

抗生素废水两段生物接触氧化脱氮试验研究

相会强¹, 李树新², 曹相生³

(1. 石家庄铁路职业技术学院, 河北 石家庄 050041; 2. 河北建筑工程学院, 河北 张家口 075024;
3. 北京工业大学, 北京 100022)

摘 要:在保证有机物高效去除的前提下,采用两段生物接触氧化反应器进行了抗生素生产废水脱氮的试验研究。考查了水力停留时间、曝气量、进水有机物负荷、进水氨氮负荷、进水 pH 值和温度等因素对脱氮效果的影响。
关键词:抗生素废水; 两段生物接触氧化; 脱氮
中图分类号:X703.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-3770(2006)03-0035-04

抗生素生产废水是一类水质水量变化大、成分复杂、色度高、生物毒性大、含多种抑制物质的难降解高浓度有机废水。迄今为止,虽然对抗生素废水处理技术的研究很多,但基本上是针对有机物和硫酸盐以及硫酸盐在厌氧过程中产生的高浓度硫化氢去除的研究,而对脱氮的研究较少^[1]。

本实验目的在于通过对传统生物脱氮机理及最新的机理研究进行深入分析,在继承和发扬原有生物膜脱氮工艺的优点、克服其缺点的基础上,进一步完善两段生物接触氧化工艺的同步硝化反硝化脱氮的功能,并通过试验室规模的动态实验研究,验证思路的正确性并论证新工艺的性能、探讨反应器各部分在脱氮过程中的作用、功能及主要的运行机理。

1 过程与方法

1.1 工艺流程及装置

试验装置见图 1。两段生物接触氧化同步硝化-反硝化曝气池用聚氯乙烯材料制成,反应器为矩形,池高、长和宽分别为 48cm、18cm 和 20cm,有效容积为 15L。曝气池被挡板隔成 2 段,前部为第一段生物接触氧化池,有效容积为 5L;后部为第二段生物接触氧化池,有效容积为 10L。挡板下部有交叉的小孔,曝气池内设置组合式填料,由空气泵曝气,曝气头为砂心曝气头,使曝气池水中 DO 保持在 2~3mg/L。试验用废水置于高位水箱中,水箱有

效容积为 80L。原水由恒流泵连续打入曝气池,反应后混合液经二沉池泥水分离后排出。

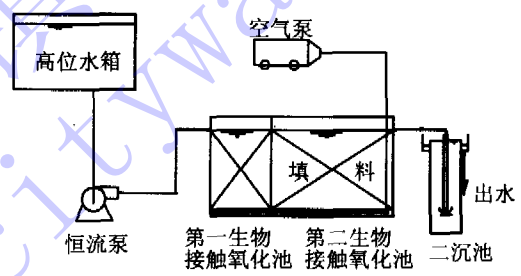


图 1 试验装置
Fig.1 Test device

1.2 抗生素生产废水水质

生物接触氧化池进水为水解酸化池出水,废水中 TN 由硝态氮、氨氮和有机氮等组成。废水水质如表 1。

表 1 进水水质

Table 1 Influent quality

COD (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	PO ₄ ³⁻ (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	TN (mg/L)	pH
2000~2500	820~1250	8~10	45~60	100~120	6.5~7.5

1.3 内容与方法

本试验在保证有机物高效去除的条件下,采用两段生物接触氧化反应器进行了抗生素生产废水脱氮的试验研究。主要考查水力停留时间、曝气量、进水有机物负荷、进水氨氮负荷、进水 pH 值和温度等因素对两段生物接触氧化工艺脱氮效果的影响。

2 结果与讨论

2.1 水力停留时间的确定

水力停留时间 (HRT) 是系统运行的重要控制参数之一,它直接影响反应器的工作状态和污染物的去除率,同时水力停留时间和废水处理构筑物的造价以及运行管理费用紧密相关。由于本实验是在保证 COD 去除率的前提下,再考虑进一步去除废水中的氨氮。因此,水力停留时间的确定应首先满足处理后出水 COD $\leq 300\text{mg/L}$ 。在进水 COD 浓度为 2000mg/L 左右,接触氧化池内 DO 为 $2\sim 3\text{mg/L}$,温度为 $(25\pm 1)^{\circ}\text{C}$,pH 为 $7.0\sim 7.5$ 的条件下,考察不同停留时间对好氧处理效果的影响。试验结果见图 2。

