

制浆造纸综合废水深度处理技术

李松礼¹ 洪卫² 杨海涛¹ 谢益民^{1,2}

(1. 华南理工大学制浆造纸工程国家重点实验室, 广州, 510640; 2. 山东轻工业学院制浆造纸工程省级重点学科, 山东济南, 250100)

摘要: 利用电化学技术与曝气生物滤池技术联合深度处理制浆造纸综合废水, COD_{Cr}去除率达到 85% 以上, 色度去除率达到 90% 以上, 实验结果证明该工艺方法有效可行。

关键词: 电化学; 曝气生物滤池; 造纸废水; 深度处理

中图分类号: X793

文献标识码: A

文章编号: 0254-508X(2006)06-0071-02

目前, 国内外制浆造纸厂综合废水处理工程一般采用一级沉降, 二级生化处理方法, 实践证明这是治理综合废水较为成熟的技术^[1-2]。虽然众多造纸企业投入了大量的财力物力使废水排放达到排放标准, 但仍存在排放废水色度较大、COD 相对较高的问题。进一步处理和脱色作为第三级处理, 可弥补二级处理的不足之处^[2]。

20 世纪 60 年代初期, 电化学技术迅速发展并为广大环保工作者所重视, 作为一种对各种废水处理适应性强、高效、无二次污染的处理方法, 已被广泛应用于工业废水和生活废水的处理当中^[3]。曝气生物滤池 (biological aerated filter,

BAF) 技术是 20 世纪 80 年代末 90 年代初在普通生物滤池的基础上, 借鉴给水滤池工艺而开发的污水处理新工艺, 适用于废水三级处理^[4]。本研究利用电化学技术和曝气生物滤池技术联合深度处理制浆造纸综合废水。首先利用电化学技术对废水进行预处理, 不仅降低废水 COD 和色度, 而且还提高废水的可生化性和可絮凝性, 然后依靠

曝气生物滤池生物吸附和生物膜生化降解作用, 对废水进行深度处理, 为进一步推广制浆造纸综合废水深度处理做出有益的尝试。

1 实验与工艺流程

电化学技术^[5] 利用电化学原理, 使用立体可溶性金属电极, 将其置于被处理的废水中, 然后通以直流电, 此时金属电极发生氧化反应, 产生的金属离子在水中水解、聚合, 生成一系列多核水解产物而起凝聚作用, 同时通过液相和气相电极反应, 新生态的氢气和氧气以微气泡的形式出现, 可以选择性破

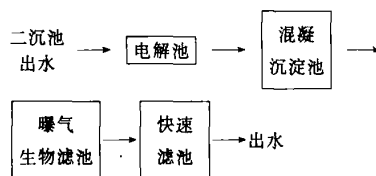


图 1 制浆造纸综合废水深度处理工艺流程

收稿日期: 2006-02-09 (修改稿)

(上接 70 页)

标准, 也达到了本项改造工程的设计要求。

表 3 改造后运行结果

	pH 值	SS /mg L ⁻¹	COD _{Cr} /mg L ⁻¹	BOD ₅ /mg L ⁻¹
最大	8.0	2300	2480	694
总进口 最小	7.2	2080	1055	448
均值	7.6	2200	2400	550
最大	7.9	95	99.5	73.3
总出口 最小	7.2	60	87.9	44.8
均值	7.6	87	89.3	47.4
排放标准	6~9	100	100	60

4 运行费用

(1) 人工费

劳动定员 20 人, 以每人每月工资 600 元计, 吨水日处理费为:

$$20 \times 600 \div 16000 \div 30 = 0.025 (\text{元})$$

(2) 电费

总装机容量 665 kW, 实际运行功率 337 kW, 电费以 0.53 元/kWh 计, 吨水日处理费用为:

$$337 \times 24 \times 0.53 \div 16000 = 0.27 (\text{元})$$

(3) 药剂费

该工程使用的药剂为聚丙烯酰胺、尿素、磷酸钠, 全年所需费用约为 168.3 万元, 每年运行时间按 300 d 计, 吨水日处理药剂费用为:

$$168.3 \times 10000 \div 300 \div 16000 = 0.35 (\text{元})$$

(4) 维修费

全年维修费约需 45 万元, 吨水日处理费用为:

$$450000 \div 16000 \div 300 = 0.094 (\text{元})$$

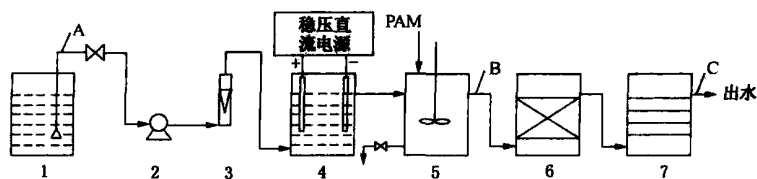
(5) 吨水日处理总费用为:

$$0.025 + 0.27 + 0.35 + 0.094 = 0.739 (\text{元})$$

5 结语

该项改造工程增加了初沉池, 强化了预处理效果, 减轻了气浮池的负荷, 同时工程采用水解酸化 + 悬挂式曝气工艺处理废水, 处理后水质稳定, 可达标排放, 运行费用在企业可接受范围内, 该工程运行管理简单, 维护方便。

(责任编辑: 赵功宇)



