

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2021.12.016

# 准Ⅳ类出水标准下天津咸阳路污水处理厂的迁建提标设计

杨 清, 郭淑琴, 陈伟楠

(天津市市政工程设计研究总院有限公司, 天津 300051)

**摘 要:** 天津咸阳路污水处理厂迁建提标一期工程处理规模为  $45 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 再生水一期规模为  $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 出水水质达到天津市地方标准《城镇污水处理厂污染物排放标准》(DB 12/599—2015) 中的 A 标准。污水处理主要工艺为: 速沉池 + 多级 AO 反应池 + 二沉池 + 反硝化滤池 + 高效澄清池 + V 型滤池 + 臭氧催化氧化 + 紫外线消毒。经过近期的调试运行, 污水处理厂出水各项指标均优于设计标准。运行过程中, 当污水量有较大增长时, 处理效果良好, 体现出了良好的抗冲击负荷能力; 多级 AO 工艺在运行中表现出了较高的去除有机物和脱氮效率; 高效沉淀池 + V 型滤池工艺对出水 TP 和 SS 达标有很好的保障。后续可根据进水水质水量的实际情况灵活调整运行方式, 在出水达标的情况下, 减少运行费用。

**关键词:** 多级 AO; 反硝化滤池; 臭氧催化氧化

**中图分类号:** TU992.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2021)12-0088-05

## Design of Relocation of Tianjin Xianyanglu Sewage Treatment Plant Upgraded to Quasi-Ⅳ Standard

YANG Qing, GUO Shu-qin, CHEN Wei-nan

(Tianjin Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Tianjin 300051, China)

**Abstract:** Treatment capacity of Tianjin Xianyanglu sewage treatment plant in the first phase relocation and upgrading project is  $45 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , and treatment capacity of the recycled water plant of the first phase is  $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , in which the effluent is required to meet class A limitations of Tianjin local *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (DB 12/599 - 2015). The main process of sewage treatment consists of rapid sedimentation tank, multi-stage AO reaction tank, secondary sedimentation tank, denitrification filter, high-efficiency sedimentation tank, V-shaped filter, ozone catalytic oxidation and UV disinfection. After the recent commissioning, effluent indices of the sewage treatment plant were better than those in the design standard. In the process of operation, when the amount of sewage increased greatly, good treatment performance was achieved, reflecting a good impact resistance load capacity of the process. The multi-stage AO process showed high organic matter removal and nitrogen removal efficiency in the operation. The high-efficiency sedimentation tank and V-shaped filter process could ensure that TP and SS in the effluent meet the discharge standard. The operation mode could be adjusted flexibly according to the actual situation of the water quality and quantity of the influent in the subsequent operation, so as to reduce the operation cost on the premise of the effluent water quality meeting the discharge standard.

**Key words:** multi-stage AO; denitrification filter; ozone catalytic oxidation

## 1 项目概况

### 1.1 原咸阳路污水厂概况

原咸阳路污水处理厂承担着咸阳路排水系统(天津市六大系统之一)的污水处理任务,设计处理能力为  $45 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  (远期  $63 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ),总占地

面积为  $63.6 \text{ hm}^2$ 。污水处理采用初沉池 + BNR 工艺 + 二沉池 + 加氯消毒工艺,出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级 B 标准。2014 年 1 月—2016 年 3 月实测进水水质见表 1。

表 1 2014 年 1 月—2016 年 3 月实际进水水质

Tab. 1 Actual influent quality from Jan. 2014 to Mar. 2016

保证率/%	COD/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	BOD <sub>5</sub> / ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	SS/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	NH <sub>3</sub> - N/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	TN/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	TP/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )
70	567.13	214.08	204.32	54.28	62.56	5.73
75	589.14	221.44	214.37	56.05	64.35	5.97
80	614.65	229.92	226.15	58.10	66.40	6.24
85	645.79	240.22	240.70	60.57	68.88	6.58
90	687.22	253.84	260.35	63.83	72.13	7.03
95	753.56	275.46	292.45	68.99	77.23	7.75

