

深圳市污泥干化焚烧工艺运行成本分析

邱 锐

(深圳市水务工程建设管理中心, 深圳 518048)

摘要 近年来污泥干化焚烧作为污泥处理的途径之一, 逐渐开始在行业内有所应用。但由于其在我国的应用时间较短, 工程实例较少, 缺乏相关的设计规范指导和运营数据等各方面经验。各类干化、焚烧设备以及污泥热值的差异, 造成目前关于污泥焚烧处理成本模糊不清, 建设者往往难以决策。结合深圳市污泥焚烧的实际工程应用条件, 分析了干化焚烧工艺的运行成本。

关键词 污泥 干化 焚烧 热值 辅助燃料 运行成本

DOI:10.13789/j.cnki.wwe1964.2014.0196

0 前言

污泥焚烧是将污泥中的有机物全部转变为氧化产物的过程, 主要产物为二氧化碳、水和灰分。焚烧的主要优点包括: ①最大程度地降低污泥体积, 从而降低后续处置要求; ②破坏病原体和有毒有害化合物; ③回收潜在的热能。缺点包括: ①投资和运行费用高; ②操作维护水平要求高; ③排放产物如灰分和烟气可能存在潜在的环境风险; ④处置残余物质如灰分时, 如超出相关标准会被列为危险废弃物, 从而进一步提高污泥处理处置的成本; ⑤CO₂ 排放量呈现较高水平^[1]。用作焚烧的污泥通常为污水处理厂脱水后未经处理的污泥。通过好氧或厌氧消化后的污泥由于降低了污泥中挥发性固体有机物的含量, 对焚烧而言是极其不利^[2]。鉴于上述特点, 焚烧工艺仅限于在大型污水处理厂或大型污泥集中处理处置项目中使用。

近年来, 我国陆续建设了少量的污泥干化焚烧项目, 如上海石洞口、上海竹园、深圳老虎坑、深圳上洋、杭州七格污水处理厂、成都第一城市污水处理厂等, 总体处理能力占污泥产量的比例仍然极低。污泥焚烧在我国应用受限的原因主要包括用地限制、投资大、运行成本高等, 其中经济因素为主要原因, 本文重点讨论污泥焚烧的运行成本。

我国污泥焚烧处理成本较高的根本原因是污泥热值较低。污水收集系统不完善, 雨污分流不彻底、污水有机物浓度低, 泥砂含量高都会造成这一结果。本文以深圳市上洋污泥处理厂为分析对象, 结

合项目未来运行外部条件, 对污泥的直接运行成本进行探讨, 为国内同类项目的建设决策提供参考。

1 上洋污泥焚烧厂基本情况

1.1 工艺流程

深圳上洋污泥焚烧厂日处理规模为 800 t 脱水污泥(80%含水率), 污泥设计热值为 2 500 kcal/kg, 波动范围为 2 000~2 750 kcal/kg, 主要污泥设计参数如表 1 所示。

表 1 污泥设计参数

参数	数值		
	平均值	最小值	最大值
固体可燃质含量/%	58.31	50.64	65.98
灰分/%	41.69	34.02	49.36
低位热值(干基) /kJ/kgDS(kcal/kgDS)	10 457 (2 498)	8 380 (2 002)	11 523 (2 752)

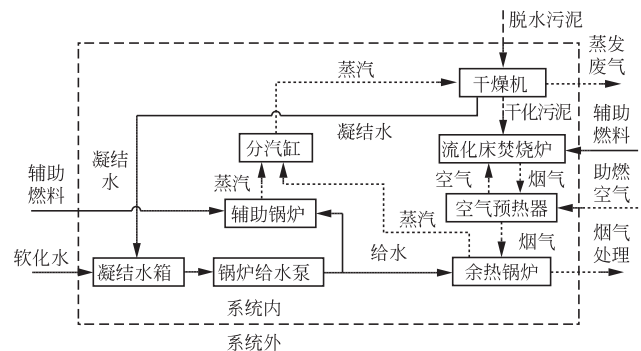


图 1 污泥焚烧工艺流程

上洋污泥焚烧厂工艺流程见图 1, 流程简要描述如下:

(1) 运载污泥的运输车经地磅称重后进入污泥卸料区, 首先进入污泥卸料间将污泥倾倒入污泥接

收仓中,然后污泥通过安装于接收仓底部的破拱滑架及卸料螺旋将污泥送入污泥柱塞泵喂料螺旋,柱塞泵将污泥泵至湿泥储仓。湿泥储仓底部安装有破拱滑架及卸料螺旋,将污泥送入污泥螺杆泵,由其泵送至污泥干燥机。

