

节能型半地下污水厂多段多级 AO 工艺设计及调试运行

刘常敬, 石 凤, 杨晨光, 黄 松, 史 帅, 黄 宇
(中国市政工程西北设计研究院有限公司 天津分院, 天津 300220)

摘 要: 大连某污水处理厂设计规模为 $12 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 的一级 A 标准。生物处理采用多段多级 AO 工艺, 多点进水充分利用碳源, 强化除磷脱氮效果, 厌氧区、缺氧区采用水力混合节省能耗。深度处理采用上向流悬浮滤料滤池工艺, 利用自过滤水重力反冲洗, 无需反冲洗水泵及反冲洗风机等设备。构筑物采用半地下式结构, 顶部加盖覆土绿化。污水厂既有地下式污水厂的优美环境, 又具有地上式污水厂操作管理的便捷。介绍了主要构筑物的设计参数及工艺特点, 并对调试运行过程中出现的问题提出了相应措施。

关键词: 多段多级 AO 工艺; 上向流悬浮滤料滤池; 调试运行

中图分类号: TU992.3 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)22-0051-04

Design and Commission of Energy-saving and Semi-underground Wastewater Treatment Plant with Multi-stage AO as Treatment Process

LIU Chang-jing, SHI Feng, YANG Chen-guang, HUANG Song, SHI Shuai,
HUANG Yu

(Tianjin Branch, CSCEC AECOM Consultants Co. Ltd., Tianjin 300220, China)

Abstract: The design treatment capacity of a wastewater treatment plant in Dalian City was $12 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, and the effluent quality was required to meet the first class A standard of the *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918-2002). Multi-stage AO process was adopted as biological treatment technology, in which the influent organic carbon source was fully utilized via multi-point inflow mode. As a result, the effect of phosphorus and nitrogen removal performance could be strengthened and the adoption of hydraulic mixing mode in the anaerobic zone and anoxic zone directly contributed to saving energy. Up-flow floating media filter was adopted in advanced treatment process, in which the self-filtering water gravity backwashing was used, water pump, backwash fan and other equipment were not adopted. The structure are semi-underground and covered with a roof for soil greening at the top. The wastewater treatment plant has both the beautiful environment of the underground part and the convenient operation and management of the above-ground part. The design parameters of main structures and the process characteristics were introduced in this paper, and the corresponding measures to solve the problems occurred during commission and operation were proposed.

Key words: multi-stage AO process; up-flow floating layer filter; commission

1 工程概况

大连某污水处理厂设计规模为 $12 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 占地面积为 6.72 hm^2 。该工程出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 的一级 A 排放标准, 设计进、出水水质见表 1。本工程污水处理采用粗、细格栅 + 旋流沉砂池 + 速沉池 + 多段多级 AO(MAO) 生物池 + 二沉池 + 混凝沉淀过

滤 + 紫外线消毒工艺; 污泥处理采用均质 + 机械浓缩脱水 + 外运集中处置工艺(见图 1)。

表 1 设计进、出水水质

Tab. 1 Influent and effluent quality $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

项 目	COD	BOD ₅	SS	NH ₃ - N	TN	TP
进水水质	350	180	220	30	45	4.5
出水水质	50	10	10	5(8)	15	0.5

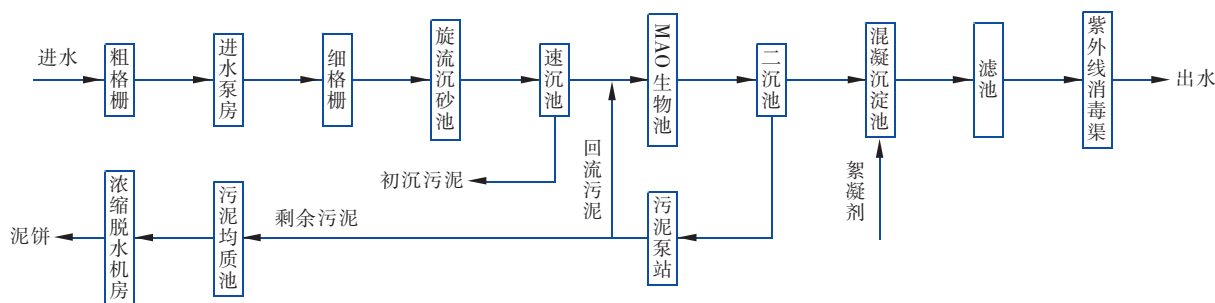


图 1 污水处理厂工艺流程

Fig. 1 Flow chart of WWTP process

2 污水处理构、建筑物设计

2.1 预处理单元

预处理单元包括粗格栅、提升泵站、细格栅、旋流沉砂池及速沉池。粗格栅、提升泵站、细格栅及旋流沉砂池合建于预处理间内, 预处理间通过连廊与脱水机房、离子除臭间合建, 速沉池与生物池合建。

