

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.20.021

改良 A^2/O 氧化沟强化生化处理技术用于污水厂提标改造

李 亮¹, 邱宏俊²

(1. 广州市创景市政工程设计有限公司, 广东 广州 510030; 2. 中国市政工程中南设计研究总院有限公司, 湖北 武汉 430010)

摘 要: 由于排放标准提高和污水量增加, 珠海某水质净化厂出水水质由《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 一级 B 标准提高至《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 一级 A 标准及广东省地方标准《水污染物排放限值》(DB 44/26—2001) 的较严值, 同时设计规模由 $3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 扩建至 $8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。水质净化厂原处理工艺为改良 A^2/O 氧化沟, 提标工程针对进水含有工业废水、生化性较差的特点, 设水解酸化工艺提高污水生化性; 生物处理保留改良 A^2/O 氧化沟工艺, 采取提高污泥内、外回流比, 增加曝气量等措施强化其脱氮除磷效果; 深度处理采用精密过滤池去除 SS。实际运行数据表明, 提标扩建后出水水质稳定达到设计标准。提标扩建充分利用生物处理解决脱氮除磷问题, 简化处理流程, 减少了工程投资和运行费用。

关键词: 提标改造; 水解酸化; 改良 A^2/O 氧化沟; 精密过滤器

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2020)20-0124-05

Application of Improved A^2/O Oxidation Ditch Enhanced Biochemical Treatment Process for Upgrading the Wastewater Treatment Plant

LI Liang¹, QIU Hong-jun²

(1. Guangzhou Chuangjing Municipal Engineering Design Co. Ltd., Guangzhou 510030, China;
2. Central and Southern China Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd.,
Wuhan 430010, China)

Abstract: Due to the improvement of discharge standards and the increase of sewage quantity, the effluent quality of a WWTP in Zhuhai was raised from the first class B standard of *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918 - 2002) to the stricter value between the first class A standard of *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918 - 2002) and the Guangdong Provincial local standard of *Discharge Limits of Water Pollutants* (DB 44/26 - 2001). The design scale was expanded from $3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ to $8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$. The original treatment process of the WWTP was improved A^2/O oxidation ditch. The upgrading project aimed at the characteristic of the influent contained industrial wastewater and the biochemical property was poor. The hydrolytic acidification process was set up to improve the biochemical property of the wastewater; the biological treatment retained the improved A^2/O oxidation ditch process, and the nitrogen and phosphorus removal effect was strengthened by increasing the internal and external reflux ratio of sludge and increasing aeration; the SS was removed by precision filter in advanced treatment. The actual operation data showed that the effluent quality was stable up to the design standard after upgrading. In the project, biological treatment was fully used to solve the problem of nitrogen and phosphorus removal, the treatment

process was simplified, and the project investment and operation cost was reduced.

Key words: upgrading; hydrolysis acidification process; improved A²/O oxidation ditch; precision filter

珠海某水质净化厂处理规模为 $3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 于 2011 年建成投入运行, 出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 一级 B 标准。目前该厂污水处理量已经基本满负荷, 随着经济的发展, 人口的增加, 污水量会进一步增长。2013 年广东省环保厅印发了《南粤水更清行动计划 (2013—2020 年)》, 明确要求加快污水处理设施建设, 提升减排效果。

新、扩和改建城镇污水处理设施出水应符合《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 一级 A 标准及广东省地方标准《水污染物排放限值》(DB 44/26—2001) 的较严值。由此该水质净化厂亟需提标和扩建。

1 水质净化厂概况

水质净化厂现状主体采用改良 A²/O 氧化沟工艺, 提标前工艺流程见图 1。

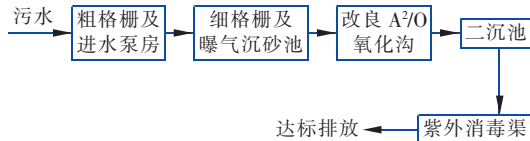


图 1 提标前工艺流程

Fig. 1 Process flow chart before upgrading

提标扩建前实际进、出水水质见表 1。

表 1 提标扩建前实际进、出水指标

Tab. 1 Influent and effluent quality before upgrading and extension

| 项 目 | 进水水质 | | | 出水水质 | | |
|---------------------|------|-------|------|------|-------|------|
| | 设计值 | 平均值 | 最大值 | 设计值 | 平均值 | 最大值 |
| BOD ₅ | 150 | 54.3 | 234 | 20 | 2.44 | 7.85 |
| COD | 250 | 152.7 | 623 | 60 | 42.57 | 154 |
| SS | 200 | 83 | 248 | 20 | 9.98 | 32 |
| TN | 35 | 15.38 | 47.7 | 15 | 8.81 | 19.3 |
| NH ₃ - N | 25 | 9.7 | 31.2 | 8 | 0.39 | 5.55 |
| TP | 4.5 | 4.37 | 6.5 | 1 | 0.49 | 1.25 |

