

# 二级 SBR 系统处理染料废水长期运行的稳定性

付莉燕, 文湘华, 钱易 (清华大学环境科学与工程系环境模拟与污染控制国家重点联合实验室, 北京 100084, E-mail: xhwen@tsinghua.edu.cn)

**摘要:** 考察了处理染料废水的二级 SBR 系统在连续运行 120 个周期过程中的稳定性. 系统的运行先后经历了低染料浓度和高染料浓度 2 种情况. 试验发现在长期运行过程中, 二级 SBR 系统对进水水质及操作条件具有良好的适应性; 能够有效去除废水中的污染物, 对染料的平均去除率为 81% ~ 92.5%, 对 COD 的平均去除率为 89.4% ~ 93.1%; 出水水质比较稳定. 在二级 SBR 系统中, 厌氧污泥活性高, 降解污染物能力强, 好氧活性污泥形成团簇状结构, 有利于稳定出水水质.

**关键词:** 二级 SBR 系统; 染料废水; 长期运行; 稳定性

中图分类号: X788 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2002)01-04-0050

## Stability of the Two-stage SBR System Treating Dyeing Wastewater During a Long term Operation

Fu Liyan, Wen Xianghua, Qian Yi (State Key Joint Laboratory of Environmental Simulation and Pollution Control, Department of Environmental Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China E-mail: xhwen@tsinghua.edu.cn)

**Abstract:** The stability of the two-stage SBR system treating dyeing wastewater was investigated during a 120-cycle continuous operation. The system was fed with influent of low dye concentration and high dye concentration. The results showed that the two-stage SBR system was adaptable to the change of influent quality and operation conditions during the long-term operation. It could efficiently remove the pollutants in the wastewater, the average dyestuff and COD removal rates were 81% to 92.5% and 89.4% to 93.1% respectively for low and high influent loading, and could produce continuous good quality effluent. In the two-stage SBR system, the anaerobic sludge had the characteristics of high activity and strong pollutant degradation ability, and the aerobic sludge existed in the form of aggregate structure, which helped stabilize the effluent quality.

**Keywords:** two-stage SBR system; dyeing wastewater; long-term operation; stability

厌氧-好氧组合工艺是近年来国内报道比较多的一种处理染料废水的方法, 为了提高处理效率, 各种高效生物反应器如生物接触氧化池<sup>[1,2]</sup>、流化床<sup>[3]</sup>、UASB 反应器<sup>[4]</sup>等均有应用, 这些反应器均以连续方式运行. 由于序批式间歇运行反应器(SBR)在污染物去除方面存在一些连续流技术无法比拟的优势<sup>[5,6]</sup>, 可以将 SBR 技术与厌氧-好氧组合工艺结合应用于染料废水的处理.

本研究尝试用厌氧-好氧二级 SBR 系统处理含一种活性染料——活性翠蓝(Reactive Turquoise Blue, RTB)的废水. RTB 具有复杂的分子结构, 在半连续烧杯试验中表现出较低的降解率(20 mg/L RTB 的厌氧-好氧平均降解率

分别为 25.6%、35.7%).

本试验将考察采用二级 SBR 系统处理含 RTB 废水时, 在长期运行过程中系统运行效果的稳定性, 对变化的进水水质及操作条件的适应性, 以及去除废水中污染物的有效性.

### 1 试验方法

#### 1.1 试验装置与运行条件

图 1 所示是本试验采用的二级 SBR 系统的工艺流程.

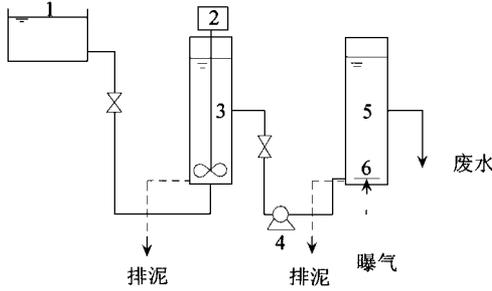
厌氧-好氧反应器的有效体积均为 4.3 L,

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(59878025)

作者简介: 付莉燕(1973-), 女, 博士研究生, 黑龙江省哈尔滨人, 主要从事生物方法处理含染料废水的研究.

