

# 广东省某水厂污泥处理系统设计

高伟楠<sup>1</sup>, 纪海霞<sup>1</sup>, 王洪刚<sup>1</sup>, 吴迪<sup>2</sup>

(1. 北京市市政工程设计研究总院有限公司, 北京 100082; 2. 青岛思普润水处理股份有限公司, 山东 青岛 266555)

**摘要:** 广东省某新建  $70 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  给水厂, 泥线一期和二期合建, 总污泥处理规模为 18.44 tDS/d, 污泥经过调节、浓缩、脱水处理后外运, 泥线包括调节、浓缩、平衡、脱水及回用水等五大系统。排泥池具有一定的预浓缩作用, 降低排泥池内污泥含水率, 减小湿污泥的体积, 降低后续构筑物规模, 其投资及日后运行费用均有所减少; 浓缩系统采用辐流式重力浓缩池, 具有能耗低、运行维护方便等特点, 且处理效果稳定, 尤其在水库水浊度较高时, 能够储存过多的污泥, 对系统具有较好的缓冲调节能力; 平衡池兼作调质池, 减少占地及工程投资, 运行管理方便; 脱水系统采用离心脱水机, 具有投资较低、占地面积小、辅助设备较少、运行管理简单等优势; 同时, 水厂增设回用水系统, 回用水量占厂区总用水量的 6% ~ 7%, 有效降低了水厂自用水量, 节约用水。

**关键词:** 给水厂污泥; 重力浓缩; 离心脱水; 平衡系统; 回用水系统

**中图分类号:** TU991 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)08-0073-05

## Design of Sludge Treatment System for a Waterworks in Guangdong Province

GAO Wei-nan<sup>1</sup>, JI Hai-xia<sup>1</sup>, WANG Hong-gang<sup>1</sup>, WU Di<sup>2</sup>

(1. Beijing General Municipal Engineering Design & Research Institute Co., Beijing 100082, China; 2. Qingdao SPRING Water-treatment Co. Ltd., Qingdao 266555, China)

**Abstract:** A waterworks with treatment capacity of  $70 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  was constructed in Guangdong Province. The total sludge treatment capacity of the waterworks was 18.44 tDS/d which was the sum of the first and the second phase of the sludge treatment project. The sludge was treated via conditioning, thickening, and dewatering in five treatment stages of conditioning, thickening, equilibration, dewatering and centrifugate recycling. The sludge storage pond has beneficial effects of sludge pre-concentration, wet sludge volume reduction, leading to ensuing reduced construction investment and operation cost. The sludge thickening tank was radial gravity type which had the characteristics of low energy consumption, stable performance, easy operation and maintenance. Especially when the turbidity of the reservoir/raw water was high, the radial gravity tank style was benefit to excess sludge storage and to fluctuation buffer adjustment. Equilibrium pool was used and served as conditioning tank as well, which could reduce the project required area and investment. It could easily be operated and managed. Centrifugal dewatering machine was adopted in the dewatering stage, which has the advantages of low investment, small area requirement, less auxiliary equipment and simple operation and management. Meanwhile, the recycle water system was adopted to the waterworks, the reuse water flow occupied 6% ~ 7% of the total flow. So the

water consumption of the water plant was effectively reduced.

**Key words:** sludge of waterworks; gravity thickening; centrifugal dewatering; balance system; recycle water system

长期以来,国内水厂“重水轻泥”现象普遍,而给水厂内的污泥处理,更未得以重视。自来水厂污泥主要来自沉淀池和滤池反冲洗排泥,这些污泥若处置不善,不但可能引起二次污染,甚至严重污染水体,威胁供水安全,浪费大量的水资源<sup>[1]</sup>。给水厂污泥的性质、特点与污水处理厂污泥有较大差别,处理处置的技术路线也不尽相同,鉴于此,以广东省某自来水厂一期工程为例,对其污泥处理系统进行介绍。

1 项目背景

该供水厂位于广东省某市,供水水源为水库水,

设计总规模为  $70 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,分三期建设,一期、二期、三期规模分别为  $25 \times 10^4$ 、 $25 \times 10^4$ 、 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。水厂中排泥水主要为炭滤池反冲洗排水和初滤水、砂滤池反冲洗排水以及初滤水、絮凝沉淀池排泥水。泥线部分按照一期、二期合建,三期单建考虑,本次泥线土建规模为  $50 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,设备安装规模为  $25 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

该工程原水水质情况如表 1 所示,根据设计原水水质浊度及设计投药量,确定一期污泥处理规模为 9.22 tDS/d,一、二期总污泥处理规模为 18.44 tDS/d。

