

付乐, 罗国豹. 城镇污水处理厂高排放标准处理工艺案例分析[J]. 净水技术, 2023, 42(3):174–180, 197.

FU L, LUO G B. Case analysis of stricter discharge standard treatment technology for urban WWTP[J]. Water Purification Technology, 2023, 42(3):174–180, 197.

城镇污水处理厂高排放标准处理工艺案例分析

付乐*, 罗国豹

(中国市政工程华北设计研究总院有限公司湖北分公司, 湖北武汉 430016)

摘要 为改善水环境、保护水资源,我国部分地区陆续提出了“准Ⅳ类”(COD_{Cr}、氨氮、TP等达到地表水Ⅳ类标准, TN一般由一级A标准的15 mg/L提高至10 mg/L)、“准Ⅲ类”等高于国家标准的污水处理厂排放标准,这对污水处理工艺提出了更高的要求。在梳理各地现行高排放标准、分析现有工程实例的基础上,提出执行高排放标准时,仍应采用“预处理+生物处理+深度处理”为主的工艺技术路线。其中生物处理可采用脱氮除磷效率更高的优化、改良或组合工艺,深度处理在常规“混凝、沉淀、过滤”的基础上,可选用臭氧氧化、活性炭吸附、反硝化生物滤池、膜分离等有针对性的强化工艺。确定污水处理排放标准时,应综合考虑受纳水体环境容量和建设运行成本,系统考虑水环境治理,不能仅将重点放在污水处理厂提标上。

关键词 城镇污水处理厂 高排放标准 “准Ⅳ类”水质 “准Ⅲ类”水质 处理工艺 系统治理

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-0177(2023)03-0174-08

DOI: 10.15890/j.cnki.jsjs.2023.03.022

Case Analysis of Stricter Discharge Standard Treatment Technology for Urban WWTP

FU Le*, LUO Guobao

(Hubei Branch of North China Municipal Engineering Design and Research Institute Co., Ltd., Wuhan 430016, China)

Abstract In order to improve water environment and protect water resources, "quasi-category IV" (COD_{Cr}, ammonia nitrogen and TP reached the surface water class IV standard, while TN was generally increased from 15 mg/L to 10 mg/L in the first class A criteria), "quasi-category III" and other wastewater treatment plant (WWTP) discharge standards higher than national standard have been put forward successively in some parts of China, which put forward higher requirements for wastewater treatment technology. On the basis of combing the current stricter discharge standards and analysing existing engineering examples, it is suggested that "pretreatment + biological treatment + advanced treatment" should still be adopted when implementing stricter discharge standards. The optimized, improved or combined processes with higher efficiency of nitrogen and phosphorus removal can be adopted for biological treatment, and targeted enhanced processes such as ozone oxidation, activated carbon adsorption, denitrification biological filter and membrane separation can be adopted for in-depth treatment on the basis of conventional "coagulation, precipitation and filtration". When determining the wastewater discharge standard, comprehensive consideration should be given to the environmental capacity of the receiving water body and the cost of construction and operation, and the water environment should be treated systematically, rather than just focusing on the upgrading of the WWTP.

Keywords urban wastewater treatment plant (WWTP) stricter discharge standard "quasi-category IV" water quality "quasi-category III" water quality treatment process system management

近年来,我国城镇污水在处理能力、处理工艺等方面都有了长足的发展。截至2020年,共有污水处理厂4 326座,其中城市污水处理厂2 618座,县城污

水处理厂1 708座,污水处理能力约为2.3亿m³/d,处理率达到97%^[1],其中大部分都已执行国家现行标准《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)中最严格的一级A标准。目前,污水处理重点已从快速的量增阶段向提质增效、节能降耗、更高排放标准方向转变。部分省、市或区域陆续出台了更严格的地方标准^[2-3],这有利于改善水

[收稿日期] 2021-10-08

[通信作者] 付乐(1982—),男,硕士,研究方向为市政给排水、水环境, E-mail:26416990@qq.com。

环境质量,但对污水处理工艺也提出了更高的要求。本文对各地高排放标准进行梳理,对典型案例进行分析,提出了高排放标准处理工艺的设计思路和应注意的问题,为类似工程设计及运行管理提供参考。

1 高排放标准概况

城镇污水处理厂污染物排放国家标准、典型的地方标准、地表水环境质量标准如表 1 所示。高排放标准一般是在一级 A 标准基础上,对有机物、氮、磷、SS 等提出更高的要求,其中较多采用“准Ⅳ类”(COD_{Cr}、氨氮、TP 等达到地表水Ⅳ类标准,TN 一般由一级 A 标准的 15 mg/L 提高至 10 mg/L),如天津 A 标准、浙江新建污水处理厂、湖南一级标准等;部分水环境敏感地区采用更严格的“准Ⅲ类”,即 COD_{Cr}、BOD₅、氨氮、TP 达到地表水Ⅲ类标准,TN 限值为 10 mg/L(昆明地标中水温>12℃时为 5 mg/L),如北京 A 标准、昆明 A 级等^[4]。高排放标准的确定主要考虑接纳水体功能要求、生态敏感程度、工程规模、工业废水比例等因素。

