

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.24.017

武汉北湖污水处理厂设计关键节点分析及组合流程的应用

陈宝玉, 杨涛, 刘东征, 石亚军, 吴志高, 邹惠君
(武汉市市政工程设计研究院有限责任公司, 湖北 武汉 430023)

摘要: 武汉北湖污水处理厂近期设计规模为 $80 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 远期将达到 $150 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。本次工程按 $80 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 一次建成, 建成后将是国内最大的一次性建成的集中式市政污水处理厂。北湖污水处理厂设计出水水质优于一级 A 标准, 为确保后期运行安全可靠, 根据技术经济分析, 设计采用了双工艺技术路线: $40 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 采用改良 AAO + 深度处理工艺, $40 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 采用 AAO + MBR 工艺, 其中 MBR 工艺预留尾水再生回用条件。结合北湖厂方案设计, 重点剖析了进出水水质和污水处理工艺等关键节点的设计, 可为大型污水处理厂的设计与优化提供参考。

关键词: 大型集中式污水处理厂; 方案设计; 改良 AAO; MBR; 深度处理

中图分类号: TU992.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2020)24-0092-07

Essential Analysis of Design Key Node and Application of Combined Process in Beihu Wastewater Treatment Plant in Wuhan

CHEN Bao-yu, YANG Tao, LIU Dong-zheng, SHI Ya-jun, WU Zhi-gao, ZOU Hui-jun
(Wuhan Municipal Engineering Design and Research Institute Co. Ltd., Wuhan 430023, China)

Abstract: The short-term design scale of Beihu wastewater treatment plant in Wuhan is $80 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ and will increase to $150 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ in the long term. This project is implemented in one time by $80 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, which will be the largest centralized municipal WWTP in China after completion. The designed effluent quality of Beihu wastewater treatment plant is superior to the first class A standard. Two different processes were adopted to ensure the safety and reliability of operation. According to the technical and economic analysis, the double process technical route was designed: $40 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ wastewater is treated by improved AAO + advanced treatment process, and the rest get purification via AAO + MBR process, in which the terminal water regeneration and reuse conditions were reserved for the MBR process. The design of key nodes, including the determination of design influent and effluent quality and treatment process was analyzed, which could provide reference for the design and optimization of large wastewater treatment plant.

Key words: large-scale centralized WWTP; scheme design; improved AAO; MBR; advanced treatment

1 工程概况

武汉市大东湖地区生态环境保护、湖泊水质污染等问题日益突出, 区域内的污水处理厂尾水水质亟待提升, 但是沙湖、二郎庙、落步咀三座污水处理厂均位于主城区中心, 用地受限、卫生安全防护空间受压迫, 污水厂升级改造受到严重制约。为了全面

解决大东湖地区的水环境问题、满足各污水厂升级改造需求、优化基础设施布局, 进一步提升核心区城市功能、助力武汉市全面建设国家中心城市, 武汉市政府决定实施北湖污水处理厂及其附属工程。该工程在城市外围的腾飞大道与八吉府路交汇处新建北湖污水处理厂, 将原沙湖、二郎庙、落步咀三厂的污

水通过深层隧道转输至此进行集中处理,从而对主城区污水处理事业进行“松绑”,对现状污水处理厂土地资源进行释放,改善区域人文居住环境并促进城市建设和发展。

北湖污水处理厂近期服务范围为现状沙湖、二郎庙、落步咀及白玉山污水系统服务范围之和,总面积约 130.35 km²;远期武钢片区和龙王嘴片区污水系统接入后,服务范围总面积将达到约 200.25 km²,具体如图 1 所示。北湖污水处理厂近期设计规模为 80 × 10⁴ m³/d,远期将达到 150 × 10⁴ m³/d,总变化系数为 1.3。本工程按 80 × 10⁴ m³/d 一次建成,建成后将是国内最大的一次性建成的集中式市政污水处理厂。

