

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2022.24.011

# 长流程四级处理工艺用于准Ⅳ类排放标准大型污水厂

杨祝平<sup>1,2</sup>

(1. 天津市市政工程设计研究总院有限公司, 天津 300392; 2. 天津市基础设施耐久性企业重点实验室, 天津 300392)

**摘要:** 对规模为 $45\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ 的某污水厂进行异地新建,出水标准由一级B提高至准Ⅳ类标准。新厂选用污泥浓度高、出水水质优、运行稳定的“速沉池+多级AO+矩形周进周出二沉池+DN生物滤池+高效澄清池+V型滤池+臭氧催化氧化+紫外消毒”处理工艺。工程设计总规模为 $60\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ (其中一期为 $45\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ ),占地面积 $33\text{ hm}^2$ ,一期工程费16.79亿元。实际运行结果表明,各出水指标可稳定达到天津市地标A标准(准Ⅳ类标准)。该工艺可有效应对北方地区污水的高排放标准处理,该污水厂实际吨水电耗 $0.27\text{ kW}\cdot\text{h}/\text{m}^3$ ,运行成本约1.31元/ $\text{m}^3$ ,属低能耗环境友好型污水厂。

**关键词:** 准Ⅳ类标准; 大型污水处理厂; 多级AO工艺; 矩形周进周出沉淀池; DN生物滤池; V型滤池; 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(2022)24-0058-06

## Application of Four-stage Treatment Long Process in a Large-scale Municipal Wastewater Treatment Plant to Meet Quasi Class IV Discharge Standard

YANG Zhu-ping<sup>1,2</sup>

(1. Tianjin Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Tianjin 300392, China;  
2. Tianjin Enterprise Key Laboratory of Infrastructure Durability, Tianjin 300392, China)

**Abstract:** A wastewater treatment plant with a scale of  $45\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$  was rebuilt in a different place, and the discharge standard was raised from first level B limit to quasi class IV limit. The treatment process of the new plant was characterized by high sludge concentration, high effluent quality and reliability, which consisted of rapid sedimentation tank, multi-stage AO, rectangular peripheral-feed peripheral-overflow secondary clarifier, DN biofilter, high-efficiency clarifier, V-type filter, ozone catalytic oxidation and UV disinfection. The total design scale of the project was  $60\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$  (phase I project was  $45\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ ), the footprint area was  $33\text{ hm}^2$ , and the investment of phase I project was 1.679 billion yuan. The actual operational results showed that each index in effluent stably met the A limit specified in the Tianjin local discharge standard (quasi class IV standard). The process was effective in treating wastewater to meet a high discharge standard in northern China. The actual unit power consumption was  $0.27\text{ kW}\cdot\text{h}/\text{m}^3$ , and the operating cost was approximately 1.31 yuan/ $\text{m}^3$ , indicating that the wastewater treatment plant was energy consumption and environmentally friendly.

**Key words:** quasi class IV discharge standard; large-scale municipal wastewater treatment plant; multi-stage AO; rectangular peripheral-feed peripheral-overflow clarifier; denitrifying biofilter; V-type filter; ozone catalytic oxidation

1 项目概述

某污水处理厂承担着北方某市六大排水系统之一的西南区域的部分污水处理任务,项目面临着出水标准提高(由原一级B标准提升至地表水准Ⅳ类标准)及周边环境制约的实际困难,故对该厂实施异地新建。

根据规划,该厂2030年总污水量达 $60\times10^4\text{ m}^3/\text{d}$ ,工程服务面积218.47 km<sup>2</sup>。

建设目标:

① 建设规模(2030年)按 $60\times10^4\text{ m}^3/\text{d}$ 一次征地,分两期建设,总占地33 hm<sup>2</sup>;一期 $45\times10^4\text{ m}^3/\text{d}$ ,一类工程建设费16.79亿元,预留二期 $15\times10^4\text{ m}^3/\text{d}$ 的污水、污泥处理系统。出水执行地表水准Ⅳ类标准,出泥含水率 $\leq 80\%$ 。

