

DOI: 10.16799/j.cnki.esdqyfh.250532

兰溪市污水处理厂二期扩建工程设计实例

方 骏¹, 郑贤正²

[1. 兰溪市城镇生活污水运维管理站, 兰溪 321100; 2. 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: 兰溪市污水处理厂二期扩建工程设计规模为 6.0 万 m³/d, 主体工艺采用“调节池+预处理沉淀池+水解酸化池+A/O 生物反应池+二次沉淀池+高效沉淀池+臭氧+曝气生物滤池”, 设计出水执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)中的一级 A 标准^[5]。通过对现状一期工程运行中存在的问题进行深入分析, 同时结合兰溪市工业园区纺织印染废水的特性, 有针对性的确定工程的工艺流程。介绍了工艺流程, 主要构筑物的设计参数并进行了分析, 可为同类工程设计提供经验。

关键词: 污水处理厂; 印染纺织; 水解酸化; 臭氧接触池; 曝气生物滤池

中图分类号: TU992.3 **文献标志码:** B **文章编号:** 1009-7716(2025)12-0190-04

Design Example of Lanxi Wastewater Treatment Plant Phase II Extension Project

FANG Jun¹, ZHENG Xianzheng²

[1. Lanxi Municipal Domestic Sewage Operation and Maintenance Management Station, Lanxi 321100, China; 2. Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 200092, China]

Abstract: The design scale of the Lanxi Wastewater Treatment Plant Phase II Extension Project is 60,000 m³/d. The main process is "regulating tank + pretreatment sedimentation tank + hydrolytic acidification tank + A/O bioreactor + secondary sedimentation tank + efficient sedimentation tank + ozone + aerated biological filter". 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). Through the in-depth analysis of the existing problems in the operation of the Phase I Project, and in combination with the characteristics of the textile printing and dyeing wastewater in Lanxi Industrial Park, the process flow of this project is determined in a targeted manner. The process flow and the design parameters of the main structures are introduced and analyzed, which can provide the experience for the design of the similar projects.

Keywords: wastewater treatment plant (WWTP); printing and dyeing textile; hydrolytic acidification; ozone contact tank; aerated biological filter

0 引 言

根据 2011 年浙江省发布的清洁水源行动方案的通知, 加快推进污水处理设施提标改造, 到 2015 年, 太湖流域、钱塘江流域城镇污水处理设施执行一级 A 标准^[1]。为认真贯彻落实《水污染防治行动计划》的要求, 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^[2-3]。

随着兰溪市的经济发展与社会发展, 城市建成区面积逐步扩大, 人口逐渐增加, 在城市快速发展的

过程中, 城市污水量逐渐增大, 兰溪市污水处理厂一期工程目前已满负荷运行, 排入兰溪市污水处理厂的纺织、印染工业废水逐步增加, 导致目前兰溪市污水处理厂进水水质普遍高于原设计值, 且瞬时高浓度污水的冲击对污水处理厂的出水稳定达标的影响很大^[4-9]。现有污水处理设施已满足不了突发瞬时高浓度污水冲击及日益增长的污水处理量的需要, 因此兰溪市污水处理厂二期扩建工程迫在眉睫。

以兰溪市污水处理厂二期扩建工程为例, 系统阐述了市政污水处理系统中高比例工业废水(纺织印染为主)处理的工程技术方案^[10-14]。通过解析工业废水占比超高的市政污水处理厂设计要点, 重点探讨本次二期扩建工程的处理规模、设计进出水水质、工艺技术路线、设计参数、水质保障措施等污染

收稿日期: 2025-05-23

作者简介: 方骏(1994—), 男, 本科, 工程师, 从事城镇污水处理厂和管网运维工作。

通信作者: 郑贤正(1990—), 男, 硕士, 工程师, 从事环境工程及管网设计工作。电子信箱: 510786718@qq.com

物控制策略,为市政综合污水处理厂应对复杂进水水质提供工程实例参考。

1 污水处理厂现状

1.1 污水处理厂现状概况

兰溪市污水处理厂一期工程于 2007 年投产,设

计规模为 4.0 万 m³/d,主要接收兰溪市主城区范围内的生活污水和部分工业废水,设计出水执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)中的一级 A 标准^[15]。一期工程污泥经厂内脱水至 80% 后外运,送至红狮水泥厂进行最终资源化处置,一期工艺流程见图 1。

