

# 生物接触氧化结合气浮法处理卷烟综合废水

张红振<sup>1</sup> 刘汉湖<sup>1</sup> 齐运伟<sup>2</sup> 裴宗平<sup>1</sup> 陈嘉祥<sup>2</sup> 邓绍坡<sup>1</sup>

(1. 中国矿业大学环境与测绘学院, 江苏 徐州 221008; 2. 徐州卷烟厂, 江苏 徐州 221005)

**摘要** 某卷烟厂采用生物接触氧化结合气浮法处理卷烟综合废水, 经过 3 年的运行实践表明, 工艺运行稳定可靠, 在进水 COD 为 300~1 500 mg/L、SS 为 100~600 mg/L、BOD<sub>5</sub> 为 100~900 mg/L、NH<sub>3</sub>-N 为 10~20 mg/L、水温为 20~30 °C 时, 出水 COD < 70 mg/L、BOD<sub>5</sub> < 20 mg/L、SS < 30 mg/L、NH<sub>3</sub>-N < 3 mg/L, 完全实现达标排放。

**关键词** 生物接触氧化 综合废水 气浮 卷烟厂

**Biological contact oxidation and air flotation process used for cigarette factory synthesis wastewater treatment engineering**

Zhang Hongzhen<sup>1</sup>, Liu Hanhu<sup>1</sup>, Qi Yunwei<sup>2</sup>, Pei Zongping<sup>1</sup>, Chen Jiaxiang<sup>2</sup>, Deng Shaopo<sup>1</sup>. (1. School of Environment & Survey, China University of Mining and Technology, Xuzhou Jiangsu 221008; 2. Xuzhou Cigarette Mill, Xuzhou Jiangsu 221005)

**Abstract:** In some cigarette mill, a biological contact oxidation and air flotation wastewater treatment system with 1 440 m<sup>3</sup>/d of treatment capacity has been used. It is indicated by three years operation that the process features a stable running and a high treating efficiency. Under the condition of influent COD 300~1 500 mg/L, SS 100~600 mg/L, BOD<sub>5</sub> 100~900 mg/L, NH<sub>3</sub>-N 10~20 mg/L, temperature 20~30 °C, the process produces an effluent with COD < 70 mg/L, BOD<sub>5</sub> < 20 mg/L, SS < 30 mg/L and NH<sub>3</sub>-N < 3 mg/L.

**Keywords:** Biological contact oxidation Synthesis and wastewater Air flotation Cigarette factory

卷烟生产工艺的机械化和自动化程度都非常高, 烟草加工业废水产生量不是很大, 不易引起人们的重视, 但其含有高浓度有害物质如焦油、尼古丁、酚、苯并芘等<sup>[1]</sup>, 直接排放严重污染环境。据对我国卷烟厂的废水排放状况调查统计, 卷烟厂废水排放量为每箱烟 0.35~0.60 m<sup>3</sup>[2,3], 大中型卷烟厂的废水排放量也相当大。

根据国内卷烟综合废水处理实践看, 由于生产工艺、卷烟产品不同造成了废水水质不同, 处理方法可以分为物化处理、生物处理以及两者相结合的处理等 3 种。例如济南将军集团卷烟厂采用水解—BAF—纤维过滤工艺<sup>[3]</sup>, 湖南郴州卷烟厂采用加絮凝剂沉淀与气浮相结合的工艺<sup>[4]</sup>, 上海卷烟厂采用在二级生化处理的基础上增设过滤装置并投药杀菌的处理工艺<sup>[5]</sup>。一些处理工艺也存在缺陷, 比如采用生物曝气滤池需要定期进行反冲洗, 管理较复杂, 且运行费用较生物接触氧化要高; 物化法仅能处理可溶态 COD 较低的废水, 适用面窄。某卷烟厂采用均质调节—厌氧—氧化—沉淀的处理工艺, 运行效果很不理想, 后又增加深度处理工艺, 造成投资及后期运行成本的大幅提高。

