

城市污水处理厂提标改造工程技术应用与效果分析

蒋红云¹ 张伟²

1.浙江禾美环保技术有限公司 浙江 杭州 311100

2.杭州三赢人才集团有限公司 浙江 杭州 310013

【摘要】：落实钱塘江流域污染减排任务，解决某城市污水处理厂出水不达标、抗冲击能力弱等问题，该厂实施提标改造工程。改造维持 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 处理规模，针对原有 A/O 工艺短板、进水高含砂及污泥脱水不达标等问题，优化预处理，强化生化处理，升级深度处理与污泥处理单元。改造后出水稳定达到一级 A 标准及省地方标准，各污染物去除率提升明显，系统抗冲击负荷能力提升，污泥含水率降至 60% 以下。工程具备环境、社会与技术示范效益，为同类型污水处理厂提标改造提供实践参考。

【关键词】：污水处理厂；提标改造；A/O 工艺；脱氮除磷；污泥深度脱水

DOI:10.12417/2811-0528.26.13.048

引言

钱塘江流域污染减排有序推进。浙江某城市污水处理厂出水标准不断提高，原有处理工艺已无法满足最新环保要求。该厂一期工程建成，长期采用 A/O 工艺运行，增设深度处理单元后，出水仍难稳定达标，进水悬浮物偏高、生化脱氮除磷不足、污泥脱水效果不佳等问题突出。为破解工艺短板、落实生态环保政策、保障钱塘江流域水生态安全，该厂实施提标改造，工艺优化与技术升级实现出水稳定达标排放。本文阐述改造工程概况、技术方案、运行效果及综合效益。

1 提标改造工程概况与技术需求

1.1 污水处理厂原有工艺与运行现状

浙江某城市污水处理厂一期工程建成，设计处理规模 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ，处理对象以城市生活污水为主，长期采用 A/O 工艺运行，配套带式污泥脱水系统，设计出水执行二级标准。生化池总容积 39270 m^3 ，厌氧段、好氧段水力停留时间分别为 2.64h、6.78h，泥龄 14d，污泥回流比 100%。后期增设 $7 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 规模的混凝沉淀+V 型滤池深度处理单元，出水混合排放仍难以稳定满足更高标准。该工厂雨污合流制排水系统使进水含砂量偏高，原曝气沉砂池超负荷运行，细砂大量进入生化池沉积，导致有效容积衰减^[1]。原工艺生物脱氮路径不完善，碳源利用与反硝化效能不匹配，污泥经带式脱水后含水率达不到规范要求，整体系统在污染物去除、抗冲击能力与污泥减量化方面存在明显短板。

1.2 提标改造水质标准与核心目标

为落实钱塘江流域污染减排任务，本次提标改造保持 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 处理规模不变，出水执行一级 A 标准并同步满足省地方标准，核心控制指标明确为 $\text{COD} \leq 50 \text{ mg/L}$ 、 $\text{BOD}_5 \leq$

10 mg/L 、 $\text{SS} \leq 10 \text{ mg/L}$ 、 $\text{NH}_3\text{-N} \leq 5(8) \text{ mg/L}$ 、 $\text{TN} \leq 15 \text{ mg/L}$ 、 $\text{TP} \leq 0.5 \text{ mg/L}$ 、粪大肠菌群 $\leq 10^3$ 个/L，污泥含水率控制在 60% 以下。工程以原有构筑物为基础进行功能补强与工艺升级，核心目标是破解高含砂进水对生化系统的干扰、强化同步硝化反硝化效能以突破总氮达标瓶颈、提升污泥脱水深度，构建运行稳定、抗冲击负荷强、全指标达标的处理体系。

1.3 改造工程关键技术需求分析

结合厂区运行瓶颈与新标准约束，本次改造形成三项关键技术需求。预处理单元需增设高效沉砂设施，降低无机砂粒对后续设备与生化反应的负面影响，稳定提升预处理悬浮物去除效率。生化处理单元在 A/O 框架下扩容并引入功能强化技术，延长水力停留时间，优化厌氧/好氧工况匹配，解决碳源竞争与脱氮不充分问题，同步强化除磷效果。污泥处理单元替换或新增深度脱水工艺，降低药剂消耗与运行成本，实现污泥含水率稳定达标，保障全流程在水量与 COD 波动下稳定运行，满足连续达标排放的工程要求。

2 提标改造核心工程技术与实施方案

2.1 预处理单元优化改造技术

进水高含砂造成细格栅损坏、曝气沉砂池效率不足，工程在原有粗格栅前端增设平流沉砂池，无机泥砂进入细格栅前即被大量分离，降低后续构筑物负荷，避免砂粒磨损曝气设备、占据生化池有效容积^[2]。改造后预处理系统运行稳定，进入生物池的悬浮固体浓度下降，悬浮物去除率提升，为生化单元创造稳定进水条件，解决原系统砂泥干扰生物活性、降低处理效能的问题，预处理单元改造与原有设施衔接顺畅，具备良好工程适配性。

