

# 大型污泥脱水干化焚烧工程节水研究

周 斌<sup>1</sup>,汪芸芸<sup>2</sup>,林莉峰<sup>2</sup>,张冬凌<sup>2</sup>

[1.上海城投污水处理有限公司,上海市 201203; 2.上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海市 200092]

**摘 要:**以上海市某大型污泥脱水干化焚烧工程为例,研究污泥脱水干化焚烧系统运行时的水资源消耗情况。通过对各用水点水量和水质的分析,研究通过水源替代、循环使用、循序使用等措施来减少自来水使用量,提高水资源利用率。

**关键词:**污泥处理;节水;水源替代;循环使用;循序使用

**中图分类号:** X24

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-7716(2023)06-0144-03

## 0 引言

城镇污泥含有大量有机质、重金属、病原菌、寄生虫(卵)等污染物,如不妥善处置将成为环境污染的一项重大隐患。相对于其他处置方式,污泥焚烧具有处理速度快、处理量大、占地面积小等优点,可以达到最为彻底的减量化、稳定化和无害化目的。同时,污泥焚烧后产生的热量以及性能稳定的残渣可进一步回收利用,从而达到污泥资源化的目的<sup>[1-2]</sup>。

污泥焚烧属于热处理工程,对水资源的消耗比较大。本文以上海市某大型污泥焚烧工程为例,分析系统正常运行时的水资源消耗情况,在此基础上研究节水措施,以期同类工程水资源综合利用和节能降耗提供借鉴。

## 1 工艺简介

该工程采用“离心脱水+流化床干化+流化床焚烧+烟气处理”工艺。污泥(绝干污泥)处理规模486 tDS/d,共设6条焚烧处理线,每条焚烧线设计处理能力不低于100 tDS/d。污泥处理总体工艺流程见图1。

污水处理后,得到含水率为98.6%的稀污泥,再将其离心脱水至含水率80%以下。离心脱水后的滤液返回污水处理厂处理,脱水污泥则通过螺杆泵输送至干化机和焚烧炉前湿污泥料仓,再经螺杆泵输送至干燥机和焚烧炉内。

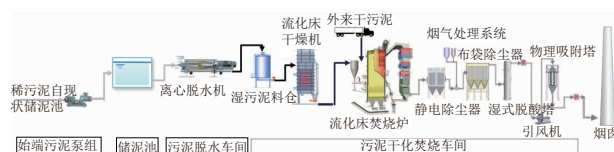


图1 污泥处理总体工艺流程图

干化机内的蒸汽盘管提供湿污泥干化热能,湿污泥在流化状态下,与蒸汽管束充分换热并蒸发水分,最终形成干污泥颗粒。干化后的污泥通过卸料阀进入干污泥冷却螺旋进行冷却,然后通过给料机送入流化床焚烧炉,被砂层托起翻浪并被迅速加热焚烧。污泥焚烧产生的高温烟气与锅炉水换热后生成蒸汽,蒸汽再送回干化系统用于污泥的干化。为保证高温烟气热量的充分利用,高温烟气经空预器、省煤器等单元与空气和给水换热后进入烟气处理单元。

烟气依次经过静电除尘器、干式反应器、布袋除尘器、湿式脱酸塔、烟气再热器,选择性通过物理吸附装置后经过引风机,处理达标后通过烟囱排入大气。

## 2 系统水耗分析

该工程采用单元化配置,每个单元包括5台脱水机、3台干化机、2台焚烧炉及烟气处理系统、公辅系统等,每单元设计污泥处理能力为200 tDS/d。

试运行期间,自来水耗量较大,每个单元平均水耗在150 m<sup>3</sup>/h以上。由于污水厂位于城市自来水管网末端,经常发生水压不稳、供水不足等问题。焚烧工程对水源供应的稳定性要求高,供水问题对项目的稳定运行造成了潜在的安全风险。

本工程脱水、干化、焚烧和烟气处理、公辅系统设计水耗详细分析如下。

### 2.1 脱水系统

脱水系统水消耗主要为絮凝剂制备用水。絮凝剂

收稿日期: 2022-08-30

基金项目: 上海市科委科研项目(21230731100)