## 1 废水的来源、水质特点及排放标准

某卷烟厂 2004 年生产卷烟 60 万箱, 全厂生产

车间洗涤水、设备及地面冲洗水以及生活污水总量约为 1 000 m<sup>3</sup>/d, 全部纳入污水处理站集中处理。其卷烟生产过程中产生的废水主要来源及水质状况如表 1、表 2 所示。

根据当地环保部门要求, 该厂污水经处理后必须达到《污水综合排放标准》(GB8978—1996)中的一级排放标准, 即: COD 100 mg/L; BOD<sub>5</sub> 20 mg/L; SS 70 mg/L; 石油类 5 mg/L; NH<sub>3</sub>-N 15 mg/L; pH 6~9; 挥发酚 0.5 mg/L。

## 2 卷烟厂综合废水处理工艺

生物接触氧化工艺对水质水量变化适应能力强, 由于不需要污泥回流, 不存在污泥膨胀问题, 运行管理简便, 因而在卷烟厂废水处理中得到广泛应用。该卷烟厂废水的水质、水量变化大, COD 最大 1 530 mg/L, 最小 194 mg/L (见表 2), 加上场地条件的制约, 选择生物接触氧化工艺作为主体处理工艺, 工艺流程为: 集水井—调节池—生物接触氧化—气浮, 见图 1。工艺设计处理能力 1 440 m<sup>3</sup>/d。主要构筑物如表 3 所示。

废水流经格栅后进入调节池, 充分混合后由泵打入接触氧化池。接触氧化池有效水深 4.5 m, 池

第一作者: 张红振, 男, 1980 年生, 硕士, 主要从事水污染控制方面的研究。

表 1 综合废水产生状况分析

| 产生部位    | 产生原因                        | 主要污染物                                   | 污水量/(m <sup>3</sup> ·d <sup>-1</sup> ) | 所占比例/% |
|---------|-----------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------|--------|
| 锅炉房     | 冲渣、除尘(脱硫)废水                 | SS、无机盐                                  | 200                                    | 20     |
| 制丝车间    | 烟叶(烟梗)冲洗、香精香料厨房冲洗、设备保养、室内除尘 | SS、COD、石油类、BOD <sub>5</sub>             | 200                                    | 20     |
| 空调机房    | 冷凝水、烟叶回潮、设备保养               | SS、COD、石油类                              | 120                                    | 12     |
| 卷接包车间   | 生产工艺、设备保养、室内除尘              | SS、COD、石油类                              | 80                                     | 8      |
| 车间办公、生活 | 浴室、食堂、冲刷、冲刷地面               | SS、BOD <sub>5</sub> 、NH <sub>3</sub> -N | 400                                    | 40     |

表 2 废水水质监测结果

| 监测时间             | pH   | SS  | COD  | 石油类 | NH <sub>3</sub> -N | BOD <sub>5</sub> |
|------------------|------|-----|------|-----|--------------------|------------------|
| 2000-06-12-09:00 | 7.21 | 554 | 644  | 5.7 | 14.8               | 330              |
| 2000-06-12-12:00 | 5.78 | 672 | 1180 | 5.1 | 14.1               | 632              |
| 2000-06-12-15:00 | 7.52 | 482 | 408  | 4.1 | 9.22               | 222              |
| 2000-06-12-18:00 | 7.82 | 526 | 310  | 0.9 | 16.0               | 175              |
| 2000-06-13-08:30 | 6.65 | 438 | 767  | 3.6 | 16.2               | 404              |
| 2000-06-13-11:30 | 5.54 | 537 | 1530 | 1.6 | 18.8               | 940              |
| 2000-06-13-14:30 | 7.17 | 116 | 197  | 2.5 | 11.2               | 127              |
| 2000-06-13-17:30 | 7.32 | 106 | 204  | 2.3 | 19.7               | 124              |
| 2000-06-14-08:30 | 6.52 | 228 | 999  | 3.9 | 15.8               | 767              |
| 2000-06-14-11:30 | 7.36 | 84  | 194  | 2.7 | 9.09               | 104              |
| 2000-06-14-14:30 | 7.35 | 162 | 195  | 1.6 | 12.3               | 121              |
| 2000-06-14-17:30 | 7.81 | 144 | 232  | 1.4 | 20.9               | 137              |
| 平均值              | 6.35 | 337 | 572  | 3.0 | 14.8               | 340              |

