

城镇给排水工程设计案例专栏

韩玉, 杨淳轲, 沈超, 等. 以印染废水为主的某城镇污水处理厂提标改造工程实例[J]. 净水技术, 2023, 42(2): 156–161.

HAN Y, YANG C K, SHEN C, et al. Upgrading and reconstruction project of an urban WWTP mainly engaged in printing and dyeing wastewater treatment[J]. Water Purification Technology, 2023, 42(2): 156–161.

以印染废水为主的某城镇污水处理厂提标改造工程实例

韩玉^{1,2}, 杨淳轲¹, 沈超³, 郜睿¹, 周尚平⁴, 史惠祥^{1,4,*}

(1. 浙江大学环境与资源学院, 浙江杭州 310012; 2. 华设设计集团股份有限公司, 江苏南京 210014; 3. 海宁市水务投资集团有限公司, 浙江海宁 314403; 4. 嘉兴市洪溪污水处理厂, 浙江嘉兴 314000)

摘要 嘉兴市某城镇污水处理厂为印染废水高占比污水处理厂, 其接纳污水中 55.2% 为印染废水。污水厂原有处理规模为 3.0 万 m³/d, 采用 AO 工艺, 出水排放执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 一级 B 标准。本次提标改造工程增加污水处理量至 4.0 万 m³/d, 出水指标提升至浙江省《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》(DB 33/2169—2018), 在原处理工艺末端新增“活性炭吸附池-终沉池-滤池-消毒池”, 利用粉末活性炭吸附尾水中 SS 和难生物降解的有机物。提标改造后工艺平稳运行, 出水的 COD_{Cr}、BOD₅、SS、TN、氨氮和 TP 平均值分别为 37.99、7.98、7.50、5.22、0.83 mg/L 和 0.10 mg/L, 出水水质稳定达标, 提标后污水处理成本增加 0.34 元/m³。运行结果表明, 对于有提标改造需求的城镇污水处理厂, 在经济和技术上都是可行的。

关键词 提标改造 深度处理 粉末活性炭 难生物降解有机物 印染废水

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-0177(2023)02-0156-06

DOI: 10.15890/j.cnki.jsjs.2023.02.020

Upgrading and Reconstruction Project of an Urban WWTP Mainly Engaged in Printing and Dyeing Wastewater Treatment

HAN Yu^{1,2}, YANG Chunke¹, SHEN Chao³, GAO Rui¹, ZHOU Shangping⁴, SHI Huixiang^{1,4,*}

(1. School of Environment and Resources, Zhejiang University, Hangzhou 310012, China;

2. China Design Group Co., Ltd., Nanjing 210014, China;

3. Haining Water Investment Group Co., Ltd., Haining 314403, China;

4. Jiaxing Hongxi Sewage Treatment Plant, Jiaxing 314000, China)

Abstract An urban wastewater treatment plant (WWTP) in Jiaxing City receives 55.2% of the wastewater as printing and dyeing wastewater, which is a high proportion of printing and dyeing wastewater WWTP. The original design scale of this urban WWTP in Jiaxing is 30 000 m³/d, adopting AO process, and the effluent reaches the first class B criteria in the *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918—2002). The wastewater discharge is increased to 40 000 m³/d after upgrading and reconstruction, and the effluent standard is raised to the *Discharge Standard of Major Water Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plants* (DB 33/2169—2018), at the end of the original treatment process, “activated carbon adsorption tank, final sedimentation tank, filter tank and disinfection tank” are added to remove suspended solids and refractory organics. The average values of COD_{Cr}, BOD₅, SS, TN, ammonia nitrogen and TP are 37.99, 7.98, 7.50, 5.22, 0.83 mg/L and 0.10 mg/L, respectively. The effluent quality is stable and up to standard. After upgrading and reconstruction, the added cost of wastewater treatment is about 0.34

[收稿日期] 2021-06-14

[基金项目] 国家科技重大专项(2018ZX07208-009); 浙江省科技计划项目(2019C03110-003)

[作者简介] 韩玉(1996—), 女, 硕士, 主要从事工业污水处理工作, Email: 1579572606@qq.com。

[通信作者] 史惠祥(1965—), 男, 教授, 主要从事水污染控制方面的技术研究和产业化实践, E-mail: shhx188@163.com。

yuan/m³. The operation results show that it is feasible in economy and technology for urban WWTPs that need to upgrade their standards.

