

# 张贵庄污水处理厂分段进水多级 AO 工艺的设计与运行

王舜和, 李 朦, 郭淑琴

(天津市市政工程设计研究院, 天津 300392)

**摘 要:** 天津市张贵庄污水处理厂建成于 2012 年, 污水处理规模为  $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 出水标准为一类 A 排放标准。设计采用了分段进水多级 AO 工艺, 该工艺具有脱氮效率高、所需池容小、建设投资和运行费用省等特点。本工程设计为四级 AO 工艺, 采用流量计和远控电动阀门实现对各级进水量的精确控制, 池型设计采用综合管廊的布置方式。近三年的运行数据表明, 在已基本满负荷运行的情况下, 污水厂运行效果稳定, 可为同类工程项目提供参考。

**关键词:** 污水处理; 分段进水多级 A/O; 流量分配比例

**中图分类号:** TU992.3 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)12-0053-04

## Design and Operation for the Step-feed Multi-stage AO Process in Tianjin Zhangguizhuang Wastewater Treatment Plant

WANG Shun-he, LI Meng, GUO Shu-qin

(Tianjin Municipal Engineering Design & Research Institute, Tianjin 300392, China)

**Abstract:** Tianjin Zhangguizhuang Wastewater Treatment Plant was built in 2012. The project treatment capacity is  $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ . The standard of effluent in the wastewater treatment had to reach to the first level class A standard of GB 18918-2002. The step-feed AO process was used and it had the advantages of high nitrogen removal efficiency, the smaller requirement of tank volume, the conservation of the construction investment and operating costs, etc. In this project, some design ideas were adopted, which included the four-stage AO process, the flow meter and the remote control electric valve, and the utility tunnel of biological tank design. According to the running data in the last three years, under the condition of full load operation, the operation performance of the wastewater plant is stable, which can provide reference for similar projects.

**Key words:** wastewater treatment; step-feed multi-stage AO; flow distribution ratio

张贵庄污水处理厂<sup>[1]</sup>是天津市建设的一座大型综合城镇污水处理厂, 服务范围约  $170 \text{ km}^2$ , 主要处理天津市河东区及东丽区城镇生活污水及工业废水。工程自 2010 年开始建设, 至 2012 年竣工投产。工程荣获省市及国家多项奖励, 并获 2013 年度全国建设工程鲁班奖。工程采用多种新型工艺和设备, 其中生物处理系统采用了分段进水多级 AO 工艺, 这也是该工艺在新建大型污水厂的首个应用案例, 并于 2013 年获国家发明专利授权(专利号: ZL 2011 10107844.2)。

### 1 工程规模及水质要求

张贵庄污水厂一期工程包括  $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  的污水厂、 $6 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  的再生水厂、 $300 \text{ t/d}$  的污泥处置项目。污水处理流程主要包括进水提升、粗细格栅、曝气沉砂池、初沉池、分段进水多级 AO 生物池、周进周出二沉池; 深度处理包括二次提升泵房、机械混合池絮凝池、斜管沉淀池、反硝化深床滤池、接触消毒池。处理后的污水一部分通过出水泵房排放至东丽区袁家河, 一部分进入再生水处理系统。

项目设计进、出水主要指标见表 1。

表1 设计进、出水指标

Tab.1 Design influent and effluent quality

项目	BOD <sub>5</sub>	COD	SS	NH <sub>3</sub> -N	TN	TP
进水	300	500	400	55	70	8
一级A出水	10	50	10	5(8)	15	0.5

mg · L<sup>-1</sup>

## 2 工艺原理

本工程进水水质具有 TN 较高、BOD<sub>5</sub> 较低的特点,经论证后生物处理部分采用了分段进水多级 AO 工艺,该工艺脱氮效率高、所需池容小、建设和运行费用省,在低碳氮比污水中可实现较好的处理效果,工艺原理见图 1。

