



DOI 10.12030/j.cjee.202311093 中图分类号 X703 文献标识码 A

污水处理厂提标改造关键技术与工程实践

丰元¹, 张静雯^{1, 2, 3}, 栗勇田^{1, 2, 3}

1. 润田环境工程有限公司, 长沙 410221; 2. 天津大学环境科学与工程学院, 天津 300072; 3. 河北省河道水质净化及生态修复重点实验室, 秦皇岛 066000

摘要 河北省某市政污水处理厂一、二期工程规模均为 $3.0 \times 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$, 原采用以“水解酸化池-连续进水周期循环曝气活性污泥系统 (CASS 池)-臭氧接触氧化池”为核心的处理工艺。由于该污水处理厂运行时间较长、周边城镇污水收集量不断上升, 以及排放标准有所提高, 导致该污水处理厂的处理能力相对不足, 出水水质无法达标。经多方工艺论证, 并结合用地限制、运行现状和经济指标等因素, 针对生化需氧量 (BOD_5)、化学需氧量 (COD_{Cr})、氨氮 ($\text{NH}_3\text{-N}$)、总氮 (TN) 以及总磷 (TP) 等指标, 对该污水处理厂的生化处理部分采用水解酸化池改造为厌/缺氧池, 并在厌/缺氧池内增加弹性填料的提标改造措施, 深度处理部分采用臭氧接触氧化池改造为臭氧催化氧化池的提标改造措施, 并对工艺调试期间各主要处理单元的进、出水水质进行了分析。结果表明, 提标改造后的污水处理系统运行良好, 具有污染物去除率高、处理效果稳定、抗冲击性强等优点, COD_{Cr} 和 TP 的排放浓度分别降低至 $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $0.2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 以下, 出水水质稳定达到《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002) 中Ⅲ类水标准, 同时达到《大清河流域水污染物排放标准》(DB 13/2795-2018) 中核心控制区排放限值。该研究结果可为类似污水处理厂的提标改造提供理论参考。

关键词 污水处理厂; 提标改造; 深度处理; 工艺调试

20 世纪 80 年代以来, 我国经济的快速发展, 城市人口的迅速增加以及城镇化率的不断提升, 导致包括污水在内的环境污染以及生态破坏问题逐渐突出。河北省大部分的污水处理厂执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002) 中的一级 A 标准。为保证生态环境的可持续发展, 城镇污水处理的排放标准也随之提高^[1]。2018 年, 河北省发布地方标准《大清河流域水污染物排放标准》(DB 13/2795-2018), 规定了河北省大清河流域内 BOD_5 、 COD_{Cr} 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TN 以及 TP 等水污染物的排放限值, 限值远高于之前执行的一级 A 标准。考虑到现状污水处理厂厂区内可用地面积的限制以及错综复杂的地下管路, 以及保证污水处理厂不进行停产, 保护下游受纳水体, 且运行过程中进水水质波动较强烈, 须在污水处理厂原有工艺的基础上强化生化处理部分及深度处理部分, 以保证出水水质稳定达标。

刘科军等^[2]通过将水解酸化池及曝气池改造为厌氧-缺氧-好氧 (A^2/O) 池, 用于强化除磷脱氮。出水执行 DB 32/1072-2018《太湖地区城镇污水处理厂及重点工业行业主要水污染物排放限值》, 有效解决当地污水量的增加与处理能力不足的矛盾, 为当地污水提质增效的开展提供保证, 也为类似污水处理厂的转改造及利用提供参考。程明涛等^[3]对二沉池出水采用气浮+臭氧催化氧化进一步处理, 对苏南地区某工业污水厂按照《太湖地区城镇污水处理厂及重点工业行业主要水污染物排放限值》(DB 32/1072-2018) 进行提标改造, 结果表明臭氧催化氧化对生化段出水中的难降解 COD_{Cr} 有较好的去除效果。

河北省某市政污水处理厂自 2009 年开始投入使用, 运行至今, 该污水处理厂的处理能力已难以满足日趋增长的水质需求, 主要水污染物排放浓度不能达到地方排放限值, 必须实施提标改造。为贯彻执行河北省相关的法规及标准, 本研究根据污水处理厂的实际情况和污染物的不同降解要求, 本着运行安全、维修方便、造价经济的原则, 拟对该污水厂处理厂在原有工艺的基础上, 提出了将水解池改造为厌/缺氧池和采用臭氧催化氧化技术进行深度处理的提标改造方案, 并对工艺调试期间各主要处理单元的进、出水水质进行了分

收稿日期: 2023-11-16; 录用日期: 2024-02-01

基金项目: 河北省创新能力提升计划资助项目 (215A7608D)

第一作者: 丰元 (1986—), 女, 硕士, 高级工程师, fengyuan@raingroup.com.cn 通信作者: 张静雯 (1997—), 女, 硕士, zhangjingwen927@163.com

析,为类似污水处理厂的提标改造提供参考。

1 工程概况与提标改造方案

1.1 工程概况

污水处理厂位于河北省中部平原某县城,一期工程于 2009 年竣工投入使用,规模为 $3.0 \times 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$,二期工程于 2019 年竣工投入使用,处理规模为 $3.0 \times 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$,一二期总处理规模为 $6.0 \times 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ 。具体工艺流程如下:预处理-水解酸化池-连续进水周期循环曝气活性污泥系统(CASS 池)-混凝沉淀池-超滤-臭氧接触氧化池-接触消毒池-排放。