(2) 干燥机采用薄层干燥机。干燥机采用间接加热形式,加热工质为 0.9 MPa, 175 °C 的饱和蒸汽。蒸汽源自余热锅炉,不足部分由燃气辅助锅炉补充。污泥干燥机将湿污泥干燥至一定含固率后,半干污泥由柱塞泵输送至污泥焚烧炉焚烧处理。

(3) 焚烧炉采用鼓泡床焚烧炉,较之多膛炉热效率更高^[3]。供风来自流化风机、除臭风机在污泥接收仓及湿泥储仓内抽取的空气。空气经空气预热器,可被焚烧炉产生的高温烟气最高加热至 650 °C,接至焚烧炉内参与燃烧。焚烧炉配套 SNCR 尿素投加系统,控制焚烧过程氮氧化物(NO_x)的产生。

(4) 经空气预热器与空气换热后的高温烟气进入余热锅炉,实现系统热效率最大化^[4]。余热锅炉采用立式火管锅炉,每台锅炉蒸发量为 5 t/h,蒸汽参数 0.9 MPa, 175 °C。余热锅炉产生蒸汽作为加热工质进入干燥机。锅炉补水由软水系统供应。干化系统不足的蒸汽量由燃气辅助锅炉补充。

(5) 余热被回收后的烟气采用旋风除尘+急冷器+布袋除尘器+湿式洗涤塔的工艺处理达标后排放。

1.2 系统组成

本项目的主要系统是围绕污泥处理的主体工艺流程进行设计和完善,因此工艺流程从主次上分类可以将各个系统分为主体工艺系统、辅助生产系统及厂区给排水系统。主体工艺系统主要包括:污泥接收及储存系统、污泥干化系统、污泥焚烧系统、余热回收系统、烟气处理系统、灰渣处理系统、除臭系统等。辅助生产系统主要包括:辅助锅炉系统、生产加药系统、压缩空气系统、起吊设备等。厂区给排水系统主要包括:给水系统(含生产给水系统、消防给水系统)及排水系统等。

2 污泥焚烧运行消耗

干化焚烧工艺的运行消耗主要包括:电耗、水耗、辅助燃料消耗、药耗、灰渣处理及运输填埋等。

其中对总处理成本影响最大的是辅助燃料费用,而决定燃料费高低的是燃料类型和污泥热值,上洋项目辅助燃料采用天然气。

2.1 天然气消耗

图 2 为上洋项目系统热平衡计算后得出的污泥热值与天然气消耗量的关系。

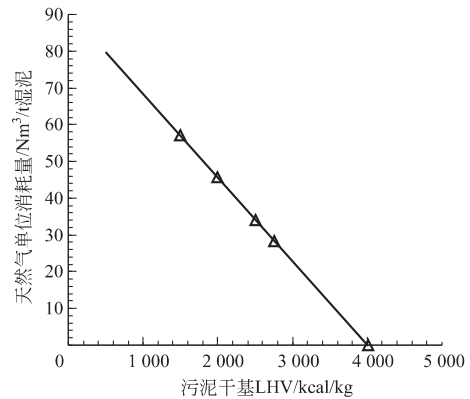


图 2 污泥热值与系统天然气消耗量的关系

当污泥热值为 2 000 kcal/kg 时,吨湿泥(80%含水率)的天然气消耗量为 46 Nm³。系统不需添加任何辅助燃料的污泥干基热值约为 4 000 kcal/kgDS,其有机分含量需达到 77.5%,这一热值条件对于我国大多数污水处理厂来说都是较难达到的。根据国内同类研究,37 个城市污泥样品的干基热值的变化范围为 1 398~4 617 kcal/kg,均值为 2 834 kcal/kg^[5]。因此污泥焚烧通常需添加辅助燃料。

2.2 电耗

全厂用电负荷计算如表 2 所示,全厂设备中用电负荷较大的设备主要有:污泥给料系统液压站、污泥干化系统干燥机、焚烧炉流化风机、烟气处理系统引风机以及冷却水系统的再生水泵等。