Keywords upgrading and reconstruction advanced treatment powdered activated carbon refractory organics printing and dyeing wastewater

印染业是一个高水耗、高污染的产业。据 2015 年环境统计公报,印染行业废水排放量约为 18.4 亿 m³/a,占工业废水排放总量的 10.1%,印染废水中主要污染物 COD_{Cr} 排放量为 20.6 万 t,占工业废水排放量的 8.1%。浙江省是全国印染行业废水排放量第一大省,据统计,该省印染布总量占全国的 50%以上。嘉兴市是浙江省印染企业主要集聚地之一,印染是嘉兴市主要的工业污染源。

印染废水具有成分复杂、色度高、生物降解困难等特点,其处理一直是印染工业和污水处理行业需要克服的难题。目前,工程上多采用物化+生化+深度处理的组合工艺去除以印染废水为主的混合污水。张如锋等^[1]通过“物化+生化+深度处理”组合工艺处理苏州某印染废水高占比污水处理厂的废水,出水 COD_{Cr} 质量浓度在 38.4~40.8 mg/L。刘鲁建等^[2]采用粉末活性炭来深度处理印染废水,中试研究发现,投加量为 400~500 mg/L 时,COD_{Cr}、色度、SS 的去除率可达 68%、92%、92%,出水水质满足《纺织染整工业水污染物排放标准》(GB 4287—2012)。

嘉兴市某城镇污水处理厂原有处理规模为 3.0 万 m³/d,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 B 标准,主要接纳周围地区的生活污水和工业废水。其中,工业废水占比近 90%,而印染废水占总废水量的比例超 50%,是典型的印染废水高占比污水处理厂。2018 年 12 月,浙江省人民政府发布地方标准《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》(DB 33/2169—2018),对于新建及扩改污水处理厂的出水标准提出更严格的要求,出水氨氮和 TP 需执行《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)中的Ⅲ类水标准^[3]。

污水处理厂现有处理效果不满足排放标准,故需进行提标改造。

1 改造前工程概况

嘉兴市某城镇污水处理厂于 2003 年建成投入使用,服务人口约为 6.5 万人,区域面积为 75.43 km²,接纳的污水主要为服务范围内的园区工业废水和生活污水。该污水处理厂设计规模为 3.0 万 m³/d,原有处理工艺为“粗格栅+细格栅+调节池+混凝反应池+初沉池+配水池+AO 池+二沉池”,处理后的污水排入当地的红旗塘,产生污泥经过隔膜压滤机脱水后外运,尾水排放执行一级 B 标准。

1.1 原处理工艺水质水量分析

1.1.1 水量

2019 年,嘉兴市该城镇污水处理厂实际进水量如图 1 和表 1 所示,进水量随季节变化不大(2 月进水量较少,推测原因是假期纳管企业停工),但远超设计进水量(3.0 万 m³/d),系统长期超负荷运转,亟需改造。由表 1 可知,该城镇污水处理厂接收的

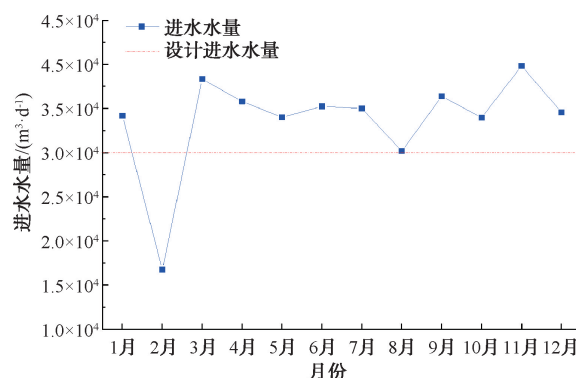


图 1 2019 年全年进水量

Fig. 1 Annual Influent Quantity in 2019

表 1 2019 年园区各行业纳管水量及企业数量

Tab. 1 Water Consumption and Number of Enterprises in Various Industries of the Park in 2019