运行至今,随着城市化进程的不断加快,周边城镇生活污水收集量不断上升,且城镇污水处理的排放标准有所提高,导致该污水处理厂的处理能力相对不足, BOD_5 、 COD_{cr} 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TN 以及 TP 的出水水质均无法达标(见表 1),并且受工业废水的影响,进水水质波动和冲击明显,影响生物系统的稳定运行。根据污水处理厂提供的资料可知,本项目现状采用絮凝沉淀和超滤膜过滤,出水 SS 可达到 $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 以下。因此 SS 不是本次工程的去除难点;本次工程的进口污水含有 30% 左右的工业废水,具有较好的可生化性,且污水处理厂现状采用具有硝化反硝化功能的处理工艺,适当增加曝气供氧,出水 BOD_5 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 即可达到设计指标。此外,污水处理厂设计和运营中,总氮和总磷的协调去除一直是一个难题。尤其是当进水中含有难以氨化的溶解性有机氮时,会给总氮的去除带来巨大困难。本次设计出水指标 $\text{TN} \leq 10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,从现状污水厂实际出水来看,为了保证 TN 稳定达标,需要强化生化处理系统。

表 1 现状出水及本次设计进、出水水质指标和核心控制区排放限值

Table 1 Current effluent and water quality indicators for this design, as well as effluent limits for core control areas $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$					
出水标准	BOD_5	COD_{cr}	$\text{NH}_3\text{-N}$	TN	TP (以 P 计)
现状出水水质	6	30	1.5 (2.5)	15	0.3
核心控制区排放限值	≤ 4	≤ 20	≤ 1.0 (1.5)	≤ 10	≤ 0.2
本次设计进水指标	180	350	30	40	3
本次设计出水指标	4	20	1.0 (1.5)	10	0.2
去除率/%	97.78	94.29	96.67	75	93.33
去除量/ ($\text{t} \cdot \text{a}^{-1}$)	3854.4	7227	635.1	657	61.32

注:氨氮排放限值括号外数值为水温 $> 12 \text{ }^\circ\text{C}$ 时的控制指标,括号内的数值为水温 $\leq 12 \text{ }^\circ\text{C}$ 时的控制指标。

然而, COD_{cr} 和 TP 的控制要求较高,特别是在进水 COD_{cr} 达 $350 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,仍要出水控制在 $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 以下,去除率需达 94.29%;在进水 TP 达 $3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的情况下,要保持出水指标稳定控制在 $0.2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 以下。因此,本次提标改造的处理难点为保证 COD_{cr} 和 TP 的稳定达标。可优先考虑通过优化生化处理部分工艺运行;也可适当有针对性地增加 COD_{cr} 、TP 的深度处理工艺,以确保各项指标全面达到排放限值。

提标改造后,该污水处理厂的出水水质达到《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002) 类三类水标准,同时达到《大清河流域水污染物排放标准》(DB 13/2795-2018) 核心控制区排放限值(见表 1)。

1.2 提标改造方案

本次工程在污水处理厂现状规模基础上进行提标改造,故本次工程规模与现状一致,分一期和二期建设,总处理规模为 $6 \times 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ 。根据该污水处理厂的水质特点、用地限制、运行现状和经济指标等因素,得到本次提标改造工程的主要改造方向。

首先,保障生化处理系统的处理效果。一级处理及二级处理工艺路线保持现状,但是结合本次提标对 BOD_5 、氨氮、 COD_{cr} 等污染物的处理要求,必须保证生化处理系统的处理效果,应对生化处理系统进行改造强化^[2]。为了满足处理水质要求,扩充生化池的池容是解决生化池问题的最直接有效的方法。然而,考虑到污水处理厂厂区内可用地面积的限制以及错综复杂的地下管路;以及保证污水处理厂不进行停产,保护下游接纳水体,结合本项目实际情况确定的生化处理系统改造方案是将水解酸化池改造为厌/缺氧池。因现有水解

酸化池中的斜板已拆除,水解酸化效果不佳,对整个生化系统作用较小,为了更好地提高厂区生化系统的生化性,可在池内增加填料,增加池体的容积负荷,另外在 CASS 池中增加回流泵进行污泥回流,将水解池改造为厌/缺氧池^[4]。根据《大清河流域水污染物排放标准》核心控制区排放限值规定污水中总磷含量需 $\leq 0.2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,现通过回流来提高 TP 的去除率,从而保证生化系统良好的脱氮除磷效果。

其次,强化深度处理工艺。由于本工程收水范围内存在一定数量的工业企业,难降解 COD_{cr} 的含量较多,并且本次提标对 COD_{cr} 和 TP 出水指标的要求较高。因此,在充分考虑现有设施的前提下,强化深度处理工艺^[5]。该污水处理厂现状采用臭氧接触氧化技术,已有臭氧接触池和臭氧制备系统,但为了保证 COD_{cr} 和 TP 出水指标稳定达标,需对此部分进行提标改造。臭氧催化氧化技术可明显的提高臭氧的溶气效率,减少臭氧的投加量,从而降低运行费用^[6]。因此,此次提标充分利用现有条件,可将臭氧接触氧化增强为臭氧催化氧化。

