

工程实例

DOI: 10. 19853/j. zgjsps. 1000-4602. 2022. 14. 015

改良Bardenpho-臭氧-BAF处理工业园区污水

林 达, 赵询霞, 覃 晖

(湖南博世科环保科技有限公司, 湖南 长沙 410005)

摘 要: 广西某工业园区污水处理厂主要出水指标要求满足《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)Ⅳ类标准(TN≤10 mg/L除外),设计采用“水解酸化+改良Bardenpho+高效沉淀池+臭氧接触氧化+BAF+反硝化滤池+接触消毒”工艺。其中水解酸化池采用脉冲布水方式,水力停留时间8.1 h;改良Bardenpho总停留时间24 h,混合液内回流比150%~250%,污泥龄15 d,采用可提升式曝气系统,气水比9.6:1;二沉池表面负荷 $0.75 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$;高效沉淀池表面负荷 $9.92 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,总停留时间60.5 min;臭氧接触池停留时间60 min,投加浓度20 mg/L;曝气生物滤池水力负荷 $3.04 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,COD去除负荷 $1.46 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$;反硝化滤池正常滤速5.76 m/h,强制滤速7.2 m/h;接触消毒停留时间30 min,次氯酸钠投加浓度8~10 mg/L。实际出水水质满足设计要求。

关键词: 工业园区; 水解酸化; 改良Bardenpho; 臭氧接触氧化; 曝气生物滤池; 反硝化滤池

中图分类号: TU992 文献标识码: B 文章编号: 1000-4602(2022)14-0089-04

Treatment of Industrial Park Wastewater by Modified Bardenpho, Ozone Oxidation and BAF Process

LIN Da, ZHAO Xun-xia, QIN Hui

(Hunan Bossco Environmental Protection Technology Co. Ltd., Changsha 410005, China)

Abstract: In order to meet the level IV criteria except $\text{TN} \leq 10 \text{ mg/L}$ in *Environmental Quality Standards for Surface Water* (GB 3838—2002) for an industrial park wastewater treatment plant in Guangxi, the combined process of hydrolytic acidification, modified Bardenpho, ozone contact oxidation, biological aerated filter (BAF), denitrification filter and contact disinfection was used. Among them, the hydrolytic acidification tank adopts the pulse water distribution method with the hydraulic retention time of 8.1 h. The hydraulic retention time of modified Bardenpho is 24 h, the reflux ratio in the mixed liquid is 150% to 250%, the sludge retention time (SRT) is 15 d, and the lifttable aeration system is adopted with the gas-water ratio of 9.6:1. The surface load of the secondary sedimentation tank is $0.75 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$, and that of the high-efficiency sedimentation tank is $9.92 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ with the total residence time of 60.5 min. The residence time of ozone contact tank is 60 min with the O_3 dosing concentration of 20 mg/L. The hydraulic load of BAF is $3.04 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$, and the COD removal load is $1.46 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$. The normal filtration rate of denitrification filter is 5.76 m/h, and its mandatory filtration rate is 7.2 m/h. The residence time of contact disinfection is 30 min with the dosing sodium hypochlorite concentration of 8–10 mg/L. The actual effluent quality meets the design requirement.

Key words: industrial park; hydrolytic acidification; modified Bardenpho; ozone contact

oxidation; BAF; denitrification filter

广西某工业园区在建污水处理厂近期设计规模为 $4.5\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$, 远期设计规模为 $9.0\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ 。受当地水环境容量限制, 对本项目尾水排放提出了严格要求, 主要排放指标要求满足《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002) 中 IV 类水标准 (TN $\leq 10\text{ mg/L}$ 除外), 尾水一部分作为城市再生水回用, 其余排至生态湿地经植物自然净化后, 作为河道生态补水。

1 设计水量及水质

该污水处理厂按近期 $4.5\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ 规模进行设计, 其中生活污水约为 $13\,400\text{ m}^3/\text{d}$, 工业废水约为 $31\,600\text{ m}^3/\text{d}$, 工业废水来源包括电子、水产加工、食品、石化及制药等企业。对现状工业园区 10 处取样点进行水质监测分析, 平均水质指标如表 1 所示。

表 1 取样点平均水质指标

Tab.1 Average water quality indexes of sampling points $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$

项目	COD	BOD ₅	SS	NH ₃ -N	TN	TP	TDS
平均值	461	166.3	209	29	33.7	6.3	211

结合上述水质监测数据, 参考《污水排入城镇下水道水质标准》(GB/T 31962—2015) 的 A 级标准, 以及项目环评要求, 确定该项目设计进、出水水质, 具体如表 2 所示。