项目	工业				生活	合计
	印染	喷水织机	植绒	其他(化工、制造等)		
纳管量/m ³	498.6 万	216.4 万	35.5 万	44.0 万	109.5 万	904.0 万
占比	55.2%	23.9%	3.9%	4.9%	12.1%	100%
企业数量/个	23	37	40	46	—	146

废水量主要为工业废水,工业废水占比 87.9%,工业废水又以印染废水为主,约占总废水量的 55.2%,是典型以印染废水为主的城镇污水处理厂。

表 2 提标改造前的年平均进出水水质

Tab. 2 Annual Average Influent and Effluent Quality before Upgrading and Reconstruction

项目	COD _{Cr} /(mg·L ⁻¹)	BOD ₅ /(mg·L ⁻¹)	SS/(mg·L ⁻¹)	TN/(mg·L ⁻¹)	氨氮/(mg·L ⁻¹)	TP/(mg·L ⁻¹)
进水	443.98	113.57	157.51	34.59	18.48	5.41
出水	58.21	18.37	17.21	8.71	1.42	0.17
一级 B 限值	60	20	20	20	8(15)	1.5

注:括号外数值为水温>12℃时的控制指标,括号内数值为水温≤12℃时的控制指标。

由表 2 可知,该污水处理厂原出水水质各指标均达到 GB 18918—2002 中一级 B 标准,出水中 COD_{Cr}、SS 含量较高。本次提标改造工艺也重点考虑难生物降解有机物和 SS 的去除。

1.2 污水处理厂提标前问题

(1) 污水处理厂的日污水处理量远高于原设计处理规模,长期处于满负荷或超负荷的状态。

(2) 提标改造前城镇污水处理厂出水的 COD_{Cr}、BOD₅ 和 SS 的质量浓度分别为 58.21、18.37 mg/L 和 17.21 mg/L,难生物降解有机物和 SS 含量高,出水中各指标均已达到 GB 18918—2002 中一级 B 标准,但达不到浙江省地方标准 DB 33/2169—2018。

(3) 园区接纳污水主要为印染废水,可生化性差,需要通过辅助工程去除溶解性的难生物降解有机物。

(4) 加药系统落后。通过人工手动投药,过于依赖操作人员的经验,难以实现出水的稳定达标,存在药耗高、经济效益差、工人劳动强度大等一系列问题。

故本次提标改造工程针对难生物降解的混合污水,需重点解决废水中的 SS、难生物降解 COD_{Cr} 的去除,扩大污水处理量,改善加药方式。

2 工艺比选

2.1 SS、难生物降解有机物的去除及工艺确定

目前该城镇污水处理厂 SS 和有机物的去除主要采用“格栅集水井+混凝反应池+AO”工艺,SS 和 COD_{Cr} 的出水平均质量浓度分别为 17.21、58.21 mg/L,未到达浙江省地方标准 DB 33/2169—2018。剩余残留有机物主要是原污水携带的难降解有机物和微生物自身的内源代谢产物,针对这部分可生化性差的有机物,生物降解作用微弱,需采用针对性的深度处理工艺^[4]。目前应

1.1.2 进出水水质

改造前该城镇污水处理厂实际年平均进出水水质如表 2 所示。

用广泛且去除效果好的工艺有化学氧化和活性炭吸附等^[5]。高级氧化法对 COD_{Cr}、色度去除效果好,但加药量较大、污泥量大且处置困难。粉末活性炭作为一种良好的吸附剂,价格低廉、易获得、反应迅速,对 COD_{Cr}、色度去除率较高^[6],可作为深度处理材料去除不易被微生物分解的污染物,从而达到排放要求。郑州马头岗污水处理厂采用升流式活性炭吸附池,活性炭粒径为 2~5 mm,设计滤速约为 6.7 m/h,空床停留时间约为 60 min,出水 COD_{Cr} 质量浓度可达 5.8 mg/L,优于设计要求^[6]。周卿等^[7]针对工业废水的生化处理出水不达标问题,采用活性炭深度处理,当停留时间为 1 h,最大吸附容量为 0.31 kg COD_{Cr}/kg 时,可较好去除难降解有机物,使生化出水达标。鉴于该城镇污水处理厂的水质特点和活性炭技术使用灵活、工艺成熟等优点,选用活性炭吸附工艺处理尾水,建造活性炭吸附池去除 SS 和溶解性有机污染物。