综上,本次工程污水提标处理采用“预处理-厌/缺氧池-CASS 池-混凝沉淀池-超滤-臭氧催化氧化池-接触消毒池-达标排放”工艺,提标改造后的工艺处理效率更高,安全性和经济性更强,处理后的污水稳定达标。该污水处理厂的现状和改造后的工艺流程图见图 1。

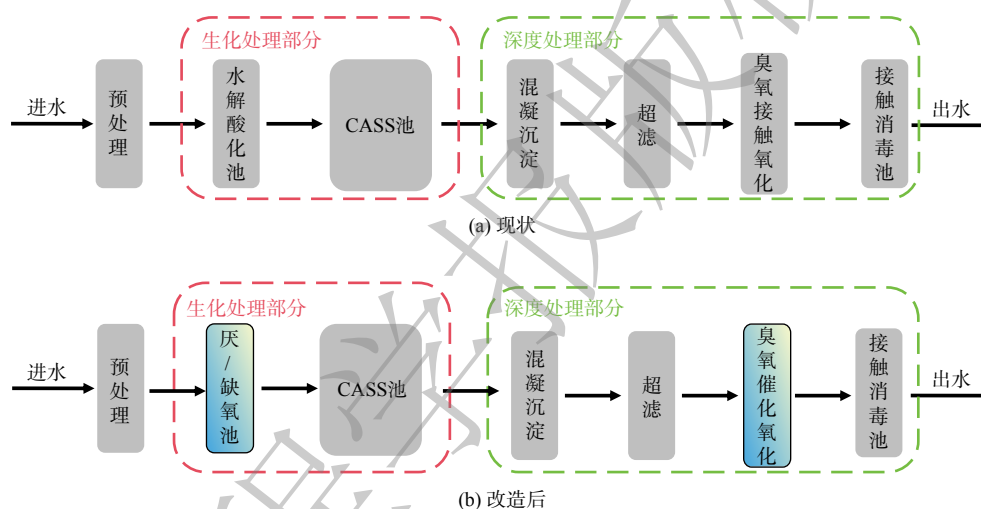


图 1 污水处理厂的工艺流程图(现状和改造后)

Fig. 1 Flow chart of the sewage treatment plant (current state and after reconstruction)

1.3 水质参数测试方法

本次提标改造工程完成后,分别取各段单体的进出水进行分析。根据《大清河流域水污染物排放标准》(DB 13/2795-2018)要求,对运行阶段主要水质参数的测试方法进行选择(见表 2)。

表 2 水质参数的测试方法

Table 2 Testing methods for water quality parameters

水质参数	测试方法	方法来源	仪器信息
COD_{cr}	氯气校正法	HJ/T 70 高氯废水 化学需氧量的测定	—
$\text{NH}_3\text{-N}$	气相分子吸收光谱法	HJ/T 195 水质 氨氮的测定	气相分子吸收光谱仪 上海北裕 GMA450 中国
TN	气相分子吸收光谱法	HJ/T 199 水质 总氮的测定	气相分子吸收光谱仪 上海北裕 GMA450 中国
TP	钼酸铵分光光度法	GB/T 11893 水质 总磷的测定	分光光度计 Agilent Cary60 美国

2 工程运行效果分析

2.1 主要工艺及设计参数

1) 预处理阶段。本工程进水主要为生活污水,还有 30% 左右的工业污水(皮毛燃料、皮革毛纺类污水)。

本项目现状的预处理工艺选用粗、细格栅及旋流沉砂池,有效去除污水中的悬浮物和漂浮状态的固体污染物,稳定污水水质,减轻了后端生化处理的难度。本次提标改造保留此段工艺。

2) 生化处理阶段。污水经过预处理后进入生化处理阶段,有效提高了污水的可生化性,降解了污水中部分污染物。

污水处理厂现状为一二期共用一个水解酸化池。本次改造具体如下:在 CASS 池中增加回流泵进行污泥回流,将水解酸化池改造为厌/缺氧池;并在厌/缺氧池内增加弹性填料,弹性填料上形成生物膜,为微生物提供附着环境,增加池体负荷,增强生化系统处理效果。厌/缺氧池的设计参数如表 3 所示。

CASS 池一期和二期的设计参数如表 4 所示。本次提标改造保留此段工艺,并在现有 CASS 池的基础上补充悬浮填料,补充生物量,提高处理效率。

3) 深度处理阶段。污水经生化处理后,绝大部分可生化降解污染物都已被去除,进入深度处理单元的废水所含可溶性污染物基本为难生化降解物质。本工程的深度处理部分采用臭氧催化氧化技术作为主体,实现对难生化降解有机物的进一步去除。

混凝沉淀阶段:污水处理厂现状采用机械混合絮凝加斜板沉淀池进行混凝沉淀,工艺效果良好。本次提标改造保留此段工艺。

超滤阶段:污水处理厂现状采用超滤膜设备进行过滤,对污水进行进一步净化,去除部分悬浮物携带的 COD_{cr} 和浊度,工艺效果良好。本次提标改造保留此段工艺。

臭氧催化氧化阶段:污水处理厂现状采用臭氧接触氧化法,已有臭氧接触池和臭氧制备系统。本次改造具体如下:将臭氧接触氧化池改造为臭氧催化氧化池,对污水中剩余难降解的有机污染物进行改性,在催化剂的作用下产生羟基自由基,利用羟基自由基的强氧化性打断高分子有机物的化学键。通过三段的臭氧投加,充分降解了污水中的难降解有机物,使出水水质稳定达标。臭氧催化氧化池的设计参数如表 5 所示。

