

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.20.028

改良 AAO/高效沉淀/精密过滤工艺用于污水厂提标扩建

刘 丽， 姚 雨， 肖 江
(中国葛洲坝集团水务运营有限公司，湖南 长沙 410000)

摘 要： 湖南某污水处理厂提标扩建工程，对一期氧化沟工艺进行改造，二期扩建采用改良 AAO 池 + 二沉池 + 高效沉淀池 + 精密过滤器 + 联合消毒工艺，加强脱氮除磷。提标扩建后总规模达到 $4.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ，出水水质由《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 的一级 B 标准稳定提升到一级 A 标准，且出水 COD 达到《湖南省城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》(DB 43/T 1546—2018) 的二级标准。

关键词： 改良 AAO 工艺； 高效沉淀； 精密过滤
中图分类号： TU992 **文献标识码：** B **文章编号：** 1000 - 4602(2020)20 - 0156 - 05

Application of Modified AAO/High Efficient Sedimentation/Precise Filtration
Process in WWTP Extension Project

LIU Li, YAO Yu, XIAO Jiang
(China Gezhouba Group Water Operation Co. Ltd., Changsha 410000, China)

Abstract: The first-phase project need to be upgraded, and the combined process of modified AAO tanks, secondary clarifier, high-efficiency sedimentation tank, precision filter, and joint disinfection was applied to the second-phase extension project of a WWTP in Hunan to strengthen nitrogen and phosphorous removal. The total capability after extension was $40\,000 \text{ m}^3/\text{d}$. The effluent quality was steadily upgraded from the first level B to the level A criteria of *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918 - 2002), and the effluent COD met the second level criteria of *Discharge Standard of Major Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (DB 43/T 1546 - 2018).

Key words: modified AAO process; high-efficiency sedimentation; precise filtration

1 工程概况
二期扩建工程主要设计进水水质及排放标准如表 1 所示。
湖南省某县城生活污水处理厂一期工程提标及

表 1 设计进、出水水质
Tab. 1 Design influent and effluent quality

项目	COD/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	BOD ₅ / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	SS/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	TN/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	NH ₃ - N/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	TP/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	粪大肠菌群数/ ($\text{个} \cdot \text{L}^{-1}$)
进水	≤350	≤120	≤220	≤40	≤30	≤3.5	—
一级 B 排放标准	≤60	≤20	≤20	≤20	≤8(15)	≤1.0	10 000
一级 A 排放标准	≤50	≤10	≤10	≤15	≤5(8)	≤0.5	1 000
湖南省地方标准	≤40	≤10	≤10	≤15	≤3(5)	≤0.5	1 000

一期工程规模为 $2.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ，采用改良型氧化沟工艺，于 2010 年竣工通水，出水水质达到《城

镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级B标准。随着国家对污水厂出水排放浓度限值的提高以及城区人口的日益增长,亟需启动一期工程升级改造及二期工程扩建。本次改扩建要求污水处理出水水质达到一级A标准。升级改造后,污水处理厂总处理规模为 $4.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,扩建采用预处理+改良AAO池+高效沉淀池+精密过滤器+联合消毒工艺,出水水质优于一级A标准,出水COD需达到《湖南省城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》(DB 43/T 1546—2018)的二级标准。

2 存在的问题及改扩建方案

2.1 一期工程存在的问题

① 预处理段的粗、细格栅栅缝较大,拦渣效果差,且设备运行年限较长,维修频次高。

② 氧化沟缺氧段混流效果较差,弯道处污泥沉积严重,导致回流液中的大部分硝酸盐未与进水中的碳源进行反硝化反应,如改造要达到一级A标准,总氮由 20 mg/L 变为 15 mg/L ,需加大缺氧段搅拌与混合,提高缺氧段水流流速,防止污泥沉淀,确保反硝化过程顺利进行,提高缺氧段的脱氮效率,保证氧化沟处理后总氮达到新标准;氧化沟好氧段的倒伞曝气机运行年限较长,维修频次较高,降低了好氧区供氧量,影响了氧化沟处理效果。

③ 一期消毒紫外灯管按一级B标准配置,需提高紫外灯管配置,以满足一级A标准。

④ 一期污泥脱水至含水率80%,根据新的环保要求,污泥处理后采用填埋处置,污泥需脱水至含水率60%,并改造脱泥设备。

2.2 二期扩建工程工艺方案

① 二期扩建在生化段需加强脱氮除磷。采用除磷脱氮功能效果佳的改良型AAO工艺^[1-4],并考虑辅助除磷加药,保证TN和TP有效去除。

② 深度处理主要考虑进一步去除SS和TP。高效沉淀具有絮凝沉降效果好、沉淀分离速度快、污泥浓度高、出水水质好等优点^[2],且利用污泥回流减少药剂投加,降低运行成本。深度处理采用高效沉淀+精密过滤组合工艺,可保证出水水质达到一级A标准。

