</sup>。

进入2010年以来,集中式污泥处理中心建设得到较快的发展。2010年10月吉林省长春市北郊污泥处置厂<sup>[5]</sup>投产,接纳5座污水处理厂污泥400 t/d(以含水率为80%的污泥计),采用好氧发酵工艺。2013年1月四川省成都市第一城市污水污泥处理厂一期工程运转,项目规模为400 t/d(以含水率为80%的污泥计),承接来自中心城区9座污水处理厂的污泥。2015年3月上海市竹园污泥焚烧处理中心项目<sup>[6]</sup>启动调试,实现污泥集中处理能力750 t/d(以含水率为80%的污泥计)。2015年4月国务院发布《水污染防治行动计划》,各省市加快了推进集中式污泥处理设施的建设。

## 3 近10年集中式污泥处理中心的建设实践

### 3.1 整体情况

总结了2010年—2019年36座核心城市(直辖市、省会城市、国家计划单列市)的集中式污泥处理中心建设情况,截至2019年6月底,有27座城市新建污泥处理中心(见表1),有9座城市未采用集中方式处理污泥。在27座新建污泥处理中心的城市中共有污泥项目33项,其中已运转项目25项,待运转项目1项,在建项目7项。

表 1 2010 年—2019 年我国 27 座核心城市中污泥处理中心的建设情况

Tab. 1 Construction of sludge treatment center in 27 core cities in China from 2010 to 2019

项 目		处理规模(以 含水率为 80% 的污泥计)/ ( $t \cdot d^{-1}$ )	技术路线	投运时间	备注
北京市	小红门污泥处理中心	900	热水解 + 厌氧消化 + 板框深度脱水	2016 年	
	高碑店污泥处理中心	1 358	热水解 + 厌氧消化 + 板框深度脱水	2016 年	
	槐房污泥处理中心	1 220	热水解 + 厌氧消化 + 板框深度脱水	2017 年	
	高安屯污泥处理中心	1 836	热水解 + 厌氧消化 + 板框深度脱水	2017 年	
	清河第二污泥处理中心	814	热水解 + 厌氧消化 + 板框深度脱水	准备投运	
天津市	津南污泥处理厂	800	厌氧消化 + 板框深度脱水 + 干化	2015 年	
上海市	石洞口污泥处理中心	1 000	干化 + 焚烧	在建项目	
	竹园污泥焚烧处理中心	750	干化 + 焚烧	2015 年	
重庆市	珞璜污泥处置中心	600	干化 + 焚烧	在建项目	
河北省 石家庄市	污泥干化焚烧工程	600	干化 + 焚烧	在建项目	
河南省郑州市	八岗污泥处理厂	600	高温好氧发酵	2012 年	
	双桥污泥处理厂	800	高温好氧发酵	2018 年	
山西省太原市	污泥处理中心	700	碱性热水解 + 脱水干化	2019 年	2019 年 6 月初运转, 一期 500 t/d
陕西省西安市	污泥集中处置工程	1 000	热水解 + 厌氧消化 + 干化	在建工程	
湖南省长沙市	污泥集中处置工程	1 000	热水解 + 高温厌氧消化 + 脱水干化	2014 年	一期 2014 年运转, 二期 2018 年运转
湖北省武汉市	华新龙王嘴污泥处理厂	700	板框深度脱水 + 水泥窑协同处置	2012 年	一期 300 t/d
浙江省杭州市	萧山污泥处理工程	4 000	板框深度脱水 + 焚烧	2018 年	
江苏省南京市	污泥处置中心(江北灰 渣填埋场一期建设工程)	400	干化 + 焚烧	在建项目	
江西省南昌市	污泥处置中心	200	板框深度脱水	在建项目	
安徽省合肥市	污泥资源化利用工程	600	热水解 + 厌氧消化 + 板框深度脱水 + 干化	2016 年	
四川省成都市	第一城市污水污泥处理厂	400	干化 + 焚烧	2011 年	一期工程 200 t/d 投 产,目前在建二期工程
黑龙江省 哈尔滨市	污泥处理厂	650	高温好氧发酵	2018 年	
吉林省长春市	北郊污泥处置厂	400	高温好氧发酵	2010 年	
云南省昆明市	污泥处理厂	500	厌氧消化 + 干化	2015 年	
海南省海口市	海口生物资源利用示范中心	240	好氧发酵	2018 年	
甘肃省兰州市	污泥处理中心	400	板框深度脱水	2017 年	
青海省西宁市	污泥集中处置中心	300	板框深度脱水	2017 年	
内蒙古自治区 呼和浩特市	循环经济环保科技产业园	100	热水解 + 干化 + 焚烧	2011 年	
广西壮族 自治区南宁市	双定污泥处理中心	600	好氧发酵	2015 年	原有规模为 400 t/d, 扩建为 600 t/d
辽宁省沈阳市	污水处理厂污泥堆肥项目	1 000	好氧发酵	2012 年	
辽宁省大连市	夏家河污泥处理厂	600	厌氧消化 + 离心脱水	2010 年	
山东省青岛市	小涧西生活垃圾焚烧 与污泥协同项目	500	焚烧	在建项目	
广东省深圳市	上洋污泥处理厂	800	干化 + 焚烧	2018 年	

