



# 常见四种水生植物对制浆造纸废水 净化处理的研究

刘光良 杨殿隆 王静霞

(中国林业科学研究院林产化学工业研究所)

李 于 熙

(福建顺昌纸浆厂)

近年来,水生植物对城市生活污水及工业废水的净化作用已引起广泛重视<sup>[1-6]</sup>。但对污染危害极为严重的制浆造纸工业废水,研究报道还不多。1984年,澳大利亚初步研究了芦苇、香蒲及灯心草等五种水生植物对亚硫酸盐浆厂废水的色度及废水中木质素磺酸盐、总固体及BOD的去除效果<sup>[7]</sup>。本研究旨在探讨我国江南常见的四种水生植物对不同纤维原料(针叶材、阔叶材及草类纤维)、不同制浆方法(硫酸盐法、半化学浆法等)制浆废水的净化效果,为生产实践提供基础数据。

## 实 验 方 法

1. 废水 由福建顺昌纸浆厂提供的马尾松硫酸盐法制浆黑液,辽宁新宾纸厂阔叶复合材半化学浆废液及南京造纸厂碱法草浆黑液,经稀释后备用。

2. 水生植物 取福建顺昌水葫芦(*Eichhornia crassipes*)、南京六合水浮莲(*Pistia stratiotes*)、南京玄武湖畔水花生(*A. Phloxenoides*)及浮萍(*Lemna trisulca*),经废水栽培驯化后备用。

3. 实验过程 为模拟氧化塘状态,废水经稀释后,添加适量造纸废水的活性污泥,分别在2000ml烧杯及6000ml塑料桶内,加入

等量水生植物,进行静态试验。测定第0、3、6、9、14及19天废水的pH值、色度、COD<sub>Cr</sub>、COD<sub>Mn</sub>及溶解氧变化情况,观察水生植物生长状况。对照试验是只加活性污泥,不加水生植物的试样。为防止对照试样水份蒸发,在对照样上加塑料小球;添加清水弥补每一试样因蒸发、蒸腾失水而减少的水份,以维持原有水位。

4. 分析方法 按《环境监测分析方法》测定废水pH值、COD<sub>Cr</sub>及COD<sub>Mn</sub>。测定 $\lambda = 460\text{ nm}$ 时废水的吸光值,以计算色度去除率;用TH-2型测定仪测定水中溶解氧。

## 结 果 及 讨 论

1. 对马尾松硫酸盐浆废水的净化效果(图1)

四种水生植物都能明显净化这种废水。其中以水花生最好,经3、6及9天后,COD<sub>Cr</sub>去除率分别为17.3%、33.1%及43.4%;水葫芦次之,分别为14.8%、19.9%及24.6%;再其次为水浮莲,为5.3%、22.3%、25.1%;浮萍也有一定效果,为8.6%、18.4%及20.5%。而未加水生植物的对照样只有3.5%、15.7%及21%。



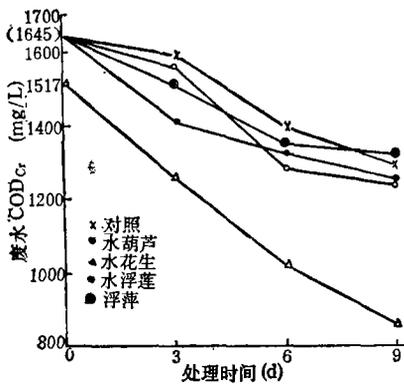


图 1 四种植物对马尾松硫酸盐浆废水 COD<sub>Cr</sub> 去除情况

2. 对阔叶混合材半化学浆废水的净化效果(表 1).

经 3、6 及 9 天处理后, COD<sub>Cr</sub> 去除率: 水花生分别为 20%, 36.1% 及 44%; 水葫芦为 15.8%、30.7% 及 35.3%。而对照样为 9.4%、24.2% 及 30.3%。水花生还能明显降低废水色度, 色度去除率分别为 16.8%, 25.8% 及 41.3%。

3. 对针叶材化学浆及阔叶材半化学浆以 1:1 混合的废水净化效果(表 2).

从表 2 可以明显看出, 水花生对这种废水呈现出特别优异的净化效果。经 3、6 及 9 天处理后, COD<sub>Cr</sub> 去除率为 44.5%, 67.1% 及 79.1%; COD<sub>Mn</sub> 去除率为 44.1%, 75.5% 及 79.8%; 色度去除率为 43.3%, 80.3% 及 91.3%。处理水达到近于无色无臭透明的程度; 水葫芦、水浮莲也有较好的净化效果。

4. 对碱法草浆的净化效果(表 3).

表 3 数据表明: 与木浆废水相比, 水生植物更宜于在草浆废水中生长, 因而净化效果也更为良好。COD 及色度去除率均较高。另外, 四种水生植物中, 仍以水花生处理效果最为显著, 其次是水葫芦。

5. 水生植物在多级综合处理中的效果.