其中,(1)《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)中,水质浓度取样频率为至少每 2 h 一次,取 24 h 混合样,以日均值计;《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)要求水样采集后自然沉降 30 min,取上层非沉降部分检测,水质指标值中带括号的,括号内为湖、库标准。(2)北京地标 DB 11/890—2012 中,氨氮在 12 月 1 日—次年 3 月 31 日执行括号内的排放限值;天津、浙江地标中氨氮、TN 括号内数值为每年 11 月 1 日—次年 3 月 31 日执行;湖南、江苏太湖、安徽巢湖、昆明地标括号内数值为水温≤12℃时的控制指标。(3)江苏太湖地标中,工业废水量占比大于 60%时,可按企业污水中最严的行业标准执行;昆明地标共分 A、B、C、D、E5 级,本表仅列其中标准较高的 A、B 级。

2 工艺选择

高排放标准一般是对有机物、氮、磷等的去除提出更高要求,依靠执行一级 A 标准时的常规“预处理+生物处理+深度处理”工艺难以稳定达标。因此,应根据进水水质及排放标准的具体要求,完善预处理,减少大颗粒杂质、水质水量波动、油污和工业废水中重金属等对后续处理工艺的影响;强化生物处理,提高脱氮除磷效果;合理选择深度处理工艺单

元,确保稳定达标^[5-6]。

根据高排放标准中 COD_{Cr}、氨氮、TN、TP 等的去除要求,可有针对性地选择相应的处理工艺。

(1) COD_{Cr}

生物处理是 COD_{Cr} 去除的最重要环节。城镇污水处理厂常用的生物处理工艺包括 AAO、氧化沟、序列间歇式活性污泥法(SBR)、膜生物反应器(MBR)、移动床生物膜反应器(MBBR)等,以及各种优化、改良、组合工艺,对碳、氮、磷等污染物都有较好的去除效果。在执行“准Ⅳ类”甚至“准Ⅲ类”标准时,尽可能使 COD_{Cr}、BOD₅、氨氮等通过生物处理达标,并最大程度地去除 TN、TP。

在工业废水含量较大、溶解性难降解有机物含量较高等情况下,达到“准Ⅳ类”标准难度较大,尤其是在要求达到“准Ⅲ类”标准时,可以增设臭氧高级氧化、活性炭吸附、生物滤池、膜分离等深度处理强化单元。

(2) TN

由于 TN 主要通过生物处理去除,生物处理阶段需重点考虑脱氮,可以采用延长缺氧停留时间、多级 AO、多点进水优化碳源分配、调整回流点及回流量、外加碳源、投加填料、降低运行负荷、改善曝气设施、优化池体功能区等方式强化脱氮效果。当要求 TN<10 mg/L 时,可增加反硝化生物滤池等深度处理单元。

(3) TP

深度处理常用“混凝+沉淀+过滤”,或“混凝+沉淀”“微絮凝+过滤”“气浮”等,对 SS、TP 有较好的去除效果,并可以进一步去除 COD_{Cr} 等污染物。

另外,根据不同水质特征进行相应预处理,可以有效提升污水处理效果。预处理包括粗格栅、细格栅、超细格栅、沉砂池等,水质水量波动较大时宜设置调节池;含有对污水处理系统影响较大的工业废水时,应根据水质特征进行预处理;含油量较大的污水应采取除油措施;考虑碳源不足,一般可不设初沉池。