随着城市的快速发展,原污水厂周边已发展为天津滨海高新区的核心发展区。2015 年 10 月 1 日施行的天津市地方标准《城镇污水处理厂污染物排放标准》(DB 12/599—2015)规定本工程执行 A 标准。即要求主要污染物指标(除 TN 外)达到地表水Ⅳ类水标准。周边环境限制了污水厂继续进行升级改造,同时原污水厂也给周边商业和居住带来了较大的环境影响,因此最终政府部门确定对本工程实施迁建和提标工作。

### 1.2 新建污水厂概况

新建污水处理厂(2030 年)处理规模为  $60 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,占地面积约  $33 \text{ hm}^2$ ,分两期建设,一期先建  $45 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,概算投资约为 24.1 亿元。

工程服务范围约  $218 \text{ km}^2$ ,主要包含外环线内

的部分主城区和西青区环外大部分区域。

## 2 设计进、出水水质

该工程出水水质达到天津市地方标准《城镇污水处理厂污染物排放标准》(DB 12/599—2015)中的 A 标准后排入陈台子河。根据现状污水厂近几年的实际进水水质数据,部分指标已超标排入下水道,主要原因是服务范围内的工业企业较多,因此在本次迁建提标工程确定进水水质时需考虑此不利因素。

具体设计进、出水水质见表 2。

本次设计进水水质主要参考近几年现状污水厂实际水质情况,后期随着区域环境治理的不断完善,进水水质应充分考虑《污水排入城镇下水道水质标准》(CJ 343—2010)中相关指标。

表 2 设计进、出水水质

Tab. 2 Design influent and effluent quality

项目	BOD <sub>5</sub> / ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	COD/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	SS/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	NH <sub>3</sub> - N/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	TP/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	TN/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	大肠杆菌/ ( $\text{个} \cdot \text{L}^{-1}$ )
进水	220	650	300	65	8	75	
出水	6	30	5	1.5(3.0)	0.3	10	$10^3$

## 3 工艺选择

根据设计进、出水水质,在污水处理工艺选择上重点考虑 COD、TN 和 SS 的去除。

### 3.1 对 COD 的去除

近两年进水  $\text{BOD}_5/\text{COD} < 0.4$  的概率为 62.5%,可生化性一般,特别是进水中含有工业废水时含溶解性难降解有机物,要达到  $\text{COD} \leq 30 \text{ mg/L}$  的要求,常规二级处理具有一定难度。为此,考虑在二

级处理后增加臭氧催化氧化高级氧化工艺。

### 3.2 对 TN 的去除

本工程设计进水水质的  $\text{C/N} = 2.93$ ,实测水质日均值变化较大(1.77 ~ 6.10),大部分时间为碳源不足。在本工程 TN 去除率  $\geq 86.7\%$  的条件下,必须考虑生物反应池充分利用污水自身碳源且脱氮效率高的处理工艺,因此选择多级 AO 工艺(脱氮效率为 70% ~ 75%)。另外补充设置强效脱氮处理单元

反硝化生物滤池,以保障出水 TN 稳定达标。

### 3.3 对 SS 的去除

本工程出水  $SS \leq 5 \text{ mg/L}$ , 结合  $TP \leq 0.3 \text{ mg/L}$  的要求, 常规二级处理工艺完全不能满足要求, 因此设计采用已非常成熟的混凝沉淀 + 过滤工艺。其中混凝沉淀采用机械混凝斜板沉淀的高效澄清池, 过滤采用 V 型砂滤池。