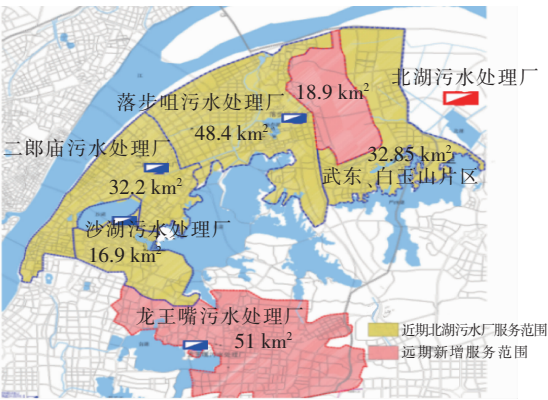


图 1 北湖污水处理厂服务范围

Fig. 1 Service range of Beihu WWTP

2 工程设计关键节点分析

2.1 设计进、出水水质的确定

武汉市主城区内主要污水厂设计进水水质及实测水质见表 1。可见,各区污水水质差异不大,其中沙湖、二郎庙、落步咀三厂实测污水水质尤为接近,这三座武昌地区的污水厂实际进水水质均低于设计水质,且明显低于汉口(汉西、三金潭)、汉阳(南太子湖)地区的实际进水水质。为合理确定北湖污水厂的进水水质,对二郎庙地区的多个现状居民小区排放口和沙湖、二郎庙及落步咀等地区提升泵站前池的水质进行实测,其中约 6.7% 的小区 COD 低于 100 mg/L,60% 的小区 COD 在 100 ~ 500 mg/L 之间,有 33.3% 的小区 COD 在 500 mg/L 以上,泵站前池 COD 多在 200 ~ 300 mg/L。造成污水厂进水浓度偏低的主要原因是污水管网地下水的渗入以及混流、合流区港渠、湖泊水混入污水管网中。汉西、三金潭污水处理厂服务范围内的湖泊等水体相对较少,因此,其实际进水水质受地下水渗入和湖泊水系混入的影响较小,进水浓度较高。另有研究表明,长距离输送管线对污水中 TP 和 TN 浓度的变化影响不大,对 BOD₅、COD、SS 浓度的影响小于 20%,对 NH₃-N 浓度的影响小于 10%^[1-2]。综合考虑管网提质增效和社区雨污分流同步实施等因素,参照汉西、三金潭及南太子湖污水厂的水质确定北湖污水厂进水水质,具体见表 2。

表 1 武汉市主城区内主要污水厂设计进水水质及实测水质

Tab. 1 Design and measured influent & effluent quality of several WWTPs in Wuhan

项 目	规模/(10 ⁴ m ³ · d ⁻¹)		COD/ (mg · L ⁻¹)	BOD ₅ / (mg · L ⁻¹)	SS/ (mg · L ⁻¹)	TN/ (mg · L ⁻¹)	NH ₃ -N/ (mg · L ⁻¹)	TP/ (mg · L ⁻¹)	备注
	现状	远期							
沙湖 污水处理厂	16	19	250	120	150	35	25	3.0	设计值
			176	67	96	19.5	13.7	2.0	实测值
二郎庙 污水处理厂	30	36	240	120	150	35	24	3	设计值
			151.6	52.8	147	20.6	15.1	2.2	实测值
落步咀 污水处理厂	20	31.5	200	100	140	35	—	3	设计值
			126.7	48.8	99.5	19.4	14.6	1.9	实测值
龙王嘴 污水处理厂	30	40	320	130	200	35	25	4.0	设计值
			200	106	103	25	17	2.1	实测值
汉西 污水处理厂	60	80	260	130	190	45	35	4.0	设计值
			196	104	121	—	22.81	4.0	实测值
三金潭 污水处理厂	50	75	300	140	250	35	25	4.0	设计值
			200 ~ 300	140 ~ 160	140 ~ 160	30 ~ 35	20 ~ 30	2.5 ~ 3.0	实测值
南太子湖 污水处理厂	35	55	350	180	200	40	30	4.0	设计值
			242	84	253	31	25	3.0	实测值