3 案例分析

3.1 工程案例概况

我国部分高排放标准污水处理厂概况如表 2 所示。由表 2 可知,高排放标准处理工艺中,主要采用了“预处理+生物处理+深度处理”的工艺路线,其

表 1 相关水质标准
Tab. 1 Related Water Quality Standards

序号	标准名称及标准号	等级	COD _{Cr} / (mg·L ⁻¹)	BOD ₅ / (mg·L ⁻¹)	SS/ (mg·L ⁻¹)	氨氮/ (mg·L ⁻¹)	TN/ (mg·L ⁻¹)	TP/ (mg·L ⁻¹)	备注
1	《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)	一级 A	50	10	10	5(8)	15	0.5	作为景观用水和一般回用水等
		一级 B	60	20	20	8(15)	20	1.0	排入地表水Ⅲ类功能水域
2	北京市地方标准《城镇污水处理厂水污染物排放标准》(DB 11/890—2012)	A	20	4	5	1(1.5)	10	0.2	排入Ⅱ、Ⅲ类水体
		B	30	6	5	1.5(2.5)	15	0.3	排入Ⅳ、Ⅴ类水体;中心城区
		A	30	6	5	1.5(3)	10	0.3	设计规模≥10 000 m ³ /d 时
3	天津市地方标准《城镇污水处理厂水污染物排放标准》(DB 12/599—2015)	B	40	10	5	2(3.5)	15	0.4	设计规模为 1 000~10 000 m ³ /d 时
		C	50	10	10	5(8)	15	0.5	设计规模<1 000 m ³ /d 时
4	浙江省地方标准《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》(DB 33/2169—2018)	Ⅰ	30	—	—	1.5(3)	10(12)	0.3	新建污水处理厂
		Ⅱ	40	—	—	2(4)	12(15)	0.3	现有污水处理厂
5	《湖南省城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》(DB 43/T1546—2018)	一级	30	—	—	1.5(3)	10	0.3	生态环境敏感区内的污水厂
		二级	40	—	—	3(5)	15	0.5	其他区域
6	《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)	表 1	40	—	—	3(5)	10(12)	0.3	太湖流域一、二级保护区
		表 2	50	—	—	4(6)	12(15)	0.5	其他区域
7	《巢湖流域城镇污水处理厂和工业行业主要水污染物排放限值》(DB 34/2710—2016)	Ⅰ	40	—	—	2(3)	10(12)	0.3	工业废水占比<50%
		Ⅱ	50	—	—	5	15	0.5	工业废水占比≥50%
8	《四川省岷江、沱江流域水污染物排放标准》(DB 51/2311—2016)	城镇污水厂	30	6	—	1.5(3)	10	0.3	城镇污水厂限值
		集中式污水厂	40	10	—	3(5)	15	0.5	工业园区集中式污水厂限值
9	昆明市地方标准《城镇污水处理厂主要水污染物排放限值》(DB 5301/T43—2020)	A 级	20	4	—	1(1.5)	5(10)	0.05	生态敏感且污水厂排水影响大
		B 级	30	6	—	1.5(3)	10(15)	0.3	A 级外排入滇池流域的污水厂
10	《贾鲁河流域水污染物排放标准》(DB 41/908—2014)	郑州市区	40	10	10	3	15	0.5	—
		其他地区	50	10	10	5	15	0.5	—
		特别限值	30	6	5	1.5(2.5)	15	0.3	—
11	《大清河流域水污染物排放标准》(DB 13/2795—2018)	核心区	20	4	—	1(1.5)	10	0.2	—
		重点区	30	6	—	1.5(2.5)	15	0.3	—
		一般区	40	10	—	2.5(3.5)	15	0.4	—
12	《茅洲河流域水污染物排放标准》(DB 44/2130—2018)	城镇污水厂	30	—	—	1.5	—	0.3	对不同行业工业废水亦有规定
		Ⅰ类	15	3	—	0.15	0.2	0.02(0.01)	源头水、国家自然保护区
		Ⅱ类	15	3	—	0.5	0.5	0.1(0.025)	一级水源地、珍稀生物栖息地
13	《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)	Ⅲ类	20	4	—	1.0	1.0	0.2(0.05)	二级水源地、渔业及游泳区
		Ⅳ类	30	6	—	1.5	1.5	0.3(0.1)	工业及非人体接触娱乐用水
		Ⅴ类	40	10	—	2.0	2.0	0.4(0.2)	农业及一般景观用水

