

集约化低温真空干化技术在嘉定某污水处理厂的应用

王首都

(上海市政工程设计研究总院 <集团> 有限公司, 上海 200092)

摘要: 低温真空脱水干化成套技术是一种新型污泥半干化技术。该技术将污泥的脱水、压滤与热干化等工序合成一体,在同一设备上连续完成。含水率为 90% ~ 99% 的物料经一次工艺处理后,其含水率降至 30% 以下。嘉定某污水处理厂污泥处理采用低温真空脱水干化成套技术,设计规模为 100 t/d(污泥含水率为 80%),处理后污泥含水率 < 30%,可作建材利用或与生活垃圾焚烧。介绍了污泥低温真空脱水干化的原理、工艺流程、系统组成、设计及运行成本等。

关键词: 污泥处理; 污泥半干化; 低温真空脱水干化技术

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2019)22-0091-05

Application of Intensive Low-temperature Vacuum Dewatering and Drying Technology in a Sewage Treatment Plant in Jiading

WANG Shou-du

(Shanghai Municipal Engineering Design and Research Institute <Group> Co. Ltd., Shanghai 200092, China)

Abstract: Low-temperature vacuum dewatering and drying technology is a new type of sludge semi-drying technology. The technology integrates the steps of dewatering, pressure filtration and heat drying of sludge, and completes them continuously on the same equipment. The material moisture content of 90% - 99% is reduced to less than 30% after one cycle. The low-temperature vacuum dewatering and drying technology was adopted in a sewage treatment plant in Jiading with the sludge treatment design capacity of 100 t/d when the sludge moisture content was 80%. After treatment, the sludge water content was less than 30% and could be used for building materials or incinerated together with domestic garbage. The principle, process flow, system composition, design and operation cost of sludge low-temperature vacuum dewatering and drying was elaborated.

Key words: sludge treatment; sludge semi-drying; low-temperature vacuum dewatering and drying technology

1 概述

目前,我国城市污泥的出路问题十分突出。据统计,一些发达国家的污泥处置成本占污水处理厂总成本的 20% ~ 60%,有的甚至达到 65%^[1]。原始污泥含水率一般为 96% ~ 99.8%,经过机械脱水后含水率降到 80% 以下,进一步脱水比较困难,需要进行污泥干化处理。根据最终目标污泥含水率的不同,干化可分为“半干化”和“全干化”,半干化污泥

含水率为 30% ~ 50%,全干化污泥含水率 < 30%^[2]。其中,低温真空干化是热水干化 - 全干化的典型代表^[3],已经在嘉定某污水处理厂得到成功应用。

该污水处理厂于 2006 年投入运行,二期扩建完成后处理规模达到 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。采用多点进水 A/A/O 处理工艺,而深度处理采用高效沉淀池 + 深床滤池 + 紫外消毒池工艺,出水水质优于一级 A 标

准。现状一期污泥采用浓缩脱水后外运,实际产泥量约为 38 t/d(含水率为 80%)。二期扩建工程完成后,污泥量增至 100 t/d(含水率为 80%),已无出路。基于此,需建设污泥处理设施,含污泥干化车间、污泥泵房及变电所等,近期处理规模为 100 t/d(含水率为 80%),远期处理规模为 150 t/d(含水率为 80%)。污泥处理采用低温真空脱水干化成套技术,进泥含水率为 95%~98%,出泥含水率 < 30%。该工程已于 2017 年 7 月竣工,至今已经稳定运行近 2 年。

2 污泥低温真空干化技术

2.1 工作原理

经调质后的污泥由泵送入脱水干化系统,同时在线投加絮凝剂,利用泵压使滤液通过过滤介质排出,完成液固分离。在入料初期,滤布上的滤饼层较薄,过滤阻力小,因此入料量很大。随着过滤的进行,滤饼逐渐增厚,滤饼的空隙率则相对减少,导致过滤阻力增加,入料量随之减少,当物料充满滤室时,进料过滤期结束。

在密实成饼阶段,通过隔膜板内的高压水产生压榨力,破坏了物料颗粒间形成的“拱桥”,使滤饼压密,将残留在颗粒空隙间的滤液挤出;滤饼中的毛细水则利用压缩空气强气流吹扫进行穿流置换,使滤饼中的毛细水进一步排出。