中采用纤维填料,填料层厚度为 2.7 m,穿孔曝气管采用不锈钢材料。废水经生化处理后进入气浮池。气浮对悬浮物和油类具有较高的去除效率,采用加压溶气气浮代替二次沉淀池进行固液分离,气浮处理后的出水经中间水箱后由泵抽排。气浮的浮渣重力流入调质罐,经调质后由板框压滤机脱水后外运处理。

表 3 主要构筑物一览表

| 序号 | 名称    | 规格                 | 数量 | 结构    |
|----|-------|--------------------|----|-------|
| 1  | 调节池   | 3.5 m×7.4 m×5.0 m  | 1  | 钢筋混凝土 |
| 2  | 接触氧化池 | 9.5 m×5.0 m×7.4 m  | 1  | 钢筋混凝土 |
| 3  | 气浮池   | 2.8 m×7.3 m×2.3 m  | 1  | 钢筋混凝土 |
| 4  | 清水池   | 0.8 m×7.3 m×1.2 m  | 1  | 钢筋混凝土 |
| 5  | 集水坑   | 1.0 m×1.0 m×0.5 m  | 1  | 钢筋混凝土 |
| 6  | 污泥浓缩罐 | 1.7 m×1.7 m×1.0 m  | 1  | 不锈钢   |
| 7  | 操作间   | 360 m <sup>2</sup> | 1  | 砖砌混凝土 |

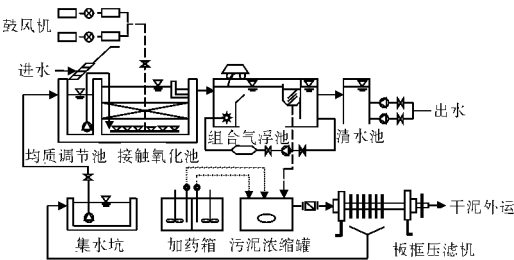


图 1 生物接触氧化—气浮工艺流程图

3 运行结果与讨论

3.1 调试运行

工程于 2001 年 5 月建成,首先进行了单机试车

和联动试运转,系统在各种状态下均运转正常。然后开始对污水处理设施进行系统的调试运行。采用直接进水启动挂膜的方式,前 2 周进水量控制在 10~15 m<sup>3</sup>/h,第 3 周有明显的生物膜形成,进水量提高到 20~30 m<sup>3</sup>/h,第 5 周挂膜成功,出水水质基本达到设计要求。

在水质调节前期,一些方面的原因造成系统进水水量、水质不稳定,在处理工程中出现一些问题,先后对工艺做出了部分调整,主要在如下几个方面:

其一,增加集水井格网。进水中含有杂质,多为直径 1~5 mm,长度 3~10 cm 的柔韧性物质。其原因是在新建厂房的施工中,污水管网内未能彻底清理,并且其他工种在施工过程遗留下来的施工垃圾等被冲进管网中。以上部分杂物经常堵塞潜水泵,多次清理后,仍无法彻底解决问题。后增设格网,进行拦截,效果良好。生产线正常生产后,水中所含杂质减少,大粒径的杂质基本消失,系统进入正常运行。

其二,取消了 PAM 药剂的投加。在调试过程中,经过对污泥试投加不同种类及浓度的药剂进行了比较后,得出结论,在本系统中通过适当调整 PAC 的投加量,可以不投加 PAM,从而在不降低处理效果的前提下节省了运行费用。另外,将 PAC 配制成糊状物,预先粉刷在板框压滤机的滤布上,可明显提高脱水效果。

