

高排放标准下城镇污水处理厂的提标改造探讨

刘向荣¹, 简德武¹, 简爽²

(1. 中国市政工程中南设计研究总院有限公司, 湖北 武汉 430010; 2. 武汉市政工程设计研究院有限责任公司, 湖北 武汉 430010)

摘要: 简述了城镇污水厂面临的高排放标准挑战, 分析了污水处理去除目标及重点难点, 根据不同工艺组合的预期效果, 提出高排放标准下城镇污水厂提标改造重点难点是提高生物处理率, 强化生物硝化、反硝化, 并以工程实例介绍了提标改造工艺, 强调以稳达标为核心, 因地制宜地进行城镇污水厂的提标改造, 实现低耗高效的运营管理。

关键词: 高排放标准; 城镇污水厂; 提标改造; 污水处理

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2019)20-0019-07

Discussion on the Upgrading of Municipal Wastewater Treatment Plant under High Emission Standard

LIU Xiang-rong¹, JIAN De-wu¹, JIAN Shuang²

(1. Central & Southern China Municipal Engineering Design & Research General Institute Co. Ltd., Wuhan 430010, China; 2. Wuhan Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Wuhan 430010, China)

Abstract: The high emission standard challenges faced by municipal wastewater plants were briefly described, and the targets and difficulties of wastewater treatment were discussed. According to the expected effects of different process combinations, it was proposed that the most important and difficult point of upgrading the municipal wastewater treatment plant under high emission standards was to increase the biological treatment rate and to strengthen biological nitrification and denitrification process. And furthermore, the introduction of the project case was used to describe the upgrading process. It was emphasized that the standard raising and transformation of municipal wastewater plants should be carried out according to local conditions, so as to realize low consumption and high efficiency operation and management.

Key words: high emission standards; municipal wastewater treatment plant; upgrading and construction; wastewater treatment

《水污染防治行动计划》加速了我国城镇污水厂建设,截至2018年6月底,全国建成城市污水处理厂5222座,处理能力达 $2.28 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{d}$,《关于全面加强生态环境保护 坚决打好污染防治攻坚战的意见》提出“实施城镇污水处理‘提质增效’三年行动”促使污水厂排放标准的提高,污水厂提标改造势在必行^[1-3],如何提标改造及安全高效的运营

管理是污水处理提质增效的关键。

1 污水厂面临的挑战

1.1 水质波动大

受污水收集系统质量及服务区功能调整的影响,污水厂进水水质波动大,生产普遍受水质冲击负荷影响,表1、表2为笔者所在设计院设计的国内不同地区城镇污水厂的水质统计数据。

表 1 污水厂进水水质

Tab. 1 Influent quality of sewage treatment plants

mg · L⁻¹

项 目	COD	BOD ₅	SS	NH ₃ - N	TN	TP
实测值	21.40 ~ 897	6.1 ~ 376	13.8 ~ 800	2.6 ~ 242	5.3 ~ 262	0.32 ~ 36.52
预测值	210 ~ 450	90 ~ 250	125 ~ 350	15 ~ 40	20 ~ 60	2 ~ 6

表 2 同一污水厂进水水质差异

Tab. 2 Concentration difference of influent pollutants in a sewage treatment plant

项 目	COD	BOD ₅	SS	NH ₃ - N	TN	TP
最高/最低比值	2.41 ~ 5.56	2.13 ~ 14.56	2.51 ~ 13.32	1.79 ~ 5.78	1.44 ~ 3.42	1.55 ~ 7.43
最高/平均比值	1.65 ~ 2.66	1.44 ~ 2.76	1.66 ~ 5.99	1.31 ~ 1.79	1.20 ~ 1.72	1.05 ~ 2.71

1.2 排放标准不断提高

过去大多数污水厂执行《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)一级标准或《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级 B 标准,近年来,标准提高至一级 A 甚至类似《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)Ⅲ类、Ⅳ类标准,如江苏省排放标准《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)、北京地方标准《水污染物综合排放标准》(DB 11/307—2013)。