2.2 生化处理单元强化脱氮除磷技术

生化单元依托原有 A/O 工艺实施扩容与功能强化,优化改造两座现有生化池,新增有效容积 19630m³的生物池,其中缺氧区 5500m³、好氧区 13860m³。厌氧段水力停留时间延长至 4h,好氧段延长至 10h,总水力停留时间提升幅度超过 45%,为硝化反硝化与有机物降解提供充足反应时间。工程投加 1.2 × 10⁴ kg PCN 异养型微生物菌种,构建 A/O-NICH 强化生物脱氮工艺,该菌种利用 COD 作为碳源,好氧环境下实现氨氮与硝酸盐氮同步去除,兼顾脱氮与 COD 深度降解。碳源竞争问题通过系统配套的乙酸钠补充投加装置解决,依据水质波动适时调控。三池共用原有污泥回流泵,借助阀门开度精准分配污泥量,维持回流比,共享供气系统且严格控制 DO 浓度稳定在 3.0mg/L 以上,形成完整工艺调控体系,提升脱氮除磷稳定性。

2.3 深度处理与污泥处理升级技术

深度处理依托原有混凝沉淀与 V 型滤池单元,优化运行参数,强化悬浮物与胶体物质去除,保障出水 SS 稳定达标,降低浊度,配合消毒工艺实现粪大肠菌群指标可控达标。污泥处理单元淘汰原有带式脱水工艺,新增板框压滤脱水系统,高压脱水结合药剂精准投加,将污泥含水率下降,满足污泥处理处置规范,提升污泥减量化与资源化潜力。药剂使用量有所增加,运行参数优化可实现成本可控,为厂区污泥稳定处置提供技术支撑。

3 提标改造工程运行效果与效益分析

3.1 主要污染物去除效果分析

工程完成改造并投入试运行,长期监测数据显示,系统对主要污染物去除效果显著提升。COD 去除率达 84%以上,出水稳定低于 30mg/L; NH₃-N 去除率超 94%,平均出水浓度低于 1mg/L,远优于标准限值; TN 去除率达 30%以上,稳定运行后出水低于 15mg/L; TP 去除率 76%,出水最高浓度

0.41mg/L,满足 ≤0.5mg/L 要求; SS 去除率达 95%以上,出水由平均 110mg/L 降至 7.4mg/L,所有指标均稳定达到一级 A 标准,脱氮除磷与悬浮物控制实现质的提升。

3.2 工艺运行稳定性与抗冲击负荷能力

改造后系统 MLSS 控制在 3500~4500mg/L,污泥回流与曝气系统协同稳定,进水 COD、水量出现较大波动时,出水水质未明显起伏,展现优异抗冲击负荷能力。试运行初期总氮受微生物驯化与低温影响短暂波动,系统完全稳定后,低温条件下氨氮去除效率仍保持高位^[1]。生化反应动力学与微生物活性调控合理,预处理沉砂、生化强化、深度处理及污泥脱水单元协同高效,整体运行连续平稳,设备故障率低,运维调控便捷,满足城市污水处理厂长期稳定达标需求。

3.3 工程改造综合效益评价

本次改造充分利用现有构筑物,以较低投入完成工艺升级,环境、社会与技术效益显著。出水稳定达到一级 A 及省地方标准,大幅削减入河污染物排放,有力支撑钱塘江流域污染减排与水生态改善。预处理除砂、生化强化脱氮除磷、污泥深度脱水协同运行,系统抗冲击能力提升、运维成本降低,污泥含水率稳定低于 60%,减量化与无害化水平明显提高。项目技术路线成熟可靠、运行稳定,为钱塘江流域及国内同类 A/O 工艺污水厂提标改造提供可复制的实践范例,示范价值突出。

4 结语

本工程在保持 10 × 10⁴ m³/d 处理规模不变的前提下,通过预处理除砂强化、生化池扩容与 A/O-NICH 工艺优化、深度处理参数调整及污泥板框压滤系统替换,有效解决了原工艺脱氮除磷不足、抗冲击能力弱、污泥含水率偏高等问题。改造后出水稳定满足一级 A 及省地方标准,系统运行平稳、运维便捷,环境与社会效益显著,可为钱塘江流域同类型城镇污水处理厂提标改造提供工程参考。

参考文献:

- [1] 张立,包晓军,戴薇逸,等.某市政污水处理厂全流程精细化运行优化研究[J].当代化工研究,2024,(24):109-111.
- [2] 史正勇.污水处理厂提标改造影响因素及措施分析[J].陕西水利,2024,(12):97-98+101.
- [3] 张欢,刘德宁.某污水处理厂高排放标准提标改造设计探讨[J].中国资源综合利用,2024,42(11):255-257.