### 3.2 已建项目

#### ① 处理技术

污泥处理技术主要有好氧发酵、厌氧消化、热水解、板框深度脱水、污泥干化、污泥焚烧、水泥窑协同处置等。分析已运转的25个污泥处理中心项目,45%的项目选择板框深度脱水技术;其次是厌氧消化、干化、热水解、好氧发酵、焚烧。相对而言,采用水泥窑协同处置技术的项目比较少。

实际污泥处理工程多采用一种或几种污泥处理技术的耦合。从已运转的25个污泥处理中心项目看,主要工艺技术路线有好氧发酵、干化+焚烧、厌氧消化+干化、厌氧消化+板框深度脱水、热水解+厌氧消化+板框深度脱水、热水解+厌氧消化+板框深度脱水+干化、板框深度脱水+焚烧等工艺。从工艺技术路线项目数分析,采用好氧发酵的项目稍多。从处理规模看,采用热水解+厌氧消化+板框深度脱水工艺的项目较多。

#### ② 终端处理技术的选择

从污泥处理中心终端技术的选择看,将现况25个污泥处理中心按照好氧发酵、干化焚烧、板框深度脱水、离心脱水四类进行分析,发现好氧发酵项目占28%,干化焚烧项目占40%,板框深度脱水占28%,离心脱水占4%。

好氧发酵类项目以吉林省长春市北郊污泥处理厂和沈阳污水厂污泥项目为代表。长春堆肥项目是国内最早的污泥集中处理堆肥项目;沈阳堆肥项目是世界上已投入最大的机械槽式堆肥项目,堆肥后的产物用途为营养土、复合肥原料等。从国内污泥堆肥的运行看,存在的主要问题是设计处理量与实际处理量的差距较大<sup>[7]</sup>;其次是堆肥产物销售渠道不畅。此外,北方地区受季节影响堆肥产物在园林绿化上应用有限制。

干化焚烧类项目以上海市竹园污泥焚烧中心为代表。运行中出现的问题是进泥泥质变化易影响焚烧系统的处理能力。在浙江省温州市污泥处理中心——污泥焚烧干化项目<sup>[8]</sup>中,其运行受到含砂量的影响。

板框深度脱水类项目以甘肃省兰州市和青海省西宁市等污泥处理中心为代表,板框深度脱水后泥饼含水率<60%,还需要实施后续的污泥处置。

离心脱水类以大连夏家河污泥处理厂为代表,其污泥经厌氧消化和离心脱水后,拟绿化或堆肥

使用。

### 3.3 在建和拟运转的污泥处理中心项目

截至2019年6月底,有8个污泥处理中心在建或拟运转。从项目的终端技术选择看,主要是采用干化焚烧类和深度脱水类项目,其中超过60%的项目选择干化焚烧技术。

### 4 与典型的国际/地区城市项目对比

#### 4.1 典型项目

近10年来,除日本横滨和东京外,国外部分大城市和地区也都采用污泥处理中心的方式处理市政污泥。韩国首尔首都填埋地干化工程<sup>[9]</sup>污泥处理量为1 000 t/d(以含水率为80%的污泥计),采用全干化+焚烧工艺;英国曼彻斯特 Davyhulme 污泥处理量为1 657 t/d(以含水率为80%的污泥计),采用热水解+厌氧消化+焚烧工艺。

#### 4.2 终端技术的选择

从国际不同地区典型的污泥处理项目看,污泥焚烧工艺在污泥终端技术选择中占绝对优势。这与国内项目的技术选择一致。

#### 4.3 处理规模

韩国首尔首都填埋地干化项目<sup>[9]</sup>2012年1月竣工运转;英国曼彻斯特 Davyhulme 污泥中心2012年12月开始正式运转。与国内同期建设的项目对比,它们的污泥处理规模 $\geq 1\,000\text{ t/d}$ (以含水率为80%的污泥计),明显大于国内项目规模。国内25个已运转项目中,只有6个项目规模 $\geq 1\,000\text{ t/d}$ (以含水率为80%的污泥计)。在拟运转和新建8个项目中,只有2个项目规模 $\geq 1\,000\text{ t/d}$ (以含水率为80%的污泥计)。与国外项目规模相比,国内污泥处理中心项目普遍集约化程度较低。

