

张念琦. 上海市某水厂排泥水处理应急工程设计[J]. 净水技术, 2022, 41(1):140-146,179.

ZHANG N Q. Emergency engineering design of sludge wastewater treatment project for WTP in Shanghai City[J]. Water Purification Technology, 2022, 41(1):140-146,179.



扫我试试?

上海市某水厂排泥水处理应急工程设计

张念琦

(上海韵水工程设计有限公司,上海 201700)

摘要 自来水厂常规处理工艺中产生的排泥水量可占到总水量的3%~7%,若直接排放将严重影响河道水质及航运、泄洪能力。文中对上海市某自来水厂排泥水应急处理系统工艺设计进行简要介绍,该工艺采用高效组合澄清系统+叠螺脱水机,使排泥水经过调节、混凝反应、絮凝反应、斜管澄清、脱水后达标排放,污泥含水率降至75%以下。此外,系统采用一体化的前端处理装置,在施工时间及空间上具有很大的优越性,力求为自来水厂排泥水处理问题提供参考。

关键词 水厂 排泥水 干泥量 高效组合澄清系统 叠螺脱水机

中图分类号: TU991 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-0177(2022)01-0140-08

DOI: 10.15890/j.cnki.jsjs.2022.01.022

Emergency Engineering Design of Sludge Wastewater Treatment Project for WTP in Shanghai City

ZHANG Nianqi

(Shanghai Yunshui Engineering Design Co., Ltd., Shanghai 201700, China)

Abstract Amount of sludge wastewater from conventional treatment process of WTP can account for 3%~7% of the total water quantity. It will seriously affect water quality, navigation and flood discharge capacity of river by discharging directly. This paper briefly introduces the emergency engineering design of sludge wastewater treatment project for WTP in Shanghai City. The process adopts high-efficiency comagnetic-flo system and stacked screw dehydrator. Sludge wastewater discharged could up to the standard after adjustment, coagulation reaction, flocculation reaction, inclined tube clarification and stacked screw dehydration, and the moisture content of sludge is reduced to below 75%. In addition, the system adopts an integrated front-end treatment device, which has great advantages in construction time and space, and strives to provide reference for sludge water treatment of sludge wastewater.

Keywords water treatment plant (WTP) sludge wastewater dry sludge quantity high-efficiency comagnetic-flo system stacked screw dehydrator

水厂在水质净化过程中,会产生大量生产废水,主要产生于常规处理工艺中的沉淀(澄清)和过滤环节,可占到总产水量的3%~7%^[1]。原水中加入混凝剂后会形成絮凝颗粒,这些絮凝颗粒在沉淀(澄清)池中沉淀、在滤池中被截留,组成了排泥水的主要成分^[2]。此外,预处理、深度处理过程中也

会有排泥水产生。

若排泥水未经处理直接排放到江河之中,其中的大量悬浮物(SS)、有机物等污染物会对水体产生严重的污染,且净水厂产生的大量含铝污泥,排入水体后会危害水中生物,破坏水体生态平衡。另外,废水中含有的泥沙容易抬高河床,严重影响江河的航运能力及泄洪能力^[3-5]。

为保护水域环境,根据环境保护部门要求,自来水行业的生产废水须进行处理,以达到有关排放标准。目前,国内新建的大中型给水厂已按照环保要

[收稿日期] 2021-07-08

[作者简介] 张念琦(1994—),女,助理工程师,主要从事给排水水工程设计工作,E-mail:907511066@qq.com。

求配套了排泥水处理系统,而一些老水厂也正在进行排泥水处理改造工程^[6]。

1 水厂现状

本项目水厂因预留土地性质被改为农用耕地,无法办理规划许可,原计划排泥水处理系统建设推迟至 2024 年底完成。根据沪供水〔2019〕53 号文件精神,自 2019 年 12 月 1 日起上海市各自来水厂需严格按照《污水综合排放标准》(DB 31/199—2018)^[7]的要求,向非敏感水域直接排放水污染物执行其二级标准。为确保该水厂排泥水处理工程项目投产前的生产废水达标排放,作为临时过渡,拟在