作者简介: 周斌(1982—),男,学士,工程师,从事污水和污泥运行管理工作。

PAM(阳离子聚丙烯酰胺)溶液用于将颗粒物快速地结成体积较大的絮团,便于污泥的泥水分离。PAM固体在制备装置中与自来水混合,制成浓度为4‰的药剂,再经自来水在线混合稀释为浓度1‰,进入离心脱水机。每个单元按照200 tDS/d处理量,药剂耗水量约为41.6 m<sup>3</sup>/h,其中药剂制备用水10.4 m<sup>3</sup>/h、药剂稀释用水31.2 m<sup>3</sup>/h。该部分水与稀污泥混合脱水后进入脱水滤液回到污水处理厂处理。

## 2.2 干化系统

干化系统水消耗主要包括干化载气洗涤冷凝用水、干污泥冷却用水和水泵机封用水等。污泥干化后的载气通过洗涤和冷凝去除水分、颗粒物和溶于水的污染物。为防止结垢,本工程采用软化水和自来水按照一定比例混合后作为洗涤水补充水源,洗涤水经过滤、冷却后循环使用,部分水排放至污水管网进入污水处理厂处理。洗涤用水补水量约为27 m<sup>3</sup>/h。

流化床干化机出泥温度约为85℃,为防止输送设备外表面温度超过50℃,造成人员烫伤,采用冷却螺旋对干化机出泥进行冷却,冷却用水水量约为30 m<sup>3</sup>/h。

干化系统冷凝循环泵、废水排放泵、蒸汽凝结水泵等为机械密封,并采用自来水进行冷却。每个单元干化水泵机封水用量约为6 m<sup>3</sup>/h。

## 2.3 焚烧系统

锅炉补水采用“预处理+软水系统+RO反渗透+电除盐EDI”组合式处理工艺,出水水质满足《工业锅炉水质》(GB/T 1576—2018)要求。每个单元配置2条制水线,总进水水量24 m<sup>3</sup>/h,除盐水产水量为18 m<sup>3</sup>/h,反渗透和电除盐工序废水产水量分别为4 m<sup>3</sup>/h和2 m<sup>3</sup>/h。

焚烧炉二/三通道底部产生的飞灰温度较高,采用灰冷螺旋进行冷却后进入飞灰输送系统输送。为防止水冷过程中结垢,采用软化水和自来水混合后作为冷却水源。每个单元的灰冷螺旋冷却用水水量约为3 m<sup>3</sup>/h。

湿式脱酸塔采用碱性溶液循环洗涤含酸性气体烟气,浆液循环泵采用机械密封,每个单元机封水用量约为7 m<sup>3</sup>/h。

## 2.4 公辅系统

冷却塔用于冷却干化冷凝废水、烟气洗涤废水等。冷却塔采用软化水和自来水按照一定比例混合后作为补给水源,补水水量约为15 m<sup>3</sup>/h。

其他用水点如焚烧飞灰湿式卸料加湿用水、

SNCR用水、洗眼器用水、锅炉排污及排污冷却用水等,因其用水量不固定,暂按1 m<sup>3</sup>/h考虑。

## 2.5 水平衡及排水水质

综合上述分析,各用水点自来水耗量以及对应的排水水质情况见表1。

表1 各用水点水耗统计 单位:m<sup>3</sup>/h

| 系统      | 用途      | 耗水量   | 水量    | 排水水质         |
|---------|---------|-------|-------|--------------|
| 脱水系统    | 药剂制备    | 10.4  | >41.6 | 脱水上清液,污染较为严重 |
|         | 在线稀释    | 31.2  |       |              |
| 干化系统    | 载气洗涤    | 27.0  | >27.0 | 洗涤塔排污,污染较为严重 |
|         | 干污泥水冷螺旋 | 30.0  | 30.0  | 仅水温升高        |
|         | 水泵机封冷却  | 6.0   | 6.0   | 仅水温升高        |
| 焚烧系统    | 水处理系统   | 24.0  | 6.0×4 | 冲洗废水,水质低于自来水 |
|         | 灰冷螺旋    | 3.0   | 3.0   | 仅水温升高        |
|         | 水泵机封冷却  | 7.0   | 7.0   | 仅水温升高        |
| 公辅系统和其他 | 冷却塔补水   | 15.0  |       | 冷却塔排污,盐分较高   |
|         | 其他      | 1.0   | 1.0   | 水质复杂         |
| 总计      |         | 154.6 |       |              |

