

15 000 t/d 造纸废水处理工程的工业运行^u



施英乔, 一来保, 李 萍, 房桂干

(中国林业科学研究院林产化学工业研究所, 江苏 南京 210042)

SHI Y Q

摘 要: 在一个现代化的大型造纸厂, 监测了进口新纸机排放废水的污染特征, 培养驯化出净化效果良好的活性污泥菌, 调试优化了日处理 15 000 t 造纸废水工程的运行参数, 使每天的排放水 COD < 100 mg/L, SS < 100 mg/L, pH 6~9, 提前达到了我国政府将于 2001 年实施的造纸废水排放新标准 GWPB 2-1999。

关键词: 造纸废水; 活性污泥法

中图分类号: X 793

文献标识码: A

文章编号: 0253-2417(2001)02-0034-05

利用废纸、废纸板制浆造纸, 既节约宝贵的植物资源和能源, 又减少化学制浆对环境的污染, 是促进造纸工业可持续发展的重要途径。废纸中蕴藏着丰富的物质资源, 用废纸为原料生产 1t 纸, 可节约木材 2.8 m³, 节约煤 400 kg, 节约电 1 500 kW·h, 节约水 50 m³, 因而废纸被誉为“现代城市森林”。现在, 发达国家废纸回用率都在 50% 以上, 我国废纸回用率仅 25%, 废纸利用的前景十分广阔。目前, 很多造纸厂革除了污染发生量占 90% 总量的制浆工段, 而采用废纸为原料制浆造纸, 这对充分利用资源, 保护生态环境极有意义。

在用废纸制浆造纸过程中, 基本上没有大气污染, 废水污染也有了相当程度的减弱, 但须经合适的方法治理后, 废水才能达标排放。近年来, 国内对以废纸为原料的造纸废水进行了大量研究, 并把研究成果应用于工厂^[1]。作者对此类废水进行了多年实验室和工厂应用研究^[2-3], 得出了日处理 15 000 t 造纸废水工程的运行试验方案。

1 造纸废水特征

苏南某现代化的纸业集团新进口的大型纸机生产线, 以废纸为原料生产箱板纸, 每天废水发生量达 15 000 m³。在废水总排放口, 配合新纸机调试, 从 5 月 31 日到 6 月 15 日, 连续半个月检测了车间排放水的主要污染指标, 即 pH、COD(化学需氧量)、SS(悬浮物)、color(色度倍数)等, 结果见表 1。从变异系数(CV)看出, 排放水的 pH 值波动较小, 平均为 7.24;

^u 收稿日期: 2000-10-16

基金项目: 中国林业科学研究院重点实验室基金资助项目(0089112)

作者简介: 施英乔(1957-), 男, 江苏宜兴人, 高工, 从事环境保护技术和工程研究。

COD 次之, 平均为 1 623 mg/L; SS 波动较大, CV 达 60.6%, 其平均值为 1 435 mg/L。

表 1 车间综合排放水特征

Table 1 Characteristics of the whole effluent

项目 items	pH	COD (mg/L)	SS (mg/L)	color (time)
样本平均数 average X	7.24	1623	1435	243
样本均方差 varpa S	0.14	396	870	42
变异系数 CV (%)	2.0	24.4	60.6	17.4

2 废水处理流程

由图 1 可见, 根据废水特征而设计的废水流程, 其技术核心是物理—生化—化学处理过程, 物理处理是利用重力作用去除废水中的大部分悬浮物, 生化处理主要去除 COD、BOD, 化学处理是为了保障物理—生化处理后废水的达标排放。

