

中小型水厂排泥水处理系统的设计与运行

黄孟斌, 王长平, 张毅, 向伟, 黄彦斌, 李羽颀, 叶俊德
(深圳市宝安水务集团有限公司, 广东 深圳 518001)

摘要: 深圳市上南水厂对排泥水进行了减量化处理,新建了调节池、污泥浓缩池、平衡池、污泥脱水设备、污泥料仓。工程投入运行后,脱水污泥含水率降至 80.27%,排泥水回用可节水 1 465 m³/d。实际运行发现,污泥处理效果受排泥水有机质含量和水量的变化影响很大,中小型水厂的排泥水处理系统设计与运行要充分考虑该特点。

关键词: 中小型水厂; 排泥水; 减量化; 回用

中图分类号: TU991 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)22-0104-04

Design and Operation of Sludge Water Treatment System in Small and Medium Sized Waterworks

HUANG Meng-bin, WANG Chang-ping, ZHANG Yi, XIANG Wei, HUANG Yan-bin,
LI Yu-qi, YE Jun-de
(Shenzhen Baoan Water Group Co. Ltd., Shenzhen 518001, China)

Abstract: New regulating tank, sludge concentration tank, balance tank, sludge dewatering equipment, and sludge sump were built and put into operation in Shangnan waterworks in Shenzhen. After dewatering, the moisture content of the sludge was decreased to 80.27%, and the reuse of water after desliming saved 1 465 m³/d of water resources. During actual operation, it was found that the effect of sludge treatment was greatly affected by the organic matter content and water quantity of the discharged sludge water, which should be taken into consideration for the design and operation of the sludge water treatment system for small and medium sized waterworks.

Key words: small and medium sized waterworks; sludge water; reduction; reuse

随着城市建设和环保事业的不断发展,自来水厂排泥水对环境的污染也引起人们的关注,如果这些废水不经处理就排入水体或下水道,不仅污染受纳水体,而且会造成水资源的大量浪费,对水环境造成较大影响^[1]。在目前水资源紧张、水环境污染日趋严重的情况下,建设自来水厂排泥水处理工程,实现“零污染、零排放”,保护水资源尤为重要^[2]。

目前广东省内主要在“珠三角”发达城市的部分大型给水厂建有排泥水处理设施,处理工艺以调节→浓缩→脱水→泥饼处置为主^[3]。深圳市深水宝安水务集团上南水厂是建于 1987 年的典型中小

型水厂,设计供水量为 10×10^4 m³/d,占地面积为 33 462 m²,其建设用地极为紧张。本次工程对排泥水进行减量化处理,通过优化设计方案,采用钢结构建筑形式和新型斜管重力浓缩池,建设工期短,占地面积小,实施后运行效果稳定。

1 工艺流程及主要构筑物

1.1 工艺流程

上南水厂采用常规净水工艺,工艺流程见图 1。上南水厂产生的排泥水包括各反应池、沉淀池的排泥水和滤池反冲洗水,它们的浓度和污泥性质存在明显区别。沉淀池排泥水的含固率一般在 0.3% 以

上,滤池反冲洗水平平均浓度较低,一般在0.1%,经过水厂回收池12 h自然沉降后,底泥浓度接近1%,将其泵入污泥调节池调节后再进入污泥浓缩池处理,上清液进入回收水池与滤池反冲洗水一起回流至原水廊道,浓缩后的污泥进入平衡池进行机械脱水处理,污泥脱水后含水率可控制在79%~82%,可外运至污泥处理站进行后续处理。