② 环境空气质量执行二类功能区标准,噪声执行2类标准。项目尾水经外排泵站排入附近二级排水河,处理出泥采用完全密封的槽罐式运泥车运至政府指定的统一处置地点进行最终处置。

2 设计进、出水水质

该厂收水范围内有大量工业企业,致使污水中工业废水比例较大,且其水质远超过《污水排入城镇下水道水质标准》(GB/T 31962—2015);旱季进厂污水COD浓度超标明显,NH<sub>3</sub>-N与TN浓度持续偏高,进水B/C比、C/N比偏低,其余指标符合典型城市污水厂进水水质。

长期连续监测显示,与其他城市相比,进水氨氮、总氮偏高的原因除生活习惯外,更主要的是污染企业长时间、稳定排污所致,其基本未受人为冲击负荷(如短时偷排或混合厂区内生产废水)的影响。进水BOD<sub>5</sub>/COD基本常年维持在0.4以下(60%概率左右),B/C比仅40%的概率高于0.4,符合本地区生活污水和工业废水混排的特点。

设计进水指标参照原厂多年统计值保证率选取。设计出水水质执行天津市地方标准《城镇污水处理厂污染物排放标准》(DB 12/599—2015)中A标准(地表水准Ⅳ类)。

设计进、出水水质见表1。

表1表明,本工程对COD、TN、TP、SS的去除要求较高,工艺选择时需重点考虑系统的脱氮除磷功能,充分利用污水内碳源,尽可能减小对外加碳源的依赖程度,以降低运行成本。

表1 设计进、出水水质

Tab.1 Design influent and effluent quality

项目	BOD <sub>5</sub> / (mg·L <sup>-1</sup> )	COD/ (mg·L <sup>-1</sup> )	SS/ (mg·L <sup>-1</sup> )	NH <sub>3</sub> -N/ (mg·L <sup>-1</sup> )	TN/ (mg·L <sup>-1</sup> )	TP/ (mg·L <sup>-1</sup> )	色度/ 倍	粪大肠菌群/ (个·L <sup>-1</sup> )	pH	水温/ °C
进水	220	650	300	65	75	8			6~9	10~25
出水	6	30	5	1.5 (3)	10	0.3	15	10 <sup>3</sup>	6~9	

注: 每年11月1日一次年3月31日执行括号内的限值。

3 工艺流程

该厂的重点处理项目为TN、COD和SS,而BOD<sub>5</sub>、NH<sub>3</sub>-N和TP为重点关注项目,控制指标应对措施见表2。

表2 污水水质控制指标的应对措施及处理单元

Tab.2 Countermeasures and treatment units for sewage quality control indicators

项目	对策与措施	处理单元设置
TN	完全硝化,充足的反硝化时间,外加碳源	多级AO、DN反硝化滤池
SS	沉淀、过滤	速沉池、二沉池、三级深度处理
COD	充分曝气、完全碳化、高级氧化	多级AO、三级深度处理、臭氧催化氧化
NH <sub>3</sub> -N	充分曝气,完全硝化	多级AO
BOD <sub>5</sub>	反硝化脱氮利用、充分曝气,完全碳化	多级AO、DN反硝化滤池
TP	生物除磷、化学辅助除磷、保证出水SS很低	多级AO、二沉池、混凝沉淀、V型滤池
色度	充足的生物反应、过滤、消毒,脱色处理	多级AO、V型滤池、紫外消毒、臭氧催化氧化
粪大肠菌群	过滤、消毒	V型滤池、紫外消毒

综上,提出包括“一级速沉(低能耗前置去除部分污染物)→二级强化高效脱氮除磷(高处理效率、低曝气能耗、低碳源消耗、高污泥浓度的主流工艺)→三级深度处理(含满足进一步极限脱氮需求的反硝化生物脱氮+常规混凝沉淀过滤)→四级高级氧化(应对难降解COD的羟基自由基高级臭氧催化氧化工段)”在内的超长流程四级处理工艺,以确保各项指标稳定达标。

