

重庆地区 A - A²/O 工艺污水处理厂提标改造工程实例

瞿 露, 张华伟

(中国市政工程中南设计研究总院有限公司 重庆分院, 重庆 400047)

摘 要: 重庆市某污水厂处理规模为 $40 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 原采用以 A - A²/O 为主体的二级处理工艺, 进水污染物浓度常年偏高高于一般城市生活污水, 现状生物池池容小、用地受限, TN、TP、SS 的去除是提标改造的关键。提标改造工程采用原工艺, 但对生物池进行扩容, 并增设高效沉淀池和均质石英砂滤料滤池深度处理工艺。设计中充分利用生物池旁的绿化带和道路用地对生物池进行扩容, 并增加搅拌器, 设置缺氧好氧转换区, 灵活调节缺氧区停留时间, 在二级处理单元保证 TN 的去除; 增设深度处理工艺, 有效去除 TP 和 SS。通过设置转换井, 实现不停产改造。建成运行以来, 运行状况良好, 出水水质稳定达到一级 A 排放标准。

关键词: 提标改造; 脱氮除磷; A - A²/O 工艺

中图分类号: TU992.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000 - 4602(2019)06 - 0072 - 05

A Case Study of Upgrading and Reconstruction Project of A - A²/O Process Wastewater Treatment Plant in Chongqing

QU Lu, ZHANG Hua-wei

(Chongqing Branch, Central and Southern China Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Chongqing 400047, China)

Abstract: A wastewater treatment plant in Chongqing City had a treatment capacity of $40 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, and the original secondary treatment process was A - A²/O. The concentration of influent pollutants was higher than that of ordinary municipal wastewater. The current situation of the biological tank had limited volume and land occupied. The removal of TN, TP and SS was the key problems to the upgrading and reconstruction project. In the upgrading project, besides the original treatment process, the capacity of bio-tank was expanded, and advanced treatment technology including high-efficiency sedimentation tank and homogeneous quartz sand filter was added. The upgrading project made full use of the land occupied by green belt and road to expand the volume of biological tanks, and added stirrers, set the anoxic-aerobic conversion zone, flexibly adjusted the HRT of the anoxic zone to ensure removal of TN in the secondary treatment stage. Furthermore, advanced treatment technology was added to effectively remove TP and SS. By setting up the conversion well, the wastewater treatment plant could be reconstructed without stopping operation. Since the completion of the reconstruction, the performance of the wastewater treatment plant was well, and the effluent water quality could reach the first class A level standard.

Key words: upgrading and reconstruction; nitrogen and phosphorus removal; A - A²/O process

重庆某污水厂是重庆市主城区最重要的大型污水处理厂之一,现状规模为 $40 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,采用A-A²/O处理工艺。为了使出水水质从《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级B标准提高到一级A标准,现实施提标改造。

提标改造工程充分发挥二级处理单元的作用,通过对现状生物池的改造保证TN去除,再增加深度处理单元保证TP、SS去除,该改造方案工程投资省,运行成本低,缺氧、好氧转换区的设置,使得运行灵活,适应性强。通过优化设计,可实现污水厂不停产改造。

1 污水厂改造前运行概况

污水处理厂原设计出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)中的一级B标准。

原工艺流程见图1。

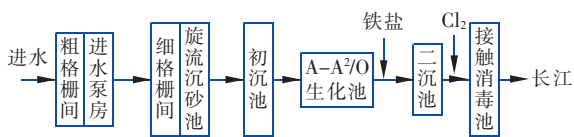


图1 原污水处理工艺流程

Fig. 1 Original flow chart of wastewater treatment process

对污水厂2015年、2016年两年的实际进水水质数据进行分析,结果见表1。

表1 各覆盖率对应进水污染物浓度

Tab. 1 Influent pollutant concentration corresponding to each coverage rate

覆盖率/%	75	80	85	90
BOD ₅ /(mg·L ⁻¹)	257	277	294	311
COD/(mg·L ⁻¹)	431	457	483	514
SS/(mg·L ⁻¹)	260	283	305	323
TN/(mg·L ⁻¹)	49.7	51.2	53.2	56.1
NH ₃ -N/(mg·L ⁻¹)	33.1	34.1	35.7	38
TP/(mg·L ⁻¹)	5.15	5.41	5.65	5.94