低温真空脱水干化成套技术增加了真空干化功

能,即在隔膜压滤结束后,向加热板和隔膜板中通入热水,加热腔室中的滤饼,同时开启真空泵抽真空,使腔室内部形成负压,降低水的沸点。滤饼中的水分随之沸腾气化,被真空泵抽出的气水混合物经过冷凝器气水分离后,液态水定期排放,尾气经净化处理后排放。

污泥经进料过滤、隔膜压滤以及真空热干化等过程处理后,滤饼中的水分已得到充分的脱除。脱水干化过程中污泥含水率变化如图 1 所示。

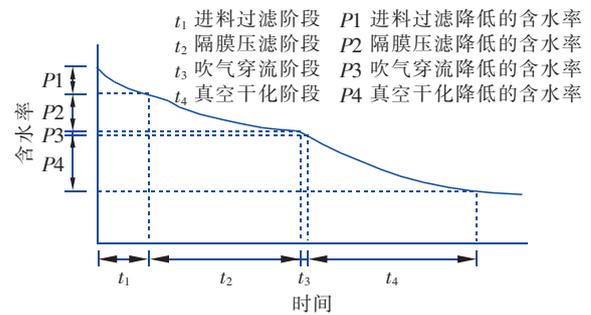


图 1 脱水干化过程中污泥含水率变化

Fig. 1 Variation of water content in sludge during dewatering and drying

经过上述各阶段的脱水干化,污泥的含水率可降至 30% 以下,基本达到了污泥减量化和无害化的要求。

2.2 工艺流程

低温真空脱水干化成套工艺流程见图 2。

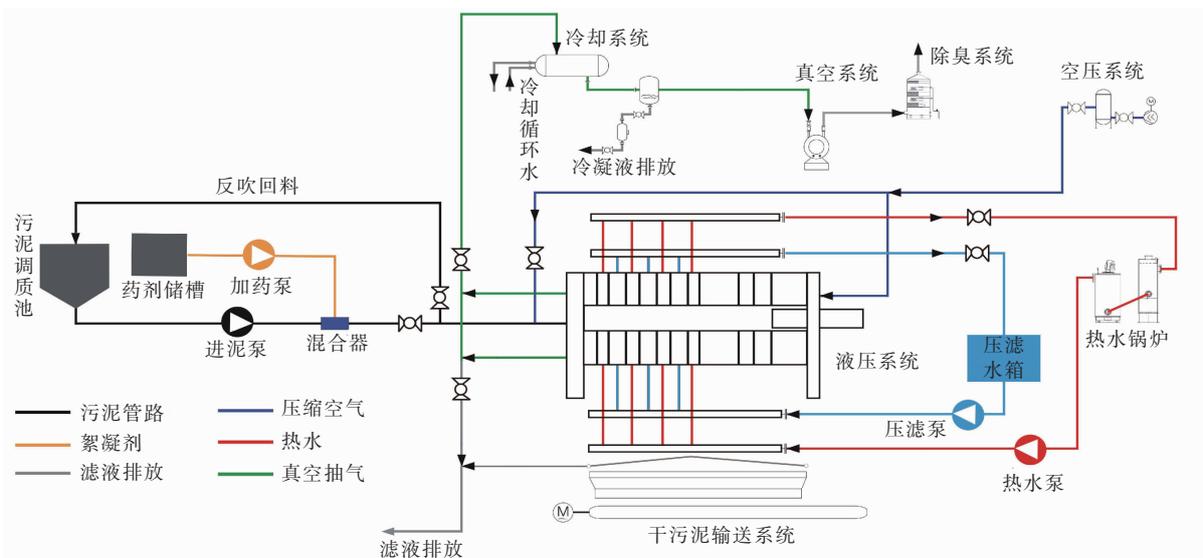


图 2 低温真空脱水干化成套工艺流程

Fig. 2 Flow chart of low-temperature vacuum dewatering and drying technology

2.3 系统组成

低温真空脱水干化成套设备主要由污泥调质系统、机体系统、液压系统、进料系统、压滤系统、加热系统、真空系统、卸料系统、空压系统、除臭系统、电控系统等组成。与传统的板框隔膜压滤系统(投加石灰、铁盐)不同,该系统采用了不同的调理剂(投加PAM、PAC),并增加了加热循环系统、真空系统等。