表 2 设计进、出水水质

Tab.2 Design influent and effluent quality $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$

项目	COD	BOD ₅	SS	NH ₃ -N	TN	TP	TDS
进水	≤ 500	≤ 200	≤ 240	≤ 40	≤ 50	≤ 8.0	$\leq 1\,500$
出水	≤ 30	≤ 6	≤ 5	≤ 1.5	≤ 10	≤ 0.3	$\leq 1\,500$

2 污水处理工艺设计

2.1 处理工艺分析

该项目处理工业园区污水, 排放企业类型较多, 进水水质波动较大, 因此在预处理后设置调节池进行水质水量的均化, 在生化池前端设置水解酸化池, 提高污水可生化性。生化处理单元采用改良 Bardenpho 工艺^[1-2], 去除污水中大部分有机物、氨氮及总氮等; SS 与 TP 可通过高效沉淀池去除; 鉴于大部分工业园区污水一级生化出水 COD $\geq 40\text{ mg/L}$ ^[3-4], 难以满足该项目排放指标要求, 因此考虑在高效沉淀池出水后增加“臭氧+曝气生物滤池”深度处理单

元, 先利用臭氧将难降解有机物分解为易降解小分子有机物, 再利用低负荷曝气生物滤池进行生化处理, 使出水 COD 满足排放要求; 在接触消毒池前设置反硝化深床滤池^[5-6]实现 TN 及 SS 达标排放; 末端出水采用次氯酸钠消毒。工艺流程如图 1 所示。

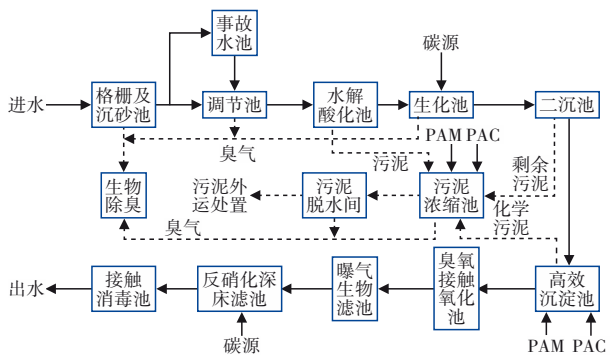


图 1 污水处理厂工艺流程

Fig.1 Flow chart of the wastewater treatment plant process

各处理单元设计进、出水水质见表 3。

表 3 各处理单元设计进、出水水质

Tab.3 Design influent and effluent quality of each treatment unit

项 目		COD	BOD ₅	SS	NH ₃ -N	TN	TP
预处理池	进水/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	500	200	240	40	50	8
	出水/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	485	200	216	40	50	8
	去除率/%	3	0	10	0	0	0
水解酸化池	进水/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	485	200	216	40	50	8
	出水/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	436.5	190	172.8	36	50	8
	去除率/%	10	5	20	10	0	0
生化池+二沉池	进水/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	436.5	190	172.8	36	50	8
	出水/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	50	5	20	1.5	15	3
	去除率/%	88.55	97.37	88.43	95.83	70.00	62.50
高效沉淀池	进水/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	50	5	20	1.5	15	3
	出水/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	45	5	10	1.5	15	0.3
	去除率/%	10	0	50	0	0	90
臭氧接触氧化池及 BAF	进水/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	45	5	10	1.5	15	0.3
	出水/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	30	5	10	1.5	15	0.3
	去除率/%	50	0	0	0	0	0
反硝化深床滤池	进水/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	30	5	10	1.5	15	0.3
	出水/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	30	5	5	1.5	10	0.3
	去除率/%	0	0	50	0	33.33	0
排放标准/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)		≤ 30	≤ 6	≤ 5	≤ 1.5	≤ 10	≤ 0.3

2.2 主要建(构)筑物设计

① 曝气沉砂池。1座,分2组,水力停留时间6.97 min,水平流速0.041 m/s。除砂鼓风机,1用1备, $Q=4.38 \text{ m}^3/\text{min}$, $P=35 \text{ kPa}$, $N=5.5 \text{ kW}$ 。

② 调节池及事故池。各1座,停留时间8 h。

③ 水解酸化池。1座,分12格,水力停留时间8.1 h,上升流速0.93 m/h。采用脉冲式布水器,充放比3:1。

④ 生化池(改良Bardenpho)。1座,分2组。采用“厌氧-缺氧-好氧-脱气-缺氧-好氧-脱气”工艺,总停留时间24 h,混合液悬浮固体浓度4 000 mg/L,污泥龄15 d,设计最低水温15℃,污泥负荷0.14 $\text{kgBOD}_5/(\text{kgMLVSS}\cdot\text{d})$,混合液内回流比150%~250%。为便于检修,采用可提升式曝气系统。鼓风机房配套设置3台供氧风机,2用1备, $Q=150 \text{ m}^3/\text{min}$, $P=70 \text{ kPa}$, $N=200 \text{ kW}$,气水比9.6:1。

