

## 工程实例

## 牛仔服漂洗废水处理工艺改造

吴锦华, 李平, 周崑

(华南理工大学 环境科学与工程学院, 广州 510006)

**摘要:** 某牛仔服漂洗厂采用混凝沉淀-接触氧化-生物滤池工艺处理废水, 但未能达标排放, 针对运行中存在的问题对格栅井、集水井、接触氧化池和生物滤池单元进行了改造。运行结果表明当进水 COD、BOD<sub>5</sub>、SS、硫化物的质量浓度分别为 442.5、145.1、403.2、36.8 mg/L, 色度为 420 倍时, 出水 COD、BOD<sub>5</sub>、SS、硫化物的质量浓度分别为 51.4、8.2、47.6、0.2 mg/L, 色度为 20 倍。改造后可实现牛仔服漂洗废水长期稳定达标排放。

**关键词:** 牛仔服漂洗废水; 混凝; 接触氧化

**中图分类号:** X791.031 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-2455(2008)04-0082-03

漂洗是牛仔服生产后整理的关键工序, 通过普洗、酵洗、扎洗、石磨、氧化还原、石染、普染等工艺可以使牛仔服达到磨损、脱色和斑驳等特殊效果<sup>[1]</sup>。漂洗废水来自牛仔服的漂洗和脱水过程。污染物主要是浮石渣、短纤维和从牛仔服中水洗下来的染料、浆料以及各种助剂。废水特点是悬浮物、胶体物、无机盐浓度高, 颜色呈蓝黑色, 污染物成分由于生产工艺的不同而存在很大差异<sup>[2-3]</sup>。由于生产所用的染料如靛蓝染料、硫化染料、活性染料和助剂(PVA、增白剂、表面活性剂等)均是难降解物质, 因此, 目前产业界普遍采用混凝预处理与生化处理相结合的工艺以实现其达标排放<sup>[4]</sup>。

广东顺德某小型洗水厂主要从事童装牛仔服的漂洗生产, 日漂洗牛仔服 4 000 件, 产生废水约 400 m<sup>3</sup>/d, 采用了混凝沉淀与接触氧化工艺处理废水, 但未能达标排放。本文针对运行中存在的问题, 对旧工艺进行了改造, 使出水长期稳定达标排放, 达到预期效果。

## 1 工程概况

### 1.1 废水水质及排放标准

废水水质及排放标准列于表 1。由于厂房靠近农户和农田, 出水需严格执行《广东省水污染物排放限值》(DB 44/26-2001)第二时段一级排放标准。

### 1.2 原有处理工艺流程及运行情况

原有漂洗废水处理工艺流程如图 1 所示。

废水经格栅井除去大颗粒悬浮物和纤维后进入

表 1 漂洗废水水质及排放标准

项目 名称	$\rho(\text{COD})$ ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	$\rho(\text{BOD}_5)$ ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	$\rho(\text{SS})$ ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	色度/ 倍	$\rho(\text{硫化物})$ ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	pH值
废水 水质	350 ~ 480	100 ~ 150	300 ~ 450	300 ~ 450	20 ~ 40	6 ~ 9
排放 标准	$\leq 70$	$\leq 15$	$\leq 60$	$\leq 40$	$\leq 0.58$	6 ~ 9

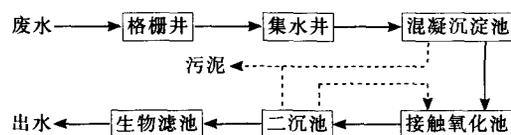


图 1 工艺流程

集水井, 由污水泵把废水泵入混凝反应池, 然后流入斜管沉淀池进行分离, 去除废水中的悬浮物和难降解 COD 成分。沉淀池出水自流至接触氧化池进行好氧生化处理。其出水在二沉池分离活性污泥后, 自流至生物滤池进一步处理, 以实现废水达标排放。二沉池分离的污泥部分回流到接触氧化池, 剩余污泥与混凝沉淀池污泥经带式压滤机压滤后外运填埋。

工程从 2006 年 3 月开始运行, 但出水一直未能达标, 出水水质指标列于表 2。现场调研及操作工人反映, 处理过程中主要存在以下问题: ①污

基金项目: 国家自然科学基金(50708039); 教育部新教师基金; 佛山产学研专项资金项目(2006A024); 广东省科技计划项目(2005B33301003)