初沉池和二沉池采用矩形结构, 与反应池联建以节省占地。具体工艺流程见图 1。

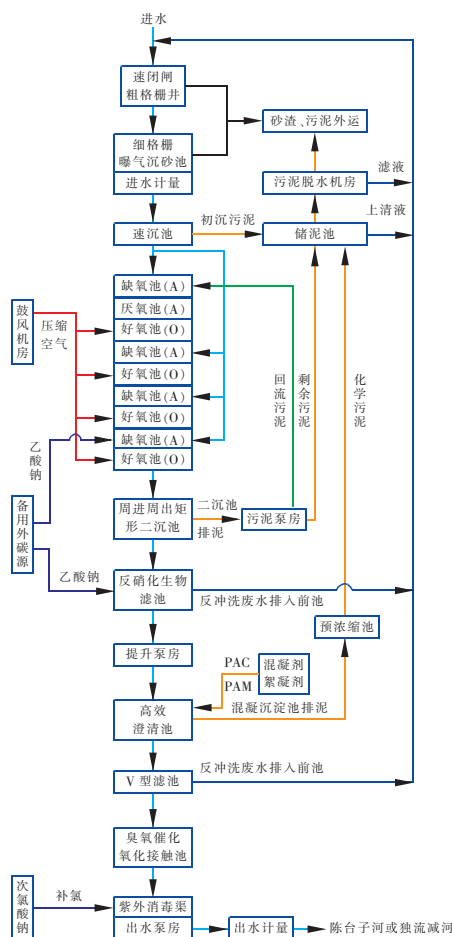


图 1 污水处理工艺流程

Fig. 1 Flow chart of wastewater treatment process

## 4 主要处理构筑物及设计参数

### 4.1 速沉池

设计规模  $45 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 数量 5 座(与反应池联建)。峰值表面负荷  $4.8 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ , 沉淀时间 50 min。主要设备: 非金属链板式刮泥机 10 套, 单套  $B=9.6 \text{ m}$ ,  $L=56.95 \text{ m}$ ,  $P=0.37 \text{ kW}$ ; 电动旋转撇渣装置 5 台,  $P=0.37 \text{ kW}$ 。

### 4.2 多级 AO 反应池<sup>[1-3]</sup>

多级 AO 生物反应池由一级厌氧池和四级串联 AO 段组成, 每一段均包括缺氧区和好氧区。反应池 5 座, 设计规模  $45 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 总有效容积  $374\,744 \text{ m}^3$ , 有效水深 7.5 m, 最低设计水温  $10^\circ\text{C}$ 。单级进水比例均为 25%, 单级 MLSS 分别为:  $5\,600/4\,600/4\,000/3\,500 \text{ mg/L}$ ; 平均污泥产率系数  $0.82 \text{ kgSS/kgBOD}_5$ , 总泥龄 18 d, 停留时间 19.9 h, 气水比 6.2:1, 外回流比 100%。主要设备: 潜水推进器两种型号,  $\varnothing 2\,200 \text{ mm}$ ,  $P=5.5 \text{ kW}$  的 40 台, 叶轮直径  $2\,500 \text{ mm}$ ,  $P=7.5 \text{ kW}$  的 60 台。

### 4.3 矩形周进周出二沉池

设计规模  $45 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 共 30 组(与反应池联建), 峰值表面负荷  $1.25 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ , 回流污泥浓度  $8 \sim 10 \text{ g/L}$ 。主要设备: 非金属链条刮泥机 30 台,  $P=0.37 \text{ kW}$ 。

### 4.4 反硝化生物滤池

设计规模  $45 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 采用上向流反硝化生物滤池, 滤速  $11.6 \sim 12.3 \text{ m/h}$ , 反硝化负荷  $0.72 \text{ kgNO}_3^- - \text{N}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$  (平均), 反冲洗周期 24 h, 反冲洗气强度  $75 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ , 反冲洗水强度  $18 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ , 乙酸钠投加量  $92 \text{ mg/L}$ 。主要设备: 反洗水泵 6 台(4 用 2 备), 单台  $Q=810 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $H=90 \text{ kPa}$ ,  $P=30 \text{ kW}$ ; 反洗风机 6 台(4 用 2 备), 单台  $Q=56 \text{ m}^3/\text{min}$ ,  $H=0.085 \text{ MPa}$ ,  $P=110 \text{ kW}$ 。

### 4.5 高效澄清池

设计规模  $45 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 停留时间 15 min, 沉淀池 8 座, 直径 17 m。沉淀区表面负荷分别为  $13.9 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$  (平均)、 $18 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$  (峰值); PAC (10% 液体) 投加量  $132 \text{ mg/L}$ , PAM 投加量  $0.5 \sim 1 \text{ mg/L}$ 。主要设备: 反应搅拌器 16 台,  $\varnothing 1.2 \text{ m}$ ,  $P=11 \text{ kW}$ ; 絮凝池搅拌器 8 台,  $\varnothing 3.2 \text{ m}$ ,  $P=7.5 \text{ kW}$ ; 刮泥机 8 台,  $\varnothing 17 \text{ m}$ ,  $P=4.0 \text{ kW}$ ; 污泥回流泵 8 台, 单台  $60 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $H=100 \text{ kPa}$ ,  $P=7.5 \text{ kW}$ ; 污泥排放泵 8 台, 单台  $120 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $H=200 \text{ kPa}$ ,  $P=22 \text{ kW}$ 。