表 2 高排放标准工程案例
Tab. 2 Projects with Stricter Discharge Standard

污水厂名称	规模/ ($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	排放标准	主体工艺	备注
天津市津沽污水厂 ^[7]	55 万	“准Ⅳ类” 津标 A	预处理+多级 AAO+高效沉淀+反硝化深床滤池+臭氧+紫外消毒	多点进水多点回流
合肥市清溪净水厂 ^[8]	20 万	“准Ⅳ类” TN = 5 mg/L	预处理+改良 AAO +反硝化深床滤池	生活污水为主;全地下
北京某污水厂 ^[9]	8 万	“准Ⅳ类” TN = 15 mg/L	预处理+SBR 池挖潜改造+两级生物滤池+滤布滤池+臭氧	—
上海某污水厂 ^[10]	18 万	“准Ⅳ类” TN = 10 mg/L	预处理+(氧化沟、Bardenpho)+混凝沉淀+反硝化深床滤池+氯消毒	分 4 期,生物处理工艺不同
三门峡市某县城污水厂 ^[11]	3 万	“准Ⅳ类” TN = 15 mg/L	预处理+Bardenpho +絮凝沉淀池+反硝化生物滤池+曝气生物滤池+纤维转盘滤池	原循环式活性污泥法(CAST)改造为 Bardenpho
西咸新区某污水厂 ^[12]	5 万	“准Ⅳ类” TN = 12 mg/L	预处理+AAO+高效沉淀池+臭氧+V 型滤池	AAO 新增一组,降低负荷
河北某全地下污水厂 ^[13]	10 万	“准Ⅳ类” TN = 15 mg/L	预处理+五段 Bardenpho+气浮+臭氧	2 万 t 回用水气浮后加超滤
天津滨海新区某污水厂 ^[14]	15 万	“准Ⅳ类” 津标 A	预处理+改良 Bardenpho+磁混凝澄清池+深床滤池+臭氧电磁催化高级氧化+紫外线消毒	—
天津津南双林污水厂 ^[15]	4 万	“准Ⅳ类” 津标 A	预处理+AAO-AO+混凝沉淀+超滤+接触消毒 (原 AAO 增加 AO 段,滤布滤池改为超滤)	改造项目
苏州娄江污水厂 ^[16]	14 万	“准Ⅳ类” 太湖表 1	预处理+[交替式生物处理池(Unitank)、改良 Bardenpho]+高效沉淀+V 型滤池+紫外及加氯消毒	新建 Bardenpho 并降低原负荷
三门县某污水厂 ^[17]	8 万	“准Ⅳ类” TN = 12 mg/L	预处理+MSBR-MBBR+反硝化滤池	—
天津空港经济区某污水厂 ^[18]	5 万	“准Ⅳ类” 津标 A	预处理+二级 AO+高效沉淀(活性炭)+转盘滤池+接触消毒	投加粉末活性炭
东营五六干合排污水厂 ^[19]	2.5 万	“准Ⅳ类” TN = 10 mg/L	预处理+改良 Bardenpho+混合沉淀池+反硝化滤池+浸没式超滤	—
温岭市北城污水厂 ^[20]	0.5 万	“准Ⅳ类” TN = 12 mg/L	预处理+AAO +二沉池+深床反硝化滤池+混凝反应池+终沉池+超滤	—
长沙经开区城南污水厂 ^[21]	14 万	“准Ⅳ类” TN = 10 mg/L	预处理+改良氧化沟+二沉池+反硝化滤池+浸没式超滤膜	—
深圳市坂雪岗水质净化厂 ^[22]	12 万	“准Ⅳ类” TN = 10 mg/L	预处理+AAO 生化池+MBR +紫外线消毒	—
北京市沙河再生水厂 ^[23]	9 万	“准Ⅳ类” 京标 B	预处理+AAO+MBR+臭氧	—
北京垡头污水厂 ^[24]	10 万	“准Ⅳ类” 京标 B	预处理+AAO-MBR+臭氧	—
延庆某污水处理厂 ^[25]	0.7 万	“准Ⅲ类” 京标 A	预处理+AAO-MBR+臭氧+活性炭吸附	臭氧活性炭为备用
北京市某污水厂 ^[26]	4 万	“准Ⅲ类” 京标 A	预处理+五段 Bardenpho+高密度沉淀+超滤+臭氧	—
巢湖流域某污水厂 ^[27]	0.1 万	“准Ⅲ类” COD _{Cr} = 20 mg/L	预处理+AAO+D 型滤池+生态组合工艺(砾间接触氧化+表面流湿地)	—

中,预处理一般采用格栅、沉砂池等;生物处理采用 AAO、氧化沟、MBR 等常见工艺或其组合、改良、强化工艺,包括 Bardenpho、多级 AO、改良式序列间歇反应器(MSBR)、MBBR 等;深度处理采用混凝沉淀过滤、膜分离等去除 TP、SS,采用生物滤池进一步去除 TN,采用臭氧氧化、芬顿氧化、活性炭吸附等去除难降解有机物,根据污水处理厂的水质情况,可以选择几种工艺进行组合。

3.2 典型案例分析

(1)天津市津沽污水处理厂^[7]

天津市津沽污水处理厂是我国第一座大型市政污水处理厂——纪庄子污水处理厂的迁建工程,工程规模为 55 万 m^3/d ,远期规划为 100 万 m^3/d 。工厂于 2014 年投产运行,出水原执行国标一级 A 标准,2017 年进行提标改造后,执行天津地标 A 标准。

提标改造时,难点主要为 TN 和 COD_{Cr} ,其他指标可以通过工艺优化达标,经方案论证确定提标改造工艺流程为“多级 AAO+高效沉淀+反硝化深床滤池+臭氧+紫外消毒”。提标改造后,各项指标均能达到天津地标 A 标准。在进水低 C/N(平均为 7.6)情况下,为保证出水 TN 质量浓度 $\leq 10 \text{ mg/L}$,需外加碳源。

(2)东营五六干合排污水处理厂^[19]

东营五六干合排污水处理厂总规模为 5 万 m^3/d ,一期工程规模为 2.5 万 m^3/d ,负责处理东营市西城区约 1/5 的生活污水。污水处理采用“改良 Bardenpho+混合沉淀池+反硝化滤池+浸没式超滤”工艺,设计出水水质执行地表水“准 IV 类”标准,其中 BOD_5 、 COD_{Cr} 、SS、氨氮、TN、TP 质量浓度分别为 6、30、5、1.5、10、0.3 mg/L 。实际运行出水各项指标均优于设计标准。工程总投资约为 1.2 亿元,其中工程费用为 8 880 万元,吨水电耗为 0.60 $\text{kW}\cdot\text{h}$,单位经营成本为 0.90 元/ m^3 ,单位总成本为 1.41 元/ m^3 。

