

设计经验

DOI: 10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2023.08.009

# 太湖流域8座污水处理厂新地标提标改造设计总结

冯仕训, 张万里, 蒋岚岚

(华昕设计集团有限公司, 江苏 无锡 214072)

**摘要:** 为使出水水质达到《太湖地区城镇污水处理厂及重点工业行业主要水污染物排放限值》(DB 32/1072—2018)标准,对太湖流域的8座污水处理厂进行了提标改造。在分析现状实际进出水水质、主体构筑物的参数、运行情况的基础上,提出了包括预处理、生化处理、深度处理、污泥处理段的提标改造工艺技术路线,实际运行效果均稳定良好。分析了工程直接费和增加的运行成本,并总结了不同进水构成及建设条件下各种工艺组合的适用性以及提标改造工程在设计、建设、运行中的一些相关经验,可为其他类似工程提供参考。

**关键词:** 太湖流域; 污水处理厂; 新地标; 提标改造

**中图分类号:** TU992.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2023)08-0061-07

## Summary of Upgrading and Reconstruction Design of Eight Wastewater Treatment Plants to Meet New Local Discharge Standard in Taihu Lake Basin

FENG Shi-xun, ZHANG Wan-li, JIANG Lan-lan

(Huaxin Design Group Co. Ltd., Wuxi 214072, China)

**Abstract:** Eight wastewater treatment plants in Taihu Lake basin were upgraded to make the effluent quality meet *Discharge Standard of Main Water Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant & Key Industries of Taihu Area* (DB 32/1072—2018). Based on the analysis of the actual influent and effluent quality, parameters of the main structures and operation of the current situation, the upgrading technical route of pretreatment section, biochemical section, advanced treatment section and sludge treatment was proposed, and stable and good operational performance was obtained. The direct costs and increased operating costs of the projects were analyzed. The applicability of various process combinations under different influent composition and construction conditions and some relevant experience in the design, construction and operation of upgrading projects were summarized to provide reference for other similar projects.

**Key words:** Taihu Lake basin; wastewater treatment plant; new local discharge standard; upgrading and reconstruction

为有效控制太湖水体富营养化,促进太湖流域经济与环境的协调发展,2018年6月1日,《太湖地区城镇污水处理厂及重点工业行业主要水污染物排放限值》(DB 32/1072—2018)颁布实施,要求太湖流域污水处理厂出水在现有一级A标准的基础上再

提标,目前提标改造工作已基本结束,提标后污水处理厂已实际运行一年多,笔者根据污水处理厂所在区域、原有基础条件、进水水质等特点选取了8座污水处理厂,分别对其现状情况、提标改造的技术路线、提标改造后的运行情况进行总结分析。

# 1 污水处理厂概况

选取的8座污水处理厂,5座在太湖流域一、二级保护区,3座在太湖流域一、二级保护区以外;污水处理厂设计规模在 $(1.0\sim6.0)\times10^4\text{ m}^3/\text{d}$ 之间,主体工艺为A<sup>2</sup>O、SBR、MBR、氧化沟;进水中以生活污水为主的污水厂有6座,以工业废水为主的有2座

(工业类型包括印染、生物制药、新型材料、电子行业、机械加工)。目前各污水处理厂的出水标准均为一级A标准,污泥采用污泥浓缩+带式脱水/离心脱水工艺处理至含水率 $\leq 80\%$ 或者采用污泥浓缩+污泥调理+板框压滤工艺处理至含水率 $\leq 60\%$ 后外运处置。各污水处理厂现状如表1所示。

