

国外科技

日本的典型污泥焚烧工程案例及启示

徐晓波¹, 孙卫东², 吕金明³, 汪泳², 姜立安²

(1. 烟台市城市排水管理处, 山东 烟台 264000; 2. 中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 天津 300381; 3. 寿光百源地表水有限公司, 山东 寿光 262700)

摘要: 介绍了日本横滨市南部污泥资源化中心、藤沢市污泥资源化中心、东京葛西污泥焚烧中心、花见川污泥处置厂、中川污泥处置厂、大阪舞洲污泥处置中心6个典型污泥焚烧工程案例, 其设计、建设、运营经验已十分成熟, 都采用了较为完善的灰渣、废气(含臭气)、噪声、废水处理设施, 未对环境造成不良影响且运行良好。这些经验可为我国部分地区采用污泥焚烧工艺提供有益的借鉴。

关键词: 污泥处置; 焚烧; 污泥资源化

中图分类号: X703.1 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)12-0135-04

Enlightenment and Cases Study of Typical Sludge Incineration Project in Japan

XU Xiao-bo¹, SUN Wei-dong², LYU Jin-ming³, WANG Yong², JIANG Li-an²

(1. Yantai Drainage Management Office, Yantai 264000, China; 2. North China Municipal Engineering Design and Research Institute Co. Ltd., Tianjin 300381, China; 3. Shouguang Baiyuan Surface Water Co. Ltd., Shouguang 262700, China)

Abstract: Six sludge incineration projects, e. g. the sludge reuse center in the south of Yokohama, the sludge resource center in Fujisawa, Kasai sludge incineration center in Tokyo, Hanamigara sludge treatment plant, Nakagawa Sludge Treatment Plant and Maishima Osaka sludge disposal center, were introduced. Their design, construction, operation experience are very mature. The relatively effective ash, exhaust (odor), noise, wastewater treatment facilities were adopted. So there were no adverse effects on the environment. The experiences from these projects with good performance could provide valuable reference for the sludge incineration process in similar fields of our country.

Key words: sludge disposal; incineration; sludge resource

1 典型工程案例

目前,在我国主要污泥处理处置方法中,污泥农用和填埋都受制于处置污泥用的土地及污泥的泥质等,而污泥干化焚烧可利用本身有机物燃烧产生的热量,焚烧时的温度可达850℃,能完全杀死病原微生物,并最大限度地减少污泥体积,焚烧后无机物则变成了极少量的灰烬,其中焚烧灰的无机成分与粘土接近。由于焚烧残渣在性质上发生了根本改变,

可用于沟槽回填、道路“三渣”、水泥添加料等,市场需求量大,且污泥干化焚烧是一种最彻底的污泥处理处置方法,因此污泥进行干化焚烧且焚烧后的灰渣用于建筑材料已成为大势所趋。

污泥焚烧在国外已有较多工程应用,为了适应污泥焚烧特性和控制环境污染,国外多倾向于单独建设污泥焚烧厂,采用适合污泥焚烧的工艺和炉型。污泥焚烧已有70多年的发展历史。1934年美国密

歇根州安装了有记录以来的第一台污泥焚烧炉,1962年德国率先建设并开始运行欧洲第一座污泥焚烧厂。如今在日本,污泥焚烧处理量已经占污泥处理总量的60%以上,欧盟也在10%以上^[1,2]。

日本污泥焚烧技术已经相当普及,其设计、建设、运营经验已成为标准化模式,其污泥焚烧装置有很多是15~20年前建设,依旧运行良好。

本文将重点介绍日本6座各有特点的污泥处理厂案例,包括横滨市南部污泥资源化中心、藤沢市污泥资源化中心、东京葛西污泥焚烧中心、花见川污泥处置厂、中川污泥处置厂、大阪舞洲污泥处置中心。