1.3 管理难度加大

高排放标准使得污水处理流程加长、处理单元及管理环节增多。排放标准越高,污染物去除率要求越高,特别是氮、磷的去除,常规的二级生物处理已不能满足排放要求,必须通过强化生物处理、增加物化处理才能满足高排放标准。为确保出水水质、合理控制生产成本,需调整进水、进泥点、供氧量、回流量、碳源及药剂投加量、处理流程以应对水质水量变化,要求管理者具有较高的专业技术水平,而新工

艺新技术在使用过程中有待进一步总结完善,亦加大了管理难度。

1.4 运营成本增高

高排放标准增加了污水处理建设投资、电耗、药耗、运营成本。建设投资因采用工艺、设备不同差异较大。电耗的增加主要来自三方面:一是有机物氧化、生物硝化需要更高的供氧量;二是生物反硝化要求更大的回流量;三是处理流程的加长通常需要设置中间提升。药耗主要出自反硝化所需碳源和以去除 SS、TP 为主的混凝剂、助凝剂的投加。以一级 B 提至一级 A 标准为例,一级 B 标准单位污水处理成本约为 0.45 ~ 1.40 元/m³,一级 A 标准根据处理设施设备的不同其单位污水处理成本比一级 B 增加 50% 以上。

2 污水处理去除目标及重点难点分析

2.1 主要去除目标

城镇污水去除目标主要有 SS、BOD₅、COD、氨氮、总氮和总磷,不同标准对污染物的去除率要求如表 3 所示。

表 3 不同标准对各污染物的去除率要求

Tab. 3 Requirements of pollutant removal rate for different standards

%

项 目	SS 去除率	COD 去除率	BOD ₅ 去除率	NH ₃ - N 去除率	TN 去除率	TP 去除率
GB 18918—2002 一级 B 标准	84 ~ 94	60 ~ 87	71 ~ 92	20 ~ 80	≤67	33 ~ 83
GB 18918—2002 一级 A 标准	92 ~ 97	67 ~ 89	86 ~ 96	50 ~ 87	≤75	67 ~ 92
DB 32/1072—2018(除一、二级保护区外)	92 ~ 97	67 ~ 89	86 ~ 96	60 ~ 90	20 ~ 80	67 ~ 92
DB 32/1072—2018(一、二级保护区)	92 ~ 97	73 ~ 91	86 ~ 96	70 ~ 92	33 ~ 83	80 ~ 95
DB 11/307—2013 B 标准	92 ~ 97	80 ~ 93	91 ~ 98	85 ~ 96	≤75	80 ~ 95
DB 11/307—2013 A 标准	96 ~ 99	87 ~ 96	94 ~ 98	90 ~ 97	33 ~ 83	87 ~ 97

2.2 重点难点分析

① SS

无机颗粒和大直径有机颗粒经自然沉淀去除,小直径有机颗粒经微生物降解去除,小直径无机颗粒经活性污泥絮体吸附、网捕作用与污泥同时沉淀

去除,二级处理对 SS 的去除率可达 90%,经投加药剂的物化深度处理,SS 及所含 BOD₅、COD、氮、磷可同步去除,SS 去除率可达 95% 以上,出水可达 5 mg/L 以下,重点难点是药剂成本的控制。

② BOD₅

污染物经微生物吸附、代谢为 CO₂ 和 H₂O 等,生物处理后残余浓度很低。生物量适宜、供氧足够,结合物化处理,去除率可达 95% 以上,出水 BOD₅ 可达 4 mg/L 以下,重点难点是控制污泥浓度、供氧量,提高充氧效率。

③ COD

COD 去除原理、重点难点与 BOD₅ 基本相同,残余 COD 主要为微生物代谢产物和难降解 COD,良好的生物处理代谢产生的 COD < 10 mg/L,无大量难降解污染物时,经强化处理后废水 COD 可达 20 mg/L 以下。