表1 污水处理厂现状  
Tab.1 Current situation of WWTPs

污水处理 厂名称	原主体工艺流程	设计规模/ ( $10^4\text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ )	所属区域	工业废水 占比/%	工业废水类型	污泥处理工艺
A	A <sup>2</sup> O/AO+MBR	3.0	一、二级保护区以外	30	机械加工	污泥浓缩+离心脱水
B	水解酸化+SBR+BAF	2.0	一、二级保护区以外	25	机械加工、新型材料	污泥浓缩+离心脱水
C	水解酸化+A <sup>2</sup> O+BAF	2.0	一、二级保护区以外	30	机械加工	污泥浓缩+离心脱水
D	水解酸化+A <sup>2</sup> O+滤布滤池	5.0	一级保护区	15	机械加工	污泥浓缩+带式脱水
E	A <sup>2</sup> O+BAF	1.0	一级保护区	15	肉类加工	污泥浓缩+离心脱水
F	A <sup>2</sup> O+MBR	3.0	一级保护区	20	金属材料加工/电子	污泥浓缩+带式脱水
G	A <sup>2</sup> O/AO+MBR	6.0	二级保护区	70	生物医药、新型材料	污泥浓缩+带式脱水
H	Carrousel 氧化沟+混凝沉淀+砂滤罐	2.5	一级保护区	80	印染	污泥浓缩+污泥调理+板框压滤

# 2 现状进、出水水质分析

对各污水处理厂近三年的每日进水水质数据进行涵盖率分析,取90%涵盖率数据作为进 waters

质,以提标前近三年的每日出水水质与提标后的出水水质标准值进行对比分析。  
具体结果见表2。

表2 污水处理厂近三年的实际进、出水水质  
Tab.2 Actual influent and effluent quality of WWTPs for recent three years

污水处理厂名称	项目	COD	BOD <sub>5</sub>	SS	NH <sub>3</sub> -N	TP	TN
A	实际进水/( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	405	162	196	36	5.0	55
	出水 DB 32 达标率/%	100	100	100	98.0	100	97.0
B	实际进水/( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	395	176	215	27	4.8	48
	出水 DB 32 达标率/%	100	100	100	95.0	100	79.0
C	实际进水/( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	438	131	156	27.2	4.31	33.8
	出水 DB 32 达标率/%	100	100	100	96.2	100	89.3
D	实际进水/( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	346	118	153	38	5.2	52
	出水 DB 32 达标率/%	98.6	100	100	96.3	83.2	76.5
E	实际进水/( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	366	132	248	33	4.3	42
	出水 DB 32 达标率/%	97.6	100	100	100	91.3	89.3
F	实际进水/( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	352	151	202	42	7.6	51
	出水 DB 32 达标率/%	100	100	100	98.3	82.1	89.3
G	实际进水/( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	486	165	193	27	5.3	41
	出水 DB 32 达标率/%	86.3	100	100	96.4	98.6	89.6
H	实际进水/( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	256	53	286	15	2.5	22
	出水 DB 32 达标率/%	84.3	100	100	98.3	99.6	92.6
提标后出水标准(一、二级保护区)/( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )		$\leq 40$	$\leq 10$	$\leq 10$	$\leq 3(5)$	$\leq 0.3$	$\leq 10(12)$
提标后出水标准(一、二级保护区以外)/( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )		$\leq 50$	$\leq 10$	$\leq 10$	$\leq 4(6)$	$\leq 0.5$	$\leq 12(15)$

由进水水质分析结果可知,以生活污水为主的污水处理厂(A~F)进水水质总体稳定,但也存在部

分指标偏高的现象,如E厂的进水SS指标达到了248 mg/L,F厂的进水TP指标达到了7.6 mg/L,这主

要是因为受到进水中部分工业废水水质冲击的影响。而进水以工业废水为主的污水处理厂(G、H厂)进水水质因受工业类型的影响而各具特点,如G厂进水COD较高,达到了486 mg/L,H厂进水呈现NH<sub>3</sub>-N、TN较低的特点。

由表2出水水质分析可知,由于新标准针对一、二级保护区外污水处理厂仅对NH<sub>3</sub>-N、TN提出了更高的要求,因此一、二级保护区外污水处理厂现状出水水质对比提标后的出水标准值,除NH<sub>3</sub>-N、TN外,其余各指标达标率均为100%,NH<sub>3</sub>-N指标达标率较高,均≥95%,TN指标达标率较低,最低为79.0%(B厂)。一、二级保护区内污水处理厂,出水BOD<sub>5</sub>、SS指标达标率均为100%;现状出水水质对比提标后的出水标准值,NH<sub>3</sub>-N指标达标率均不低于

