

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2021.08.013

组合生物滤池用于污水处理厂提标类Ⅳ类标准工程

何 伟, 贺 超

(南京市市政设计研究院有限责任公司, 江苏 南京 210008)

摘 要: 台州某污水处理厂为达到对出水达标率的高考核标准(TN 不达标次数不超过 3 次/a),在原改良 A/A/O—高效混凝沉淀池—盘式滤池工艺基础上,增设组合生物滤池(DN + C/N 型)—V 型滤池(前置微絮凝)的深度处理提标工艺,将污水处理厂出水标准由一级 A 提高至《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)中的Ⅳ类标准(氨氮、总氮除外)。工程运行结果表明,在进水 COD、BOD₅、SS、NH₃-N、TN、TP 平均值分别为 133.5、47.2、75.3、21.4、30.9、2.59 mg/L 时,出水平均值分别为 11.6、1.3、2.0、0.21、9.2、0.12 mg/L。工程运行中需注意控制进水跌水曝气对碳源的消耗及缺氧环境的破坏,保证适量碳源(50 mg/L)的供给和对反硝化池溶解氧的控制(小于 1 mg/L)。

关键词: 市政污水处理厂; 类Ⅳ类地表水标准; 提标改造; 曝气生物滤池

中图分类号: TU992.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2021)08-0074-04

Application of Combined Biofilter in Sewage Treatment Plant Upgraded to Quasi-Ⅳ Class Surface Water Standards

HE Wei, HE Chao

(Nanjing Municipal Design and Research Institute Co. Ltd., Nanjing 210008, China)

Abstract: In order to meet the high assessment standard of effluent (TN fails to reach the standard no more than 3 times per year), a combined biological filter (DN + C/N) and V-type filter (pre micro flocculation) advanced process was added on the basis of original improved A/A/O + high-efficiency coagulation sedimentation tank + disc filter process in the upgrading project of a sewage treatment plant in Taizhou. The technology is expected to improve the effluent quality from first grade A standard to the Ⅳ class standard of *Environmental Quality Standards for Surface Water* (GB 3838 - 2002) (except for ammonia nitrogen, total nitrogen). The project operation results showed that when the average values of COD, BOD₅, SS, NH₃-N, TN and TP of raw water were 133.5, 47.2, 75.3, 21.4, 30.9 and 2.59 mg/L, the average values of effluent were 11.6, 1.3, 2.0, 0.21, 9.2 and 0.12 mg/L, respectively. During the operation, attention should be paid to carbon source consumption and anoxic environment damage caused by water falling aeration, and ensure the supply of appropriate carbon source (50 mg/L) and the control of dissolved oxygen in denitrification tank (less than 1 mg/L).

Key words: municipal sewage treatment plant; quasi-Ⅳ class surface water standard; upgrading and reconstruction; biological aerated filter (BAF)

2015 年 8 月,台州市发布《台州市城镇污水处理厂出水指标及标准限值表(试行)》(后称类Ⅳ类标准)。在发布的标准限值中,除总氮和氨氮放宽

外,COD、BOD₅、SS 和 TP 等污染物控制项目需严格执行《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)中的Ⅳ类标准。

台州某污水处理厂提标改造工程即将出水标准由一级A提标至类Ⅳ类标准。

1 工程概况

工程所在地为台州市某城镇,污水来源90%为生活污水,水温12℃,管网为雨污分流制。污水厂规划总规模为 $6.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,一期工程于2013年3月建成,规模为 $2.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。一期主体工艺为改良A/A/O—高效混凝沉淀池—盘式滤池,出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级A标准。现状原水及出水水质见表1。

表1 现状原水及出水水质

Tab.1 Current raw water and effluent quality

$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

项目	进水		出水	
	范围	平均值	范围	平均值
COD	31.0~293.0	102.0	1.4~41.4	19.7
BOD ₅	16~122	44.1	0.1~3.6	0.85
SS	30~106	69.0	2.0~6.0	2.7
NH ₃ -N	3~23	12.7	0.1~4.8	0.75
TN	6.0~37.0	21.7	2.9~16.9	14.8
TP	0.9~3.5	1.8	0.12~0.48	0.35