水厂内寻找其他空余地块,实施本水厂排泥水应急处理工程。

水厂占地面积为 98 000 m²,厂区呈 L 形,分两期建设。厂区南部东侧于 1995 年投入运行,建成取水泵房、生物接触氧化池、折板絮凝平流沉淀池(下叠清水池)、均质滤料滤池、二级泵房及加药间等,供水能力为 12 万 m³/d。二期于 2009 年竣工通水,建成生物接触氧化池、折板絮凝平流沉淀池(下叠清水池)、均质滤料滤池,对一级泵房、二级泵房及鼓风机房进行扩建,一、二期供水能力共计达到 24 万 m³/d。水厂现状平面布置如图 1 所示。

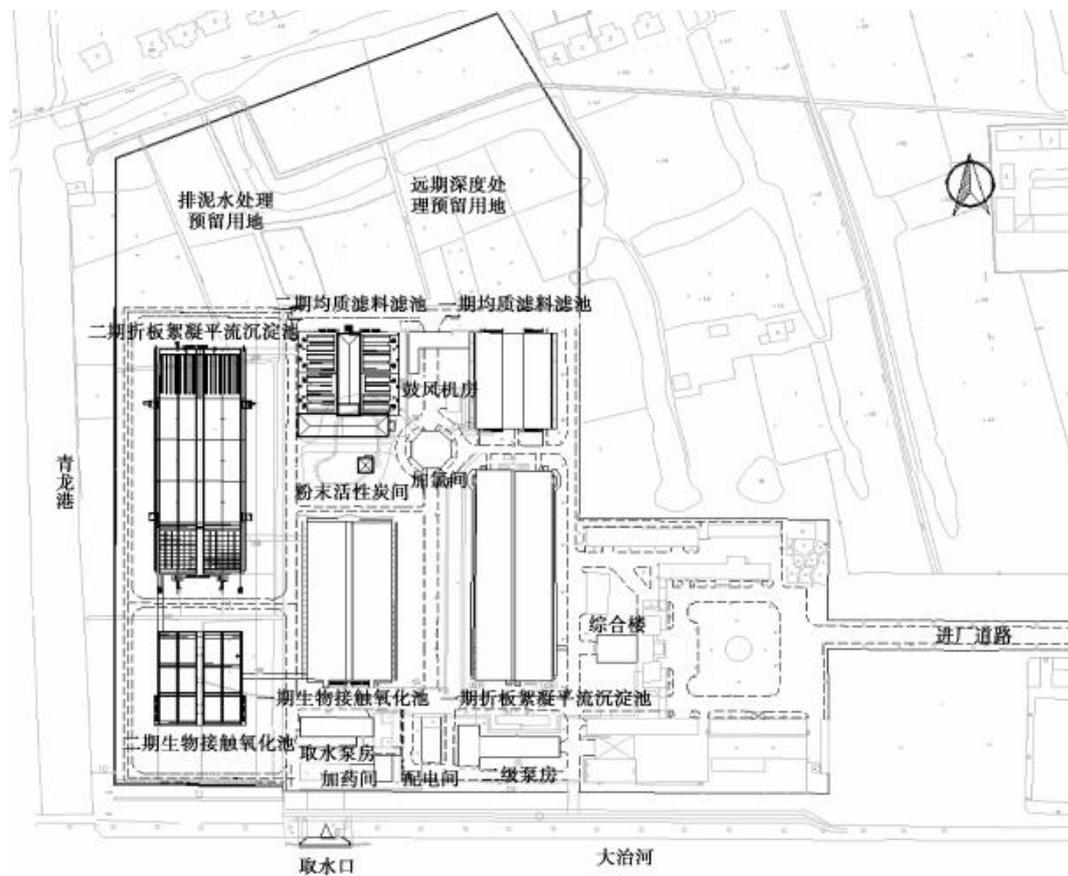


图 1 现状水厂平面布置

Fig. 1 Layout Plan of Existing WTP

水厂现有两个水源,分别为大治河水源和青草沙水源,目前水厂日常采用青草沙水源,大治河水源为备用水源。水厂采用混凝-沉淀-过滤的传统制水工艺。

青草沙原水(原水水质不佳时可投加粉末活性炭吸附有害物质)通过泵送入生物接触氧化池

后,进入折板絮凝平流沉淀池,沉淀池入口处投加次氯酸钠进行消毒并投入混凝剂进行混合,随后进入折板絮凝池絮凝。絮凝形成的矾花和平流式沉淀池中依靠自重沉淀,从而去除水中的大颗粒杂质,剩余的小颗粒杂质则通过滤池的石英砂滤料过滤去除。过滤之后的水通过投加次氯酸钠和