收稿日期: 2008-03-27; 修回日期: 2008-05-21

水泵堵塞严重, 经常停机清洗叶片; ② 混凝沉淀池去除 COD 和色度的效果非常差, 而且出水含有大量絮体; ③ 接触氧化池采用穿孔管形式曝气, 溶氧利用率低 (< 5%) 且堵塞严重, 造成配气不均匀; ④ 由于二沉池出水悬浮物过多, 生物滤池堵塞严重。

表 2 出水水质

$\rho(\text{COD})/$ ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	$\rho(\text{BOD}_5)/$ ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	$\rho(\text{SS})/$ ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	色度/ 倍	$\rho(\text{硫化物})/$ ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	pH值
150~180	35~50	80~120	80~120	5~10	6~9

### 1.3 问题分析

(1) 工程运行现场观察发现, 废水中含有大量的浮石渣和短纤维, 格栅井仅设置了 1 道栅条间距为 2 cm 的格栅, 根本无法有效地拦截废水中细小的浮石和短纤维, 造成过多的悬浮物进入集水井, 这是导致污水泵堵塞的根本原因。

(2) 混凝过程中使用  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  调节 pH 值, 絮凝剂为  $\text{FeSO}_4$ 、助凝剂为阴离子型 PAM。据文献报道<sup>[4-5]</sup>,  $\text{FeSO}_4$  对牛仔服漂洗废水具有很好的混凝效果, 但在本工程中混凝效果欠佳。故此, 经烧杯混凝试验, 发现絮体表面黏附直径为 0.5~2 mm 的小气泡, 除粒径大且质量重的絮体沉于烧杯底部外, 约 30% 的絮体呈悬浮状态, 20% 的絮体浮于液面。由生产工艺发现, 由于漂白过程使用了  $\text{H}_2\text{O}_2$  和  $\text{NaClO}$  等药剂, 絮体表面黏附的气泡是废水中残余的  $\text{H}_2\text{O}_2$  和  $\text{ClO}^-$  在  $\text{Fe}^{2+}$  的催化下反应释放的。反应式如下:



(3) 接触氧化池除了溶氧效率低和配气不均匀外, 附着的生物膜活性差是其处理效率低下的另一个主要原因。主要是混凝沉淀池效果差, 导致过多的染料和助剂进入接触氧化池, 对微生物产生了抑制作用; 另外所采用的填料均是“Y”型弹性填料, 微生物难于在其表面附着生长, 随出水流失严重。

(4) 生物滤池滤料采用粒径为 1~3 mm 的陶粒, 其堵塞的原因可归结为混凝沉淀池上浮的絮体流入了接触氧化池, 在曝气的过程中破碎成微小颗粒, 无法在二沉池中分离而大量进入滤池, 导致颗粒物在陶粒空隙沉积甚至板结。

## 2 工程改造及运行效果

针对水泵堵塞、混凝沉淀效果差、接触氧化池

处理效率低下及生物滤池堵塞等问题和成因, 对格栅井、集水井、接触氧化池和生物滤池进行了相应的改造。

### 2.1 格栅井的改造及效果

把格栅井的容积由  $2 \text{ m}^3$  改建为  $6 \text{ m}^3$ , 大小为  $4 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$  (长  $\times$  宽  $\times$  深), 水力停留时间 HRT 为 18 min。设 2 道与液流的方向垂直、栅条间距分别为 2 cm 和 1 cm 的格栅及 1 道与液流方向成 30 度角、孔径为 20 目的不锈钢筛网, 定时轮换清洗。运行结果表明, 改造后的格栅井对浮石渣、短纤维等悬浮物的截留率达到 85% 以上, 从而使污水泵堵塞的问题得以解决。

### 2.2 改建集水调节池

为避免废水中残留的  $\text{H}_2\text{O}_2$  和  $\text{NaClO}$  等药剂干扰混凝沉淀过程, 把原有的集水井改建为 HRT 为 8.5 h 的集水调节池, 其大小为  $8 \text{ m} \times 6 \text{ m} \times 3.5 \text{ m}$ , 设置功率为 1.5 kW 的表曝机, 调节和均匀水质及降低水温 ( $\theta < 38 \text{ }^\circ\text{C}$ ), 并使  $\text{H}_2\text{O}_2$  和  $\text{NaClO}$  在调节池内充分分解。