接触消毒池:污水处理厂现状可选择性投加 10% 的次氯酸钠溶液,对臭氧催化氧化出水进行消毒,并在污水系统受到冲击时可用于去除出水色度,同时,由于次氯酸钠的强氧化作用,对出水中 COD_{cr} 有进一步去除的作用。本次提标改造保留此段工艺。臭氧催化氧化与次氯酸钠灵活启用。提标改造工程建成以后,当出水 COD_{cr} 高于 $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,启用臭氧催化氧化系统,在去除难降解 COD_{cr} 的同时起到消毒作用,后续处理不再需要运行次氯酸钠消毒系统;当出水 COD_{cr} 低于 $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,可以不启用臭氧催化氧化系统,仅启用次氯酸钠消毒系统。

2.2 系统运行效果

本次提标改造工程完工后,进行了长达 2 个多月的调试和试运行。在此期间,实时跟踪检测各主要处理工艺的进出水质。

调试阶段,一期和二期的生化处理部分对 COD_{cr} 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TN 以及 TP 的去除效果见图 2 和图 3。提标后的生化处理部分去除性能得到显著提升,分析原因为提标后增加的厌/缺氧池提高污水在生物反应池内的停

表 3 厌/缺氧池的设计参数

Table 3 Design parameters for anaerobic and anoxic tanks

单体名称	处理水量/ ($\text{mg} \cdot \text{d}^{-1}$)	有效 水深/m	有效容积/ m^3	水力停留时 (HRT)/h	填料 高度/m
厌/缺氧池	6×10^4	6	10 700	4.28	4

表 4 CASS 池一期和二期的设计参数

Table 4 Design parameters for the Phase I and Phase II projects of the CASS pool

CASS池工艺参数	一期	二期
处理水量/ ($\text{mg} \cdot \text{d}^{-1}$)	3×10^4	3×10^4
分格数/格	4	4
总HRT/h	14.69	19.02
总池容/ m^3	18 360	23 780
有效水深/m	5.0	5.0
预反应区有效池容/ m^3	1 800	2 378
主反应区有效池容/ m^3	16 560	21 402
设计污泥浓度/ ($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)	4.0	4.0
运行周期	4 h (曝气 2 h, 沉淀 1 h, 滗水 1 h)	4 h (曝气 2 h, 沉淀 1 h, 滗水 1 h)

表 5 臭氧催化氧化池的设计参数

Table 5 Design parameters of ozone catalytic oxidation tank

单体名称	处理水量/ ($\text{mg} \cdot \text{d}^{-1}$)	催化氧化 时间/min	臭氧最大 投加量/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)
臭氧催化氧化池	$Q_{(-\text{期})} = Q_{(\text{二期})} = 3 \times 10^4$	6	10 700

留时间,强化生物脱氮除磷能力;在原有生物反应池内投加悬浮填料,增加池内的生物量,并提升生物反应池的内回流比,强化生物处理能力。

调试期间,污水厂一期进水 COD_{cr} 为 $245\sim 382\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 平均 COD_{cr} 为 $337\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$; 生化处理后出水 COD_{cr} 为 $28\sim 59\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 平均 COD_{cr} 为 $38\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。污水厂二期进水 COD_{cr} 为 $244\sim 367\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 平均 COD_{cr} 为 $304\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$; 生化处理后出水 COD_{cr} 为 $30\sim 46\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 平均 COD_{cr} 为 $35\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。可见经过提标