收稿日期: 2001-03-22; 修订日期: 2001-06-07

充水比为 50% .接种污泥经含 RTB 营养液驯化成熟后被投入反应器 .



1. 高位水箱 2. 搅拌器 3. 厌氧反应器  
4. 提升泵 5. 好氧反应器 6. 微孔曝气板

图 1 二级 SBR 系统试验装置及流程

Fig.1 Experiment devices and flow diagram of the two-stage SBR system

系统运行周期为 48h ,其中厌氧、好氧反应各 20h .

### 1.2 进水组成

试验进水采用含 RTB 人工配水 ,以葡萄糖或淀粉为补充碳源 ,以尿素、 $KH_2PO_4$  为氮源和

磷源 ,还含有  $MgSO_4$ 、 $MnSO_4$ 、 $FeSO_4$ 、 $CaCl_2$ 、 $NaHCO_3$  等无机盐 .

### 1.3 分析项目及方法

$COD_{Cr}$ :标准重铬酸钾法 . RTB 降解率: RTB 在波长为 623nm 处有特征吸收峰 ,在该波长处用 RTB 标准溶液作“吸光度-浓度”曲线 . 通过测定水样的吸光度值 ,先由标准曲线转换成 RTB 浓度 ,再计算 RTB 降解率 . SS 及 VSS :重量法 . 生物相观察 :扫描电镜 .

## 2 试验结果与讨论

### 2.1 长期运行 SBR 系统对污染物的处理效果

二级 SBR 系统共运行了 120 个周期 ,先后经历了低 RTB 浓度和高 RTB 浓度 2 个阶段 . 系统在长期运行过程中进、出水 COD 及 RTB 浓度随时间的变化如图 2 所示 .

系统在进水 RTB 浓度较低的情况下共运行了 40 个周期 . 由图 2 可见 ,在第 6、第 17 周期 ,系统出水 RTB 浓度骤然升高 (甚至无法测定) ,这是由运行条件突然发生变化 (为了投加

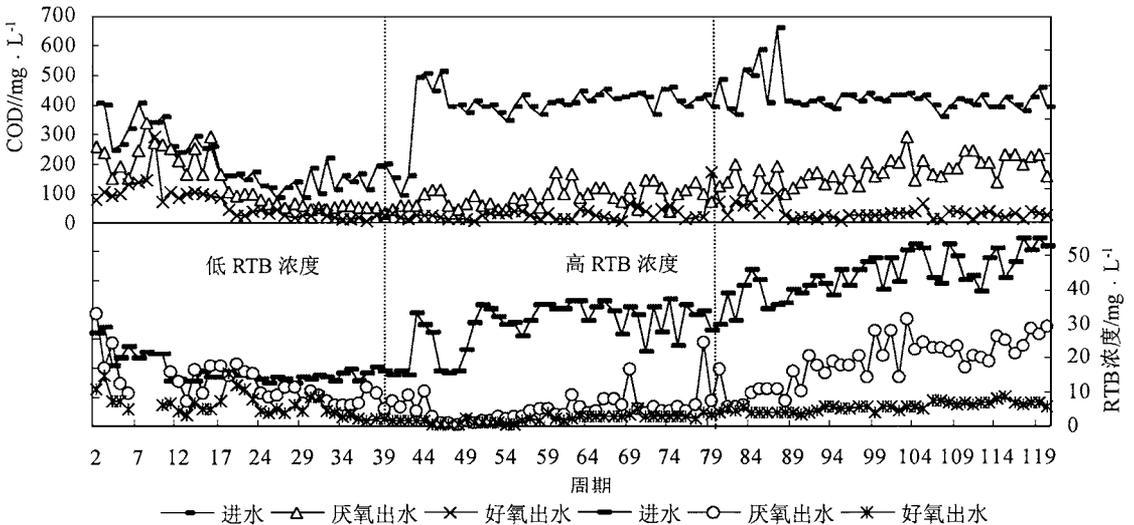


图 2 二级 SBR 系统长期运行效果随时间的变化

Fig.2 Time dependent variations of the pollutant removal rates for the two-stage SBR system during the long-term operation

填料排出部分污泥致使污泥浓度降低 ,进水碳源数量减少)引起的 ,经过 5 ~ 7 个周期后又恢复稳定 .低 RTB 浓度阶段后期 (周期 32 ~ 40) ,系统进水 COD 平均值为 160.2 mg/L ,RTB 浓

度平均值为 15.1 mg/L ,此时 ,出水水质比较稳定 ,COD 平均值为 17.1 mg/L ,RTB 浓度平均值为 2.8 mg/L ,对 COD、RTB 的平均去除率分别为 89.4%、81% .