水质净化厂服务范围内存在工业企业, 其中中心镇产生废水的工业企业不多, 重度水污染企业少, 未来规划也主要以首饰加工、制衣、游艇制造、建材为主; 中心镇以外片区主要工业类型是机械加工、电

子、生物、五金和纸业等, 污水水质复杂多变, 可生化性较差。现状用水比例: 工业、生活、行政、经营用水分别为 40.2%、18.5%、29.0%、12.3%。

投产以来进水中 COD 及 SS 浓度偏高且不稳定, 出水水质存在个别指标偶尔超标情况。

2 提标扩建目标

提标扩建工程完成后, 总处理规模达到 $8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 一级 A 排放标准及广东省地方标准《水污染物排放限值》(DB 44/26—2001) 一级标准的较严值。

设计进、出水水质指标见表 2。

表 2 设计进、出水水质

Tab. 2 Design influent and effluent quality

| 项 目 | mg · L ⁻¹ | | | | | |
|------|----------------------|-----|-----|----|---------------------|-----|
| | BOD ₅ | COD | SS | TN | NH ₃ - N | TP |
| 设计进水 | 150 | 250 | 200 | 35 | 25 | 4.5 |
| 设计出水 | 10 | 40 | 10 | 15 | 5 | 0.5 |

3 设计思路

设计原则: 提标扩建工程应在保证出水水质前提下, 充分挖潜已建处理构筑物的处理能力, 利用生物处理一并解决脱氮除磷问题, 避免盲目延长处理流程^[1], 最大程度降低基建投资, 降低药剂消耗量, 减少能耗, 降低运行成本^[2]。

通过分析该厂 40 个月实际进水水质指标发现, 进水的 BOD₅/COD 有将近一半时间小于 0.3, 说明污水生化性较差; C/N 值基本在 4 以上, BOD₅/TP 值在 40 以上, 可以有效进行脱氮除磷。

针对以上分析, 选用工艺路线为: 首先对污水进行水解酸化以提高其生化性^[3], 提标工程强化一期改良 A²/O 氧化沟处理效果^[4], 扩建工程也采用改良 A²/O 氧化沟工艺, 充分利用生物处理解决氮磷问题, 确保 COD、BOD₅、TN、NH₃ - N 能够达标。除磷以改良 A²/O 氧化沟生物除磷为主, 同时投加除磷药剂, 辅以化学除磷, 确保 TP 达标, 后续增加精密过滤工艺确保 SS 能够达标。

综上, 该提标扩建工程的具体工艺流程如图 2 所示。

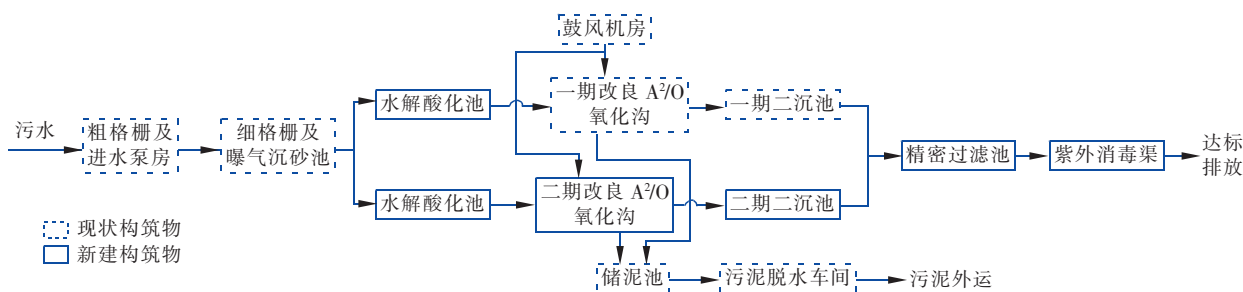


图2 工艺流程

Fig. 2 Process flow chart

4 工艺设计

本工程分为改造和新建两部分。改造工程包括改造现有进水泵房和细格栅及曝气沉砂池以满足水量和水头要求;改造现状改良 A^2/O 氧化沟以挖潜处理效能。新建工程包括新建水解酸化池、生物池、二沉池和精密过滤池。