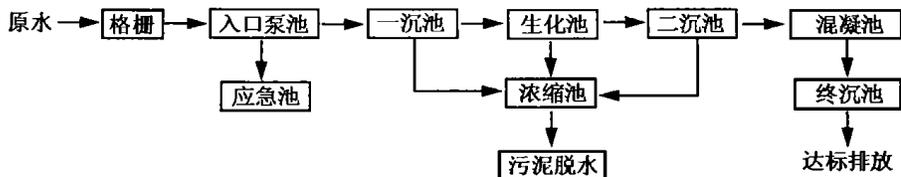


图 1 废水处理工艺流程

Fig. 1 Flow scheme of full scale experimental effluent treatment

该废水处理工程的主要设计参数为: 应急池 30 m × 15 m × 4 m; 一沉池 ϕ 4.5 m × 4 m; 生化池 60 m × 15 m × 9 m; 二沉池 ϕ 3.5 m × 4 m; 终沉池 ϕ 3.0 m × 3.5 m; 浓缩池 ϕ 2.5 m × 5 m。工程总投资 2 100 万元, 占地 25 亩。每吨废水处理成本 1.40 元, 生产 1 t 纸的环保投入为 42 元。

3 废水处理工程运行情况

3.1 微生物菌的培养、驯化

5 月 31 日, 检测生化池活性污泥含量 MLSS (混合液悬浮物浓度) 仅 0.074 g/L, 因此, 从市政污水处理厂运来活性污泥共 100 t (其中绝干污泥含量 0.7%, 这样使生化池活性污泥含量增加到 0.17 g/L), 泵入生化池, 加入 N 盐、P 盐, 采用连续法驯化、培养微生物菌, 活性污泥逐渐繁殖增多 (见图 2)。开始几天, MLSS 较低, 因此把二沉池的活性污泥全部泵回生化池, 10 d 后即 6 月 11 日, 当生化池活性污泥浓度增至 4.02 g/L 时, 调整污泥回流比, 保持生化池活性污泥浓度, 将多余污泥泵入污泥浓缩池, 然后脱水处理。

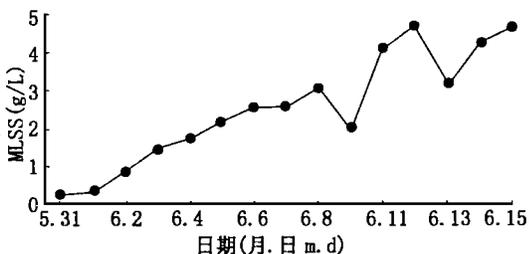


图 2 MLSS 每天的变化

Fig. 2 Daily change of MLSS

3.2 营养盐的调整

以废纸为原料的造纸废水属贫营养性废水, 必须加入一定量的 N、P 盐才能顺利进行生化降解反应。原工程设计中以 P_2O_5 为 P 盐, 但实际操作时, P_2O_5 和水发生剧烈的化学反应, 产生的浓酸雾对操作工人健康影响很大。现换成 $(NH_4)_2HPO_4$, 这样劳动条件得到改善, 新营养盐中 N、P 也获得充分利用。根据目前生化池进水量和实测 BOD 浓度, 每天尿素的加

入量从原来 900 kg 减至现在的 500 kg。今后一段时间里,如果水量和 BOD 没有大的变化,每天尿素和磷酸二铵的加入量可进一步减少。

3.3 水温和气温

从 5 月 31 日至 6 月 15 日,气温多在 30 °C 以下,但生化池水温多高于 30 °C,通常造纸废水水温比气温高 2~5 °C。水温比气温高,在冬天有利于生化处理。但在炎热的夏季,水温高于 40 °C 时,会对生化处理带来不利影响。条件许可时,应安装冷却装置。

3.4 pH 值变化

监测了每天各处理工段废水 pH 的变化情况。不同时间、不同工段废水 pH 都在 6.4~7.7 之间,完全符合 pH 6~9 的国家排放标准,因而对废纸为原料的造纸废水, pH 值不是问题。废水从生化池到终沉池,每经过一个工段, pH 有所升高。但唯独经过一沉池处理后,废水的 pH 降低。这是由于一沉池容积很大,除了起到去除大部分悬浮物 SS 作用以外,由于废水在一沉池的水力停留时间长达 10~12 h,厌氧微生物的消化作用而发生了水解酸化反应^[4],有机酸的增加导致废水 pH 值下降, BOD/COD 之比则从 0.25 提高到 0.32, BOD 相对含量升高,这种现象将有利于后续好氧生化反应。

