

苏州市某城镇污水处理厂提标改造工程实例

孙金昭

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘要: 苏州市某城镇污水处理厂设计处理规模为 $6.0 \text{ m}^3/\text{d}$, 现状采用“旋流沉砂+氧化沟+二沉池+絮凝过滤”的污水主体处理工艺, 设计出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级A标准。结合某污水处理厂提标改造工程, 在现有污水处理设施的基础上, 通过氧化沟改造, 强化有机物去除和氨氮硝化能力, 同时新建深度处理设施高效沉淀池和反硝化深床滤池, 深度脱氮除磷。在该工程实施后, 污水处理厂运行稳定, 出水水质能够稳定达到准IV类水标准, 即 $\text{TN} \leq 10 \text{ mg/L}$ 。

关键词: 污水处理厂; 提标改造; 高效沉淀池; 反硝化深床滤池; 准IV类水

中图分类号: TU992.3

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)04-0175-05

Upgrading and Reconstruction of a Wastewater Treatment Plant in Suzhou

SUN Jinzhao

[Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 200092, China]

Abstract: The design treatment scale of a municipal wastewater treatment plant (WWTP) in Suzhou is $60\,000 \text{ m}^3/\text{d}$. The main sewage treatment process is "rotational flow grit tank + oxidation ditch + secondary sedimentation tank + flocculation filtration". The design effluent quality is carried out according to the first class A standard in *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918—2002). Taking the upgrading and reconstruction project of this WWTP as an example, on the basis of the existing sewage treatment facilities, the ability of organic matter removal and ammonia nitrification is strengthened through the reconstruction of oxidation ditch. At the same time, the advanced treatment facilities of high efficiency sedimentation tank and denitrification deep bed filter are newly built for the advanced removal of nitrogen and phosphorus. After the implementation of this project, the operation of WWTP is stable, and the effluent quality can stably reach the quasi-IV water standard ($\text{TN} \leq 10 \text{ mg/L}$).

Keywords: wastewater treatment plant (WWTP); upgrading and reconstruction; high-efficiency sedimentation tank; denitrifying deep bed filter; quasi-IV standard water

0 引言

为认真贯彻落实《水污染防治行动计划》(国发[2015]17号)要求,我国对城镇污水处理厂的污染物排放标准的制定日趋严格^[1]。2018年9月,苏州市印发了《关于高质量推进城乡生活污水治理三年行动计划的实施意见》(苏委办发[2018]77号),文件要求全市城镇污水处理厂按“苏州特别排放限值”全面推进污水处理厂提标改造工作,提高城镇污水处理厂的出水水质标准^[2-4],助力城市水环境综合治理。

城镇污水处理厂的提标改造,一般是指在现状

处理规模的基础上,通过对现状处理设施的工艺改造或新建深度处理单元,提高污水处理排放标准。本文以苏州市某城镇污水处理厂的提标改造工程为例,介绍了污水处理厂出水水质由一级A标准提高至准IV类水标准($\text{TN} \leq 10 \text{ mg/L}$)的工程实例,以期城镇污水处理厂提标改造的工艺选择与设计提供借鉴。

1 污水处理厂现状

1.1 污水处理厂现状概况

苏州市某城镇污水处理厂现状设计处理规模为 $6.0 \text{ m}^3/\text{d}$,分为三期建设,主要接收服务范围内的城市生活污水。污水生化处理采用氧化沟工艺,再经絮凝过滤和紫外消毒处理后直接排放至河道,现状污水处理工艺流程如图1所示。现状设计出水水