4.1 进水泵房

进水泵房为现状构筑物,土建规模为 $8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,设备安装规模为 $3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,已安装4台潜污泵($Q=1\ 100 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=140 \text{ kPa}$, $N=75 \text{ kW}$)。改造工程增加1台潜污泵,共5台泵(4用1备)。

4.2 细格栅及曝气沉砂池

细格栅及曝气沉砂池为现状构筑物,去除污水中粒径 $\geq 0.2 \text{ mm}$ 的砂粒,使无机砂粒与有机物分离开来,便于后续生化处理。

主要设计参数:平面尺寸为 $33.2 \text{ m} \times 10.0 \text{ m}$,分2格,有效水深为 3.0 m 。扩建后规模为 $8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,水平流速为 0.1 m/s ,最大流量时水力停留时间为 2.25 min 。

主要设备:设2座桥式刮砂机,砂水混合物由提砂泵输送至砂水分离器,分离后的干砂外运。细格栅下设置2台罗茨风机($Q=11.4 \text{ m}^3/\text{min}$, $H=29.4 \text{ kPa}$),用于沉砂池曝气和提砂。

改造内容:由于提标扩建工程在现状流程中增加了水解酸化池,导致曝气沉砂池水位提高 0.5 m ,因此需将曝气沉砂池的池壁、隔墙和出水堰在现有基础上提高 0.5 m 。所有设备(包括细格栅、桥式吸砂机)需拆除后重新安装,以满足池壁提高 0.5 m 的安装要求。

4.3 水解酸化池

新建水解酸化池2座,其中小池规模为 $3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, $HRT=3.5 \text{ h}$,上升流速为 1.68 m/h ,向一期

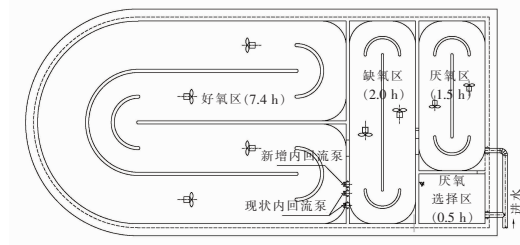
改良 A^2/O 氧化沟供水;大池规模为 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, $HRT=3.5 \text{ h}$,上升流速为 1.70 m/h ,向扩建工程新建改良 A^2/O 氧化沟供水。

水解酸化池采用小阻力配水系统,利用配水管实现均匀配水。配水管管径 $DN100$,出水口孔径为 20 mm ,距池底约 20 cm 。在清水区 $0.5 \sim 1.5 \text{ m}$ 高度处设置污泥液面检测仪,根据污泥液面高度确定排泥时间,一般日排泥 $1 \sim 2$ 次,排至贮泥池。改良 A^2/O 氧化沟外回流污泥设置管道接至水解酸化池,便于污泥培养。

4.4 一期改良 A^2/O 氧化沟改造

现状生物池设计规模为 $3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,共2座,单座规模为 $1.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。有效水深为 6.0 m ,设计污泥浓度为 3.5 g/L ,厌氧选择区、厌氧区、缺氧区和好氧区水力停留时间分别为 0.5 、 1.5 、 2.0 、 7.4 h ,设计污泥回流比为 $50\% \sim 100\%$,设计内回流比为 $100\% \sim 300\%$ 。

本次改造不增加生物池容积、保持原有池型和分区,尽可能减少土建改造内容。强化生物处理措施:增加曝气量;增加污泥外回流比提高生物池污泥浓度至 $4.0 \sim 4.5 \text{ g/L}$;提高污泥内回流比强化脱氮(见图3)。

图3 一期改良 A^2/O 氧化沟改造示意Fig. 3 Transformation diagram of improved A^2/O

具体工程内容:

① 现状已安装2台污泥外回流泵($Q=625$

m^3/h , $H=60$ kPa, $N=15$ kW), 1用1备, 回流比为50%, 本次设计新增1台污泥回流泵, 2用1备, 回流比控制在60%~100%, 提高污泥浓度, 控制在4.0~4.5 g/L。

② 现状每座生物池有2台内回流泵, 本次改造在每座生物池新增1台回流泵($Q=625$ m^3/h , $H=5$ kPa, $N=1.5$ kW), 使内回流比达到400%, 提高脱氮效果。

③ 经过改良 A^2/O 氧化沟生物处理后出水总磷在1.0 mg/L左右, 标准提高后需达到0.5 mg/L以下, 目前较可行的技术为化学除磷。在生物池出水投加成品PAC溶液, 投加量为13.5 mg/L, 投加浓度为10%。