(3)温岭市北城污水处理厂^[20]

温岭市北城污水处理厂一期工程设计规模为 0.5 万 m^3/d 。设计进水 80%为生活污水,20%为工业废水,出水执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级 B 标准。采用“AAO+二沉池+深床反硝化滤池+混合絮凝+沉淀+超滤”工艺进行提标扩容,出水水质达到“准 IV 类”标准,其中 COD_{Cr} 、TN、氨氮、TP 质量浓度分别为 30、12、1.5、0.3 mg/L 。该提标扩容工程总投资为 3 657.46

万元,其中建设投资为 3 362.89 万元。运行成本为 2.41 元/ m^3 ,其中电费为 0.35 元/ m^3 、人工费为 0.18 元/ m^3 、药剂费[包括醋酸钠、聚合氯化铝(PAC)、聚丙烯酰胺(PAM)、氯酸钠以及盐酸]为 1.5 元/ m^3 、污泥外运处置费为 0.38 元/ m^3 ,出水稳定达标。由于进水 C/N 偏低,生物脱氮需投加大量碳源,增加了运行成本。优化二级生化段、深床反硝化滤池分段定量投加方式,提高碳源利用率,可以有效降低运行成本。

(4)长沙经开区城南污水处理厂^[21]

长沙经开区城南污水处理厂设计总规模为 14 万 m^3/d ,其中一期工程为 7 万 m^3/d ,已于 2015 年建成投入运行,采用改良型(AAO)氧化沟工艺,出水执行国标一级 B 标准。2017 年启动二期提标扩建工程,出水执行“准 IV 类”标准,采用“预处理+改良氧化沟+二沉池+反硝化滤池+浸没式超滤膜”处理工艺。建成投产后,出水水质优于设计指标。通过智能控制实现了碳源、PAC 等药剂的精准投加。

(5)深圳市坂雪岗水质净化厂^[22]

深圳市坂雪岗水质净化厂二期工程规模为 12 万 m^3/d ,全厂污水处理构筑物区域采用组合式布置,顶部加盖覆土建设市政公园,设计出水 BOD_5 、 COD_{Cr} 、SS、氨氮、TN、TP 质量浓度分别为 6、30、5、1.5、10、0.3 mg/L 。污水处理工艺为“预沉砂池+粗格栅及提升泵房+细格栅及曝气沉砂池+速沉池+精细格栅+AAO 生化池+MBR 膜池+紫外线消毒池”。调试运行后出水水质稳定达标,出水氨氮质量浓度稳定在 0.025 mg/L 以下,TN 质量浓度约为 9 mg/L 并随进水水质变化波动,出水 TN 控制是该工艺的关键。工程费用为 3.81 亿元,吨水投资为 3 692 元,污水处理经营成本为 0.73 元/ m^3 ,其中电费为 0.27 元/ m^3 (电耗为 0.27 $\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^3$)、药剂费为 0.098 元/ m^3 。

(6)北京市沙河再生水厂^[23]

北京市沙河再生水厂一期工程规模为 3 万 m^3/d ,二期扩建提标工程规模为 6 万 m^3/d ,建成后总规模为 9 万 m^3/d 。采用“预处理+AAO+MBR+臭氧”工艺,出水达到北京地标 B 标准,臭氧投加量为 10 mg/L ,采用空气源臭氧设备,臭氧处理单元设置超越措施。

由上述典型案例可知,为达到更高排放标准,需从预处理、生物处理、深度处理阶段系统强化,并优

化运行控制。其中生物处理阶段可采用脱氮处理效果较好的强化工艺(如多级 AAO、Bardenpho、改良 AAO 等)或组合工艺(如 AAO+MBR 等);深度处理阶段针对 TN 去除要求可设置反硝化滤池;为确保 COD_{Cr} 达标,可增加臭氧氧化。

4 问题与思考

(1) 系统治理水环境

水环境治理是一个系统性问题,应从源头、污水收集管网、污水处理厂、排放水体等进行系统治理,重点关注“污水管网全覆盖、全收集、全处理”,系统关注面源、农业、大气等污染问题,不能仅依托污水处理厂提标,需合理确定污水排放标准。若过于追求高标准,污水处理厂建设成本高、运行难度大、能源消耗大,总体而言可能不利于节能减排。

(2) 污水处理厂进水

目前,较多污水处理厂存在进水水量不足、进水有机污染物浓度低、C/N 失调等问题,严重影响污水处理厂的运行效率。应从管网普及率、管径大小、源头雨污分流、混错接、管网破损、地下水渗漏等方面加强排查和整改,有效提高污水收集率和污水处理效率。

(3) 改造项目中现状设施的评估与优化

目前,污水处理厂大多已执行一级 A 排放标准,工艺多采用“预处理+生物处理+深度处理”。当生活污水比例大、运行管理较好时,通过现状设施及运维方案的改造、优化,一般都具备提标至“准Ⅳ类”的潜力。在提标改造时,应对现状设施进行系统评估,优先管理性提标,再工程性提标,“一厂一策”,提出合理的优化方案。新建项目中,应优先考虑污染物处理效率高的生物处理工艺及运行参数。