① 污泥调质系统

将污水处理厂含水率为95%~98%的污泥输送至污泥调质池。自动配药装置根据污泥性质配制不同浓度的药剂,在污泥调质池内对污泥进行调质、调理,待满足进料要求后通过进料系统送入主体处理设备。

② 加热循环系统

加热循环系统包括常压燃气热水锅炉、热水泵、管道、阀组件等。

在压滤结束后,通过热水泵将90℃热水注入滤板,使其加热面迅速升温,进而加热滤饼,为后续的真空干化提供热源。

③ 真空系统

真空系统包括真空泵、冷凝阀组、管道等。真空

泵用于抽取密闭腔室中的气水混合物,使腔室内形成一定真空度,进而将水的沸点降低。从腔室中抽出的气水混合物经冷凝后排放。

在真空泵形成的负压环境下,主机滤板腔室内污泥中的水沸点降低,并被气化排除,经真空管道进入列管式冷凝器。

该部分负压蒸汽在冷凝器内冷凝,气水混合液进入缓冲罐内进行分离,产生的冷凝水进入集液罐内储存,达到液位后排放。

不凝气体自缓冲罐进入真空泵,送除臭设备处理后达标排放。

冷凝器内的冷却液取自冷却水池,经冷却水循环泵送至冷凝器,经冷凝器换热后的冷却水,回流至冷却水池上部设置的凉水塔,经凉水塔的风扇将热量带到空气中,冷却水则回流至冷却水池。

2.4 物料平衡及热量平衡

系统的物料平衡和热量平衡、环境温度以及出泥含固率密切相关,为了充分覆盖干化系统的各种工况,对进泥含水率为96.5%、出泥含固率为30%~35%进行了物料平衡。

依据污泥量增加情况,增加1套干化系统。运行模式见图3。

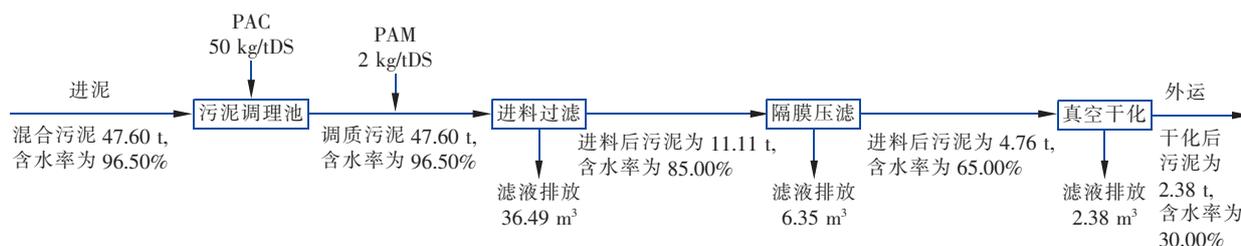


图3 3条线4批次运行物料平衡(规模为100 t/d)

Fig. 3 Material balance for three lines and four batches operation(scale 100 t/d)

依据污泥量增加情况,远期可考虑增加1套干化系统。

运行模式见图4。

1.7 tDS/批次运行的热量平衡见图5。

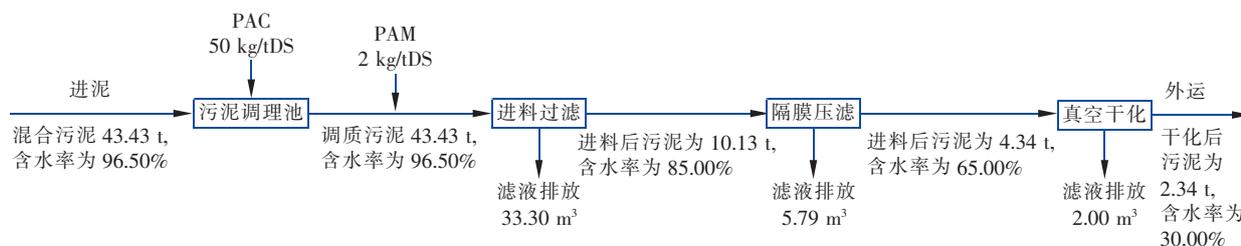


图4 4条线5批次运行物料平衡(规模为152 t/d)

Fig. 4 Material balance for four lines and five batches operation(scale 152 t/d)