硫酸铵进行二次消毒后进入清水池。水厂工艺流程如图 2 所示。

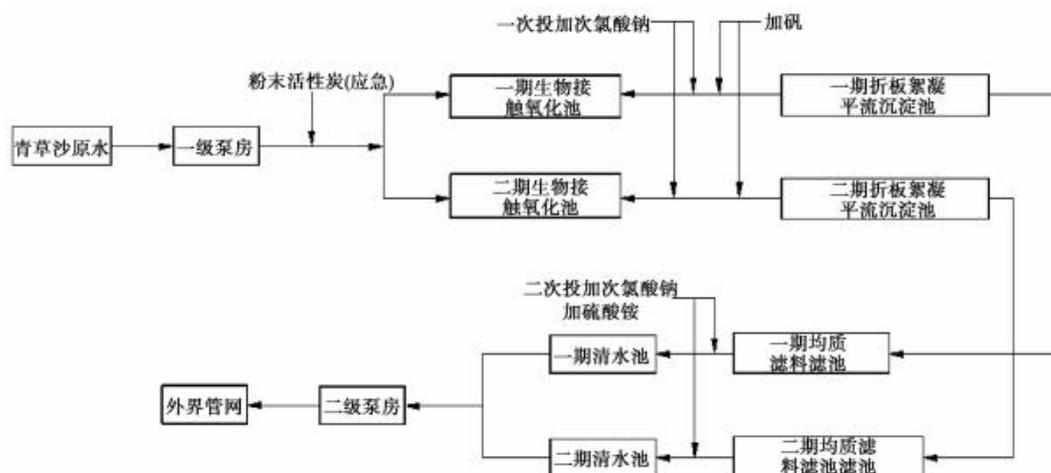


图 2 水厂工艺流程

Fig. 2 Process Flow of WTP

项目实施前,该水厂暂无深度处理及污泥处理系统,排泥水未经处理直接排放至青龙港。

2 方案比选

2.1 排泥水处理规模及水质指标

本工程处理对象为沉淀池排泥水。水厂内共有两座 12 万 m^3/d 的平流沉淀池,排泥水量约为 3 000 m^3/d 。作为应急处理工程,本次设计仅考虑近期规模,故处理规模为 3 000 m^3/d 。

根据该厂多年的运行处理数据,可得出排泥水的设计进水水质。处理后的排泥水排入厂区西侧青龙港内,故设计出水水质应符合上海市地方标准《污水综合排放标准》(DB 31/199—2018)中二级排放要求。本次要求检测 SS 与污泥含水率两个指标,

排泥水设计进出水水质指标如表 1 所示。

表 1 排泥水设计进出水水质指标
Tab. 1 Design Water Quality Indices of Sludge Wastewater Influent and Effluent

项目	设计进水/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	设计出水/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)
SS	$\leq 4\ 000$	≤ 30
污泥含水率	$\geq 98\%$	$\leq 75\%$

2.2 排泥水处理工艺比选

本工程针对传统处理工艺(调节、浓缩、平衡等)、超磁分离水体净化技术、砂泥分离装置+泥水分离装置组合工艺及高效组合澄清系统工艺 4 种方案进行比选,对比情况如表 2 所示。

表 2 排泥水处理工艺对比
Tab. 2 Comparison of Sludge Wastewater Treatment Processes

项目	传统处理工艺	超磁分离水体净化技术	砂泥分离装置+泥水分离装置组合工艺	高效组合澄清系统工艺
环境卫生	差	好	较差	好
运行管理	复杂	较复杂	简单	简单
占地面积	大	大	较小	小
投资费用	高	较低	低	较低
运行费用	低	高	较低	低
处理后含水率	97%	$< 93\%$	75%~80%	$< 97\%$
是否需投加药剂	是	是	是	是
技术可靠性	较可靠	可靠性一般	可靠性较差	可靠
综合评价	一般	一般	较好	好

