

混凝沉淀-厌氧水解-A/O-混凝沉淀工艺 处理印染废水

张双圣^{1,2} 刘汉湖^{1,2*} 张 龙³ 吴 伟³ 王晓青²

(1. 中国矿业大学江苏省资源环境信息工程重点实验室, 徐州 221116

2 中国矿业大学环境与测绘学院, 徐州 221116 3 江苏省环境科学研究院, 南京 210036)

摘 要 以苏南某化工园区集中污水处理厂为例, 介绍了混凝沉淀-厌氧水解-A/O-混凝沉淀组合工艺处理印染综合废水。实际运行结果表明, 系统的直接运行成本为 0.755 元/t 废水, 对 COD、氨氮、总氮、总磷、SS 和色度的平均去除率分别为 77.7%、90.5%、49.6%、61.7%、68.9% 和 88.7%, 其中色度基本达标, 氨氮的达标率为 87.8%, 而 COD、总氮、总磷、SS 的达标率却分别仅为 47.9%、65.5%、3.4% 和 9.0%。针对现有工艺在稳定达标方面的不足, 分析了原因, 并提出了整改措施。

关键词 印染废水 混凝沉淀 厌氧水解 A/O

中图分类号 X703.1 文献标识码 A 文章编号 1673-9108(2011)03-0528-05

Treatment of dyeing wastewater by coagulating sedimentation-anaerobic hydrolysis-A/O-coagulating sedimentation combined technique

Zhang Shuangsheng^{1,2} Liu Hanhu^{1,2} Zhang Long³ Wu Wei³ Wang Xiaoqing²

(1. Jiangsu Key Laboratory of Resources and Environmental Information Engineering, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China

2. School of Environment Science and Spatial Informatics, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China

3. Jiangsu Provincial Academy of Environmental Science, Nanjing 210036, China)

Abstract Taking a certain sewage treatment plant located in the chemical parks in south Jiangsu Province as an example, the combined technique coagulating sedimentation-anaerobic hydrolysis-A/O-coagulating sedimentation was used in treatment of the dyeing wastewater. The results showed that the direct operating cost of the sewage treatment plant was 0.755 yuan/t wastewater; the removal rates of COD, NH₄-N, TN, TP, SS, chroma were 77.7%, 90.5%, 49.6%, 61.7%, 68.9% and 88.7%, respectively. On the whole, the chroma could meet the discharge standard, the attainment rate of NH₄-N was 87.8%, however the attainment rates of COD, TN, TP and SS just were 47.9%, 65.5%, 3.4%, 9.0%, respectively. Based on the shortage analysis of the technique, the reasons and the corresponding solving methods were presented in this paper.

Key words dyeing wastewater; coagulating sedimentation; anaerobic hydrolysis; A/O

苏南某化工园区以印染和化工产业为主导, 园区污水处理厂进水中含有 85% 的印染废水, 6% 的化工废水, 其余的 9% 为其他工业废水和部分生活污水, 实际处理规模为 1.6~2.4 万 t/d。该污水厂采用混凝沉淀-厌氧水解-A/O-混凝沉淀组合工艺对园区废水进行处理。但实际运行效果表明, 出水水质未能稳定达到《太湖城区城镇污水处理厂以及重点工业行业主要水污染物排放限值》(DB32/1072-2007)排放标准, 亟待进行提标改造。

本实验通过现场实测, 对工艺运行各单元的处理效果和运行中出现的问题进行了分析, 并提出了

改造建议, 这对该污水厂及采用类似工艺的污水厂的提标改造具有实际指导意义。

1 污水来源及水质

污水厂处理废水主要是化工园区的综合废水,

基金项目: 国家“水体污染控制与治理”科技重大专项
(2008ZX07313-005, 2008ZX07101-003-005)

收稿日期: 2010-01-19 修订日期: 2010-02-27

作者简介: 张双圣(1983~), 男, 硕士研究生, 主要从事水污染控制技术研究工作。Email: zhang_shuangsheng@163.com

* 通讯联系人, Email: hanhucum@sina.com

其中印染废水的产生量在 10 000~ 15 000 m³ /d 而使用的染料以及废水中的污染物主要以活性、酸性染料以及大量印染助剂、染料溶剂为主。废水颜色鲜艳, 且色泽多变。GC-MS 检测结果表明, 废水中的有机污染主要以喹啉(异喹啉)、双酚 A、N-甲基甲酰苯胺、硬脂酸等(其中双酚 A 含量尤其高)为