收稿日期: 2024-05-14

作者简介: 孙金昭(1991—),男,硕士,工程师,从事市政给排水、水环境治理的研究和设计工作。

质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)中的一级A排放标准^[5-6]。

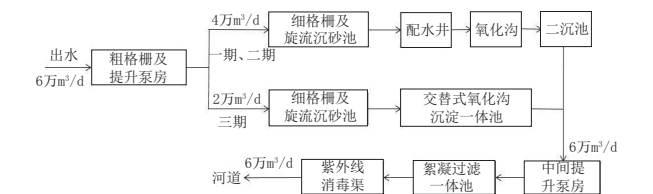


图1 现状污水处理工艺流程图

1.2 现状进出水水质分析

1.2.1 现状进水水质分析

采用累计频率分析法分析污水处理厂现状进水水质如表1所列,在设计保证率的条件下,实际进水水质中COD_{cr}、氨氮和TP均高于厂原设计进水水质。

表1 现状进水水质分析

污染物指标	COD _{cr}	BOD ₅	SS	TN	氨氮	TP
原设计进水水质/(mg·L ⁻¹)	350	150	200	45	30	4.0
进水水质保证率/%	85	85	85	90	90	90
对应数值/(mg·L ⁻¹)	402	142	196	42.7	34.8	7.7

1.2.2 现状出水水质分析

分析污水处理厂2019年出水水质指标(见图2至图7),实际出水水质中各项污染物指标均能够满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)中的一级A排放标准^[5-6],但距离准Ⅳ类水标准(TN≤10 mg/L)的目标要求还存在差距(见表2)。

表2 设计出水水质指标 单位:mg/L

污染物指标	COD _{cr}	BOD ₅	SS	TN	氨氮	TP
一级A标准	50	10	10	15	5.0	0.5
准Ⅳ类水	30	6.0	5.0	10	1.5	0.3