(4) 高排放标准处理系统的运行管理

运行过程中,“准Ⅳ类”“准Ⅲ类”高排放标准需要精细化管理,应根据水质、水量变化情况,适时调整运行工况,将重点放在预处理、生物处理及运行成本相对较低的“混凝、沉淀、过滤”深度处理工艺单元,确保既达标又节能。部分强化深度处理工艺单元可设置超越管,若采用了臭氧、粉末活性炭等药剂作为“兜底”措施,根据需要确定投加时间及投加量。冬季水温较低时,微生物活性、脱氮效果会下降,设计和运行中应考虑预留应对措施。

(5) 水质检测

污水处理厂排放标准中,对水污染物检测要求一般是取样频率为至少每 2 h 一次,取 24 h 混合样,以日均值计。但在实际考核时,往往是取瞬时样,这就要求出水每时都达标,运行管理要求高。另外,根据《水质 化学需氧量的测定 重铬酸盐法》(HJ 828—2017), COD_{Cr} 重铬酸钾法检出限为 4 mg/L、测定下限为 16 mg/L,当要求出水 COD_{Cr} 质量浓度低于 20 mg/L 时准确测定的难度较大。

5 结论

为了改善水环境质量、缓解水资源缺乏的压力,北京、天津、浙江等地陆续出台了高于国家标准的污水处理厂排放地方标准,这对削减氮、磷营养物和有机污染物排放量、提升水体水质起到了积极作用,但对污水处理工艺也提出了更高的要求。

在执行高排放标准时,“预处理+生物处理+深度处理”仍应是主要的技术路线。其中生物处理是最重要的环节,可根据需要采用优化、改良、组合的生物处理工艺,例如 Bardenpho 工艺等;深度处理阶段,可根据水质特征及排放标准要求,在混凝、沉淀、过滤的基础上,选用臭氧氧化、活性炭吸附、反硝化生物滤池、膜分离等有针对性的强化工艺单元。

水环境应从源头、管网、污水处理厂、排放水体等进行系统治理,重点关注污水管网“全覆盖、全收集、全处理”;加快推进污水收集处理的提质增效;系统关注面源、农业、大气等污染问题,不能仅将重点放在污水处理厂提标上。确定污水排放标准时,既要考虑受纳水体的环境容量,也要考虑建设及运行的难度和经济性。

参考文献

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 中国城乡建设统计年鉴(2020 年)[M]. 北京: 中国统计出版社, 2021.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. China urban-rural construction statistical yearbook 2020[M]. Beijing: China Statistics Press, 2021.
- [2] 李激, 王燕, 罗国兵, 等. 城镇污水处理厂一级 A 标准运行评估与再提标重难点分析[J]. 环境工程, 2020, 38(7): 1-12.
LI J, WANG Y, LUO G B, et al. Operation evaluation of urban sewage treatment plants implementing grade I-A standard and analysis on emphasis and difficulties in upgrading the standard