一级处理:平流速沉池;二级处理:多级AO+矩形周进周出二沉池;三级处理:DN生物滤池+高效澄清池+V型滤池;四级处理:臭氧催化高级氧化。具体工艺流程见图1。

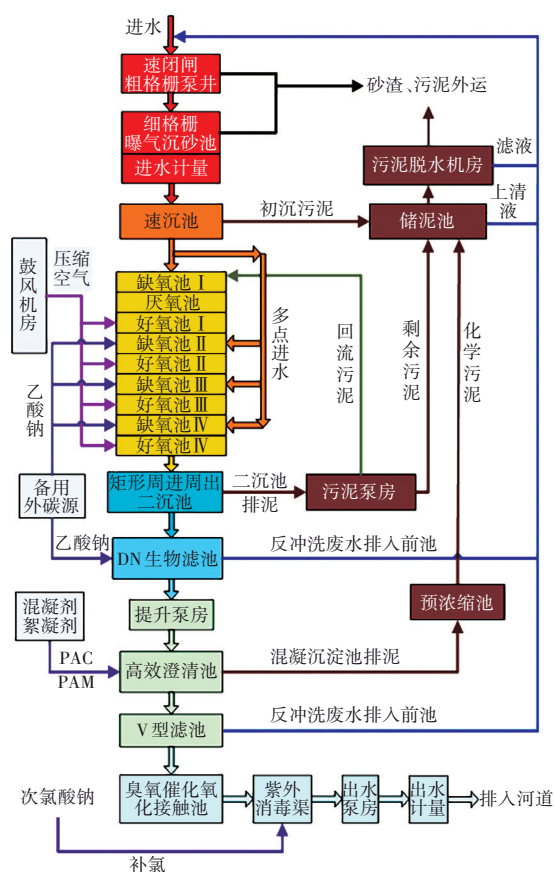


图1 污水处理工艺流程

Fig.1 Process flow chart of wastewater treatment

#### 4 主要处理单元及设计参数<sup>[1-4]</sup>

##### ① 平流式沉池

一级沉淀采用平流式沉池,在进水SS较高时启用,可去除约30%~40%的悬浮物、约10%~15%的BOD<sub>5</sub>,以减轻后续生化池负荷,降低能耗。

设计参数: $Q=45\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ ,共5个系列,每系列2座,与生化池联建。有效水深4.0 m,池宽9.6 m,池长52.95 m,峰值表面负荷 $4.8\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ,停留时间50 min。设置10套 $52.95\text{ m}\times 9.6\text{ m}$ 非金属链板式刮泥机;凸轮转子泵22套, $Q=33.8\text{ m}^3/\text{h}$ , $H=120\text{ kPa}$ 。

##### ② 多级AO(SF-AO)生化池

多级AO生化池由四级串联的AO段组成,每段均包括缺氧池和好氧池;原水分段进入缺氧池I~IV为反硝化提供碳源,提高原水碳源利用率,减少外碳源投加量;I~III段不设内回流,节省电耗。

设计参数: $Q=45\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ ,共5系列;生化总容积 $354\,510\text{ m}^3$ ,单池 $70\,902\text{ m}^3$ ,单座尺寸 $176.6\text{ m}\times 60.6\text{ m}\times 8.3\text{ m}$ ,有效水深7.5 m;污泥龄17.5 d,设计水温 $10\text{ }^\circ\text{C}$ ,平均污泥浓度 $\text{MLSS}=4.44\text{ g/L}$ ,浓度梯

度 $5.6\sim 4.67\sim 4\sim 3.5\text{ g/L}$ ;负荷 $0.072\text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS}\cdot\text{d})$ ,剩余污泥产率 $0.893\text{ kgDS/kgBOD}_5$ ,剩余污泥量 $77.135\text{ t/d}$ (均日);外回流比50%~100%,内回流比100%(好氧IV→缺氧IV);设计停留时间20.48 h,厌氧区1.58 h(8%)、缺氧区I~IV分别为 $1.58\sim 1.94\sim 2.42\sim 2.42\text{ h}$ (36%)、好氧区I~IV分别为 $1.94\sim 2.42\sim 2.91\sim 3.27\text{ h}$ (56%);气水比6.2:1。设置 $\text{DN}200/2\,600\text{ mm}$ 潜水推流器各40/60台;底曝设膜曝气器 $6\,750\text{ m}$ , $12\sim 18\text{ m}^3/(\text{m}\cdot\text{h})$ , $\text{DN}220\text{ mm}$ 球型刚玉曝气器 $27\,650$ 个, $2.5\sim 3.0\text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{个})$ 。各段设置进水流量、曝气量精确控制系统。