表2 北湖污水厂设计进、出水水质

Tab. 2 Design influent and effluent quality of Beihu WWTP

mg · L⁻¹

项目	进水	出水	备注
BOD ₅	120	≤10	国标一级 A
COD	250	≤40	地表水 V 类
SS	180	≤10	国标一级 A
NH ₃ - N	25	≤2	地表水 V 类
TN	35	≤15	国标一级 A
TP	3.5	≤0.5	国标一级 A

北湖污水处理厂位于武汉市化工区,工商业发展需水量大,结合区域水资源的需求对部分尾水进行回用。尾水回用部分的水质标准需满足《城镇污水再生利用工程设计规范》(GB 50335—2016)、《循环冷却水用再生水水质标准》(HG/T 3923—2007)以及中石化企业内部标准《水务管理技术要求 第2部分:循环水》(Q/SH 0628.2—2014)的要求,远期将结合区域发展及中韩80万吨乙烯基地的用水需求分步建设。此外,北湖污水处理厂出水接纳水体为长江嘉鱼—武汉保留区段,综合考虑环保政策、长江水环境容量及再生回用需求,出水COD和NH₃-N需严格要求,最终确定北湖污水处理厂设计总体出水水质要优于一级A标准,具体见表2。

2.2 二级处理工艺的确定

研究表明:生物除碳BOD₅/COD不宜小于0.3;BOD₅/TKN≥4时可认为碳源充足,BOD₅/TKN<4时则需要外加碳源;较高的BOD₅/TP可以取得较好的除磷效果,一般认为进行生物除磷的底限是BOD₅/TP=20^[3-4]。北湖污水厂进水BOD₅/COD=0.48,可生化性良好;BOD₅/TP=34.29,可采用生物除磷工艺。此外,BOD₅/TN=3.43,碳源基本满足反硝化脱氮需求但不安全,与典型南方城镇污水一致,需考虑进水BOD₅对污水脱氮的影响^[5]。通过上述分析,北湖污水厂二级处理选择的工艺应具有生物除碳和脱氮的功能,且对水质水量冲击负荷有一定的抵抗能力,尤其能在有机负荷较低的情况下稳定运行。为强化脱氮效果,北湖污水厂需要对传统AAO生物池进行改良、优化,强化其碳化能力和硝化及反硝化效果,确保近期进水水质浓度较低时污水厂的稳定运行。具体方式:①多点分散进水,将有限的碳源分配至厌氧池及缺氧池以减少辅助碳源用量;②优化混合液回流系统,当进水碳源不足时,混合液同时回流到厌氧池和缺氧池,生物池按A_NO工

艺运行以优先脱氮;③增设辅助碳源投加系统;④精确控制好氧区溶解氧,优化曝气点的布置和设置精确曝气控制系统,在缺氧池中采用渐减曝气以维持适宜的氧化还原电位^[6];⑤末端设置内回流脱气区。

MBR膜工艺具有固液分离效果好、容积负荷高、抗冲击负荷能力强、剩余污泥产量低等优点^[7]。此外,由于平均膜孔径只有0.1~0.4 μm,出水SS和浊度能够得到充分去除,并可截留粪大肠菌等生物性污染物,有利于污水再生回用,满足北湖污水厂尾水再生回用的需求。随着MBR膜生产成本的下降、脉冲曝气技术的推广和膜污染防治技术的发展,MBR工艺在污水处理领域的应用越来越多^[8]。