96.3%;COD指标在进水以生活污水为主的污水处理厂达标率较高,最低为97.6%,以工业废水为主的污水处理厂达标率较低,最低为84.3%;TP指标除受到工业废水冲击的F厂和现状深度处理工艺段较薄弱的D厂外,其余各厂达标率均较高;TN指标达标率较低,最低为76.5%。通过上述分析可以看出,TN为太湖流域各污水处理厂提标需重点关注的指标,COD指标在以工业废水为主的污水处理厂中需要重点关注,TP指标在受到工业废水冲击的污水厂中需要重点关注。

3 现状主体构筑物主要设计参数

为便于了解各污水处理厂的提标改造技术路线,表3列举了各污水处理厂现状主体构筑物的主要设计参数。

表3 污水处理厂现状主体构筑物设计参数

Tab.3 Design parameters of current main structures of WWTPs

污水处理厂名称	主要设计参数
A	生化池总停留时间16.4 h,厌氧区1.2 h、缺氧区4.1 h、好氧区7.3 h、后缺氧区2.5 h、膜池1.3 h。MLSS 7 000~8 000 mg/L。膜池至好氧区回流比500%,好氧区至缺氧区回流比300%。水温12~25℃
B	水解池(升流式污泥床)停留时间8.1 h。SBR分区:1座分4组,生物选择区HRT 1.8 h、主反应区HRT 17.8 h,总停留时间19.6 h。SBR池运行周期:4;进水1.5 h、反应2.5 h、沉淀1.0 h、滗水1.0 h;MLSS 3 000~4 000 mg/L。BAF池:1座分4格,表面水力负荷4.9 m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ·h)。水温11~24℃
C	水解池(升流式污泥床)停留时间6.2 h。生化池总停留时间12.7 h,厌氧区2.0 h、缺氧区2.6 h、好氧区8.1 h,内回流比100%~200%,MLSS 3 000~4 000 mg/L。BAF池:1座分4格,表面水力负荷4.9 m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ·h)。水温12~26℃
D	水解池(升流式污泥床)停留时间7.6 h。生化池总停留时间16.7 h,厌氧区1.6 h、缺氧区5.4 h、好氧区9.7 h。内回流比200%~300%。MLSS 3 000~4 000 mg/L。水温13~25℃
E	生化池总停留时间17.2 h,厌氧区1.9 h、缺氧区5.2 h、好氧区10.1 h。内回流比200%~300%。MLSS 3 000~4 000 mg/L。BAF池:1座分4格,表面水力负荷6.2 m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ·h)。水温12~27℃
F	生化池总停留时间14.6 h,厌氧区1.6 h、缺氧区4.2 h、好氧区7.3 h、膜池1.5 h。MLSS 7 000~8 000 mg/L。膜池至好氧区回流比500%,好氧区至缺氧区回流比300%。水温11~25℃
G	生化池总停留时间15.4 h,厌氧区1.2 h、缺氧区3.8 h、好氧区6.7 h、后缺氧区2.3 h、膜池1.4 h。MLSS 6 500 mg/L。膜池至好氧区回流比500%,好氧区至缺氧区回流比300%。水温17~28℃
H	调节池停留时间12.3 h;水解池(污泥循环式)停留时间10.4 h;生化池总停留时间26.4 h。MLSS 3 000~3 500 mg/L。水温16~31℃

4 提标改造工程的技术路线

4.1 共性措施

① 源头管控

联合相关部门对污水处理厂接管企业进行摸底排查,对重点企业加强监管,工业废水外排点统一设置在线监测装置和阀门,环保部门和污水处理厂共享在线监测数据,以控制工业废水超标排放对污水处理厂的冲击<sup>[1]</sup>。