4.5 新建改良 A^2/O 氧化沟

扩建工程新建一座改良 A^2/O 氧化沟。在厌氧池前增设厌氧选择区, 改善污泥性质, 防止污泥膨胀。

主要参数: 设计规模为 5×10^4 m^3/d , MLSS为3.5 g/L, 总停留时间为11.8 h, 好氧污泥龄为8.0 d, 反硝化速率为 0.04 $kgNO_3^- - N/(kgMLSS \cdot d)$ 。共设2座, 单座规模为 2.5×10^4 m^3/d 。单座尺寸为 85.75 m \times 28.2 m, 有效水深为6.0 m, 厌氧选择区、厌氧区、缺氧区、好氧区停留时间分别为0.5、1.5、2.5、7.3 h, 最大供气总量为205 m^3/min , 气水比为4.5:1。活性污泥回流比为50%~100%, 内回流比为100%~400%。回流污泥分别在厌氧选择区和缺氧区预留接口, 可根据进水水质调节回流位置。

4.6 配水集泥井与污泥泵房

配水集泥井与污泥泵房为新建构筑物, 主要作用: 使二沉池配水均匀; 回流活性污泥至 A^2/O 生物池; 提升剩余污泥至浓缩、脱水车间。回流污泥根据 A^2/O 池污泥浓度控制回流量, 剩余污泥泵与污泥浓缩、脱水机协调运行。

设计参数: 最大污泥回流比为100%, $Q_{max}=2083$ m^3/h , 剩余污泥总量为6000 kg/d, 含水率为99.3%, 合857 m^3/d 。

主要工程内容: 配水井、污泥泵房为两圈, 内圈为配水井, 直径为6.0 m, 外圈为集泥井污泥泵房, 直径为12.7 m, 高度为7.60 m。设3台回流污泥泵(2用1备, 1台带变频), $Q=1100$ m^3/h , $H=65$ kPa, $N=37$ kW; 剩余污泥泵2台(1用1备, 1台带变频), 单泵 $Q=50$ m^3/h , $H=250$ kPa, $N=5.5$ kW。

4.7 二沉池

新建二沉池2座, 单座规模为 2.5×10^4 m^3/d 。采用周边进水、周边出水辐流式沉淀池, 内设1台中心传动单管式吸泥机。单池直径为40 m, 平均流量时表面负荷为 0.83 $m^3/(m^2 \cdot h)$, 最大流量时表面负荷为 1.09 $m^3/(m^2 \cdot h)$ 。

4.8 精密过滤池

精密过滤池为新建构筑物。采用转盘式精密过滤器, 滤网材质为SS316, 过滤精度: 10 μm 。污水通过滤网重力过滤, 水中杂质拦截吸附于滤网外侧, 逐渐形成污泥层。随着滤网上污泥的积聚, 滤池水位逐渐升高, 当该水位差到达反冲洗设定值时, 开始反冲洗。

滤池设计流量为 8×10^4 m^3/d , $K_z=1.31$, 共设5台精密过滤器, 单台最大处理能力为 2.2×10^4 m^3/d , 盘片13片, 有效过滤面积为83.3 m^2 , 滤速为 11 $m^3/(m^2 \cdot h)$ 。

4.9 鼓风机房

鼓风机房为现状建筑物, 土建规模为 8×10^4 m^3/d , 设备安装规模为 3×10^4 m^3/d 。现状有6个机位, 一期已经安装3台进口空气悬浮鼓风机($Q_{max}=60$ m^3/min , $\Delta P=70$ kPa, $N=90$ kW), 预留3个机位。二期工程要求最大时供气量为205 m^3/min , 本工程新增3台空气悬浮鼓风机向二期生物池供氧($Q_{max}=68.5$ m^3/min , $\Delta P=70$ kPa, $N=132$ kW)。

运行方式: 好氧池溶解氧控制在1~2 mg/L, 当溶解氧浓度变化超出设定范围时, 首先由溶解氧测定仪发出信号, 将信号传送到鼓风机的进风叶片启动器, 调节导向叶片的角度, 使供气管网压力回到最佳状态。将一期和二期风机的主风管连通, 可以综合调节一、二期的风量, 有利于合理分配气量。