2.3 深度处理工艺的确定

污水处理厂常用深度处理工艺见图2。

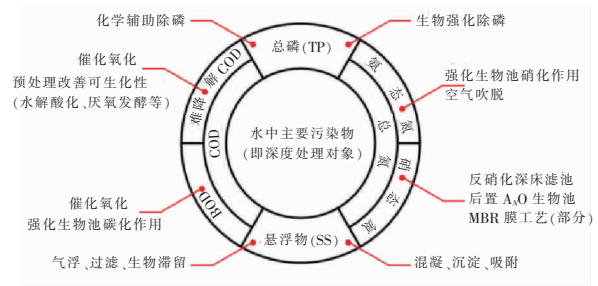


图2 城镇污水处理厂污水深度处理典型工艺

Fig. 2 Typical processes of wastewater advanced treatment

北湖污水处理厂深度处理工段可采用三条技术路线:①二级出水+混凝过滤;②二级出水+混凝沉淀+过滤;③二级出水+混凝沉淀+过滤+活性炭吸附。路线①简单、实用,出水可作为城市道路浇洒、绿化、景观、消防、补充河湖等市政用水和居民住宅冲洗厕所等杂用水,以及不受限制的农业用水。路线②在路线①的基础上增加了沉淀单元,可进一步去除二级出水中的胶体、重金属和有机污染物,并可改善过滤效果、延长过滤周期,因而出水水质更优、应用范围更广。路线③则在路线②的基础上增加了活性炭吸附处理,对有机污染物、金属离子的去除率进一步提高,并且对色度及病毒等也有一定的去除作用,但工艺流程长、费用高,适用于除直接饮用外的其他各种工农业用水和城市杂用水。因此,北湖厂深度处理工段选用路线②。

3 工程设计

3.1 工艺流程

北湖污水处理厂近期选择改良AAO+深度处

理工艺和 AAO + MBR 膜工艺两条技术路线。四组方案:方案一, $80 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 污水全部采用改良 AAO + 深度处理工艺;方案二, $80 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 污水全部采用 AAO + MBR 工艺;方案三, $60 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 污

水采用改良 AAO + 深度处理工艺, $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 污水采用 AAO + MBR 工艺;方案四, $40 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 污水采用改良 AAO + 深度处理工艺, $40 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 污水采用 AAO + MBR 工艺。各方案对比分析见表 3。

表 3 北湖污水处理厂工艺路线对比分析

Tab. 3 Comparative analysis of the processes of Beihu WWTP

项目	方案一	方案二	方案三	方案四
技术成熟度	实例多,技术成熟	实例较多,技术可靠	在改扩建工程中运用多	在改扩建工程中运用多
出水水质	出水可稳定达标,且具有进一步提升条件,所需措施最多	出水可稳定达标,且水质具有进一步提升条件,所需措施最少	出水可稳定达标,且水质具有进一步提升条件,所需措施较多	出水可稳定达标,且水质具有进一步提升条件,所需措施较少
抗冲击负荷	水量适应性好,水质适应性一般	水量适应性一般,水质适应性强	水量适应性较好,水质适应性一般	对水量、水质适应性较强
运维管理	经验成熟,管理简单	设备较多,管理复杂,需定期更换膜组器	设备较多,管理较复杂,需定期更换膜组器	设备较多,管理复杂,需定期更换膜组器
运行能耗	最低	最高	较低	高
建设周期/月	36	24	32	28
近期征地/hm ²	45.3	39.5	44.5	44.0
远期征地/hm ²	47.9	53.7	48.7	49.2
近期工程费/万元	221 835.88	245 111.84	230 207.74	238 396.87
经营成本/(元·m ⁻³)	0.766	0.973	0.821	0.875

方案一投资最少、成本最低,但占地较大,远期提标所需措施较多。方案二占地较小,远期提标所需措施较少,但投资最多、成本最高。方案三和方案四为组合工艺,综合了改良 AAO + 深度处理工艺和 MBR 膜工艺的特点,虽然方案三的投资和成本均较方案四略低,但是方案四分组均衡、运行灵活、可回用水量、近远期衔接方便,更能突出各自的优点。

此外,随着国内制造工艺的进步,MBR 膜造价和维护成本有进一步降低的趋势。因此,经综合考虑,北湖污水处理厂近期采用组合工艺: $40 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 采用改良 AAO + 深度处理工艺, $40 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 采用 AAO + MBR 工艺(见图 3)。另外,结合调研结果及再生水需求,近期再生回用水源仅采用 MBR 工艺出水,远期结合用水需求再另行扩建。