对污染负荷较高的制浆废水, 宜于采用多段处理流程, 才能达到预期效果。我们用化学混凝与水生植物氧化塘相结合的方法进

行处理。处理结果见图 2、图 3。可以看出, 化学混凝处理后的废水再经氧化塘处理, 可得到良好的净化效果, 能有效地去除混凝处理所不能去除的低分子糖类物质(半纤维素), 经 3、6、9 天处理松木硫酸盐浆废水的 COD<sub>Cr</sub> 去除率: 水葫芦为 31.4%, 48.1% 及 50.7%; COD<sub>Mn</sub> 去除率为 23.1%, 38.1% 及 42.8%; 阔叶材半化学浆废水经水葫芦塘 6 日处理后, COD<sub>Cr</sub> 去除率高达 73.2%, 比对照高 47.6%; COD<sub>Mn</sub> 去除 55.7%, 比对照高 19.7%。

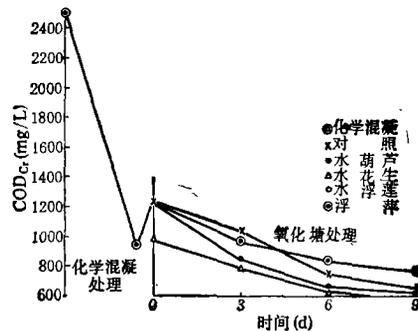


图 2 马尾松硫酸盐浆废水化学混凝-氧化塘处理 COD<sub>Cr</sub> 去除情况

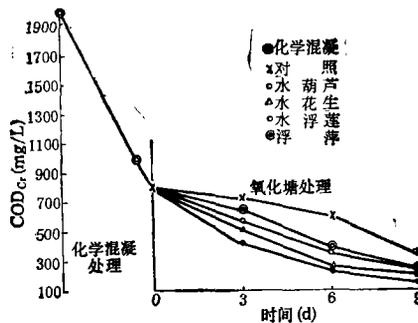


图 3 阔叶材半化学浆废水化学混凝-氧化塘处理 COD<sub>Cr</sub> 去除情况

6. 水生植物对氧化塘溶解氧的影响(表 4).

我们反复观察发现, 水生植物由于发达的根系, 通过光合作用, 向氧化塘连续提供氧。有水生植物的氧化塘溶解氧量大幅度增加, 水质清新不臭。比如, 马尾松硫酸盐浆废水经 6 日处理后, 未加水生植物的对照样溶解氧已降至 0.3—0.7mg/L, 废水腐败变臭, 而水葫芦塘为 4.9—6.7mg/L 比对照样高 11

表 4 水生植物对氧化塘溶解氧的影响  
(23—28℃ 处理 6 天)

| 水生植物种类 | 溶解氧 (mg/L) |     | 水质观察   |
|--------|------------|-----|--------|
|        | 范围         | 平均  |        |
| 对照样    | 0.3—0.7    | 0.5 | 水质腐败变臭 |
| 水葫芦    | 4.9—6.7    | 5.8 | 水质清新不臭 |
| 水花生    | 2.4—3.0    | 2.7 | 不臭     |
| 水浮莲    | 2.35—3.05  | 2.7 | 不臭     |
| 浮萍     | 0.8—1.0    | 0.9 | 水质发臭   |

倍;水花生、水浮莲分别为 2.4—3.0mg/L 和 2.35—3.05 mg/L, 比对照样高 5 倍左右。

#### 7. 废水 pH 值对水生植物净化效果的影响

水葫芦在废水 pH 值 7.93、9.46 及 10.56 条件下,对马尾松硫酸盐浆废水  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  的去除效果如图 4 所示。废水 pH 值在 7.93—10.56 范围内,对水生植物净化效果 ( $\text{COD}_{\text{Cr}}$  去除率)影响不大;在较高 pH 值条件下,比如,  $\text{pH} = 9.46$  及 10.56,在处理开始的 1—2 天内,水葫芦出现蔫萎失水状态,3—5 天后生长情况恢复正常。因此,将 pH 值维持在 6—9 范围内,亦至关重要。

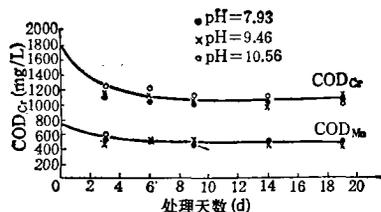


图 4 水葫芦在不同 pH 值条件下的净化效果

## 结 语

1. 在氧化塘内种植水花生、水葫芦、水浮莲、浮萍等水生植物,无论对针叶材硫酸盐法制浆废水、阔叶混合材半化学浆废水以及碱法草浆废水都有一定的净化效果,能不同程度地去除废水色度、 $\text{COD}_{\text{Cr}}$  及  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 。

2. 在以上四种水生植物中,以水花生、水葫芦效果最好。特别是水花生对去除废水色度、 $\text{COD}_{\text{Cr}}$  的效果更为突出。因此,在氧化塘四周广种水花生和水葫芦,辅助机械曝气,添加生活污水,增加营养物质,将会有更为理想的净化效果。

3. 对于污染负荷较高的废水,建议先经化学絮凝预处理,然后再用水生植物氧化塘净化处理。这种工艺流程较为适宜。

4. 在氧化塘内种植水葫芦、水浮莲、水花生及浮萍,能明显增加水体溶解氧量。其中以水葫芦最好,水花生其次,与对照样相比,前者提高 11 倍,后者提高 5 倍。

5. 水生植物净化的废水 pH 值范围以 6—9 为宜。

## 参 考 文 献

- [1] Cornwell, D. A. et al., *J. WPCF*, 49 (1), 57(1977).
- [2] 丁树荣,中国环境科学, 4(2), 10(1984).
- [3] Parkison, G., *Chem. Eng.*, (4), 3(1981).
- [4] Wolverson, B. C. et al., *J. WPCF*, 51(2), 305 (1979).
- [5] 德永隆司,用水と废水,第23卷,第2号,(1981).
- [6] 戴树桂等,环境化学, 5(3),6(1986).
- [7] Bruce, M. L., *APITA*, 37(4), 303(1984).