

某污水处理厂污泥深度脱水工艺的探讨与设计

杨胜鑫, 何嘉辉

[上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司广州分公司, 广东 广州 510070]

摘要:以东莞某污水处理厂污泥深度脱水工艺的选择和设计为例,通过对三种不同污泥处理工艺组合在占地面积、总投资、运行成本等经济技术指标方面的比选,得出三种不同污泥处理工艺组合的适用情况。同时,根据该工程用地和资金紧张的情况,确定该工程污泥处理工艺流程为“储泥池+机械浓缩+药剂调理+超高压板框压滤脱水”,并深化污泥深度脱水工艺设计,将污泥含水率降低至60%以下。其成果可为同类工程设计提供参考。

关键词:污泥深度脱水;经济技术指标;比选;工艺设计

中图分类号: X703

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)03-0129-04

0 引言

《城镇污水处理厂污泥处置 混合填埋用泥质》(GB 23485—2009)要求混合填埋污泥含水率 $<60\%$ 。2020年7月28日,国家发改委和住房城乡建设部印发的《城镇生活污水处理设施补短板强弱项实施方案》,要求没有污水处理厂的县城要尽快建成生活污水处理设施,现有污水处理设施不能满足的城市要加快补齐处理能力缺口。同时对城镇污水厂的污泥处理处置提出了更高的要求,要求限制未经脱水处理达标的污泥在垃圾填埋场填埋,加快压缩污泥填埋规模。伴随着污水处理厂的新(扩)建,必然伴随污泥处理设施的建设和改造,同时污泥需要达到相应的含水率要求才能进行后续处理。目前,我国部分大中城市的污水处理厂污泥处理工艺一般只可将污泥含水率降低至80%左右,未能达到垃圾填埋场的处置要求,面临国家要求压缩污泥填埋规模的要求和日益严峻的环保压力。基于此,如何因地制宜地确定适合的污泥深度脱水工艺,将污泥含水率降低至60%以下显得尤为重要。

以东莞某污水处理厂扩建工程的污泥处理工艺为例,通过分析对比不同污泥深度处理工艺组合的经济技术指标,如:用地面积、总投资、运行成本等,得出三种不同污泥深度处理工艺组合的适用条件;并对该工程确定的污泥深度处理工艺进行设计,以期对其他类似污泥深度脱水工程提供方案选择和设计方面的参考。

1 工程概况

东莞某污水处理厂扩建工程设计规模为5.0万 m^3/d ,总用地面积2.79 hm^2 ,污水处理采用多级AO生物反应池+二沉池+深度处理工艺,干污泥量为7650 kgDs/d ,污泥体积489 m^3/d (含水率约为98.5%),污泥处理采用储泥池+机械浓缩+药剂调理+超高压板框压滤脱水工艺,使污泥含水率降低至小于60%后外运进行统一处理。

2 污泥处理工艺选择

城镇污水处理厂污泥主要是含水率为95%~99.3%的生反池剩余污泥和深度处理产生的化学污泥,具有产量大、含水率高、易腐化等特点。其体积通常是其所含干物质体积的数十倍,不便于运输和储存,因此需要采取有效的措施对污泥进行处理,以便于下一步的处置。如何合理选择污泥处理的工艺流程,确定污泥处理设备,是一个需要慎重考虑的问题。污水处理厂污泥脱水处理通常采用的技术手段有污泥浓缩、调理、脱水、干化、焚烧等。

2.1 储泥

储泥池储存一定的剩余污泥和化学污泥,将二者混合均匀后进行下一步处理。同时,可以消除污泥产量的波动,保证浓缩、脱水装置的正常运行。通常在机械浓缩装置前考虑设置储泥池。

2.2 污泥浓缩

污泥重力浓缩利用污泥自身重力作用进行沉淀,一般可将含水率为99.3%的剩余污泥降低至含水率97%~98%,有储泥能力强、运行稳定、机械故障少、操作要求低等特点。如果污水处理厂用地和投资可控,

收稿日期: 2022-05-22

作者简介: 杨胜鑫(1990—),男,硕士,工程师,从事给排水工程设计工作。

采用重力浓缩是一种较为稳妥的浓缩工艺。缺点是剩余污泥在重力浓缩池内可能会发生厌氧释磷的情况,需将重力浓缩池的污泥水进行处理,回收污泥水中的磷。

机械浓缩的主要方法有带式浓缩、转鼓浓缩和离心浓缩,通过机械力降低污泥的含水率,经机械浓缩后一般可将剩余污泥的含水率从 99.2%~99.8%降低至 94%~96%。