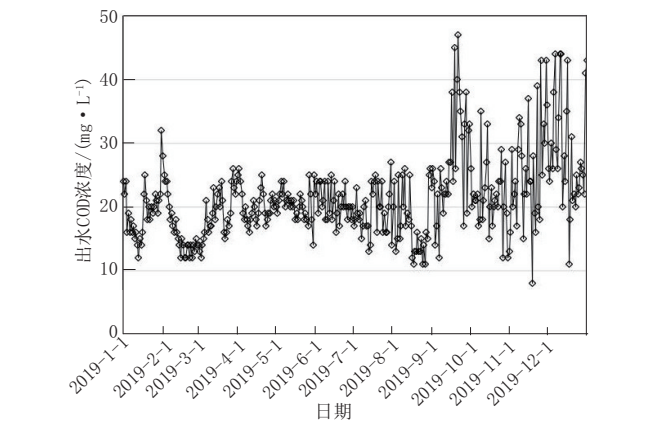


图2 污水处理厂现状出水COD_{cr}浓度

1.3 现状存在的主要问题

根据污水处理厂的现状进出水质检测数据、实际运行情况和处理效能,分析苏州市某城镇污水处

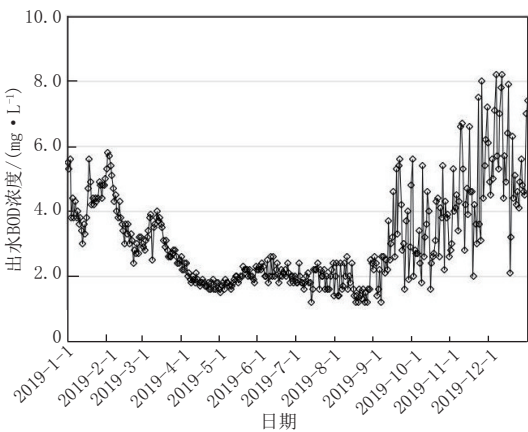


图3 污水处理厂现状出水BOD₅浓度

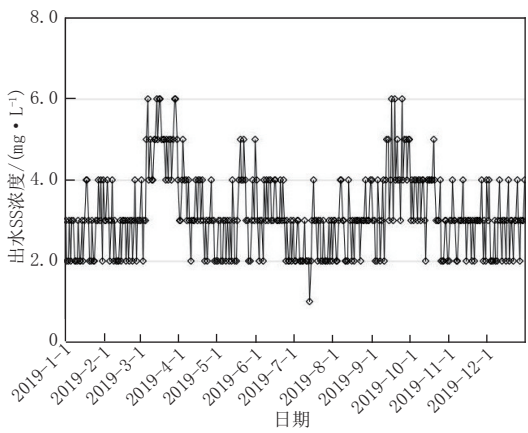


图4 污水处理厂现状出水SS浓度

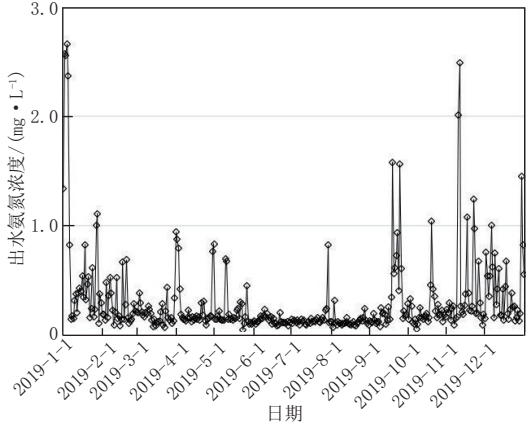


图5 污水处理厂现状出水氨氮浓度

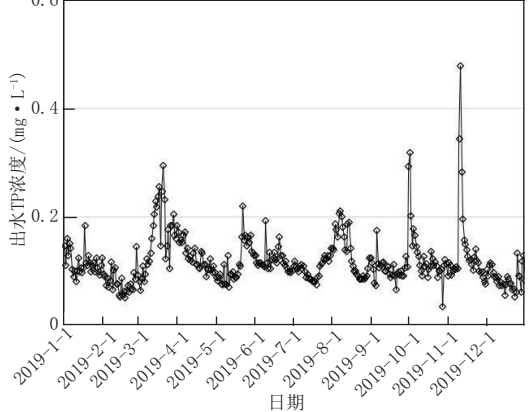


图6 污水处理厂现状出水TP浓度

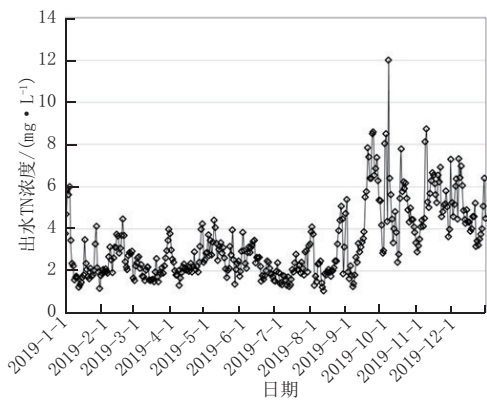


图7 污水处理厂现状出水 TN 浓度

理厂现状存在的主要问题如下。

- (1)污水处理厂现状实际进水水质中 COD_{cr} 、氨氮和 TP 浓度均高于原设计进水水质,生化系统处理压力增大,出水水质存在超标风险。
- (2)现状氧化沟采用表层曝气方式,充氧效率较低,有机物及氨氮去除能力难以满足新的排放要求。
- (3)出水水质标准提高,各污染物指标均低于原一级 A 排放标准限值,现有深度处理设施难以满足污水达标处理要求。

2 提标改造工程设计方案

2.1 设计进水出水水质

根据现状实际进水水质的累计频率分析以及《苏州特别排放限值》要求,调整该污水处理厂的设计进出水水质如表 3 所列。

表3 提标改造后设计进出水水质				单位:mg/L
序号	污染物指标	设计进水水质	设计出水水质	
1	COD_{cr}	≤ 400	≤ 30	
2	BOD_5	≤ 150	≤ 6.0	
3	SS	≤ 200	≤ 5.0	
4	氨氮	≤ 45	≤ 1.5	
5	TN	≤ 35	≤ 10	
6	TP	≤ 8.0	≤ 0.3	

