

好氧接触氧化—混凝沉淀—人工湿地处理洗涤废水

秦乐乐¹, 李菊芳¹, 徐微¹, 秦玮², 蒋彬³

(1. 安徽农业大学 资源与环境学院, 安徽 合肥 230036; 2. 中轻建设<安徽>设计工程有限公司, 安徽 合肥 230022; 3. 重庆交通大学 资源与环境科学系, 重庆 400074)

摘要: 洗涤废水成分复杂, COD及氮、磷浓度较高, 排入水体后易造成水体富营养化。采用好氧接触氧化+混凝沉淀+人工湿地处理洗涤废水, 实际运行结果表明, 该工艺对洗涤废水的处理效果十分显著, COD平均去除率达到87.67%, TP平均去除率达到93.62%, $\text{NH}_3\text{-N}$ 平均去除率达到85%, 各项指标均满足《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)的一级标准。

关键词: 洗涤废水; 接触氧化; 混凝沉淀; 人工湿地

中图分类号: X703.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2020)02-0089-04

Treatment of Washing Wastewater by Aerobic Contact Oxidation/Coagulation Precipitation/Constructed Wetland Process

QIN Le-le¹, LI Ju-fang¹, XU Wei¹, QIN Wei², JIANG Bin³

(1. School of Resources and Environment, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China;
2. China Light Industry Construction <Anhui> Design Engineering Co. Ltd., Hefei 230022, China;
3. Department of Resources and Environment Science, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China)

Abstract: Washing wastewater, characterized by high COD, nitrogen, and phosphorus, is likely to cause eutrophication when directly discharges into water body. A process consisting of aerobic contact oxidation, coagulation precipitation and artificial wetland was used to treat washing wastewater. The practical operation results showed that the treatment effect of the process was significant. The average removal of COD, TP and $\text{NH}_3\text{-N}$ reached 87.67%, 93.62% and 85% respectively. All effluent quality indicators could meet first level criteria specified in the *Integrated Wastewater Discharge Standard* (GB 8978-1996).

Key words: washing wastewater; contact oxidation; coagulation precipitation; constructed wetland

1 工程概况

近年来, 伴随酒店、度假村等行业的发展, 洗涤行业逐渐兴起。洗涤废水含有大量表面活性剂, 呈现混浊状, 含大量悬浮物, 氨氮和磷含量较高, 直接排放水体会对水质安全形成较大威胁。当前许多已

建或新建洗涤企业尚未建成完善的废水处理设施, 关于洗涤废水处理技术与工程的报道也不多。

安徽省广德县城郊某洗涤厂主要服务周边酒店企业, 洗涤废水为 $60\text{ m}^3/\text{h}$ 。该厂原建有 132 m^2 氧化塘, 主要种植凤眼莲。洗涤废水经氧化塘处理后,

就近排入水体。经监测,该氧化塘对污染物去除效果已不能满足当地要求的《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)一级标准。基于现有设施,经合理改造,设计了一套生物、物化、生态相结合的废水处理工艺。该工程于2018年9月正式通过当地环保部门验收并投入运行,5个月的监测结果表明,工艺运行稳定,设计合理,出水水质优良,可满足排放标准。

2 工程设计

2.1 设计水质

该洗涤废水呈轻微乳白色,有少量洗涤气泡,废水水质见表1。根据当地环保部门要求,处理后水质需达到《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)一级标准(见表1)。

表1 设计进、出水水质

Tab.1 Design influent and effluent quality

mg · L ⁻¹						
项目	COD	总氮	NH ₃ -N	PO ₄ ³⁻ -P	LAS	BOD ₅
进水平均值	223	31	25	5.41	25.4	102
出水	≤100	—	≤15	≤0.5	≤5	≤30

因COD、氨氮及PO₄³⁻-P均超过排放标准限值,故在工艺设计时应主要考虑这几类污染物的去除。同时原水中存在较高浓度表面活性剂,在进行好氧生物处理时会与空气结合,形成大量气泡,影响处理效果。实际运行时,采用化学消泡措施以减少表面活性剂的不利影响。