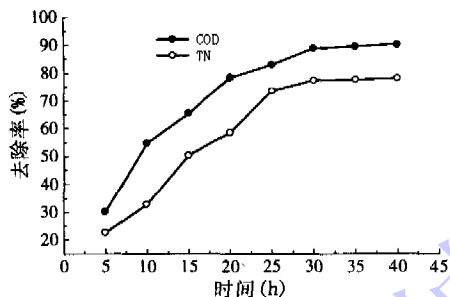


图2 水力停留时间的影响
Fig.2 Influence of hydraulic retention time

由图 2 可见,好氧生物工艺对抗生素废水的处理效果较好,处理效果随水力停留时间的增加而提高,停留时间达 30h 的时候,COD 的去除率达 88.7%,出水 COD 为 226mg/L 小于规定的排放标准,同时 TN 去除率达 77.2%。以后随水力停留时间的增加,COD 和 TN 的去除率增加幅度很小,因此,水力停留时间确定为 30h。

2.2 温度对除氮效果的影响

温度是影响硝化和反硝化反应的非常重要的因素。其主要是由于温度对硝化细菌的增殖速度和活性影响很大。

试验在 HRT 为 30h,pH 为 $7.0\sim 7.5$,进水 COD 为 2000mg/L 左右、氨氮为 50mg/L 左右的情况下,通过开启反应器内的恒温加热棒来改变反应器内的水温考察温度对 COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TN 去除效果的影响,其结果见图 3。

从图 3 可以看出,温度对生物除氮效果的影响很大,在第 5d 关闭恒温加热棒,水温很快从 25°C 降至 10°C 时, $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除率从约 84.43% 降至约 55.38%,TN 去除率从 75.76% 降至 52.73% 左右,同时 $\text{NO}_2\text{-N}$

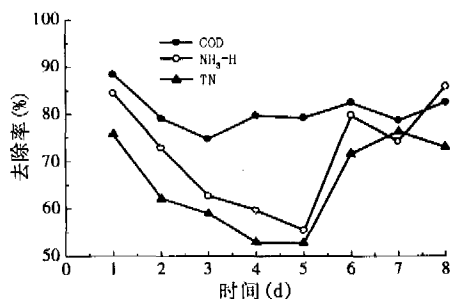


图3 温度的影响

Fig.3 Influence of temperature

的浓度有所增加;当从新开启加热装置,温度很快升至 25°C ,至第 8d 后运行稳定,各项指标恢复到原来的水平。在温度变化时,COD 的去除率均保持在 74.75%~88.40%。这表明在本试验范围内,温度的变化对有机物的去除率无明显影响。因此,在本试验中反应器内废水温度控制在 $25\sim 30^{\circ}\text{C}$ 之间。

2.3 pH 值对处理效果的影响

在试验中进水流量为 8.33mL/min ,HRT 为 30h,温度为 $(25\pm 2)^{\circ}\text{C}$,进水 COD 浓度为 2000mg/L 左右、氨氮为 50mg/L 左右,TN 为 100mg/L 左右,其它条件不变,考察进水 pH 的变化对去除效果的影响。结果见图 4 (图中 COD1、 $\text{NH}_3\text{-N}1$ 、TN1 分别为第一段接触氧化池 COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TN 的去除率;COD (T)、 $\text{NH}_3\text{-N}$ (T)、TN (T) 分别为第二段接触氧化池出水反应器 COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TN 的总去除率)。

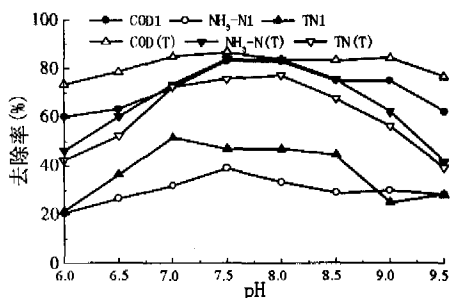


图4 pH 的影响

Fig.4 Influence of pH

图 4 的试验数据表明,pH 是影响硝化和反硝化速率的一个重要因素,当进水 pH 在 $7.0\sim 8.5$ 时硝化及反硝化除氮效果最佳,pH 值的变化对有机物去除效果影响不太大。另外对于生物接触氧化法的其他微生物,其生长适宜环境也多为中性或弱碱性,所以控制进水 pH 值在 $7.0\sim 8.5$ 较有利于好氧膜的发展。