从可靠性、经济性及环境因素等角度对处理工艺进行比选分析:砂泥分离装置+泥水分离装置剩余污泥含水率低,但组合工艺维修率较高,运行可靠性较差,且对环境卫生造成影响较大;传统处理工艺运行稳定,但施工周期长,且土建费用较高,不经济;超磁分离水体净化技术污染小,但目前还未普及使用且运行管理较为复杂,设备投资较高;高效组合澄清系统工艺占地面积小,运行管理简单,技术可靠性强,虽处理后污泥含水率不如超磁分离水体净化技术及砂泥分离装置+泥水分离装置组合工艺,但可通过后续添加污泥脱水工艺实现污泥含水率达标。

经过比选,本工程采用处理工艺为高效组合澄清系统工艺。

高效组合澄清系统是在当前最先进的加载沉淀池的基础上进行改进,将化学混凝、机械搅拌、加载

沉淀、斜管分离等各种有利于固液分离的技术进行高度集成。完整的高效组合澄清系统包括进出水管道路系统、加药系统、混凝反应系统、絮凝反应系统、沉淀系统、污泥回流系统及控制系统等^[8]。

排泥水经提升泵送入混凝反应池,与回流污泥充分反应。混凝后污水进入絮凝反应区,在慢速搅拌器的作用下使药剂与絮体充分混合形成大絮体。经过絮凝反应形成絮体的污水低速进入澄清池,保证絮体不发生破损,之后进入沉淀区,混凝絮体在此区域沉淀至池底。沉淀区的上部装有斜管,主要作用是导流,避免水流横向流动,减小横向流对沉淀效果的影响。在斜管分离区,细微的絮体在斜管上进一步去除,澄清后的上清液可直接排放。沉淀池底部为污泥区,中心泥斗中的污泥由污泥泵回流至介质分离器回收介质再至混凝反应池,剩余污泥送至污泥脱水系统进行处理。总流程如图3所示。



图3 高效组合澄清系统工艺流程

Fig. 3 Process Flow of High-Efficiency Comagnetic-Flo System

高效组合澄清系统对污水中SS等均有较高的处理效率,可得到较好的净化效果。且其具有沉降速度快、施工周期短、占地面积小、自动化程度高、运营管理方便等特点,有良好的的应用前景^[8]。

2.3 污泥泥质及处理规模

给水厂污泥的无机物含量大,以含泥沙等无机成分的胶粒为主(占85%~90%),含有黏土、腐殖质以及其他悬浮或不溶于水的物质,其基本理化性质

如表3所示。

表3 水厂排泥水中的组分
Tab. 3 Components in Sludge Wastewater

项目	数值	项目	数值
总固体含量	≤2%	电导率/($\mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}$)	563.8(530.2)
挥发性固体	20.7%左右	pH值	7.0~8.8

注:括号内数值为标准差值

根据《室外给水设计标准》(GB 50013—2018)规定,水厂排泥水处理系统的污泥处理系统设计规模按处理干泥量确定,且设计处理干泥量应满足多年75%~95%日数的全量完全处理要求。本工程采取95%的保证率,设计处理干泥量按式(1)计算。

$$S_0 = (k_1 C_0 + k_2 D) \times k_0 Q_0 \times 10^{-6} \quad (1)$$

其中: S_0 ——设计处理干泥量,t/d;

C_0 ——原水设计浑浊度,NTU;

k_1 ——原水设计浑浊度NTU与悬浮固体单位mg/L的换算系数,应经实测确定,一般天然水体中悬浮物固体含量与浑浊度的比值为0.5~2.0,本设计取1.0;

D ——药剂投加量,mg/L,当投加几种药剂时,应分别计算后叠加,本设计取10 mg/L;

k_2 ——药剂转化成干泥量系数,当投加几种药剂时,应分别取不同的转化系数计算后叠加,本设计取1.53;

Q_0 ——水厂设计规模, m^3/d ;

k_0 ——水厂自用水系数,取10%。

根据实测数据,该水厂95%保证率对应的浑浊度工况为19.6 NTU。经过计算,设计处理干泥量为9.21 t/d,考虑一定的富余量取10 t/d。

2.4 污泥处理工艺比选

排泥水处理系统中的核心设备是脱水机械,经过脱水装置后的污泥运送至老港垃圾填埋场作为填埋覆盖土。脱水机械可选的主流设备有带式压滤机、离心脱水机、板框压滤机、叠螺脱水机等,现对几种常用的脱水机械进行技术经济比选,如表4所示。

