

采用 A/O 工艺的污水处理厂提标改造工程设计

卢 如¹, 巨志剑¹, 杜 琼²

(1. 中国市政工程西北设计研究院有限公司, 甘肃 兰州 730000; 2. 环境保护部环境工程评估中心, 北京 100012)

摘 要: 辽宁省某污水处理厂设计规模为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 采用 A/O 处理工艺。升级改造工程设计出水水质从《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 一级 B 标准提升至一级 A 标准。针对出水总氮超标问题, 增设一组 A/O 生化池, 以降低脱氮负荷, 同时增设碳源投加系统, 从而保证了脱氮效率; 针对进水含砂量大, 导致粗、细格栅和提升水泵等机械设备磨损严重的问题, 提标改造中增设了粗格栅及平流沉砂池, 使进水中的砂在平流沉砂池内预沉, 同时去除大颗粒漂浮物, 从而保证了粗、细格栅及提升泵的正常运行。实际运行表明, 提标改造工程出水水质完全达到一级 A 标准。

关键词: 污水处理; 提标改造; A/O 工艺

中图分类号: TU992.3 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)20-0056-04

Upgrading and Reconstruction Project Design of Wastewater Treatment Plant with A/O Process

LU Ru¹, JU Zhi-jian¹, DU Qiong²

(1. CSCEC AECOM Consultants Co. Ltd., Lanzhou 730000, China; 2. Appraisal Center for Environment & Engineering, Ministry of Environmental Protection, Beijing 100012, China)

Abstract: A/O process was adopted in a wastewater treatment plant with capacity of $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ in Liaoning Province. The effluent quality of reconstruction project was required to be upgraded from the first level B standard to the first level A criteria specified in the *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918—2002). Denitrifying load would be lowered by construction of a new A/O biochemical tank, and nitrogen removal efficiency would be ensured by supplement of carbon source. The inlet water contained a lot of grit which led to serious wear of mechanical equipment such as coarse screen, fine rack and lift pumps. The grit and large particles of floatation in water would be settled by usage of the coarse screen and the horizontal flow grid chamber. As a result, the coarse screen, fine rack and lift pumps would operate normally. Actual operation showed the effluent quality could meet the first level A standard.

Key words: wastewater treatment; upgrading and reconstruction; A/O process

辽宁省某污水处理厂于 2005 年建成并投产, 设计规模为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 采用国内外较成熟的 A/O 工艺, 设计出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 一级 B 标准。但随着国家对污染物排放要求的逐渐提高, 要求出水水质

稳定达到一级 A 标准, 同时解决污水厂在实际运行过程中存在的问题, 故需对污水处理厂进行提标改造。

该提标改造工程于 2012 年 6 月启动, 2013 年 9 月完成调试运行, 至今出水水质稳定达到一级 A

排放标准。

1 污水处理厂现状

1.1 原工艺流程及运行情况

该污水处理厂原污水处理构筑物包括:粗格栅及提升泵房、细格栅及曝气沉砂池、初沉池、A/O 反应池、二沉池及深度处理(包括混凝沉淀、过滤及消毒);污泥处理构筑物包括:初沉污泥泵池、二沉污泥泵池、储泥池及脱水机房。

污水厂基本处于满负荷运行,处理污水量为 $(9.8 \sim 10) \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

出水除总氮不达标外,其他水质参数均达到一级 B 排放标准。总氮要求值为 20 mg/L ,在 90% 保证率下出水总氮检测值为 $30 \sim 35 \text{ mg/L}$ 。

1.2 存在的问题

① 进水含砂量大:进入该污水处理厂的污水采用雨污合流收集系统,来水漂浮物多,含砂量较大,导致预处理流程内的粗、细格栅和提升水泵等机械设备磨损严重,同时淤积在管渠内的泥砂需要定期人工清理,操作非常困难。

② 出水总氮超标:出水总氮超标严重,同时出水 COD 值较低,主要原因是污水厂进水 C/N 较小,经过曝气沉砂池、初沉池后,进入生化池的污水 C/N 更低,碳源不足,反硝化过程不能顺利进行,导致出

