

絮凝-水解酸化-一体化好氧工艺处理印染废水

王相晶¹, 陈放², 郭婉茜³, 吴云鹏¹, 徐美冬², 任南琪^{3*}

(1. 东北农业大学生命科学学院, 黑龙江 哈尔滨 150030; 2. 浙江海正集团研发中心, 浙江 台州 318000;

3. 哈尔滨工业大学市政环境工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090)

摘要: 采用絮凝-水解酸化-好氧组合工艺处理江苏某印染企业废水。工程运行结果表明, 当进水平均 COD, BOD₅, 色度分别为 2 195 ng·L⁻¹, 485 ng·L⁻¹, 521 倍时, 上述各项指标去除率分别达到 95.6%, 96.9%, 92.3%, 出水符合纺织染整行业一级排放标准。

关键词: 印染废水; 絮凝; 水解酸化; 好氧生物池

中图分类号: X703

文献标识码: A

江苏省某印染企业以生产灯芯绒为主, 年生产能力 1 亿米以上, 该厂生产过程中每天产生大量印染废水。为保护环境实现可持续发展, 根据厂方的实际情况建造处理能力为 8 000 m³·d⁻¹ 的污水处理工程。

1 废水来源与特点

废水中的污染物主要来源于漂炼、染色、印花、整理等工序, 主要含有染料、浆料及印染助剂等物质, 废水呈“三高”(浓度高、色度高、污染高)和“三多”(种类多、成分多、变化多)的特征, 具有毒性, 可生化性差, 碱性强, 且间歇排放, 水质水量波动大等特点。该厂的水质情况为 COD_{Cr} 1 600~3 000 ng·L⁻¹, BOD₅ 300~500 ng·L⁻¹, pH 11~14, SS 300~500 ng·L⁻¹, 色度 400~600 倍。废水处理需达到《纺织染整工业水污染物排放标准》(GB4287-92)中的一级排放标准。

2 工艺流程

去除印染废水中 COD、色度是达标排放的关键, 如果采用单一处理工艺很难达到要求, 需对不同处理工艺进行优化组合。

印染废水通常采用生化-物化组合工艺进行处理^[1-8]。生化方法一般为水解酸化法、活性污泥法或生物膜法; 物化方法一般为混凝沉淀或混凝气浮法、吸附法、过滤法及电解法等。

试验和工程实践表明, 生物处理在去除有机物方面具有处理效果好, 运行费用低的优势, 但由于印染生产废水有机污染物浓度高、难降解成分高、色度高, 只依靠传统的好氧生物处理尚不能达到处理要求; 水解处理虽然去除率不高, 但可提高废水可生化性; 混凝沉淀对色度、COD 有较高的去除率, 但要达到满意的处理效果, 药剂量大。

因此, 依据该厂的水质特点, 结合当前印染废水最新研究成果, 从技术和经济两方面考虑, 将上述工艺进行有效组合, 确定采用絮凝沉淀-水解酸化-一体化好氧工艺, 即可利用混凝处理后, 有效降低废水的色度和 COD 浓度; 又可通过生化处理保证处理效果的稳定性, 低运行成本和高效性; 能实现高效、经济、节能、稳定运行。

工艺流程见图 1。

3 主体构筑物与设备

3.1 格栅

废水中含有大量的碎布、绒毛、纤维和较大漂浮物, 为防止其进入后续构筑物而连续设置机械格栅二道, 栅条间距分别为 20, 10 mm。

收稿日期: 2005-07-13

基金项目: 国家高技术研究发展计划资助项目 2002AA601310

作者简介: 王相晶(1971-), 女, 黑龙江人, 教授, 博士, 主要从事环境微生物等方面的教学与科研工作。

* 通讯作者 E-mail: mq@hit.edu.cn

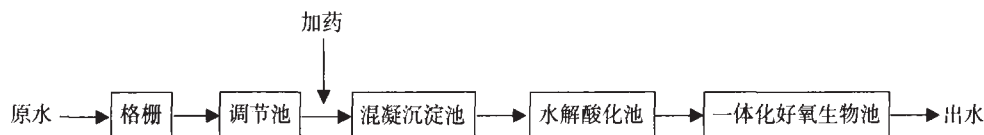


图 1 废水处理工艺流程

Fig. 1 The schematic of wastewater treatment process

3.2 调节池

调节池为地下式,有效容积 3 000 m³,水力停留时间 9 h。在进水处投加废 H₂SO₄,使废水 pH 值控制在 11 左右。该池设有搅拌风机,进行水质调节,并去除部分污染物。