2.3 污泥调理

污泥调理是污泥深度脱水工艺中的重要步骤,调理效果影响脱水污泥含水率的高低。污泥调理常用的调理药剂可分为无机混凝剂和有机絮凝剂两大类。无机絮凝剂有铁盐、铝盐,有机絮凝剂如 PAM 等。有研究表明,应用石灰调质,与铁盐配合使用,在污泥深度脱水中可将污泥含水率降低至 60%以下,但石灰用量大^[1],铁盐、石灰的投加量分别可达干泥量的 8%~12%、20%~25%,增加污泥量,影响污泥的后续处置。PAC、PAM 投加量少,且 PAC 和 PAM 组合投加能显著提高污泥的脱水效果,不会对处理后的污泥量产生较大影响。基于此,该工程考虑采用 PAC+PAM 作为污泥调理的药剂。

2.4 污泥脱水

在城镇污水处理厂污泥处理过程中,污泥脱水是一个关键步骤,目的是进一步降低污泥含水率,对污泥进行减容处理。污泥脱水的主要方法有机械脱水、干化等。目前国内外污水处理厂普遍采用的是机械脱水、“污泥热泵低温干化”、“电渗透脱水+污泥干化”、“低温真空脱水干化成套技术”、“污泥真空干化技术”等技术手段。该工程要求污泥脱水处理后含水率不得大于 60%,考虑采用机械脱水工艺。目前,污水处理厂常用的污泥脱水机械主要有带式压滤机、离心脱水机和板框压滤机等。常规的带式压滤机和离心脱水机这两种脱水机械只能将污泥的含水率降低到 70%~80%^[2],不能满足该工程出泥含水率 $\leq 60\%$ 的要求。该工程考虑采用超高压板框压滤机进行污泥脱水。超高压板框压滤机处理经过药剂调理的污泥,可将泥饼含水率降低到 60%以下,以确保实现该工程出泥含水率的目标。

2.5 污泥处理工艺组合的比选

该工程干污泥产量为 7 650 kgDs/d,污泥体积 489 m³/d(含水率约为 98.5%),污泥处理目标为处理后污泥含水率小于 60%。结合该项目用地紧张、资金紧张的情况,为经济、高效地实现该工程污泥处理目

标,从污泥浓缩、脱水等的工艺选择出发,对三种不同的“污泥浓缩+脱水”工艺组合进行比选,分析其主要技术、经济指标,确定适合该工程的污泥深度处理工艺。此次比选的工艺组合为“重力浓缩+超高压板框压滤脱水”方案、“储泥池+机械浓缩+药剂调理+超高压板框压滤脱水”方案、“重力浓缩+机械浓缩+药剂调理+超高压板框压滤脱水”方案等三种工艺组合,主要从构筑物数量、主要设备数量、设备功率、耗电量、药耗、占地面积、运行成本和总投资等方面进行比较。三种污泥脱水工艺组合的比较见表 1 所列。

重力浓缩效率不如机械浓缩,重力浓缩出泥含水率通常为 98%。机械浓缩出泥含水率可以做到 92~95%,可大大降低后续板框压滤机的处理负荷,且可使超高压板框压滤机的进料污泥含水率比较稳定可控,大大降低系统运行时间。该工程若采用机械浓缩后再进行超高压板框压滤脱水,则按 2 台超高压板框压滤机同时运行考虑,设备每天需运行 10 h。

若不考虑机械浓缩,污泥经重力浓缩池浓缩后直接经超高压板框压滤机进行脱水,则超高压板框压滤机的进泥含水率为 98%左右,按 2 台超高压板框压滤机同时运行考虑,设备每天运行时间需增加至 16 h,极大的增加了每天的运行时间。

此外,通过表 1 中对比可知,三种工艺组合中“储泥池+机械浓缩+药剂调理+超高压板框压滤脱水”方案占地面积最小,且投资最低,但装机功率大,药耗高,运行成本高。

“重力浓缩+超高压板框压滤脱水”与“重力浓缩+机械浓缩+药剂调理+超高压板框压滤脱水”两种方案占地面积相差不大,由于不进行机械浓缩,因此前者的 PAM 投加量较低,但由于没有进行机械浓缩,导致超高压板框压滤机进泥含水率高,板框压滤机工作时长,能耗大,最终导致运行费用较后者高。

“重力浓缩+机械浓缩+药剂调理+超高压板框压滤脱水”方案有占地较大和投资相对其余两个方案高的缺点,但由于重力浓缩池出泥含水率稳定,有利于药剂的投加;且机械浓缩后污泥含水率低,有利于提高超高压板框压滤机的脱水效率,减少板框压滤机每天的工作时间,最终该方案为三个方案中运行成本最低的方案。