② 区域调水联动

污水处理厂现状布置均较紧凑,经过上一轮一级A标准的提标改造后,厂区内基本无太多空闲用地,现状基本处于满负荷运行,停产改造或者单组停产改造均不具备条件,提标改造中需要与区域内污水泵站或其他污水处理厂进行联动调水,或者与污水处理厂扩建计划相结合来实施。

③ 优化运行

各污水处理厂遵循先运行优化、后工程改造,先生物强化、后物化辅助的原则<sup>[2]</sup>,提标改造时首先

通过提高污泥浓度、增大泥龄、控制溶解氧、优化碳源投加位置等非工程改造措施来强化生化系统脱氮除磷效果<sup>[3]</sup>。

#### ④ 设备化改造

部分厂区设备老旧且有损坏,能耗较高,如:C、E厂鼓风机为罗茨鼓风机,D厂曝气盘片有破损或堵塞,曝气不均匀,B、C、D、G厂细格栅系统的除渣效率较低。提标改造过程中将罗茨鼓风机更换为效率更高、噪声较小的空浮/磁浮鼓风机,对破坏的曝气盘片进行更换,将细格栅更换为具有全拦截功能的内进流细格栅(B、C、D厂)或转鼓细格栅(G厂)。

#### ⑤ 仪表自控

各污水处理厂的运行对自动化控制的要求越来越高,且对运行成本的控制越来越精细化,提标改造过程中,很多污水处理厂运行单位提出,在常规进出水水质监测基础上增加对二沉池出水的中间监测,以便为深度处理段运行模式的选择提供数据支撑。

#### ⑥ 消毒

现状污水处理厂均配有消毒工艺,主要为紫外线消毒、二氧化氯消毒、投加成品次氯酸钠消毒,实际运行中发现紫外线消毒工艺的消毒效果受水中SS、灯管清洁度等因素影响较大,二氧化氯消毒所需药剂均为危险品,存在一定的安全风险,提标改造中考虑运行安全稳定方便、微生物指标稳定达标等,将现有的紫外线消毒、二氧化氯消毒工艺改为投加成品次氯酸钠消毒工艺。

#### ⑦ 污泥处理工艺

太湖流域地区垃圾填埋场库容基本饱和,污水处理厂污泥处置去向大部分为送至热电厂焚烧,对污泥含水率要求不高。污水处理厂污泥处理现状流程基本为污泥浓缩+带式脱水/离心脱水至含水率 $\leq 80\%$ ,提标改造中部分污水处理厂从节省终端污泥处置费用的角度出发,提出对现状产泥量进一步减量,部分污水处理厂将原脱水至含水率 $\leq 80\%$ 污泥处理工艺调整为污泥浓缩+调理+板框压滤至含水率 $\leq 60\%$ 的处理工艺。

### 4.2 不同条件下提标改造工艺路线选择

① A厂进水水质稳定,工业废水含量较少,污水处理厂现状各工艺段均较完善,所在区域为太湖流域一、二级保护区以外地区,主要通过非工程改造措施来满足提标改造后的出水要求。

② B、C两厂进水水质稳定,工业废水含量较少,现状预处理段、主体工艺段效果一般,深度处理段薄弱,所在区域为太湖流域一、二级保护区以外地区,提标改造采用的技术路线如下:

a. 预处理段:B、C两厂现状水解酸化池由于长期排泥不畅,造成池内淤堵严重,水解酸化的功能较弱,考虑到两厂进水中均有一定的工业废水,提标改造中恢复水解酸化功能,主要措施为对水解酸化池进行清淤,更换排泥管、阀门、布水器、填料等设备,在重力排泥系统中增加排泥泵强化排泥效果,同时增加水解酸化池的超越管路及阀门,根据进水B/C值的实际情况,实现部分或者全部超越水解酸化池。

