

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2021.10.034

深床滤池在某污水厂提标改造工程中的应用

刘金星, 程文, 章涛
(无锡市政设计研究院有限公司, 江苏 无锡 214072)

摘 要:某城市污水处理厂提标改造工程设计规模 $12.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 生化处理采用奥贝尔氧化沟工艺。为确定改造方案, 以原奥贝尔氧化沟工艺为基础, 通过分析污水厂的进水水质和现状存在的问题, 采用在现状二沉池出水端增设深床滤池以及补充碳源、投加除磷药剂和改变消毒方式, 并将深床滤池与其配套建构构筑物尽量合建等措施, 深度处理则采用“深床滤池+次氯酸钠消毒工艺”。此改造方案具有占地小、投资节省、对污水厂运行影响小、运行模式灵活、运行管理方便等优点, 且设计出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级 A 标准。

关键词:污水处理厂; 奥贝尔氧化沟工艺; 深床滤池

中图分类号: X52

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)10-0131-04

0 引言

本工程是根据 2018 年江西省政府、江西省住房和城乡建设厅出台的《关于加快推进城镇污水处理厂达到一级 A 排放标准的通知》(赣建城[2018]42 号)、《中共江西省委省政府关于全面加强生态环境保护, 坚决打好污染防治攻坚战实施意见》(赣发 17 号)而建设的重点项目。

1 污水厂现状及存在问题

1.1 污水厂现状

污水厂现状总规模 $12.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 主要来水为生活污水, 共分 2 期建设, 1 期、2 期工程污水处理工艺均采用奥贝尔氧化沟工艺, 出水执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级 B 排放标准, 处理后的尾水排入凤岗河, 最终排入抚河。

污水处理厂 1 期、2 期工程工艺流程图见图 1、图 2。

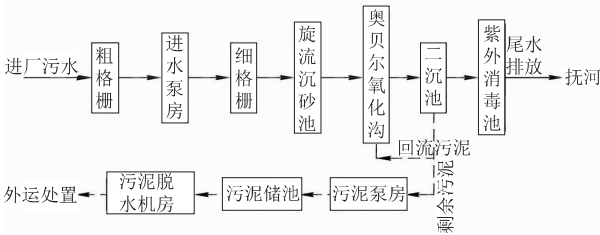


图 1 1 期工程工艺流程图

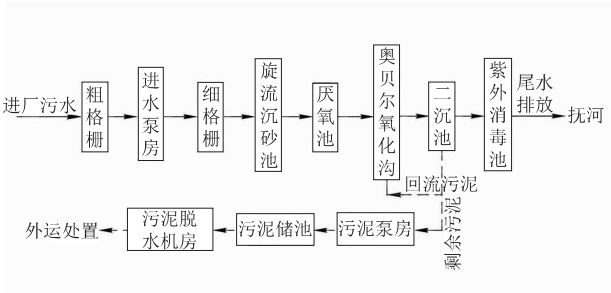


图 2 2 期工程工艺流程图

1.2 存在的问题

(1)污水处理厂原设计出水指标按《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级 B 标准进行排放。目前污水厂出水部分指标已达到一级 A 标准, 但 TN (总氮)、TP(总磷)及 SS(固体悬浮物浓度)等几项指标无法达到一级 A 排放标准的要求。

(2)出水采用紫外消毒, 且消毒能力不足, 大肠菌群易超标。

(3)由于污水厂建设时间较长, 部分设备设施老化损坏, 影响污水厂正常运行。

2 设计进出水水质

根据 2017 年 10 月到 2018 年 2 月间污水厂实际进水水质的数据, 对实测进水水质进行“涵盖率”分析, 取 85% 涵盖率指标用于核算实际进水水质参数, 并结合周边污水厂进水水质数据, 确定本工程进水水质。出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级 A 标准。污水处理厂设计进出水水质见表 1。