有研究采用重力浓缩/化学调理/高压隔膜压滤机工艺^[3],采用污泥储泥池-浓缩机-调理池-弹性板框压滤机工艺^[4-5],将污泥脱水含水率降到 60%

表 1 三种污泥深度脱水工艺组合的比较表

项目	重力浓缩 + 超高压板框压滤脱水	储泥池 + 机械浓缩 + 药剂调理 + 超高压板框压滤脱水	重力浓缩 + 机械浓缩 + 药剂调理 + 超高压板框压滤脱水
构筑物数量	1.污泥重力浓缩池 2.脱水机房	1.储泥池 2.污泥浓缩脱水机房	1.污泥重力浓缩池 2.污泥浓缩脱水机房
主要设备	1.周边传动浓缩机 2.脱水机 3.加药装置	1.潜水搅拌机 2.转鼓浓缩机 3.脱水机 4.加药装置	1.周边传动浓缩机 2.转鼓浓缩机 3.脱水机 4.加药装置
装机功率 /kW	325	390	373
计容功率 /kW	226	262	256
日耗电量 /(kW ·h·d ⁻¹)	3618	2623	2560
对环境影响	可进行加盖,臭气对周围环境影响较小	可进行加盖,臭气对周围环境影响较小	可进行加盖,臭气对周围环境影响较小
剩余污泥进泥含水率	99.3%	99.3%	99.3%
浓缩后污泥含水率	98.0%	95.5%	95.5%
污泥出泥(浓缩 + 脱水后)含水率	60%	60%	60%
板框压滤机运行时间 /h	16	10	10
PAC 日消耗量 /(kg·d ⁻¹)	382.5	382.5	382.5
PAM 日消耗量 /(kg·d ⁻¹)	38.3	76.5	53.6
处理稳定性	较好	较好	好
占地面积 /m ²	1 126	1 037	1 189
运行成本 /(万元·d ⁻¹)	0.35	0.38	0.32
总投资 /万元	较高	低	高
优点	1.装机功率较小 2.重力浓缩池出泥含水率稳定,有利于控制药剂的投加	1.占地省 2.总投资较低 3.机械浓缩可使隔膜板框压滤机的进料污泥含水率比较稳定可控 4.板框机脱水效率高,出泥保障率高,可靠性强 5.板框机工作时间短,可降低运行成本	1.重力浓缩池出泥含水率稳定,有利于控制药剂的投加 2.机械浓缩可使隔膜板框压滤机的进料污泥含水率比较稳定可控 3.板框机脱水效率高,出泥保障率高,可靠性强 4.板框机工作时间短,可降低运行成本
缺点	1.占地较大,投资较高 2.进泥含水率高,板框机工作时间长,能耗大	1.装机功率大,药耗高,运行成本稍高 2.储泥池出泥含水率不稳定,实际运行过程中可能增加药剂用量	1.占地较大 2.投资相对其余两种方案高

以下。但对于“重力浓缩 + 超高压板框压滤脱水”方案、“储泥池 + 机械浓缩 + 药剂调理 + 超高压板框压滤脱水”方案、“重力浓缩 + 机械浓缩 + 药剂调理 + 超高压板框压滤脱水”方案三种工艺组合各自的适用条件尚未有综合比较。通过此次对三种污泥处理工艺组合的比较得出,“重力浓缩 + 机械浓缩 + 药剂调理 + 超高压板框压滤脱水”方案占地和投资较高,但运行费用较低,适用于用地较宽裕的且注重降低运行成本的情况;“储泥池 + 机械浓缩 + 药剂调理 + 板框压滤脱水”方案占地少,投资较低,但装机功率大,药耗高,运行成本较高,适用于用地紧张,考虑降低建设总投资但能接受运行成本稍高的情况。三种

工艺方案组合各有优缺点,可在工程设计中结合具体情况采用相应的工艺组合。

经过上述对三种污泥处理工艺组合的对比,结合该工程用地紧张、建设资金紧张的情况,该工程采用“储泥池 + 机械浓缩 + 药剂调理 + 超高压板框压滤脱水”工艺对污泥进行深度处理。剩余污泥与化学污泥进入储泥池暂存后,一并进行机械浓缩,将污泥机械浓缩至含水率 95%~97%后,进行药剂调理,进而进行超高压板框深度脱水处理,脱水后污泥含水率小于 60%。含水率小于 60%的污泥在污泥料仓中暂存,并由专用车辆外运做统一处置。

