

降低负荷+臭氧催化氧化用于张贵庄污水处理厂提标改造

王舜和, 郭淑琴, 李 朦

(天津市市政工程设计研究院, 天津 300051)

摘 要: 天津市张贵庄污水处理厂处理规模为 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 采用多级 AO + 反硝化深床滤池工艺, 原出水水质执行一级 A 排放标准, 根据天津市 2015 年颁布的地方标准《城镇污水处理厂污染物排放标准》(DB 12/599—2015), 其出水标准由一级 A 提升到天津市地标 A 标准, 故需对污水厂进行工艺改进。根据厂内运行情况及建设条件, 本工程计划采用降低深度处理负荷 + 新增臭氧催化氧化工艺的方式实现整体提标。工程总投资约 2.4 亿元, 改造工程单位投资约 1 200 元/ m^3 , 经营成本增加约 0.48 元/ m^3 。

关键词: 提标改造; 深床反硝化滤池; 臭氧催化氧化

中图分类号: X703 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)06-0056-04

Renovation Upgrading Project of Zhangguizhuang Wastewater Treatment Plant via Reduction Pollutants Load + Ozone Catalytic Oxidation Process

WANG Shun-he, GUO Shu-qin, LI Meng

(Tianjin Municipal Engineering Design & Research Institute, Tianjin 300051, China)

Abstract: The treatment capacity of Zhangguizhuang WWTP in Tianjin was $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$. When the previous treatment process was combined by multiple AO and deep-bed denitrification filter, the effluent could meet the national standard of class A. However, according to *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (DB 12/599 - 2015) promulgated in Tianjin government in 2015, the effluent quality should meet the class A of the Tianjin local standard. Therefore, the upgrading project was planned and implemented. The technical actions were reducing the pollutants loading of advanced treatment and adding an ozone catalytic oxidation unit. The total project investment was about 240 million yuan. The upgrading project construction investment was about 1 200 yuan/ m^3 , while the operation cost was increased by 0.48 yuan/ m^3 .

Key words: upgrading project; deep-bed denitrification filter; ozone catalytic oxidation

1 工程概况

天津市张贵庄污水处理厂处理规模为 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 始建于 2010 年, 2012 年 4 月正式投入使用, 并在 2013 年获得国家建设工程鲁班奖, 2014 年获全国工程建设项目优秀设计成果一等奖。该厂自建成至今稳定运行, 出水标准为一级 A 标准, 为天津市及东丽区水环境污染治理提供了有力支持。

2015 年 10 月 1 日天津市《城镇污水处理厂污

染物排放标准》(DB 12/599—2015) 正式开始实施。根据该标准, 张贵庄污水处理厂 2018 年 1 月 1 日起需按照 A 类出水标准运行, 因此必须对污水厂进行工艺改进。改造工程采用降低深度处理负荷 + 新增臭氧催化氧化工艺。

2 工程现状分析

2.1 设计水质

本工程设计进、出水主要指标见表 1。

表 1 进、出水设计指标

Tab. 1 Design influent and effluent quality

项 目	BOD ₅ / (mg · L ⁻¹)	COD/ (mg · L ⁻¹)	SS/ (mg · L ⁻¹)	NH ₃ - N/ (mg · L ⁻¹)	TN/ (mg · L ⁻¹)	TP/ (mg · L ⁻¹)	色度/ 倍
进水	300	500	400	55	70	8	未统计
国标一级 A	10	50	10	5(8)	15	0.5	30
地标 A 标准	6	30	5	1.5(3)	10	0.3	15

2.2 现状工艺流程

本工程目前采用的工艺流程见图 1,主要分为预处理、生物处理、深度处理、再生水处理、污泥处理处置五个部分。预处理包括进水提升、粗细格栅、曝气沉砂池;生物处理包括多级 AO 反应池、二沉池;深度处理包括二次提升泵房、机械混合絮凝池、斜管沉淀池、反硝化深床滤池、接触消毒池。处理后的污水一部分通过出水泵房排放至东丽区河道水系,一部分进入再生水处理系统。再生水处理采用双膜法+臭氧脱色,消毒后由送水泵房送至用户。处理厂内产生的污泥经过机械浓缩脱水后进入厂内好氧发酵污泥处理中心,处理后的污泥用于园林绿化。