表 1 设计水质

Tab. 1 Design water quality

项目	浑浊度/ NTU	pH 值	氨氮/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	总硬度/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	BOD <sub>5</sub> / ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	COD/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	TP/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )
原水	5.58 ~ 25.3	6.8 ~ 7.2	0.15 ~ 0.75	36.5 ~ 45.7	<2	20.4 ~ 31.2	0.03 ~ 0.06
地表Ⅲ类水	—	6 ~ 9	≤1	—	≤4	≤20	≤0.05

2 工艺技术路线

2.1 技术路线选择

不同于污水厂污泥,给水厂污泥主要为沉淀池排泥,无机质含量较高,更易于脱水。

给水厂污泥处理处置,主要包括给水污泥单独处理、给水污泥与污水共同处置和给水污泥综合处置利用三种技术路线。

给水污泥单独处理,即在水厂内建立完整的污泥处理系统,对给水污泥进行单独处理。处理工艺一般采用调节→浓缩→预处理(平衡)→脱水等工序<sup>[2]</sup>,根据水厂自身的特点及处理要求,也可省略其中某些环节<sup>[3]</sup>。处理后的排泥水上清液以及滤池反冲洗废水还可以进行回收再利用。单独处理适用于经济效益较好的大型水厂。

给水污泥与污水共同处置,即在污水厂处理能力许可的情况下,给水污泥可以排入污水处理厂与污水一起处理<sup>[4]</sup>。这样可以降低处理费用,同时能提高悬浮固体、BOD 以及 COD 的去除率,有利于污水处理过程。另外,还可以通过专门管路将给水污泥输送到污水厂后,不经过污水处理工艺,而直接与污水污泥混合脱水一道处置。给水污泥脱水性能优

于污水污泥,可以起到调节作用,提高污泥的脱水性<sup>[5]</sup>。

给水污泥综合处置利用,目前主要途径有陆上埋弃、土地利用、卫生填埋、海洋投弃以及综合利用等<sup>[6]</sup>。其中陆上埋弃和卫生填埋是国内常用的方法,而在污泥的综合利用方面,国内外开展的将其作为土壤调节剂、生产建筑骨料等的研究和应用也取得了一定的进展。

结合本项目规模较大的实际特点,宜设置独立的处理系统。

调节系统由排水池及排泥池组成,间歇排出的炭滤池排水、砂滤池排水及初滤水通过重力排至排水池,并在排水池内进行水质和水量的调节。絮凝沉淀池的排泥水通过排泥泵房间歇排至排泥池,经排泥池调节后经过污泥泵房提升至污泥浓缩池。调节系统能够大大减小间歇排水和排泥对后续处理构筑物冲击负荷,保证其连续稳定的运行。浓缩系统包括排泥池及污泥浓缩池,主要为污泥浓缩池的重力浓缩作用,此外还有排泥池的预浓缩作用。脱水系统为脱水机房,实现污泥的最终减量化,并将泥饼外运。

本项目原水水质变化较大,当原水浊度及处理水量变化时,净水厂排泥量和含固量也会相应调整,为均衡脱水机的运行要求,设置平衡系统即污泥平衡池,同时作为污泥调质池使用,在此投加污泥调质的药剂。同时,为提高厂区自用水率,节约用水,本水厂增设回用水系统,其主要为回流水池,用于收集炭吸附池、砂滤池初滤水并回流至配水井进行回用,同时,排水池、排泥池及污泥浓缩池的上清液亦回用处理。