3.3 混凝沉淀池

调节池出水经泵提升后进入混凝沉淀池。混凝沉淀池为半地下式钢筋混凝土结构,池体容积 1 500 m³,水力停留时间 4 h。池底设污泥斗集泥,重力静压排泥进入污泥浓缩池。

3.4 水解酸化池

混凝沉淀出水自流进入水解酸化池。水解酸化池为半地下式钢筋混凝土结构,有效容积 6 000 m³,水力停留时间 18 h。池内装有填料以增加截留生物量,提高构筑物内生物保有量。

3.5 一体化好氧生物池

水解酸化池出水进入一体化好氧生化系统。一体化好氧生化系统为半地下式钢筋混凝土结构,将反应区、脱气区和沉淀区合建,圆形水池。有效容积 3 500 m³,总水力停留时间 10 h,反应区停留时间 6 h,为完全混合式。曝气系统采用射流曝气,气水比为 15:1。

3.6 污泥浓缩池

污泥浓缩池为钢筋混凝土结构,池形为竖流式浓缩池,2 座。浓缩后污泥进入板框压滤机脱水。

4 运行情况与讨论

4.1 混凝沉淀池

由于调节池来水 pH 值仍较高,无法满足后续生物处理的需要,投加硫酸亚铁 (150 mg·L⁻¹) 和硫酸铝 (50 mg·L⁻¹) 复合型高效混凝剂,其优点在于硫酸铝的高脱色效率和硫酸亚铁的矾花形成快,较稳定,沉淀时间短,价格低廉。因此采用泵前加该复合药剂,再在泵后加经 NaOH 部分水解的聚丙烯酰胺 (PAM),以减少 PAM 的用量。在调试期间混凝出水进行部分超越,其余部分根据调试方案

进入后续生化处理系统。通过该方式运行既可节约了运行费用,又可达到混凝反应充分的效果,有效去除了废水中悬浮态、胶体态和部分溶解态的污染物,在进水平均 COD 2 086 mg·L⁻¹,色度 500 倍,SS 380 mg·L⁻¹ 时,COD 去除率在 48.8%,SS 的去除率在 78%,色度的去除率在 75%,而且使得进入水解酸化池的废水 pH 值维持在 8~9 之间,有效保证了进入生物池中 pH 条件。

4.2 UASB 水解酸化池

调试初期接种污泥取自附近印染废水处理厂的剩余污泥,接种量为 20 t,含水率 75%。启动初期为恢复污泥活性及驯化污泥,在混凝出水中投加适量的尿素、磷酸钠等营养物质,以间歇方式进水,控制进水流量在 200 t·h⁻¹。最初每班进水 4 h,实行三班运转,即进水 2 400 t·d⁻¹,而后增加至 6 h,即进水 3 600 t·d⁻¹,使反应器出水 COD 保持在 850 mg·L⁻¹ 左右,随着处理效果的稳定运行,逐渐延长进水时间。

经过 14 d 后,系统开始连续进水,逐步提高进水负荷。该阶段主要是增加进水流量的方式来提高反应负荷。经过 2 周的运行,反应器的运行负荷达到设计要求,并且具有较大的潜力。

满负荷运行期水解酸化池对 COD,SS,色度的去除率分别达到 24.5%,30%,52% 左右;同时 BOD₅/COD 的比值提高到 0.4,增加了废水的可生化性;出水 COD 保持在 800 mg·L⁻¹ 左右,变化波动范围明显减小,增强了耐冲击负荷的能力,有助于后续好氧处理的稳定性。