提标改造工程出水执行《台州市城镇污水处理厂出水指标及标准限值表(试行)》。工程建设采用EPCO模式,对出水达标率考核严格,要求出水TN不达标次数不超过3次/a。

2 工艺设计

2.1 设计水质及工艺流程

提标改造工程设计进、出水水质如表2所示。

表2 提标改造工程设计进、出水水质

Tab.2 Design influent and effluent quality of upgrading project

$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

项 目	进水	出水
COD	50	30
BOD ₅	10	6
SS	10	5
NH ₃ -N	8	1.5(2.5)
TN	20	12(15)
TP	0.5	0.3

注: 每年12月1日一次年3月31日执行括号内的排放限值。

对比分析水质可知,达标难点在TN和TP。对TP的去除,可在生化段和深度处理段适量投加药剂解决,故真正难点在于TN的去除。常规做法有:①

在生物池投加填料,强化现有生化段脱氮能力;②新增反硝化处理构筑物,常用的有反硝化深床滤池、曝气生物滤池等。本工程现有生化池处理余量有限,采用强化生化段做法可能造成出水达标不稳定,考虑反硝化深床滤池工程投资较高,现有运维人员熟悉程度不高,故选择增设组合曝气生物滤池深度处理工艺作为提标主体工艺^[1]。对TN的去除,在末端设置脱氮功能的DN型生物滤池,辅以外加碳源,作为脱氮的保障,为杜绝反硝化段外加碳源对出水COD的影响,同时保障氨氮达标,在DN池下游设置C/N池。

新建深度处理工程规模为 $4.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

现有盘式滤池规模为 $2.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,且年久失修,已经停运,提标工程中新建规模 $4.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的带微絮凝功能的V型滤池,具体工艺流程如图1所示。

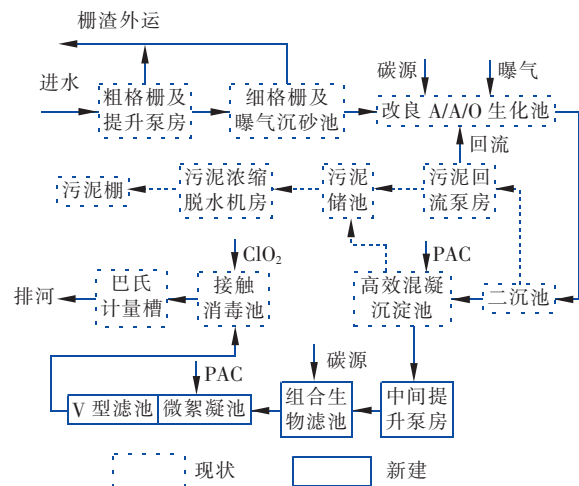


图1 提标改造工艺流程

Fig.1 Process flow chart of upgrading project

在高效沉淀池出水后设置中间提升泵房,充分利用了原有一次提升的扬程,减少了二次提升时水泵扬程,同时减少了下游组合生物滤池的土方开挖量,达到节省运行能耗和工程投资的目的。

2.2 构筑物设计参数

2.2.1 中间提升泵房

中间提升泵房为半地下式钢筋混凝土结构,总体尺寸为 $12.70 \text{ m} \times 7.9 \text{ m} \times 4.4 \text{ m}$,设计流量 $2333.3 \text{ m}^3/\text{h}$ 。泵房设2大1小潜污泵,大泵流量 $1166.6 \text{ m}^3/\text{h}$,扬程100 kPa,1台变频,小泵流量 $580 \text{ m}^3/\text{h}$,扬程100 kPa,水泵根据集水池水位由PLC自动控制启停,同时设手动控制。

2.2.2 组合生物滤池

组合生物滤池1座,为半地下式钢筋混凝土结构,总体尺寸为58 m×25 m×6.4 m,设计流量1 666.7 m³/h。组合生物滤池由DN型生物滤池、C/N型生物滤池、反冲洗清水池、反冲洗废水池和管廊组成。

① DN型生物滤池

DN滤池反硝化负荷0.48 kgNO₃⁻-N/(m³·d),滤池空床停留时间30 min^[2],分为6格,单格尺寸为8 m×7 m×6.4 m,过滤滤速5.0 m/h,强制滤速6.0 m/h。采用陶粒滤料,滤料厚度2.5 m,承托层采用级配卵石,粒径8~32 mm,厚度300 mm。