3.5 污泥中的微生物菌含量

微生物菌含量一般用挥发性污泥和污泥总量之比即 MLVSS(混合液挥发性悬浮物浓度)/MLSS 表示,测定的结果见图 3。挥发性悬浮物即污泥有机成分(X)和污泥总量(Y)具有确定的线性关系: $Y = 1.7142X + 0.2479$ ($R^2 = 0.9855$)。生化池中的污泥浓度增加,挥发性污泥含量也呈线性关系增加,由对应的线性方程可求得 MLVSS/MLSS = 0.51, MLVSS 含量较低,因此必须适当提高生化池中活性污泥浓度至 3~5 g/L。

3.6 污泥指数

图 4 显示,生化池中污泥的沉降比(SV)在驯化期间每天都在增加,但污泥指数(SVI)呈逐渐下降趋势,至驯化期的后几天, SVI 已稳定在 100~120 mL/g 的理想状态。

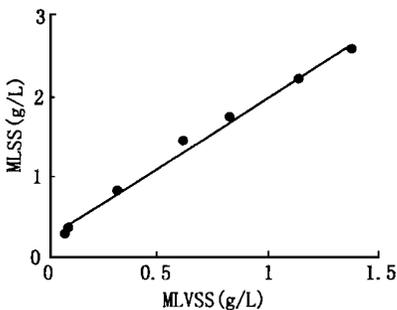


图 3 污泥有机成分比例

Fig. 3 Proportion of sludge organic constituents

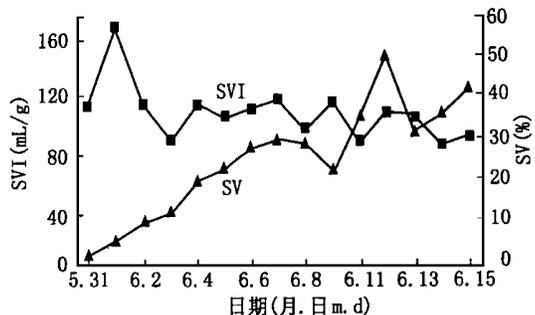


图 4 SV 和 SVI 每天的变化

Fig. 4 Daily change of SV and SVI

3.7 COD 的变化

图 5 显示了废水 COD 经过各工段处理后的削减情况。由图中面积看出,一沉池和生化池对去除 COD 起了主要作用。其中生化池对 COD 去除率稳定在 80%~84%。工业运行调试开始,生化池净化能力低,因而最终放流水超标。调试后期,放流水 COD 已稳定 < 100 mg/L 的最新国家排放标准 GWPB 2-1999。

3.8 SS 的变化

图 6 为各工段对废水 SS 去除情况。可见一沉池对 SS 去除起主要作用, 生化池对去除 SS 也起重要作用, 即使在 6 月 11 日原水 SS 突然升至 4 400 mg/L 时, 一沉池和生化池也能很好地承受这种冲击, 使放流水的 SS 保持达标水平。整个调试期间, 原水、一沉池、生化池、放流水的 SS 平均值分别为 1 741、311、147 和 70 mg/L, 最终排放水已达国家排放新标准 GWPB 2- 1999。

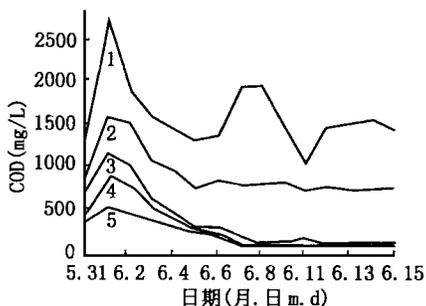


图 5 废水经各工段处理后 COD 每天的变化

Fig. 5 Daily change of COD in effluent after stage of treatment

- 1. 一沉池 primitive precipitating tank; 2. 生化池 aeration tank; 3. 二沉池 second precipitating tank; 4. 终沉池 final precipitating tank; 5. 放流水 discharged water