2.2 细菌、病原体去除及工艺确定

消毒工艺可有效杀灭污水中有害病原体,我国最常用的消毒工艺为氯化物消毒,采用的氯化物主要有液氯、二氧化氯和次氯酸盐^[8]。液氯消毒效果可靠、成本适中,但对现场安全管控要求较高,会产生消毒副产物,形成二次污染。二氧化氯的制取、使用复杂,后期维修保养花费大。次氯酸钠消毒效果好,有利于有机污染物的去除,还可以有效调节出水的 pH,降低了出厂水水质不达标的风险,故本次提标改造采用次氯酸钠消毒。

2.3 加药方式的设计

加药系统一般可分为人工投加和自动投加两种方式,目前国内污水处理厂多是通过人工手动投药满足到出水水质要求。人工投加方式主要依赖操作人员的经验,难以实现出水的稳定达标,还存在药耗

高、经济效益差、工人劳动强度大等一系列问题,采用自动投加的方式是大势所趋^[8]。本次提标改造以粉末活性炭投加系统作为研究对象,分析确定了影响活性炭投药量的主要因素(流量、pH 和原水 COD_{Cr})^[8],构建多元数控模型,智能化控制深度处理工艺中多种药剂投加量,结合多个控制单体和数学模型,构建系统数模,集成各单体主要传感器等设备,形成以 BP 神经网络预测为核心的粉末活性炭自动加药技术。

3 工艺流程

提标改造方案与工艺调整需符合经济适用、易于维护管理的要求,结合水质水量和改造要求,在不影响原污水厂的正常运行下,尽可能利用原有构筑物及原有设备,来解决该污水处理厂所存在的问题^[9]。综合考虑该城镇污水处理厂处理工艺可行性、工程实施难度以及工程投资运行成本等因素,确定了本次改造工艺流程,新建西厂区,增加深度处理工艺“活性炭吸附+次氯酸钠消毒”,如图 2 所示。

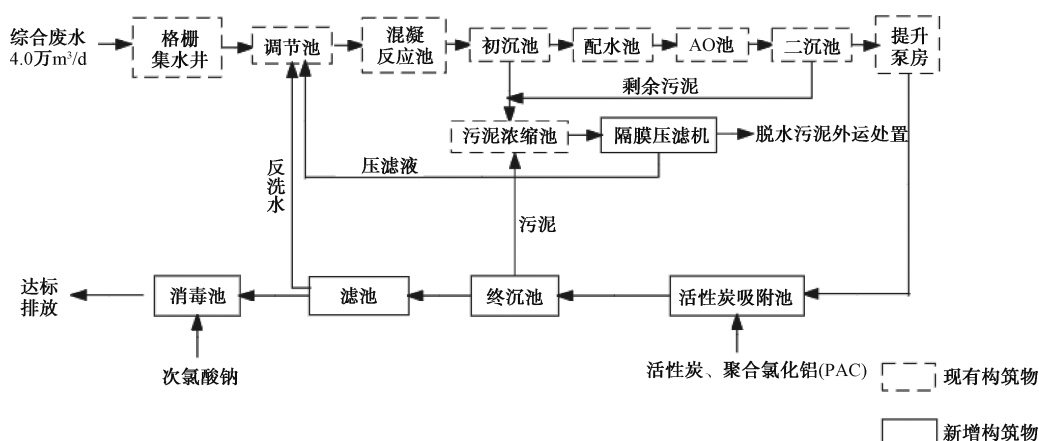


图 2 提标改造后污水处理工艺流程图

Fig. 2 Flow Chart of Wastewater Treatment Process after Upgrading and Reconstruction