- [J]. Environmental Engineering, 2020, 38(7): 1-12.
- [3] 吕顺,戴栋超. 污水处理厂高标准提标改造设计思路——以苏州木渎新城污水厂为例[J]. 净水技术, 2021, 40(6): 107-114.
- LÜ S, DAI D C. High level upgrading and reconstruction of wastewater treatment plant——A case of Suzhou Mudu WWTP [J]. Water Purification Technology, 2021, 40(6): 107-114.
- [4] 张鹤清,朱帅,吴振军,等. 城镇污水处理厂“准IV类”标准提标改造技术简析[J]. 环境工程, 2019, 37(6): 26-30.
- ZHANG H Q, ZHU S, WU Z J, et al. Analysis of "quasi-category IV" standard upgrading and reconstruction technology for municipal wastewater treatment plants [J]. Environmental Engineering, 2019, 37(6): 26-30.
- [5] 叶心彤. 基于浙江省地标杭州某污水处理厂提标改造设计案例[J]. 净水技术, 2021, 40(s1): 155-159.
- YE X T. Design case of upgrading and reconstruction of a WWTP in Hangzhou based on Zhejiang Provincial local standard [J]. Water Purification Technology, 2021, 40(s1): 155-159.
- [6] 沙超. 污水处理厂优于一级 A 提标改造工程设计案例——以深圳某污水处理厂为例[J]. 净水技术, 2021, 40(4): 127-132.
- SHA C. Engineering design and discussion of a WWTP better than first grade A standard upgrading and reconstruction project in Shenzhen [J]. Water Purification Technology, 2021, 40(4): 127-132.
- [7] 张玲玲,尚巍,孙永利,等. 高标准下天津市津沽污水处理厂提标改造效果分析[J]. 给水排水, 2019, 45(10): 37-41.
- ZHANG L L, SHANG W, SUN Y L, et al. Analysis of the upgrading effect of Tianjin Jingu wastewater treatment plant under high discharge standard [J]. Water & Wastewater Engineering, 2019, 45(10): 37-41.
- [8] 马刚,张琦,张飞. 大型地埋式地表水类IV类出水标准污水厂工艺设计[J]. 中国给水排水, 2018, 34(8): 45-50.
- MA G, ZHANG Q, ZHANG F. Design of large-scale underground wastewater treatment plant with effluent standard as surface water class IV [J]. China Water & Wastewater, 2018, 34(8): 45-50.
- [9] 何翔. 深度处理技术用于北京某污水处理厂升级改造[J]. 中国给水排水, 2018, 34(8): 80-84.
- HE X. Application of advanced treatment technology in the upgrading project of an existing wastewater treatment plant in Beijing [J]. China Water & Wastewater, 2018, 34(8): 80-84.
- [10] 马小杰,段国华,王建军. 执行 GB 18978 准 IV 类地表水的污水处理工艺[J]. 水处理技术, 2017, 43(12): 131-134.
- MA X J, DUAN G H, WANG J J. Wastewater treatment processes carrying on the surface water quality standard of GB 18978 quasi IV [J]. Technology of Water Treatment, 2017, 43(12): 131-134.
- [11] 宋田翼. Bardenpho+生物滤池 (DN+CN) 用于污水厂“准IV类”出水提标[J]. 中国给水排水, 2020, 36(22): 106-109.
- SONG T Y. Bardenpho+biofiltration (DN+CN) process used in wastewater treatment plant with effluent of quasi-IV water standard [J]. China Water & Wastewater, 2020, 36(22): 106-109.
- [12] 付尧,张丽婷. 一体式组合池及臭氧氧化用于污水厂“准IV类”提标扩建[J]. 中国给水排水, 2020, 36(22): 141-144.
- FU Y, ZHANG L T. Application of integrated secondary treatment and ozonation in WWTP upgrading and expansion to meet quasi-IV standards [J]. China Water & Wastewater, 2020, 36(22): 141-144.
- [13] 李志超,马姗姗. 改良 Bardenpho+气浮+臭氧氧化工艺用于污水厂“准IV类”出水[J]. 节能与环保, 2021(4): 57-59.
- LI Z C, MA S S. Application of improved Bardenpho + air flotation + ozone oxidation process to quasi class IV effluent of sewage treatment plant [J]. Energy Conservation & Environmental Protection, 2021(4): 57-59.
- [14] 崔永利,刘永代. 某高排放标准污水处理厂提标改造工程设计及运行分析[J]. 节能与环保, 2020(3): 42-45.
- CUI Y L, LUI Y D. Design and operation analysis of upgrading project of a high discharge standard sewage treatment plant [J]. Energy Conservation & Environmental Protection, 2020(3): 42-45.
- [15] 李诚,顾悦,陈凡阵. 天津某污水厂 A²/O 工艺提标改造工程设计实践[J]. 供水技术, 2019, 13(1): 43-45.
- LI C, GU Y, CHEN F Z. Practice of A²/O process improvement project in a wastewater treatment plant in Tianjin [J]. Water Technology, 2019, 13(1): 43-45.
- [16] 叶心彤. 严格总氮出水标准下的污水厂提标改造——以娄江污水厂为例[J]. 净水技术, 2020, 39(11): 44-48.
- YE X T. Upgrading and reconstruction of WWTP under stricter TN standard of effluent——A case study of Loujiang WWTP [J]. Water Purification Technology, 2020, 39(11): 44-48.
- [17] 方土,周家中,吴迪,等. 长三角地区某污水处理厂“准IV类”水提标改造分析[J]. 中国给水排水, 2018, 34(17): 94-99.
- FANG T, ZHOU J Z, WU D, et al. Analysis on upgrading and reconstruction of class IV surface water in a wastewater treatment plant in Yangtze River delta region [J]. China Water & Wastewater, 2018, 34(17): 94-99.
- [18] 徐斌,吴子秋. 天津某污水厂地方标准 A 提标改造建设[J]. 供水技术, 2018, 12(4): 25-27.
- XU B, WU Z Q. Upgrading and reconstruction of a wastewater treatment plant in Tianjin up to level A of the local standard [J]. Water Technology, 2018, 12(4): 25-27.
- [19] 王松,王拓. “准IV类”水排放标准——东营五六干合排污水处理厂工程设计[J]. 天津建设科技, 2019, 29(7): 113-115.