主, 其中活性艳蓝是其中一种较为常用的活性染料。园区废水进管执行《污水排入城市下水道水质标准 CJ3082-1999》。据调研, 园区的近 70 家企业中 37% 的企业对废水进行了预处理, 污水厂现场监测的进水水质及出水执行的排放标准如表 1 所示。

表 1 进水水质及排放标准
Table 1 Influent quality and discharge standard

	COD (mg/L)	氨氮 (mg/L)	总氮 (mg/L)	总磷 (mg/L)	SS (mg/L)	色度 (倍)
进水水质	240~ 300	18.6~ 36.4	19.9~ 53.6	1.5~ 4.7	110~ 330	200~ 350
出水水质	16~ 165	0.5~ 9.5	3.3~ 23.5	0.4~ 2.4	11~ 107	24~ 55
排放标准	60	5(8)	15	0.5	10	40

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。

2 工艺流程及说明

污水厂工艺集物化处理与生化处理于一身, 其流程如图 1 所示。

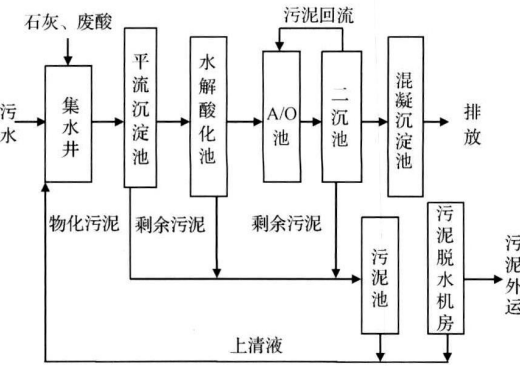


图 1 工艺流程图

Fig 1 Schematic diagram of treating process

污水进入集水井之前先加混凝剂 (FeCl₃) 调节 pH, 进入集水井后投加石灰乳絮凝沉淀, 废水经絮凝后由提升泵打入平流沉淀池, 除去不溶性有机物; 初沉池出水进入水解酸化池进行厌氧水解, 提高废水的可生化性^[1-2]; 厌氧水解出水自流至 2 组并联的推流式 A/O 池, 其中 A 池采用的是曝气搅拌; A/O 池出水进入辐流式沉淀池, 进行泥水分离, 部分污泥回流至 A 池进行反硝化作用, 出水进入混凝沉淀池, 投加 PAC 和脱色剂对废水进行深度处理, 此外, 视处理情况, 在处理效果较差或者冲击负荷高时, 有时还要投加活性炭, 最终出水外排。

3 主要构筑物及操作参数

系统构筑物主要有初沉池、水解酸化池、A/O 池、二沉池及混凝沉淀池, 其主要工艺参数如表 2 所示。

表 2 主要构筑物及工艺参数
Table 2 Main structures and technological parameters

名称	尺寸 (m)	HRT (h)	备注
粗格栅及提升泵房	∅ 10 × 8.8	0.65	1 座
细格栅初沉池	43.3 × 18.3 × 4.05		1 座
水解酸化池	96.35 × 39.6 × 7.5	32	1 座
A/O 池	A: 34.4 × 8.5 × 6.5 O: 73.85 × 61 × 7.0	A: 2 O: 29.7	2 座并联
二沉池	∅ 40 × 4.0		2 座
混凝沉淀池	46.03 × 14.55 × 4.0		1 座
储泥池	8.5 × 8.5 × 7.0		1 座

主要构筑物均由水泥混凝土浇注而成, 水解酸化池采用的是多点布水技术, 保证了布水的均匀性; 二沉池采用辐流式沉淀池, 中心进水, 周边传动刮泥; 混凝沉淀池加药方式为管道加药曝气搅拌, 沉淀池为斜管沉淀。

4 系统运行效果及性能评估

4.1 处理效果分析

选取 2009 年 5 月 15 日 ~ 2009 年 7 月 15 日的监测结果, 各处理单元对 COD、氨氮、总氮、总磷、SS 和色度的去除情况如图 2 所示。

由图 2 可知, 在监测时间范围内, 系统对氨氮、色度的去除效果较好, 平均去除率达到 90.5%、

88.7%，基本上能够稳定达标，但是对 COD、总氮的平均去除率为 77.7%、49.6%，达标率仅为 47.9%、65.5%，时常有超标现象，而总磷与 SS 却长期超标。其中，COD 的去除主要集中在初沉池的物化处理及 A/O 池段的生化处理，而总磷与色度的去除主要集中在物化处理，氨氮与总氮主要集中在生化处理。由于含氮类染料的水解作用，释放部分胺类物质后