⑤ 二沉池。2座,单座 $\varnothing 40 \text{ m}$,采用周进周出辐流式沉淀池,表面负荷0.75 $\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$,有效水深4.2 m。

⑥ 高效沉淀池。1座,分2组,有效水深6.8 m,总水力停留时间60.5 min。

混合区水力停留时间110 s,设置1台 $\varnothing 1\ 800 \text{ mm}$ 搅拌器,转速78 r/min,功率15 kW,混合 G 值500 s^{-1} 。

絮凝池停留时间15 min,设1套导流筒, $\varnothing 3\ 000 \text{ mm}$;设1台 $\varnothing 2\ 400 \text{ mm}$ 宽叶高效轴流式搅拌器,提升水量3.2 m^3/s ,转速22 r/min,功率7.5 kW。

沉淀区停留时间43.5 min,斜管区表面负荷9.92 $\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$,设1台 $\varnothing 12.5 \text{ m}$ 中心传动浓缩机。

设置6台凸轮转子泵,3台内循环泵,3台污泥泵,4用2备, $Q=50 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=200 \text{ kPa}$, $N=7.5 \text{ kW}$,设计污泥循环回流系数为0.04。中间提升水泵,3台,2用1备, $Q=1\ 150 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=180 \text{ kPa}$, $N=90 \text{ kW}$ 。

⑦ 臭氧接触氧化池。1座,分2组。臭氧投加量20 mg/L,臭氧接触池停留时间60 min,有效水深7.0 m,内部装填陶瓷鲍尔环填料。

⑧ 曝气生物滤池。1座,分8格。单格滤池面积77 m^2 ,填料高3.5 m,水力负荷3.04 $\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$,COD负荷1.46 $\text{kg}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。设置8台曝气风机, $Q=11.4 \text{ m}^3/\text{min}$, $P=60 \text{ kPa}$, $N=18.5 \text{ kW}$ 。滤池反冲洗时,气洗强度12 $\text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,气水联合洗时气洗强度12 $\text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,水洗强度4 $\text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,单独水洗强度8

$\text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 。反洗风机3台,2用1备, $Q=28.0 \text{ m}^3/\text{min}$, $H=70 \text{ kPa}$, $N=55 \text{ kW}$;反冲洗水泵3台,2用1备,单台 $Q=1\ 000 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=150 \text{ kPa}$, $N=75 \text{ kW}$ 。

⑨ 反硝化深床滤池。1座,分5格。滤池单格面积65.11 m^2 ,滤料高度2.40 m,正常滤速5.76 m/h,强制滤速7.2 m/h。滤池反冲洗时,气洗强度100 $\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$,气水联合冲洗时气洗强度为100 $\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 、水洗强度15 $\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$,单独水洗强度15 $\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。反洗风机3台,2用1备, $Q=54.8 \text{ m}^3/\text{min}$, $H=78.4 \text{ kPa}$, $N=110 \text{ kW}$;反冲洗水泵2台,1用1备, $Q=1\ 000 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=110 \text{ kPa}$, $N=55 \text{ kW}$ 。

⑩ 接触消毒池。1座,停留时间30 min,采用10%次氯酸钠溶液消毒,投药量按8~10 mg/L计。

⑪ 污泥脱水系统。设2座污泥浓缩池。采用3台叠螺式污泥脱水机,单台处理能力180~300 kgDS/h。每台脱水机配备凸轮转子泵1台, $Q=30 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=200 \text{ kPa}$, $N=7.5 \text{ kW}$ 。

⑫ 除臭系统。设2套,一套用于预处理(包括细格栅、曝气沉砂池、调节池及事故水池)、水解酸化池、生化池(选择区、厌氧区及缺氧区)部分,另一套用于污泥处理部分(污泥浓缩池和污泥脱水机房等)。

2.3 工艺设计特点

① 为适应不同的进水水质,工艺设计过程中分别对水解酸化池、臭氧接触池及曝气生物滤池进行了管道超越设计。当进水水质较易处理时,可缩短整体工艺流程,降低运行成本;

② 该项目为厂外泵站加压进水,设备检修时难以实现池体放空操作,特别是生化池部分,因此设计采用可提升式曝气管系统,实现不间断运行维护检修;

③ 曝气采用高速离心风机,较传统罗茨风机更节能,降低运行成本;