④ 氨氮

良好的生物硝化可使氨氮去除率达 85% 以上,供氧充足时出水氨氮可降至 2 mg/L 以下,重点难点是保障硝化菌活性及供氧量。

⑤ 总氮

生物脱氮经济适用,良好的生物反硝化可获得 80% 以上的脱氮率,总氮可小于 10 mg/L,重点难点是确保生物硝化充分、碳源充足。

⑥ 总磷

生物除磷为主,化学除磷为辅。化学除磷能够有效去除生物处理残留的磷,出水总磷可达 0.3 mg/L 以下,重点难点是提高生物除磷效率,控制药剂的用量。

3 污水处理工艺

3.1 二级处理

二级处理基本采用生物法,以同步脱氮除磷 A²O(各种改良)工艺为主,其他有氧化沟、SBR、曝气(硝化、反硝化)生物滤池等工艺,出水除受进水超标水质影响外均可满足 GB 18918—2002 一级 B 标准。

3.2 深度处理

深度处理基本组合有:微絮凝过滤(或混凝沉淀)+消毒,混凝沉淀+过滤+消毒,混凝沉淀+过滤+活性炭吸附(或其他)+消毒。混凝沉淀+过滤+活性炭吸附(或其他)+消毒工艺中,其他主要有曝气生物滤池、膜生物反应器、离子交换、臭氧氧化、自然净化等处理单元。

相对于微絮凝过滤(或混凝沉淀)+消毒、混凝沉淀+过滤+消毒,其他处理单元的流程更长、配套的设施设备更多、运行管理更加复杂、投资及运营成本更高。

3.3 适于不同标准的处理工艺

表 4 为不同处理工艺下可取得的污染物去除率(括号内数值为上述其他处理单元的去除率)。表 5 为适于不同排放标准的处理工艺。不同的工艺组合可以取得不同的去除效果,污水处理厂可根据进厂水质采用不同的工艺组合以满足不同的排放标准。

表 4 不同工艺组合下污染物去除率

Tab.4 Removal rate of pollutants from different process combinations %

项 目	去除率					
	SS	COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TN	TP
强化生物处理	90	90	95	85~95	75~85	40~50
混凝沉淀(或微絮凝过滤)	75	35	50	15	15	75
混凝沉淀+过滤	90	45	70	20	20	90
活性炭吸附(或其他)	60	60	60	30(90)	30(90)	—
强化生物处理+混凝沉淀(或微絮凝过滤)	97.5	93.5	97.5	87~96	79~87	87~85
强化生物处理+混凝沉淀+过滤	99.0	94.5	98.5	88~96	80~88	95~94
强化生物处理+混凝沉淀+过滤+活性炭吸附(或其他)	99.6	97.8	99.4	91.6~97.2	86~91.6	99.5

表 5 不同出水标准可用工艺

Tab.5 Available process for different effluent standards

项 目	适用工艺
GB 18918—2002 一级 A 标准	强化生物处理+混凝沉淀(或微絮凝过滤);强化生物处理+混凝沉淀+过滤
DB 32/1072—2018(除一、二级保护区外)	强化生物处理+混凝沉淀(或微絮凝过滤);强化生物处理+混凝沉淀+过滤
DB 32/1072—2018(一、二级保护区)	强化生物处理+混凝沉淀(或微絮凝过滤);强化生物处理+混凝沉淀+过滤
DB 11/307—2013 B 标准	强化生物处理+混凝沉淀(或微絮凝过滤);强化生物处理+混凝沉淀+过滤
DB 11/307—2013 A 标准	强化生物处理+混凝沉淀(或微絮凝过滤);强化生物处理+混凝沉淀+过滤; 强化生物处理+混凝沉淀+过滤+活性炭吸附(或其他)

4 污水厂提标改造工艺

4.1 一级 B 标准提标要求

将《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级 B 标准出水提标至不同标准时,对 COD、BOD₅、SS、NH₃-N、TN、TP 等污染物的去除率要求如表 6 所示。