表4 脱水机械比选

Tab. 4 Comparison and Selection of Dewatering Machinery

项目	带式压滤机	离心脱水机	板框压滤机	叠螺脱水机	卧螺脱水机
耗电量	较多	中等	多	较少	中等
操作时间	操作时间长	操作时间长	操作时间长	操作时间短,简单	操作时间短,简单
反冲洗用水	用水量较大,连续冲洗	用水量较小,间歇冲洗	用水量较大,连续冲洗	用水量小,间歇冲洗	用水量小,间歇冲洗
工作方式	连续	连续	间歇式	可间歇	可间歇
工作条件	敞开式	密闭	半敞开式	密闭	密闭
操作条件	自动脱泥	自动脱泥	需人工辅助	自动脱泥	自动脱泥
环境影响	噪音较小,卫生条件较差	噪音较大,卫生条件好	噪音较小,卫生条件较好	噪音较小,卫生条件好	噪音较小,卫生条件好
故障情况	易损件多,故障较多,滤布易坏,更换较困难	附属设备少,维护较方便,故障较少	易损件较少,滤布易更换	附属设备少,维护较方便,故障较少	附属设备少,维护较方便,故障较少
占地面积	较大	较小	大	小	小
辅助设备	较多	较少	多	少	少
是否需设污泥浓缩池	是	是	是	否	否
冲洗用水	中等	极大	大	极少	少
日常维护费用	较多	较少	多	少	较多
运行可靠性	一般,有滤带跑偏现象	较好	好	一般	好
泥饼含水率	≈80%	≈75%	≤75%	≈75%	≈75%
土建费用	附属设备少,主机尺寸小,脱水间面积小,土建费用较低	主要附属设备较少,主机外型尺寸较小,土建费用较低	附属设备多,主机外型尺寸大,脱水间面积大,造价较高	主要附属设备少,主机外型尺寸小,土建费用低	主要附属设备少,主机外型尺寸小,土建费用低

由表4可知,带式压滤机造价最少,性价比最高,但其为半敞开式,卫生条件较差,易损件多,故障较多,本项目设备占地紧凑,不适宜在本项目上使用。板框压滤机脱水后污泥含水率最低,运行稳定,但在脱泥时需要人工辅助,且定期要更换滤布或冲洗,劳动强度及卫生条件亦有一定的局限。离心脱水机避免了传统污泥脱水工艺采用板框压滤机和带式压滤机的不足,特别是在运行管理、环境和占地上具有明显的优势,但由于离心脱水机运行过程中存在噪音大的问题,即便进行相应的隔音措施,其噪音污染亦存在一定的隐患。叠螺脱水机存在场地面积小、投资性价比高等特点,但叠螺机对大的硬质颗粒进行脱水时,硬质颗粒会造成设备的划伤甚至是变形,影响设备运行稳定性。卧螺脱水机运行稳定性好,工艺性强,但其分离的好坏,与物料性质有很大关系。

综上,考虑到本项目为应急过渡项目,选用更符

合本项目实际的叠螺脱水机。叠螺脱水机的污泥含水率能稳定在75%左右,且避免了其余污泥脱水设备存在的问题,故本设计采用叠螺脱水机。

3 工程设计

3.1 总平面设计

远期自来水厂排泥水永久性处理设施建设时,考虑排泥水处理水流的整体方向为自南向北,与现有净水工艺流向保持一致。因此,与水厂远期设计相结合,本工程应急处理系统建于厂区西侧绿地处。该处理系统由排泥水收集调节系统、高效组合澄清系统及污泥脱水储存系统组成,包括收集池、调节池(原生物接触氧化池)、高效组合澄清系统、加药集装箱、污泥储罐、叠螺脱水机、污泥料仓等。其中,收集池建于最北侧用于收集厂区排泥水;高效组合澄清系统及污泥脱水系统建于调节池西侧区域。总图布置方案如图4所示。