### 5 思考与建议

#### 5.1 现有污泥处理中心项目亟需升级改造

##### ① 终端处置的迫切要求

在已运转项目中,处理终端技术采用干化焚烧的仅为40%,有较多项目采用板框深度脱水工艺。虽然部分板框深度脱水项目在前期已耦合热水解、厌氧消化等减量化技术,但经板框深度脱水后泥饼含水率在60%左右,污泥体积较大,还需进行后续污泥处置。此外,随着黑臭水体治理、城市排水管网完善和污水处理厂提质增效工作的深入,现况污泥处理处置设施能力与污泥处置需求的不平衡将进一步加大。



## ② 环境质量提升的要求

已运转项目的厂址选择主要有三类:新选地址,利用原有的污水处理厂场地或附近,利用循环产业园区与垃圾、发电等协同处置。其中以在原有污水处理厂或附近的污泥处理中心项目居多。这就涉及污泥处理中心与原有污水处理厂的环境协调问题。尤其是国内的污泥处理中心基本上是采用车载运输的方式来输送污泥和处置后产物,对于臭气处理、运输管理等都是挑战。此外,随着城市的发展,原有处置项目的环境质量升级非常急迫。国内部分城市如江苏省南京市凤凰山污泥处理厂、广东省珠海市北部污泥处置中心项目等因废气问题而被迫中止建设和停产。

## ③ 新技术的发展与成熟应用

分析已建成项目的运转时间,再倒推项目前期的论证等时间节点,可以说现况污泥处理中心应用的技术多为2010年前的污泥处理处置技术。随着时代发展,近年来,污泥低温干化<sup>[10-11]</sup>和污泥碳化等技术在处置市政污泥上均有典型案例。此外,污泥杂质去除<sup>[12]</sup>等预处理技术研究也有进展。这都是污泥处理中心升级改造可考虑的技术选择。

## 5.2 污泥处理中心的建设需加快

已建成25个项目中超过70%的项目处理能力小于1 000 t/d(以含水率为80%的污泥计)。与处置缺口相比,设施处理规模亟需提升。虽然,在目前的直辖市、省会城市和计划单列市中不只采用污泥处理中心这一单一处置方式,但从污泥集约化、经济化看,设施处置能力的刚性缺口还将继续。因此,考虑到与城镇化发展相适应,污泥处理中心的建设需加快。受制于经济等条件的,建议拟定分阶段实施方案,统筹规划推进,在项目占地、区域规划中合理布局。

## 5.3 以全生命周期的理念做好各项分析总结

从我国污泥处理中心的建设看,较早建成的污泥处理中心已经走过10年的历程,以全生命周期的理念总结运行经验、运营成本、技术实践等需提到议事日程,以期今后的污泥处理中心建设提供参考。

## 6 结论

分析了近10年我国直辖市、省会城市和国家计划单列市36座核心城市中集中式污泥处理中心的建设情况,截至2019年6月底,有27座城市新建集中式污泥处理中心。总结25个已运转项目,比较技

术应用、处理规模和运行情况,可知污泥处理中心项目多采用干化焚烧、板框深度脱水 and 好氧发酵终端技术。在建项目中,干化焚烧项目占比较大。与国外的污泥处理中心项目相比,国内项目普遍存在处理规模较小、污泥集约化处理程度较低等特点。

新形势下,现况污泥处理中心项目亟需进行提标改造;应运用全生命周期的理念,总结投产项目的运行经验和运营成本等,为今后污泥处理处置项目建设提供借鉴。另一方面,应统筹规划、采取分阶段实施,尽快推进集中式污泥处理中心在污泥处理处置中的应用,发挥集约化的技术经济优势,弥补处置缺口。