水总氮超标。

③ 根据当地环保局要求,该污水处理厂需要进行提标改造,保证出水指标稳定达到一级 A 排放标准。

2 提标改造工程工艺设计

① 针对进水含砂量大的问题,在进厂区预处理构筑物前增设粗格栅及平流沉砂池,先将进水中的砂预沉,同时去除大颗粒漂浮物,保证原厂区粗、细格栅及提升泵的正常运行。

② 为了加强脱氮效果,增设一座 A/O 生化池,增大生化系统的处理池容积,降低脱氮负荷;同时投加碳源,保证脱氮效率,使出水水质稳定达到排放标准。

2.1 设计水质

提标改造工程的具体设计进、出水水质见表 1。

表 1 设计进、出水水质

Tab. 1 Design influent and effluent quality

$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

项目	COD	BOD ₅	SS	NH ₃ -N	TN	TP
进水	350	160	200	32	45	2.5
出水	50	10	10	5(8)	15	0.5

2.2 工艺流程

提标改造工程工艺流程见图 1。

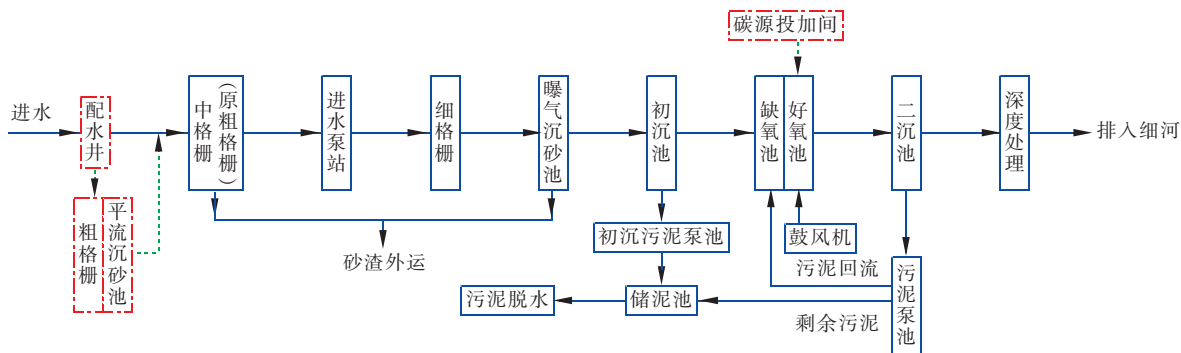


图 1 提标改造工艺流程

Fig. 1 Flow chart of upgrading and reconstruction project

2.3 主要构筑物设计

2.3.1 新增生化池

原厂区共设计二座 A/O 生化池,提标改造工程新建一座 A/O 生化池,与原厂区生化池类型一致。新建生化池分为 6 个格区, C1 区进水,沿程流过 C2、C3、C4、C5 区后,经 C6 区的堰板出水。C1 区只装设搅拌器,可作为缺氧池。C2、C3 区内装曝气装置和搅拌器,曝气头采用非均匀布置,根据出水水质

情况,既可作为缺氧池(脱氮)运行,也可作为曝气池运行(如冬天硝化)。C4、C5、C6 内曝气头均匀布置,作为曝气池运行。每个池子的空气输入管道上安装一个自动空气控制阀,通过在线 O₂ 传感器测量氧气含量来自动调节,使氧含量保持在运行要求范围内。

新建 A/O 生化池的平面布置具体设计如图 2 所示。

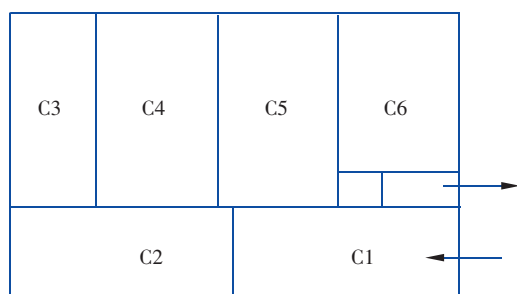


图2 新建A/O生化池平面布置

Fig. 2 Plane layout of new A/O biochemical tank

主要设计参数^[1]:

单座生化池处理水量为 $1\,389\text{ m}^3/\text{h}$;设计水温为 $10\text{ }^\circ\text{C}$;污泥龄为 15 d ;MLSS为 $3\,500\text{ mg/L}$;硝化液回流比为 300% ;污泥回流比为 100% ;总氮污泥负荷率为 $0.015\text{ kgTN}/(\text{kgMLSS}\cdot\text{d})$,有效容积为 $19\,400\text{ m}^3$;水力停留时间为 14 h ;缺氧池容为 $8\,500\text{ m}^3$,水力停留时间为 6.1 h ;好氧池容为 $10\,900\text{ m}^3$,水力停留时间为 7.9 h 。