污水经园区排水管网收集,汇流进入格栅集水井,去除尺寸较大的 SS 后进入调节池,中和、均化水质。调节池出水由泵提升进入混凝反应池,去除 SS 和部分溶解性有机物,经初沉池沉淀后上清水导入配水池,然后进入 AO 系统进行二级生物处理,后经二沉池出水,再通过提升泵房将东厂区的尾水导入西厂区。进入西厂区的尾水先通过粉末活性炭吸附进行深度处理,其中应用了以 BP 神经网络预测为核心的粉末活性炭自动加药系统进行智能化控制,使得活性炭吸附池的出水水质保持稳定。废水之后通过终沉池,沉淀污泥接至东厂区,上清液再排入滤池进一步去除水中 SS 和 TP,反洗水接至东厂区,剩余废水则通过消毒池,经次氯酸钠消毒后达标排放。初沉池、二沉池和终沉池排出的污泥送入污泥浓缩池,通过隔板压滤机脱水生成干泥饼,部分回用至调节池,其余外运处置。

4 处理规模、主要新增构筑物及设备

本项目分为现有处理设施改造和新建深度处理设施两部分。在现有厂区内,对设施进行扩容改造,

处理规模由现有的 $3.0 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ 扩容改造至 $4.0 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ 新建厂区内,新建深度处理实现 $4.0 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ 废水提标。主要新增构筑物及设备如下。

(1) 活性炭吸附池。1 座,半地下钢砼结构,尺寸为 $36.5 \text{ m} \times 15.0 \text{ m} \times 5.5 \text{ m} + 29.7 \text{ m} \times 15.0 \text{ m} \times 5.5 \text{ m}$,表面负荷为 $0.6 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,停留时间为 2 h,粉末活性炭投加量为 110 mg/L ,10% 的 PAC 投加量为 350 mg/L 。主要设备:折板式搅拌机 12 套,型号为 JBG2500,功率为 5.5 kW。

(2) 终沉池。2 座,半地下钢砼结构,尺寸为 $\varphi 42.0 \text{ m} \times 3.8 \text{ m}$,停留时间为 2.5 h。主要设备:刮泥机 2 台,型号为 ZBG42,功率为 3.0 kW;污泥泵 4 台(2 用 2 备),流量 $Q = 90 \text{ m}^3/\text{h}$,高度 $H = 25 \text{ m}$,功率为 15 kW。

(3) 转盘滤池。1 座,半地下钢砼结构,尺寸为 $34.0 \text{ m} \times 14.0 \text{ m} \times 5.0 \text{ m}$,设计滤速为 3.5 m/h ,停留时间为 1 h,反冲洗时间为 2 h。主要设备:过滤系统 2 套,单套含有 12 个滤盘,滤盘直径 $d = 3 \text{ m}$,过滤面积为 453.6 m^2 ,过滤网孔孔径 $\leq 10 \text{ }\mu\text{m}$,过滤类型为

平面过滤;闸板闸门 2 台,型号为 800 mm×800 mm;反冲洗管道系统 1 套,包含 8 个 DN80 反冲洗动力阀,4 台反冲洗泵($Q=25\text{ m}^3/\text{h}$, $H=32\text{ m}$,功率为 8 kW)。

(4)消毒计量排放井。1 座,半地下钢砼结构,尺寸为 10.0 m×6.0 m×3.0 m,停留时间为 0.5 h。主要设备:次氯酸钠消毒系统一套,次氯酸钠(10%)投加量为 20 mg/L;在线监测系统 1 套。排水系统 1 套。

(5)加药间。1 座,地上框架结构,尺寸为 21.0 m×15.0 m + 20.0 m×6.0 m。主要设备:活性炭智能投加系统 2 套,主要由 WinCC7.0 组态软件和德国西门子 S7-200/S7-300PLC 构成,投加能力为 0~2 000 L/h,包含计量泵、变频器、可编辑逻辑控制器(PLC)管路和电控系统;PAC 投加系统一套,投加能力为 0~2 000 L/h,包含搅拌器、计量泵、管路和电控装置。