(下转第 197 页)

- (6): 58-65.
- [21] LIU H, WHITEHOUSE C A, LI B. Presence and persistence of *Salmonella* in water: The impact on microbial quality of water and food safety[J]. *Frontiers in Public Health*, 2018, 6: 159-171. DOI:10.3389/fpubh.2018.00159.
- [22] GUT A M, VASILJEVIC T, YEAGER T, et al. *Salmonella* infection-prevention and treatment by antibiotics and probiotic yeasts: A review [J]. *Microbiology-SGM*, 2019, 164 (11): 1327-1344. DOI: 10.1099/mic.0.000709.
- [23] BULA-RUDAS F J, RATHORE M H, MARAQA N F. *Salmonella* infections in childhood [J]. *Advances in Pediatrics*, 2015, 62(1): 29-58. DOI: 10.1016/j.yapd.2015.04.005.
- [24] TOPALCENGİZ Z, MCEGAN R, DANYLUK M D. Fate of *Salmonella* in central florida surface waters and evaluation of EPA worst case water as a standard medium [J]. *Journal of Food Protection*, 2019, 82 (6): 916-925. DOI: 10.4315/0362-028X.JFP-18-331.
- [25] 李阳, 陈立功, 张虎, 等. 沙门菌 LAMP 检测方法的建立 [J]. *中国家禽*, 2019, 41(4): 17-21.
- LI Y, CHEN L G, ZHANG H, et al. Establishment of a loop-mediated isothermal amplification technique to detect *Salmonella* [J]. *China Poultry*, 2019, 41(4): 17-21.
- [26] SAH P P, BHATTACHARYA S, BANERJEE A, et al. Identification of novel therapeutic target and epitopes through proteome mining from essential hypothetical proteins in *Salmonella* strains: An in silico approach towards antivirulence therapy and vaccine development [J]. *Infection, Genetics and Evolution*, 2020, 83: 1-50. DOI: 10.1016/j.meegid.2020.104315.
-
- (上接第 180 页)
- WANG S, WANG T. "Quasi-category IV" water discharge standard—Engineering design of Dongying Wuliugan wastewater treatment plant [J]. *Tianjin Construction Science and Technology*, 2019, 29(7): 113-115.
- [20] 励梁栋, 朱强. 深床反硝化滤池+外压式超滤在城镇污水处理厂地表准 IV 类出水标准的应用实践研究 [J]. *环境科学与管理*, 2018, 43(10): 113-115.
- LI L D, ZHU Q. Application of deep-bed denitrification bio-filter and external pressure ultrafiltration in surface quasi IV effluent sewage treatment [J]. *Environmental Science and Management*, 2018, 43(10): 113-115.
- [21] 蒋晓松, 许灿. 反硝化滤池+浸没式超滤膜工艺在高标准污水处理厂提质改造中的设计应用 [J]. *低碳世界*, 2019, 9(9): 38-39.
- JIANG X S, XU C. Design and application of denitrifying filter+submerged ultrafiltration membrane process in upgrading of high standard sewage treatment plant [J]. *Low Carbon World*, 2019, 9(9): 38-39.
- [22] 王雪, 戴仲怡, 张晓临, 等. A²/O+MBR 工艺用于集约化高排放标准半地下式污水厂 [J]. *中国给水排水*, 2020, 36(4): 53-56.
- WANG X, DAI Z Y, ZHANG X L, et al. Application of A²/O+MBR process in intensive high discharge standard semi-underground wastewater treatment plant [J]. *China Water & Wastewater*, 2020, 36(4): 53-56.
- [23] 杜蓉, 李海龙, 刘壮, 等. A²/O-MBR-O₃ 工艺应用于城镇污水高标准处理工程 [J]. *工业用水与废水*, 2017, 48(4): 64-67.
- DU R, LI H L, LIU M, et al. Application of A²/O-MBR-O₃ process in high standard project of municipal sewage treatment [J]. *Industrial Water & Wastewater*, 2017, 48(4): 64-67.
- [24] 赵健. 北京垆头污水处理厂提标改造集约化设计方案 [J]. *净水技术*, 2019, 38(8): 32-46.
- ZHAO J. Proposal of integrated design for upgrading and reconstruction project of Beijing Fatou WWTP [J]. *Water Purification Technology*, 2019, 38(8): 32-46.
- [25] 何伟. 延庆某京标 A 出水标准污水处理厂工程案例 [J]. *江西化工*, 2020(2): 57-59.
- HE W. Project application of Beijing local standards A sewage treatment plant in Yanqing [J]. *Jiangxi Chemical Industry*, 2020(2): 57-59.
- [26] 李伟, 卢东昱, 陈永玲, 等. 北京市某污水厂基于准地表Ⅲ类水体出水标准的工程实践 [J]. *中国给水排水*, 2017, 33(2): 56-60.
- LI W, LU D Y, CHEN Y L. Engineering practice of a WWTP in Beijing City based on quasi-class Ⅲ criteria of surface water [J]. *China Water & Wastewater*, 2017, 33(2): 56-60.
- [27] 解东, 胡天媛, 段琦琦, 等. 某高标准出水乡镇污水处理厂工程设计与应用 [J]. *工业用水与废水*, 2019, 50(4): 77-80.
- XIE D, HU T Y, DUAN Q Q, et al. Project design and application of stringent specification town and village sewage treatment plant [J]. *Industrial Water & Wastewater*, 2019, 50(4): 77-80.