

苯酚和 TCE 共存条件下硝化污泥的驯化特性

丁原红^{1,2}, 洪华生², 唐孝炎¹

(1. 北京大学 环境学院, 北京 100871; 2. 厦门大学 环境科学研究中心, 福建 厦门 361005)

[摘要] 采用连续通水的膜生物反应器, 研究了苯酚和三氯乙烯(TCE)在单一和共存条件下对污泥的驯化特性。结果显示: 在持续的单一的低浓度苯酚驯化中, 苯酚降解菌逐渐生长和富集, 不能成为优势菌群, 在维持对苯酚高降解率的同时, 也对硝化过程表现出较强的抑制作用; 在低浓度苯酚和 TCE 共存体系中, TCE 共代谢带来的抑制作用较为强烈, 对苯酚降解菌和硝化菌都有一定的抑制作用, 其中对硝化过程影响较大; 在高浓度苯酚和 TCE 共存体系中, TCE 在投加初期对硝化菌抑制作用强烈, 但随着驯化时的延长, TCE 对硝化过程的抑制作用很快被缓解。

[关键词] 苯酚; 三氯乙烯; 驯化; 抑制; 膜生物反应器。

[中图分类号] X703 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1006-1878(2004)07-0005-03

硝化过程是所有废水处理, 包括垃圾渗滤液处理都要关注的重要指标之一, 如何有效地提高氨氮的去除率一直是各种废水处理装置和工艺研究的重点。在工业废水处理中, 苯酚和 TCE 对硝化菌的活性都有着很强的抑制作用。对于类似渗滤液等含有高浓度氨氮和苯酚、TCE 等外源性有机物的特殊高浓度有机废水, 在采用生化法进行处理时, 如何有效地消除这些外源性化合物对硝化过程的抑制作用, 便成为提高氨氮去除效率的关键。

本试验采用膜生物反应器, 研究活性污泥在苯酚和 TCE 单一和共存条件下, 硝化菌活性的变化特性, 寻求在外源性有机物作用下, 提高和保持污泥硝化效率的有效途径。

1 试验部分

1.1 仪器与设备

采用如图 1 所示的 3 个相同的一体式浸没膜生物反应器, 槽体为有机玻璃, 有效容积为 9 L; 膜片

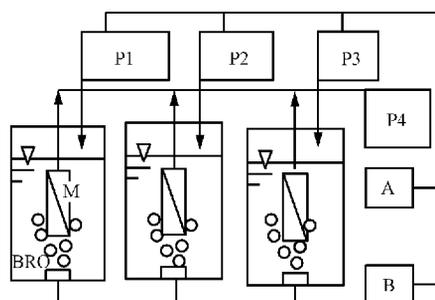


图 1 一体式浸没膜生物反应器

1. 泵(离心泵) P1, P2, P3; 2. 出水泵(蠕动泵) P4;
3. 曝气泵(增氧机) B; 4. 自控装置 A;
5. 膜 M; 6. 生物反应器 BRO

为日本 KUBOTA 公司生产的有机高分子平板微滤膜; 微孔曝气; 膜出水依靠蠕动泵间歇抽吸; HRT (水力停留时间) 为 24 h; 由继电器、液控器和电磁阀等元件构成的专利自控装置控制和调节生物反应器的进水、膜出水、液位和膜面污染状况。

1.2 合成废水

称取一定量的化学纯组分, 用自来水配制成合成废水, 其中生物利用基质质量浓度为 300 ~ 600 mg/L 的葡萄糖, 氨氮质量浓度为 500 mg/L 的 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 目标物质量浓度为 50 ~ 200 mg/L 的 Phenol 和 2 mg/L 的 TCE; 其它微生物所需微量元素由溶液中质量浓度为 50 mg/L MgSO_4 、100 mg/L $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、100 mg/L NaHCO_3 、100 mg/L NaCl 和 100 mg/L KH_2PO_4 等化学物质所组成。

1.3 分析方法

$\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的测定采用靛酚蓝分光光度法; COE 测定采用(酸性)高锰酸钾指数法; Phenol 的测定采用 4-氨基安替比林直接光度法; MLSS (混合液悬浮固体) 测定采用滤纸重量法。

2 结果与讨论

2.1 氨氮的去除

RUN1、RUN2、RUN3、反应器中氨氮质量浓度随时间的变化分别见图 2 ~ 4。从图 2 ~ 4 可以看

[收稿日期] 2003-08-06; **[修订日期]** 2003-09-13

[基金项目] 国家自然科学基金项目(20077023)