表 6 一级 B 标准出水提标对各污染物去除率的要求

Tab. 6 Requirements of pollutant removal rate for the effluent of the first level B standard

项 目	去除率					
	SS	COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TN	TP
GB 18918—2002 一级 A 标准	≥50	≥16.7	≥50	≥37.5	≥25	≥50
DB 32/1072—2018(除一、二级保护区外)	≥50	≥16.7	≥50	≥50	≥40	≥50
DB 32/1072—2018(一、二级保护区)	≥50	≥33.3	≥50	≥62.5	≥50	≥70
DB 11/307—2013 B 标准	≥50	≥50	≥70	≥81.25	≥25	≥70
DB 11/307—2013 A 标准	≥75	≥66.7	≥80	≥87.5	≥50	≥80

4.2 深度处理效果

GB 18918—2002 一级 B 标准出水通过不同深度处理工艺处理后出水预期效果及其达标情况分别如表 7、8 所示。

表 7 深度处理出水预期效果

Tab. 7 Expected effect of advanced treatment

项 目	SS	COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TN	TP
微絮凝过滤(或混凝沉淀) + 消毒工艺	去除率/%	75	35	50	15	75
	出水/(mg·L ⁻¹)	5	39	10	6.8	0.25
混凝沉淀 + 过滤 + 消毒工艺	去除率/%	90	45	70	20	90
	出水/(mg·L ⁻¹)	2	33	5	6.4	0.1
混凝沉淀 + 过滤 + 活性炭吸附(或其他) + 消毒工艺	去除率/%	96	78	88	44(92)	90
	出水/(mg·L ⁻¹)	0.8	13.2	2.4	4.5(0.64)	0.1

表 8 深度处理出水达标情况

Tab. 8 Situation of effluent reaching the different standards by advanced treatment

项 目	微絮凝过滤 (或混凝沉淀) + 消毒	混凝沉淀 + 过滤 + 消毒	混凝沉淀 + 过滤 + 活性炭吸附(或其他) + 消毒
GB 18918—2002 一级 A 标准	是否达标	否	是
	不达标项	NH ₃ -N、TN	无
DB 32/1072—2018 (除一、二级保护区外)	是否达标	否	否(其他:是)
	不达标项	NH ₃ -N、TN	NH ₃ -N(其他:无)
DB 32/1072—2018(一、二级保护区)	是否达标	否	否(其他:是)
	不达标项	NH ₃ -N、TN	NH ₃ -N、TN(其他:无)
DB 11/307—2013 B 级标准	是否达标	否	否(其他:是)
	不达标项	COD、BOD ₅ 、NH ₃ -N、TN	NH ₃ -N(其他:无)
DB 11/307—2013 A 级标准	是否达标	否	否(其他:是)
	不达标项	COD、BOD ₅ 、NH ₃ -N、TN	NH ₃ -N、TN(其他:无)
备 注	NH ₃ -N、TN 不满足 GB 18918—2002 一级 A 以上标准		

4.3 提标改造重点难点

一级 B 标准出水仅经物化深度处理后, NH₃-N 和 TN 亦难达标, 两者经济适用的处理是生物法, 因此, 提标改造的难点是 NH₃-N 和 TN, 重点是提高

18918—2002) 一级 B 标准出水提标至不同标准时, 对 COD、BOD₅、SS、NH₃-N、TN、TP 等污染物的去除率要求如表 6 所示。

度处理工艺处理后出水预期效果及其达标情况分别如表 7、8 所示。

两者的生物处理率, 同时, 加强 SS、TP 的物化去除率, 出水 COD、BOD₅ 浓度亦随之降低。

4.4 改造工艺的选取

基于水质、排放标准、现状条件、区域经济各异,

提标改造工艺不同。首先应明确目标,全面分析水质、去除率;其次,复核并挖掘现有生物处理能力,强化生物处理、加强物化处理,以求简短高效的工艺流程、简约处理单元,减少管理及维护环节,降低运营