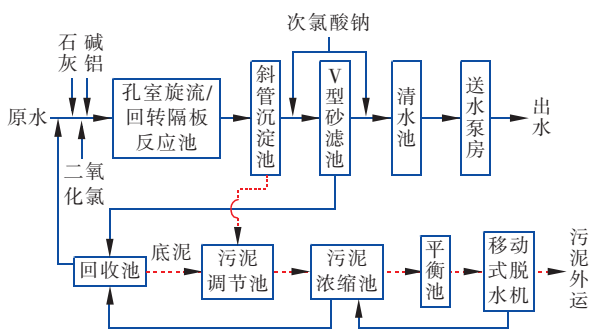


图1 上南水厂工艺流程

Fig. 1 Flow chart of treatment process of Shangnan waterworks

1.2 主要构筑物及设计参数

上南水厂排泥水处理主要包括吸水井、污泥调节池、污泥浓缩池、平衡池、污泥脱水设备、污泥料仓等工艺单元,钢结构池体采用12 mm厚的碳钢。

① 吸水井

现状清水池以及沉淀池周围设有排水渠道,长约210 m,渠道尺寸为0.8 m×0.9 m~1.3 m×1.86 m,调节容积可达150 m³,因此设计保留现有排水渠,对水渠旁边空地改造,新建一座尺寸为3.6 m×1.5 m×2.5 m的吸水井,与排泥沟联通作为泥水收集系统。在吸水井中设置3台排泥泵,流量为100 m³/h,有效水深为1.9 m。

② 污泥调节池

污泥调节池主要用于排泥水的收集和调质,减小对浓缩池的冲击负荷。

根据排泥水处理设施的运行情况,确定排泥水处理量为1 500 m³/d,水厂反应沉淀池一次排泥量为500 m³,滤池反冲洗水池一次排水量为600 m³,调节池按最大一次排泥量设计,容积为600 m³,并存在富余量。设两座调节池,容积为300 m³,配3台泥水提升泵(2用1备),向污泥浓缩池投配污泥,提升泵流量为64 m³/h,为防止污泥在调节池中沉积,每座调节池内设有两台搅拌器。

③ 污泥浓缩池

新建高效污泥浓缩池一座。污泥通过排泥管进入浓缩池后,依次通过自然沉淀区、斜板沉淀区及上清液集水区。

计算干污泥量为0.84 t/d,污泥负荷为0.74 kg/(m²·h),进水流量为64 m³/h,浓缩池总平面尺寸为7 m×7 m,有效水深为7 m,空池上升流速为0.354 mm/s,斜板沉淀区设置UPVC斜板,斜板高度1.30 m,倾角为60°,间距为80 mm。浓缩池下部设置中心传动刮泥机(直径为7.0 m),刮泥机带有搅拌浓缩栅条。

④ 平衡池

平衡池接纳浓缩污泥,在连续运行的浓缩池与间歇运行的脱水设备间起调节作用,同时也可在原水浊度高、污泥量超过设计值时,起到存储和调节作用。设计干污泥量为0.84 t/d,污泥量(含固率为3%)为28 t/d。平衡池采用1.5 d容量设计,则有效池容为46.4 m³,尺寸为4 m×4 m×4 m。

⑤ 污泥脱水设备

平衡池后设置离心脱水机,受限于场地,采用移动式货柜箱进行装设,便于安装和机动作业。采用脱水机1套,干泥负荷为20 kg/h,进脱水设备的污泥含水率为97%,脱水后含水率≤75%,脱水污泥由螺杆泵送至污泥料仓。污泥料仓容积为30 m³,可储存10 d污泥量,脱水分离液进入污水管道。

为保证污泥脱水的质量,采用脱水机前投加聚丙烯酰胺(PAM)絮凝剂的方式,提高脱水效果,配套PAM加药设备的制备能力为0.5 kg/h,配制浓度为0.2%,污泥进入脱水机前加PAM,其投加能力为1.5 m³/h。

2 运行控制方式

根据工艺流程设计,结合水厂排泥水处理设施运行控制如下:

① 吸泥井主要根据水位变化控制提升泵的启停,停泵液位为0.6 m,开泵保护液位为0.8 m,警戒液位为2.5 m。污泥提升泵设置2用1备,主要对反应沉淀池的排泥水进行输送。

② 调节池的运行控制包括推流搅拌器、污泥提升泵的液位联动运转,当泥水液位<0.6 m,污泥提升泵停止运行;当液位>0.8 m,污泥提升泵开启;当液位>1.5 m,污泥搅拌推流器开启,间隔运行时间为3 h,保证调节池内泥水时刻混合均匀。调节池运行的有效水深为3.4 m。