收稿日期: 2021-02-03

作者简介: 刘金星(1987—), 男, 本科, 工程师, 从事市政给排水设计工作。

表 1 设计进出水水质

指标	进水 /($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	出水 /($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	去除率 /%
COD _{Cr}	210	50	76.2
BOD ₅	110	10	90.9
SS	220	10	95.5
NH ₃ -N	25	5(8)	80.0
TN	35	15	57.1
TP	3.5	0.5	85.7

注:括号外数值为水温 $>12\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时的控制指标,括号内数值为水温 $\leq 12\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时的控制指标;COD_{Cr}为化学需氧量;BOD₅为5 d生化需氧量;NH₃-N为氨氮含量。

3 工艺路线确定

3.1 污染物去除分析

污水处理工艺的选择需在分析进水水质和处理要求的基础上进行。本工程需要采用脱氮除磷生物处理工艺,现将本工程设计进水水质中营养物的比值列表(见表2),并对此作进一步的分析。

表 2 进水营养物配比指标

项目	BOD ₅ /COD _{Cr}	BOD ₅ /TN	BOD ₅ /TP
实际数值	0.52	3.14	31.4
处理指标	>0.30	>4.0	>17
水质评价	较好	碳源不足	较好

本工程进水主要为生活污水, BOD_5 (5 d 生化需氧量)、 COD_{Cr} (化学需氧量) 和 NH_3-N (氨氮含量) 去除难度不大, 且污水厂现状出水 BOD_5 、 COD_{Cr} 、 NH_3-N 已满足一级 A 排放标准。由于来水碳源不足, 考虑污水处理厂实际运行中 TN (总氮) 达标有难度, 本工程将 TN 作为重点控制项目之一。

BOD₅/TP=31.4>17, 理论上可以采用生物除磷完成除磷过程,但考虑本工程实际出水 TP 浓度接近 1.0 mg/L,且出水总磷指标容易产生波动,本工程现状 4 座氧化沟水力停留时间较短,可供厌氧除磷的停留时间也较少,同时考虑到磷的释放问题,单纯依靠生物除磷难以满足如此严格的去除要求,因此将 TP 作为本工程的重点控制项目之二。

本工程进水 SS 浓度为 220 mg/L，出水 SS 要求不得高于 10 mg/L，去除率达 95.5%，为此，必须借助深度过滤措施，保障出水悬浮物达标。因此，将 SS 作为本工程的重点控制项目之三。

3.2 工艺流程

由于本工程为现状污水厂提标，污水厂不能停产，无法对预处理和2级处理构筑物进行大规模改造，因此考虑在2级处理的基础上增加深度处理设施，进一步降低2级处理出水中的TN、TP及SS浓

度,确保出水水质达到一级 A 排放标准。经大量工程实践证明:深床反硝化滤池技术可以满足对上述污染物的去除,是较为经济成熟的处理工艺。

污水处理厂预处理和 2 级处理不变,在现状处理工艺的基础上增加深床滤池。由于污水厂现状为紫外线消毒,效果不佳,本工程将消毒方式改为次氯酸钠消毒。具体工艺流程见图 3(图中实线框表示现有建构筑物,虚线框表示新增或改造建构筑物)。

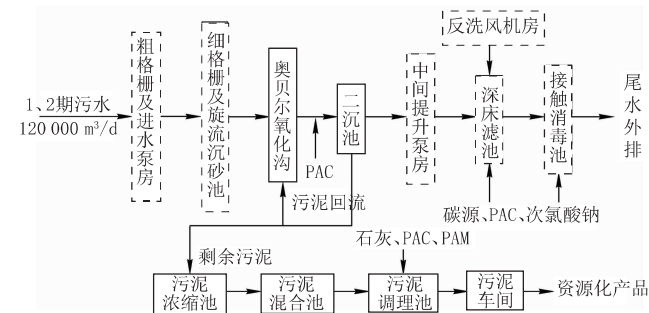


图 3 工艺流程图

3.3 总平面设计

本工程位于污水处理厂 1 期工程西侧用地,需要征用厂区外用地,新增用地面积约 13 035.88 m²。

深床反硝化滤池、接触消毒池及其配套的反洗、加药系统均位于新征地块内。

3.4 高程设计

竖向设计应考虑土石方平衡、工艺竖向流程布置条件、与周边地形的协调等方面,并应考虑到整个处理厂观瞻和方便管理,同时应满足防洪要求。根据本工程场地现状地面标高及 1、2 期厂区场地标高,确定提标改造工程设计地面标高与现状污水处理厂工程地面标高相同。