其三,增加污泥系统回流管,改变加药种类,投加石灰。在运行初期,污泥始终无法压滤成干泥饼,

导致污泥处理时滤布更换频繁(10~15 d 更换一次),且臭味较重。其原因是滤布由尼龙布加工而成,污泥中含有较多的高粘性物质,进入板框压滤机后很快在滤布表面形成比阻很大的粘液层,严重影响污泥脱水效果及滤布使用寿命。后来在污泥管路上增加了污泥回流管,使泵打出的污泥部分回流到污泥调质罐中,保证板框压滤机及系统管路中压力能够稳定在一定的范围之内,达到正常工作状态。同时针对污泥不易成型的问题,通过试验发现,当石灰投加量为 25 % 左右时, pH 达到 12 以上,经测定污泥比阻由  $30 \times 10^{12} \text{ s}^2/\text{g}$  降到  $0.7 \times 10^9 \text{ s}^2/\text{g}$ ,污泥脱水性能显著提高,滤布更换频率降低到 40~50 d 一次。

其四,采取应对进水负荷峰值的措施,确保出水达标排放。卷烟车间正常生产日,每天中午 12 时左右进水负荷达到最大,此时进水 COD 浓度高,进水流量突然增大,虽然持续时间短,也对处理工艺造成很大冲击。运行人员采取措施,提前将调节池抽空,使来水入调节池缓冲,同时减小接触氧化池进水流量,增大曝气量,适当延长接触时间。采取以上措施后,基本能保证出水达标。

3.2 稳定运行结果

以上问题解决以后,出水水质趋于稳定,COD 控制在 70 mg/L 以下,达到设计要求及国家排放标准,稳定运行结果见表 4。

| 表 4 工艺运行结果表 |           |                  |         |                    |         |
|-------------|-----------|------------------|---------|--------------------|---------|
| 项目          | COD       | BOD <sub>5</sub> | SS      | NH <sub>3</sub> -N | 石油类     |
| 原水          | 300~1 100 | 150~500          | 100~680 | 9.0~16.0           | 1.8~5.7 |
| 接触氧化池出水     | 40~100    | <30              | -       | -                  | -       |
| 加压气浮后出水     | 30~70     | <20              | <30     | <3.0               | <0.5    |

对工艺进出水结果长期监测表明,生物接触氧化池在 COD 容积负荷  $2.0 \sim 6.0 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$  范围内变化时,出水 COD 均低于 100 mg/L,COD 去除率始终保持在 80 % 以上。生物接触氧化池对 COD 的去除效果见图 2。

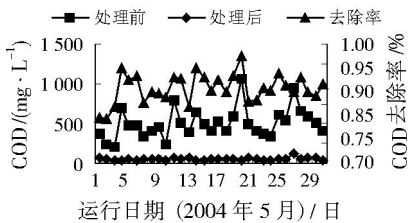


图 2 生物接触氧化池对 COD 的去除效率

3.3 生物接触氧化池中的生物相观察

镜检发现,除菌胶团大量存在,还有数量较多的丝状细菌,及钟虫类固着型纤毛虫和轮虫、线虫等多细胞后生动物。同时发现生物膜中出现的微生物与

BOD 负荷有很大的相互关系。当负荷高时,除菌胶团外,草履虫、豆形虫属、肾形虫属、波豆虫属大量出现,生物膜颜色呈灰色到黑色。中负荷时,轮虫属、小口钟虫属、旋轮虫属等占优势。线虫类和寡毛虫类也相当多,同时出现丝状菌和真菌类,生物膜呈灰褐色。低负荷时,纤毛虫类减少,变形虫属、普通表壳虫等占优势,生物膜呈褐色。此时,硝化细菌大量生成,发生明显的硝化作用。

从生物组分分析,生物接触氧化法实际介于生物膜法和活性污泥法之间。其内部水流呈推流式,沿水流方向不同高度生物种类和数量具有呈层分布现象,特别是生物膜中的异养菌与硝化细菌,数量比例随水流方向变化更加明显。实践发现,当进水负荷变化时,也可看到原有的特征层次随之移动的现象。