5 工程实际运行效果

水质净化厂提标改造工程于2018年6月建成投产, 目前实际处理水量为 7×10^4 m^3/d 左右, 工艺运行稳定, 出水稳定达到设计水质。2019年1月—4月实际进、出水水质平均值见表3。由表3可见, 实际运行出水水质全面优于设计标准。综合分析原因如下: 进水中虽含有一定量工业废水, 但污染物浓度不高, 随着国家环保督查越来越严, 工业企业废水均在厂内处理达到排入下水道水质标准后外排, 大大减少了水质净化厂的处理压力; 处理工艺中设有水解酸化池, 提高了污水生化性; 采取强化措施之后

的改良 A²/O 氧化沟工艺具有良好的脱氮除磷效果,可以确保出水达标。

表3 提标扩建后实际进、出水水质

Tab.3 Actual influent and effluent quality after upgrading and extension

| 项 目 | BOD ₅ | COD | SS | TN | NH ₃ -N | TP |
|---------------------------------|------------------|-------|-------|-------|--------------------|-------|
| 进水平均值/ (mg·L ⁻¹) | 112.4 | 189 | 212 | 20.5 | 10.2 | 4.89 |
| 出水平均值/ (mg·L ⁻¹) | 1.8 | 21 | 6 | 5.7 | 0.59 | 0.17 |
| 平均去除 率/% | 98.40 | 88.89 | 97.17 | 72.20 | 94.22 | 96.52 |

6 技术经济分析

工程总投资约 1.77 亿元,其中工程费用约 1.23 亿元,整个工程占地 5.36 hm²。2019 年 1 月—4 月实际药耗、电耗见表 4。

表4 运行药耗、能耗

Tab.4 Running cost

| 项 目 | | 日均处理 污水量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$) | 消耗量 | 单位消耗量 |
|-----|-------------|--|----------|---------------------|
| 药耗 | PAM | 58 037 | 65.58 kg | 1.13 mg/L |
| | PAC(10% 溶液) | | 7.89 t | 136 mg/L |
| 电耗 | | | | 15 089.62 kW · h |

本工程针对污水厂提标需要重点处理的污染物指标,充分利用生物处理脱氮除磷的能力,通过改造充分发挥现有处理构筑物的出力能力,尽可能缩短工艺流程,大大减少了运行的能耗和药耗,节省了工程投资和运行成本。

7 结论

通过提标扩建,将污水厂出水水质由一级 B 标准提高至一级 A 标准及广东省地方标准《水污染物排放限值》(DB 44/26—2001)的较严值,处理规模由 3×10⁴ m³/d 提高至 8×10⁴ m³/d。提标扩建工程保留原改良 A²/O 氧化沟工艺,采取提高污泥内、外回流比,增加曝气量等措施强化其脱氮除磷效果,挖潜现有处理构筑物处理能力,避免了盲目延长处理流程,最大程度地降低了工程投资,减少了运行费用,方便了后期运营管理。

参考文献:

[1] 郝晓地,李天宇,吴远远,等. A²/O 工艺用于污水处理

厂升级改造的适宜性探讨[J]. 中国给水排水,2017,33(21):18-24.

Hao Xiaodi, Li Tianyu, Wu Yuanyuan, *et al.* Discussion on suitability of A²/O process for upgrading of wastewater treatment plant[J]. China Water & Wastewater, 2017, 33(21):18-24(in Chinese).

[2] 郝晓地,李天宇,Mark van Loosdrecht,等. 蓝色经济下的水技术变革[J]. 中国给水排水,2017,33(2):5-12.

Hao Xiaodi, Li Tianyu, Mark van Loosdrecht, *et al.* Reform of water technologies under blue economy[J]. China Water & Wastewater, 2017, 33(2):5-12(in Chinese).

[3] 李飞雄,谢润欣. 水解酸化/改良 A²O 工艺在工业污水处理厂中的应用[J]. 中国给水排水,2018,34(4):65-67.

Li Feixiong, Xie Runxin. Application of hydrolysis acidification and improved A²O process in industrial wastewater treatment plant[J]. China Water & Wastewater, 2018, 34(4):65-67(in Chinese).

[4] 马宁,汪浩,刘操,等. 污水厂提标改造中 A²/O 工艺研究与应用趋势[J]. 中国给水排水,2016,32(20):29-33.

Ma Ning, Wang Hao, Liu Cao, *et al.* Research and application of A²/O process for upgrading and reconstruction of WWTPs[J]. China Water & Wastewater, 2016, 32(20):29-33(in Chinese).



作者简介:李亮(1984—),男,河北石家庄人,硕士,高级工程师,从事水处理、海绵城市、给排水管网、城市防洪排涝等设计咨询工作。

E-mail:155392847@qq.com

收稿日期:2019-12-15