b. 生化系统:B、C两厂位于一、二级保护区之外,新地标仅对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 和TN提出了更高的要求,因此生化段主要从强化脱氮的角度来进行改造。B厂原主体工艺为SBR池,空间上不能形成独立的厌氧区、缺氧区、好氧区,生物脱氮除磷效率低,且B厂在提标改造前刚刚完成扩建,结合上游泵站水量调配可以实现停水改造,因此可以在保证池体外围框架不变的情况下通过拆除和增加隔墙、渠道改造形成多点进水的多级AO工艺,包括预缺氧区、厌氧区、缺氧区、好氧区、后缺氧区、后好氧区(HRT分别为1.2、1.5、4.9、9.8、1.7、0.5 h),提高生化系统的脱氮除磷效果。C厂原主体工艺为 $\text{A}^2/\text{O}$ 工艺,但池容较小,存在缺氧区短流、硝化液回流点未在好氧区末端的缺陷,且厂区没有空地生化池的扩容,提标改造时首先通过增加隔墙改变水流方向提高缺氧区池容利用率,调整硝化液回流点位置,充分利用好氧区容积,其次在生化池内投加悬浮填料形成MBBR工艺,采用生物膜法和活性污泥法相结合的运行模式,强化生物脱氮除磷效果。

c. 深度处理段:B、C两厂深度处理段工艺均为BAF+消毒工艺,缺少完善的脱氮除磷工艺,且BAF池在运行过程中受进水水质变化的影响,滤头滤料经常发生堵塞,造成出水水质波动,提标改造对出水TN提出了更高的要求,同时考虑工艺上预留一定的安全性,故提标改造中将BAF池拆除后新建高效沉淀池[1座2组,混合时间45 s,絮凝时间12 min,表面负荷 $8.9 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ]+反硝化深床滤池(1座分4组,单格面积 $39.2 \text{ m}^2$ ,平均滤速 $5.3 \text{ m/h}$ ,滤料厚度 $1.83 \text{ m}$ )。



③ D厂进水水质稳定,工业废水量很少,现状预处理段、主体工艺段运行效果较好,深度处理段薄弱,厂区无空余用地,提标改造技术路线如下:

a. 挖掘厂区用地条件:D厂处于太湖流域一级保护区,新地标对各项指标均提出了较高的要求,只依靠运行优化无法稳定达标,因此需要充分挖掘厂区的用地条件,由于D厂进水中工业废水很少,因此将厂区水解酸化池、机修间拆除,为工程改造提供用地。

b. 深度处理段:D厂进水中工业废水量很少,根据表2,出水COD大部分已经达标,深度处理段不考虑对该指标的强化处理,重点考虑对TN和TP的强化处理,同时考虑SS的稳定达标,而可用于工程建设的用地很少,因此选择负荷较高的反硝化生物滤池来进行深度脱氮[1座分6格,单格过滤面积 $42.0\text{ m}^2$ ,平均滤速 $8.27\text{ m/h}$ ,硝酸盐氮负荷 $0.94\text{ kg}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ ],采用负荷较高的高速气浮工艺进行深度除磷和保障SS稳定达标[表面水力负荷 $34\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ,回流比 $9.6\%$ ]。

④ E厂进水水质受屠宰肉类加工工业废水的影响,有一定的波动,主体工艺段运行效果较好,深度处理段薄弱,厂区有少量空余用地,所在区域为太湖流域一级保护区,提标改造技术路线如下:

a. 预处理段:进水中屠宰肉类加工工业废水量占比虽然较少,但其带来的毛发和油类对后续工艺段的影响较大,因此在预处理段增加气浮工艺段去除SS、油类,以减轻对后续工艺段的影响。

b. 深度处理段:E厂现状生化段工艺为 $\text{A}^2/\text{O}$ ,根据表3的设计参数可以看出脱氮除磷条件相对较好,因此在深度处理段对TN和TP做一定的补充即可,进水中的工业废水为肉类加工废水,可生化性好,溶解性难降解有机物少,不考虑对COD的进一步强化处理,因此深度处理段工艺选择高效沉淀池[1座分2组,混合时间 $80\text{ s}$ ,絮凝时间 $9\text{ min}$ ,表面负荷 $7.6\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ]+反硝化深床滤池(1座分4组,单格面积 $20.4\text{ m}^2$ ,平均滤速 $5.1\text{ m/h}$ ,滤料厚度 $1.83\text{ m}$ )。