成本;最终,单元组成、设施型式根据工艺现状、用地情况统筹确定。

4.4.1 强化生物处理

强化生物处理主要有三种途径,详见表 9。

表 9 强化生物处理途径分析

Tab.9 Analysis of enhanced biological treatment pathways

项目	途径一	途径二	途径三
方法	降低已有生物处理负荷,扩容新建生物池	对现有生物系统实施原地、原池改造	增加生物处理单元,延长处理流程
特点	并联生物处理单元	提高生物池污泥浓度	串联生物处理单元
优点	对生产影响小,基本可不停产建设	对现有流程影响小	对生产基本没影响,基本可不停产建设
缺点	生物池(除 SBR 系列)后续水力负荷构筑物不便利用或衔接复杂	对生产影响较大,须减产、分池进行	流程长、处理单元及管理环节多
共同点	调整优化生物处理工艺,增加供氧量,设置外加碳源(必要时投加)		
适用情况	扩容与提标同时实施	提标且无建设用地	提标且有建设用地
实际案例	案例 1	案例 2、案例 3	案例 4

① 案例 1:武汉经济技术开发区污水处理厂
一期规模为 $6 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,出水标准为 GB 18918—2002 一级 B,工艺为预处理 + UNITANK。改造建设要求:a. 增加 $6 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 处理规模;b. 出水标准由 GB 18918—2002 一级 B 提升至一级 A;c. 不停产建设。

改造措施:一期 UNITANK 池负荷降至 $5.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$;二期新建 $6.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的 UNITANK 池。特点是扩容提标同时实施,且不停产建设。改扩建后污水厂总规模为 $12 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,出水各项指标达到 GB 18918—2002 一级 A 标准,采用预处理 + UNITANK + 高效沉淀 + 过滤工艺。

② 案例 2:十堰市神定河污水处理厂
改造前,总规模(分两期建设)为 $16.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,厂区占地 6 hm^2 ,出水水质达到 GB 18918—2002 一级 B 标准,一期($5.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)工艺为预处理 + AO,二期($11 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)工艺为预处理 + A^2O 。改造要求:a. 出水标准由 GB 18918—2002 一级 B 提升至一级 A;b. 不增加厂区用地;c. 增加 $1.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的处理规模。

改造中,将一期生物池负荷降至 $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$;将二期 A^2O 池和矩形二沉池改造为改良 A^2O + MBR 池,规模增至 $14 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。其特点:一是原地提标改造;二是建设期实时调整运行负荷;三是分组建设。

改造后污水厂总处理规模为 $18 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,工

艺为预处理 + 改良 A^2O + MBR,出水 SS 为 $3 \sim 10 \text{ mg/L}$ 、COD 为 $4 \sim 50 \text{ mg/L}$ 、 BOD_5 为 $2 \sim 10 \text{ mg/L}$ 、 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 为 $0.1 \sim 7.2 \text{ mg/L}$ 、TN 为 $0.62 \sim 14.7 \text{ mg/L}$ 、TP 为 $0.1 \sim 0.5 \text{ mg/L}$,各项指标达到 GB 18918—2002 一级 A 标准。

③ 案例 3:洛阳市涧西污水处理厂
改造前,污水厂规模为 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,采用预处理 + A^2O 工艺,出水标准为 GB 18918—2002 一级 B。改造后,出水标准为 GB 18918—2002 一级 A,采用预处理 + 改良 A^2O (MBBR 工艺) + 高效沉淀 + 过滤工艺。