2.2 工艺设计

该厂原氧化塘为砖砌结构,超高为0.3 m。氧化塘内主要种植凤眼莲(水葫芦)。

运行结果表明,该工艺对氨氮具有较好的去除效果,出水平均氨氮为4.44 mg/L,但对PO₄³⁻-P及COD的去除效果较差,出水PO₄³⁻-P、COD平均浓度分别为2.78、147 mg/L,故在进行工艺设计时重点针对COD及PO₄³⁻-P去除效能的提升。

人工湿地是一种处理效率相对较高的生态处理技术,将氧化塘改造为人工湿地,利用人工湿地内基质、微生物、植物的多重作用,可提升污染物去除效果。根据《人工湿地污水处理工程技术规范》(HJ 2005—2010)(以下简称“技术规范”),人工湿地最大设计BOD₅负荷为120 kg/(hm² · d),则由该厂洗涤废水水质(见表1)计算得出的最小人工湿地面积为510 m²,远超出现有氧化塘建设面积,而本厂已

不具备扩建条件。此外,技术规范规定人工湿地进水TP浓度应<5 mg/L,否则难以保证较好的除磷效果。

由以上分析可以得出,限于该厂洗涤废水水质条件及占地面积,采用单一的生态处理技术难以达到预期处理效果,而A²O等同步生物脱氮除磷工艺虽对有机质及氮、磷均具有较好的去除效果,但工艺流程较为复杂,运行能耗相对较高,且在该厂现有处理设施的基础上进行改造较为困难。

本工程改进的设计思路:首先采用简单好氧生物处理工艺强化COD去除效果。因接触氧化工艺具有适应性强、容积负荷率较高、无需污泥回流、耐冲击负荷等特点^[1-2],适用于小型工业废水处理,故采用该工艺作为好氧生物处理单元。考虑接触氧化反应池出水可能含有较高浓度硝酸盐,影响活性污泥的厌氧释磷过程,不宜采用生物除磷方式,后续总磷的去除主要依靠混凝/沉淀化学除磷及表面流人工湿地强化除磷。

工艺流程如图1所示。

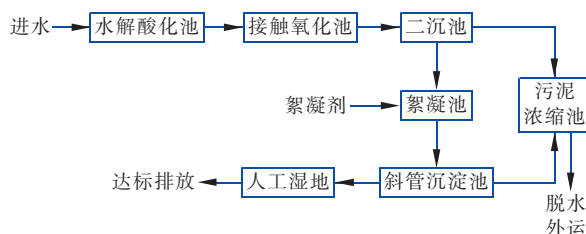


图1 洗涤废水处理工艺流程

Fig.1 Flow chart of washing wastewater treatment process

该工艺流程采用生物、物化、生态组合处理方式,在设计过程中充分利用生物处理与物化处理高效稳定及生态处理的低能耗等技术优势,工艺措施针对性强,技术成熟可靠,运行管理方便。

该厂洗涤废水为碱性,进水pH值平均值为10.7。为节省药剂成本,同时考虑为好氧单元硝化过程(提升氨氮的生物去除效果)保留必要的剩余碱度,在核心处理工艺前端设置水解酸化池(采用较长停留时间),尝试通过水解过程的酸性产物对原水pH值进行调节(不另外投加化学药剂)。水解酸化池亦可去除部分表面活性剂,进一步提高进水的可生化性^[3]。此外,水解酸化池对水量亦可起到调节作用。