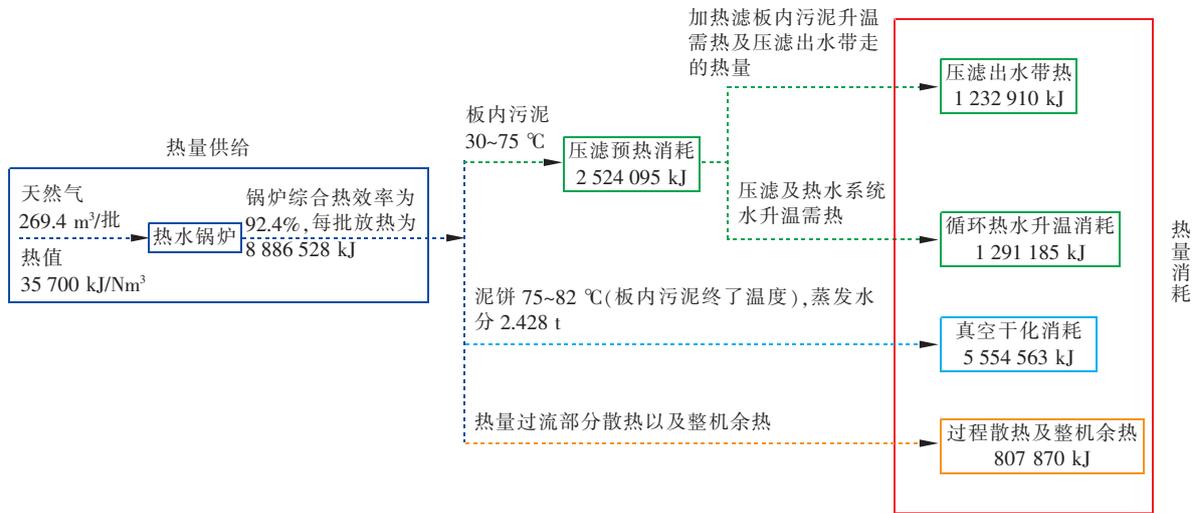


图 5 1.7 tDS/批次 (34 t/d, 4 批次) 运行热量平衡

Fig. 5 Heat balance of 1.7 tDS/batch (34 t/d, 4 batches) operation

3 污泥脱水干化系统设计

建设污泥脱水干化车间 1 座及污泥泵房 1 座, 污泥干化车间包括主体车间、污泥外运以及锅炉房。除臭设备安装在屋面。其中, 污泥干化车间为二层建筑, 高约 16 m。干化车间集锅炉房、加药间、抽真空设施、干化设施、冷凝设施于一体, 整体占地面积仅 864 m², 为污泥处理设施改造升级提供了可能。

污泥低温真空脱水干化系统的土建按 4 套设置, 设备采购 3 套。干化污泥由螺旋输送机输送至污泥车外运处置。3 套系统每天按批次运行, 每天运行 4 批次, 每批次运行 4 ~ 5 h; 当污泥量超过 110 ~ 120 t/d (含水率为 80%), 需要增加 1 套设备, 每天运行 5 批次, 每批次运行 4.5 h。

采用序批式生产模式, 一批次可分为 3 个阶段: 进料过滤、隔膜压滤、真空干化, 另外贯穿整个批次的生产辅助。根据运行时序, 每套系统间隔 0.5 h 按时序运行。

① 进料过滤: 经调质后的污泥, 由进泥泵送入脱水干化主机, 同时在线投加絮凝剂, 利用泵压使滤

液通过过滤介质排出, 完成液固两相分离。进料过滤过程一般为 30 ~ 50 min, 根据主机设备要求最大进料压力控制在 0.9 ~ 1.0 MPa。

② 隔膜压滤: 进泥结束后, 进入隔膜压滤阶段, 开启压滤水泵向脱水干化主机的隔膜板提供 0.9 ~ 1.2 MPa 的压滤压力, 挤压隔膜压出滤饼中的水分。隔膜压滤过程持续约 90 ~ 120 min, 具体在项目调试阶段确定。

③ 真空干化: 隔膜压滤结束后开启真空系统设备, 此时滤饼内的水分不断气化, 经冷凝系统冷凝后收集, 此过程热水及压滤水系统持续对滤饼进行循环供热, 直至将滤饼干化至含水率为 30% 以下干化目标。真空干化阶段持续约 90 ~ 120 min, 具体在项目调试阶段确定。控制热水水温为 85 ~ 90 °C, 真空设计工作压力为 -0.095 ~ -0.075 MPa。