### 2.3 混凝沉淀池运行效果

原有混凝反应池容积为  $5 \text{ m}^3$ , 混凝反应时间为 18 min。斜管沉淀池大小为  $5 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 6 \text{ m}$ , 有效沉淀面积和容积分别为  $15.5 \text{ m}^2$  和  $40 \text{ m}^3$ , 表面负荷和 HRT 分别为  $1.08 \text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$  和 2.4 h。反应时间和表面负荷均满足斜管沉淀池运行要求<sup>[6]</sup>。运行期间, 用  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  调节 pH 值至 8~9,  $\text{FeSO}_4$  和 PAM 的投加量分别为 400 mg/L 和 4 mg/L。经过格栅井和集水井的改造后, 絮体的沉淀效果良好, 每 12 h 排泥一次, 从未发生絮体上浮现象, 对 COD 和色度的去除效果如图 2 和图 3 所示。在 90 d 的试运行期间, 进水  $\rho(\text{COD})$  在 380.7~473.2 mg/L 变化, 混凝沉淀池出水  $\rho(\text{COD})$  低于 185.8 mg/L, 对 COD 的平均去除率为 60.8%; 进水色度介于

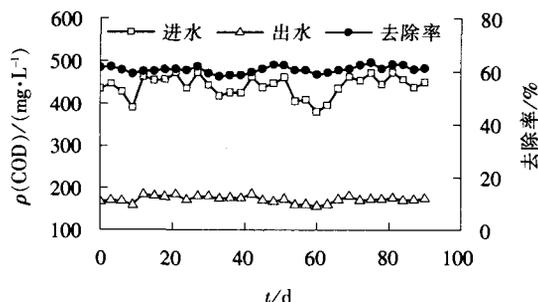


图 2 混凝沉淀池去除 COD 的效果

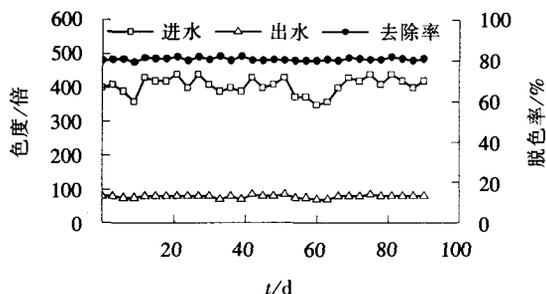


图3 混凝沉淀池去除色度的效果

350~430倍,出水色度低于85倍,平均脱色率达80.7%,混凝沉淀池一直维持较好的处理能力。

#### 2.4 接触氧化池的改造及效果

原有接触氧化池大小为 $6\text{ m} \times 5\text{ m} \times 5.7\text{ m}$ ,有效容积为 $135\text{ m}^3$ ,HRT为8h。与接触氧化池相连的二沉池大小为 $5\text{ m} \times 4\text{ m} \times 5.5\text{ m}$ ,其有效沉淀面积和有效容积分别为 $15.5\text{ m}^2$ 和 $40\text{ m}^3$ ,表面负荷和HRT分别为 $1.08\text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 和2.4h。针对接触氧化池存在的问题,拆除了原有的穿孔曝气管和填料,改用DN50的微孔曝气管进行曝气,管间距为0.5m;填料改用直径为16cm、“盾”型和“Y”型按1:1的比例交叉排列的弹性填料,其数量为49串/ $\text{m}^2$ ,填充量为 $100\text{ m}^3$ ,占池体容积的75%。在第一个月的启动和调试期间,投加湿污泥2500kg,并把二沉池分离的污泥全部回流至接触氧化池。经过近一个月的启动运行,镜检测得载体生物膜厚为 $50\sim 80\text{ }\mu\text{m}$ ,而且原生动植物附着生物膜上生长,形成种群结构致密的生物膜体系,池内污泥的质量浓度达到了 $2500\sim 3000\text{ mg/L}$ 的水平,接触氧化池进入了稳定状态。由于漂洗废水中缺磷,每天直接往接触氧化池中投加1kg磷肥,控制DO的质量浓度为 $2\sim 3\text{ mg/L}$ ,气流量为 $85\text{ m}^3/\text{h}$ ,气水体积比约为5:1,溶解氧的利用率约为9.5%。稳定运行后每天从二沉池排出污泥约16kg(湿污泥约 $0.8\text{ m}^3$ ),其余污泥回流至接触氧化池,池内污泥龄SRT为25d。接触氧化池进水及二沉池出水水质如表3所示。COD、BOD<sub>5</sub>、色度及硫化物的平均去除率分别为58.8%、78.6%、61.3%