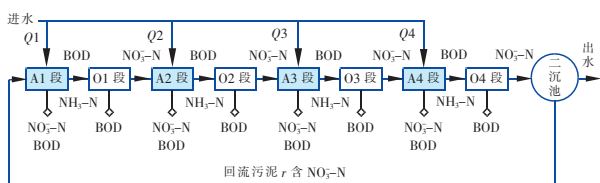


图1 分段进水多级 AO 工艺原理

Fig.1 Principle of step-feed multi-stage AO process

该工艺由二至五个串联 AO 组成,图 1 以四段 AO 为例,回流污泥从首端进入,污水按一定比例从每个 A 段进入,为反硝化提供碳源,剩余的碳污染物在 O 段去除,氨氮则氧化成硝态氮进入 A 段处理。工艺具有以下特点<sup>[2]</sup>:①避免了内回流带入的大量溶解氧,保证了缺氧区的处理效果,反硝化过程彻底,脱氮效率提高;②反硝化的碳源全部来自进水,对于低碳氮比的污水可显著节省外加碳源;③相对传统内回流脱氮工艺,降低了内回流的能耗。

## 3 生物池参数及设计特点

张贵庄污水厂生物池以上述原理为基础,在池型布置、自动控制等方面有针对性地进行了工程化设计,主要特点如下:

### ① 基本参数

工程设计规模为  $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,共设 4 座生物反应池,设计停留时间约 18 h,单座反应池长约 104 m,宽约 71 m,有效水深为 6.3 m,每座由四个连续的 AO 段组成,前三个 O 池末端设有一处机动池。单座反应池设有潜水搅拌机 14 台,底部铺设管式曝气器约 1 600 m,内回流泵 4 台,分别设在每个 O 段的末端,回流量分别为单池进水量的 25%、50%、70% 和 100%,设计为常闭状态,视运行水质情况开启。设计污泥浓度起端为 6 400 mg/L,末端为 4 000

mg/L,泥龄为 15 d。

### ② 进水进气分配设计

多级 AO 设计的重点和难点是进水量和进气量的分配。通常 AO 池多采用渠道 + 可调堰方式配水,但此方式缺少流量控制装置,运行人员仅能凭感官调节,无法实现对各级进水水量的精确控制。因此本工程设计改用管道进水方式,并在每级进水管处设计流量计和远控电动阀门,以实现各级进水量的精确测量,并可在中央控制室对阀门进行操作,可实时监控记录和调整各级进水流量比例。本工程设定的流量比例范围:第一级 10% ~ 25%、第二级 25% ~ 40%、第三级 25% ~ 40%、第四级 10% ~ 25%。

多级 AO 工艺缺氧池和好氧池交替连接,如果好氧池末端溶解氧过高,将会影响下一组 A 池的脱氮效果。本工程通过设置机动池和曝气控制系统实现各级反应池的稳定运行。在曝气充足的情况下,机动池将作为脱氧池使用,使末端溶解氧控制在 1 mg/L 以内。在每级好氧池均设置独立的曝气干管,并在此干管设置气量控制阀,通过好氧池末端的 DO 及进水量数据,实时监控并控制池内曝气总量。

### ③ 池型布置设计

本工程采用四级 AO 池,单池进水管路和空气管路分别为 4 组,配水点和空气分配点总计多达 32 处,如何整理和布置繁杂的管路系统是工程设计重点考虑的问题。本工程将两座池体联建并在中间设计 1 座管廊间(见图 2),宽度为 6 m,长为 104 m,内部借鉴综合管廊的设计理念,将进水管、远控阀门、流量计、空气管道、电缆桥架、加药管道、回流污泥渠道等全部集中在管廊中,极大地方便了设备的维护及日常运行管理。生物池运行情况见图 3。