⑤ F厂进水水质受机械加工工业废水的影响,TP指标有一定的波动,污水处理厂现状主体工艺为 $\text{A}^2/\text{O}+\text{MBR}$ ,所在区域为太湖流域一级保护区,对出水TP、TN要求较高,由于主体生化段没有后置缺氧段,脱氮效率有限,因此新增反硝化深床滤池

进行深度脱氮(1座分4组,单格面积 $55.8\text{ m}^2$ ,平均滤速 $5.6\text{ m/h}$ ,滤料厚度 $1.83\text{ m}$ ),由于进水TP波动较大,对TP的去除率要求较高,故新增高速气浮池[1座分2组,表面水力负荷 $26.8\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ,回流比 $11.6\%$ ]进行深度除磷。

⑥ G厂进水中工业废水占比较大,且工业类型较多,COD指标有一定的波动,盐分较高,污水处理厂主体工艺条件较好,所在区域为太湖流域二级保护区,提标改造技术路线如下:

a. 预处理段:进水COD较高且有较多胶体类悬浮物和一定的油类,因此预处理增加浅层气浮去除油类、悬浮物及COD,以减轻后续处理工艺段的压力。

b. 深度处理段:G厂主体工艺段脱氮除磷条件相对较好,但是进水中盐分较高,对生物脱氮有一定的抑制作用<sup>[4]</sup>,因此在深度处理段增加反硝化深床滤池进一步深度脱氮,由于进水COD浓度较高且有一定的溶解性难降解有机物,因此深度处理段采用高级氧化工艺进一步去除COD,考虑到Fenton氧化工艺产生的污泥存在一定的风险,选择臭氧催化氧化工艺(1座分2组,单组分三级,停留时间 $68\text{ min}$ ,臭氧投加量 $40\text{ mg/L}$ )进一步去除COD。

⑦ H厂进水中工业废水占比较大,工业类型单一,主要为印染行业,进水水质稳定,提标改造技术路线如下:

a. 预处理段:现状水解酸化池停留时间为 $10.4\text{ h}$ ,由于进水中溶解性难降解有机物较多,为强化水解酸化功能,将现状调节池部分容积改为二级水解酸化池,水解酸化池的总停留时间为 $15.8\text{ h}$ 。

b. 生化系统:现状主体工艺为卡鲁塞尔氧化沟,为提高生物脱氮效率和充氧效率,将表曝改为底曝,并将生化池改为A/O池,改造后总HRT $26.4\text{ h}$ ,其中缺氧区 $11.76\text{ h}$ 、好氧区 $14.64\text{ h}$ 。

c. 强化深度处理:由于进水TN浓度较低,生化段强化了生物脱氮,故深度处理不考虑TN的去除,进水TP浓度较低,考虑生物除磷效率有限,深度处理段采用高效沉淀池[1座分2组,表面水力负荷 $10.6\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ]补充除磷。此外,深度处理段重点考虑COD的去除,同样考虑到Fenton工艺产生的污泥存在一定的风险,采用臭氧催化氧化工艺(1座分2组,单组分4级,停留时间 $80\text{ min}$ ,臭氧投加量 $86\text{ mg/L}$ )进一步去除COD<sup>[5]</sup>,由于溶解性难降解有机物

的性质不同,根据提标前的中试结果,臭氧催化氧化后出水中有一定的胶体类物质,因此,在臭氧催化氧化后增加外压式超滤工艺。另外,为保障臭氧催化氧化工艺段的稳定运行,避免SS波动给臭氧催化氧化工艺带来影响,在臭氧催化氧化工艺前增加滤布滤池工艺段。