污泥处理工艺流程见图 1 所示。

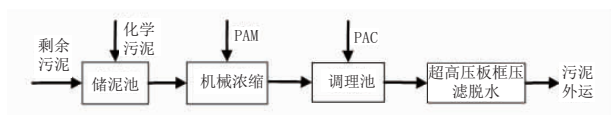


图1 污泥处理工艺流程图

3 工艺设计

3.1 污泥产量

该工程污泥主要产自多级AO生物反应池和高效沉淀池,其中剩余污泥量为6 500 kgDs/d,含水率99.3%;化学污泥量为1 150 kgDs/d,含水率99.3%;污水处理厂干污泥量为7 650 kgDs/d,污泥体积489 m³/d(含水率约为98.5%)。

3.2 主要污泥处理构筑物设计参数

(1)储泥池。钢筋混凝土水池,总有效容积为324 m³,1座分2格。2格内分别设置污泥浓缩刮泥机,浓缩刮泥机直径为10 m,功率为3.75 kW。

(2)污泥脱水机房。新建污泥脱水机房一座,框架结构,平面尺寸为36.1 m×22.5 m。出泥含水率<60%,泥饼体积为19.1 m³/d;阳离子PAM(聚丙烯酰胺)加药量为10 g/kgDS污泥,共76.5 kgPAM/d;PAC加药量为50 g/kgDS污泥,共382.5 kgPAC/d。污泥脱水机房的主要设备为超高压板框压滤机、转鼓浓缩机、污泥调理池、加药系统以及污泥料仓等。

超高压板框压滤机。该工程设置超高压板框压滤机量2套,2用,过滤面积291.2 m²,单套功率为2.2 kW,运行时间10 h/d;设置板框机进料泵3台,2用1备,单泵流量为80 m³/h,扬程60 m,功率22 kW;设置隔膜挤压泵2台,2用,单泵流量13 m³/h,扬程160 m,功率11 kW;设置压滤机清洗泵2台,2用,单泵流量75 m³/h,扬程60 m,功率18.5 kW。

转鼓浓缩机。该工程设置转鼓浓缩机2台,2用,单台功率为3 kW;浓缩机进泥泵3台,2用1备,单泵流量90 m³/h,扬程20 m,功率15 kW;浓缩机出料泵2台,2用,单泵流量25 m³/h,扬程20 m,功率7.5 kW。

污泥调理池。污泥调理池有效容积为62 m³,一

座分2格。每格设置搅拌器1个,功率为3.75 kW。

加药系统。加药系统配置PAM制备装置1套,制备能力为3 000 L/h, $P=3.2$ kW,设置PAM加药泵2套,2用,变频,单泵流量2 m³/h,扬程20 m,功率1.5 kW;设置PAC加药泵2套,2用,变频,单泵流量1 m³/h,扬程35 m,功率1.1 kW;设置PAC储罐2套,单套容积30 m³,配置PAC卸料泵1套,单泵流量50 m³/h,扬程20 m,功率5.5 kW。

污泥料仓。该工程配置污泥料仓1套,有效容积为25 m³。

4 结 论

(1)“重力浓缩+机械浓缩+药剂调理+超高压板框压滤脱水”方案占地和投资较高,但运行费用较低,适用于用地较宽裕的且注重降低运行成本的情况;“储泥池+机械浓缩+药剂调理+板框压滤脱水”方案占地少,投资较低,但装机功率大,药耗高,运行成本较高,适用于用地紧张;考虑降低总投资但能接受运行成本稍高的情况。三种污泥处理工艺组合根据用地条件、总投资和运行成本等方面有不同的适用条件,可为同类型城镇污水厂污泥处理工艺流程的选择提供借鉴。

(2)采用“污泥-储泥池-机械浓缩-药剂调理-板框压滤”工艺,使含水率降低至60%以下。

参考文献:

- [1] 钱林. 城镇污水处理厂污泥深度脱水技术研究与应用[J]. 给水排水, 2017, 43(12): 17-19.
- [2] 陈柏校, 张辰, 王国华, 等. 污泥深度脱水工艺在杭州七格污水处理厂的应用[J]. 中国给水排水, 2011, 27(8): 83-85.
- [3] 赵乐乐, 储庆. 污水处理厂污泥深度脱水系统设计及调试运行[J]. 净水技术, 2015, 34(3): 72-75.
- [4] 宋玉. 大型污水处理厂污泥深度脱水系统设计与运行[J]. 净水技术, 2020, 39(7): 155-157.
- [5] 陈同, 赵郅, 史昊然, 等. 合肥经开区污水处理厂污泥深度处理技术的应用探讨[J]. 给水排水, 2021, 47(4): 53-56.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴, 为您提供平台, 携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话: 021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com