从表1可知,部分指标(如BOD₅、COD、TN)进水浓度全年平均值高于一般城市生活污水水质;BOD₅/COD平均值约为0.59,可生化性较好;碳氮比平均值约为4.8,可采用生物脱氮;碳磷比平均值约为49,可采用生物除磷。

近两年实际进水水温为14.7~32.0℃,其中2015年全年水温均在15℃以上,全年最低水温为15.1℃;2016年全年水温有两天低于15℃,全年最

低水温为14.7℃。

出水水质如表2所示。

表2 出水水质

Tab. 2 Effluent quality

项目	平均值/(mg·L ⁻¹)	一级B 达标率/%	一级A 达标率/%
BOD ₅	3.5	100	100
COD	27	100	99.73
SS	8	100	87.16
TN	13.1	100	74.32
NH ₃ -N	1.67	100	92.62
TP	0.44	100	68.31

2 提标改造工程设计

2.1 提标改造重点难点分析

提标改造工程设计进、出水水质见表3。

表3 提标改造工程设计进、出水水质

Tab. 3 Design influent and effluent quality of upgrading and reconstruction project mg·L⁻¹

项目	BOD ₅	COD	SS	TN	NH ₃ -N	TP
进水	295	480	300	50	35	6
出水	≤10	≤50	≤10	≤15	≤5(8)	≤0.5

从现状出水水质来看,BOD₅已稳定达到一级A标准,COD、NH₃-N、粪大肠菌群通过调整运行工况(增加曝气量、增大消毒剂投加量)可达到一级A标准,TN、TP、SS则是提标工程需重点考虑的指标。

TN的去除主要依靠生物脱氮,具体措施包括二级生物处理脱氮、深度处理(如生物滤池)脱氮等。TP的去除依靠生物除磷和化学除磷,一般在深度处理阶段设化学除磷单元。SS主要通过沉淀、过滤去除。

2.2 现状构筑物复核计算

结合设计进出水水质要求,对现状生物处理单元处理能力进行校核。

一级处理单元对BOD₅、COD、SS的去除率取35%,对TN、NH₃-N、TP的去除率取5%,由此确定生物池进水水质如下:BOD₅ 192 mg/L,COD 312 mg/L,SS 195 mg/L,TN 47.5 mg/L,NH₃-N 33.2 mg/L,TP 5.7 mg/L。

统计时段内,生物池实际污泥浓度平均值约为4 428 mg/L,计算时取污泥浓度为4 000 mg/L,最不利水温取15℃。

缺氧区计算公式如下^[1]:

$$V_{\text{缺氧区}} = \frac{0.001Q(N_{\text{ki}} - N_{\text{te}}) - 0.12W_{\text{m}}}{K_{\text{de}}X} \quad (1)$$

$$W_m = \frac{Q(S_i - S_e)}{1\,000} f \left(Y_h - \frac{0.9 \times b_h \times Y_h \times f_t}{\theta_d + b_h f_t} \right) \quad (2)$$

$$\text{缺氧区停留时间 } T_n = \frac{V_{\text{缺氧区}}}{Q} \quad (3)$$

式中 S_i 、 S_e ——分别为反应池进、出水 BOD_5 , mg/L

X ——反应池混合液浓度, kgMLSS/m³

N_{ki} ——反应池进水总凯氏氮浓度

N_{te} ——反应池出水总氮浓度

b_h ——异养菌内源衰减系数, d⁻¹

θ_d ——反应池设计泥龄值, d

Y_h ——异养菌产率系数, kgSS/kgBOD₅

f ——污泥产率修正系数

f_t ——温度修正系数, 取 $1.072^{(t-15)}$

t ——温度

K_{de} ——反硝化速率, 20℃时取 0.03 ~ 0.06

kgNO₃⁻ - N/(kgMLSS · d), 并用

$K_{de(t)} = K_{de(20)} 1.08^{t-20}$ 进行温度校正

计算得到不同温度下的反硝化速率及需要的缺氧区停留时间, 如表4所示。

表4 不同温度下需要的缺氧区停留时间

Tab.4 Hydraulic retention time of anoxic zone at different temperatures

水温/℃	反硝化速率/ (kgNO ₃ ⁻ - N · kg ⁻¹ MLSS · d ⁻¹)	缺氧区停留 时间/h
20	0.050	3.04
25(夏季)	0.073	1.97
15(冬季)	0.034	4.32