由表1可知,脱水药剂稀释、干污泥水冷螺旋、干化载气洗涤的自来水耗量最大,分别占总用水量的20.18%、19.40%、17.46%。

## 3 节水研究

综合上述各用水点、排水点水量水质分析,拟研究通过水源替代、循环使用、循序使用等措施,减少自来水消耗。

### 3.1 水源替代

本工程位于污水处理厂内部,有着丰富的尾水资源可供利用,可尝试通过水源替代来减少自来水的消耗。尾水水质分析和《城市污水再生利用工业用水水质》(GB/T 19923—2005)要求见表2。表2中的pH值、COD、BOD<sub>5</sub>和SS分别表示酸碱度、化学耗氧量、5日化学需氧量和固体悬浮物量。

表2 尾水水质分析

| 检测项目                                    | 检测数据 | GB/T 19923—2005 |         |
|---|------|-----------------|---------|
|   |      | 直流冷却水           | 洗涤用水    |
| pH值                                     | 7.06 | 6.5~9.0         | 6.5~9.0 |
| COD/(mg·L <sup>-1</sup> )               | 23.0 |                 |         |
| BOD <sub>5</sub> /(mg·L <sup>-1</sup> ) | 9.0  | ≤30             | ≤30     |
| 硫酸盐/(mg·L <sup>-1</sup> )               | 91.4 | ≤600            | ≤250    |
| SS/(mg·L <sup>-1</sup> )                | 23.0 | ≤30             | ≤30     |
| 硬度/(mg·L <sup>-1</sup> )                | 1.98 | ≤450            | ≤450    |

由表2可知,尾水水质满足直流冷却用水和洗涤用水要求。本工程脱水系统药剂稀释用水、干化载气洗涤补水等水质要求不高的用水点,可采用污水厂尾水作为水源,则对应可节约自来水量约58.2 m<sup>3</sup>/h。

### 3.2 循环使用

经过某工序或过程后得到的废水,经回收处理后仍做原用,称作循环使用。本工程干污泥冷却螺旋排水、水泵机封冷却排水、灰冷螺旋排水仅水温上升,原水未受到污染,水质未发生改变,可以收集冷却后重新回到各自来水用水点,作为冷却塔补水等水源,则对应可节约自来水量约46.0 m<sup>3</sup>/h。

### 3.3 循序使用

经过某工序或过程后得到的废水用于水质要求较低的其他工序,称作循序使用。本工程锅炉水处理系统废水、锅炉排污废水、冷却塔排污废水等部分废水污染程度较轻,可作为脱水系统药剂制备用水水

源,则对应可节约自来水量不少于6.0 m<sup>3</sup>/h。

## 4 结 语

(1)通过对各系统用水、排水点水量和水质分析,系统和生产进行优化后,每个单元理论节约用水量约110 m<sup>3</sup>/h。以全厂日常2个单元生产线运行,每天可以节约用水5 280 m<sup>3</sup>,全年节约192.72万 m<sup>3</sup>。

(2)污泥脱水干化焚烧工程自来水消耗量较大,尤其是脱水药剂稀释、干污泥冷却、干化载气洗涤等环节。各用水环节的源水和排水水质不同,可通过水源替代、循环使用和循序使用等方式,节约自来水消耗,节能减排。

#### 参考文献:

- [1] 顾杨,王丽花.现代污泥处理厂建设设计、运营与管理[M].北京:化学工业出版社,2019.
- [2] 王志国,蓝梅,刘晓琳.污泥焚烧技术研究[J].环境保护工程,2016(4):148-149.

\*\*\*\*\*  
(上接第130页)

洪排涝规划,考虑雨水、污水和山洪水的有序排放。新区原则上采用“雨、洪、污”分流的排水体制,最终分别排入水系。雨水管道设计采用暴雨强度公式进行计算,泄洪通道设计采用公路科学研究所经验公式进行计算。

(2)针对特殊地形的山地城市,应通过选择合适的管材,设置相应的排水附属构筑物控制最大流速、减少山体泥沙进入管道等措施,对排水管道进行保护,延长管道使用寿命。

(3)管线穿越现状冲沟、河道时,需要统筹考虑

道路、桥涵、管线、现状冲沟、河道之间的关系,根据工程的地质情况、地形条件、过河管径、河底高程、常水位、洪水位等情况,确定管道穿越冲沟、河道的方案,提高管道穿越冲沟、河道的安全可靠性和

#### 参考文献:

- [1] 邓科.山地城市排水综合利用方案设计[J].中国给水排水,2014,30(6):42-44.
- [2] GB 50014—2021,室外排水设计标准[S].
- [3] 王国宪.山区排水管道的设计流速探讨[J].中国给水排水,2004,20(10):58-60.