② C/N型生物滤池

C/N型滤池共6格,单格尺寸为8 m×7 m×7.1 m,过滤滤速5.0 m/h,强制滤速6.0 m/h。采用陶粒滤料,滤料厚度3.2 m,承托层采用级配卵石,粒径8~32 mm,厚度300 mm。池面走道板上设置曝气风机,与滤格一一对应,共8台(6用2备),风机风量6.90 m³/min,风压60 kPa,功率8.8 kW。

③ 反冲洗清水池

反冲洗清水池尺寸为10 m×8 m×8.1 m,有效容积560 m³,主要储存曝气生物滤池和V型滤池反冲洗清水。清水池内设硝化液回流泵5台(4用1备),流量416.7 m³/h,扬程90 kPa,功率18.5 kW;反冲洗潜水泵3台(2用1备),全部变频,流量604.8 m³/h,扬程85 kPa,功率22 kW。

④ 反冲洗废水池

反冲洗废水池尺寸为10 m×8 m×7.1 m,有效容积450 m³,主要收集曝气生物滤池反冲洗废水。池内设搅拌器1台,直径400 mm,功率2.5 kW。

⑤ 进出水管廊

管廊间内主要布置曝气生物滤池进、出水管,反冲洗进、出水管,反冲洗供气管道和全部控制阀门,尺寸为57.93 m×8.0 m×6.25 m。管廊入口处设反冲风机2台(1用1备),全部变频,风量46.02 m³/min,风压65 kPa,功率59 kW。

滤池采用气、水联合反冲方式,先气冲,冲洗强度50.4 m³/(m²·h),时间3 min;再气、水同时反冲,气冲强度不变,水冲强度21.6 m³/(m²·h)^[3],冲洗时间4 min;最后采用单水反冲,反冲强度21.6 m³/(m²·h),冲洗时间5 min。

组合滤池反冲洗系统与V型滤池共用。

2.2.3 V型滤池

V型滤池为半地下式钢筋混凝土结构,总体尺寸为23.8 m×35.9 m×4.4 m,设计流量1 666.7 m³/h。1座,分6格,单格面积48 m²,过滤滤速5.8 m/h^[4],强制滤速6.9 m/h。V型滤池前端进水口处设置微絮凝池,总体尺寸为3.5 m×3.5 m×4.4 m,停留时间200 s。

采用石英砂填料,有效粒径 $D_{10}=0.95$ mm,不均匀系数 $1.40(D_{10}/D_{80})$,滤料厚度1.20 m,承托层采用粗砂,有效粒径为2~4 mm,厚度50 mm。

滤池采用气、水联合反冲方式,先气冲,冲洗强度57.6 m³/(m²·h),时间2 min;再气、水同时反冲,气冲强度不变,水冲强度24.8 m³/(m²·h),冲洗时间5 min;最后采用单水反冲,反冲强度24.8 m³/(m²·h),冲洗时间6 min,滤池反冲洗期间,表面扫洗持续进行,扫洗水强度6.5 m³/(m²·h)。

2.2.4 碳源投加间

碳源投加间为框架结构,总体尺寸为15.8 m×6.5 m×5 m,设计规模 4.0×10^4 m³/d。采用质量浓度为20%的乙酸钠原液作为碳源,按储存7 d投加量设计。设玻璃钢储罐2座(1用1备),单罐容积20 m³,外设围堰,高70 cm,围堰内设600 mm×600 mm×800 mm集液坑^[5]。

碳源投加点分别位于生化池缺氧区进水端、DN型生物滤池进水端,乙酸钠投加量分别为100和50 mg/L。

碳源投加间内配套磁力卸料泵1台,流量15 m³/h,扬程200 kPa;隔膜式计量泵4台(3用1备,变频),流量200~1 000 L/h,扬程300 kPa,出口设在线稀释装置。

3 运行状况与技术经济分析

工程于2017年6月开始调试运行,起步阶段在提升泵房投加适量乙酸钠,对DN型滤池进行微生物挂膜培养,并随时监测DN型滤池出水端COD、TN浓度和微生物挂膜状况。10 d后,发现挂膜状况不佳,分析为进水过堰时跌水曝气所致,后调整出水阀门开启度,控制池内过滤水位,26 d后,监测微生物挂膜成功,出水COD和TN浓度达标。因现阶段进水浓度不高,氨氮、BOD₅等指标经生化段后即达标,C/N型滤池暂不启用,出水经V型滤池后,SS、TP满足出水要求,各单体运行状态良好,出水水质稳定达标。2019年1月—12月进、出水水质如表3