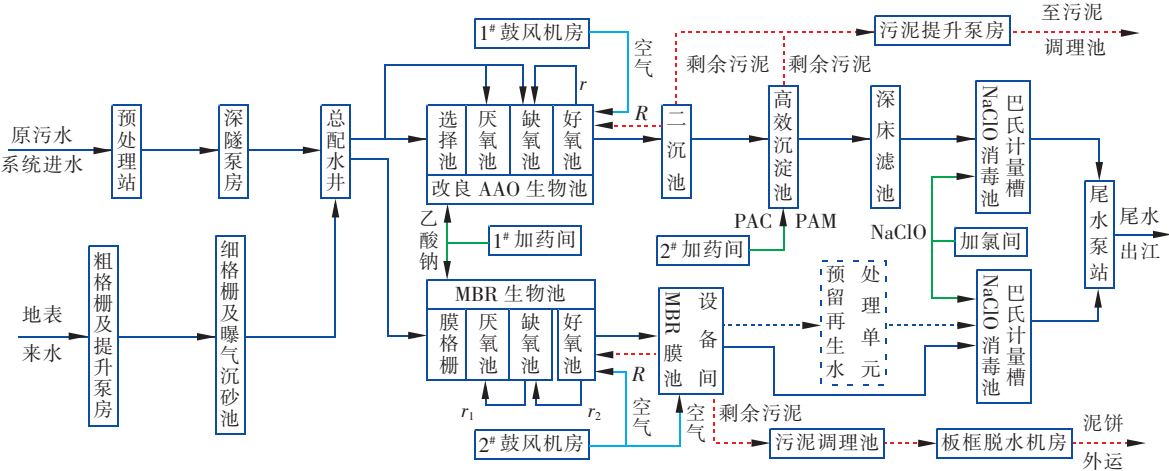


图 3 污水处理厂组合工艺流程

Fig. 3 Flow chart of wastewater treatment combined process

3.2 主要构筑物设计

① 预处理单元及总配水井

北湖污水处理厂预处理单元由粗、细格栅及曝气沉砂池组成,其中细格栅与曝气沉砂池合建。预处理单元主要处理地表系统收集污水以及厂区的生产废水,设计流量为 $4\,333\text{ m}^3/\text{h}$ 。

总配水井按远期峰值流量 $81\,250\text{ m}^3/\text{h}$ 设计,将深隧泵房、沉砂池来水均匀分配至后续生物处理系统。总配水井按矩形布置,呈三边出水,近期东、西侧对称布置出水,远期北侧出水(近期封堵),近期最大时堰上水头约 3.5 kPa ,平均时堰上水头约 2.9 kPa 。配水井通过构筑物内的闸门和出水管的闸阀进行开启及流量的分配。

② 改良 AAO 生物池

改良 AAO 生物池设计流量为 $16\,667\text{ m}^3/\text{h}$,共2组,每组2格,单格平面尺寸为 $152.3\text{ m}\times 122.7\text{ m}$,池深 7.8 m ,有效水深 6.5 m 。生物池总水力停留时间为 16.54 h ,其中选择区 0.5 h 、厌氧区 1.51 h 、缺氧区 4.76 h 、好氧区 8.77 h 、内回流脱气区 1 h 。缺氧区及好氧区污泥负荷 $0.1\text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS}\cdot\text{d})$,污泥龄为 16 d ,混合液污泥浓度为 3.5 g/L ,硝化液回流比为 $100\%\sim 300\%$ 。剩余污泥干质量为 $13\,282\text{ kgDS/d}$,污泥回流比为 $50\%\sim 100\%$ 。单组改良 AAO 生物池需氧量为 $40\,685\text{ kgO}_2/\text{d}$ (标准状态),采用磁悬浮风机5台(4用1备),单台最大供气量为 $211\text{ m}^3/\text{min}$,风压为 76 kPa 。曝气器采用微孔盘式曝气器,渐减布置,并在末端设置内回流脱气区,降低好氧区末端溶解氧浓度,以避免混合液回流破坏缺氧池内的缺氧环境。辅助碳源采用25%的乙酸钠溶液,投加量视生物池进水 TN 浓度而定。