1—贮水池；2—恒流泵；3—流量计；4—电解池；5—混凝沉淀池；6—曝气生物滤池；7—快速滤池；A、B、C均为采样分析监测点

图2 制浆造纸综合废水深度处理实验装置示意图

表1 进出水 COD_{Cr}、色度及去除率

天数 /d	COD _{Cr} /mg L ⁻¹		去除率 /%	色度/倍		去除率/%
	进水	出水		进水	出水	
1	328	44	86.6	265	25	90.6
2	320	40	87.5	250	25	90.0
3	296	38	87.2	245	20	91.7
4	314	38	87.9	260	25	92.3
5	283	36	88.3	250	20	92.0
6	318	32	89.9	280	20	92.9
7	312	30	90.4	235	15	93.6
8	323	33	89.8	250	18	92.8
9	307	29	90.6	240	16	93.3
10	330	34	89.7	270	20	92.6

环氯苯、醌类等芳香族化合物的环状结构，使其分解为低分子的有机物，还有可能直接被氧化为 CO₂ 和 H₂O 而不产生污泥。电化学技术是氧化、还原、凝聚、气浮、杀菌、吸附等多种过程的协同作用，污染物在这些作用下很容易被除去。

曝气生物滤池^[4] 实验中采用专门研制的嫁接改性聚氨酯泡沫载体，挂膜性能好，能够将特选微生物和微生物酶通过氢键和其他作用固定在载体上形成高密度生物滤床，滤料表面为好氧环境，内部为厌氧、缺氧环境，形成完整的微生物生态系统。曝气生物滤池通过过滤、生物吸附与生物氧化作用净化废水。由于滤床内生物量大而且菌种针对性强，因此其生化效率大大高于普通生物滤池，能够进一步消除去除水中有机污染物。

实验装置(如图2)中贮水池、混凝沉淀池、快速滤池的有效容积均为 3.0L。电解池有效容积为 1.0L，电解池由反应槽、电极板和稳压直流电源 3 部分组成，阴、阳

两极极板均采用可溶性金属板，每块电极板的面积为 80 mm × 150 mm，稳压直流电源型号 SWY30-5A。混凝沉淀池中电动搅拌机慢速搅拌，曝气生物滤池有效面积 10.0L，池内填充自制嫁接改性聚氨酯泡沫载体，底部安装曝气头，快速滤池内填充自制多孔弹性泡沫滤料。

实验用水取自山东某纸厂(硫酸盐法制浆)二沉池出水，COD_{Cr}为 250 ~ 350 mg/L，色度为 200 ~ 300 倍。实验所用菌种为高效微生物菌群 BFCHEM DC 1006KT 系列菌，由诺维信公司提供。

实验包括微生物固定、驯化、挂膜和废水处理工艺运行、控制及参数确定。第一阶段采用动态进水和曝气，投入高效微生物 2g，逐渐增加进水量，通过显微镜观察发现，5 天后出现蘑菇状菌胶团，10 天后出现活跃的原生、后生动物，主要为钟虫和线虫，可以认为驯化和挂膜已经完成。第二阶段开始，连续 10 天每天定时测定实验工艺参数，COD_{Cr}采用重铬酸钾法测定，色度采用稀释倍数法测定。

2 实验结果与讨论

废水深度处理工艺运行控制阶段，电解池内电流密度为 270 A/m²，停留时间为 15 min，曝气生物滤池停留时间为 2.5 h，在此工

艺条件下运行，进出水 COD_{Cr}、色度数据汇总示于表 1。

由表 1 可见，电化学技术与曝气生物滤池技术联合深度处理制浆造纸综合废水，最后处理出水 COD_{Cr} < 50 mg/L，色度 < 30 倍，其对废水 COD_{Cr} 的去除率达到 85% 以上，对废水色度去除率达到 90% 以上，并且基本趋于平稳。

由于各段 COD_{Cr}、色度及去除率数据较多但差别不大，因此，仅以第 6 天为例，其主要指标为：在物化过程中(电解池 + 混凝池)，进水 COD_{Cr} 为 318 mg/L，出水为 96 mg/L，去除率 69.8%；进水色度为 280 倍，出水为 40 倍，色度去除率为 85.7%。在生化过程中(BAF + 快速滤池)，进水 COD_{Cr} 为 96 mg/L，出水 32 mg/L，去除率 66.7%；进水色度 40 倍，出水 20 倍，去除率 50%。全流程 COD_{Cr} 去除率 89.9%，色度去除率 92.9%。

由以上数据可以看出，电化学技术在电流密度为 270 A/m²、电解时间为 15 min 时，对制浆造纸废水三级处理，出水 COD_{Cr} 去除率可以达到 70%、色度去除率达到 85.7%，同时可以提高废水的可生化性。曝气生物滤池技术在电化学预处理的基础上可以进一步去除水中有机污染物，提高出水水质。

3 结论

3.1 利用电化学技术和曝气生物滤池技术联合深度处理制浆造纸综合废水方法可行，效果显著，COD_{Cr} 去除率达到 85% 以上，色度去除率达到 90% 以上。

3.2 电化学技术在停留时间短、设备投资小、操作简便灵活的情况下对制浆造纸废水三级处理，出水可以达到 COD_{Cr} 70%、色度 85% 的高去除率，同时可以提高废水的可生化性。

3.3 曝气生物滤池工艺具有停留时间短，能耗及运行成本低的优点，同时可以进一步降低 COD_{Cr} 和色度，出水水质高。

(责任编辑：王 岩)