③ 污泥浓缩池刮泥机处于24 h运行状态,进泥流量设定为64 t/h,且进泥泵的开启由上清液的水质决定,对应配置上清液悬浮物检测仪。当上清液悬浮物检测仪示数 $<10\text{ mg/L}$,浓缩池提升泵开启;当示数 $\geq 10\text{ mg/L}$,污泥浓缩池处于返泥状态,污泥提升泵停止运行,污泥浓缩时间为12 h,排泥阀根据底泥污泥浓度仪的实际示数运行;当示数 $>1.0\text{ g/L}$,排泥进平衡池进行后续处理。

④ 污泥脱水系统包括叠螺式污泥脱水机、污泥进料、PAM制备投加系统等设备。水厂运行人员需调节PAM投加流量,根据脱水后污泥含固率调整进泥流量。污泥脱水设备的运行时间由平衡池的泥量决定,且在每天固定时间开启。

3 运行情况

3.1 干泥量计算

水厂排泥水污泥量采用英国水处理研究中心《污泥处理指南》中提供的计算公式^[4]估算。计算得出,水厂设计干污泥总量为0.84 t/d,其中进水浊度为4 NTU,能满足全年85%的生产要求,出水浊度为0.5 NTU,设计去除色度为4倍,PAC投加量为20 mg/L,其中 Al_2O_3 含量为32%。该水厂实际产水量为 $5.5 \times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ 。

3.2 排泥水的水质

水厂原水为石岩水库水,季节性藻类含量较高,常年4月—10月暴发,数量上亿级,最高达 1.7×10^8 个/L。藻类暴发导致水厂排泥水量增加,水中有机质含量升高,致使污泥浓缩池进泥的含水率升高。据统计,常规原水条件下,水厂排泥量为500~600 t/d,藻类暴发时排泥量增加到1 500 t/d,污泥含水率维持在99.5%,因此排泥水处理系统设计要考虑排泥水水质、水量波动较大这个因素。上南水厂排泥水水质与A水厂、B污水处理厂的对比见表1。

表1 各厂的污泥水样特性

Tab.1 Characteristics of sludge water samples for each water plant

项 目	含水率/%	有机质/%	细菌总数/ (CFU · g ⁻¹)	粪大肠菌群菌值/g	pH 值
上南水厂	81.5	35.2	1.3×10^7	0.01	7.10
A 水厂	71.3	22.9	4.6×10^5	>0.11	11.62
B 污水处理厂	70.3	31.8	2.0×10^7	0.004 3	7.98

由表1可知,上南水厂排泥水的有机质相对较

高,对应含水率也较高,分析原因是排泥水内碳源充足,藻类微生物二次增多,导致胞内水分增多,难以脱水去除,故排泥水含水率增加明显,增加了污泥处理负担^[5,6]。

3.3 泥水平衡线及含水率变化

排泥水进出各构筑物水量及含水率见图2。滤池反冲洗水经回收池调节,上清液回流至水厂原水廊道,底部污泥泵入吸水井,经提升泵输送至污泥调节池,其含水率在99.8%左右;反应沉淀池排泥水经吸水井提升至污泥调节池,其含水率在99.5%左右;调节池内污泥经推流搅拌混合后进入污泥浓缩池,经过重力浓缩后含水率降至98.2%;高浓度污泥进入平衡池临时存储,经机械叠螺脱水机脱水后,出泥含水率降至80%左右后外运处理。