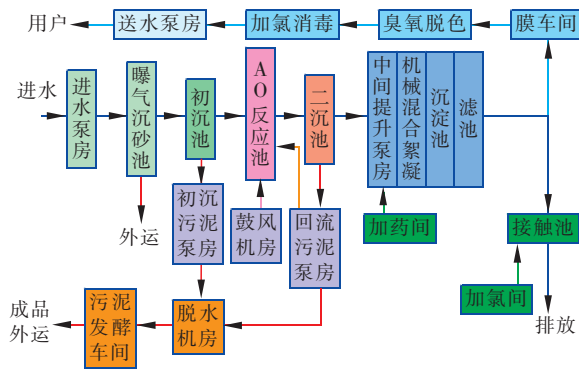


图 1 一期工艺流程

Fig. 1 Flow chart of the process of first-phase project

2.3 现状运行情况

现状进水各项指标波动范围较大,但多为短期波动,水质平均值尚在设计范围内(见表 2)。出水各指标均能稳定达到一级 A 标准。

表 2 现状进、出水水质(2014 年—2016 年)

Tab. 2 Present influent and effluent quality(2014 -2016)

项 目	COD	BOD ₅	SS	NH ₃ - N	TN	TP
进水	114 ~ 1 540	49 ~ 486	73 ~ 843	8.1 ~ 77	27.1 ~ 113.5	1.09 ~ 20.2
出水	7 ~ 40	1 ~ 5	1 ~ 7	0.1 ~ 4	6.5 ~ 13.9	0.1 ~ 0.48

3 改造工程设计方案

3.1 主要改造目标及改造方案

本工程出水 BOD₅ 和 NH₃ - N 指标已基本达到地标 A 标准的要求,不作为改造的重点。而 COD、SS、TN、TP 的处理效果均需做提升,此外还必须考虑色度的去除问题。综合分析后确定采用降低原深度处理负荷和增加高级氧化处理工艺的设计方案。具体改造目标优先次序和改造方案见表 3。

表 3 改造目标优先次序和改造方案

Tab. 3 Renovation target priority and scheme

项 目	重点控制优先次序	对策与措施	改造方案
TN	第①	完全硝化、高效反硝化处理工艺	强化生物处理脱氮能力,增加一组高效沉淀及反硝化滤池,必要时启动反硝化深床滤池的 TN 处理功能
COD	第②	足够的 MLSS, 充分曝气反应,难降解有机物的处理	增加高级氧化处理工艺
色度	第③	充足的生物反应、过滤及脱色处理	增加脱色处理工艺
SS	第④	高效的沉淀、过滤工艺	增加一组高效沉淀及反硝化滤池,降低原系统负荷
TP	第⑤	强化生物除磷、强化化学辅助除磷、确保出水 SS 在 5 mg/L 以下	增加一组高效沉淀及反硝化滤池,降低原系统负荷
NH ₃ - N	第⑥	充足泥龄,充分曝气,完全硝化	优化生物池的运行
BOD ₅	第⑦	充足泥龄,充分曝气,完全硝化	优化生物池的运行

3.2 改造方案的设计

3.2.1 深度处理方案

原深度处理系统采用高效沉淀池+反硝化深床滤池工艺,在近 4 年的运行中处理效果较好。本次改造降低其设计负荷,计划将其中 10 × 10⁴ m³/d 污水分流至新建的一组高效沉淀池和反硝化深床滤池,其中高效沉淀池用于除磷和 SS,反硝化深床滤池用于除 SS 并在必要时启动 TN 处理功能。

为方便运行,将高效沉淀池和滤池设计为可独立运行也可联合同时运行,共提出三种运行模式,在保证工艺达标运行的基础上,运行管理方可根据污水进水水质的实际情况灵活运行,达到进一步节省运行成本的目的。

① 模式一:混合—絮凝—沉淀池—反硝化深床滤池—出水;

② 模式二:混合—絮凝—沉淀池—出水;

③ 模式三:反硝化深床滤池—出水。

新建深度处理设施工艺尺寸约 $68\text{ m} \times 67\text{ m}$, 分为 2 个系列, 每个系列含 1 座提升泵房、1 座混合池、2 座絮凝池、2 座高效沉淀池和 1 座反硝化深床滤池。沉淀池上升流速为 6.9 m/h , 反硝化深床滤池单系列为 5 格, 单格尺寸为 $28\text{ m} \times 3.56\text{ m}$, 滤床深度约 1.8 m , 峰值滤速为 5.5 m/h 。气冲强度为 $92\text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$, 水冲强度为 $14.7\text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。分流后原深度处理沉淀池上升流速下降到 6.9 m/h , 反硝化滤池峰值滤速下降到 4.0 m/h 。