③ 对产生的臭气进行处理,增加生物除臭系统,保证臭气排放达标。

2.3 工艺流程

工艺流程见图1。

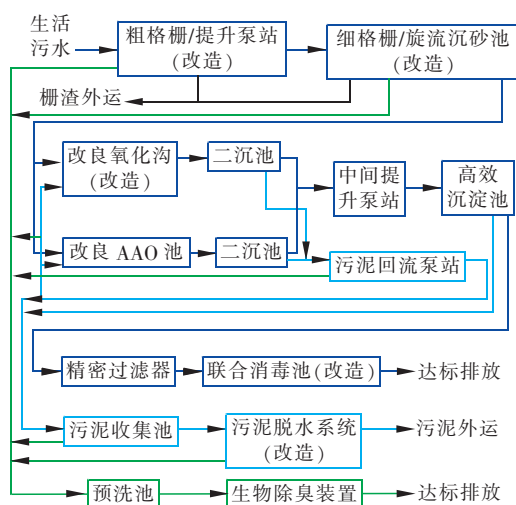


图1 污水处理工艺流程

Fig. 1 Flow chart of wastewater treatment process

生活污水经市政管网排入污水处理厂,首先经粗格栅、细格栅旋流沉砂去除固体、漂杂物、颗粒和砂砾等。一部分出水进入改良型氧化沟进行脱氮除磷后,再经二沉池泥水分离。一期工程建设至今已运行10多年,考虑到提标的要求,对粗、细格栅、氧化沟进行改造及更换部分设备,确保出水水质稳定达标。二期扩建采用改良型AAO工艺,去除有机物、总氮和总磷等污染物,生化处理出水进入二沉池进行泥水分离,出水再经高效沉淀池和精密过滤器后,进一步去除总磷及SS,最后经联合消毒后达标排放。厂区污泥脱水至含水率60%以下外运填埋。厂区产生的臭气进行收集后,统一进行生物除臭处理。

3 改造扩建工程内容

3.1 一期改造

① 粗格栅及提升泵站改造。土建按 $4.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 设计,改造更换一期设备,新增二期设备。采用2台栅缝10 mm的回转式粗格栅,去除污水中粗大的漂浮物,保护水泵的正常工作。采用潜水泵4台,2大2小,变频控制。

② 细格栅及旋流沉砂池改造。土建按 $4.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 设计,改造更换一期设备,新增二期设备。采用2台栅缝5 mm的回转式细格栅,进一步去除较小的漂浮物。采用2套砂水分离器。

③ 氧化沟改造。土建按 $2.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 设计。在缺氧沟渠中增加搅拌机2台,加强混合搅拌推流,进一步脱氮除磷。对老化的倒伞曝气机进行

更换,保证好氧段氧利用率,以及 COD 的降解及 TN、TP 的去除。

④ 联合消毒池改造。土建按 $4.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 设计,新增二期设备,更换一期紫外灯管设备。出水进行紫外消毒,配置 128 根灯管和配套的稳流器及自控设备,并设置次氯酸钠消毒装置辅助备用。

⑤ 污泥脱水系统改造。脱水机房土建按 $4.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 设计。一期采用带式压滤机 2 台,脱水至污泥含水率 80%。二期扩建改造脱泥设备,配置高压隔膜板框机,脱水至污泥含水率 60%,外运填埋。扩建后产生绝干污泥 3 t/d。目前设置 1 台 200 m^2 高压隔膜板框机,预留另外 1 台设备用地。

3.2 二期扩建

① 改良 AAO 池。1 座 2 格,钢筋混凝土结构。二期扩建设计规模为 $2.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。设置选择区、厌氧区、缺氧区和好氧区,进行生物脱氮除磷,同时去除 BOD_5 、COD 和 SS 等污染物。钢筋混凝土结构,污泥负荷为 $0.057 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$,设置搅拌、推流及微孔曝气。

② 二沉池。1 座,钢筋混凝土结构,采用周边进水周边出水辐流沉淀池,直径 36 m,扩建规模 $2.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。平均表面负荷为 $0.82 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。设置中心传动单管吸泥机,进行泥水分离。