① 粗格栅。粗格栅池设计流量为 $6\,500 \text{ m}^3/\text{h}$, 设三条进水渠道, 单渠净宽为 1.4 m , 深为 9.7 m 。安装 3 台回转反捞式粗格栅, 格栅宽度为 $1\,300 \text{ mm}$, 栅条间隙为 20 mm , 栅前水深为 1.2 m , 格栅倾角为 75° 。

② 提升泵站。提升泵站设计流量为 $6\,500 \text{ m}^3/\text{h}$, 为地下式潜水污水泵站, 地下钢混集水池。安装 5 台可提升不堵塞式潜水离心泵(4 用 1 备), 2 台变频, 单泵流量为 $1\,625 \text{ m}^3/\text{h}$, 扬程为 130 kPa 。

③ 细格栅。细格栅池设计流量为 $6\,500 \text{ m}^3/\text{h}$, 设四道进水渠道, 单渠净宽为 1.52 m , 深为 1.7 m 。安装 4 台回转齿耙式细格栅, 格栅宽度为 $1\,400 \text{ mm}$, 栅条间隙为 5 mm , 栅前水深为 1.0 m , 格栅倾角为 60° 。

④ 旋流沉砂池。旋流沉砂池设计流量为 $6\,500 \text{ m}^3/\text{h}$, 设 2 格, 每格沉砂池直径为 5.48 m , 有效水深为 2.5 m , 砂斗直径为 1.5 m , 深度为 2.1 m 。沉砂采用气提方式提至砂水分离器进行砂水分离, 安装 2 台罗茨鼓风机, 风量为 $2.31 \text{ m}^3/\text{min}$, 压力为

63.7 kPa 。

⑤ 速沉池。雨季或进水 SS 较高时, 启用速沉池, 去除污水中泥砂等大颗粒悬浮固体, 防止在生物池内沉淀。旱季时, 可超越速沉池, 防止损耗污水中的碳源。速沉池设计流量为 $6\,500 \text{ m}^3/\text{h}$, 设 2 格, 停留时间为 0.5 h , 有效水深为 4.25 m 。安装 4 台立式排泥泵(2 用 2 备), 单泵流量为 $50 \text{ m}^3/\text{h}$, 扬程为 100 kPa 。

2.2 生物处理单元

① 多段多级 AO 生物池。多段多级 AO(MAO) 生物池由厌氧 + 好氧 + 多级缺氧/好氧区组成, 形成多级 AO 串联形式; 采用多点进水技术, 将污水分别配入厌氧区和各缺氧区的前端, 污泥回流到厌氧区, 创造了更适合聚磷菌、硝化菌及反硝化菌的生长环境, 大大增强了除磷脱氮能力, 具有污泥浓度高、碳源利用充分、抗冲击负荷能力强、工程投资少、运行费用低等特点。

MAO 生物池与速沉池合建, 池顶覆土绿化。设计流量为 $5\,000 \text{ m}^3/\text{h}$, 分两组, 有效水深为 6.6 m , 总停留时间为 16.4 h , 厌氧区停留时间为 1.5 h , 第一、二、三缺氧池停留时间为 1.5 h , 第一、二、三、四好氧区停留时间为 2.6 h 。好氧区曝气设计最大气水比为 $5.7:1$, 一级 AO 区污泥浓度为 $6\,000 \text{ mg/L}$, 二级 AO 区污泥浓度为 $4\,800 \text{ mg/L}$, 三级 AO 区污泥浓度为 $4\,200 \text{ mg/L}$, 四级 AO 区污泥浓度为 $4\,000$

mg/L。配水比:第一厌氧区为30%~40%,第一缺氧区为20%~30%,第二缺氧区为20%~30%,第三缺氧区为10%~20%。污泥回流比为100%。厌氧区、缺氧区采用水力混合,无搅拌器、推流器。

② 二沉池。采用侧进侧出矩形二沉池,池顶覆土绿化。设计流量为 $6\,500\text{ m}^3/\text{h}$,分10格,单格平面尺寸为 $60\text{ m}\times 8\text{ m}$,有效水深为 4.5 m ,平均表面负荷为 $1.04\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{d})$,每格设10个排泥套筒阀,安装链板式刮泥机。

③ 污泥泵房。污泥泵房与二沉池合建,设4台回流污泥泵(3用1备),2台变频,单台流量为 $1\,650\text{ m}^3/\text{h}$,扬程为 60 kPa ;设2台剩余污泥泵(1用1备),单台流量为 $150\text{ m}^3/\text{h}$,扬程为 80 kPa 。