由于增设深度处理设施，现状二沉池出水需提升后进入深床反硝化滤池，再自流排入后续处理构筑物。

4 主要构筑物设计

本文主要介绍深床反硝化滤池及其配套建构筑物设计,其他改造单体不作详细介绍。

4.1 组合式深床滤池

4.1.1 平面布置

组合式深床滤池由中间提升泵房、混合池、深床滤池、反洗废水池合建。组合式深床滤池平面布置见图 4。

4.1.2 中间提升泵房

因为工艺运行的需要,深床滤池需要有较大的水头保证(一般为 2.2~2.4 m),现状二沉池与紫外消

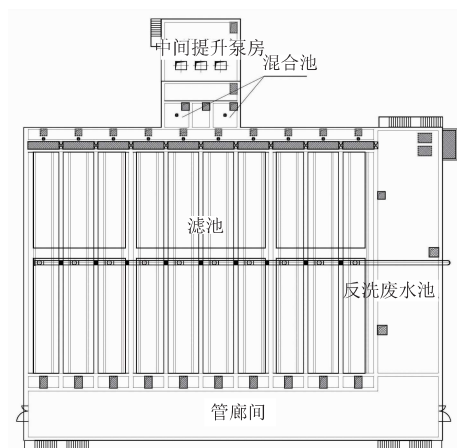


图4 组合式深床滤池平面布置

毒池之间的水头差仅为 0.8 m,无法满足深床滤池水头损失的要求。考虑二沉池的埋深已经达到地下 4.0 m,因此本次提标改造工程在深床滤池前增设中间提升泵房,将二沉池的出水提升进入深床滤池。中间提升泵房与深床滤池合建,见图 4。

土建按 $12.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 设计。泵房平面尺寸: L (长) $\times B$ (宽) $=8.4 \text{ m} \times 7.25 \text{ m}$,有效水深 3.6 m。泵房内设置 3 台轴流泵,水泵性能为: Q (流量) $=3\,000 \text{ m}^3/\text{h}$, H (扬程) $=4 \text{ m}$, N (功率) $=45.0 \text{ kW}$,2 用 1 备,水泵变频控制,以适应不同的水量条件。

4.1.3 深床滤池

深床滤池设计规模 $12.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,主要实现污水的反硝化脱氮、颗粒滤料截留悬浮物的作用。平面尺寸: $L \times B=39.2 \text{ m} \times 35.8 \text{ m}$ 。主要设计参数为:滤池数量 10 组,平均滤速 5.5 m/h ,强制滤速 6.1 m/h ,峰值滤速 7.15 m/h ;过滤面积 $91.14 \text{ m}^2/\text{组}$,滤料厚度(不包括承托层)1.83 m;设计悬浮物(SS)截留负荷 $1.32 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$,设计脱氮($\text{NO}_3\text{-N}$)负荷 $0.36 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$;反洗气强度 $90 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$,反洗水强度 $15 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$,单格单次反洗水量 $455.7 \text{ m}^3/\text{次}$,反洗周期 24 h^[1];碳源投加比例(氮:碳)1:3.0(具体投加量结合运行经验进行调整)。

滤池内设置优质石英砂滤料,数量为 $1\,668 \text{ m}^3$,规格为 2~4 mm;承托层为优质鹅卵石,数量为 410 m^3 ,规格为 3~40 mm。

滤池前端设置混合池,主要用于碳源的投加。混合池单组平面尺寸: $L \times B=2.8 \text{ m} \times 2.8 \text{ m}$,共设 2 组,有效水深 5.3 m,停留时间 60 s。池内设置桨叶式混合搅拌机,直径 1 100 mm, $N=7.5 \text{ kW}$ 。