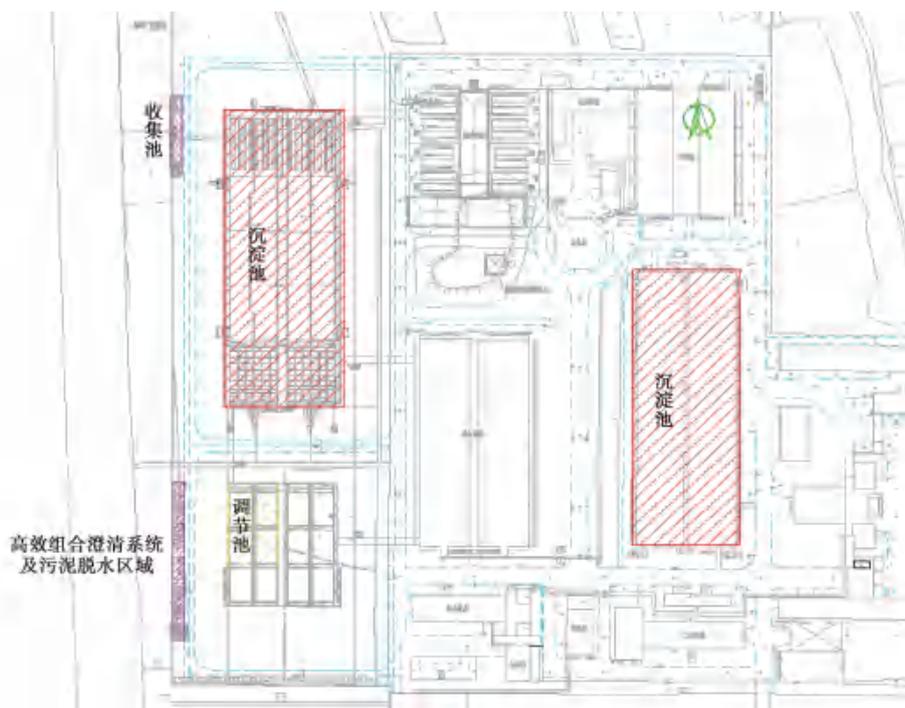


图4 排泥水处理系统平面布置

Fig. 4 Layout Plan of Sludge Wastewater Treatment System

3.2 处理工艺设计

间歇性排放的沉淀池排泥水汇集于收集池内,通过泵提升后进入调节池中,对水量和水质做适当调整均化后,进入高效组合澄清系统进行进一步处理。处理后的水经过取样排放池进行连续监测后,利用厂区

原有排放口排入青龙港河道内。处理后的污泥进入污泥储罐后由污泥泵打入叠螺脱水机进行机械脱水处理,最后对脱水污泥进行外运处置。排泥水处理流程如图5所示,排泥水收集池、高效组合澄清系统及污泥脱水系统平面布置分别如图6及图7所示。

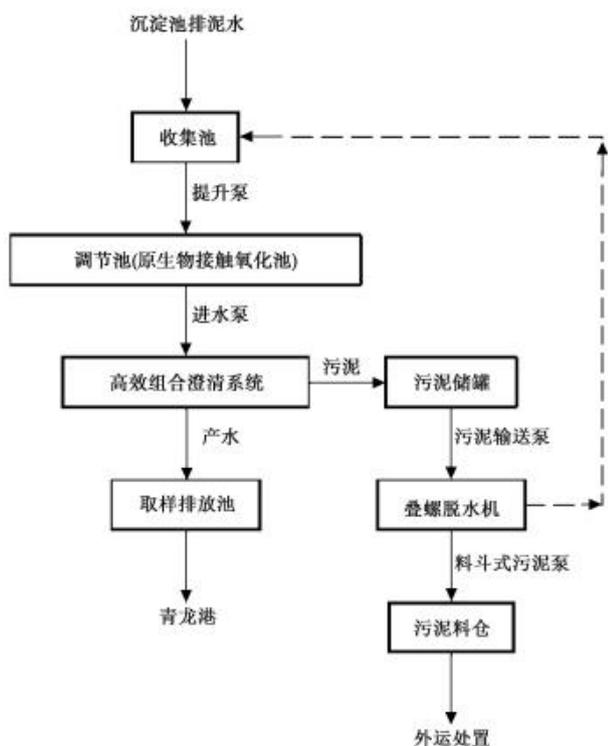


图5 排泥水处理流程

Fig. 5 Process Flow of Sludge Wastewater Treatment System

3.3 主要工艺参数

3.3.1 收集池

收集池采用钢结构,分两格,池体通过两根连通管串联运行。单池设计 $L=12.0\text{ m}$, $B=3.0\text{ m}$,有效水深 $H=3.5\text{ m}$,总高度 $H=4.0\text{ m}$,总有效容积为 252 m^3 。