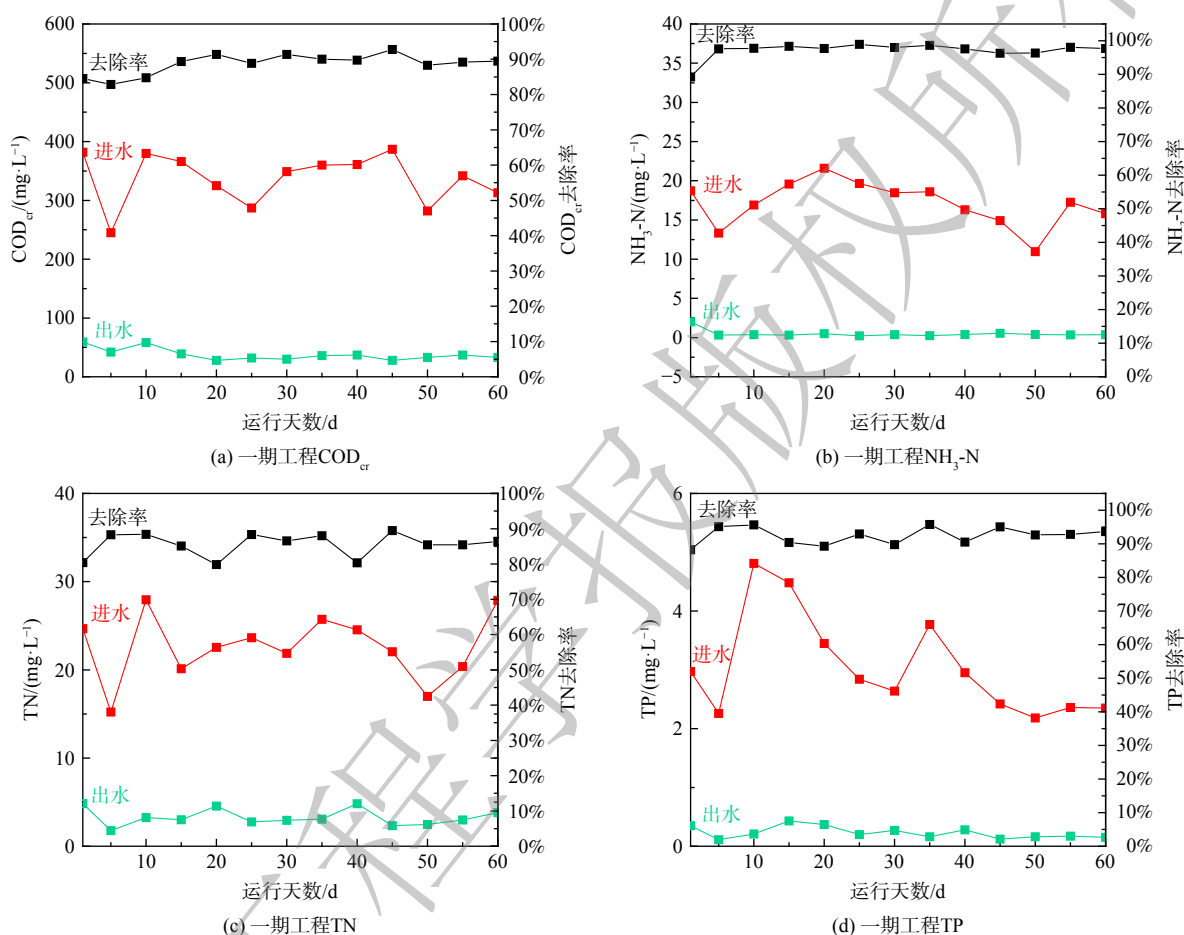
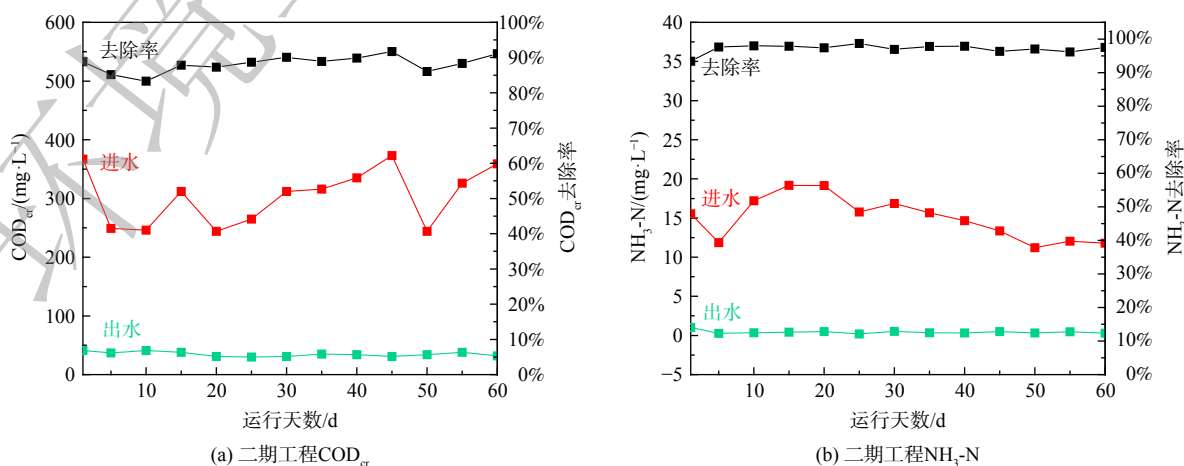


图2 一期工程生化处理部分的去除效果 (COD_{cr} 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TN 以及 TP)

Fig. 2 Removal effect of the biochemical treatment part in Phase I project (COD_{cr} , $\text{NH}_3\text{-N}$, TN and TP)



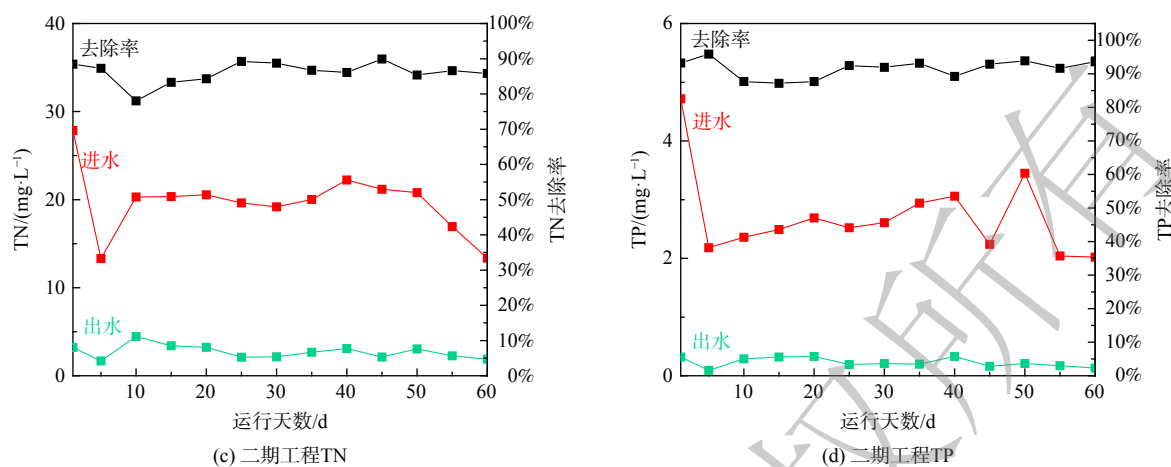


图3 二期工程生化处理部分的去除效果 (COD_{cr}、NH₃-N、TN 以及 TP)