主要设备:潜水搅拌器6台, $N=5.5\text{ kW}$;混合液回流泵3台(变频,2用1备), $Q=2\,100\text{ m}^3/\text{h}$, $H=20\text{ kPa}$;盘式微孔曝气器6060套;手电两用启闭机3个。

2.3.2 碳源投加间

进水 BOD_5 和TN的比值低于4,预处理采用曝气沉砂池,导致进入生化池的 BOD_5/TN 更低,为了达到理想的脱氮效果,需要另外投加碳源。本工程投加的碳源为乙酸钠,系统包括投料站上料、储料、投料、乙酸钠溶液混合、乙酸钠溶液投加、控制部分等。

根据相关文献可知^[2],已经运行的污水处理厂需用外部碳源反硝化去除的氮量=出水总氮实测浓度-出水总氮排放标准,根据污水处理厂运行实测数据,在最不利情况下,该厂需用外部碳源反硝化去除的氮量 $N=20-15=5\text{ mg/L}$,必须投加的外部碳源量 $C_m=5N=25\text{ mg/L}$,即COD最大补充量为 25 mg/L 。

主要设计参数:处理水量为 $10\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$,COD最大补充量为 25 mg/L ,乙酸钠最大投加量为 250 kg/h (纯度为 $50\%\sim 60\%$)。

主要设备:自动粉末上料投加系统1套,投药能力为 250 kg/h ;储备罐搅拌机1台;溶药搅拌机2台;加药泵3台, $Q=1\,500\text{ L/h}$, $H=300\text{ kPa}$;电动葫

芦1台,起吊质量为 1 t 。

3 运行成本分析^[3]

污水处理厂设计规模为 $10\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$,日变化系数为 1.3 ,全年运行天数为 365 d ,年处理水量为 $2\,807.7\times 10^4\text{ m}^3/\text{a}$ 。

成本分析如下:

① 工资福利费:污水厂提标改造子项不增加人员,由一期的工作人员负责运行管理。

② 折旧费:污水处理厂提标改造工程第一部分费用为 $4\,249.26$ 万元,综合折旧提成率按 4.6% 计,折旧提成费为 195.46 万元/a,包括基本折旧和大修费。

③ 检修维护费:检修维护费率按 1% 计,检修维修费总计为 1.96 万元/a。

④ 运行费:提标改造增加的运行费主要有电费、水费及药剂费。其中电量为 $1\,305\,240\text{ kW}\cdot\text{h}/\text{a}$,电价为 $0.73\text{ 元}/(\text{kW}\cdot\text{h})$,电费总计 95.28 万元/a;用水量为 $216\,000\text{ m}^3/\text{a}$,水价为 $3.0\text{ 元}/\text{m}^3$,水费总计 64.8 万元/a;药剂用量为 $2\,190\text{ t}/\text{a}$,药剂单价为 $2\,000\text{ 元}/\text{t}$,药剂费总计 438 万元/a。

其他费用(包括税款、行政管理费、辅助材料等)暂不计,本工程总运行费用增加 795.5 万元/a,单位水量运行费增加 $0.283\text{ 元}/\text{m}^3$ 。

4 运行效果分析

2013年8月份开始对整个系统联动调试,至今各处理工艺单元运行良好,出水水质可稳定达到设计要求。

为了对比提标改造前、后的水质处理效果,将2011年(提标改造前)与2013年(提标改造后)同期生化池进出水TN的数据进行对比,分别如图3、4所示。

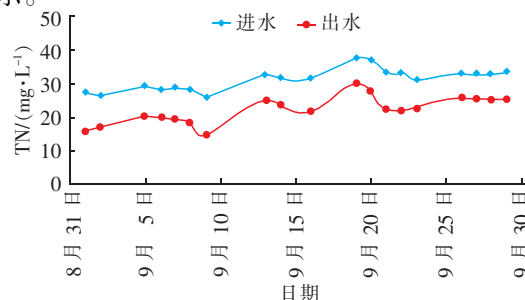


图3 2011年9月生化池进、出水总氮(提标前)