通过生物相观察,了解微生物生长状态,采取适当措施,比如生物膜大片发黑时,采取适当延长水力停留时间、暂缓进水水量、加大曝气量等措施,对于维持微生物活性,保证出水水质长期稳定具有较大的意义。

3.4 维持生物接触氧化池较高的溶解氧浓度,防止池内生物膜过厚、结球

已建生物膜系统运行资料的回归分析<sup>[6]</sup>及运行实践表明,生物接触氧化池中 DO 宜控制在 4 mg/L 左右,小于此值时处理效率会大幅度下降。其原因是:①适当提高池内 DO 值,可减少生物膜中厌氧层的厚度,增大好氧层在生物膜中所占的比例,提高生物膜内氧化分解有机物的好氧微生物的活性;②加大曝气量后气流上升所产生的剪切力有助于老化的生物膜脱落,使生物膜厚度不至过厚,防止因此而产生的弊病;③加大气量后还有助于废水在氧化池内的扩散,改善生物膜系统内传质条件比活性污泥系统差的缺点。

在实际运行中发现,系统正常运行一段时间以后,处理效果会出现逐渐下降的趋势。将不固定填料取出观察发现生物膜不断增厚,呈黑色并散发臭味。有时还会出现填料结球现象,生物膜形成“硬疙瘩”,严重影响生物接触氧化的处理效率。其原因是卷烟废水中有时含有较多的粘性污染物(香料厨房冲洗水中的糖类、烟叶烟梗冲洗水中的植物纤维等低聚物),容易在填料表面形成连续层甚至致密层所致。此时必须采取“脱膜”措施。实践表明,采用“闷”的方法效果较好,即停止曝气一段时间,使内层厌氧生物膜在厌氧条件下发酵,产生 CH<sub>4</sub>、CO<sub>2</sub> 等气体,使生物膜与填料间的“粘性”降低,此时再以大气量冲刷则生物膜较易脱落。

3.5 处理效果综合分析

生物接触氧化结合气浮法处理高浓度的卷烟综合废水效果较好,具有较高的去除容积负荷。生物接触氧化具有泥量大、负荷高、耐冲击、占地省、运行管理较简便、运行费用较低等优点,同时池中微生物菌龄较长,可进行硝化、反硝化过程。气浮池分离效率高,且水力停留时间短、设备体积小、占地少。该工艺组合对运行场地要求较低,本工程即建在厂房的地下室。

4 结 论

(1) 该废水处理工程投入运行 3 年来,实践证明,采用生物接触氧化加气浮的工艺处理卷烟综合废水非常成功,工艺运行稳定可靠,而且具有投资较少,运转费用低,操作简便等优势。

(2) 生物接触氧化池对间歇性运转有较强的适应能力,卷烟厂平均每月停产 2~3 d,废水处理设施停工后再运转,1 d 内生物膜即可恢复。

(3) 定期调查生物接触氧化池中生物膜的颜色、生物相、臭味以及用镜检能够鉴别的微生物,采取相应的对应措施,对于维持工艺稳定运行十分关键。

(4) 对进出水挥发酚等指标不定期监测表明,原水中来自烟丝(烟梗)清洗、卷接包车间设备保养废水的有毒物质经调节池充分混合后,进入接触氧化池的预处理水挥发酚浓度低于 23 mg/L,没有对工艺的正常运转产生影响。气浮后出水中挥发酚含量低于 0.2 mg/L,处理效果较好,低于排放标准。