3.2.2 高级氧化工艺方案

对于溶解性难降解 COD 的去除, 常用工艺有高级氧化工艺、活性炭吸附工艺。高级氧化工艺主要是芬顿氧化法和臭氧催化氧化法。活性炭吸附工艺饱和炭必须再生, 否则运行成本高, 而活性炭再生工艺复杂、占地面积大, 在大型污水厂很难采用。芬顿氧化法操作复杂, 产物难处理, 在大型污水厂缺乏使用经验, 因此本工程推荐采用臭氧催化氧化法。

臭氧催化氧化技术是一种高效的污水深度处理技术, 也是近年来工业污水处理领域的研究热点。主要机理是臭氧通过催化剂的作用, 形成羟基自由基, 可无选择性地有害物氧化成 CO_2 、 H_2O 或矿物盐, 无二次污染。该工艺在国内已有较多的工程案例, 可以对难降解 COD 实现稳定的处理效果, 同时去除出水中的色度, 获得较好的感官效果。

根据设计经验和设计手册, 通常在不增加催化剂的条件下, 去除 1 mg/L COD 所需臭氧为 $2 \sim 4\text{ mg/L}$, 即比例为 $1:(2 \sim 4)$, 但若按此进行设计, 臭氧投加量将会很高, 显著增加运行成本。为确保设计参数的合理性, 现场采集了张贵庄污水厂水样进行臭氧催化氧化试验, 在有催化剂和高效臭氧溶气装置的条件下进行试验。结果见表 4。可见, 催化氧化对 COD 有较好的去除效果, 随着臭氧投加量的增加, 对 COD 的去除量也在上升, 比值基本在 $0.78 \sim 1.21$ 之间, 与其他类似水厂的经验相符, 可以作为设计的参考依据。新建臭氧催化氧化池尺寸约 $48\text{ m} \times 41\text{ m}$, 分为 2 个系列, 每个系列含 3 格串联的臭氧氧化池。设计停留时间为 60 min , 设有催化剂

及高效臭氧溶气装置。采用 5 台 40 kg/h 臭氧发生器(4 用 1 备), 最大臭氧投加量为 200 kg/h , 约 24 mg/L , 预计可实现去除 COD 20 mg/L 。配套气源采用液态氧气, 储存量为 2 台 50 m^3 液氧罐。

表 4 试验结果对比

Tab. 4 Comparison of test results

取样位置	臭氧投加量/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	反应时间/ min	COD 值/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	去除 COD 与 臭氧投加量 的比值
总出水	11	0	34.3	0.78
		20	27.0	
		40	22.2	
		60	20.22	
总出水	10.6	0	30.9	1.21
		20	26.1	
		40	26.1	
		60	22.13	
二沉池出水	16	0	40.3	1.11
		20	34.3	
		40	30.0	
		60	25.94	
二沉池出水	15	0	51.1	0.98
		20	44.9	
		40	38.7	
		60	35.85	
总出水	10.8	0	29.4	0.82
		20	25.7	
		40	23.7	
		60	16.3	

4 最终工艺流程

最终确定的提标改造工艺流程见图 2。

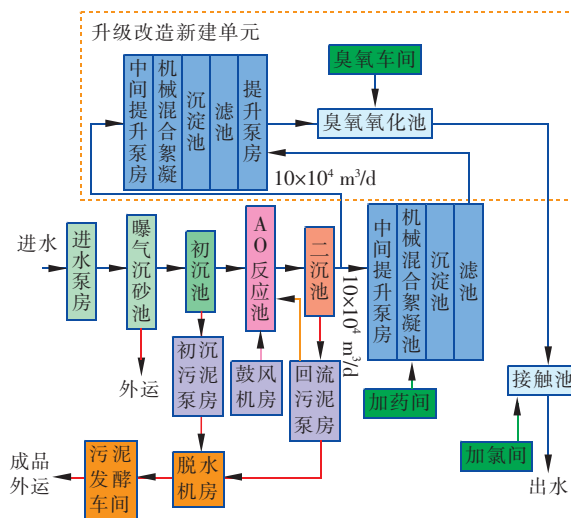


图 2 提标改造后工艺流程

Fig. 2 Flow chart of the process of upgrading project

(下转第 62 页)