从第 41 个周期开始,增加进水中的补充碳源量并逐渐提高 RTB 浓度,系统又运行了 80 个周期.从周期 43 到周期 80,系统进水 COD 平均值为 419.4 mg/L, RTB 浓度平均值为 30.6 mg/L,出水 COD 平均值为 30.5 mg/L, RTB 浓度平均值为 2.3 mg/L,对 COD、RTB 的平均去除率分别为 92.7%、92.5%.从周期 81 到周期 120,系统进水 COD 平均值为 425.3 mg/L, RTB 浓度平均值为 44.9 mg/L,出水 COD 平均值为 30 mg/L, RTB 浓度平均值为 5.7 mg/L,对 COD、RTB 的平均去除率分别为 93.1%、87.3%.

可见,二级 SBR 系统在长期运行过程中,出水水质比较稳定,对 COD、RTB 均具有良好的去除效果.

## 2.2 厌氧、好氧反应阶段对降解污染物的贡献

在二级 SBR 系统的长期运行过程中,厌氧、好氧反应阶段对降解污染物的贡献是不同的.

图 3 比较了不同进水 RTB 浓度条件下厌氧、好氧阶段污染物降解效率的差异,可以看出厌氧阶段在降解 COD、RTB 方面均起主要作用.但是,厌氧反应器在系统启动阶段需要较长的适应期(30 个周期左右),而且对进水水质的变化十分敏感,出水水质稳定性较差、波动大,这时好氧反应器发挥了稳定系统出水水质的作用.另外,当进水 RTB 负荷较高时(周期 81~120,平均 RTB 浓度为 44.9 mg/L),好氧阶段对于 RTB、COD 的去除率均明显提高,说明提高进水污染物负荷后好氧阶段对于保证系统具有良好出水水质的作用有所加强.

## 2.3 长期运行 SBR 系统中污泥的特性

试验过程中监测了二级 SBR 系统在长期运行过程中厌氧、好氧污泥的浓度及活性(以挥发性悬浮污泥浓度与悬浮污泥浓度的比值 VSS/SS 表示)随时间的变化,结果如图 4 所示.

在系统的启动初期,厌氧污泥的浓度是 2.78 g/L, VSS/SS 为 0.848;好氧活性污泥的浓度是 3.02 g/L, VSS/SS 为 0.812.

在长期运行过程中,厌氧污泥的浓度及活

性先降低后逐渐升高至平稳状态,与之相对应的是厌氧污泥逐渐适应了进水水质,并在进水中 RTB 浓度较高的情况下保持了稳定的污染物降解负荷(如表 1 所示,污染物降解负荷指单位质量厌氧污泥降解污染物的数量).取第 60、第 120 个周期厌氧污泥,用扫描电镜观察,发现生物相中细菌种类丰富、数目多、形态饱满,证明了厌氧污泥具有良好的活性.

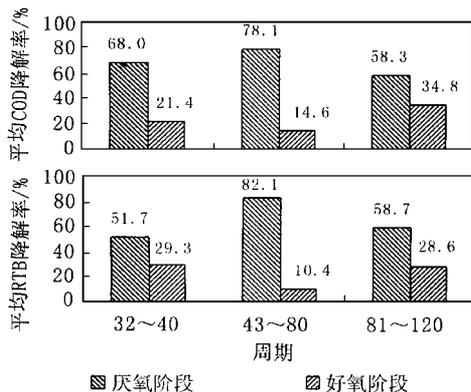


图 3 厌氧、好氧阶段降解污染物作用比较

Fig. 3 Comparison of pollutant removal rates between anaerobic stage and aerobic stage

用扫描电镜观察好氧活性污泥时发现了许多团簇状聚集体,在其表面上是一些轮廓模糊的细菌个体,可以推测这些聚集体是由细菌细胞与无机杂质通过细胞分泌物粘合在一起而形成.这种团簇状聚集体的存在,使好氧活性污泥具有良好的沉淀性能,这对减少系统排水中的悬浮物含量、稳定出水水质有利.从图 4 中可以看出好氧活性污泥的 VSS/SS 值有降低的现象,主要原因可能是由于好氧反应器进水的 COD 值较低,微生物增殖缓慢.