④ 污泥泵采用更节能的凸轮转子泵代替传统螺杆泵,还节省了设备操作空间。

3 实际运行情况

该工程目前已进入正式运营阶段,出水水质满足设计要求。该污水处理厂在线监测平均进、出水水质见表4。

实际运行过程中受上游部分水产加工企业排放尾水的影响,污水处理厂实际进水总磷指标超出

了设计指标,因此在运行过程中增加了除磷药剂的消耗量。

表4 污水处理厂在线监测平均进、出水水质

Tab.4 On-line average water quality indexes of the wastewater treatment plant

项目	COD/ (mg·L ⁻¹)	pH	NH ₃ -N/ (mg·L ⁻¹)	TN/ (mg·L ⁻¹)	TP/ (mg·L ⁻¹)
进水	369.9	7.10	35.04	49.01	14.83
出水	13.62	7.34	0.90	7.66	0.06
设计指标	≤30		≤1.5	≤10	≤0.3

该污水处理厂运行能耗指标:电耗0.45 kW·h/m³, 10%液体PAC 0.541 kg/m³, 30%液体乙酸钠 0.466 kg/m³, PAM 0.001 kg/m³, 10%液体次氯酸钠 0.067 kg/m³。

4 结语

该工业园区污水处理厂出水主要指标需满足《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)的Ⅳ类水标准(TN≤10 mg/L除外),工程设计采用主体工艺为水解酸化+改良Bardenpho+高效沉淀池+臭氧接触氧化+BAF+反硝化滤池+接触消毒。工程建成投入运行后,出水水质满足设计要求,有利于缓解当地污水处理厂处理负荷,提高了对周边污染物的控制和削减能力,加强了生态环境保护,同时城市再生水的利用也优化了当地水资源结构,有利于改善该地区的投资环境。

参考文献:

- [1] 孙欣,崔洪升. Bardenpho+深床滤池工艺用于半地下污水处理厂工程[J]. 中国给水排水, 2017, 33(16): 82-85.
SUN Xin, CUI Hongsheng. Design of semi-underground wastewater treatment plant with Bardenpho & deep bed filter process [J]. China Water & Wastewater, 2017, 33 (16): 82-85(in Chinese).
- [2] 姚伟涛,肖社明,张永祥. 改良Bardenpho工艺处理低BOD₅/TN混合污水工程设计[J]. 中国给水排水, 2018, 34(14): 67-70.

YAO Weitao, XIAO Sheming, ZHANG Yongxiang. Project design of modified Bardenpho process for treatment of low BOD₅/TN mixed wastewater [J]. China Water & Wastewater, 2018, 34 (14): 67-70 (in Chinese).

- [3] 栗文明,白永刚,周军,等. 臭氧催化氧化应用于工业园区污水处理厂深度处理工艺的选择及设计[J]. 给水排水, 2019, 45(5): 90-93.
LI Wenming, BAI Yonggang, ZHOU Jun, et al. Selection and design of catalytic ozonation in wastewater advanced treatment of industrial park [J]. Water & Wastewater Engineering, 2019, 45 (5): 90-93 (in Chinese).
- [4] 王乃丽,王金梅,田杰,等. 工业园区污水厂水质特征及提标改造前景探析[J]. 水处理技术, 2019, 45(7): 110-113.
WANG Naili, WANG Jinmei, TIAN Jie, et al. Characteristics of water quality and the path analysis to the upgrading reconstruction of industrial wastewater treatment plant [J]. Technology of Water Treatment, 2019, 45(7): 110-113(in Chinese).
- [5] 杜创,雷振,张铁源. 深床滤池在污水厂地表Ⅳ类水提标改造中的应用[J]. 中国给水排水, 2017, 33(8): 99-103.
DU Chuang, LEI Zhen, ZHANG Tieyuan. Application of deep bed filter in WWTP upgrading project to meet class IV standard of surface water [J]. China Water & Wastewater, 2017, 33(8): 99-103(in Chinese).
- [6] 马小杰,王凤,宣梦茹. 深床反硝化滤池的应用现状和工艺设计[J]. 工业用水与废水, 2017, 48(6): 38-44.
MA Xiaojie, WANG Su, XUAN Mengru. Application status and technical design of deep bed denitrification filter[J]. Industrial Water & Wastewater, 2017, 48(6): 38-44(in Chinese).

作者简介:林达(1982-),男,福建福州人,硕士,高级工程师,主要从事水处理工艺设计工作。

E-mail:linda526@163.com

收稿日期:2020-07-05

修回日期:2021-12-08

(编辑:衣春敏)