1.1 日本横滨市南部污泥资源化中心

横滨市共有11座污水处理厂,其污泥采用区域性集中处理,北部5座污水厂的污泥集中至北部污泥处理中心,中、南部6座污水厂的污泥则集中至南部污泥处理中心(见图1)。污泥运输皆采用密闭管线,管径为200~700 mm,总管长约88 km。



图1 横滨市南部污泥资源化中心鸟瞰

Fig. 1 Googleearth overview of the sludge reuse center in the south of Yokohama

横滨市南部污泥处理中心于2006年7月建成,对应的污水处理厂总规模为 $75 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,服务人口为300万人,污泥处理量为 $10\,000 \text{ m}^3/\text{d}$,污泥含固率为1%~2%。采用离心浓缩+中温消化+脱水(离心和带机)+干化(IDD)+焚烧(FBI)工艺。浓缩后污泥含固率为5%。污泥厌氧消化池容积为 $9 \times 6\,400 \text{ m}^3$ 。进泥VSS为70%~75%,热值为 $3\,800 \sim 4\,100 \text{ kcal/kgDS}$ ($1 \text{ cal} = 4.2 \text{ J}$)。消化后污泥VSS为45%,热值为 $2\,500 \text{ kcal/kgDS}$ 。脱水后污泥含水率为78%~79%。该中心只将60%的污泥干化,干化后污泥含固率为60%,与另外40%未经干化的污泥混合后进入流化床焚烧炉(FBI)。焚烧系统共4条线,这四条线原来均采用传统的流化床(conventional fluidized bed)工艺,后于2012年将原

150 t/d的1号线升级为200 t/d的循环流化床(circulating fluidized bed),又于2015年将原150 t/d的2号线升级为污泥直接转为烟气的工艺(sludge to fuel),处理能力不变。而3号、4号线不变,仍为200 t/d。干化装置的臭气进入焚烧炉焚烧。采用旋风除尘器+袋式除尘+湿式脱硫装置+烟囱对烟气进行处理,烟囱高度为45 m。

采用污泥焚烧化处理约可减量90%,其灰烬最终处置方式有下列四种:

① 制砖。目前因市场接受度有限,仅卖给横滨市政府用于公共工程,每块砖售价为75日元。

② 作为土壤改良剂。卖给地下铁公司作为地下铁工程覆土用,其售价为3 000日元/ m^3 。

③ 掩埋。掩埋处理费用为19 700日元/t。

④ 作混凝土原料。付费请混凝土公司处理污泥焚烧灰,费用为19 500元/t,此方式虽为支出费用,但其费用比掩埋方式低且为资源再利用,可减少废弃物量及掩埋场的负担。

污泥焚烧后灰烬虽可制砖、作为改良土等产品,增加财源收入,但目前民间市场接受度有限,且有人反对免费提供私人机构使用,坚持以贩卖产品方式处理,故目前仅售予政府机关及大众运输公司办理公共工程使用。

1.2 藤沢市污泥资源化中心

该污泥处置中心于1964年8月开始运行,总占地为 $92\,433 \text{ m}^2$ 。共有3套装置,采用直接焚烧方式。由于邻建污水处理厂地处海滨,环境要求较严格,故而污水处理设施全部进行了加盖除臭处理,池顶部分作为运动场地(见图2)。



图2 藤沢市污泥资源化中心顶部

Fig. 2 The ground of the sludge resource center in Fujisawa

污泥处理采用脱水(带机)+焚烧(FBI)工艺。污水处理厂脱水后含固率为20%左右的污泥,经过螺旋输送机+带式输送机+直接焚烧进行处理。焚

烧系统共3条线,2条60 t/d,1条70 t/d(新建)。臭气采用化学及生物方法处理。老系统采用旋风除尘器+湿式脱硫装置+静电除尘+烟囱处理烟气,新系统采用布袋除尘器+湿式脱硫装置+烟囱处理烟气。烟囱在屋顶上部,高15 m。