4.1.4 反洗废水池

反洗废水池与深床滤池合建(见图 4),设计池容 795 m^3 。平面尺寸: $L \times B=28.4 \text{ m} \times 7.0 \text{ m}$;有效水深

4.00 m;池内设置潜水搅拌器和潜水排污泵,水泵性能为: $Q=450 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=11 \text{ m}$, $N=22 \text{ kW}$,共 2 台,1 用 1 备。

4.2 接触消毒池及反洗清水池

在深床滤池出水端设计接触消毒池及反洗清水池 1 座,平面尺寸: $L \times B=45.0 \text{ m} \times 23.7 \text{ m}$;有效水深 3.2 m。其中,在接触消毒池进水第 1 个渠道设置溢流堰,作为深床滤池反洗清水池,考虑清水池有滤池出水不断补充进来,反洗清水池平面尺寸按 $L \times B=10.0 \text{ m} \times 4.5 \text{ m}$,有效水深 3.2 m 设计。则接触消毒池有效池容 $3\,268 \text{ m}^3$,接触时间 39 min ^[2]。

4.3 反洗风机房

反洗风机房主要用于供给深床滤池反冲洗气洗和汽水联合反冲洗时的气源,鼓风机设置于反洗风机房内,同时配套仪表及压缩空气系统。

反洗风机房平面尺寸: $L \times B=15.4 \text{ m} \times 9.4 \text{ m}$;设置罗茨鼓风机 3 台,2 用 1 备,流量 $Q=68.35 \text{ m}^3/\text{min}$,扬程 $H=68.6 \text{ kPa}$,功率 $N=160 \text{ kW}$ 。

4.4 加药系统

加药系统设计规模 $12.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,主要有消毒系统、碳源投加系统和除磷药剂投加系统^[3]。

4.4.1 消毒系统

主要用于深床滤池出水的消毒,消毒药剂为次氯酸钠。设置次氯酸钠储罐 4 套,全地埋式成套设备,有效容积 $V=10.0 \text{ m}^3$ 。次氯酸钠投加泵 3 台,2 用 1 备,流量 $Q=0\sim 1\,000 \text{ L/h}$,扬程 $H=35.0 \text{ m}$,功率 $N=0.37 \text{ kW}$ 。

4.4.2 碳源投加系统

主要用于厂区碳源不足时,同时又有反硝化脱氮的需求,可向深床滤池及时补充碳源。设置碳源储罐 2 套,有效容积 $V=10.0 \text{ m}^3$ 。碳源投加泵 3 台,2 用 1 备,流量 $Q=0\sim 1\,000 \text{ L/h}$,扬程 $H=35.0 \text{ m}$,功率 $N=0.37 \text{ kW}$ 。

4.4.3 除磷药剂投加系统

主要用于厂区有化学除磷需求时,向奥贝尔氧化沟的出水末端或深床滤池进水端投加除磷药剂(PAC)。设置 PAC 储罐 2 套,有效容积 $V=10.0 \text{ m}^3$ 。PAC 投加泵 6 台,4 用 2 备,流量 $Q=0\sim 1\,000 \text{ L/h}$,扬程 $H=35.0 \text{ m}$,功率 $N=0.37 \text{ kW}$ 。