③ 二沉池

共设计2组二沉池,每组由4座二沉池及1座综合井组成。二沉池采用周进周出的辐流式池型,单池设计流量为 $2\,708\text{ m}^3/\text{h}$,设计表面负荷为 $1.38\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$,直径为 50 m ,有效水深为 4.5 m ,停留时间为 3.5 h 。

④ 高效沉淀池

高效沉淀池设计流量为 $21\,667\text{ m}^3/\text{h}$,共1座,分10格并联运行。平面尺寸为 $83.7\text{ m}\times 70.7\text{ m}$,池深为 8.3 m ,有效水深为 6.7 m ,混合时间为 5.1 min ,絮凝时间为 10.4 min ,污泥回流比为 5% ,斜管区上升流速为 15.2 m/h 。高效沉淀池配套 PAC 和

PAM 加药系统,PAC 加药采用12台(10用2备)双头隔膜计量泵,单台流量为 680 L/h ;PAM 加药采用2套(1用1备)自动投加装置,单台流量为 850 L/h 。

⑤ 深床滤池

深床滤池设计流量为 $21\,667\text{ m}^3/\text{h}$,共1座,分16格并联运行,平面尺寸为 $82.9\text{ m}\times 35.3\text{ m}$ 。单格有效过滤面积为 109 m^2 ,平均流量过滤速度 8.19 m/h ,峰值流量过滤速度 10.64 m/h ,强制过滤速度 11.97 m/h ,系统水头损失约为 24 kPa ,反冲洗周期为 $24\sim 48\text{ h}$ 。出水水质按一级 A 标准控制时,滤料深度为 1.83 m ;出水水质按准 IV 类标准($\text{TN}\leq 10\text{ mg/L}$)控制时,滤料深度为 2.44 m 。滤料清洗采用气水联合反冲洗:单独气洗 $3\sim 5\text{ min}$,强度为 $90\sim 110\text{ m}^3/\text{h}$;气水同时反洗 $15\sim 20\text{ min}$,气洗强度为 $90\sim 110\text{ m}^3/\text{h}$,水洗强度为 $14.7\text{ m}^3/\text{h}$;单独水洗 5 min ,强度为 $14.7\text{ m}^3/\text{h}$ 。气水联合反冲洗系统根据每格纵向垂直均匀布置,高进低出,每格冲洗进气管设置流量调节阀,且进出水排气、排水阀门平行对称布置。

⑥ MBR 生物池、膜池及设备间

预处理后的污水由总配水井分配进入 MBR 生物池及膜池,MBR 生物池、膜池及设备间的进水经粗、细格栅及曝气沉砂池等预处理后,经配水井配水后进入,故其设计流量均按日均流量 $16\,667\text{ m}^3/\text{h}$ 设计,共2组,每组分2格并联运行,其中膜生物池采用厌氧+缺氧+好氧的常规 AAO 生物池。

单格生物池平面尺寸为 $116.7\text{ m}\times 166.4\text{ m}$,有效水深为 6.5 m ,总水力停留时间为 12.9 h ,其中选择区 0.5 h 、厌氧区 1.6 h 、缺氧区 4.8 h 、好氧区 6.0 h 。生物池污泥浓度为 6.0 g/L ,单格剩余污泥产量为 $16\,000\text{ kg/d}$;单格需氧量为 $16\,667\text{ m}^3/\text{h}$,混合液回流比为 $200\%\sim 300\%$ 。

单组膜池及膜设备间平面尺寸为 $95.8\text{ m}\times 93.7\text{ m}$,池深为 5.7 m ,有效水深为 3.6 m ,总水力停留时间为 1.15 h 。膜池内污泥浓度为 8.0 g/L ,膜池至生物池好氧池的污泥回流比为 500% 。吹扫风量为 $163\,123.2\text{ m}^3/\text{h}$,气水比约为 $10:1$ 。单组 MBR 膜池分64条廊道并联运行,每个廊道安装8套成品膜组器,设计膜通量为 $13.78\text{ L}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。