##### ③ 矩形周进周出二沉池

$Q=45\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ ,共5个系列,每个系列6座;设计有效水深4.0 m,池宽9.5 m,池长60 m,峰值表面负荷 $1.425\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。设置30套 $60\text{ m}\times 9.5\text{ m}$ 非金属链条刮泥机。

##### ④ DN生物滤池

设置DN生物滤池进一步去除残留硝态氮和有机污染物。

$Q=45\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ ,共9座,双排布置,单座过滤面积 $105.58\text{ m}^2$ ;高日高时运行滤速 $25.65\text{ m/h}$ ,强制滤速 $28.86\text{ m/h}$ ;采用陶粒滤料,有效粒径 $4.5\text{ mm}$ ,滤层厚3 m;反洗气冲强度 $27.78\text{ L}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ,反洗水冲强度 $8.33\text{ L}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 。设置反洗水泵和风机及进水混合搅拌器各3台,反洗水泵 $Q=1\,584\text{ m}^3/\text{h}$ , $H=159\text{ kPa}$ ,反洗风机 $Q=5\,280\text{ m}^3/\text{h}$ , $H=80\text{ kPa}$ ,进水混合搅拌器 $\text{DN}1.8\text{ m}$ 。

##### ⑤ 高效澄清池

$Q=45\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ ,共8座,双排对称布置。单座设混凝池2格,停留时间60 s;絮凝反应池1格,停留时间7.5 min;斜板沉淀池1格,单池尺寸 $17\text{ m}\times 17\text{ m}$ ,斜管有效面积 $180\text{ m}^2$ ,最大上升流速 $16.9\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ,平均日表面负荷 $13\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。设置 $\text{DN}17\text{ m}$ 刮泥机8台, $\text{DN}1\,400\text{ mm}$ 快速搅拌器16台, $\text{DN}3\,500\text{ mm}$ 絮凝搅拌器8台,回流污泥转子泵9台, $Q=120\text{ m}^3/\text{h}$ , $H=150\text{ kPa}$ 。

##### ⑥ V型滤池

$Q=45\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ ,共20座,四排并列布置,单座过滤面积 $142\text{ m}^2$ ;高日高时运行滤速 $8.58\text{ m/h}$ ,强制滤速 $9.03\text{ m/h}$ ;采用石英砂滤料,有效粒径 $1.35\text{ mm}$ ,滤层厚1.5 m;反洗气冲强度 $15.3\text{ L}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ,反洗水冲强度 $4.2\text{ L}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ,反洗历时14 min。设置反洗

水泵和风机各 3 台,反洗水泵  $Q=1\ 065\ \text{m}^3/\text{h}$ 、 $H=80\ \text{kPa}$ ,反洗风机  $Q=3\ 905\ \text{m}^3/\text{h}$ 、 $H=40\ \text{kPa}$ ;进水混合搅拌机 4 台: $\varnothing 1.5\ \text{m}$ 。

⑦ 臭氧催化氧化接触池

$Q=45\times 10^4\ \text{m}^3/\text{d}$ ,共 3 座;接触时间  $1.0\ \text{h}$ ,分三段氧化,臭氧投加量  $24\ \text{mg}/\text{L}$ ,臭氧浓度 $\geq 10\%$ ;设计 COD 降解量  $20\ \text{mg}/\text{L}$ ,色度去除 15 倍。设置  $150\ \text{kg}/\text{h}$  臭氧发生器 4 台,射流泵 18 台: $Q=600\ \text{m}^3/\text{h}$ 、 $H=330\ \text{kPa}$ ,配均相催化反应器 9 台及尾气破坏器 3 台。