Fig. 3 Removal effect of the biochemical treatment part in Phase II project (COD_{cr}, NH₃-N, TN and TP)

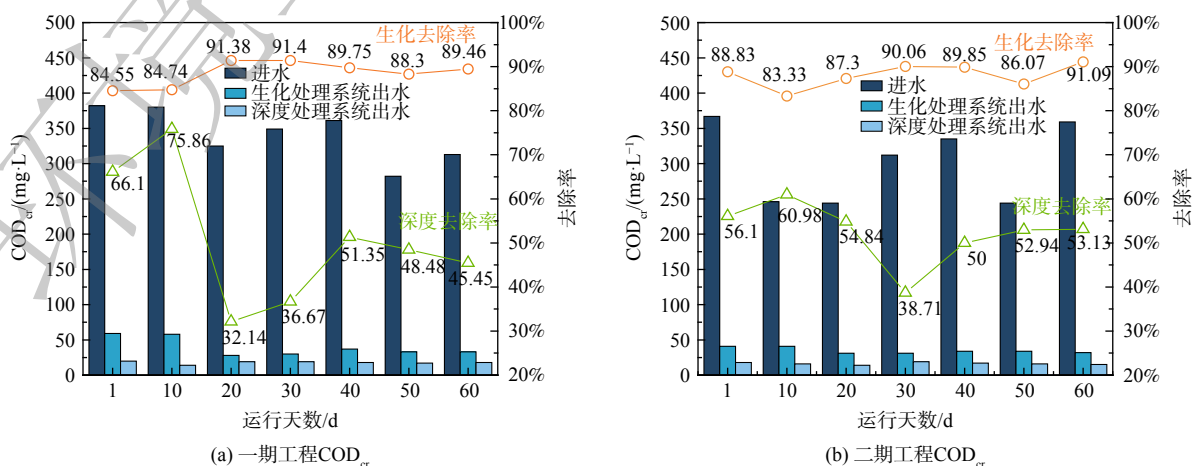
改造后的一二期工程的生化段对 COD_{cr} 均具有良好的处理效果。工艺调试前期, 适应环境的微生物数量较少、活性较差, 导致 COD_{cr} 去除率相对较低, 经过约 15 d 的培养驯化, 活性污泥系统逐渐成熟稳定, COD_{cr} 去除率也逐渐升高并趋于稳定。然而, 出水水质的 COD_{cr} 浓度仍高于设计出水标准 (COD_{cr} ≤ 20 mg·L⁻¹), 因此仍需进行深度处理, 进一步降低 COD_{cr} 的出水浓度。

调试期间, 污水处理厂的一二期生化处理对 NH₃-N 的平均处理效率均达到 97% 以上, 具有较高且稳定的 NH₃-N 去除率。本工程改造后的生化处理反应池停留时间长, 硝化反应充分, 出水 NH₃-N 可以稳定达标。相关研究表明, 亚硝酸盐积累会抑制氨氧化菌和亚硝酸盐氧化菌的活性, 从而对硝化反应产生抑制作用。经检测, 本工程不存在亚硝酸盐积累的情况, 说明提标改造后的硝化菌群培养驯化成熟, 硝化反应良好, 对 NH₃-N 的去除效果良好。

调试期间, 污水处理厂的一二期生化处理的进水 TN 浓度的平均值分别为 23 和 20 mg·L⁻¹, 出水 TN 浓度的平均值均为 3 mg·L⁻¹, 平均去除率均为 86%, 出水水质明显优于设计出水标准 (TN ≤ 10 mg·L⁻¹)。尽管进水 TN 的浓度波动较大, 但经过生化处理后, 出水 TN 的浓度仍然保持稳定且达到标准。这说明该工艺硝化和反硝化作用充分, 对于 TN 浓度波动较大的进水水质具有很好的抗冲击性。

调试期间, 一二期生化处理的进水 TP 平均值分别为 3 和 2.7 mg·L⁻¹, TP 平均去除率均为 92%, 出水水质稍高于设计出水标准 (TP ≤ 0.2 mg·L⁻¹), 因此仍需进行深度处理, 进一步降低 TP 的出水浓度。虽然生物池进水 TP 波动较大, 但二沉池出水 TP 一直维持在 0.5 mg·L⁻¹ 以下, 说明该工艺对进水 TP 的波动具有很强的抗冲击性。