MBR 生物池曝气系统鼓风机与膜池吹扫系统鼓风机均采用磁悬浮曝气风机,并集中布置。其中曝气风机流量为 $145\text{ m}^3/\text{min}$,风压为 76 kPa ,共10

台(8用2备);吹扫风机流量为 $227\text{ m}^3/\text{min}$,风压为 48 kPa ,共16台(12用4备)。

⑦ 尾水出江

尾水通过箱涵输送至尾水泵站,在长江低水位时,尾水经泵站自流入江;在长江高水位时,尾水经尾水泵站抽排出江。尾水箱涵及泵站设计规模按近期建设规模考虑,分期建设,尾水箱涵路由及断面规划预留,尾水泵站按远期规模征地。尾水箱涵及泵站设计流量为 $104\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$,断面尺寸为 $3.6\text{ m}\times 2.8\text{ m}$,泵站内安装6台(4用2备)立式混流泵。泵站前池设计水位为 18.70 m ,最高水位为 19.80 m ,停机水位为 16.70 m 。尾水提升泵设计工况点流量和扬程分别为 $3.0\text{ m}^3/\text{s}$ 和 102 kPa ,扬程范围为 $45.6\sim 124.3\text{ kPa}$,效率不低于75%。

4 经济分析

本工程可研阶段估算批复总投资为 $418\,594.12$ 万元,其中工程直接费为 $238\,396.87$ 万元。初设阶段概算批复总投资为 $455\,178.33$ 万元,工程费为 $269\,851.42$ 万元,其中污水处理厂工程费为 $237\,676.99$ 万元,附属工程费为 $32\,174.43$ 万元。

污水处理厂运行年均总成本为 $49\,439.54$ 万元,年均经营成本为 $25\,548.56$ 万元,单位总成本为 $1.69\text{ 元}/\text{m}^3$,单位经营成本为 $0.87\text{ 元}/\text{m}^3$,单位运行成本为 $0.53\text{ 元}/\text{m}^3$ 。

5 工程特点

① 一次性建成规模大

该厂近期规模为 $80\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$,远期规模为 $150\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$,属于特大型城市污水处理厂。本次按近期规模一次性建成,目前国内一次建成的规模最大的污水处理厂。鉴于日益严格的出水水质要求和污水再生回用需求,该厂设计出水水质按优于一级A标准执行。

② 双工艺技术路线

该厂近期工程中 $40\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ 采用改良AAO+深度处理工艺, $40\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ 采用AAO+MBR工艺。改良AAO+深度处理工艺初期投资低,但占地多且相同出水水质条件下工艺流程长。AAO+MBR工艺初期投资高,但占地少且相同出水水质条件下工艺流程短,可预留远期升级空间;出水水质好,可作为再生水直接回用。该厂采用双工艺路线,有力保证了出水水质,充分考虑了工程投资、运行安全与节能降耗,同时兼顾了远期升级改造需求,为污水的

再生回用奠定了良好的基础。

③ 改良 A^2/O 生物池强化碳源利用效率

该厂采用改良AAO+深度处理工艺路线,由于进水C/N值较低,生物池运行中碳源有限,为强化碳源利用效率,改良AAO生物池通过碳源分配、混合液回流控制和溶解氧浓度控制等技术措施强化了生物池内的碳源利用效率。

④ 再生水回用

该厂出水水质满足《城镇污水再生利用工程设计规范》(GB 50335—2016)、《循环冷却水用再生水水质标准》(HG/T 3923—2007)以及中石化企业内部标准《水务管理技术要求 第2部分:循环水》(Q/SH 0628.2—2014)的要求,可作为港渠生态补水、市政景观用水、城市杂用水及石化工业循环冷却用水水源。