好氧区计算公式如下:

$$V_{\text{好氧}} = \frac{Q\theta_d Y(S_i - S_e)}{1\,000X} \quad (4)$$

$$Y = f \left(Y_h - \frac{0.9 \times b_h \times Y_h \times f_t}{\theta_d + b_h f_t} + \psi \frac{X_i}{S_i} \right) \quad (5)$$

$$\theta_d = F \times (1/\mu) \quad (6)$$

$$\mu = 0.47 \frac{N_a}{K_N + N_a} e^{0.098(t-15)} \quad (7)$$

污泥浓度为 4 000 mg/L 时, 好氧区需要的停留时间为 6.9 h。考虑到冬季缺氧区需要的停留时间较长, 可适当提高污泥浓度, 缩短停留时间。当污泥浓度为 5 000 mg/L 时, 计算得好氧区需要的停留时间为 5.5 h, 缺氧区需要的停留时间为 3.46 h。

现状生物池为推流式, 原设计总停留时间为

8.9 h, 其中选择区 0.3 h、厌氧区 1.53 h、缺氧区 2.07 h、好氧区 5.0 h。缺氧区加好氧区总停留时间仅 7.07 h, 不能满足一级 A 标准的处理要求。

2.3 改造工艺设计

提标改造工程针对 TN、TP、SS 的去除有两种思路。方案一: 二级生物处理单元扩容, 延长停留时间, 保证 TN 的去除; 增加混凝沉淀过滤深度处理单元保证 TP、SS 的去除。方案二: 深度处理增加硝化、反硝化两级生物滤池去除 TN, 增加混凝沉淀过滤单元保证 TP、SS 的去除。两种方案比较, 方案一工艺流程更短, 工程投资更省, 无需外加碳源, 运行成本更低, 因此采用方案一进行提标改造。

2.3.1 二级处理单元改造

现状生物池分区布置见图2。改造后生物池平面布置见图3, 分区布置见图4。

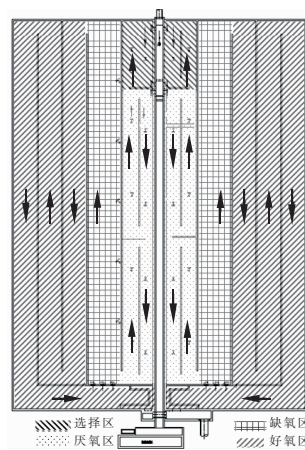


图2 现状生物池分区布置

Fig.2 Partition layout of current biological reaction tank

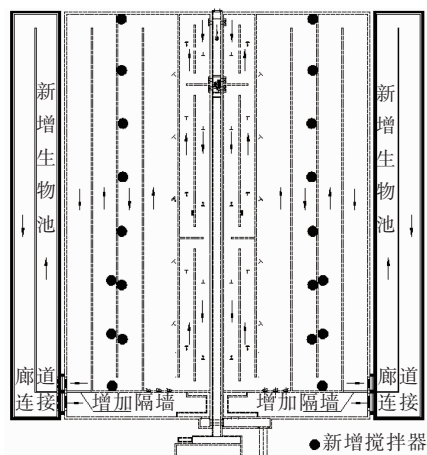


图3 改造后生物池平面布置

Fig.3 Plane layout of reconstructed biological reaction tank

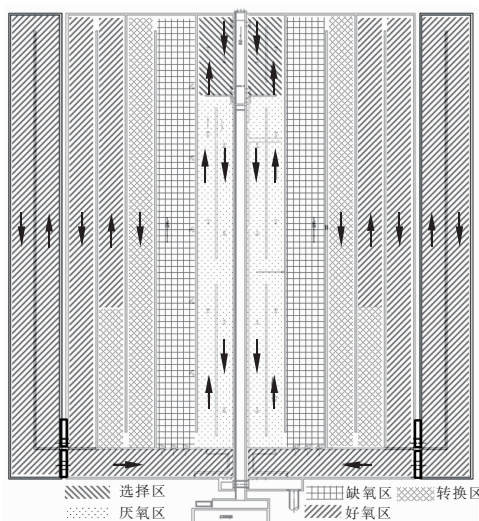


图4 改造后生物池分区布置

Fig.4 Partition layout of reconstructed biological reaction tank

充分利用现状生物池旁的绿地,在每组生物池旁增加两条廊道,与现状生物池连通,使生物池总停留时间延长到11.51 h。改造后,二期生物池选择区停留时间为0.3 h,厌氧区停留时间为1.53 h,缺氧区(含缺氧好氧转换区)停留时间为4.32 h,好氧区停留时间为5.36 h,总停留时间为11.51 h,较原设计总停留时间增加2.61 h。