3.3.2 调节池(原生物接触氧化池)

调节池利用厂区内现有废弃的生物接触氧化池进行改造。利用两格池体进行调节,现对调节池的容积进行复核计算。单个调节池 $L=12\text{ m}$, $B=8\text{ m}$,有效水深为 5.45 m ,两格总池容为 $1\ 046.4\text{ m}^3$ 。产生的排泥水量为 $3\ 000\text{ m}^3/\text{d}$,调节时间与排泥时间匹配,取调节时间为 7.2 h ,故选取的生化池改造为调节池,池容满足要求。

3.3.3 高效组合澄清系统

高效组合澄清系统采用一体化撬装式,布置于地面上,池体及框架采用碳钢防腐材质,尺寸为 $10.6\text{ m}\times 3.5\text{ m}\times 3.0\text{ m}$ 。

3.3.4 取样排放池

在河道排放口前设置 1 座取样排放池,满足排

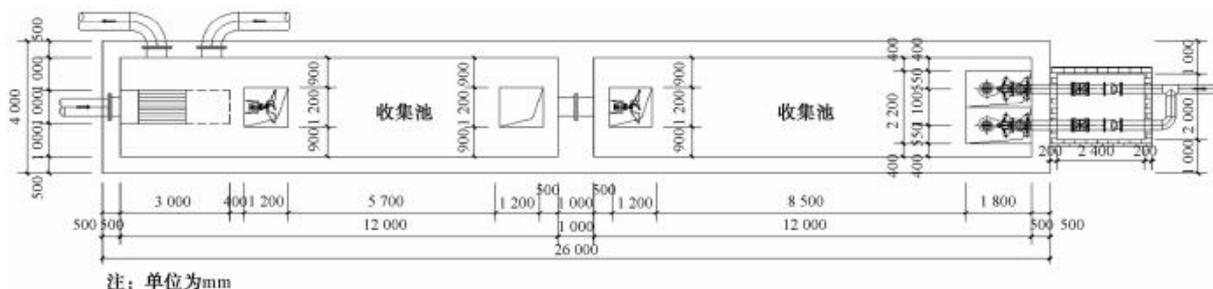


图6 收集池平面布置

Fig. 6 Layout Plan of Collection Tank

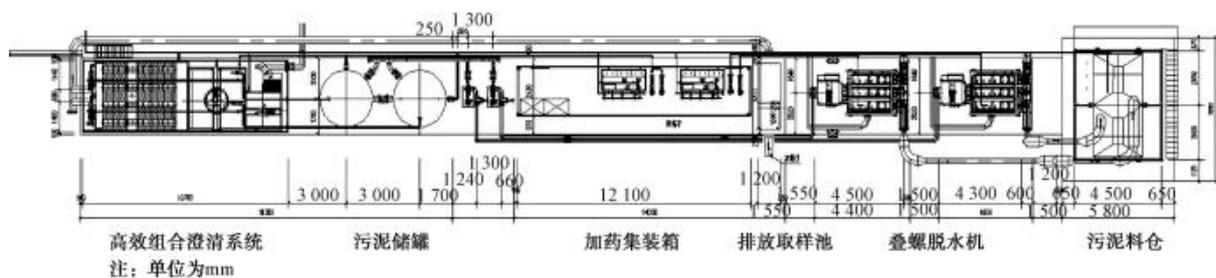


图7 高效组合澄清系统及污泥脱水系统平面布置

Fig. 7 Layout Plan of High-Efficiency Comagnetic-Flo System and Sludge Dewatering System

泥水出水需 24 h 连续监测的环保要求。设计尺寸为 $3.2\text{ m}\times 1.2\text{ m}\times 2.2\text{ m}$,采用钢砼结构。

3.3.5 污泥储罐

高效澄清系统产生的污泥进入污泥储罐进行储 (下转第 179 页)