(6)综合用房。1 座,地上框架结构,平面尺寸为 42.0 m×20.0 m。

(7)仓库及维修间。1 座,地上框架结构,平面

尺寸为 52.0 m×30.0 m。

(8)储药区块。1 座,地上框架结构,平面尺寸为 36.0 m×20.0 m。

5 运行效果

提标改造后,污水厂实际进水量在 3.46~4.78 万 m^3/d ,平均进水量为 4.26 万 m^3/d ,进出水水质监测结果如表 3 所示,出水的 COD_{Cr} 、 BOD_5 、SS、TN、氨氮和 TP 平均质量浓度为 37.99、7.98、7.50、5.22、0.83 mg/L 和 0.10 mg/L,污水处理厂处理效果明显提升,稳定满足排放标准。其中,活性炭吸附池 COD_{Cr} 日均质量浓度由进水 76.4 mg/L 降低到出水 40.0 mg/L,处理效果显著。催化污泥浓缩池 COD_{Cr} 质量浓度为 91.5 mg/L,故存在一定程度的脱附。原水类大肠菌群指数 $\geq 24\ 000$ 个/L,处理后的水体中类大肠菌群指数日均值在 670~790 个/L。污泥产生量为 29.10 t/d(回用 9.84 t/d,外送处置 18.26 t/d),经鉴定污泥贮存满足《危险废物贮存污染控制标准》(GB 18597—2001)和《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》(GB 18599—2001)。

表 3 提标改造后平均进出水水质 (2020 年 8 月—2021 年 4 月)

Tab. 3 Average Influent and Effluent Quality after Upgrading and Reconstruction (August 2020 to April 2021)

项目	$\text{COD}_{\text{Cr}}/$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\text{BOD}_5/$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	SS/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	TN/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	氨氮/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	TP/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)
实际进水	423.66	95.83	112.20	33.70	12.19	5.27
实际出水	37.99	7.98	7.50	5.22	0.83	0.10
DB 33/2169—2018 限值	40	10	10	12(15)	1.0	0.2
去除率	91.03%	91.67%	93.32%	84.51%	93.19%	98.10%

注:括号内数值为每年 11 月 1 日—次年 3 月 1 日执行。

工程建设投资约 3 750 万元,提标改造工程运行后吨水处理成本增加了 0.34 元,包含经营成本、固定成本折旧费及税费。其中,经营成本主要包括电费、药剂费、污泥处置费、人员工资及福利费、修理费和检测费等。与同类型案例相比较^[9-11],本次提标改造工程具有投资少、新增单位水量成本低的特点。

6 结论

(1)本项目建成 1 座以处理印染废水为主的万吨级城镇污水处理厂(规模为 $4.0\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$),总处理规模增加了 $1.0\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$,采用“活性炭吸附+滤池+次氯酸钠消毒”对原工艺处理的混合污水尾水

进行出水提标,充分利用原厂区进行工程改造,选择使用运行灵活、稳定以及费用低、投资小的污水处理工艺和设备,与原有处理设施衔接合理,确保污水处理厂长期稳定运行。

(2)新增工艺稳定运行后,水量一直在正常范围内波动,出水 COD_{Cr} 、 BOD_5 、SS、TN、氨氮和 TP 的排放平均值分别达到 37.99、7.98、7.50、5.22、0.83 mg/L 和 0.10 mg/L,出水水质稳定达到浙江省地标 DB 33/2169—2018 中的要求,处理效果明显提升。