2.3 深度处理单元

混凝沉淀池、上向流悬浮滤料滤池及紫外线消毒渠合建于深度处理间。

① 混凝沉淀池。设计流量为 $5\,000\text{ m}^3/\text{h}$,其中混合为机械混合,有效水深为 6.8 m ,混合时间为 45 s ,设1组;絮凝为三级折板絮凝,有效水深为 6.7 m ,絮凝时间为 21 min ,分2组;沉淀为斜管沉淀,有效水深为 4.0 m ,沉淀时间为 32 min ,表面负荷为 $7.5\text{ m}^3/\text{h}$,分4组。

② 上向流悬浮滤料滤池。设计流量为 $5\,000\text{ m}^3/\text{h}$,分12组,采用EPS轻质级配滤料,粒径为 $0.8\sim 1.2\text{ mm}$,滤料高度为 1.0 m ,过滤速度为 $8.3\text{ m}/\text{h}$,反冲洗周期为 $12\sim 24\text{ h}$ 。反冲洗采用滤池过滤水重力反冲洗,不设反冲洗水泵及反冲洗风机等设备。

③ 紫外线消毒渠。设计流量为 $6\,500\text{ m}^3/\text{h}$,分2组,共设272支灯管,功率为 102.4 kW 。

2.4 辅助单元

① 鼓风机房。设4台空气悬浮离心鼓风机(3用1备),变频,风量为 $160\text{ m}^3/\text{min}$,风压为 73.5 kPa ,功率为 250 kW 。

② 加药间。设2座PAC溶药池,单池有效容积为 22 m^3 ,最大加药量为 20 mg/L ,加药浓度为10%;设2座乙酸钠溶药池,单池有效容积为 22 m^3 ,最大加药量为 50 mg/L ,加药浓度为10%;设1台PAM溶药装置, $Q=3.0\text{ m}^3/\text{h}$, $N=4.5\text{ kW}$,最大加药量为 1.0 mg/L ,加药浓度为0.2%。

2.5 污泥处理单元

污水处理厂日产初沉污泥绝干量为 5.28 t/d ,剩余污泥绝干量为 13.18 t/d ,化学污泥绝干量为

0.93 t/d ,混合后的湿污泥量为 $1\,940\text{ m}^3/\text{d}$ (含水率为99%),脱水后泥饼量为 $97\text{ m}^3/\text{d}$ (含水率为80%)。

① 污泥均质池。池顶覆土绿化,尺寸为 $10\text{ m}\times 10\text{ m}\times 4.0\text{ m}$,有效水深为 3.2 m ,水力停留时间为 4 h 。

② 污泥浓缩脱水机房。设3台离心浓缩脱水一体机(2用1备), $Q=55\sim 65\text{ m}^3/\text{h}$, $N=(75+11)\text{ kW}$ 。

3 工艺设计特点

① 污水厂西侧为大连市行政服务中心,东侧为高档小区,针对污水厂处于大连市重点区域的特点,构筑物采用半地下式结构形式,池顶均覆土绿化,操作层在地面上,运行管理方便,污水厂既有地下式的优美环境,又具有地上式的操作便捷^[1]。

② 生物处理采用多段多级AO工艺(MAO工艺),多点配水,无内回流,污泥外回流可根据水质情况相应调整,最大限度地利用碳源,具有很好的除磷脱氮效果和抗水质、水量冲击负荷的能力^[2]。

③ 生物池厌氧区、缺氧区采用水力混合,无搅拌设备,无电耗,节能显著,操作方便。

④ 深度处理采用上向流悬浮滤料滤池,利用自过滤水重力反冲洗^[3],无反冲洗水泵,无反冲洗风机,节能显著,操作方便。反冲洗时,滤料处于流化状态,且快速下落的水流对滤料扰动剧烈,水反冲洗能恢复滤池的过滤能力,出水SS稳定且能达到一级A排放标准^[4]。

⑤ 污水厂实行全过程密封加盖除臭,采用全过程生物除臭工艺,确保周边区域及公园环境良好。

4 调试运行结果分析及问题处理

4.1 调试运行效果

污水厂目前已调试完毕,且通过环保验收,运行效果稳定。2018年2月—4月调试期内实际进、出水水质见表2。污水厂于2018年1月3日开始接种污泥,进行培养驯化。由于前期未安装检测设备,所以未对水质进行检测,2月份开始检测。2月下旬,深度处理单元投入使用,3月下旬开始投加除磷药剂。由表2可知,出水COD、BOD₅及NH₄⁺-N从2月份开始已达标,且逐步降低。SS在深度处理单元投入使用前不达标,深度处理投入使用后达标。TN在3月份达标,且出水TN逐步降低。TP在投加除磷药剂前不达标,投加除磷药剂后,出水TP明显降