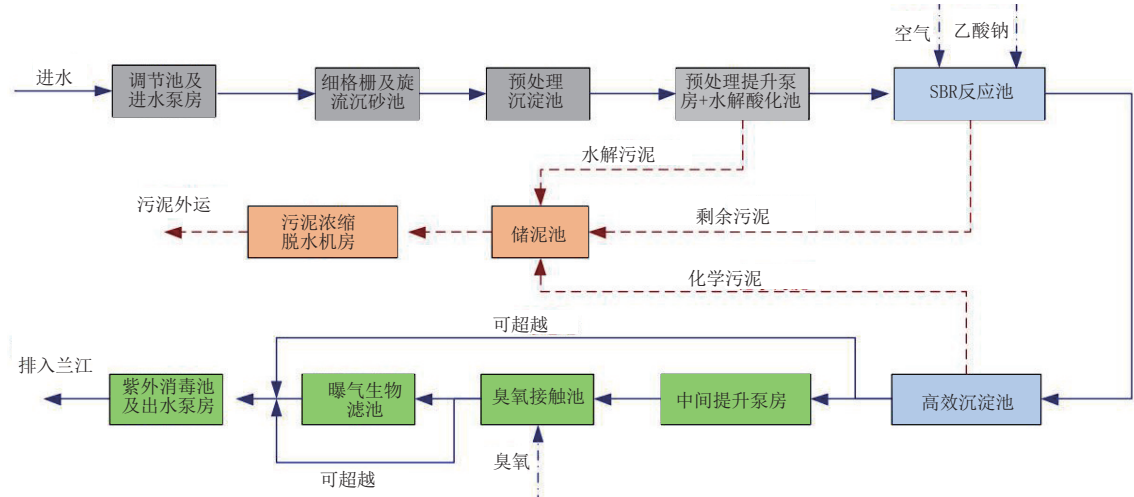


图1 一期工艺流程图

1.2 现状进出水水质分析

采用频率累积法分析现状污水处理厂 2013 年 9 月至 2015 年 6 年的实测进水水质,数据如表 1 所列,在 85% 和 90% 设计保证率的条件下,实测进水水质中 COD_{cr}、SS 和 TP 均高于一期工程设计进水水质,并且由于受到纺织印染工业废水的冲击,进水水质变化范围大。

表 1 实测进水实测数据分析					单位:mg/L
指标	COD _{cr}	BOD ₅	SS	NH ₃ -N	TP
进水水质	450	180	240	28	3.5
水质变化范围	55~2 489	21~187	47~1 666	5~62	0.1~34
85% 频率进水水质	495	183	362	22.6	4.8
90% 频率进水水质	590	188	470	24.8	5.7

一期工程设计出水执行国标一级 A 标准,如表 2 所列,现状出水能稳定达标,经处理达标后外排兰江。

表 2 设计出水水质					单位:mg/L
指标	COD _{cr}	BOD ₅	SS	NH ₃ -N	TP
出水水质	50	10	10	5(8)	0.5

1.3 现状污水厂处理量

现状一期工程 2011 年 3 月至 2015 年 6 月的实测进水量进行分析如图 2 所示,一期工程污水处理量总体上有逐步增长的趋势,水量波动较大,并且处

理规模已超过一期工程设计规模 4.0 万 m³/d,亟需进行扩建。

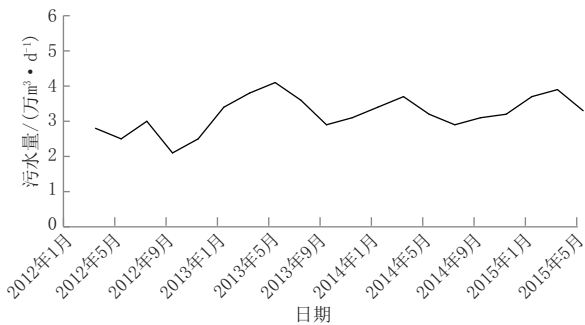


图2 一期污水处理量统计图

1.4 现状存在的主要问题

根据对现状一期工程实测污水量、进出水水质数据进行分析,一期工程存在的主要问题如下。

- (1)一期工程已满负荷运行,亟需进行扩建。
- (2)现状实测进水水质中 COD_{cr}、SS 和 TP 浓度均高于一期工程设计进水水质,且水质变化范围大。
- (3)服务范围内纺织印染工业废水占接近 40%,对现状污水处理厂的生化系统稳定运行造成冲击。

2 设计方案

2.1 设计规模与进出水质

根据人均综合指标法和用地指标法分别进行预测,兰溪市污水处理厂二期扩建工程设计规模为 6.0 万 m³/d,扩建后总规模将达到 10.0 万 m³/d。

根据对现状实测进水水质的累计频率分析,SS、COD_{cr}、BOD₅按85%保证率取值,NH₃-N、TP按90%保证率取值,本次二期扩建工程的设计进水水质如表3所列,出水执行国标一级A标准。

表3 主要设计进出水水质						单位:mg/L
指标	COD _{cr}	BOD ₅	SS	TN	NH ₃ -N	TP
进水	500	185	365	35	25	6.0
出水	30	6	10	15	1.5	0.3