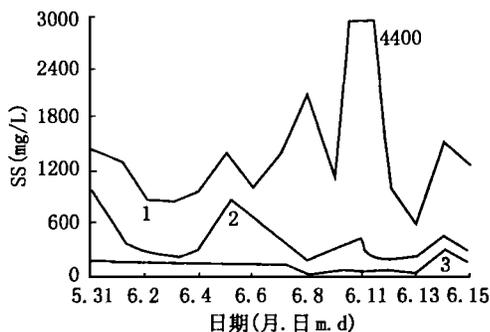


图 6 废水经初沉、生化、终沉处理后 SS 的变化

Fig. 6 Daily change of SS in effluent

- 1. 原水 original water; 2. 一沉池 primitive precipitating tank; 3. 终沉池 final precipitating tank

3.9 色度的变化

见图 7, 原水色度变化较大, 从 180 倍增至 320 倍。而一沉池和生化池对色度的去除也有较好的效果。整个调试期间, 原水、一沉池、生化池、排放流水的色度平均值分别为 281、264、113 和 67 mg/L, 最终排放水已达国家排放新标准 GWPB 2- 1999。

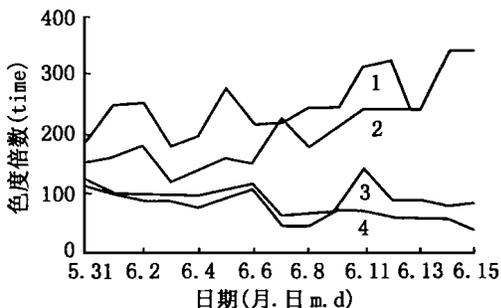


图 7 各工段废水处理每天色度的变化

Fig. 7 Daily change of water color

- 1. 原水 original water; 2. 一沉池 primitive precipitating tang; 3. 生化池 aeration tank; 4. 终沉池 final precipitating tank

4 结 论

4.1 通过 20 多天的运行调试, 该纸业集团一期废水处理工程的一沉池、生化池、二沉池和终沉池已达到了正常工作状态, 排放水提前达到我国政府实施的造纸工业废水新排放标准 GWPB 2- 1999。

4.2 生化池对造纸废水 COD 的去除率最高达 86%, 与国内文献报道结果比较, 去除率已达最高水平。由于生化池处理废水的高净化力, 大大减轻了终沉池处理负担, 使终沉池絮凝剂用量减至原来的一半, 有效降低了运行费用。

4.3 更换了营养盐,用 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 替代了腐蚀性很强的 P_2O_5 ,改善了劳动条件。根据现场运行情况,将尿素的消耗从每天 900 kg 减少到 500 kg,有望进一步减少,以降低水处理运行成本。

4.4 在显微镜下观察,活性污泥中有相当数量的丝状菌,是导致污泥常发生轻度膨胀的主要原因,也是常规活性污泥法水处理工艺固有弊端。今后的运行中研究如何抑制丝状菌过分生长、防止污泥膨胀,当是本水处理工程的重要任务。

4.5 水处理工程是一项系统工程,受制约因素较多,如气候气温的变化,将明显影响水处理效果。须经过半年至 1 年的不断调整,整个工程才能达到最佳状态。因此,必须加强水处理人员业务水平的培训,强化现场运行管理,保证水处理工程长期稳定运行,从而保障造纸生产的持续运转。

参考文献:

- [1] 章进. 造纸废水治理技术[J]. 浙江造纸, 1998, (4): 13-20.
- [2] 施英乔, 丁来保, 房桂干. 二次纤维为原料的造纸废水治理研究[J]. 中华纸业, 1999, 20(6): 61-62.
- [3] 施英乔, 房桂干, 丁来保, 等. 高效低能耗处理造纸厂废水工业现场试验[J]. 江苏造纸, 2000, (1): 21-24.
- [4] 王凯军. 低浓度污水厌氧[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1991.

INDUSTRIAL PRACTICE OF EFFLUENT TREATMENT IN A LARGE MODERN PAPER MILL

SHI Ying-qiao, DING Lai-bao, LI ping, FANG Gui-gan

(Institute of Chemical Industry of Forest Products, CAF, Nanjing 210042, China)

Abstract: The effluent characteristics were investigated in a large modern paper mill, and technical parameters of the treatment system were optimized. Through the physical-chemical and biological treatment system, COD and SS of the discharged effluent were kept below 100 mg/L, which reached the paper industry discharge standard, GWPB 2-1999.

Key words: paper effluent; activated sludge method