## 3 结论

处理染料废水的二级 SBR 系统在长期运行过程中保持了对污染物良好的处理效果,系统出水水质比较稳定,污染物降解效率高.在进水中 RTB 浓度平均值分别为 15.1、30.6、44.9 mg/L,对应的 COD 值分别为 160.2、419.4、425.3 mg/L 时,系统对 RTB 的平均降解率分别为 81%、92.5%、87.3%,对 COD 的平均降解率分别为 89.4%、92.7%、93.1%.

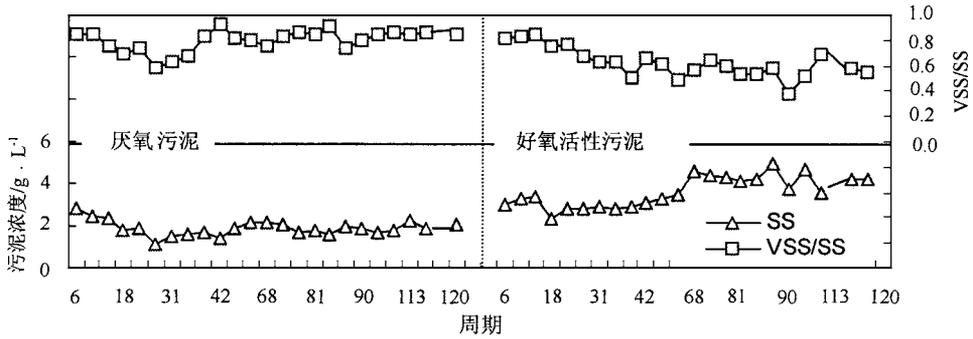


图 4 长期运行 SBR 系统污泥特性随时间的变化

Fig. 4 Time dependent variations of sludge characteristics for the SBR system during the long-term operation

表 1 厌氧污泥特性及降解能力

Table 1 Characteristics and degradation ability of anaerobic sludge

周期	平均进水浓度/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$		SS 平均值/ $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	VSS/SS 平均值	平均降解负荷/ $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$	
	COD	RTB			COD	RTB
32 ~ 40	160.2	15.1	1.54	0.76	70.7	5.1
43 ~ 80	419.4	30.6	1.86	0.83	176.1	13.5
81 ~ 120	425.3	44.9	1.88	0.84	131.9	14.0

二级 SBR 系统中的厌氧反应器对降解污染物起主要作用,对 RTB 的降解负荷随着进水 RTB 浓度的增加而升高;好氧反应器对稳定系统出水水质的贡献较大,而且在进水 RTB 负荷较高的情况下降解污染物的能力有所提高。

2 个反应器中的污泥具有不同的特点:厌氧污泥中菌体生长旺盛,活性较高;好氧活性污泥以团簇状聚集体的形式存在,沉淀性能良好。

参考文献:

1 韩小清,刘强,杨晓. 厌氧-好氧-生物活性炭-纤维球过滤处

理印染废水试验研究. 中国给水排水, 1994, 10(4): 29 ~ 31.

2 戚新等. 气浮-厌氧-好氧工艺处理高浓度印染废水. 环境污染与防治, 1997, 19(1): 16 ~ 20.

3 杨宝林等. 流化床处理印染废水的研究. 中国给水排水, 1990, 6(3): 15 ~ 18.

4 竺建荣,杨艳茹,安虎仁,钱易. 厌氧 UASB-好氧工艺处理染料废水的研究. 环境科学, 1994, 15(4): 31 ~ 34.

5 Robert L Irvine, Peter A Wilderer, Hans-Curt Flemming. Controlled unsteady state processes and technologies, an overview. Water Sci Tech., 1997, 35(1): 1 ~ 10.

6 卢然超,张晓健,张悦,竺建荣. SBR 工艺运行条件对好氧污泥颗粒化和除磷效果的影响. 环境科学, 2001, 22(2): 87 ~ 90.