综上所述,采用调节→浓缩→平衡→脱水,以及回用水系统对水厂污泥进行处理,工艺流程如图1所示。

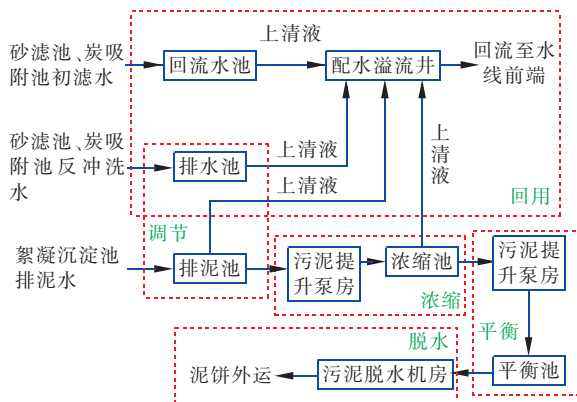


图1 污泥处理工艺流程

Fig. 1 Flow chart of sludge treatment process

## 2.2 工艺选择

### 2.2.1 浓缩系统

浓缩系统主要包括排泥池及浓缩池。排泥池内设污泥浓缩机,除调节作用外,兼有预浓缩的功能,有效减少后续浓缩池及污泥脱水机设备处理规模,降低工程造价。

目前水厂排泥水浓缩工艺主要采用辐流式重力浓缩池或高效浓缩池(内设斜管斜板及采用污泥回流),考虑辐流式重力浓缩池具有管理方便、投资少、运行稳定、浓缩效果好的优点,且在国内外给水厂应用较多,技术成熟,因此采用辐流式重力浓缩池。

### 2.2.2 脱水系统

目前,对于给水厂的污泥处理,主要选用板框压滤机、离心脱水机进行脱水<sup>[7]</sup>,对于一些易于脱水的污泥,也可采用带式压滤机。

板框脱水机处理后泥饼的含水率低,便于后续的运输及污泥处置,但与离心脱水机相比,板框脱水机投资高、占地面积大、辅助设备较多、运行管理较为复杂<sup>[8]</sup>。

鉴于广东省某市对于污泥处置的相关规划尚未完善,对于污泥的出路尚未明确,故本工程从节约投资角度考虑,采用离心脱水机。

## 3 工程设计

### 3.1 设计排泥水量及含水率

排泥水进出各构筑物水量及含水率如图2所示。炭吸附池、砂滤池反冲洗水经排水池调节,上清液回流至配水井,底部含水污泥排入排泥池,其含水率在99.5%以上。排泥池除调节作用外,兼具预浓缩作用,将进泥含水率降低至99%以下,并进入浓缩池。经过浓缩池浓缩,排泥水含水率进一步下降至98%以下,之后进入平衡池。平衡池起到平衡进水含泥量不均匀性及脱水机的恒定运行之间的流量差,同时作为调质池,投入的PAM与污泥进行充分混合后,污泥进入脱水机房,经离心脱水机脱水后,泥饼含水率 $\leq 80\%$ ,之后外运处理。

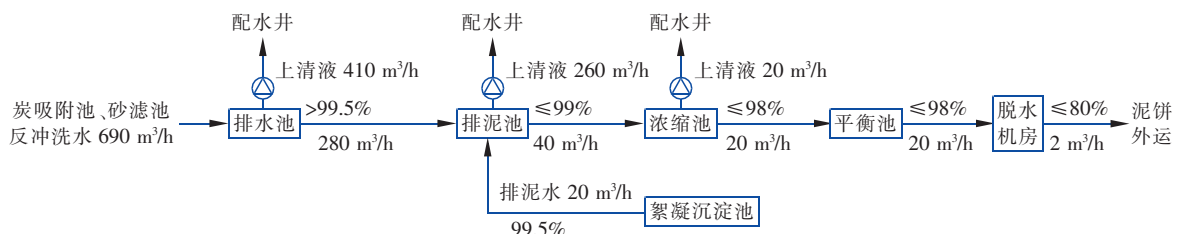


图2 泥线泥水平衡图

Fig. 2 Diagram of sludge and wastewater flow balance of sludge disposal process

### 3.2 排泥池、浓缩池及污泥提升泵房

排泥池、浓缩池及污泥提升泵房合建,污泥泵房居中,排泥池和污泥浓缩池分居两侧。排泥池主要

接收排水池底泥及絮凝沉淀池排泥。设计排泥池1座,分2格。单格平面尺寸为14 m×14 m,池边有效水深为4 m,结构形式采用上方下圆,由四周坡向

中心,池底坡度为1:10。池内设悬挂式中心驱动刮泥机及浮动槽。浮动槽收集上清液,浮动槽随水面浮动,可动幅度为1.5 m。设浮动槽后,上清液也可以均匀出流,因而又具有一定的浓缩作用,可设计成兼有调节作用的间歇式浓缩池。污泥浓缩池采用重力浓缩法,设计辐流式污泥浓缩池1座,分2格。浓缩池设计固体负荷为 $1\text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ,单格平面尺寸为 $14\text{ m} \times 14\text{ m}$ ,池边有效水深为4 m。每格浓缩池内设1台中心驱动刮泥机。浓缩池周边设溢流渠,收集上清液,重力排至污泥泵房内的集水池。污泥泵房一方面提升排泥池预浓缩后的污泥至污泥浓缩池,另一方面将污泥浓缩池浓缩后的污泥提升至平衡池。提升泵房与上清液池合建。上清液收集池接纳排泥池及浓缩池的上清液及溢流液。提升泵房内设排泥池底泥泵3台(2用1备),用于提升排泥池底泥到浓缩池;设浓缩池底泥泵3台(2用1备),用于提升浓缩池底泥到污泥平衡池;设上清液泵2台(1用1备),用于提升上清液收集池内上清液到配水溢流井。