从图4可以看出, 生化处理系统出水 COD_{cr} 通过深度处理工艺得到有效的降解, 首先经混凝沉淀阶段和



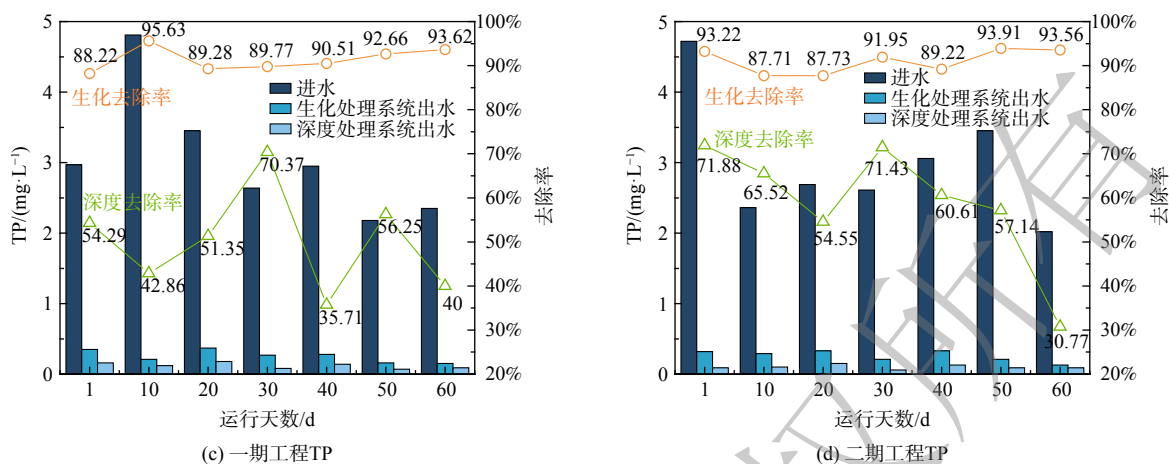


图4 一、二期工程生化处理部分与深度处理部分的协同去除效果 (COD_{cr} 和 TP)

Fig. 4 Synergistic removal effect of the biochemical treatment and advanced treatment processes in Phase I and Phase II projects (COD_{cr} and TP)

超滤阶段去除部分胶体和悬浮态 COD_{cr}, 出水难降解 COD_{cr} 经臭氧氧化后开环断链, 生成有机酸和醛酮类小分子在池内进一步去除。生化处理系统出水 TP 在深度处理系统中采用的化学除磷, 即混凝沉淀, 得到了进一步去除。深度处理系统的去除率波动较大, 主要是因为进入深度处理系统的污染物浓度数值较小但波动较大, 且出口污染物浓度较稳定, 导致深度去除率波动较明显, 侧面也反映了深度处理系统的稳定性。总之, 通过提标改造后的生化处理系统以及深度处理系统的双重处理, 保障了出水 COD_{cr} 和 TP 稳定达标。

深度处理部分经过提标改造后, 一、二期的 COD_{cr}、NH₃-N、TN 以及 TP 各项指标的出水浓度如图 5

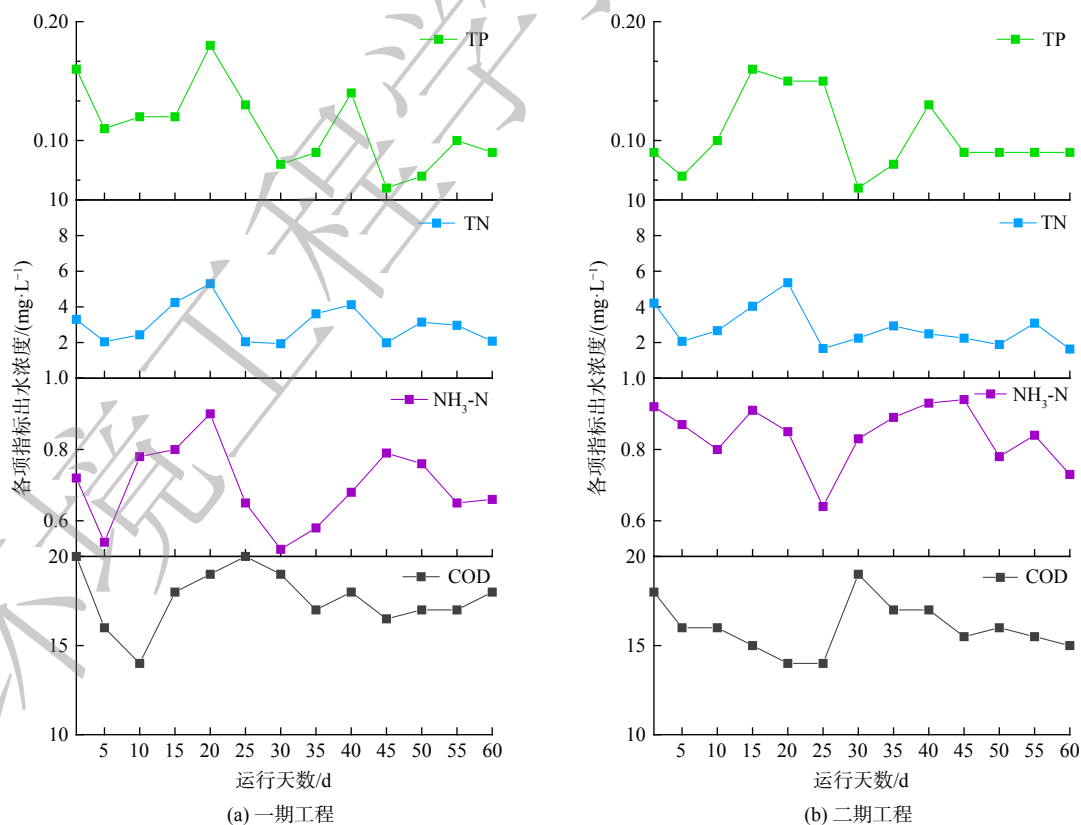


图5 一、二期工程深度处理后各项指标的出水浓度 (COD_{cr}、NH₃-N、TN 以及 TP)

