

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2023.05.061

污泥电解脱水技术在上海某水质净化厂的应用

张辉鹏

[上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘要: 污泥电解脱水技术作为一种环境友好的技术,在提升污泥脱水效率、实现剩余污泥减量化具有一定优势。基于上海某水质净化厂污泥电解脱水应用案例,介绍污泥电解脱水设备设计及运行参数、运行情况。与传统板框压滤脱水工艺和热干化工艺进行经济比较,运行能耗降低44%~56.7%,占地面积节约30%以上,运行管理更加便利。

关键词: 污泥处理;电解脱水;能耗分析

中图分类号: X703

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)05-0240-02

0 引言

随着我国污水处理设施建设的高速发展,随之产生的大量剩余污泥的处理处置问题,引起市政行业的广泛关注。据统计,截至2020年,我国城市和县城已建污水处理厂4326座,年处理污水总量达645亿 m^3 ,绝干污泥产量达到1333万t,折合含水率80%的脱水污泥6663万 $t^{[1]}$ 。虽然大部分污水处理厂经过污泥浓缩脱水达到了一定程度的减容,但传统污泥处理处置技术尚处于较低水平^[2,3]。污泥处理过程中会消耗大量的药剂和能源,而投加大量石灰、三氯化铁调理剂不仅使污泥干质实际上大幅度增加,还直接影响后续处理^[4]。因此,在碳中和背景下,实现脱水降低能耗、降低药剂投加量以及资源化利用等研究具有重要意义^[5]。

污泥中的水分为间隙水(自由水)、吸附水、毛细结合水和内部结合水^[6]。传统的机械脱水仅能脱出部分间隙水,将污泥含水率降低至80%左右^[7]。电解脱水作为一种环境友好的技术,通过在传统的机械脱水基础上添加电场力对污泥进行深度脱水。该工艺一方面提高了污泥脱水效率,另一方面,电解过程无需添加药剂,利于污泥后续资源化处置。

本研究以上海某水质净化厂污泥深度脱水改造为工程案例,详细介绍污泥电解脱水工程设计方案及运行情况,为同类工程实践提供参考。

1 污泥电解脱水技术原理

污泥电解脱水主要发生电渗、电泳、电迁移和电化学反应四种电化学现象^[7]。污泥颗粒大部分携带负电荷,在电场力的作用下,带负电的污泥颗粒从阴极板向阳极板迁移,而阳离子携带水分从阳极板向阴极板移动。在电解作用下,污泥细胞内部产生高压,细胞破碎后细胞水流出,以提高脱水效率^[8]。结合适当的机械挤压,污泥中的水分通过阴极设置的格栅板脱除,从而实现更加高效的泥水分离。

在电场力的作用下,污泥中不同类型有机物分别发生各自的反应,大分子有机物断链转化为小分子有机物,小分子有机物进一步实现分解。相比常规机械脱水,污泥电解脱水技术可以实现以下功能^[8]:(1)杀灭多种细菌,破坏污泥表面的毛细结构,析出毛细水;(2)破坏污泥中活细胞,析出颗粒间吸附水和内部水;(3)电场作用下实现大分子有机物分解,提升污泥营养价值。电解脱水机构造示意图如图1所示。

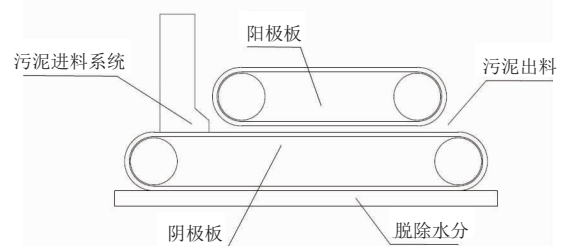


图1 电解脱水机构造示意图

从技术原理的角度,利用电解脱水技术实现污泥深度脱水,相较传统机械脱水技术具备以下优势:(1)污泥脱水效率进一步增加,可以实现污泥脱水含水率

收稿日期: 2022-08-23

作者简介: 张辉鹏(1991—),男,工学硕士,工程师,从事城镇污水处理设计等方面工作。

降低至 60% 以下; (2) 脱水过程不添加任何药剂, 进一步减量低碳; (3) 电化学作为最清洁的化学反应, 更利于污泥后续资源化利用; (4) 电化学反应过程对污泥系统进行预加热, 有利于后续进一步干化处理; (5) 电解脱水过程破坏污泥中活细胞, 析出颗粒间吸附水和内部水, 实现更加高效的泥水分离。