5 运行效果及分析

5.1 运行效果

该厂于 2019 年 8 月开始达到基本满负荷水量运行,2019 年 8 月—2021 年 10 月的各年度实际进、出水水质年均值见表 3。可见,出水水质均达到并大幅优于地表水Ⅳ类水质标准,除 TN 外其他指标可达到Ⅲ类水质标准;日均水量维持在 $(45\sim 55)\times 10^4\ \text{m}^3/\text{d}$ ,在超量运行情况下,出水水质仍优质,系统长期保持稳定、高效运行。

表 3 废水监测结果

Tab.3 Monitoring results of wastewater

项 目	BOD <sub>5</sub> / (mg·L <sup>-1</sup> )		COD/ (mg·L <sup>-1</sup> )		SS/ (mg·L <sup>-1</sup> )		NH <sub>3</sub> -N/ (mg·L <sup>-1</sup> )		TN/ (mg·L <sup>-1</sup> )		TP/(mg·L <sup>-1</sup> )		粪大肠菌群/ (个·L <sup>-1</sup> )		pH		色度/倍	
	进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水
2021 年	128	4	323	13	160	3	44.0	0.3	54.5	5.1	4.24	0.09	$1.4\times 10^8$	0.00	7.40	7.48	238	6
2020 年	121	5	318	15	157	3	43.3	0.3	55.7	5.2	4.26	0.10	$3.3\times 10^8$	14.81	7.42	7.53	188	6
2019 年	160	5	427	15	200	3	45.0	0.3	55.7	5.0	5.64	0.10	$1.6\times 10^8$	188.18				
地标 A 标准	6		30		5		1.5(3)		10		0.3		$10^3$		6~9		15	
地表水Ⅳ类	6		30				1.5		1.5		0.3		20 000		6~9			
地表水Ⅲ类	4		20				1.0		1.0		0.2		10 000		6~9			

5.2 运行效果分析

5.2.1 设计、实际去除率比较

设计与实际去除率比较见表 4。

表 4 污水处理厂去除率比较

Tab.4 Removal rate comparison of the WWTP %

项 目	实际去除率	关系	设计去除率
BOD <sub>5</sub>	97.1(94.7~98.6)	<	97.3
COD	96.5(92~98.1)	>	95.4
SS	98.5(96.9~99.3)	>	98.3
NH <sub>3</sub> -N	99.4(97.9~99.9)	>	97.7
TN	91.5(84.4~94.7)	>	86.7
TP	98.2(92.8~99.6)	>	96.3

由表 4 可见,实际去除率除 BOD<sub>5</sub> 外,均超过了设计去除率,超高的污染物去除率说明污水处理系统运转良好。进水 BOD<sub>5</sub> 较低,拉低了实际去除率,但不影响污水厂整体保持高效能。

5.2.2 二级工段去除效能

二级工段对各污染物的去除效果见表 5。可见,二级生化系统对 NH<sub>3</sub>-N、TN 的控制效果优异,95% 概率出水已满足准Ⅳ类标准;对 BOD<sub>5</sub>、COD 控制效果良好,95% 概率出水已优于一级 A 标准;SS、TP 指标还需进一步处理方能达标。

可见,多级 AO 生化系统对污水中碳源利用较

好,经四段交替缺氧/好氧处理后,对 NH<sub>3</sub>-N、TN 的去除效果及处理稳定性均明显优于其他类型 A<sup>2</sup>O 工艺。

表 5 二级生化系统去除率

Tab.5 Removal rate of secondary biochemical system

项目	二级处理出水				
	设计值/ (mg·L <sup>-1</sup> )	均值/ (mg·L <sup>-1</sup> )	范围/ (mg·L <sup>-1</sup> )	95% 概率值/ (mg·L <sup>-1</sup> )	去除 率/%
BOD <sub>5</sub>	10	7.1	5.6~8.9	8.2	95.1
COD	30	27.9	15.2~36.8	33.5	91.8
SS	15~20	14.2	7.2~18.0	17.0	92.2
NH <sub>3</sub> -N	1.5	0.7	0.2~1.9	1.1	98.4
TN	10	7.1	4.5~11.3	9.1	87.6
TP	3~5	1.1	0.4~2.8	2.0	78.6