2.2 提标改造工艺方案

苏州市某城镇污水处理厂总体采用“预处理+生化处理+深度处理”的工艺路线,其中预处理方案沿用现状“粗格栅+细格栅+旋流沉砂池”的处理工艺。

生化处理主要针对现状氧化沟进行工艺改造,拆除氧化沟表面曝气装置,更换为底部盘式微孔曝气,强化氧化沟有机物去除能力和硝化功能。

经过二级生物处理后的出水中污染物指标大幅下降,但与出水指标相比仍有一定差距,需进一步降低出水中 SS、TP 及 TN 浓度。

(1)SS 的去除工艺

污水经二级处理后,出水 SS 值达到 20 mg/L 左右,需进一步去除 SS,采用过滤可以保证其出水中 SS 低于 5 mg/L。为使 SS 出水达标,需采用混凝、沉淀、过滤工艺。

(2)TP 的去除工艺

调研我国城市污水处理厂的运行经验知,二沉池出水 TP 可以稳定在 1.5 mg/L 以下,但距离出水 TP 低于 0.3 mg/L 的目标仍存在较大差距,需采用化学加药除磷的措施。

(3)TN 的去除工艺

在总氮去除方面,新的出水标准要求 $\text{TN} \leq 10 \text{ mg/L}$ 。除了要求氨氮的充分硝化外,还需要进行后置反硝化,主要采用反硝化深床滤池,对总氮做进一步去除。

为使污水处理厂出水能够稳定达到准 IV 类水排放标准,提标改造工程采用“高效沉淀池、反硝化深床滤池”的组合深度处理工艺方案^[7-8]。

污水处理厂现状采用的是紫外线消毒,提标改造工程调整为次氯酸钠消毒,为规划再生水的利用提供余氯的保障。

综上所述,提标改造工程污水处理工艺流程如图 8 所示。

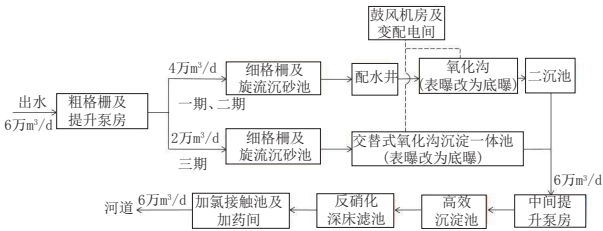


图8 提标改造工程污水处理工艺流程图

3 主要单元工艺设计

3.1 氧化沟工艺改造

污水厂现有氧化沟 5 座,总处理规模为 6 万 m^3/d 。其中一、二期工程 4 座,每座处理规模为 1.0 万 m^3/d ;三期工程 1 座,处理规模为 2.0 万 m^3/d 。提标改造工程拆除表面曝气装置,更换为底部微孔盘式曝气,微孔曝气盘有效直径为 200 mm,曝气风量 $Q=3.0 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

氧化沟土建改造方案如图 9 所示,主要为新建曝气风管道,上覆钢格栅盖板,曝气管沟 $W=1\,000 \text{ mm}$, $H=600 \text{ mm}$ 。

3.2 高效沉淀池

新建高效沉淀池 1 座,分为 2 组,钢筋混凝土结

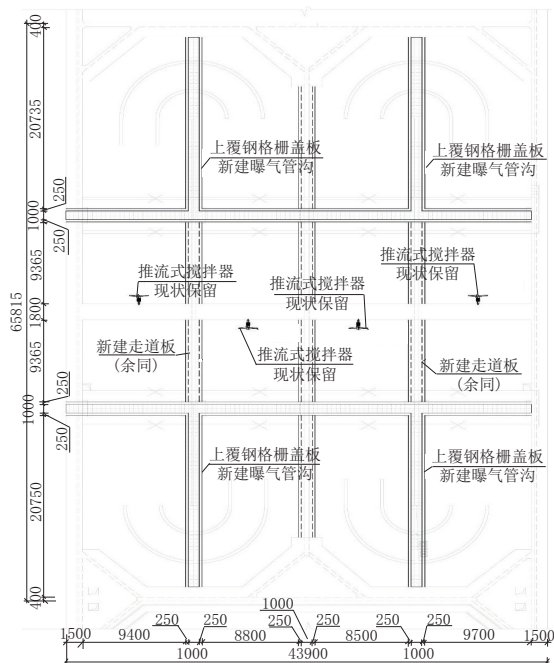


图9 三期交替式氧化沟改造方案(单位:mm)