Fig. 5 Effluent concentrations of various indicators after advanced treatment in Phase I and Phase II projects (COD_{cr}, NH₃-N, TN and TP)

所示。调试期间,随着每日进水水质和工况的变化,各项指标的出水水质也随之波动,但是各种污染物在深度处理后均能够稳定去除,出水水质指标均优于设计指标,达到标准要求的排放限值。这说明提标改造后的深度处理系统具有较强的污染物去除能力和抗冲击性。

3 结论

1) 生化处理阶段采用水解酸化池改造为厌/缺氧池,并在厌/缺氧池内增加弹性填料的提标改造措施,生化处理系统具有配菌启动快、抗冲击性强以及污染物去除率高效稳定等优势。

2) 深度处理阶段采用臭氧接触氧化池改造为臭氧催化氧化池的提标改造措施,经调试后出水水质稳定, COD_{cr} 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 TN 以及 TP 等各项出水指标均优于本次提标改造的设计标准,达到《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002) 中类三类水标准限值,同时达到《大清河流域水污染物排放标准》(DB 13/2795-2018) 中核心控制区排放限值。

3) 实践证明,本次针对该污水处理厂的提标改造工艺具有污染物去除率高、处理效果稳定、抗冲击性强、运行成本低等优点,在城镇污水处理厂提标改造工程中的应用前景十分广阔。

参考文献

- [1] 张岚欣,董俊,刘鲁建,等.湖北省某市政污水处理厂提标改造工程设计[J].环境工程,2023,41(S1):171-173+178.
- [2] 刘科军,徐清.马杭污水处理厂提标改造工程设计[J].水科学与工程,2023(4):45-48.
- [3] 程明涛,张万里.气浮+臭氧催化氧化用于工业园区污水厂提标改造[J].中国给水排水,2023,39(24):134-139.
- [4] 施毅.污水处理厂氧化沟工艺改造研究[J].中国资源综合利用,2023,41(9):176-178.
- [5] 申世峰,李劭,熊会斌,等.某工业集聚区污水处理厂高标准提标改造设计及运行效果分析[J].给水排水,2023,59(8):52-58.
- [6] 李琦,纵瑞耘.高级氧化技术处理有机废水的研究进展[J].山东化工,2023,52(13):114-116+121.

(责任编辑:金曙光)

Key technologies and engineering practices for upgrading and renovating sewage treatment plants

FENG Yuan¹, ZHANG Jingwen^{1,*}, LI Yongtian^{1,2,3}

1. Runtian Environmental Engineering Co., Ltd., Changsha 410221, China; 2. Institute of Environmental Science and Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China; 3. Hebei Key Laboratory of River Water Quality Purification and Ecological Restoration, Qinhuangdao 066000, China

*Corresponding author, E-mail: zhangjingwen927@163.com

Abstract The Phase I and Phase II projects of a municipal sewage treatment plant in Hebei Province each have a capacity of $3.0 \times 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. The core treatment process consists of a "hydrolysis acidification tank" followed by a "continuous inflow cycle circulation aeration activated sludge system (CASS tank)" and an "ozone contact oxidation tank." Due to the extended operation time of the sewage treatment plant, the continuous increase in sewage collection volume in surrounding towns, and the improvement of discharge standards, the treatment capacity of the plant was relatively insufficient, and the outlet water quality cannot meet the required standard. After multiple process demonstrations, and considering factors such as land restrictions, operational status, and economic indicators, the targeting indicators included biochemical oxygen demand (BOD_5), chemical oxygen demand (COD_{cr}), ammonia nitrogen ($\text{NH}_3\text{-N}$), total nitrogen (TN), and total phosphorus (TP). The biochemical treatment section of the sewage treatment plant was converted from a hydrolysis acidification tank to an anaerobic and anaerobic tank. And an improvement measure was implemented by adding elastic fillers to the anaerobic and aerobic tank. The advanced treatment section was converted from an ozone contact oxidation tank to an ozone catalytic oxidation tank. An analysis was conducted on the inlet and outlet water quality of each primary treatment unit during the process debugging period. The results showed that the upgraded and renovated sewage treatment system operates effectively, demonstrating advantages such as a high pollutant removal rate, stable treatment effect, and strong resistance to impact. The discharge concentrations of COD_{cr} and TP were reduced to below 20 and $0.2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, respectively. The effluent water quality stably met the Class III water standard in the Surface Water Environmental Quality Standard (GB 3838-2002). It also met the emission limits of the core control area in the Daqing River Basin Water Pollutant Discharge Standard (DB 13/2795-2018). The research results can provide theoretical references for the upgrading and reconstruction of similar sewage treatment plants.

Keywords sewage treatment plant; upgrade and project; advanced treatment; process adjustment