5.2.3 三级工段去除效能

三级工段对各污染物的去除效果见表 6。可见,三级处理对 SS、TP 的控制效果很好,去除率分别达 79.6% 和 91.1%;能进一步去除已优于一级 A 标准的 BOD<sub>5</sub>、COD,去除率分别为 41.4% 和 56.0%;对二级出水已达标的 NH<sub>3</sub>-N、TN 仍有去除效果,去除率分别达到 57.5% 和 30.3%。

DN 生物滤池(未投加碳源)、高效澄清池、V 型滤池对各污染物的去除率见表 7。



表6 三级处理系统去除率

Tab.6 Removal rate of tertiary treatment system

项 目	三级处理出水				
	设计值/ (mg·L <sup>-1</sup> )	均值/ (mg·L <sup>-1</sup> )	范围/ (mg·L <sup>-1</sup> )	95% 概率值/ (mg·L <sup>-1</sup> )	去除 率/%
BOD <sub>5</sub>	6	4.12	2.64~ 5.77	5.0	41.4
COD	30	12	7~21	16	56.0
SS	5	2.8	2~4	4	79.6
NH <sub>3</sub> -N	1.5	0.3	0.03~ 0.91	0.62	57.5
TN	10	4.91	2.86~ 7.25	6.29	30.3
TP	0.3	0.09	0.02~ 0.26	0.17	91.1

表7 三级处理各单元污染物去除率统计

Tab.7 Pollutant removal rate of each unit of tertiary treatment system %

项目	DN生物滤池	高效澄清池	V型滤池
COD	38		18
SS		67	22
TN	23		6.1
TP		84	28

#### 5.2.4 四级工段去除效能

由于三级处理出水COD常年低于20 mg/L,已达到Ⅳ类出水标准,故四级处理臭氧催化高级氧化并未开启。

### 6 经济分析

① 工程总投资24.1亿元,其中一类工程费16.79亿元。污水单位处理成本2.04元/m<sup>3</sup>,单位运行成本1.31元/m<sup>3</sup>。污水单位电耗0.27 kW·h/m<sup>3</sup>(四级工段未开启),属低能耗准Ⅳ类出水(环境友好型)污水厂;单位BOD<sub>5</sub>能耗1.181 kW·h/kgBOD<sub>5</sub>,也在统计值范围内。

② 污水处理各类药剂消耗:PAC 13 140 t/a(10%液态,80 mg/L),阴离子PAM 90.3 t/a(0.55 mg/L),乙酸钠39 937 t/a(折合BOD<sub>5</sub>约95 mg/L),次氯酸钠131.4 t/a(6 mg/L),污泥处理用阳离子PAM 109.8 t/a(5.21 g/kgDS)。除碳源投加量较大(95~105 mg/L)外,其他药剂(如次氯酸钠、PAC、PAM)投加量均在合理范围内。

③ 该厂总处理规模为60×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d,对于Ⅰ类二级及深度处理污水厂,标准规定单位用地为0.40~0.50 m<sup>2</sup>/(m<sup>3</sup>·d<sup>-1</sup>),计入深度处理后单位用地为0.55~

0.70 m<sup>2</sup>/(m<sup>3</sup>·d<sup>-1</sup>),而该污水厂占地33 hm<sup>2</sup>,折合单位用地0.55 m<sup>2</sup>/(m<sup>3</sup>·d<sup>-1</sup>),为国家标准的下限。

④ 项目建成后,污染物年排放量大量削减,实际减排量:COD为9 976 t、BOD<sub>5</sub>为19 985 t、总氮为8 053 t、氨氮为7 065 t、总磷为681 t。全年实际排放量:COD为1 965.3 t、BOD<sub>5</sub>为668 t、总氮为795.8 t、氨氮为48.7 t、总磷为14.07 t。

### 7 思考和结论

① 工程设计进水水质基于项目可研阶段原厂2014年—2015年实际进水水质确定,该厂2019年8月建成投运后,实际进水浓度较原厂2014年—2015年及2017年—2018年均有明显的分阶段逐年下降趋势,导致实际与设计进水水质的偏差幅度较大。偏差的原因:污水厂服务范围扩大,收水量增幅较大,对水质影响大;2017年以来国家开展雾霾治理及环保督查,各工业排放源浓度得到进一步控制;2020年初开始的新冠病毒疫情对居民生活及工业企业生产有影响。