导致厌氧水解出水氨氮、总氮升高^[3-4]。与文献报道的研究结果^[5-7]相比较，本工程的各处理单元的处理效果并不理想，主要表现为：抗冲击负荷能力差；厌氧水解作用低，经厌氧水解后 B/C 由进水的 0.30 仅提高到 0.36 COD 的平均去除率仅为 0.5%；出水各指标不能稳定达标，出水水质变化大；出水总磷与 SS 长期超标，达标率仅为 3.4% 和 9.0%。

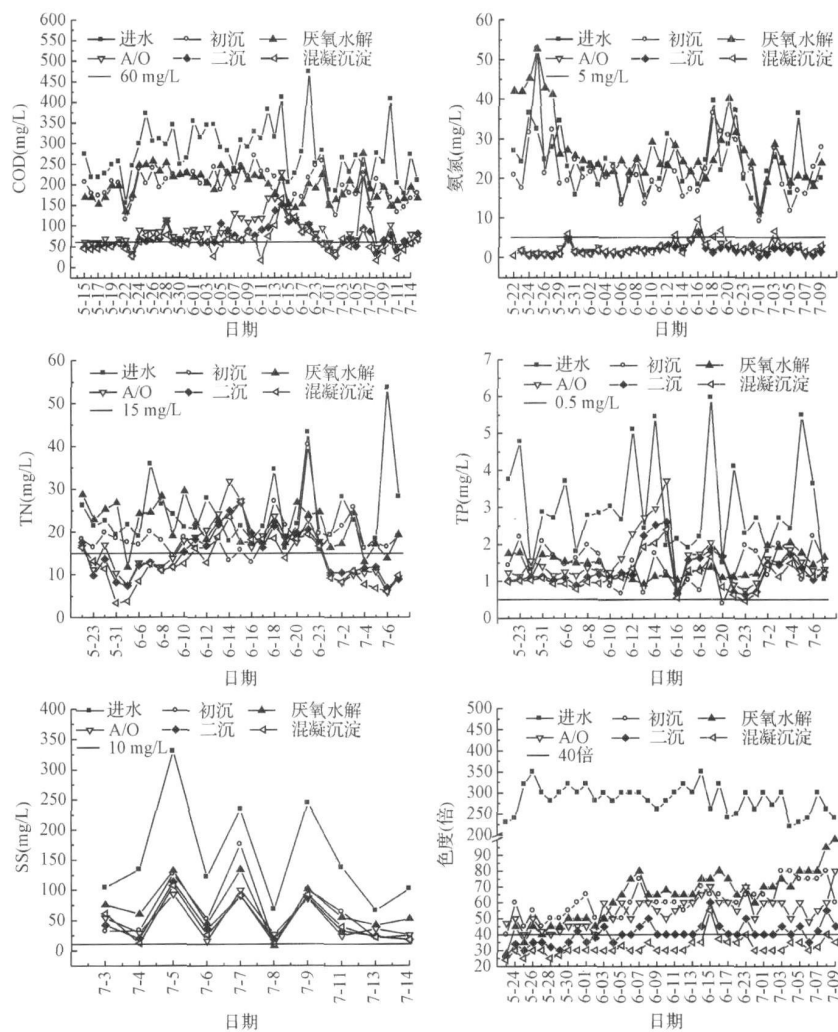


图 2 各工段污染物的处理效果

Fig 2 Treating efficiency of each unit

4 2 系统各单元性能评估

4.2.1 集水井

系统中的集水井兼有调节池与絮凝池的作用，用于调节 pH 及絮凝作用的 FeCl_3 与石灰的投加量分别为 14 t/d 和 21 t/d 用量固定，而且药剂采用人工投加的方式，自动化程度较低。由于进水水量及

水质变化较大，固定投加药剂不仅会造成浪费，且环境 pH 仍不能达到微生物的最适 pH。集水井容积为 690.8m^3 ，停留时间仅为 0.65 h 不能有效起到调节池的作用，对于像 6 月 13 日 ~ 6 月 16 日的微生物中毒死亡事件就是由于高氨氮废水在短时间内涌入，系统不能有效地调节水量及水质造成的。另外，