低,调整加药量后,TP在4月份达标。从4月上旬的监测数据可见,各项指标均优于《城镇污水处理

厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级A标准。

表2 污水厂调试期进、出水水质

Tab. 2 Influent and effluent quality during commissioning period

mg · L⁻¹

项 目	COD		BOD ₅		SS		NH ₄ ⁺ - N		TN		TP	
	进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水
2月上旬	151.00	38.33	102.20	6.77	104.33	15.83	12.10	4.63	34.20	17.20	未检测	未检测
2月中旬	174.50	43.10	56.45	6.85	153.78	21.44	16.81	1.53	35.27	20.20	未检测	未检测
2月下旬	202.60	25.38	97.22	6.55	144.60	7.00	18.98	0.28	35.13	19.10	3.76	2.47
3月上旬	178.43	21.86	100.81	5.84	184.29	6.43	22.34	0.34	31.73	14.77	3.65	2.21
3月中旬	281.67	31.93	116.31	5.32	200.22	5.98	19.84	未检出	26.97	12.61	2.54	1.76
3月下旬	273.18	35.51	110.32	5.18	217.45	5.55	17.92	0.09	27.94	9.49	2.78	0.67
4月上旬	248.11	16.39	113.27	5.73	187.89	4.22	15.82	0.02	29.73	7.86	4.02	0.29

4.2 问题处理

污水厂调试期间发现了一些问题,分析了问题产生的原因并提出了处理措施:

① 总氮不达标,且无下降趋势,经分析是由于好氧区末端溶解氧浓度过高,好氧区出水进入缺氧区时,溶解氧消耗了缺氧区进水中的碳源,从而导致反硝化电子供体不足。解决方案是降低好氧区末端溶解氧,降低后TN逐步降低,一周时间内达标。

② 混凝沉淀池分4格,其中一格沉淀池中絮体不沉降,经分析是排泥不畅所致,排泥泵排泥后(一台排泥泵对应一格沉淀池排泥),絮体沉降。

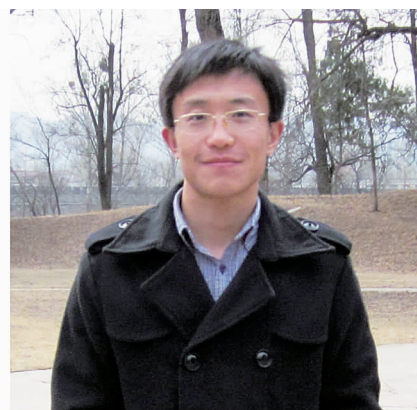
③ 滤池反冲洗周期低于设计值,经分析原因为未排净废水池内反冲洗废水即进行下一格滤池的反冲洗,滤池采用自滤水重力反冲洗,废水池液位高导致反冲洗不彻底。因此,每格滤池反冲洗前必须排净废水池内反冲洗废水。经调整后反冲洗周期满足设计值。

参考文献:

- [1] 戴仲怡,李瑞成,王建兴. 多段强化脱氮工艺A²/O工艺用于大型半地下式污水处理厂[J]. 中国给水排水, 2017,33(16):75-78.
Dai Zhongyi, Li Ruicheng, Wang Jianxing. Application of multi-stage A²/O process for enhanced nitrogen removal in large semi-underground wastewater treatment plant[J]. China Water & Wastewater, 2017, 33(16): 75-78 (in Chinese).
- [2] 刘胜军,杨学,石凤,等. 多段多级AO除磷脱氮工艺分析与研究[J]. 给水排水, 2012,38(S1):191-194.
Liu Shengjun, Yang Xue, Shi Feng, et al. Analysis and research of anaerobic-oxic multilevel anoxic-oxic phosphorus

and nitrogen removal technology [J]. Water & Wastewater Engineering, 2012, 38 (S1): 191-194 (in Chinese).

- [3] 刘胜军,黄宇,李祖鹏,等. 上向流悬浮滤料滤池在污水深度处理中的应用研究[J]. 上海环境科学, 2014, 33(3):125-127,131.
Liu Shengjun, Huang Yu, Li Zupeng, et al. Researches on up-flow floating layer filter applied in advanced wastewater treatment [J]. Shanghai Environmental Sciences, 2014, 33(3): 125-127, 131 (in Chinese).
- [4] 刘常敬,石凤,刘胜军,等. 上向流悬浮滤料滤池反冲洗的特性[J]. 净水技术, 2017,36(1):73-76,103.
Liu Changjing, Shi Feng, Liu Shengjun, et al. Characteristics of backwashing for up-flow floating media filter [J]. Water Purification Technology, 2017, 36(1): 73-76, 103 (in Chinese).



作者简介:刘常敬(1987-),男,河北保定人,硕士,工程师,主要从事污水处理厂工艺设计工作。

E-mail:497313846@qq.com

收稿日期:2018-05-15