表3 接触氧化池进水和二沉池出水水质

水样名称	$\rho(\text{COD})/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	$\rho(\text{BOD}_5)/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	色度/倍	$\rho(\text{硫化物})/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	pH值
接触氧化池进水	155~185	40~100	70~85	10~25	7
二沉池出水	60~80	10~20	20~40	$\leq 0.5$	6.5

和97.1%,出水水质接近或低于排放限值。

#### 2.5 生物滤池的改造及效果

由表3的数据可知,二沉池出水的COD和BOD<sub>5</sub>值已经接近或者低于排放的限值。由于受传质的限制,活性污泥法、接触氧化法等工艺已无法进一步高效地降解二沉池出水中残余的COD和BOD<sub>5</sub>成分。生物滤池依靠附着于滤料表面生长的好氧微生物降解有机质,实现了SRT与HRT的分离,使废水从载体的四周流过时能与其表面的生物膜广泛而频繁地接触,从而克服了传质的阻力,可使废水中残余的COD成分进一步被降解;另一方面,生物滤池还可以拦截二沉池出水中残余的细小微生物絮体,保证出水清澈。因此,生物滤池在废水深度处理中得到了广泛的应用<sup>[7]</sup>。生物滤池的大小为 $5\text{ m} \times 2.5\text{ m} \times 4.5\text{ m}$ ,有效容积为 $42\text{ m}^3$ ,HRT为2.5h。为避免生物滤池堵塞的问题和节省成本,把接触氧化池拆下来的“Y”型弹性填料以堆放的方式替换陶粒,控制 $\rho(\text{DO})$ 为 $0\sim 0.5\text{ mg/L}$ 。生物滤池出水 $\rho(\text{COD}) < 60\text{ mg/L}$ 、 $\rho(\text{BOD}_5) < 10\text{ mg/L}$ 、色度 $< 20$ 倍、 $\rho(\text{SS}) < 50\text{ mg/L}$ ,从而保证了出水长期稳定达标排放。运行结果表明,“Y”型弹性填料是生物滤池中非常好的填料,可克服活性炭、砂砾、石砾、陶粒等滤料在运行中存在的堵塞问题,而且微生物可在其表面形成种群结构致密的生物膜,去除废水中残余的难降解有机污染物。

#### 2.6 出水水质及费用

工程正常运行6个多月后,由当地环境监测站进行连续3d(2次/d)的水质监测,统计平均值列于表4。结果表明,改造后系统对COD、BOD<sub>5</sub>、SS、色度及硫化物的总去除率分别达到88.4%、94.3%、88.2%、95.2%及98.4%,出水各项指标都达到或优于排放标准。

表4 工程进出水水质

指标	$\rho(\text{COD})/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	$\rho(\text{BOD}_5)/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	$\rho(\text{SS})/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	色度/倍	$\rho(\text{硫化物})/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	pH值
进水	442.5	145.1	403.2	420	36.8	7.5
出水	51.4	8.2	47.6	20	0.2	6.5

本工程改造土建费用6万元,增加设备费用0.3万元、曝气管费用0.6万元和填料费用1.5万元。运行费用主要包括药剂费 $0.34\text{ 元}/\text{m}^3$ 、人工费 $0.2\text{ 元}/\text{m}^3$ 和电费 $0.36\text{ 元}/\text{m}^3$ ,合计为 $0.9\text{ 元}/\text{m}^3$ 。

(下转第90页)

### 5 经济分析

该项目工程规模为 800 m<sup>3</sup>/d, 总投资为人民币 158 万元, 其中土建投资 48 万元, 设备及其它投资 110 万元。废水运行费用为 0.78 元/m<sup>3</sup>, 其出水平均 COD<sub>Cr</sub>、SS 的质量浓度分别为 75.7、11.7 mg/L。污水处理设施正常运行后每天可去除 COD<sub>Cr</sub> 污染物质 2.81 t, 每年减少排放 COD<sub>Cr</sub> 污染物质 252.9 t(本企业年生产期为 3 个月), 大大减轻了对环境水体的污染, 环境效益十分显著。