构,设计尺寸为 $L \times B = 34.45 \text{ m} \times 27.40 \text{ m}$,设计流量 $Q_{\max} = 1\,675 \text{ m}^3/\text{h}$ 。高效沉淀池的主要功能是通过投加化学药剂,进一步去除二沉池出水中的TP、SS等污染物。

高效沉淀池进水前端设加药混合池,混合池有效容积为 146.6 m^3 ,高峰流量停留时间为 2.63 min ,池内设快速搅拌机($D=2\,000 \text{ mm}$, $R=20 \sim 59 \text{ rpm}$, $N=11 \text{ kW}$,变频);絮凝池有效容积为 653.2 m^3 ,高峰流量停留时间为 11.70 min ,池内设提升式慢速搅拌机($D=3\,500 \text{ mm}$, $R=4 \sim 20 \text{ rpm}$, $N=2.2 \text{ kW}$,变频);沉淀区面积为 450 m^2 ,高峰流量表面负荷为 $7.44 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$,池内设中心传动刮泥机($D=15\,000 \text{ mm}$, $N=1.1 \text{ kW}$,变频)。

3.3 反硝化深床滤池

新建反硝化深床滤池1座,分为6格,钢筋混凝土结构,设计尺寸为 $L \times B = 28.52 \text{ m} \times 36.81 \text{ m}$,设计流量 $Q_{\max} = 1\,675 \text{ m}^3/\text{h}$ 。反硝化深床滤池的主要功能是进一步去除二沉池出水中的TN及SS等污染物。

反硝化深床滤池总过滤面积为 471.51 m^2 ,设计平均滤速为 5.26 m/h ,高峰滤速为 5.26 m/h ,强制滤速 6.31 m/h ,反硝化负荷小于 $0.55 \text{ kgNO}_3\text{-N}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$ 。滤池过滤层共分为3层,上层为 $1\,830 \text{ mm}$ 厚 $2 \sim 3 \text{ mm}$ 石英砂滤料,中间层为 380 mm 厚卵石承托层,下层为气水分配滤砖,厚度为 300 mm ,滤砖下设滤池出水(反洗水)管和反洗气管。

反硝化深床滤池采用气、水联合反冲洗的方式,

反冲洗过程首先是气洗 5 min ,其次是气水联合冲洗 $10 \sim 15 \text{ min}$,最后是水漂洗 5 min 。反冲洗强度为气洗 $90 \text{ m}^3/\text{h}$,水洗 $15.0 \text{ m}^2/\text{h}$,滤池反冲洗频率为 2 d/格滤池 ,反冲洗水量为处理水量的 4% ,反洗用水来自于反硝化深床滤池出水的清水池。

滤池反洗系统配置3台反洗水泵, $Q=595 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=9 \text{ m}$, $N=22 \text{ kW}$,2用1备;3台反洗罗茨风机, $Q=60 \text{ m}^3/\text{min}$, $P=74 \text{ kPa}$, $N=110 \text{ kW}$,2用1备。

滤池反洗废水收集于废水池,经潜污泵提升后排入污水厂内污水管道。废水池有效容积 458.6 m^3 ,池内设1台潜水搅拌机, $N=4 \text{ kW}$,2台潜污泵, $Q=300 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=5 \text{ m}$, $N=7.5 \text{ kW}$,1用1备,变频。

3.4 加氯消毒池

末端消毒工艺采用次氯酸钠消毒,新建加氯消毒池1座,分4条廊道,钢筋混凝土结构,设计尺寸为 $L \times B = 36.20 \text{ m} \times 15.55 \text{ m}$,有效水深 4.0 m ,设计流量 $Q_{\max} = 1\,675 \text{ m}^3/\text{h}$,高峰停留时间 58 min 。