6 结语

出于对可靠性和安全性的考虑,大型及特大型污水处理厂多采用单一的常规生物处理工艺,而武汉北湖污水处理厂采用改良AAO+深度处理和AAO+MBR双工艺技术路线。其双工艺并行设计方案以及改良AAO生物池、深度处理单元、MBR膜池及设备间等构筑物的设计可为其他大型、特大型污水处理厂的工艺路线选取和构筑物参数选取提供参考。目前,北湖污水处理厂正在建设中,主体结构已经施工完成,即将建成通水。

参考文献:

- [1] 曾向前,姜应和,程静,等. 管道输送过程中污染物的降解及污水厂进水水质预测[J]. 中国农村水利水电, 2010(10):47-49,52.
Zeng Xiangqian, Jiang Yinghe, Cheng Jing, et al. The degradation of contaminants in the pipeline and the prediction of the influent water quality of WTP[J]. China Rural Water and Hydropower, 2010(10):47-49,52 (in Chinese).
- [2] 李海燕,崔爽,黄延,等. 管道沉积物氮及有机物污染特性研究进展[J]. 水利水电科技进展, 2014(5): 80-85.
Li Haiyan, Cui Shuang, Huang Yan, et al. Research progress on pollution characteristics of nitrogen and organics in sewer sediment[J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2014(5): 80-85 (in Chinese).

- [3] GB 50014—2006, 室外排水设计规范[S]. 2016 年版. 北京: 中国计划出版社, 2016.
GB 50014 - 2006, Code for Design of Outdoor Wastewater Engineering [S]. 2016 ed. Beijing: China Planning Press, 2016 (in Chinese).
- [4] 许保玖, 龙腾锐. 当代给水与废水处理原理[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
Xu Baojiu, Long Tengrui. Contemporary Principles of Water and Wastewater Treatment [M]. Beijing: Higher Education Press, 2000 (in Chinese).
- [5] 韦启信, 郑兴灿. 影响污水生物脱氮能力的关键水质参数及空间分布特征研究[J]. 给水排水, 2013, 39(9): 127 - 131.
Wei Qixin, Zheng Xingcan. Study on the key wastewater quality parameters influencing wastewater biological denitrification ability and their spatial distribution characteristics [J]. Water & Wastewater Engineering, 2013, 39(9): 127 - 131 (in Chinese).
- [6] 张智, 陈杰云, 李勇, 等. 处理低碳源污水的倒置 A²/O 工艺强化脱氮技术研究[J]. 中国给水排水, 2009, 25(13): 7 - 9, 12.
Zhang Zhi, Chen Jieyun, Li Yong, et al. Nitrogen removal from low-carbon wastewater by reversed A²/O process [J]. China Water & Wastewater, 2009, 25(13): 7 - 9, 12 (in Chinese).
- [7] 赛世杰. MBR 脱氮除磷工艺在城市污水处理中的工程应用研究[D]. 北京: 清华大学, 2011.
Sai Shijie. Study on Application of Nitrogen and Phosphorus Removal Process Combined with Membrane Bioreactor in Municipal Wastewater Treatment [D]. Beijing: Tsinghua University, 2011 (in Chinese).
- [8] 刘茜, 崔洪升, 刘世德, 等. 膜生物反应器 (MBR) 工艺污水厂的全流程节能降耗[J]. 中国给水排水, 2016, 32(6): 99 - 102.
Liu Qian, Cui Hongsheng, Liu Shide, et al. Energy saving and consumption reduction of MBR in WWTP [J]. China Water & Wastewater, 2016, 32(6): 99 - 102 (in Chinese).



作者简介: 陈宝玉 (1982 -), 男, 内蒙古兴安盟人, 硕士, 高级工程师, 注册环保工程师, 主要从事给排水、环境工程研究与设计工作, 主持或参与完成的项目多次获得省、市工程设计奖和咨询奖。

E-mail: 877735287@qq.com

收稿日期: 2020 - 01 - 02

贯彻执行《中华人民共和国水污染防治法》