- [11] 潘倩. 微污染饮用水源水中藻类及有机物的去除研究[D]. 广州:暨南大学, 2011.
- [12] 王洪刚. 絮凝剂及底泥对水中絮体破碎再絮凝影响研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学, 2014.
- [13] 任鹏飞, 蒋白懿, 何南浩, 等. 混凝/预氧化去除微污染水源水中拟柱孢藻的效能[J]. 中国给水排水, 2019(11):21-25,32.
- [14] 杨阳, 杨忠莲, 吴倩, 等. 臭氧投加量对微污染淮河原水中消毒副产物前体物去除效果的影响[J]. 净水技术, 2019, 38(8):53-63.
- [15] 李星, 杨艳玲, 李圭白, 等. 几种预氧化工艺在低温水中消毒效能比较[J]. 哈尔滨商业大学学报:自然科学版, 2005, 21(4):427-430.
- [16] 杨艳玲, 南军, 李星, 等. 几种预氧化工艺在污水回用中的效能评价[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2007(4):661-664.

【编辑推荐】结合水厂排泥水对环境的污染引发行业重点关注的背景,文中针对水厂排泥水开展处理研究,对比自然沉降、混凝沉淀以及预氧化-混凝沉淀这3种方式对排泥水的处理效果,以期满足水厂高标准回用要求,对水厂实际生产过程中排泥水的处理技术提供了一定的技术支持。同时,通过用水效率的提升,实现水资源节约和循环利用,积极响应与贯彻《国家节水行动方案》。

(上接第146页)

存及加药搅拌。污泥储罐主体结构采用PP材质。设计两座,单座容积为20 m³。

3.3.6 叠螺脱水机

水厂产生的绝干污泥量为10 t DS/d,故脱水机总处理绝干污泥能力要求为10 t DS/d;单台叠螺脱水机绝干污泥处理能力为500 kg DS/h,故本次设计采用两台叠螺脱水机,运行时间为10 h。

3.3.7 污泥料仓

污泥料仓采用碳钢防腐结构,外部尺寸为7.0 m×5.8 m×6.0 m,料仓出料后直接卸料至车内运输至厂外。

4 结语

(1)本工程采用一体化集装箱式高效组合澄清系统及污泥脱水系统技术路线,经专家确认合理可行。项目施工完成以来,设备运行效果良好,可有效应急处置本项目水厂沉淀池排泥水,确保出水水质达到《污水综合排放标准》(DB 31/199—2018)和泥饼含水率要求。

(2)排泥水处理工艺方案采用高效组合澄清系统工艺,环境卫生好、占地面积小、施工周期短,贴合水厂现状环境要求高、预留排泥水应急处理场地面积小及施工时间紧凑的特点。且运行管理简单、运行费用低,后期在人力及物力方面节约大量费用。

(3)本工程中,沉淀池至收集池的重力流管道作为长久设施建设,在设计时已考虑富余量,可在后期该水厂排泥水永久性处理工程建成后继续利用。

参考文献

- [1] 童祯恭, 吴哲帅, 钟赐龙. 赣江南昌段净水厂排泥水回用混凝增效实验研究[J]. 应用化工, 2019, 48(10): 2300-2303.
- [2] BELKANOVA M Y, NIKOLAENKO E V, GEVEL D A. Technological aspects of waterworks sludge treatment [J]. Materials Science and Engineering, 2017, 262: 1-6. DOI: 10.1088/1757-899X/262/1/012221.
- [3] 范金辉, 周卫东, 杨协栋, 等. Fe²⁺和PMS同步混凝氧化预处理对超滤净化排泥水的影响[J]. 水资源保护, 2021, 37(2): 148-152.
- [4] 杨玉军, 钱龙, 杨金明, 等. 滇中某自来水厂排泥水的处理[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2020(11): 46-47.
- [5] 童祯恭, 吴哲帅. 净水厂排泥水处置现状的若干分析[J]. 华东交通大学学报, 2018, 35(6): 88-95.
- [6] 於煌, 刘斌, 陈宏伟. 给水厂排泥水处理系统设计[J]. 化学工程与装备, 2013(7): 234-236.
- [7] 上海市环境保护局, 上海市质量技术监督局. 污水综合排放标准: DB 31/199—2018[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [8] 顾建. 高效组合澄清系统在某雨水泵站污染物削减中的应用[J]. 净水技术, 2019, 38(s2): 102-105.