### 4.6 V 型滤池

设计规模  $45 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 单格滤池尺寸  $14.5 \text{ m} \times 4.9 \text{ m}$ , 共 40 格。滤速  $8.7 \text{ m/h}$  (峰值), 反冲洗周期 24 h, 反冲洗气强度  $15 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ , 气水同时反冲洗强度: 水冲  $2.5 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ 、气冲  $2.5 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ , 反冲洗水强度  $5 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ 。主要设备: 反冲洗水泵 6 台(4 用 2 备), 单台  $Q=1\,008 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $H=80 \text{ kPa}$ ,  $P=$

45 kW;反洗风机6台(4用2备),单台 $Q=3\ 000\ \text{m}^3/\text{h}$ , $H=45.5\ \text{kPa}$ , $P=75\ \text{kW}$ 。

#### 4.7 臭氧车间和臭氧接触池

土建规模 $60\times 10^4\ \text{m}^3/\text{d}$ ,一期设备安装规模 $45\times 10^4\ \text{m}^3/\text{d}$ 。臭氧车间臭氧制备量 $600\ \text{kg}/\text{h}$ ,采用氧气源臭氧制备设备4台,单台额定发生量为 $150\ \text{kg}/\text{h}$ ,装机功率 $1\ 460\ \text{kW}$ 。臭氧接触池反应时间 $50\ \text{min}$ ,有效水深 $7\ \text{m}$ ,臭氧投加量 $24\ \text{mg}/\text{L}$ ,共3座,每座分3段氧化、1段脱气。

#### 4.8 紫外消毒渠和出水泵房

土建规模 $60\times 10^4\ \text{m}^3/\text{d}$ ,一期设备安装规模 $45\times 10^4\ \text{m}^3/\text{d}$ ,紫外消毒渠6格(近期安装4格)。紫外剂量 $20\ \text{mJ}/\text{cm}^2$ ,消毒模块4台,单台消毒模块功率 $276.96\ \text{kW}$ 。出水泵房(洪水位时开启)潜水轴流泵8台(6用2备),单台 $Q=4\ 063\ \text{m}^3/\text{h}$ , $H=65\ \text{kPa}$ , $P=110\ \text{kW}$ 。

#### 4.9 污泥脱水部分

土建规模 $60\times 10^4\ \text{m}^3/\text{d}$ ,一期设备安装规模 $45\times 10^4\ \text{m}^3/\text{d}$ ,总污泥量干质量:近期 $129.6\ \text{t}/\text{d}$ ,远期 $172.8\ \text{t}/\text{d}$ 。近期脱水后污泥体积 $648\ \text{m}^3/\text{d}$ (含固率20%),絮凝剂投加量 $3\sim 5\ \text{kg}/\text{tDS}$ ,工作时间 $16\ \text{h}$ 。主要设备:进泥转子泵10台(9用1备),单台 $Q=80\ \text{m}^3/\text{h}$ , $H=300\ \text{kPa}$ , $P=15\ \text{kW}$ ;带式浓缩脱水一体机10台(9用1备),单台 $Q=80\ \text{m}^3/\text{h}$ , $P=4.97\ \text{kW}$ ;空压机3台(2用1备),单台 $Q=1.05\ \text{m}^3/\text{min}$ , $H=800\ \text{kPa}$ , $P=7.5\ \text{kW}$ ;冲洗水泵10台(9用1备),单台 $Q=23\ \text{m}^3/\text{h}$ , $H=900\ \text{kPa}$ , $P=11\ \text{kW}$ 。