1.3 东京葛西污泥焚烧中心

东京葛西污泥焚烧系统外观见图3。



图3 东京葛西污泥焚烧系统外观

Fig. 3 Kasai sludge incineration center in Tokyo

该工程于1991年建成,现有5套焚烧生产线,处理后焚烧灰用作混凝土建材。污水处理厂总规模为 $40 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,污泥处理量为500 t/d,进泥含固率为20%。采用干化(IDD)+焚烧(FBI)工艺,其余直接焚烧。污泥脱水后含水率为80%。

这5条焚烧生产线中,1号150 t/d于2014年升级为300 t/d的压力流化床(pressurized fluidized bed),2号250 t/d拆除,3号250 t/d正常使用,4号、5号各300 t/d正常使用。通常运行1条250 t/d和1条300 t/d生产线,其余均备用,主要考虑运行安全及每年检修的需要。干化装置的臭气进入焚烧炉焚烧。烟气处理:1~4号老污泥处理系统为干式电除尘器+湿式脱硫装置+湿式电除尘+烟囱,湿式电除尘使原有系统的烟气排放标准提高,所以增加的5号新系统直接为袋式除尘+湿式脱硫装置+烟囱。设计5条线共用3套烟囱,呈三角型布局。因毗邻迪斯尼乐园,东京市政府强制要求烟囱高度达到100 m。

1.4 花见川污泥处置厂

该厂负责收集处理12个市、1座城镇及2个村共约121万人产生的生活污水。现有3条生产线(每条均为150 t/d),处理规模为450 t/d,进泥含固率为20%。采用脱水(离心)+焚烧(FBI)工艺。采用干式电除尘器+湿式脱硫装置+烟囱处理烟气,烟囱高度为20 m(见图4)。



图4 花见川焚烧系统外观

Fig. 4 Hanamigawa sludge treatment plant

1.5 中川污泥处置厂

据了解,日本污泥焚烧装置的建设周期较长,从设备订货至建设完成约需要3年。该厂现有系统为4条生产线。污水处理厂总规模为 $40 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,采用脱水(离心和带机)+焚烧(FBI)处理污泥。脱水后污泥含水率为78%~79%。在3条焚烧生产线中,1号110 t/d、2号140 t/d、3号250 t/d均正常使用,4号250 t/d正在建设中。采用袋式除尘+湿式脱硫装置+烟囱处理烟尘,烟囱高度为25 m或35 m(见图5)。

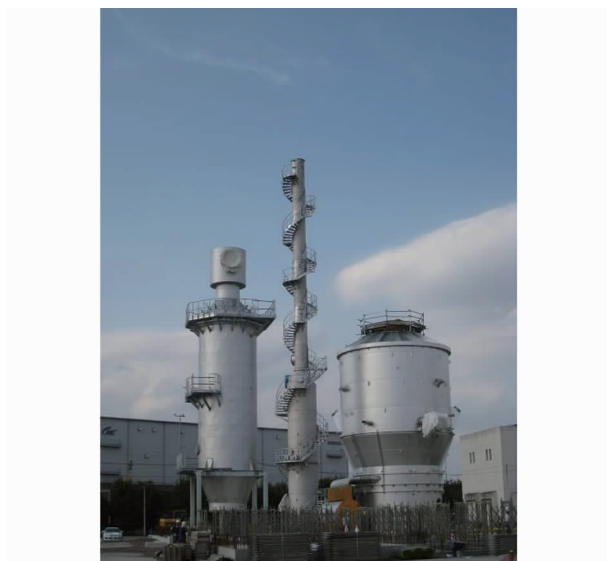


图5 中川污泥处置厂新建污泥焚烧系统

Fig. 5 Nakagawa sludge treatment plant

1.6 大阪舞洲污泥处置中心

该厂从外观至内部均进行了精心设计,由三家公司负责工程的不同部分,该方式可集中大型企业的优势力量,促进项目顺利实施。该工程于2004年建成(见图6),近期处理量为52 t干泥/d,进泥为 $1750 \text{ m}^3/\text{d}$ 。远期处理量为160 t干泥/d,进泥为