## 5 提标改造后工艺流程

根据上述分析确定的提标改造工艺流程见表4。

表4 污水处理厂提标改造后工艺流程

Tab.4 Process flow after upgrading and reconstruction of WWTPs

污水处理 厂名称	污水处理工艺	污泥处理 工艺
A	粗格栅进水泵房+细格栅曝气沉砂池+膜格栅池+一体化MBR池	污泥浓缩+离心脱水
B	粗格栅进水泵房+细格栅旋流沉砂池+水解酸化池+多级AO池+二沉池+高效沉淀池+反硝化深床滤池+接触消毒池	污泥浓缩+离心脱水
C	粗格栅进水泵房+细格栅旋流沉砂池+水解酸化池+MBBR池+高效沉淀池+反硝化深床滤池+接触消毒池	污泥浓缩+离心脱水
D	粗格栅进水泵房+细格栅曝气沉砂池+A <sup>2</sup> O池+反硝化生物滤池+高速气浮池+接触消毒池	污泥浓缩+调理+板框压滤
E	粗格栅进水泵房+中格栅池+浅层气浮+细格栅曝气沉砂池+A <sup>2</sup> O池+高效沉淀池+反硝化深床滤池+接触消毒池	污泥浓缩+离心脱水
F	粗格栅进水泵房+细格栅旋流沉淀池+膜格栅池+一体化MBR池+反硝化深床滤池+高速气浮池+接触消毒池	污泥浓缩+带式脱水
G	粗格栅进水泵房+中格栅池+浅层气浮池+细格栅曝气沉砂池+膜格栅池+一体化MBR池+反硝化深床滤池+臭氧催化氧化池+接触消毒池	污泥浓缩+带式脱水
H	调节池+一级水解池+二级水解池+初沉池+A/O氧化沟+高效沉淀池+滤布滤池+臭氧催化氧化池+超滤	污泥浓缩+污泥调理+板框压滤

## 6 实际处理效果

各污水处理厂提标改造后均已稳定运行超过一年,出水水质稳定达到提标后的出水要求。

## 7 工程投资及运行成本分析

各污水处理厂提标改造工程的工程直接费和

经营成本如表5所示。增加的成本主要为液氧费用、电费、药剂费,从表5中可以看出,以工业废水为主的污水处理厂提标改造投资较高,且增加的经营成本较高。

表5 污水处理厂提标改造工程直接费和增加的经营成本

Tab.5 Direct costs and increased operating costs of upgrading and reconstruction of WWTPs

污水处理 厂名称	工程直接 费/万元	提标后总经营成 本/(元·m <sup>-3</sup> )	提标新增经营成 本/(元·m <sup>-3</sup> )
A	46.0	1.46	0.12
B	4 021.53	1.48	0.53
C	3 695.6	1.52	0.46
D	7 960.6	1.86	0.72
E	2 145.6	1.65	0.61
F	5 641.3	2.03	0.66
G	15 365.8	3.58	2.12
H	8 241.2	3.89	2.32

## 8 经验总结

对太湖流域8座污水处理厂在提标改造过程中遇到的问题及一些经验总结如下:

① 污水处理厂提标改造工作是一项系统性工程,在采用各种工程性和非工程性措施强化处理的同时,应加强对上游管网、排污企业的有效管控,对一些重点排污企业的有效管控往往会起到事半功倍的效果。

② 提标改造时污水处理厂基本已经处于满负荷运行,而一些工程性改造措施需要停水作业,提标改造工程的实施计划需要与区域内污水泵站和其他污水处理厂进行协调调水,近期有扩建计划的污水处理厂可以与扩建工程进行统筹。

③ 提标改造工程中所采用的一些工艺段应结合每座污水厂的进水水质、出水要求、用地条件、上下游工艺段的组合等条件来选择,一些关键的工艺段应进行中试后再确定工艺参数。

④ 对于以工业废水为主的污水处理厂,在分析进水水质时除关注常规的COD、TN、TP、NH<sub>3</sub>-N指标和一些有毒有害的特征因子外,还不能忽视污水中高盐分、高浓度氯离子等其他无机离子对生物系统的抑制作用,需要通过实验来确定微生物的硝化速率、反硝化速率等参数。