本工程基于厂区现有氧化塘设施,通过分隔和对部分池体加高,增加相应处理设施,改造形成水解

酸化池、接触氧化池、混凝/沉淀池、表流人工湿地等处理构筑物(见图2)。

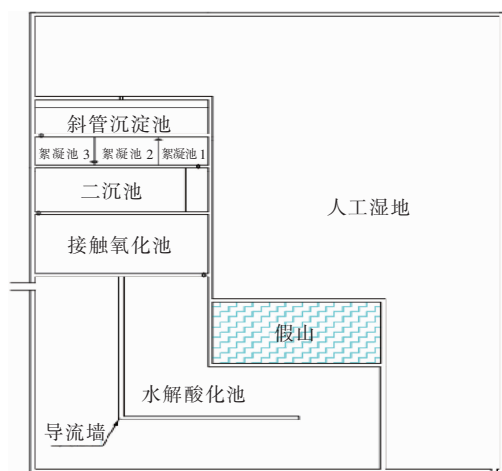


图2 各工艺单元设计分布

Fig.2 Distribution of each unit

2.3 主要构筑物及设计参数

① 水解酸化池

根据现有氧化塘的平面布置,在进口附近采用砖墙分隔出L形水解酸化池,由于进、出水口毗邻,为充分利用容积,在水解酸化池内设有导流墙,避免出现短流。水解酸化池停留时间为19.5 h,有效容积为48.8 m³,其中超高为0.2 m。水解酸化池内配备无堵塞潜污泵2台(1用1备),将污水提升送入后续的接触氧化池。水泵设计流量为10 m³/h,扬程为10 kPa,功率为0.75 kW。

② 接触氧化池

在水解酸化池下游分隔出尺寸为3.6 m×2 m的反应单元作为接触氧化池。因原有氧化塘水深较浅,不能满足接触氧化池设计水深的要求,故将接触氧化单元池体加高,加高后总深度为2.4 m,其中超高为0.2 m。该接触氧化池有效容积为14.4 m³,HRT为5.76 h。接触氧化池配备曝气鼓风机2台(1用1备),流量为27 m³/h,扬程为12 kPa,功率为2 kW。曝气管道采用DN50的PVC管。池底安装橡胶膜+ABS微孔扩散器10个,均匀布置,单个微孔扩散器服务面积为0.75 m²。在接触氧化池定期投加高效增强型工业消泡剂,消除表面活性剂引起的泡沫。

③ 二沉池

接触氧化池下游设置平流沉淀池作为二沉池。

从接触氧化池到二沉池为溢流,为保证接触氧化池内的水深,二沉池池壁与接触氧化池同步加高。二沉池最终设计尺寸为3.6 m×1.5 m×2.4 m。经核算,二沉池表面负荷为0.83 m³/(m²·h),满足设计要求。二沉池底部不设泥斗,采用穿孔管排泥方式。底部设有ABS材质DN100穿孔排泥管。排泥泵采用自吸泵(1用1备),间歇运行,流量为25 m³/h,扬程为10 kPa,功率为1.5 kW。排泥泵与斜管沉淀池共用。

④ 三级絮凝/斜管沉淀池

采用机械搅拌三级絮凝池联合斜管沉淀除磷。絮凝池每格尺寸为1.0 m×1.0 m×1.6 m,斜管沉淀池尺寸为3.6 m×1.2 m×1.6 m。絮凝剂采用PAC,助凝剂采用PAM,均采用管式投加,PAC投加量为8~10 mg/L,PAM投加量为0.1 mg/L。药剂投加采用电磁驱动隔膜计量泵控制(2用1备),流量为3 L/h,扬程为0.3 MPa。三格絮凝池设置搅拌器,叶轮外缘线速度依次为0.12、0.09、0.06 m/s。斜管沉淀采用PP蜂窝斜管填料,长度为1.2 m,倾角为60°,底部设有ABS材质DN100穿孔排泥管。排泥泵采用自吸泵(1用1备),间歇运行,流量为25 m³/h,扬程为10 kPa,功率为1.5 kW。排泥泵与二沉池共用。

⑤ 人工湿地

将原厂区氧化塘剩余区域(除改造成水解酸化池、接触氧化池、混凝沉淀池部分)保留,改造成表流人工湿地。改造后人工湿地总面积为78 m²,表面水力负荷为0.769 m³/(m²·h)。为了防止水力死区和壅水现象的发生,在湿地前部设置尺寸为1.5 m×6 m的布水区,同时在湿地后端设置尺寸为1.5 m×6 m的集水区,确保顺畅出水。在湿地中填充河砂、煤渣、土壤组合基质。河砂自下而上级配:粒径10~16 mm(厚200 mm)、粒径6~10 mm(厚300 mm)、粒径2~6 mm(厚200 mm)。河砂上覆200 mm厚的煤渣(粒径为1~2 mm),煤渣上部添加适量土壤作为植物生长基质。煤渣本身为微生物的生长繁殖提供载体。菖蒲、凤眼莲、芦苇与黑麦草、水葱、水芹换季轮作,在春夏季按水流方向,前端种植菖蒲,密度为30株/m²,中部种植凤眼莲,密度为15株/m²,后端种植芦苇,密度为15株/m²;在秋冬季按水流方向,前端种植黑麦草,密度为80株/m²,后端水葱、水芹间种,密度为24株/m²。