2 污泥脱水技术工程案例

2.1 工程概况

本项目为改造工程, 利用水质净化厂原脱水机房改造, 实现剩余污泥含水率降低至 40% 以下外运处置。该工程污泥脱水设计处理规模为 10 t/d (绝干泥), 折合含水率 80% 的脱水污泥处理规模为 50 t/d。考虑污泥处理目标为实现含水率降低至 40% 以下, 本工程拟设置三级脱水干化工艺, 如图 2 所示。



图 2 污泥脱水工艺路线图

其中, 污泥电解脱水技术作为中间段处理工艺, 处理目标为将机械脱水后 75% 左右含水率污泥, 经电解脱水降低至 55% 左右含水率, 输送至后续低温干化段进行深度脱水干化后, 外运处置。

经前期调研, 该水质净化厂改造前, 经机械脱水污泥 (含水率 80% 左右) 的主要性质见表 1。

表 1 水质净化厂污泥主要指标表

指标	数量
pH/无量纲	7
电导率 / (us·cm ⁻¹)	1 000 左右
温度 / °C	20

2.2 工程设计及运行效果

本工程为水质净化厂改造工程, 为降低改造费用, 本次设计通过对原脱水机房的改造, 实现污泥脱水含水率标准的调整, 不另外新建污泥脱水干化机房。

污泥脱水机房设 2 组污泥脱水设备, 单组设备处理规模为绝干泥 0.3~0.4 t/h, 折合含水率 80% 的脱水污泥处理规模为 1.5~2.0 t/h。设计 2 组设备每天同时运行 14 h。其中污泥电解脱水设备主要将机械脱水后 75% 左右含水率的污泥深度脱水, 将含水率降低至 55% 左右。污泥电解脱水主要配置设备包括: 电解脱水机 2 套 (单套处理规模 0.3~0.4 t/h)、直流电源 2 台, 污泥脱水前后输送通过配套的斗式提升机进行, 脱水机冲洗通过配套多级离心泵实现。

本项目电解段设计停留时间 90 s, 直流电源设

计电压 65~75 V, 实际运行电流 1 500~1 600 A。对连续三天 (2022 年 3 月) 污泥电解脱水设备运行情况进行分析, 设备运行正常, 脱水污泥含水率稳定, 减量化效果显著 (见表 2)。

表 2 污泥电解脱水设备进、出泥含水率指标表

项目	第一天		第二天		第三天	
	进泥	出泥	进泥	出泥	进泥	出泥
污泥含水率	73.6%	55.4%	73.0%	53.8%	74.6%	55.1%
污泥温度 / °C	电解脱水设备进泥温度约 20°C, 电解完成出泥温度约 50~60°C					

经污泥电解脱水设备处理, 出泥含水率能够稳定达到 55% 左右。同时, 从表 2 可以明显看出, 随着电解设备的运行, 脱水污泥的温度得到升高。结合实际运行经验, 电解脱水设备能够在一定程度上降低后续低温干化设备的运行能耗。

2.3 运行碳足迹分析

从实际运行情况来看, 单台污泥电解脱水设备平均处理能力约 1.8 t (80% 含水率污泥) / 小时, 平均小时电耗约 217 kWh, 按平均电费 0.7 元 / (kWh) 计, 运行成本为 84 元 (折算成每吨含水率 80% 污泥)。

根据相关研究^[4], 上海污泥深度脱水应急工程利用板框压滤脱水每吨处理成本约 150 元 (仅计药剂和电费); 热干化工艺与其相比, 同样将 75% 含水率污泥干化至 55% 水率, 需去除水分约 0.36 t, 折算运行成本约 194 元 / t (折算成处理每吨含水率 80% 污泥)。

本项目通过对原脱水机房的改造, 满足污泥脱水要求。污泥脱水机房面积仅 414.64 m², 较传统污泥脱水技术占地面积节约 30% 以上; 设备连续运行, 避免了板框压滤脱水序批式运行造成的管理不便。