### 5 运行效果及讨论

#### 5.1 实际运行水质

该污水处理厂于2019年6月开始调试运行,2019年8月—2020年4月的实际进、出水水质如表3、4所示。

表3 实际运行进、出水水质

Tab.3 Actual operation influent and effluent quality

项 目		8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月
进水 COD/ (mg · L <sup>-1</sup> )	区间值	314 ~ 966	330 ~ 951	246 ~ 535	243 ~ 388	304 ~ 482	282 ~ 423	274 ~ 363	290 ~ 395	302 ~ 524
	平均值	623	485	364	309	353	355	321	327	372
出水 COD/ (mg · L <sup>-1</sup> )	区间值	10 ~ 22	11 ~ 25	10 ~ 23	11 ~ 23	12 ~ 26	15 ~ 24	12 ~ 20	12 ~ 22	14 ~ 24
	平均值	16	15	16	15	16	17	17	17	18
进水 BOD <sub>5</sub> / (mg · L <sup>-1</sup> )	区间值	120 ~ 381	125 ~ 376	102 ~ 182	94 ~ 155	101 ~ 160	101 ~ 151	105 ~ 135	103 ~ 142	112 ~ 180
	平均值	237	186	139	118	121	129	118	120	131
出水 BOD <sub>5</sub> / (mg · L <sup>-1</sup> )	区间值	4 ~ 6	5 ~ 6	5 ~ 6	4 ~ 6	4 ~ 6	5 ~ 6	5 ~ 6	5 ~ 6	3 ~ 6
	平均值	5	5	5	5	5	5	5	5	5
进水 SS/ (mg · L <sup>-1</sup> )	区间值	140 ~ 460	120 ~ 520	140 ~ 340	130 ~ 190	140 ~ 191	130 ~ 220	110 ~ 170	140 ~ 190	140 ~ 260
	平均值	266	201	200	159	164	176	157	160	183
出水 SS/ (mg · L <sup>-1</sup> )	区间值	2 ~ 4	2 ~ 4	2 ~ 4	3 ~ 5	3 ~ 5	2 ~ 5	2 ~ 5	2 ~ 4	2 ~ 4
	平均值	3.0	3.1	3.1	3.6	3.6	3.4	3.3	2.7	2.5
进水 TN/ (mg · L <sup>-1</sup> )	区间值	38 ~ 74	42 ~ 73	43 ~ 59	46 ~ 66	57 ~ 71	57 ~ 71	55 ~ 67	57 ~ 68	55 ~ 71
	平均值	56	55	51	57	65	62	60	63	63
出水 TN/ (mg · L <sup>-1</sup> )	区间值	1 ~ 9	3 ~ 7	3 ~ 8	3 ~ 8	5 ~ 7	5 ~ 7	5 ~ 9	5 ~ 9	5 ~ 7
	平均值	5	5	5	5	6	6	7	6	6
进水氨氮/ (mg · L <sup>-1</sup> )	区间值	29 ~ 59	33 ~ 58	35 ~ 53	39 ~ 55	45 ~ 55	45 ~ 56	42 ~ 53	45 ~ 53	44 ~ 54
	平均值	43	45	43	47	50	48	47	48	48
出水氨氮/ (mg · L <sup>-1</sup> )	区间值	0.1 ~ 0.8	0.1 ~ 0.9	0.2 ~ 0.8	0.2 ~ 0.8	0.2 ~ 1.0	0.2 ~ 0.9	0.1 ~ 0.7	0.2 ~ 1.1	0.1 ~ 0.7
	平均值	0.2	0.4	0.3	0.4	0.5	0.5	0.3	0.5	0.3
进水 TP/ (mg · L <sup>-1</sup> )	区间值	6.4 ~ 17.1	3.3 ~ 9.5	2.7 ~ 8.1	3.5 ~ 5.1	3.3 ~ 7.3	3.4 ~ 5.5	3.4 ~ 4.9	3.2 ~ 5.6	3.6 ~ 5.8
	平均值	10.1	4.6	4.3	4.2	4.6	4.6	4.2	4.4	4.9
出水 TP/ (mg · L <sup>-1</sup> )	区间值	0.1 ~ 0.3	0.1 ~ 0.3	0.1 ~ 0.2	0.1 ~ 0.2	0.1 ~ 0.2	0.1 ~ 0.2	0.1 ~ 0.2	0.1 ~ 0.2	0.1 ~ 0.2
	平均值	0.11	0.14	0.10	0.10	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
水量/(10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> · d <sup>-1</sup> )	区间值	53.4 ~ 56.9	52.3 ~ 55.7	43.8 ~ 52.8	45.0 ~ 52.2	44.6 ~ 50.1	43.6 ~ 54.9	41.4 ~ 52.0	41.9 ~ 52.7	38.2 ~ 51.5
	平均值	55.2	54.2	48.8	49.4	46.9	47.4	46.9	46.0	42.5