## 参考文献:

- [1] 朱石清,张善发,张辰,等.上海市污泥处理处置专项规划简介[J].中国给水排水,2005,21(5):84-87.  
ZHU Shiqing, ZHANG Shanfa, ZHANG Chen, et al. Brief introduction of special planning for municipal sludge treatment and disposal in Shanghai[J]. China Water & Wastewater, 2005, 21(5): 84-87 (in Chinese).
- [2] 廖建胜,李文兴,单跃,等.温州市污泥集中干化焚烧厂工程设计与调试运行[J].中国给水排水,2016,32(22):73-77.  
LIAO Jiansheng, LI Wenxing, SHAN Yue, et al. Project design and commissioning of Wenzhou sludge centralized drying and incineration plant[J]. China Water & Wastewater, 2016, 32(22): 73-77 (in Chinese).
- [3] 陈海,王玥,刘东海.大连市夏家河污泥处理厂的工艺设计与运行经验[J].中国给水排水,2010,26(12):42-44,47.  
CHEN Hai, WANG Yue, LIU Donghai. Process design and operation experience of Xiajiahe WWTP in Dalian City[J]. China Water & Wastewater, 2010, 26(12): 42-44, 47 (in Chinese).
- [4] 史骏.污泥干化与水泥窑焚烧协同处置工艺分析与案例[J].中国给水排水,2010,26(14):50-55.  
SHI Jun. Process analysis and case study on co-disposal system of sludge drying and cement kiln incineration[J]. China Water & Wastewater, 2010, 26(14): 50-55 (in Chinese).
- [5] 高定,杨宏志,陈俊,等.CTB工艺在长春市污泥处置工程中的应用[J].中国给水排水,2012,28(19):97-99,102.  
GAO Ding, YANG Hongzhi, CHEN Jun, et al.

- Application of CTB process to sludge treatment project in Changchun [J]. *China Water & Wastewater*, 2012, 28 (19): 97-99, 102 (in Chinese).
- [6] 林莉峰, 王丽花. 上海市竹园污泥干化焚烧工程设计与试运行总结 [J]. *给水排水*, 2017, 43 (1): 15-21.  
LIN Lifeng, WANG Lihua. Summary of design and trial operation of sludge drying and incineration project in Zhuyuan, Shanghai [J]. *Water & Wastewater Engineering*, 2017, 43 (1): 15-21 (in Chinese).
- [7] 王涛. 污泥堆肥技术现状及应用中需注意的问题 [J]. *中国环保产业*, 2014 (2): 30-35.  
WANG Tao. Attentive problems in sludge compost technology status and application [J]. *China Environmental Protection Industry*, 2014 (2): 30-35 (in Chinese).
- [8] 李文兴, 郑秋鹏, 廖建胜, 等. 温州市污泥干化焚烧处理工程技术改造 [J]. *中国给水排水*, 2017, 33 (2): 90-95.  
LI Wenxing, ZHENG Qiujuan, LIAO Jiansheng, *et al.* Technical transformation of sludge drying and incineration treatment project in Wenzhou City [J]. *China Water & Wastewater*, 2017, 33 (2): 90-95 (in Chinese).
- [9] 张琼华, 邵焜琨, 李太元, 等. 韩国首尔首都填埋地污泥热干化工程案例 [J]. *给水排水*, 2016, 42 (7): 41-43.  
ZHANG Qionghua, SHAO Kunkun, LI Taiyuan, *et al.* Case study on a landfill sludge heating drying project in Seoul, Korea [J]. *Water & Wastewater Engineering*, 2016, 42 (7): 41-43 (in Chinese).
- [10] 卢宇飞, 曲献伟, 许太明, 等. 污泥低温真空脱水干化成套技术与应用 [J]. *建设科技*, 2018 (16): 110-113.  
LU Yufei, QU Xianwei, XU Taiming, *et al.* sludge low-temperature vacuum drying technology and its application [J]. *Construction Science and Technology*, 2018 (16): 110-113 (in Chinese).
- [11] 李亮, 史慧婷. 污泥低温真空脱水干化工艺的工程应用 [J]. *中国给水排水*, 2017, 33 (12): 71-74.  
LI Liang, SHI Huiting. Application of sludge dewatering by low-temperature vacuum dewatering technology [J]. *China Water & Wastewater*, 2017, 33 (12): 71-74 (in Chinese).
- [12] 李汉冲, 王志伟, 梅晓洁, 等. 污泥杂质分离器的工艺设计与运行参数优化研究 [J]. *给水排水*, 2015, 41 (10): 105-110.  
LI Hanchong, WANG Zhiwei, MEI Xiaojie, *et al.* Process design and operation parameter optimization of sludge impurity separator [J]. *Water & Wastewater Engineering*, 2015, 41 (10): 105-110 (in Chinese).
- 作者简介:** 宋晓雅 (1971- ), 女, 河北石家庄人, 大学学历, 教授级高级工程师, 长期从事污水处理的生产运营工作。  
**E-mail:** songxy@bdc.cn  
**收稿日期:** 2019-07-10  
**修回日期:** 2019-07-30

(编辑: 丁彩娟)

环境就是民生, 青山就是美丽, 蓝天也是幸福