(5) 综合废水经处理后,达到国家综合污水排放一级标准。年运转费用低于 30 万元,减排 COD 290 t,免交排污费 150 万元,具有较大的环境经济效益。

参考文献

1 郝醒华,高 晶,沈 玲,等. 卷烟生产废水治理途径初探. 北方环境,2002,2:63~65  
2 刘文玲. 卷烟厂综合废水处理及其实效. 工业安全与防尘,1998,8:19~21  
3 刘建广. 水解—BAF—纤维过滤工艺处理卷烟废水. 中国给水排水,2003,19(1):62~64  
4 高兴斋,刘育禾,钟巧云,等. 用物化法处理卷烟厂综合废水的实践. 环境科学研究,1998,11(5):55~57  
5 马步青. 上海卷烟厂污水治理. 烟草科技/烟草工艺,2004,6:3~5  
6 徐亚同,黄民生. 废水生物处理的运行管理与异常对策. 北京:化学工业出版社,2003

责任编辑:陈泽军 (修改稿收到日期:2005-09-10)

(上接第 372 页)

参考文献

1 Tillman D A. Biomass cofiring: the technology, the experience, the combustion consequences. Biomass and Bioenergy, 2000,19(6):365~384  
2 Joseph J B, Evan E H, David A. Tillman. Biomass cofiring at Seward Station. Biomass and Bioenergy, 2000, 19(6):419~427  
3 Martin C H, Gregory A K, Margaret K M, et al. Life cycle energy and environmental benefits of generating electricity from willow biomass. Renewable Energy, 2004,29(7):1023~1042  
4 Sami M, Annamalai K, Wooldridge M. Co-firing of coal and biomass fuel blends. Progress in Energy and Combustion Science, 2001,27(2):171~214  
5 Enrico B, Emil-Corneliu P, Patrick R, et al. Life cycle assessment of fossil CO<sub>2</sub> emissions reduction scenarios in coal-biomass based electricity production. Energy Conversion and Management, 2004, 45(18~19):3053~3074  
6 Everett A S, Steven A B, John P H, et al. Review of advances in combustion technology and biomass cofiring. Fuel Processing Technology, 2001,71(1~3):7~38  
7 刘 豪,邱建荣,吴 昊,等. 生物质和煤混合燃烧污染物排放特性研究. 环境科学学报, 2002,22(4):484~488  
8 Ma X Q, Li F, Zhao Z L, et al. Life cycle assessment on biomass gasification combined-cycle and coal-fired power plant. Proceedings of International Conference on Energy and the Environment. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Publishers, 2003. 209~214  
9 Margaret C M, Pamela L S. Life cycle assessment of a biomass gasification combined-cycle power system. 北京:中国环境科学出版社,1997

10 Ayhan D. Sustainable cofiring of biomass with coal. Energy Conversion and Management, 2003, 44(9):1465~1479  
11 Bridgewater A V, Peacocke G V C. Fast pyrolysis processes for biomass. Renewable & Sustainable Energy Reviews, 2000, (4):1~73

责任编辑:贺锋萍 (修改稿收到日期:2005-05-20)

我国加紧保护长江源环境

我国开始在长江源头区实施一项水土保持工程,以保护长江源的生态环境。

长江源头区水土保持预防工程于去冬今春开始实施,范围涉及青海省 3 个州的 9 个县市,面积达 15.86 万 km<sup>2</sup>。这一工程的治理目标是,通过 5 年努力,使长江源头区的人为水土流失得到有效控制,促进这一地区的生态环境步入良性循环。

目前,源头区的曲麻莱、治多、杂多 3 个县和格尔木市均已在长江水土保持局的指导下,进行了较大面积的退耕还林、退牧还草。作为长江源头区水土保持的首期治理项目,这四个县市的治理面积达 10 万 km<sup>2</sup>。

长江上游水土保持重点防治工程于 1989 年启动,实施重点是长江流域水土流失严重的地区。随着投资额的增加及治理范围的不断扩大,水土流失并不严重的长江源头区也开始被列入治理计划中。

长江源头区水土保持预防工程的重点是预防监督,通过宣传教育提高源头区居民的水土保持意识和法制意识的同时,建立健全水土保持法规制度体系和监督执法体系,积极协助当地政府开展退牧还草工作,加强水土保持环境监测。