混凝过程中仅有一台搅拌机, 没有快速搅拌及慢速搅拌之分, 对絮凝沉淀不利^[8], 而且先絮凝再提升, 容易打碎絮体。

4. 2. 2 初沉池

进水本身属于低浓度工业废水, 碳源明显不足, 而经过初沉池处理后, 大量的有机物被絮凝除去, 废水的可生化性有一个降低的过程, B/C 由进水的 0.41 降为 0.30 导致进入厌氧水解池和 A/O 池的废水中营养缺乏, 影响厌氧菌的水解酸化作用、A/O 池中反硝化细菌的反硝化作用及释磷菌的除磷能力。而且加药使得系统的产泥量大大增加, 产生量大约为 80 t/d 提高了污水厂的污泥处置成本。

4. 2. 3 厌氧水解池

厌氧水解池采用多点布水技术, 依靠来水重力自流进行升流式搅拌, 保证了布水的均匀性, 但是泥水混合效果差, 厌氧水解池有效水深为 7 m, 但是随着池深增加, 厌氧污泥 MLSS 越大, 污泥浓度变化与池深关系如图 3 所示。

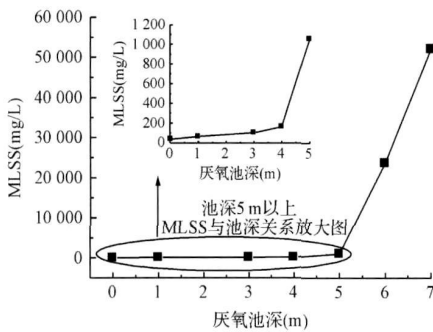


图 3 污泥浓度变化与池深关系图

Fig. 3 Relationship between variation of MLSS concentration and depth of tank

厌氧池底部污泥的 MLSS 非常高, 超过 50 g/L, 但是在厌氧池 5 m 池深以上, 污泥浓度已经降到 1 g/L 左右, 4 m 以上泥浓度只有 200 mg/L 左右。因此, 污水厂厌氧池的泥水搅拌是不充分的, 上层基本没有污泥进行厌氧水解反应, 厌氧池中泥水实际接触反应时间远小于设计的停留时间, 导致废水的可生化性提高不明显, B/C 由进水的 0.30 仅提高到 0.38。

4. 2. 4 A/O 池

A 池采用曝气动力进行搅拌, 导致溶解氧及泥水混合程度之间产生矛盾, 即溶解氧达到 0.5 mg/L 以下时, 曝气搅拌力度不够, 回流污泥分布不均, 污

泥容易沉降导致泥水分离; 当曝气量大时, 泥水充分接触, 但是溶解氧升高, 不能良好地进行反硝化作用。另外, A 段容积偏小, 对于日处理量 2 万 t/d 的废水来讲, 水力停留时间仅为 2 h 影响反硝化作用的充分进行。

4. 2. 5 二级混凝沉淀池

二沉池出水与脱色剂、絮凝剂进行管道混合后再进行曝气搅拌, 虽然药剂和废水混合均匀, 但是曝气使得废水中的发色基团重新被氧化, 导致出水色度较二沉池降低很少, 甚至会有回升的现象。另外药剂聚合氯化铝 (PAC) 投加量太小, 仅为 30 mg/L, 导致除磷效果不明显。小试实验表明, 在一定的投加量范围内, 随着 PAC 投加量的增加, 总磷的去除效果越佳, 考虑到运行成本问题, 认为 PAC 投加量为 100 mg/L 时总磷去除效果较好, 如图 4 所示。

混凝沉淀池采用手动排泥, 由于管理上的问题不能及时排泥, 导致出水中携带部分固体悬浮物, 使得 SS 长期超标。

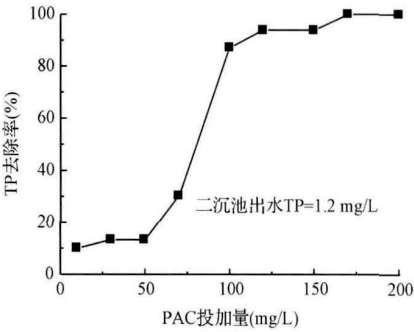


图 4 PAC 投加量与总磷去除率关系图

Fig. 4 Relationship between dosage of PAC and removal rate of TP

5 直接运行费用

系统直接运行费用包括机电设备运行能耗、人员管理费用、药剂费用及污泥处置费用。电费: 按 0.8 元 /kWh 计, 每吨废水耗电 0.45 kWh 合计电费 0.45 × 0.8 元 = 0.36 元 /t 废水。人工费用: 约 0.085 元 /t 废水。药剂费用: 污水厂投加药剂及费用如表 3 所示, 合计药剂费用约 0.265 元 /t 废水。污泥处置费用: 约 0.045 元 /t 废水。经初步估算, 该厂的废水处理费用在 0.755 元 /t 废水左右。