(3)提标改造后,污水处理的吨水处理成本增加了 0.34 元。对于有迫切提标需要的印染工业园区,在经济上是可行的。

参考文献

- [1] 张如锋, 吴玮, 许芬, 等. 印染废水高占比污水处理厂提标改造实例[J]. 水处理技术, 2020, 46(11): 137-140.
ZHANG R F, WU W, XU F, et al. An example of upgrading and reconstruction project of a high proportion of dyeing wastewater treatment plant[J]. Technology of Water Treatment, 2020, 46(11): 137-140.
- [2] 刘鲁建, 董俊, 张岚欣, 等. 粉末活性炭膜生物反应器深度处理印染废水的中试[J]. 化学与生物工程, 2021, 38(1): 43-46.
LIU L J, DONG J, ZHANG L X, et al. Pilot experiment on advanced treatment of printing and dyeing wastewater by powder activated carbon membrane bioreactor [J]. Chemistry & Bioengineering, 2021, 38(1): 43-46.
- [3] 董蕾茜, 史孟彬, 齐超, 等. MBBR 在高标准污水处理厂提标改造中的应用——以缙云县某污水处理厂为例[J]. 净水技术, 2021, 40(7): 141-146, 170.
DONG L Q, SHI M B, QI C, et al. Application of MBBR in upgrading of high-standard wastewater treatment plant——Case of a WWTP in Jinyun County[J]. Water Purification Technology, 2021, 40(7): 141-146, 170.
- [4] 曾木海. 污水处理厂污水深度处理工艺综述与案例分析[J]. 净水技术, 2021, 40(5): 75-80, 102.
ZENG M H. Overview and case analysis on advanced treatment process in wastewater treatment plant [J]. Water Purification Technology, 2021, 40(5): 75-80, 102.
- [5] 朱明岩. 某工业园区污水厂提标改造工程设计实例[J]. 江西化工, 2020, 36(5): 149-153.
ZHU M Y. An example of engineering design for upgrading of wastewater treatment plant in an industrial zone [J]. Jiangxi Chemical Industry, 2020, 36(5): 149-153.
- [6] 陈渊源, 薛艳, 谢丽, 等. 臭氧-V 型曝气生物滤池处理污水厂尾水中试研究[J]. 环境工程, 2014(s1): 351-354.
CHEN Y Y, XUE Y, XIE L, et al. Pilot-scale study on O_3 -V biological aerated filter used for the advanced treatment of tail water in wastewater treatment plant [J]. Environmental Engineering, 2014(s1): 351-354.
- [7] 周卿, 李华杰, 袁维波, 等. 活性炭深度处理工业废水的效果研究[J]. 企业科技与发展, 2020(12): 84-86.
ZHOU Q, LI H J, YUAN W B, et al. Effect of advanced treatment of industrial wastewater with active carbon [J]. Enterprise Technology and Development, 2020(12): 84-86.
- [8] 王慕, 谈振娇, 李激, 等. 城镇污水处理厂次氯酸钠消毒效果的影响因素研究[J]. 中国给水排水, 2021, 37(1): 22-27.
WANG M, TAN Z J, LI J, et al. Influence factors of sodium hypochlorite disinfection performance in municipal wastewater treatment plant[J]. China Water & Wastewater, 2021, 37(1): 22-27.
- [9] 方荣业, 史宇滨, 蒋婷, 等. 基于 BP 神经网络的城镇污水厂活性炭自动投加系统研究[J]. 浙江大学学报(理学版), 2018, 45(4): 468-475.
FANG R Y, SHI Y B, JIANG T. A study on the activated carbon intelligent dosing system for urban sewage treatment plants based on BP neural network [J]. Journal of Zhejiang University (Science Edition), 2018, 45(4): 468-475.
- [10] 范绍锦, 刘敬雯, 谢汉祺, 等. 东莞市某小型城镇污水处理厂提标改造工程设计案例[J]. 净水技术, 2020, 39(9): 34-39.
FANG S J, LIU J W, XIE H Q, et al. Design case of upgrading and reconstruction project of a small-scale urban WWTP in Dongguan City [J]. Water Purification Technology, 2020, 39(9): 34-39.
- [11] 许晓明, 刘金虎. 以印染废水为主的污水处理厂改造工程案例[J]. 中国市政工程, 2020(4): 34-37, 101.
XU X M, LIU J H. Case study of wastewater treatment plant renovation project based on printing & dyeing wastewater [J]. China Municipal Engineering, 2020(4): 34-37, 101.

编辑有话说

综述文章如何合理引用他人文献图片又不侵犯版权?

很多作者在综述写作中对于合理引用他人文献图片存在误区,或是不清楚引用的图片是否免费开放引用,又或是找不到获取图片版权的途径。因此,为了让广大作者更全面地完善综述写作,《净水技术》编辑部根据相关文献以及部分网络资源进行了资料整合,方便作者找到获取版权的快捷通道。



扫描二维码阅读全文