### 3.3 平衡池

平衡池兼作污泥调质池,在此投加调质药剂PAM。设计平衡池1座,分两格。单格平面尺寸为 $11.6\text{ m} \times 5.95\text{ m}$ ,有效水深为5.3 m。一期污泥停留时间为16 h,二期湿泥停留时间为8 h。每格池顶设搅拌机一台。

### 3.4 脱水机房

设计污泥脱水机房平面尺寸为 $42.4\text{ m} \times 12.8\text{ m}$ 。设计采用PAM作为污泥调理剂,脱水机房内设1套PAM制备系统,药剂采用计量泵投加,设计2台计量泵(1用1备),单台流量为 $1\,000\text{ L/h}$ ,扬程为200 kPa,功率为0.37 kW。进脱水机的污泥含水率 $\leq 98\%$ ,出泥含水率 $\leq 80\%$ 。污泥脱水采用离心脱水机,一期共2台(1用1备),二期增加1台。脱水机每天工作24 h,单台处理干泥量为 $9.22\text{ tDS/d}$ , $Q \geq 20\text{ m}^3/\text{h}$ 。脱水机配套污泥进料泵2台(1用1备),将平衡池污泥输送至离心脱水机;并配套冲洗水泵用于设备清洗。污泥转运间紧邻脱水机房。脱水后的泥饼经螺旋输送机输送至运泥车,再由运泥车定期外运。

### 3.5 排水池与回流水池

排水池接收炭吸附池反冲洗排水、砂滤池反冲

洗排水,上清液经排水泵提升至厂区配水井,底泥经提升后进入排泥池。排水池与回流水池合建,分为2格,单格平面尺寸为 $14\text{ m} \times 14\text{ m}$ ,有效水深为3.5 m。单格按接纳1格砂滤池或1格炭吸附池反冲洗最大排水量设计。每格排水池内一期安装2台上清液提升泵,按均匀回流考虑,正常情况1用1备,炭吸附池大流量冲洗时2用;二期增加1台,正常情况2用1备,炭池大流量冲洗时3用。排水池池底设泥斗,沉淀排水池中的污泥。单格泥斗内设2台排泥泵(1用1备)。底泥通过排泥泵提升至排泥池。

回流水池与排水池合建,炭吸附池、砂滤池初滤水进入回流水池,不需处理,经水泵提升后回流至配水井。设计回流水池1座,分为2格,单格平面尺寸为 $14\text{ m} \times 8.5\text{ m}$ ,有效水深为4 m。单格按接纳1格砂滤池或1格炭吸附池初滤水最大排水量设计。两格排水池共用上清液提升泵,一期安装3台(2用1备),按均匀回流考虑,二期增加1台。

回流水池为回用水系统主要构筑物,此外排水池、排泥池、浓缩池上清液亦进行回用,共同构成了回用水系统,有效节约用水。

## 4 运行效果

现阶段,水厂一期已进入运行阶段,处理效果稳定,每日污泥处理量为 $7.2 \sim 8.5\text{ tDS/d}$ ,处理后污泥含水率为 $75.3\% \sim 80.8\%$ ,处理后泥饼外运处置,回用水系统亦达到良好的效果,回用水量能够占水厂处理水量的 $6\% \sim 7\%$ ,且并未对水厂出水水质产生影响。

## 5 结论

① 采用调节系统、浓缩系统、平衡系统及脱水系统,能够实现污泥的减量化处理,工艺成熟、运行稳定;排泥池具有一定的预浓缩作用,降低排泥池内污泥含水率,减小湿污泥的体积,降低后续构筑物规模,其投资及日后运行费用均有所减少;平衡池兼作调质池,减少占地及工程投资,运行管理方便。

② 本项目增设回用水系统,有效降低了厂区自用水量,节约用水。

③ 浓缩系统及脱水系统分别采用辐流式重力浓缩池与离心脱水机。辐流式重力浓缩池能耗低,运行维护方便,且处理效果稳定,尤其在水库水浊度较高时,能够储存过多的污泥,对系统具有较好的缓冲调节能力;而离心脱水机投资较低,占地面积小,

(下转第81页)