2.2 工艺流程

由于本工程进水中混有大量的纺织印染废水,可生化性较差,色度较高,故本工程设计工艺时,需有针对性的解决相应污染物,考虑的主要措施如下。

(1)考虑到设计进水中含有40%的纺织印染工业污水,水质变化较大,设置了调节池,对进水水质调质,减少或防止冲击负荷,有利于后续处理构筑物的稳定运行。

(2)针对进水水质中SS、COD_{cr}、TP指标较高的特点,在预处理阶段增加预处理沉淀池,投加药剂PAC和PAM,通过沉淀降低后续处理单元的污染物负荷,

保障后续生化系统的稳定运行。

(3)为提高污水的可生化性,在预处理工艺中设置水质酸化池,将难降解的有机物分解为活性污泥可利用的有机物。

(4)本工程进水中含有大量 nbsCOD_{cr}, nbsCOD_{cr}很难通过生物方法去除,混凝加药等措施去除效果也不明显,若不采取相对应的措施,COD_{cr}也很难稳定达到国标一级A的出水标准。而臭氧催化氧化处理法能有效去除 nbsCOD_{cr},同时具有较好的脱色效果。

(5)nbsCOD_{cr}通过臭氧催化后,导致出水中有机物升高。在臭氧催化氧化池后端设置生物滤池作为三级处理,主要用于进一步去除有机物及去除SS,确保水质达标。

综合上述分析,本次二期扩建工程采用“粗格栅及进水泵房+细格栅及曝气沉砂池+调节池+预处理沉淀池+水解酸化池+A/O生物反应池+二次沉淀池+高效沉淀池+臭氧+曝气生物滤池+紫外消毒池”的工艺技术路线,工艺流程图如图3所示。

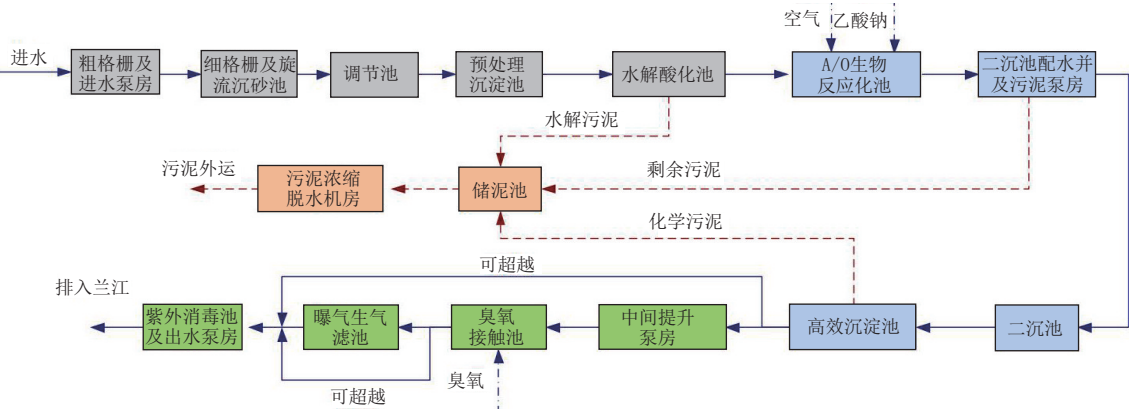


图3 工艺流程图

3 主要单元工艺设计

3.1 预处理系统

3.1.1 粗格栅及进水泵房

粗格栅及进水泵房1座,设计规模为6.0万m³/d,配备回转式格栅除污机2台,格栅间隙为20mm,配套无轴螺旋输送机及压榨机各1套。进水泵房内配置4台潜水离心泵。

3.1.2 细格栅及曝气沉砂池

细格栅及曝气沉砂池1座2池,设计规模为6.0万m³/d,沉砂池的停留时间为8min,曝气量为0.2m³/m³。配备了2套细格栅,栅隙为5mm。该单元主要作用是用于去除污水中颗粒0.2mm以上的沙

砾,保证后续生物处理系统正常运行。

3.1.3 调节池

调节池1座2池,存储容积为10000m³,水力停留时间为4h。调节池采用沟流式,对污水起均质的作用,降低了后续污水处理构筑物的冲击。

3.1.4 预处理沉淀池

预处理沉淀池1座2格,沉淀池采用高效沉淀池的型式,作用是对进入生反池前的污水进行预处理,去除污水中的SS、BOD₅、COD_{cr}和TP等污染物,分混合区、絮凝区和沉淀区。

预处理沉淀池中快混区停留时间为1.8min,絮凝区停留时间为15min,沉淀池表面水力复核为每小时8.0m³/m²,污泥回流比为1%~5%。

3.1.5 水解酸化池

新建 1 座水解酸化池,用于提高污水的可生化性,单组设计容积 10 000 m³,有效水深 6 m,水力停留时间 8 h。水解酸化池采用完全混合式,配有潜水推进器共 16 套,回流污泥来自二沉池配水井及污泥泵房,污泥回流比为 33%~100%。