表 4 水质统计

Tab. 4 Water quality statistics

项 目	COD	BOD <sub>5</sub>	SS	TN	NH <sub>3</sub> -N	TP
平均进水/ (mg · L <sup>-1</sup> )	391.0	144.9	185.5	58.8	46.5	5.1
平均出水/ (mg · L <sup>-1</sup> )	16.1	5.3	3.1	5.6	0.38	0.1
平均去除率/%	95.9	96.3	98.3	90.5	99.2	98.0

可见,本工程进水水量在高峰时段已经完全超过了设计水量,为设计水量的 1.2 ~ 1.3 倍,尤其在雨季尤为明显,进入冬季和春节后水量逐步降低;实际进水水质从 2019 年 10 月份开始较设计水质出现明显的降低,实际出水水质均优于设计值。

## 5.2 讨论

① 在实际进水 BOD<sub>5</sub>/COD 为 0.3 ~ 0.46 (平均值为 0.37),同时进水量大部分时间都超过设计规模,最高峰时接近设计规模的 1.3 倍时,出水水质仍然稳定达标,说明本工艺流程具有较强的抗冲击负荷能力。

② 由于用地范围有限,污水处理厂(60 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d)规划用地仅约 33 hm<sup>2</sup>,用地指标约为 0.54 hm<sup>2</sup>/(10<sup>4</sup> m<sup>3</sup> · d<sup>-1</sup>),低于高排放标准下的用地指标。设计将速沉池、排泥泵房、反应池、二沉池、回流污泥及剩余污泥泵房 6 个处理单元进行联建(45 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d 规模占地约 9 hm<sup>2</sup>),极大地减少了占地面积,同时节省了土建、连接管、水力损失等投资和运行费用。

③ 工艺流程可根据实际进水水质情况灵活超越:根据来水 SS 情况,可超越速沉池;根据 TN 去除情况可超越反硝化生物滤池;根据 COD 去除情况可超越臭氧催化氧化池。通过这些措施可优化污水处理流程,降低污水处理成本。

④ 进水 B/N 为 1.5 ~ 5.7,平均值为 2.54,实际运行中仅在反应池投加碳源、反硝化生物滤池未投加的情况下,TN 去除率达到 90%,充分说明四级 AO 工艺具有较高的脱氮效率,并显著减少了外加碳源投加量。同时取消了常规 AO 脱氮工艺的内回流措施,降低了运行费用。

⑤ 实际进水水质出现明显降低,原因初步判

断有 2 个:一是华北地区 10 月后开展大规模的雾霾治理环保行动,同时临近春节许多工业企业进入休整期;二是受从 2019 年底到现在的新冠疫情影响。

## 6 结语

天津咸阳路污水处理厂迁建提标一期工程采用速沉池 + 多级 AO 反应池 + 二沉池 + 反硝化滤池 + 高效澄清池 + V 型滤池 + 臭氧催化氧化 + 紫外消毒处理工艺,运行结果表明,各项出水指标均优于设计标准。对于含有部分工业废水的市政污水处理厂,当污染物浓度较高、碳源不足、处理规模较大且有高标准排放要求时,可参考本工程的处理工艺流程和参数,处理效果稳定良好。

## 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] 王伟,彭永臻,孙亚男,等. 分段进水 A/O 工艺流量分配方法与策略研究[J]. 环境工程学报,2009,3(1): 89-92.  
WANG Wei, PENG Yongzhen, SUN Yanan, et al. Study of influent flow distribution methods and strategies in step-feed A/O process[J]. Chinese Journal of Environmental Engineering,2009,3(1):89-92(in Chinese).
- [3] 刘长荣,李红,常建一. 分点进水多级 A/O 污水处理工艺设计计算探讨[J]. 给水排水,2011,37(1):9-13.  
LIU Changrong, LI Hong, CHANG Jianyi. Discussion on the step feed multi-grade A/O wastewater treatment process design and calculation[J]. Water & Wastewater Engineering,2011,37(1):9-13(in Chinese).

作者简介:杨清(1981-),男,四川成都人,本科,高级工程师,从事市政给排水设计工作。

E-mail:tjyangqing@163.com

收稿日期:2020-05-26

修回日期:2020-07-07

(编辑:孔红春)