5 运行效果

提标改造工程建成后 2020 年的运行数据(月平均值)见表 3。

表 3 实际进出水水质

月份	平均进水 / (mg·L ⁻¹)						平均出水 / (mg·L ⁻¹)					
	COD _{Cr}	BOD ₅	SS	NH ₃ -N	TN	TP	COD _{Cr}	BOD ₅	SS	NH ₃ -N	TN	TP
1	183	105	205	24.5	34.1	3.2	20.5	6.4	9.5	4.7	10.0	0.46
2	189	109	183	24.6	34.8	2.8	26.3	7.1	9.3	4.4	10.1	0.42
3	190	103	218	25.5	35.3	2.9	29.6	8.4	9.7	4.5	12.9	0.40
4	195	105	215	24.4	32.4	2.8	35.7	9.3	9.6	4.2	12.6	0.41
5	198	110	221	24.8	35.3	3.1	40.6	9.5	9.8	4.9	11.2	0.45
6	197	98	200	25.0	33.1	2.7	40.5	8.2	9.4	4.7	11.5	0.38
7	203	108	199	24.7	34.7	3.3	41.8	9.6	9.3	4.5	11.8	0.31
8	204	106	217	24.9	34.1	2.8	42.3	8.8	9.6	4.7	10.9	0.36
9	194	82	187	22.5	33.5	2.4	36.2	8.5	8.8	4.1	11.9	0.38
10	196	101	192	23.7	34.5	3.4	39.4	9.1	9.4	4.3	11.4	0.44
11	206	108	198	24.3	36.6	3.6	46.9	9.2	9.6	4.6	12.3	0.47
12	203	102	189	23.5	33.8	3.0	45.3	9.3	9.1	4.2	13.4	0.41
平均	197	103	202	24.4	34.4	3.0	37.1	8.6	9.4	4.5	11.7	0.41

根据监测结果,各项出水指标均达到了《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级 A 标准,运行情况良好,出水水质稳定。

6 结 语

(1)由于本工程为现状污水厂的提标改造,改造期间不能停水,在现状二沉池后端增设深度处理设施,基本不影响污水厂正常运行。

(2)将中间提升泵房、混合池、深床滤池、反洗废水池合建,接触消毒池和反洗清水池合建,具有占地面积小、工程造价低、运行维护管理方便等优点。

(3)本工程采用深床滤池,可以满足去除 TN、TP 和 SS 三功能合一的要求。并且可结合实际运行情况

进行调整,若出水 TN 浓度较低,则减少或不投加碳源,将深床滤池的运行模式调整为纯过滤模式,用以去除 TP 和 SS,降低运行成本和能耗。

(4)该工程的建设,不仅是改善当地水环境的重要措施和环节,也是区域性水污染防治的重要组成部分,与此同时,它还将产生巨大的社会效益、环境效益和经济效益。

参考文献:

[1] 栗文明,高敏,周军,等.反硝化滤池污水处理工艺应用调研及设计要点[J].中国给水排水,2020,36(22):100-105.
[2] 孙银琪,张萍.靖江市城市污水处理厂升级改造工程的设计和运行[J].中国给水排水,2014,30(22):104-106.
[3] 刘金星,冯成军,蒋岚岚.济源市城市污水处理厂一期工程提标改造工程工艺设计[J].中国给水排水,2015,31(20):46-49.

(上接第 130 页)

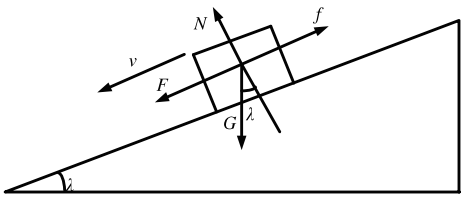


图 9 闸门关闭速度计算图

由此可见,闸门关闭时间远远小于 1 min,完全满足突发情况下迅速关闭闸门的要求。

3 结 语

本项目组所研发的针对地下(污)水厂突发事件的保护性速闭闸门目前已运用于长三角某污水处理厂。经过现场调试发现并解决了一些实际应用产生的问题。比如:由于建筑物施工工艺所限,洞口中心至平台标高存有误差,需要调整启闭设备的有效行

程长度,因而采取了在缓冲装置外面设置螺纹来上下调节装置的措施,完美解决了标高误差问题;另外,为确保闸门启闭平顺,在丝杆内设置注油管与平台上的注油装置连接,注油装置可将润滑脂便捷注进丝杆内的注油管,对丝杆起到了持续的润滑保护作用。本项目组研发的保护性速闭闸门现状使用状况较佳,业主反映良好。

参考文献:

[1] 张大群.污水处理机械设备设计与应用[M].北京:化学工业出版社,2003.
[2] 孙恒,陈作模.机械原理[M].北京:高等教育出版社,2001.
[3] 张耀宸.机械加工工艺设计手册[M].北京:航天工业出版社,1987.
[4] 李金根,钟木华,魏华晟,等.给排水设计手册(第九册)[M].上海:上海市政设计院,1999.