5 400 m³/d。接纳 6~7 座污水处理厂的污泥。采用脱水+干化+熔融处理工艺。脱水后污泥含水率为 78%~79%。污泥经多段干化装置处理后含固率在 99% 以上,呈粉状。熔融系统远期共 6 条线,每条 150 t/d;近期已建 3 条。脱水后的滤液单独处理,否则会使接收滤液的污水处理厂氨氮升高。干化装置的臭气进入焚烧炉焚烧。



图6 大阪舞洲污泥处置中心

Fig. 6 Maishima Osaka sludge disposal center

采用袋式除尘+湿式脱硫装置+脱臭+脱硝+烟囱处理烟气。之所以采用如此严格的处理系统是由于该项目毗邻娱乐区“美国环球影城”,故而标准提高。烟囱高度为 120 m。污泥高温熔融后晶体可出售作为建材、水泥、陶瓷等原材料。

2 启示

目前在日本污泥焚烧技术已经相当普及,很多污泥焚烧装置已经建设 15~20 年,依旧运行良好。我国经济发达城市且规模较大的污泥处理厂可以考虑借鉴采用。

① 关于污泥输送。目前日本的污泥基本推荐采用集中处置方式,推荐采用管道直接输送未浓缩脱水污泥的形式,这样做减少了车辆或水陆运输污泥对沿途环境造成的污染,同时在污泥的装卸过程中存在的污染隐患也被根本杜绝;另外提前把不同泥质的污泥进行混合,更有利于干化焚烧系统的稳定运行。因此在有条件的城市或地区,适当留出规划的污泥输送管道是十分必要的。

② 关于污泥热值。日本进入污泥处置场的污泥热值均较高,因此其污泥处置工艺基本为无需干化直接焚烧的 80% 含水率的污泥。除非在污泥处理阶段采用了厌氧消化工艺,消耗了部分有机物的污泥处理场方采用干化+焚烧工艺,即便如此,污泥焚烧的热值也满足了干化污泥的要求。而目前我国的污泥热值基本为 2 200~2 900 kcal/kgDS,采用干

化+焚烧工艺必须补充一定的热源。究其原因也许与国内的排水管道收集系统有关。

③ 关于污泥焚烧对环境的影响。日本的污泥焚烧厂都采用了较为完善的灰渣、废气(含臭气)、噪声、废水处理设施,污泥焚烧厂的建设未对环境造成不良影响。藤沢市污泥资源化中心即建在生活区附近,周围是海滨,烟囱高度只有 15 m,均未对环境造成污染。污泥焚烧灰分的出路主要作建材利用,但是市场收入几乎没有。

④ 关于污泥焚烧设备的备用率。日本污泥焚烧厂的设计安全保证率较高,焚烧设备备用率基本为 100%,这无疑为污泥焚烧的安全运行提供了可靠保障。但是这样将会大大增加污泥处理建设和运行成本,在有条件的城市可以考虑采用较高备用率的方式,但是对于投资条件尚有一定限制的城市可以考虑统一规划、分期实施,并做好事故或者检修时的污泥临时处置措施。

参考文献:

- [1] 屈年凯,园田健一,熊诚,等. 日本污泥干化焚烧 40 年的处置经验引发对中国污泥市场的思考[A]. 中国城镇水务发展国际研讨会暨中国城镇供水排水协会 2009 年年会论文集[C]. 北京:中国城镇供水排水协会,2009.
- [2] 唐建国. 日本下水污泥干化焚烧处理技术介绍[A]. 全国排水委员会 2012 年年会论文集[C]. 南宁:中国土木工程学会水工业分会排水委员会,2012.



作者简介:徐晓波(1970—),男,山东烟台人,硕士,高级工程师,主要从事城市排水工程管理工作。

E-mail: xuxiaobo1970@sina.com

收稿日期:2017-01-07