将缺氧区末端设置为缺氧、好氧转换区,转换区停留时间为2.25 h,设搅拌器,可根据实际水质,通过调整曝气头及搅拌器开闭情况,切换缺氧、好氧状态。若转换区全部按缺氧区运行,缺氧区停留时间最大可达4.32 h,此时好氧区停留时间为5.36 h。若转换区全部按好氧区运行,好氧区停留时间最大可达7.61 h,此时缺氧区停留时间为2.07 h。

其他强化脱氮措施包括:①现状生物池只设置了选择区和厌氧区进水,改造进水管,增加缺氧区进水点,实现多点进水;②关闭内回流区域的曝气头;③预留碳源投加设施,以应对可能出现的水质变化。

2.3.2 深度处理设计

深度处理选择高效沉淀池+砂滤池过滤工艺。

① 高效沉淀池

高效沉淀池共分为10格,机械搅拌区水力停留时间为103 s,中间反应区水力停留时间为94 s,快速混合反应区水力停留时间为9.0 min,推流区水力停留时间为3.86 min,澄清区设计上升流速为14.25 m/h,污泥回流比为2%~5%。

在机械搅拌区投加聚合硫酸铁溶液,高效沉淀池化学法去除的磷以0.5 mg/L计,则聚合硫酸铁原液(有效铁含量11%)投加量为32.8 mg/L。在快速混合反应区投加PAM,设计最大投加量为1 mg/L。

斜管直径为80 mm,长度为750 mm,安装角度为60°。斜管区上部设置可推拉式盖板,轻质高强,可分段移动打开,既便于检修维护,又能防止太阳光直射,减少青苔滋生,延缓斜管老化。

② 均质滤料滤池

滤池分为20格,单格内空尺寸为9.3 m×16.3 m,单格过滤面积为130.4 m²,池总高为4.6 m。采用均质石英砂滤料,粒径为1.2~2.4 mm,滤料厚度为1.4 m。采用长柄滤头配水系统。设计平均滤速为6.39 m/h,强制滤速为6.74 m/h。

滤池采用气水反冲洗。单独气冲洗强度为15 L/(s·m²),冲洗时间2 min;气水联冲时水冲洗强度为3.0 L/(s·m²),气冲洗强度为15 L/(s·m²),冲洗时间4 min;单独水冲洗强度6.0 L/(s·m²),冲洗时间6 min。反冲洗全过程伴有表面扫洗,强度为2.0 L/(s·m²)。

2.3.3 不停产碰管设计

提标改造工程主要涉及2处工艺主管碰管:二沉池出水总管与深度处理单元进水管碰管;深度处理单元出水管与消毒池进水管碰管。由于工程规模较大,工艺主管管径为DN2400,且主管上需增设阀门,若按常规设计,则碰管时必然造成污水厂停产,污水直接溢流,势必带来环境污染问题。设计在两处污水主管碰管处设置转换井(见图5),以转换井代替常规三通,待转换井建好、新增管道安装好后,再对现状管道进行水下切割,可以实现不停产碰管。

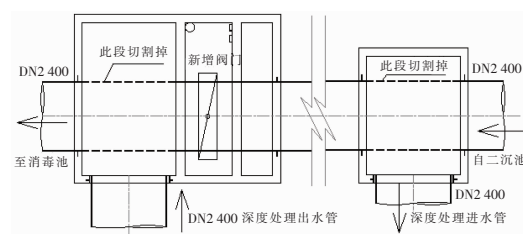


图5 转换井示意图

Fig.5 Schematic diagram of conversion well

3 运行情况

提标改造工程实际出水水质见表5,达标率为(下转第88页)