2.4 进水负荷对有机物和氮去除的影响

通过改变进水浓度来改变系统的容积负荷,考

表 2 进水负荷的影响

Table 2 Influence of influent loading

工况	项目	进水浓度(mg/L)	进水负荷(kg/m ³ ·d)	第一段出水(mg/L)	第二段出水(mg/L)	η ₁ (%)	η ₂ (%)
1	COD	676	0.271	178	176	73.67	73.96
	NH ₃ -N	28.37	0.011	5.26	5	81.46	82.38
	TN	70.45	0.028	15.31	12.74	78.27	81.92
2	COD	1944	0.778	306	288	84.26	85.19
	NH ₃ -N	54.68	0.022	10.05	8.63	81.62	84.22
	TN	108	0.043	27.88	17.5	74.26	83.83
3	COD	2500	1.000	846	620	66.2	75.2
	NH ₃ -N	67.37	0.027	33.42	29.1	50.39	56.84
	TN	138.1	0.055	94.6	57.8	31.45	58.1
4	COD	2920	1.168	944	796	67.67	72.47
	NH ₃ -N	110.53	0.044	59.16	53.16	46.48	51.9
	TN	187.7	0.075	101.6	95.6	45.87	49.07

表 3 曝气量的影响

Table 3 Influence of aeration quantity

工况	DO(mg/L)	项目	进水浓度(mg/L)	第一段出水(mg/L)	第二段出水(mg/L)	η ₁ (%)	η ₂ (%)
1	第一段:0.25 第二段:0.5	COD	2056	1369.7	823.4	33.38	59.95
		NH ₃ -N	46.87	45.65	34.31	2.6	26.8
		TN	93.95	89.21	64.42	5.05	31.43
2	第一段:0.5 第二段:0.75	COD	1920	915.3	569.7	52.33	70.33
		NH ₃ -N	46.53	32.74	25.47	29.64	45.25
		TN	90	62.38	44.85	30.68	50.16
3	第一段:1.0 第二段:1.0	COD	2008	645	518	67.86	74.2
		NH ₃ -N	54.07	31.35	11.37	36.48	78.97
		TN	92.6	54.11	32.57	41.57	64.82
4	第一段:2.0 第二段:1.2	COD	1969	513.7	367	73.91	81.34
		NH ₃ -N	43.74	23.05	9.47	47.29	78.34
		TN	98.62	41.81	23.97	57.6	75.69
5	第一段:2.5 第二段:1.5	COD	2024	379.9	227.1	81.23	88.78
		NH ₃ -N	47.89	8.05	7.05	83.19	85.28
		TN	108	27.88	17.5	74.26	83.83
6	第一段:2.5 第二段:2.5	COD	2132	374.6	226	82.43	89.4
		NH ₃ -N	44.95	10.84	7.0	75.88	84.43
		TN	138.5	37.51	33.57	72.92	75.76
7	第一段:2.5 第二段:4.0	COD	2216	336	302	85.02	86.37
		NH ₃ -N	57.68	11.37	9.37	80.29	83.76
		TN	98.16	43.95	31.02	55.23	68.40

察进水负荷对 COD 去除效果的影响。试验中进水流量为 8.35mL/min,HRT 为 30h,温度为 (25±1)℃,其它条件不变,结果见表 2。

从表 2 结果可以看出, 在开始随着进水负荷的增加去除效果增加,如从工况 1 到工况 2。当进一步增加进水负荷时去除效果显著下降,出水 COD、NH₃-N 和 TN 超出排放标准, 如从工况 2 到工况 3 和工况 4。在本试验中工况 2 具有理想的处理效果。此时的负荷为:COD 为 0.778 kg/m³·d、NH₃-N 为 0.022 kg/m³·d、TN 为 0.043 kg/m³·d。COD、NH₃-N 和 TN 的去除率分别为: 第一段 84.26%、81.62%、74.26%; 第二段 85.19%、84.22%、83.83%。根据我们的实验结果,我们建议在处理抗生素生产废水时,接