⑤ 以工业废水为主的污水处理厂污水温度波动较大,臭氧催化氧化工艺中臭氧发生器的冷却

水往往采用污水处理厂尾水,这时需要配置冷却水的冷却系统,以确保尾水温度较高时臭氧发生器的安全稳定运行。

⑥ 大部分污水处理厂现状总图布置较为紧凑,提标改造工程用地条件较为紧张,一些新建构筑物与现状构筑物间距较小,工程参与各方应结合地质条件、地下水位、新建与现状构筑物的高程关系等共同商定围护方案,以降低对现状构筑物安全的影响。

⑦ 提标改造中需要对一些现状池体土建进行改造,如拆除一些隔墙、开具洞口等,一些现状池体使用年限较久,改造前应对现状池体的结构安全进行充分评估。

⑧ 针对日益严格的环保要求,对存在工业废水冲击的污水处理厂需要考虑一些应急措施,如增加事故池、粉末活性炭应急投加装置等。

⑨ 提标改造后污水处理厂的运行成本上升明显,运行单位对成本控制的要求也越来越高,提标改造中应根据需要增加过程仪表,以便为污水处理厂精细化管理提供依据。

#### 参考文献:

- [1] 王阿华. 城镇污水处理厂提标改造的若干问题探讨[J]. 中国给水排水, 2010, 26(2): 19-22.  
WANG Ahua. Discussion on some problems in upgrading and reconstruction of municipal wastewater treatment plant[J]. China Water & Wastewater, 2010, 26(2): 19-22(in Chinese).
- [2] 李鹏峰, 郑兴灿, 李激, 等. 城镇污水处理厂提标改造工作流程探讨[J]. 中国给水排水, 2019, 35(22): 14-19.  
LI Pengfeng, ZHENG Xingcan, LI Ji, et al. Discussion on workflow of upgrading and reconstruction in

municipal WWTP[J]. China Water & Wastewater, 2019, 35(22): 14-19(in Chinese).

- [3] 肖先念, 唐霞, 孙伟, 等. 南方某典型污水处理厂提标改造内部调控及工艺探讨[J]. 给水排水, 2020, 46(5): 73-77.  
XIAO Xiannian, TANG Xia, SUN Wei, et al. Process and optimization control on upgrading and reconstruction for a southern municipal wastewater treatment plant[J]. Water & Wastewater Engineering, 2020, 46(5): 73-77(in Chinese).
- [4] 陈秀成. 长三角地区污水处理厂排放标准解析及提标改造对策思考[J]. 给水排水, 2019, 45(11): 29-32.  
CHEN Xiucheng. Analysis of discharge standards of wastewater treatment plants in Yangtze River delta region and consideration of the measures for upgrading[J]. Water & Wastewater Engineering, 2019, 45(11): 29-32(in Chinese).
- [5] 唐凯峰, 赵乐军, 王华. 高排放标准下工业聚集区废水处理厂提标改造技术探讨[J]. 给水排水, 2018, 44(4): 58-62.  
TANG Kaifeng, ZHAO Lejun, WANG Hua. Discussion on upgrading technology of wastewater treatment plant in industrial agglomeration area under high emission standard[J]. Water & Wastewater Engineering, 2018, 44(4): 58-62(in Chinese).

**作者简介:**冯仕训(1984- ),男,江苏扬州人,硕士,高级工程师,注册公用设备(给水排水)工程师,注册环保工程师,注册咨询(投资)工程师,目前任华昕设计集团有限公司市政环境院副总工程师,主要从事城市污水处理厂及管网的设计研究工作。

**E-mail:**727979832@qq.com

**收稿日期:**2022-02-09

**修回日期:**2022-03-21

(编辑:孔红春)

**绿水青山就是金山银山**