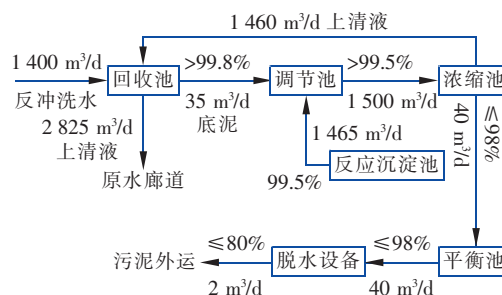


图2 排泥水处理工艺泥水平衡线

Fig.2 Balance curve of sludge water treatment process

经重力浓缩后的出泥含水率均值为98.81%。前期运行过程中浓缩后污泥含水率普遍较高,均值为98.94%,最高值为99.3%,主要原因是污泥浓缩时间短,进泥的沉降性较差,经过后期工艺调整,浓缩时间由8 h增至24 h,含水率下降明显,均值为98.74%,基本满足污泥脱水设备的进泥含水率要求;脱水设备经调整运行稳定后,出泥含水率的均值为81.49%,由于初期污泥平衡池含水率较高且不稳定,导致脱水过程PAM药剂投加量过大,影响水质安全,且出泥的含水率高于设计值,最高为87%,不可外运处理处置。

在保证平衡池含水率为98%左右的前提下,通过优化脱泥设备进泥量和PAM药剂浓度、投加量后,脱水污泥含水率趋于稳定,均值为80.27%,符合污泥处置厂接收污泥的含水率标准,基本实现污泥的“减量化、无害化”处理目的。

4 结语

① 上南水厂地处繁华地段,周边无多余土地

可利用,需在狭小有限的地面新建 $1\,500\text{ m}^3/\text{d}$ 的污泥调节池、污泥浓缩池、平衡池、污泥料仓。为解决用地问题,利用现有绿地进行改造,并优化工艺设计方案,采用改进型斜管重力浓缩池,选择占地较少的排泥水处理工艺。

② 排泥水处理设施设计运行的重心在于针对不同水质和水量的变化,寻找最佳的运行管控模式。

参考文献:

- [1] 高伟楠,纪海霞,王洪刚,等. 广东某水厂污泥处理系统设计[J]. 中国给水排水,2017,33(8):73-74.
Gao Weinan, Ji Haixia, Wang Honggang, *et al.* Design of sludge treatment system of a waterworks in Guangdong Province[J]. China Water & Wastewater, 2017, 33(8): 73-74 (in Chinese).
- [2] 黄志超. 给水厂污泥脱水工艺的设计研究[D]. 天津:天津大学,2007.
Huang Zhichao. Design and Research of the Sludge Dewatering System in Water Treatment Plant[D]. Tianjin: Tianjin University, 2007 (in Chinese).
- [3] 宋宝强,李荣光,孙星凡,等. 斜管沉淀池处理净水厂排泥水工艺优化研究[J]. 供水技术,2014,8(6):43-44.
Song Baoqiang, Li Rongguang, Sun Xingfan, *et al.* Optimization of sludge water process in waterworks by inclined-tube sedimentation tank[J]. Water Technology, 2014, 8(6): 43-44 (in Chinese).
- [4] 温正军,周祥雷,苏忠萍,等. 净水厂排泥水处理工程设计优化[J]. 净水技术,2017,36(2):92-94.
Wen Zhengjun, Zhou Xianglei, Su Zhongping, *et al.* Opti-

mization for engineering design of sludge water treatment facilities in water treatment plant[J]. Water Purification Technology, 2017, 36(2): 92-94 (in Chinese).

- [5] 周媛,徐向东,王灿. 温州市浦东水厂排泥水处理工程设计[J]. 给水排水,2015,41(4):20-21.
Zhou Yuan, Xu Xiangdong, Wang Can. Design of mud discharge water treatment project in Pudong Water Plant of Wenzhou City[J]. Water & Wastewater Engineering, 2015, 41(4): 20-21 (in Chinese).
- [6] 黄雷. 净水厂的污泥处理设计及运行控制[J]. 中国市政工程,2012,16(1):39-40.
Huang Lei. Sludge treatment design and operation control of water purification plant[J]. China Municipal Engineering, 2012, 16(1): 39-40 (in Chinese).



作者简介:黄孟斌(1990-),男,湖北咸宁人,硕士,工程师,主要从事饮用水工艺管理和技术研究工作。

E-mail: menbing2013@163.com

收稿日期:2018-07-11

治理水土流失 建设美丽中国