4 运行效果及成本

干化车间主要产生水、电、药剂、天然气消耗。目前, 干化设施已稳定运行近 2 年。根据实际统计数据, 污泥处理的能源消耗见表 1。

表 1 污泥处理的实际能源消耗

Tab. 1 Actual energy consumption of sludge treatment

项 目	药剂	水	电	热源(天然气)	合计
折算为绝干污泥消耗量	1.0 kg/tDS	4.5 m ³ /tDS	220 ~ 240 kW · h/tDS	110 ~ 125 Nm ³ /tDS	—
折算为绝干污泥费用/(元 · t ⁻¹)	33.00	12.50	187.20	533.75	766.45
折算为 80% 含水率物料费用/(元 · t ⁻¹)	6.60	2.5	37.44	106.75	153.29

与其他工艺相比, 该工艺远低于 300 ~ 400 元/t (含水率为 80%) 的处理成本均值。同时, 污泥经干

化后含水量率降至30%左右,可用于建材、路基材料、焚烧等,实现污泥资源化利用。因此,该技术具有一定的经济优势。

5 结论

嘉定某污水处理厂污泥处理采用低温真空脱水干化成套技术,设计规模为100 t/d(污泥含水率为80%),处理后污泥量约为28.6 t/d,污泥含水率为30%,处理成本约153元/t(污泥含水率为80%)。经实际运行2年检验,低温真空脱水干化成套技术占地面积小、自动化程度高、处理成本低,易与后续污泥处置相结合,可实现污泥资源化利用,为污水处理厂升级改造提供一定的参考。

参考文献:

- [1] 马君梅,何智龙. 污水处理厂污泥减量的案例分析[J]. 中国给水排水,2014,30(17):116-119.
Ma Junmei, He Zhilong. Case study on sludge reduction in sewage treatment plant [J]. China Water & Wastewater, 2014, 30(17): 116-119 (in Chinese).
- [2] 蒋建国. 固体废物处理处置与资源化[M]. 2版. 北京:化学工业出版社,2015.
Jiang Jianguo. Solid Waste Disposal and Recycling[M].

2nd ed. Beijing: Chemical Industry Press, 2015 (in Chinese).

- [3] 李洪国,邹君峰,李政,等. 污泥干化技术综述及方案选择[J]. 当代化工,2017,46(6):1186-1189.
Li Hongguo, Zou Junfeng, Li Zheng, et al. Review of sludge drying technologies and scheme selection [J]. Contemporary Chemical Industry, 2017, 46(6): 1186-1189 (in Chinese).



作者简介:王首都(1988-),男,河南许昌人,硕士,工程师,从事给排水设计工作。

E-mail:wangshoudu@smedi.com

收稿日期:2019-03-28

· 信息 ·

新兴铸管公司为湖南平江供水枢纽工程提供优质产品和服务

湖南省岳阳市平江县地处山区,群众用水困难,缺水制约了当地经济的发展。为了彻底解决饮水问题,让老区百万群众喝上“放心水”,平江县委、县政府通过反复调查研究,决定兴建平江供水枢纽工程。

按照“城乡供水一体化、区域供水规模化、工程建管专业化”的思路,以黄金洞水库和尧塘水库为主水源,“放心水”平江供水枢纽分三期,主要用于改善沿线乡、镇、村、组的饮水问题,覆盖136个贫困村23.6万人,供水范围覆盖长寿、龙门、木金、加义、三市等12个乡镇,受益人口可达40.6万人。目前一、二期工程已经完工。

新兴铸管公司凭借高质量的产品、良好的信誉和周到的服务,在平江供水枢纽一、二期工程建设中脱颖而出,得到专家组、设计单位和业主方的一致认可,成为该工程的首选供货商。在一、二期工程中,供应DN1 000、DN1 200球墨铸铁管近70 km,26 000余吨,供货总额达1.3亿元。在接下来的平江供水枢纽三期工程中,公司将继续提供优质的产品和服务,为平江县的城市建设添砖加瓦,为平江人民的幸福生活增添助力。

(李书锰 供稿)