所示。

表3 改造后实际进、出水水质

Tab.3 Influent and effluent quality after upgrading

mg · L⁻¹

项 目	进水		出水	
	范围	平均值	范围	平均值
COD	70.9 ~ 426	133.5	3.0 ~ 24.0	11.6
BOD ₅	26 ~ 136	47.2	1.0 ~ 2.0	1.3
SS	30 ~ 106	75.3	0.95 ~ 5.6	2.0
NH ₃ - N	3 ~ 29.5	21.4	0.1 ~ 0.29	0.21
TN	17.7 ~ 39.1	30.9	3.9 ~ 14.7	9.2
TP	1.07 ~ 5.14	2.59	0.02 ~ 0.29	0.12

工程总投资为3 395.6万元,单位总成本为0.53元/m³,单位经营成本为0.36元/m³,其中主要为药剂费和电费,碳源投加成本约为0.095元/m³,动力费用为0.129元/m³。对照国家现行的中水回用规范,尾水满足冲厕、道路浇洒、消防、城市绿化、车辆冲洗、建筑施工的用水要求,尾水可全部回用。按照当地自来水价格2.8元/m³、排污费0.45元/m³、工业用水价格3.25元/m³、再生水回用费1.5元/m³计算,30%的尾水回用,每年可实现经济效益766.5万元。

4 结语及建议

组合生物滤池(DN + C/N型) - V型滤池(前置微絮凝)工艺各单体设计运行成熟,效果可控,尤其适用于对有进一步脱氮需求的污水厂,对污水厂提标至类Ⅳ类出水标准是可行且有效的。

工程调试时需注意控制进水跌水曝气对碳源的消耗及缺氧环境的破坏,运行时应保证适量碳源(50 mg/L)的供给和对反硝化池溶解氧的控制(<1 mg/L)。

参考文献:

[1] 陈永志,彭永臻,王建华,等. A²/O - 曝气生物滤池工

艺处理低 C/N 比生活污水脱氮除磷[J]. 环境科学学报,2010,30(10):1957 - 1963.

CHEN Yongzhi, PENG Yongzhen, WANG Jianhua, et al. Biological phosphorus and nitrogen removal in low C/N ratio domestic sewage treatment by a A²/O - BAF combined system [J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2010,30(10):1957 - 1963(in Chinese).

[2] 戴文权,杜茂安,张翔,等. 二级 BAF 工艺处理生活污水的效能[J]. 中国给水排水,2010,26(2):77 - 79.

DAI Wenquan, DU Mao'an, ZHANG Xiang, et al. Treatment efficiency of domestic sewage by two-stage BAF process[J]. China Water & Wastewater, 2010,26(2):77 - 79(in Chinese).

[3] 秦海霞. 安徽某污水厂深度处理工艺设计[J]. 中国给水排水,2012,28(22):89 - 91.

QIN Haixia. Design of advanced treatment process in a WWTP in Anhui Province [J]. China Water & Wastewater, 2012,28(22):89 - 91(in Chinese).

[4] 黄斌,施周,张乐,等. 基于颗粒物计数的微絮凝强化过滤效果探讨[J]. 中国给水排水,2016,32(23):54 - 57.

HUANG Bin, SHI Zhou, ZHANG Le, et al. Filtration efficiency enhanced by micro-flocculation based on particle counting[J]. China Water & Wastewater, 2016, 32(23):54 - 57(in Chinese).

[5] 陈军. 污水处理厂乙酸钠加药间设计探讨[J]. 环境科学与管理,2012,37(12):102 - 104.

CHEN Jun. Process design for CH₃COONa dosage room in sewage treatment plant[J]. Environmental Science and Management, 2012,37(12):102 - 104(in Chinese).

作者简介:何伟(1986 -),男,江苏南京人,硕士,工程师,主要从事污水处理研究工作。

E-mail:1428491625@qq.com

收稿日期:2020 - 01 - 24

修回日期:2020 - 04 - 19

(编辑:孔红春)