### 6 结语

(1) 大蒜废水一直是环保行业及大蒜加工企业非常棘手的问题, 采用气浮-混流式生物选择-加强 SBR 工艺处理大蒜脱水废水的工程运行实践表明, 该工艺是一套切实可行、非常实用的大蒜脱水废水处理工艺技术, 对大蒜脱水废水的处理效率高, 运行稳定, 操作灵活, 出水指标能够完全达到《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)中规定的一级标准要求。

(2) 自主研发的混流式生物选择反应器和培养的适应大蒜素的专用高效微生物菌种对大蒜素废

水有很好的适应性和降解能力, 为下一步的好氧处理打下了坚实的基础, 是解决大蒜脱水废水处理的根本, 为污水能够很好的进行好氧处理提供了必要条件。

(3) 简单的物理絮凝反应对本废水的作用很不明显, 这在运行过程中尤其重要, 通过加入自主研发的专用药剂, 再配合絮凝剂使用能起到极佳的效果。

#### 参考文献:

- [1] 张忠祥, 钱易. 废水生物处理新技术[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.
- [2] 阮文权. 废水生物处理工程设计实例详解[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.
- [3] 北京水环境技术与设备研究中心, 北京市环境保护科学研究院, 国家城市环境污染控制工程技术研究中心. 三废处理工程技术手册 废水卷[M]. 北京: 化学工业出版社, 2000.

作者简介: 张献彬(1976-), 男, 山东临沂人, 工程师, 现任职于城市建设研究院山东分院环境工程所, (电子信箱) zhx0219@163.com.

(上接第 84 页)

### 3 结语

(1) 以混凝沉淀-接触氧化-生物滤池为主线的处理工艺可实现牛仔服漂洗废水长期稳定达标排放。当进水 COD、BOD<sub>5</sub>、SS、硫化物的平均质量浓度分别为 442.5、145.1、403.2、36.8 mg/L, 色度为 420 倍时, 出水 COD、BOD<sub>5</sub>、SS、硫化物的平均质量浓度分别为 51.4、8.2、47.6、0.2 mg/L, 色度为 20 倍。

(2) 集水调节池对保证牛仔服漂洗废水混凝沉淀的效果起到关键的作用。当集水调节池 HRT 为 8 h, 可使废水中残余的 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 和 ClO<sup>-</sup> 得到充分的分解, 避免由于 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 和 ClO<sup>-</sup> 分解释放的 O<sub>2</sub> 使污泥上浮的现象。

(3) “Y”型弹性填料作为生物滤池的滤料使用, 可克服活性炭、砂砾、石砾、陶粒等滤料在运行中存在的堵塞问题, 并有效地消除出水中残余的 COD 和 BOD<sub>5</sub> 成分, 保证出水长期稳定达标排放。

#### 参考文献:

- [1] 胡龙生, 陈斌. 牛仔布染整废水的处理[J]. 工业用水与废水, 1999, 30(1): 30-32.
- [2] 刘启东. 牛仔服装清洗废水的处理[J]. 工业水处理, 2007, 27(2): 66-68.
- [3] 周小飞, 刘惠成, 陈航, 等. 水解酸化/生物接触氧化/沉淀工艺处理牛仔衣染色废水[J]. 工业水处理, 2007, 27(5): 88-90.
- [4] 计建洪, 庄惠生. 靛蓝牛仔布印染废水的中和-混凝-SBR 处理工艺[J]. 印染, 2006, (11): 33-34.
- [5] 吴友明, 周勤, 肖锦. PASS 絮凝剂改进浆染废水常规处理工艺研究[J]. 工业水处理, 2005, 25(8): 72-75.
- [6] 聂永丰. 三废处理工程技术手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2000.
- [7] 张亮, 张玉先, 包卫彬, 等. 生物滤池处理微污染源水试验研究[J]. 工业用水与废水, 2007, 38(5): 24-28.

作者简介: 吴锦华(1977-), 男, 广东开平人, 讲师, 博士, 研究废水生物降解理论与技术, (电子信箱) jinhuawu@scut.edu.cn.