3.3 深度处理

① 高效沉淀池。1 座 2 格,钢筋混凝土结构,集混凝区、絮凝区、沉淀区于一体,可节省投资及占地面积。设计规模 $4.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,表面负荷 $10 \sim 12 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。通过设置污泥回流和投加 PAC,进一步去除 SS 和总磷。设置污泥回流,减少 PAC 投加量(PAC 投加量 $90 \sim 100 \text{ mg/L}$,浓度为 5%)。

② 精密过滤器。采用旋转离心式转鼓过滤器,通过重力自流连续自动反冲洗,反冲洗水采用滤后水。设计规模为 $4.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,3 套(2 用 1 备),316 L 不锈钢滤网,过滤孔径 $20 \mu\text{m}$,过滤面积为 11.25 m^2 。驱动装置转速 $4 \sim 6 \text{ r/min}$,功率 1.1 kW,反洗泵功率 11 kW。通过精密过滤器进一步去除污染物,使得出水达标排放。

③ 除臭系统。1 套,收集粗、细格栅等预处理段,以及生化池、污泥回流泵站、脱水机房等多处臭气,采用生物除臭,确保厂区臭气达标排放。

4 改造扩建后运行情况

① 改造后氧化沟运行情况

改造前,氧化沟缺氧段和好氧段 DO 分别为 $0.05 \sim 0.1 \text{ mg/L}$ 和 $0.5 \sim 1 \text{ mg/L}$,达不到所要求,好氧段污泥呈现灰色,且不成团,稀疏。改造后,缺氧段和好氧段 DO 分别为 $0.3 \sim 0.6 \text{ mg/L}$ 和 $3 \sim 5 \text{ mg/L}$,污泥浓度控制为 $3\,500 \sim 4\,000 \text{ mg/L}$,好氧段污泥呈黄褐色,菌胶团密实,沉淀效果佳,氧化沟处理效果显著提高。

② 改造后 COD 运行数据变化

改造后,约 4 个月的 COD 运行数据变化如图 2 所示。

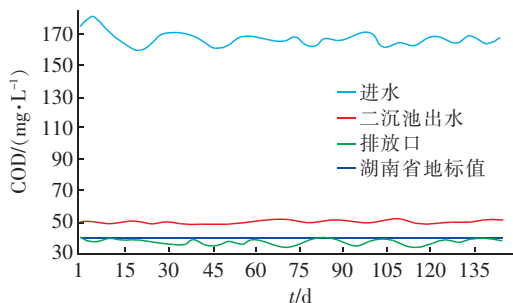


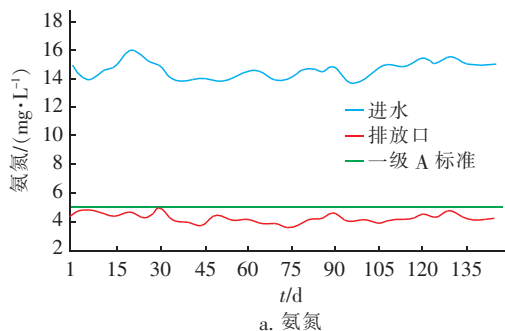
图2 COD 运行数据变化

Fig.2 Variation of COD for about four months

实际进水 COD 均值 170 mg/L ,经过改良氧化沟 + AAO 生化处理后,二沉池出水 COD 均值为 50 mg/L ,去除率均值为 71%;经高效沉淀 + 精密过滤处理后,总排口出水 COD 均值为 35 mg/L ,深度处理段 COD 去除率均值为 30%。出水水质达到《湖南省城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》(DB 43/T 1546—2018)的二级标准。

③ 改造后氨氮和 TN 运行数据变化

约 4 个月的氨氮和 TN 运行数据变化见图 3。实际进水氨氮和 TN 均值分别为 15 mg/L 和 26 mg/L ,出水均值分别为 4.5 mg/L 和 10 mg/L ,去除率均值分别为 70% 和 62%。氨氮和 TN 的去除反应在生化段进行,通过改造一期氧化沟及扩建 AAO 池,保证了氨氮和 TN 的达标排放。