3 运行效果

本工程主要新建构筑物为接触氧化池、二沉池、絮凝/斜管沉淀池。表流人工湿地则在原有氧化塘基础上通过基质填充和水生植物重新规划种植建成,工程施工相对简单。该工程正常运行后,出水水质有轻微波动,总体达标。2018年9月—2019年2月水质监测结果如表2所示。

表2 出水水质监测结果

Tab.2 Monitoring results of effluent quality

项 目	出水水质		
	最大值	最小值	平均值
COD/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	34	21	27.5
BOD ₅ /($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	21	16	18.5
TP/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	0.41	0.28	0.345
NH ₃ -N/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	5.4	2.1	3.75
SS/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	24	15	19.5
pH 值	7.8	8.1	7.95

从表2可以看出,该工艺处理系统运行稳定,其中COD平均去除率为87.67%,TP平均去除率为93.62%,NH₃-N平均去除率为85%,出水各项水质指标均满足《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)一级标准。

4 工艺特点

① 针对洗涤废水呈碱性的特点,采用适宜停留时间的水解酸化池调节废水pH值,不额外投加中和药剂。同时该方式可避免化学调节pH值时碱度过度消耗,保留一定剩余碱度,为后续氨氮的好氧硝化提供条件。

② 充分利用了生物、化学、生态处理方法各自优势,处理流程简单,处理效果稳定,无复杂的运行操作程序,便于管理。

③ 混凝/沉淀置于接触氧化单元末端,接触氧化处理改善了该单元进水水质,SS、有机质、表面活性剂等污染物浓度相对于原水显著降低,可大大节省混凝剂用量,改善混凝剂与原水的接触效果,获得较高的磷酸盐去除率。

④ 建设成本较低,运行能耗少,针对性强,适宜洗涤废水水质特点,接触氧化池通过接种普通活性污泥,即可实现快速启动,在启动之初便可获得较理想的去除效果。

5 结论

随着洗涤业的逐渐兴起,洗涤废水的处理具有较大的需求空间。目前关于洗涤废水处理工程案例

尚少。针对洗涤废水水质特点,采用生物接触氧化—三级混凝/斜管沉淀/表流人工湿地处理工艺,主要构筑物基于厂区现有氧化塘改造,建造成本仅为833元/m³,出水水质稳定达到《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)一级标准,处理成本为0.73元/m³。

参考文献:

- [1] 曹婉鑫,唐瑶,陈洋. 生物接触氧化法处理工业废水的研究进展[J]. 杭州化工,2015,45(1):7-10.
Cao Wanxin,Tang Yao,Chen Yang. Research progress in the treatment of industrial wastewater by biological contact oxidation[J]. Hangzhou Chemical Industry, 2015, 45(1):7-10(in Chinese).
- [2] 张娟娟. 水解酸化—生物接触氧化工艺在污水处理中的研究进展[J]. 广东化工,2011,38(4):180-181.
Zhang Juanjuan. Research development on hydrolysis—biological contact oxidation process in wastewater treatment[J]. Guangdong Chemical Industry, 2011, 38(4):180-181(in Chinese).
- [3] 高峰. 厌氧折流板反应器(ABR)系统处理难降解有机物废水的特征研究[D]. 西安:西安建筑科技大学,2004.
Gao Feng. Characteristics of Anaerobic Baffle Reactor (ABR) System for Treatment of Refractory Organic Wastewater[D]. Xi'an:Xi'an University of Architecture and Technology,2004(in Chinese).



作者简介:秦乐乐(1993—),男,安徽宿州人,硕士研究生,主要研究方向为水污染控制工程与技术。

E-mail:598971920@qq.com

收稿日期:2019-02-26