运行结果表明,水解酸化池利用较短的水力停留时间将厌氧处理控制在水解产酸阶段,在水解细菌、产酸细菌的作用下将不溶性有机物水解为溶解性有机物,难于生物降解的物质转化为易于生物降解的小分子,有效去除色度,提高了污水的可生化性。随着水解产物中有机酸的积累,使废水中的 pH 值下降,反应体系趋于弱碱性,在实际运行中,水解处理后的平均 pH 值在 7.8 左右。

为后续好氧生物处理创造了有利条件。

同时水解酸化池内装生物载体填料，将悬浮生长和固定化生长微生物处理技术有机地结合起来，发挥悬浮生长法效率高、固定化生长法适宜性强和稳定性好的特点。微生物生存空间合理分布，充分发挥不同微生物种群的协同净化功能，增加反应器内的生物保有量，从而提高反应器的容积利用率，使生物反应器在高效稳定的条件下运行。而且 UASB 水解酸化池作为生化处理的预处理，因无曝气设备从而大大降低了生产运行成本。

4.3 一体化好氧生物池

接种污泥取自附近印染废水处理厂的剩余污泥，接种量为 40 t，含水率 75%，污泥浓度约为 $1 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ ， SV_{30} 为 12%。装泥过程中向池内补充适量的 N、P 等营养物质。进水方式与水解酸化池保持同步，启动第 1 天出水呈现黑色，出水 COD 在 $400 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 左右，经 2 d 曝气后，反应池的污泥颜色变成淡黄色，出水颜色变好，但仍含有较多的 SS。这主要是处于接种初期进行污泥培养阶段，沉降性能不好，被水力冲刷洗出。调试初期好氧池泡沫量大，污泥细碎，这主要是由于启动初期活性污泥未能形成，所有产生泡沫的物质在曝气作用下形成了泡沫。经过 1 周时间的运行，微生物逐渐适应

新的水质，代谢能力增强，泡沫消失，系统渐趋稳定，测定 SV_{30} 达 30%，COD 去除率逐渐升高，出水 COD 小于 $150 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。经镜检观察，菌胶团发育良好，污泥絮体变大，结构密实，生物相丰富，出现大量的钟虫，累枝虫及少量的轮虫。此后随着进水量增加，有机负荷的提高，出水状况良好，COD 去除率稳定在 85% 左右。在满负荷运行期系统运行稳定，COD 去除率达 88% 左右，COD 值低于 $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 之间；色度低于 50 倍；污泥沉降性能良好，出水悬浮物在 $35 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 左右。说明好氧反应器调试运行成功，达到设计要求。

工程运行结果显示，好氧生物池由于采用射流曝气充氧，在循环水泵的作用下，混合液在反应器中循环往复运行，反复充氧，提高了空气中氧的利用率，而且强化了传质效果，在此过程中活性污泥被不断剪切，形成了细密的絮凝体，增强了微生物的代谢能力和沉降性能，使得反应器在一周就有较高的去除率。当好氧池在 $\text{HRT} = 6 \text{ h}$ 时，其平均进水容积负荷 $3.2 \text{ kg COD} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ ，COD 去除率为 87.7%，BOD 去除率高达 95.2%，出水符合排放要求。

经过 3 个月的调试运行，整体设施运行正常，达到了设计要求，处理效果见表 1。

表 1 各构筑物进、出水水质监测结果

Table 1 The monitoring results of effluent in each cell

项目 Items	原水 Influent	调节池 Adjusting tank		絮凝沉淀池 Floc-settlement tank		水解酸化池 Hydrolysis-acidification tank		一体化好氧生物池 Integrated aerobic tank		总去除率 (%) Total removal rate
		出水 Effluent	去除率 (%) Removal rate	出水 Effluent	去除率 (%) Removal rate	出水 Effluent	去除率 (%) Removal rate	出水 Effluent	去除率 (%) Removal rate	
COD($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	2 195	2 086	4.9	1 067	48.8	805	24.5	96.6	88	95.6
BOD($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	485	460	5.1	380	17.4	319	16.1	15.2	95.2	96.9
SS($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	447	380	15	83.6	78	58.5	30	35	40.2	92.2
色度 (times) Color	521	500	4	125	75	60	52	40	33.3	92.3
BOD ₅ /COD	0.220	0.220		0.356		0.396		0.157		
pH	12.6	11		8.5		7.8		8.0		