表 2 全厂用电负荷计算结果

项目	容量		计算负荷		
	装机容量 /kW	运行容量 /kW	有功 /kW	无功 /kvar	视在 /kVA
0.4 kV 设备	5 875.41	5 566.18	4 552.52	1 499.59	4 793.14
10 kV 设备	660.00	440.00	430.00	266.49	
全厂负荷总计	6 535.41	6 006.18	4 982.52	1 766.08	5 286.26

2.3 药耗

污泥焚烧需要使用药剂的工艺单元主要包括辅助锅炉系统及烟气处理系统。锅炉系统投加除氧

表3 污泥焚烧成本计算结果

项目	单价	热值 2 000 kcal/kg 工况		热值 2 750 kcal/kg 工况		
		单位消耗量	成本/元/t	单位消耗量	成本/元/t	
自来水水费	3.7 元/m ³	63 m ³ /h	6.99	63 m ³ /h	6.99	
废水排放费	1.05 元/m ³	825 m ³ /h	25.99	620 m ³ /h	19.53	
电费	0.8 元/(kW·h)	5 000 kW·h/h	120.00	5 000 kW·h/h	120.00	
天然气费	4.8 元/Nm ³	1 680 Nm ³ /h	241.92	946 Nm ³ /h	136.24	
化学药品	锅炉药剂费	8 000 元/t	6 kg/h	1.44	6 kg/h	1.44
	NaOH(20%)	1 200 元/t	550 kg/h	19.80	1 200 kg/h	43.20
	粉末活性炭	6 000 元/t	8 kg/h	1.44	8 kg/h	1.44
	尿素(90%)	2 100 元/t	17 kg/h	1.07	21.5 kg/h	1.35
	次氯酸钠	1 500 元/t	9.7 kg/h	0.44	9.7 kg/h	0.44
	硫酸	680 元/t	14.7 kg/h	0.30	14.7 kg/h	0.30
	砂	750 元/t	52 kg/h	1.17	52 kg/h	1.17
渣运输费	100 元/t	68.2 t/d	8.53	45.8 t/d	5.73	
渣填埋费	80 元/t	68.2 t/d	6.82	45.8 t/d	4.58	
飞灰运输费	100 元/t	25.7 t/d	3.21	17.3 t/d	2.16	
飞灰处置及填埋费	1 500 元/t	25.7 t/d	48.19	17.3 t/d	32.44	
工资福利费	82 710 元/(人·a)	88 人	28.43		28.43	
维护费*			68.36		68.36	
直接成本			584.09		473.80	

注：* 按照固定资产投资的 3.5% 计算。

剂、阻垢剂和缓蚀剂等。烟气处理系统投加粉末活性炭吸附重金属及二恶英,投加 NaOH 脱硫,投加尿素控制 NO_x 的产生。其中 NaOH 的药剂费用占整体药耗的比例最大,其用量由污泥的含硫量和含氮量决定。

3 运行成本分析

深圳市上洋污泥焚烧项目工程建设费用约为人民币 48 000 万元,其各项成本构成如表 3 所示。

从表 3 可以看出,成本构成中能源消耗(电力、天然气)占总成本的 54%~62%,其次为修理维护费用占比 10%~15%,烟气处理费用占 5%~10%,灰渣处置费用占 10%(灰按照危废处理),废水处理费用占 4%~5%。

4 结论和建议

我国各地能源价格,尤其是天然气价格差异较大,在对各类污泥处理工艺进行经济比较时需要重点关注。污泥焚烧工艺的投资和成本均较为昂贵,这是限制其在我国应用推广的重要原因。作为污泥处理处置技术之一,其存在为决策者和工程师

提供了比较和选择的余地,选用与否取决于污泥处理最终产物的消纳条件、政府部门的管理要求、投资者的经济条件和当地的能源物价水平。研究其他替代辅助燃料是降低污泥焚烧处理成本的有效途径,我国各地应结合自身能源条件考虑。

参考文献

- 1 刘洪涛,陈同斌,杭世珺,等.不同污泥处理与处置工艺的碳排放分析,中国给水排水,2010,26(17):106~108
- 2 U S EPA. Process design manual sludge treatment and disposal. 1979
- 3 WEF. Sludge incineration, manual of practice no. OM-11, Water Environment Federation, Alexandria, VA., 1992
- 4 李佳,陈畅.流化床焚烧炉技术与应用.中国给水与排水,2009,25(14):56~58
- 5 蔡璐,陈同斌,高定,等.中国大中型城市的城市污泥热值分析.中国给水排水,2010,26(15):106~108

& E-mail:keven1026@163.com

收稿日期:2014-05-30