表 3 污水厂药剂费用表
Table 3 List of coagulant costs

序号	所加药剂	添加处理单元	用 量	费 用
1	氢氧化钙	格栅池	0 15 kg/t 废水	0 09 元 /t 废水
2	三氯化铁	格栅池	0 45 kg/t 废水	0 03 元 /t 废水
3	粉末活性炭	污泥池	一次投加量为 2 t	活性炭价格 约 4 000 元 /t
4	聚合氯化铝 (PAC)	混凝沉淀池	30 g/t 废水	0 06 元 /t 废水
5	脱色剂	混凝沉淀池	0 01 kg/t 废水	0 04 元 /t 废水
6	聚丙烯酰胺	污泥脱水间	3 75 g/t 废水	0 045 元 /t 废水

6 结论及建议

在江苏省印染废水为主的污水厂的调研中,混凝沉淀-厌氧水解-AO-混凝沉淀工艺是应用较多的一类,所占比例达到 30% 左右,因此整体来说,污水厂的工艺具有一定的普遍性和适应性,但鉴于对本工程系统各单元存在的问题的分析,提出以下建议:

- (1)增设调节池,按照废水处理量为 2 万 t/d 计算,设计尺寸规格为 $L \times B \times H = 40\text{ m} \times 15\text{ m} \times 8\text{ m}$,有效容积 $V = 4\,500\text{ m}^3$,停留时间为 5.4 h,提高系统的抗冲击负荷性能。
- (2)取消系统三氯化铁及生石灰的投加,改为仅投加废硫酸调节 pH,不再进行混凝沉淀,废硫酸的投加要实现自动化控制,要根据每天不同时段进水的 pH 适量投加,使环境达到微生物的最适 pH,最终初沉池出水直接进入厌氧水解池。
- (3)改造厌氧水解池,通过增设上清液回流系统(回流比控制在 50% ~ 100%)或者(和)增设池底泥水搅拌机来增强泥水混合效果,这样可以增强泥水混合效果,增强系统对废水的处理效果。

- (4) A 池取消曝气搅拌,改为机械搅拌,或者通过穿孔布水管实现水力搅拌,在控制好溶解氧的前提下,提高回流污泥分布的均匀性。
- (5)加大混凝沉淀池 PAC 的投加量,确定其最适投加量为 100 mg/L,增强对总磷的去除效果。而且要对池中污泥进行定期外排,降低出水中 SS 的含量。

参 考 文 献

[1] 陈晗, 龚明. 水解-接触氧化工艺处理印染废水. 水处理技术, **2006** 32(12): 87-89

[2] Yalcin A. O., Orhan I., Tam D., *et al* Determination of optimum operating conditions of an acidification reactor treating a chemical synthesis based pharmaceutical wastewater. *Process Biochemistry*, **2006**, 41(11): 2258-2263

[3] Wang X. Y., Zeng G. M., Zhu J. L. Treatment of jeans wash wastewater by combined coagulation, hydrolysis/acidification and Fenton oxidation. *Journal of Hazardous Materials*, **2008** 153(1-2): 810-816

[4] 喻学敏, 白永刚, 刘伟京, 等. ABR 反应器预处理综合印染废水的研究. 环境工程学报, **2009**, 3(6): 981-984

[5] 印春生. 混凝-水解酸化-好氧-混凝工艺处理印染废水. 污染防治技术, **2008** 21(5): 78-80

[6] 顾文柳, 李伟, 陈华华. 混凝沉淀-水解-接触氧化-气浮工艺处理印染废水. 江苏环境科技, **2007**, 20(1): 24-26

[7] 肖秀梅, 欧军智, 吴星五. 混凝沉淀-水解酸化-活性污泥工艺处理印染废水. 工业用水与废水, **2006** 37(3): 78-79

[8] 姜美香. 化学混凝法处理印染废水. 承德石油高等专科学校学报, **2002** 4(2): 9-11