该污水厂改造要求出水标准由 GB 18918—2002 的一级 B 提升至一级 A,且不增加生物处理用地。改造特点:a. 对生物池原池改造,将 A^2O 原池改造为改良 A^2O (MBBR)池;b. 建设期实时调整运行负荷;c. 分池改造。改造后,污水厂出水 SS 为 $1.0 \sim 9.9 \text{ mg/L}$ 、COD 为 $21.3 \sim 49.6 \text{ mg/L}$ 、 BOD_5 为 $3 \sim 9 \text{ mg/L}$ 、 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 为 $0.3 \sim 7.7 \text{ mg/L}$ 、TN 为 $10.8 \sim 14.9 \text{ mg/L}$ 、TP 为 $0.05 \sim 0.47 \text{ mg/L}$ 。

④ 案例 4:武汉市黄浦路污水处理厂
改造前,该污水厂规模为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,出水标准为 GB 18918—2002 一级 B,工艺流程一($5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)采用预处理 + 高效沉淀 + 硝化滤池 + 反硝化滤池 + 消毒池,工艺流程二($5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)采用预处理 + 高效沉淀 + 硝化滤池 + 消毒池,流程一与流程二出水混合消毒后外排。

提标改造要求是出水标准由 GB 18918—2002 一级 B 提升至一级 A 标准,且不停产建设。工艺流程二新建规模为 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的反硝化滤池,最终的处理工艺为预处理+高效沉淀+硝化滤池+反硝化滤池+过滤+消毒,出水 SS 为 $1 \sim 10 \text{ mg/L}$ 、COD 为 $5 \sim 48 \text{ mg/L}$ 、 BOD_5 为 $2 \sim 10 \text{ mg/L}$ 、 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 为 $0.1 \sim 4.9 \text{ mg/L}$ 、TN 为 $2 \sim 15 \text{ mg/L}$ 、TP 为 $0.1 \sim 0.5 \text{ mg/L}$ 。

从上述改造案例可以看出,通过不同的强化生物处理措施及后续物化处理可取得良好的处理效果,关键是因地制宜。

4.4.2 强化生物硝化、反硝化,优化处理工艺

高标准的污水处理重点难点是脱氮除磷,近年来以厌氧—缺氧—好氧为主体的生物处理得到了有效改良,以 A^2O 、倒置 A^2O 及 UCT 工艺为例,脱氮除磷效果如下:在氨氮去除率方面,UCT > 倒置 A^2O > A^2O ;在脱氮效率方面,倒置 A^2O > UCT > A^2O ;在除磷效率方面,UCT > A^2O > 倒置 A^2O 。

其中,UCT 工艺对氨氮和总磷的去除率最高,硝化效果最好;倒置 A^2O 脱氮效果最好,除磷效果最差。分析认为 UCT 工艺污泥回流至缺氧段,缺氧段混合液回流至厌氧段,有助于磷的去除,同时厌氧段消耗了原水中部分有机物,减少了有机物降解需氧量,有利于生物硝化、提高了氨氮去除率。倒置 A^2O 工艺由于缺氧段前置,反硝化碳源充足,脱氮效率高,厌氧段后置,有机物减少,影响聚磷菌对有机物的需求,降低了生物除磷效率。

基于上述各处理工艺的特点,提标改造可通过多点进水、多点回流、分级氧化、反硝化、提高供氧量、有效利用原水碳源、以简约的处理单元强化生物硝化和反硝化,优化处理工艺,获取良好的脱氮除磷效果。

4.4.3 简化优化配置、降低运营成本

污水处理控制管理设施多,维护工作量大,应以数量少、性能好、易操作维护的处理单元、设备配置获取高去除率。

提标成本的增加一方面来自建设投资,另一方面来自电耗和药耗(包括易损材料),简约的处理流程既可减少建设投资,又可降低非处理电耗,高效的生物处理、有效的碳源利用可降低药耗,设计上可设置集约化的长流程,辅以超越措施,运营可根据水质情况超越部分单元,缩短运营流程。

5 运营管理关注点

5.1 生物处理

污水处理主体之一是生物处理,运营应关注以下几个方面:

① 曝气系统。高效生物脱氮的前提是充分硝化,考虑到硝化菌摄氧速率较分解有机物细菌摄氧速率低,需保持好氧区有足够的供氧,维持有机物碳化、生物硝化,设备配置上需有足够的在线备用率,同时为降低成本及避免溶解氧进入缺氧段而影响脱氮效果,可采用智能调节控制系统。

② 污泥回流及剩余污泥排放。为确保生物处理微生物量及活性,应根据进水水质及生物池污泥浓度调整污泥回流量及剩余污泥排放量。

③ 混合液回流。经好氧硝化的污水回流至缺氧区才能进行反硝化脱氮,混合液回流量影响脱氮率,高脱氮率需高回流比。

④ 碳源。反硝化菌分解有机物进行反硝化脱氮,但并非所有有机物都能被反硝化菌利用,有机物总量影响反硝化效果,通常 $\text{BOD}_5/\text{TKN} > 4$ 时,反硝化完成较好,因此,生物池可采用多点进水、多段反硝化,充分利用原水碳源,适时增减外碳源,合理控制成本。

⑤ pH 值与碱度。生物硝化要求 pH 值 > 7.0,如 pH 值过低,可投加石灰补充碱度,提高氨氮去除率。

⑥ ORP。ORP 值能较好地反映生物池厌氧、缺氧及好氧生化环境,为确保各区的生物处理率,应关注 ORP 值,通常要求厌氧区 ORP < -250 mV,缺氧区 ORP 为 -100 mV 左右,好氧区 ORP > 40 mV。

5.2 流程控制及物化处理

为有效降低成本,后续深度处理应关注以下两方面:

① 流程控制。通常生物处理出水需提升进入后续深度处理单元,运营中可根据生物处理出水情况,采用全流程深度处理或部分超越处理单元,以减少能耗。

② 药耗。充分发挥处理单元物理效应,减少药剂用量。

6 结语

① 提标改造的核心是稳定达标,设计和运营应以此为目标。

② 工艺选取的原则是因地制宜,设计应充分

挖掘现有设施的潜力,统筹已有工艺及建设条件。

③ 实现目标的要义是精心设计,设计应充分考虑水质的变化,对症下药;流程设置应长短适宜、操作灵活,防止过度处理;设施选配应充分考虑维护管理的难易、成本的高低。

④ 达标排放的关键是科学管理,管理上合理把控流程长短、电耗、药耗,有效利用原水碳源,降低处理成本。

参考文献:

- [1] 郝晓地,李天宇,吴远远,等. A^2/O 工艺用于污水处理厂升级改造的适宜性探讨[J]. 中国给水排水,2017,33(21):18-24.

Hao Xiaodi, Li Tianyu, Wu Yuanyuan, *et al.* Discussion on suitability of A^2/O process for upgrading of wastewater treatment plant[J]. China Water & Wastewater, 2017, 33(21):18-24 (in Chinese).

- [2] 王舜和,李朦,郭淑琴. 多级 AO 与多模式 AAO 工艺在污水厂的应用对比[J]. 中国给水排水,2018,34(10):48-51,57.

Wang Shunhe, Li Meng, Guo Shuqin. Application and comparison between multi-stage AO and multi-mode AAO in wastewater treatment plant [J]. China Water & Wastewater, 2018, 34(10):48-51, 57 (in Chinese).

- [3] 张小玲,李斌,杨永哲,等. 低 DO 下的短程硝化及同步硝化反硝化[J]. 中国给水排水,2004,20(5):13-16.

Zhang Xiaoling, Li Bin, Yang Yongzhe, *et al.* Short-cut nitrification and simultaneous nitrification and denitrification in SBR at low DO [J]. China Water & Wastewater, 2004, 20(5):13-16 (in Chinese).



作者简介:刘向荣(1965-),女,广西柳州人,硕士,教授级高级工程师,副总工程师,主要从事给水排水工程、环境工程设计与研究工作。

E-mail: liuxr211@sina.com

收稿日期:2019-01-12

节约每一滴水,
回收每一滴水,
让每一滴水多循环一次