图2 生物池管廊布置

Fig.2 Biological tank pipe gallery layout



图3 生物池运行情况

Fig. 3 Biological tank operation

#### 4 实际运行分析

张贵庄污水处理厂自2012年4月开始通水运行,至今已运行五年半时间。2014年—2017年水量变化情况见图4。可见,张贵庄污水厂水量呈逐渐增长态势,2014年平均日处理水量为 $14 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,最小水量为 $8.6 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,最大水量为 $22.7 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。2015年平均日处理水量为 $19.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,最小水量 $11.3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,最大水量 $27 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。2016年平均日处理水量为 $19.7 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,

最小水量 $12.6 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,最大水量 $28.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。2017年1月—6月平均日处理水量为 $17 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,最小水量 $13 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,最大水量 $26.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。总计约1/3的时间超过设计 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 处理规模,目前已基本满负荷运行,日益增长的污水量已为该厂的日常运行带来困难。

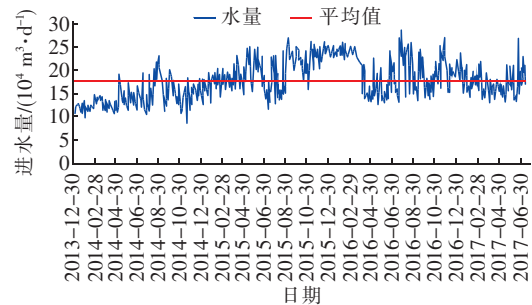


图4 2014年—2017年水量监测数据

Fig. 4 Wastewater flow during 2014-2017

从现状进水水质情况看,各项指标波动范围较大,但多数为短期波动,水质平均值尚在工程设计水质范围内。

工程现状出水水质(见表2)较好,目前各指标均能稳定达到一级A排放标准。

表2 进、出水水质变化(2014年—2016年)

Tab. 2 Variety of influent and effluent quality(2014-2016)

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

项 目		COD	BOD <sub>5</sub>	SS	NH <sub>3</sub> -N	TN	TP
进水	范围	114 ~ 1 540	49 ~ 486	73 ~ 843	8.1 ~ 77	27.1 ~ 113.5	1.09 ~ 20.2
	平均值	422	162	252	43.7	57.8	7.33
出水	范围	7 ~ 40	1 ~ 5	1 ~ 7	0.1 ~ 4	6.5 ~ 13.9	0.1 ~ 0.48
	平均值	22	1.64	2.1	0.61	11.63	0.32

根据脱氮原理,脱氮过程中 $\text{BOD}_5/\text{TN}$ 应大于2.86,通常要达到4以上才能获得较好的反硝化效果。根据分析,本工程进水 $\text{BOD}_5/\text{TN}$ 的平均值仅为2.54,属于碳源缺乏的污水,因此需要在运行中补充一定量的碳源。从实践经验看,碳源补充在最后一格A池即可获得较好的脱氮效率,且碳源用量显著低于常规工艺。

#### 5 设计总结

分段进水多级AO工艺近年来日益受到重视,国内相关工程设计案例也逐渐增多,以往多级AO工艺多用于现状污水处理厂的改造,布局和设计都具有较大的局限性。张贵庄污水处理厂作为国内第一座大型新建多级AO工艺的污水厂,从设计之初便以工艺原理为基本点,从设计布局、池型分配等方面发挥工艺的长处,弥补不足,在运行的5年时间里

积累了宝贵的设计、运行经验及教训,具体如下:

① 张贵庄污水厂多级AO工艺采用流量计及电控阀门控制的流量分配方式,从实践看是可靠的。实际运行中并不需要频繁地调节流量分配,相比粗犷的堰门分配,流量计所获得的数字化信息可使运行管理人员很清楚地实现各种分配策略的调节,从而摸索最佳分配方式。而与远程电控阀门以及曝气控制系统的结合,为实现污水厂智慧化控制提供了基础。从运行经验看,采用第一级20%~30%、第二级30%~40%、第三级30%~40%、第四级10%~15%的流量分配方式,可获得较稳定的脱氮效果。