a. 氨氮

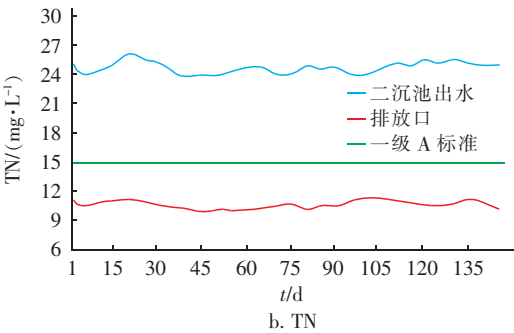


图 3 氨氮和 TN 运行数据变化

Fig. 3 Variation of $\text{NH}_3\text{-N}$ and TN for about four months

④ 改造后 SS 和 TP 运行数据变化

约 4 个月的 SS 和 TP 运行数据变化见图 4。二沉池出水 SS 和 TP 均值分别为 20 mg/L 和 1.0 mg/L,经高效沉淀 + 精密过滤工艺处理后,出水均值分别为 8、0.35 mg/L,去除率均值分别为 60%、65%,出水达标排放。

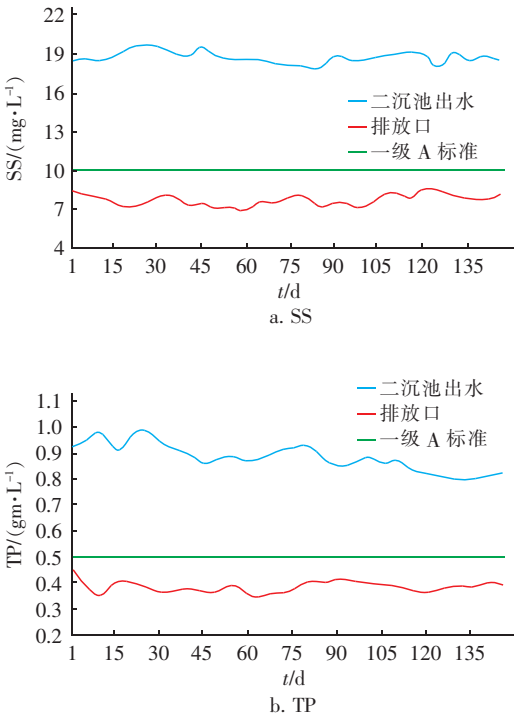


图 4 SS 和 TP 运行数据变化

Fig. 4 Variation of SS and TP for about four months

从运行数据得知,提标扩建采用改造一期氧化沟以及 AAO + 高效沉淀 + 精密过滤的工艺,系统运行稳定,处理效率高,出水水质优于一级 A 标准,出水 COD 达到《湖南省城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》(DB 43/T 1546—2018)二级标准。

5 工程投资及成本分析

提标扩建工程费用明细见表 2。

表 2 工程投资明细

Tab. 2 Summary of project investment

项 目	投资额/万元	占总投资比例/%
建安工程	4 109	70
设备采购	1 290	22
工程建设其他费	460	8
合计	5 859	100

工程提标扩建后,直接运行成本见表 3。

表 3 直接运行成本

Tab. 3 Direct operation cost

项 目	消耗	费用/(万元·a ⁻¹)	运行费用/(元·m ⁻³)
电	6 580 kW·h/d	187.33	0.13
人工	15 人	126.00	0.09
除磷药剂	430 kg/d	58.00	0.04
污泥药剂	39 kg/d	28.00	0.02
污泥处置	8 t/d, 60% 含水率	43.80	0.03
维修		20.00	0.01
合计		463.13	0.32

6 结论

① 扩建工程采用改良 AAO 池 + 二沉池 + 高效沉淀池 + 精密过滤器 + 联合消毒工艺处理生活污水,出水均值: COD 为 35 mg/L、SS 为 8 mg/L、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 为 4.5 mg/L、TN 为 10 mg/L、TP 为 0.35 mg/L,优于一级 A 排放标准,出水 COD 达到《湖南省城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》(DB 43/T 1546—2018)二级标准。

② 工程总投资为 5 859 万元,提标扩建后污水处理厂直接运行成本为 0.32 元/m³。主要污染物指标 COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TN 和 TP 每年分别减少排放 2 117、175、219 和 24.9 t。

参考文献:

[1] 陆冬平,李大成,邹德俭,等. 无锡市钱桥污水处理厂扩建工程设计[J]. 中国给水排水,2010,26(24):25-28.
Lu Dongping, Li Dacheng, Zou Dejian, et al. Design of extension project of Qianqiao wastewater treatment plant in Wuxi[J]. China Water & Wastewater, 2010, 26(24): 25-28 (in Chinese).
[2] 陆进. 高效沉淀池的技术研究与应用[J]. 中国资源 (下转第 166 页)