Fig. 3 TN of influent and effluent of AO biochemical tank in Sep. 2011 (before upgrading and reconstruction)

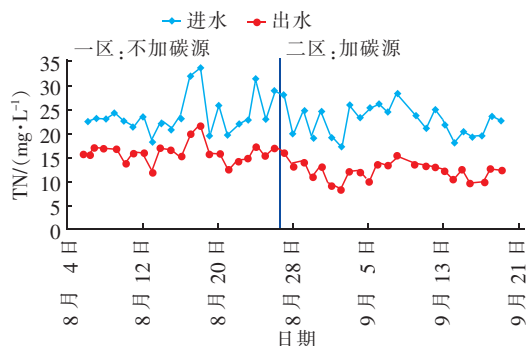


图4 2013年联动调试阶段生化池进、出水总氮(提标后)

Fig.4 TN of influent and effluent of AO biochemical tank in 2013(after upgrading and reconstruction)

由图3可见,提标改造前生化池进水总氮浓度为26~38 mg/L,平均值为31.5 mg/L。生化池出水总氮为15~30 mg/L,平均值为22.5 mg/L,总氮平均去除率为28%。

图4为将新建生化池并入原系统中运行数据。一区为不投加碳源的运行情况,进水总氮在18~33 mg/L之间波动,平均值为24.2 mg/L,经生化池处理后,出水总氮为12~22 mg/L,平均为16.1 mg/L,总氮平均去除率为33.6%。可见,新建一座生化池可以提高整个处理系统的总氮去除率。

如一区数据所示,出水总氮虽有部分数据低于15 mg/L,但受进水有机物浓度及碳氮比的影响,生化出水总氮不能实现稳定达标。二区为投加碳源的运行结果,乙酸钠投加量按4~6 t/d加入三座生化池内,进水总氮为18~28 mg/L,平均值为23.8 mg/L,经生化池处理后,出水总氮在8~14.8 mg/L(平均为12.75 mg/L),总氮平均去除率为46.4%,生化池出水总氮能稳定达到一级A排放标准。

5 结论

① 在运行过程中,若进水泥砂量含量较高(特别是雨季),通过配水井闸门的控制,运行新建的平流沉砂池,大量泥砂在该构筑物内去除,进入原厂区的粗、细格栅及提升水泵的污水含泥砂量较少,保证了上述设备的正常运行。

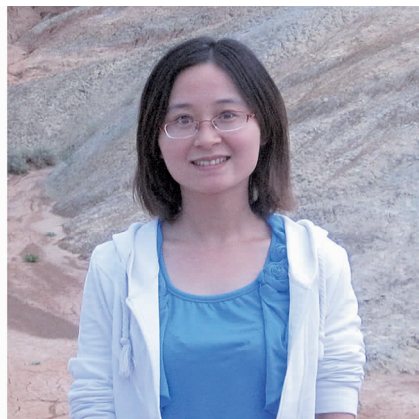
② 厂区新建一座A/O生化池,与厂区原有二座生化池同时运行,减小了脱氮负荷,提高了生化系

统的脱氮效率。

③ 由于进水碳氮比较小,通过投加一定的碳源,可保证出水TN稳定达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)中的一级A标准。

参考文献:

- [1] 周雹. 活性污泥工艺简明原理及设计计算[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2005.
Zhou Bao. Simple Principle and Design Calculation of Activated Sludge Process[M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2005 (in Chinese).
- [2] 周丹,周雹. 污水脱氮工艺中外部碳源投加量简易计算方法[J]. 给水排水,2011,37(11):38-41.
Zhou Dan, Zhou Bao. Simple calculation method for the outside carbon source dosage for nitrogen removal process in wastewater treatment[J]. Water & Wastewater Engineering, 2011, 37(11): 38-41 (in Chinese).
- [3] 孙淑琴,常华,李建科,等. 水厂改造工程设计运行案例分析[J]. 净水技术,2013,32(4):90-95.
Sun Shuqin, Chang Hua, Li Jianke, et al. Case analysis of design and operation for rehabilitation project of water treatment plant[J]. Water Purification Technology, 2013, 32(4): 90-95 (in Chinese).



作者简介:卢如(1987-),女,江西丰城人,硕士,工程师,主要从事市政给排水处理研究。

E-mail: 303632669@qq.com

收稿日期:2018-04-18