因此, 污泥电解脱水技术较常规机械脱水技术和热干化工艺, 在运行成本、占地面积以及运行管理等方面都具有较大优势。

3 结 语

(1) 污泥电解脱水技术作为一种新型污泥深度脱水的技术, 具有设备结构简单、脱水效率高、脱水过程不添加药剂等特点, 更加适用于水质净化厂污泥系统提标改造工程。

(2) 相较传统污泥脱水工艺, 电解脱水过程中不添加药剂, 电解过程发生的电渗、电泳、电迁移和电化学反应, 实现了污泥的减量化和无害化, 更利于污泥后续资源化利用。

(3) 在上海某水质净化厂污泥处理的实际应用

(下转第 247 页)

积土遇水软化对工程的不利影响。

本边坡工程位于广州市黄埔区,该边坡为自然放坡,坡率1:1.25,施工约1a后,发生了滑坡,滑坡后场地见图6。



图6 现状滑坡

经过现场踏勘,滑坡期间主要为雨季,且广州市雨水较大,边坡排水较差,花岗岩残积土长期浸水,导致边坡土体遇水软化,发生了滑坡。

4 结论

通过以上详细分析,可以得出在该场地范围,花岗岩残积土在完全浸水的情况下,很快就出现了软化崩解现象。在实际工程建设中,虽较难出现土体完全浸水的情况,但施工中对土体的扰动也会加快在浸水过程中土体的软化崩解进程,本试验中土体受扰动的两侧切面率先发生软化崩解现象也验证了土体受扰动加快了试样的软化崩解。本文验证了花岗

岩残积土遇水软化崩解的特点,土体可在短时间内浸水破坏,降低土体强度,造成基坑失稳或边坡滑移等工程事故。因此,在实际工程中,如出现较大面积的花岗岩残积土体浸水及扰动情况,要及时采取止水措施,避免造成花岗岩残积土遇水软化崩解,对工程造成不利影响。设计及施工过程中应引起足够重视。

本文试验方法及结论可作为类似工程借鉴参考,在后续的工程实践中,将对花岗岩残积土及全强风化土的遇水易软化崩解的性质做进一步的研究分析,为设计施工提供更充分的理论及实践依据。

参考文献:

[1] 中国科学院《中国自然地理》编辑委员会.中国自然地理地貌[M].北京:科学出版社,1980.152-160.

[2] 侯江波.全风化花岗岩改良土工程特性及其在高速铁路建设中的应用[D].长沙:中南大学,2010.

[3] 胡其志,洪昌伟,刘恒,等.黏粒含量对花岗岩残积土渗透与强度特性的影响[J].长江科学院院报,2020,6(25):64-69.

[4] Branco L P,Gomes A T,Cardoso A S,et al. Natural variability of shear strength in a granite residual soil from porto [J]. Geotechnical and Geological Engineering,2014,32(4):911-922.

[5] 颜波,汤连生,胡辉,等.花岗岩风化土崩岗破坏机理分析[J].水文地质工程地质,2009(6):68-71.

(上接第241页)

中,污泥电解脱水效果稳定。在进泥含水率分别为73.61%、73.04%、74.61%的条件下,出泥含水率能够降到55.41%、53.87%、55.11%。结合长期调试运行数据,出泥含水率稳定。

(4)从运行管理的角度,相比传统板框压滤和热干化工艺,污泥电解脱水技术运行成本较低,为84元/t(折算至80%含水率污泥),具有较高的经济效益,该工艺在运行成本、占地面积以及运行管理等方面都具有较大优势。

参考文献:

[1]中华人民共和国住房和城乡建设部.2020年城乡建设统计年鉴[M].

北京:中华人民共和国住房和城乡建设部,2021.

[2] 戴晓虎.我国城镇污泥处理处置现状及思考[J].给水排水,2012,38(2):1-5.

[3] 韩媚玲,朱芬芬,张荣岩,等.城市污泥两种低温协同干化法的比较研究[J].中国给水排水,2020,36(17):57-61.

[4] 唐建国.污泥深度脱水中的电渗析脱水机简介[J].给水排水,2014,40(11):85-86.

[5] 戴晓虎,张辰,章林伟,等.碳中和背景下污泥处理处置与资源化发展方向思考[J].给水排水,2021,47(3):1-5.

[6] 李洁.电解强化剩余污泥脱水机机理研究[D].南京:南京大学,2018.

[7] 肖君.电解质调理市政污泥电渗透脱水及规律研究[D].武汉:华中科技大学,2017.

[8] 化海洁.电渗析污泥脱水技术在敦煌市污泥处理中的应用[J].给水排水,2015,41(10):34-36.