3.2 生化系统

3.2.1 生物反应池

生物反应池 1 座 2 池,设计规模为 6.0 万 m³/d。生物反应池设计总停留时间为 15.0 h,其中缺氧区停留时间 5 h,好氧区停留时间 11 h,污泥浓度为 3.5 kg/m³。生物反应池有效水深为 6.0 m,气水比约 8.6:1,内回流比为 150%,外回流比为 100%。

3.2.2 二沉池配水井及污泥泵房

二沉池配水井内配备了 2 套手电两用双吊点调节堰门(3 200 mm×500 mm),通过调节堰门实现了对两座二沉池的均匀进水。同时配备了 4 台潜水离心泵(3 用 1 备),将污泥回流至水解酸化池。

3.2.3 二沉池

辐流式周进周出二沉池 2 座,主要将曝气后混合液进行固液分离。二沉池单座规模 3.0 万 m³/d,直径 42 m,池边有效水深 4.3 m。表面负荷为每小时 1.2 m³/m²,停留时间为 3.6 h,剩余污泥量为 840 m³/d。配备 2 套周边传动全桥式刮吸泥机。

3.3 深度处理系统

3.3.1 高效沉淀池

高效沉淀池 1 座 2 格,沉淀池采用高效沉淀池的型式,作用是对进入生化池前的污水进行预处理,去除污水中的 SS、BOD₅、COD_{Cr}和 TP 等污染物,分混合区、絮凝区和沉淀区。

高效沉淀池快混区停留时间为 1.8 min,絮凝区停留时间为 15 min,沉淀池表面水力复核为每小时 8.0 m³/m²,污泥回流比为 1%~5%。

3.3.2 臭氧接触池

臭氧接触池 1 座 2 池,用于将臭氧气体送入污水中,同时在臭氧接触池顶部增加紫外灯管,利用光化学氧化法的原理,使水中产生许多活性极高的自由基,将难降解有机物降解成小分子有机物,便于后续生物去除。

臭氧接触池的接触时间为 30 min,臭氧投加量为 9~18 mg/L,氧接触池内设钛板曝气盘 150 套,同时配备了 4 组紫外灯管,用于催化氧化。

3.3.3 曝气生物滤池

BAF 曝气生物滤池一座,单池设计为 12 组,设计规模为 6.0 万 m³/d,用于进一步去除污水中的有机物及 SS。曝气生物滤池设计进水中 COD_{Cr}和 SS 分别为 60 mg/L 和 20 mg/L,设计进水中 COD_{Cr}和 SS 分别为 50 mg/L 和 10 mg/L。

BAF 曝气生物滤池设计 COD_{Cr}负荷为 0.29 kg/m³·d,平均滤速为 3.7 m/h,峰值滤速为 4.8 m/h,强制滤速为 5.2 m/h。

3.4 污泥系统

一期工程中污泥脱水机房原有带式浓缩压滤机(带宽 B=2 m)2 台保留利用,本工程新增带式浓缩压滤机(带宽 B=2 m)3 台,工作时间均按每天 20 h 设计,同时新增污泥泵等配套设备,污泥经浓缩压滤脱水至含水率 80% 以下后外运处置,由于一期脱水机房安装空间不够,本工程将原有脱水机房向北扩建三跨,约 15 m。

4 运行效果及经济技术指标

本次二期扩建工程已通水运行,污水处理构筑物稳定运行,出水水质稳定达到国标一级 A 标准以下。

本次二期扩建工程工程投资为 23 593.73 万元,其中工程费用为 14 261.04 万元。吨水污水处理成本为 2.16 元,其中吨水单位处理可变成本为 1.26 元。

5 结 语

本工程进水中纺织印染废水占比较高,为保证系统的稳定运行,对进水进行预处理,提高污水的可生化性,并且降低进入后续生化系统的污染物负荷。在末端设置臭氧催化氧化+曝气生物滤池保障处理工艺。

经过多年运行,本工程能够有效处理复杂多变的进水工况。在正常进水情况下,系统运行稳定,高效沉淀池出水即可稳定达标,出水达到国标一级 A 标准。在进水水质发生突变的情况下,厂内运营单位启动臭氧催化氧化+曝气生物滤池处理工艺,可保障达标排放,工程实例为类似污水处理厂的工艺选择与设计提供借鉴及参考。

参考文献:

- [1] 浙江省环境保护科学设计研究院.一种高密度生化系统联合活性炭过滤系统的污水处理装置:中国,CN201610406729.8[P]. 2016-12-28.

(下转第 198 页)