5 结 论

a. 采用絮凝 - 水解酸化 - 一体化好氧组合工艺处理印染废水具有良好的处理效果，当进水平均 COD、BOD₅ 分别为 $2 195$ ， $485 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时，出水

COD、BOD₅ 分别为 96.6 ， $15.2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ，符合一级排放标准。该工艺具有针对性强、操作简便灵活、运行成本低、易于维护管理、处理效果稳定等特点。

b. 投加复合高效絮凝剂，降低投药成本，缩短絮凝时间，污泥量小。色度、COD 及 SS 去除率

高, 分别达到 92.3%, 95.6%, 92.2%。

c. 水解酸化池具备悬浮生物和固定生物氧化的双重功效; 载体防止污泥流失, 污泥富集量大, 保证了厌氧反应器的快速启动; 传质效率高, 抗冲击负荷能力强, 运行稳定可靠, 能耗低; 可进一步提高废水的可生化性, 有效保证后续好氧处理的持续性和稳定性。

d. 好氧反应池系统占地少, 基建费用低; 空气转化利用率高, 容积负荷和污泥负荷高, 抗冲击能力强; 固液分离效果好, 剩余污泥量较少。

[参 考 文 献]

[1] 司朝晖, 李立丽. 混凝/生物膜曝气池/氧化塘法处理印染废水[J]. 中国给水排水, 2003, 19(5): 89- 90.

[2] 李玉华, 赵可, 霍明昕. 气浮-曝气生物滤池工艺处理印染废水[J]. 中国给水排水, 2003, 19(11): 41- 42.

[3] 龚丽雯, 梁顺文, 龚敏红, 等. 生物微电解- 高效接触氧化工艺处理印染废水[J]. 给水排水, 2003, 29(6): 45- 47.

[4] 祁佩时, 李欣, 程树辉. 水解- 混凝- 复合生物池工艺处理印染废水的工程应用[J]. 给水排水, 2003, 29(3): 44- 47.

[5] 李勇, 朱又春, 林美强. 电解絮凝- 生物炭滤池法处理印染废水[J]. 环境污染治理技术与设备, 2003, 4(2): 29- 32.

[6] 朱洪涛, 曾芳, 许佩瑶. 混凝- 氧化法处理印染废水[J]. 环境污染治理技术与设备, 2003, 4(6): 64- 66.

[7] 郑广宏, 乔俊莲, 顾国维, 等. 水解/接触氧化/活性炭工艺处理印染废水[J]. 中国给水排水, 2003, 19(9): 71- 72.

[8] Chang W S, Hong S W, Park J. Effect of zeolite media for the treatment of textile wastewater in a biological aerated filter[J]. Process Biochemistry, 2002(37): 697- 698.

Dyeing wastewater treatment by the combination of flocculation- hydrolysis acidification- aerobic process

WANG Xiangjing¹, CHEN Fang², GUO Wanqian³, WU Yunpeng¹,
XU Meidong², REN Nanqi³

(1. College of Life Sciences, Northeast Agricultural University, Harbin Heilongjiang 150030, PRC ;

2. Research & Development Center of HISUN Group, Taizhou Zhejiang 318000, PRC ;

3. School of Municipal & Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin Heilongjiang 150090, PRC)

Abstract: The combination of flocculation- hydrolysis acidification- aerobic process was carried out in dyeing wastewater treatment. The engineering running results showed that when the average concentration of COD, BOD₅ and color were 2 195 mg·L⁻¹, 485 mg·L⁻¹ and 521 respectively, the average removal rates were 95.6%, 96.9% and 92.3%, respectively. The effluent was consistent with discharge standard of water pollutants for dyeing and finishing of textile industry.

Key words: dyeing wastewater; flocculation; hydrolysis acidification