触氧化池进水 COD 浓度控制在 2000mg/L 左右, NH₃-N 浓度控制在 50mg/L 左右,TN 浓度控制在 100mg/L 左右比较适宜。

2.5 曝气量对有机物和氮去除效果的影响

在 HRT 为 30h,温度为 (25±1)℃,其它条件不变的情况下, 考查了不同曝气量条件下两段生物接触氧化系统中的第一段和第二段对去除有机物和脱氮的影响,实验结果见表 3。

从表 3 结果可以看出, 随着曝气量的增加, COD、NH₃-N 和 TN 的去除率也相应的增加。如工况 1,由于曝气量太小,尤其是第一段内溶解氧浓度低, COD、NH₃-N 和 TN 的去除率 η₁ 仅为 33.38%、2.6% 和 5.05%, 总的去除率 η₂ 也仅为 59.95%、26.8%和



31.43%。出水 COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的浓度均超过规定的排放标准。在有机物存在的系统内,异养菌生长繁殖的速度快,对氧的争夺能力强于硝化菌,而低溶解氧加强了异养菌对硝化菌的抑制作用,进而影响反硝化,造成 TN 去除率很低。此时的抑制作用是有机物和低溶解氧对硝化的综合作用。因此,为了减轻有机物对硝化作用的影响,必须进一步提高每一段反应器内的溶解氧浓度。随着曝气量的增加,处理效果得到了显著的改善。当将曝气量提高到如工况 5 时,达到了非常理想的处理效果,其第一段 COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 和 TN 的去除率 η_1 增加为 81.23%、83.19% 和 74.26%。总的去除率 η_2 也有大幅度的提高,分别达到 88.78%、85.28% 和 83.83%。但当进一步增加第二段曝气量时,处理效果反而又变差。COD 和氨氮的去除效果变化幅度不大,但是 TN 的处理效果却有大幅度的下降。这主要是因为溶解氧提高后,生物膜内层的亚硝酸菌和硝酸

菌的数量增加,同时生物膜和悬浮污泥内厌氧层减少,反硝化作用减弱,致使出水硝态氮浓度增加,TN 去除率降低。因此,为了达到处理效果同时又节约能源,必须控制合适的曝气量。在本实验中,工况 5 的运行参数最为适宜。第一段中 DO 保持在 2.5mg/L 左右,第二段中 DO 保持在 1.5mg/L 左右。

3 结 论

根据试验结果得出抗生素废水采用两段接触氧化工艺脱氮得最佳工况为:进水 COD 浓度为 2000mg/L, $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度控制在 50mg/L, TN 浓度控制在 100mg/L, 接触氧化池内第一段中 DO 保持在 2.5mg/L, 第二段中 DO 保持在 1.5mg/L, 温度为 $(25\pm 1)^\circ\text{C}$, pH 为 7.0~7.5。

参考文献:

- [1] 张杰, 相会强. 抗生素生产废水处理技术进展[J]. 哈尔滨建筑大学学报, 2002, 35(2): 44-48.

DENITRIFICATION OF ANTIBIOTIC WASTEWATER WITH TWO-STAGE BIOLOGICAL CONTACT OXIDATION PROCESS

Xiang Hui-qiang¹, Li Shu-xin², Cao Xiang-sheng³

(1. Shijiazhuang Institute of Railway Engineering, Shijiazhuang 050041, China;

2. Hebei Institute of Architecture and Civil Engineering, Zhangjiakou 075024, China;

3. Beijing University of Technology, Beijing 100022, China)

Abstract: Experiment on denitrification of antibiotic wastewater with two-stage biological contact oxidation process was carried out. The influence of these factors, such as: HRT, DO, influent loading of COD, $\text{NH}_3\text{-N}$ and TN, temperature and influent pH on denitrification were investigated.

Key words: antibiotic wastewater; two-stage biological contact oxidation process; denitrification