② 考虑到高浓度设计水质情况下对COD、TN、SS、TP的极高处理要求,设计选用了超长流程四级处理工艺。工程中采取了灵活的运行措施:一是针对进水浓度不高,碳源缺失比较严重,一级速沉池超越;二是碳源投加均在多级AO缺氧段,TN已达标(去除率高达91.5%),因此DN生物滤池未开启碳源投加(当DN生物滤池投加碳源时TN可以控制到1~2 mg/L以内,可用于极限脱氮);三是出水COD通常在20 mg/L以下,因此四级处理臭氧催化高级氧化未开启。当四级处理全开时,系统有进一步达到Ⅲ类水质的潜能。

③ 新厂工艺流程中设置的速沉池、DN生物滤池、臭氧催化高级氧化池等单元的超越措施,分别根据前一单元来水SS、TN、COD指标来控制是否超越,这些措施优化了处理流程,丰富了处理手段,降低了运行成本。

④ 投运三年来污水厂进水浓度、单位电耗、泥饼产量均大幅低于设计值,各类药剂耗量与设计值基本相符。实际与设计进水浓度的比值:BOD<sub>5</sub>为0.57,COD为0.49,SS为0.53,NH<sub>3</sub>-N为0.67,TN为0.72,TP为0.53,这与单位电耗及泥饼产量也呈正相关,实际与设计单位电耗的比值为0.48,实际与设计万吨水污泥产量的比值为0.44。

⑤ 进水B/C比0.4(0.34~0.43)及进水C/N比2.33(1.7~2.94)符合设计预期,近一年来比较平稳,且有进一步改善的趋势,但仍然存在大幅度的原水碳源缺失,85%概率C/N比 $\leq 2.5$ ,外碳源投加量均值有逐年下降趋势(折合 $BOD_5$ 逐渐由105 mg/L降低至95 mg/L)。实际运行中碳源投加量仍然较大,应对多级AO各段进水比例进行进一步优化调整,引入优质廉价的外部碳源或开发内碳源。

⑥ 该厂投运三年来,各项出水指标均大幅优于准Ⅳ类水标准,主要指标(除TN外)均值可达到Ⅲ类水标准,1.2倍水量冲击负荷下出水水质仍稳定达标。实际运行表明,本工程采用的“一级速沉→多级AO→矩形周进周出二沉池→DN生物滤池→高效澄清池→V型滤池→臭氧催化氧化→紫外消毒”处理工艺可有效应对北方地区准Ⅳ类高排放标准处理要求;四级处理全开时,有使出水水质进一步达到Ⅲ类水标准的潜力。

#### 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] 王晓莲, 彭永臻. A<sup>2</sup>O法污水生物脱氮除磷处理技术

与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2009.

WANG Xiaolian, PENG Yongzhen. A<sup>2</sup>/O Wastewater Biological Nitrogen and Phosphorus Removal Treatment Technology and Application [M]. Beijing: Science Press, 2009(in Chinese).

- [3] 邱慎初, 丁堂堂. 分段进水的生物除磷脱氮工艺[J]. 中国给水排水, 2003, 19(4): 32-36.

QIU Shenchu, DING Tangtang. Biological phosphorus and nitrogen removal process by step-feed [J]. China Water & Wastewater, 2003, 19(4): 32-36(in Chinese).

- [4] 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:**杨祝平(1981- ),男,江苏南京人,本科,正高级工程师,五院专业总工程师,天津市土木工程学会理事,从事水处理、水环境治理、市政工程等设计工作,完成各类水专业工程设计项目数百项,曾获全国及省部级优秀工程勘察设计奖19项。

**E-mail:** 13571793@qq.com

**收稿日期:** 2021-11-30

**修回日期:** 2021-12-13

(编辑:孔红春)

依法划定河湖管理范围

严格水域岸线水生态空间管控