② 由于进水点位较多,采用中央管廊的设计思路将各种管线集约化布置,从运行维护角度是非常适用的。

③ 工程最初每级均设置了内回流泵,期望各



段均可通过内回流增强反硝化效果,但从实际运行看,内回流的作用从末端向前端依次降低,因此仅建议最后一段设置内回流即可。

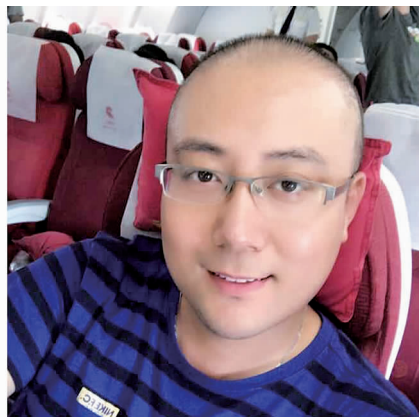
④ 由于回流污泥进入反应池后被分步稀释,第一段的AO池污泥浓度非常高,同时造成一段O池的曝气能力明显不足,在今后的设计中建议加大该段曝气量。

⑤ 推荐在池型设计时,缺氧段采用氧化沟的池型布置,以优化流态,并降低搅拌器的能耗。

#### 参考文献:

- [1] 王舜和,郭淑琴. 天津市张贵庄污水处理及再生利用一期工程设计[J]. 中国给水排水,2013,29(8):52-55,59.  
Wang Shunhe, Guo Shuqin. Design of first-phase project of wastewater treatment and reclamation at Tianjin Zhangguizhuang[J]. China Water & Wastewater, 2013, 29(8):52-55,59(in Chinese).
- [2] 王舜和,郭淑琴,魏新庆. 分段进水多级A/O工艺的特点与问题[J]. 山西建筑,2015,41(2):113-114.  
Wang Shunhe, Guo Shuqin, Wei Xinqing. Characteristics

and problems of step feed A/O process[J]. Shanxi Architecture, 2015, 41(2):113-114(in Chinese).



作者简介:王舜和(1981-),男,黑龙江哈尔滨人,硕士,高级工程师,从事污水处理工程设计工作,曾获全国工程咨询二等奖1项、天津市优秀勘察设计一等奖2项、全国优秀勘察设计二等奖1项、国家发明专利3项。

E-mail: johnason80@126.com

收稿日期:2017-12-21

(上接第52页)

- GB 50016-2014, Code for Fire Protection Design of Buildings[S]. Beijing: China Planning Press, 2015(in Chinese).
- [2] GB 50974-2014, 消防给水及消火栓系统技术规范[S]. 北京:中国计划出版社,2014.  
GB 50974-2014, Technical Code for Fire Protection Water Supply and Hydrant System[S]. Beijing: China Planning Press, 2014(in Chinese).
- [3] GB 50084-2001, 自动喷水灭火系统设计规范(2005年版)[S]. 北京:中国计划出版社,2005.  
GB 50084-2001, Code of Design for Sprinkler Systems (2005 ed)[S]. Beijing: China Planning Press, 2005(in Chinese).
- [4] GB 50140-2005, 建筑灭火器配置设计规范[S]. 北京:中国计划出版社,2005.  
GB 50140-2005, Code for Design of Extinguisher Distribution in Buildings[S]. Beijing: China Planning Press, 2005(in Chinese).
- [5] GB 50838-2015, 城市综合管廊工程技术规范[S]. 北京:中国计划出版社,2015.

GB 50838-2015, Technical Code for Urban Utility Tunnel Engineering[S]. Beijing: China Planning Press, 2015(in Chinese).



作者简介:周友飞(1988-),男,安徽马鞍山人,硕士,国家注册公用设备(给水排水)工程师,从事污水、污泥处理设计及研究工作。

E-mail: zhouyoufei@smedi.com

收稿日期:2017-12-13