加氯消毒池上方设加药间,内设次氯酸钠储罐3套,PVC材质, $V=10 \text{ m}^3$,避光保存,配套2台氯酸钠加药泵(计量泵 $Q=170 \text{ L/h}$, 0.5 MPa , $N=0.37 \text{ kW}$,1用1备);PAC溶药系统2套,带搅拌装置,溶药箱 30 m^3 , $N=1.5 \text{ kW}$,配套2台PAC投加泵(计量泵 $Q=500 \text{ L/h}$, 0.5 MPa , $N=0.37 \text{ kW}$,1用1备);PAM制备装置1套,配药能力 1.5 kg/h ,配药浓度 0.1% , $N=3 \text{ kW}$,配套3台PAM投加泵(计量泵 $Q=625 \text{ L/h}$, 5 bar , $N=0.37 \text{ kW}$,2用1备)。

3.5 鼓风机房

新建鼓风机房1座,为氧化沟反应池提供氧气,保证生物系统正常运行。鼓风机房设计尺寸为 $L \times B = 38.34 \text{ m} \times 16.15 \text{ m}$ 。

采用磁悬浮鼓风机,共5台,其中为一期、二期氧化沟供气风机3台, $Q=85 \text{ m}^3/\text{min}$, $H=52 \text{ kPa}$, $N=150 \text{ kW}$,变频,2用1备,为三期氧化沟供气风机2台, $Q=85 \text{ m}^3/\text{min}$, $H=63 \text{ kPa}$, $N=150 \text{ kW}$,变频,1用1备。

4 运行效果及经济技术指标

提标改造工程已于2023年通水运行,各处理单元运行稳定,出水水质稳定达到准IV类水标准($\text{TN} \leq 10 \text{ mg/L}$)。

提标改造工程投资 $13\,255.30$ 万元,其中工程建设费用 $10\,944.13$ 万元。提标改造后年经营成本约为 938.80 万元,新增单位处理成本约为 0.79 元/t 水,单

位处理可变成本 0.29 元/t 水。

5 结 语

提标改造工程在现有污水处理设施的基础上,通过氧化沟改造,强化有机物去除和氨氮硝化能力,采用“高效沉淀池、反硝化深床滤池”的组合深度处理工艺^[7-8],进一步降低了出水中 SS、TP 及 TN 浓度,将污水处理厂出水水质由一级 A 标准提高至准Ⅳ类水标准(TN≤10 mg/L),并稳定达标运行,工程实例为城镇污水处理厂提标改造的工艺选择与设计提供借鉴。

参考文献:

[1] 赵永生,赵金章,李洒洒.苏州市横扇生活污水处理厂提标改造工程设计[J].城市道桥与防洪,2024(3):130-132.
[2] 杨晨宵,盛铭军,黄继会,等.“准Ⅳ类”标准下城镇污水厂提标改造的难点与举措[J].工业水处理,2020,40(11):15-21.
[3] 张鹤清,朱帅,吴振军,等.城镇污水处理厂“准Ⅳ类”标准提标改造技术简析[J].环境工程,2019,37(6):26-30;36.
[4] 黎鹏宇,黄天寅,沈钊.生活污水处理厂准四类水质提标改造工程实例[J].水处理技术,2023,49(8):141-144.
[5] 何嘉辉.广州市花都区某污水处理厂一期提标改造工程工艺设计[J].低碳世界,2017(11):29-30.
[6] GB 18918—2002,城镇污水处理厂污染物排放标准[S].
[7] 郑伟波,单伊娜,胡如意,等.高效沉淀池+反硝化深床滤池用于污水厂提标改造[J].中国给水排水,2021,37(16):124-129;136.
[8] 何展毅,饶欠平.高效沉淀池+反硝化深床滤池在污水厂的应用[J].环境工程,2023,41(增刊2):166-170.

《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

官方网址:<http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:roadfloodbridge@163.com