[作者简介] 丁原红(1970—), 男, 山东省日照市人, 北京大学环境学院工学博士生, 研究方向为水污染控制技术。

出, RUN1 中投加了 50 mg/L 的苯酚, 苯酚对硝化菌的活性形成了一定的抑制作用, 但不是很强烈, 出水中氨氮的浓度虽有升高, 但硝化菌对进水氨氮仍有一定的去除作用, 可以认为随着苯酚的连续投加, 丝状菌虽有富集, 但其生长受到了所投加的苯酚的抑制, 不能成为优势菌群; RUN2 中同时投加有 50 mg/L 的苯酚和 2 mg/L 的 TCE, 出水中氨氮的浓度时高时低, 反复较大, 说明 TCE 的抑制作用比较明显; RUN3 中同时投加有 200 mg/L 的苯酚和 2 mg/L 的葡萄糖, 而出水中氨氮的浓度较低, 说明 TCE 的抑制作用被缓解。综合 3 个系列的试验结果, 可以认为苯酚和 TCE 对硝化菌都有一定的抑制作用, 但低浓度的苯酚对硝化菌的抑制作用不大, 而高浓度的苯酚将对苯酚降解菌产生很好的驯化和富集效果, 苯酚降解菌的高活性, 将对 TCE 及其中间产物的毒害作用产生抗性, 从而避免和消除 TCE 及其中间产物对硝化菌活性的抑制作用。

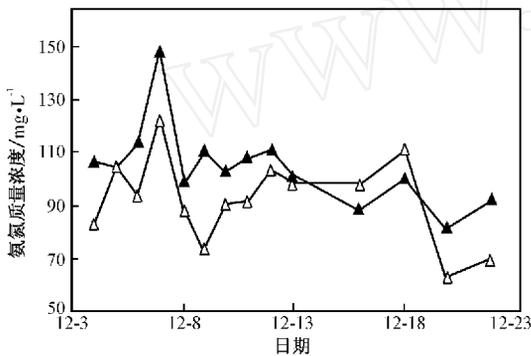


图 2 RUN1 反应器中氨氮浓度随时间的变化曲线
——RUN1 进水; ——RUN1 出水

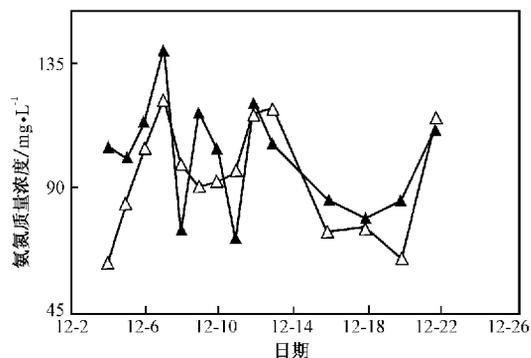


图 3 RUN1 反应器中氨氮浓度随时间的变化曲线
——RUN2 进水; ——RUN2 出水

苯酚降解菌对 TCE 有很好的共代谢作用, 从而使 TCE 也得到一定程度的生物降解和去除; 但在共代谢过程中, TCE 降解的中间产物一般都具有较高的化学活性, 对共代谢降解菌, 如苯酚降解菌和硝化菌所产生的非特定酶的活性造成相当程度的损害和抑制作用, 从而将间接影响 TCE 共存体系中各种污

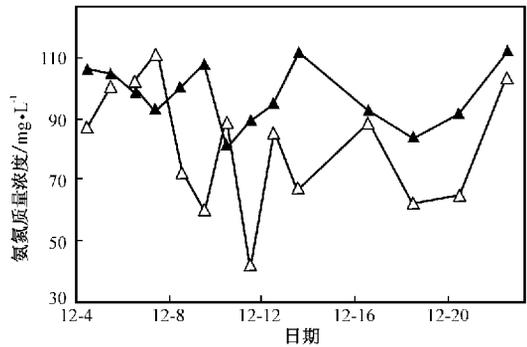


图 4 RUN3 反应器中氨氮浓度随时间的变化曲线
——RUN3 进水; ——RUN3 出水

染物的降解效率。

本试验中所用的 TCE 为 2 mg/L, 正常条件下, 可以被富集驯化的硝化菌或苯酚降解菌完全分解, 因此, TCE 本身对硝化菌和苯酚降解菌的毒性的抑制作用是次要的, 试验中观察到污泥活性受到抑制, 有理由认为是 TCE 降解的活性中间产物对污泥的活性造成了损害。

2.2 苯酚的去除

苯酚去除率随时间的变化曲线见图 5。分析图 5 可以看出, RUN1、RUN2 和 RUN3 中的硝化污泥经过短暂的适应性驯化, 对苯酚的降解效率都维持在 85% 以上, 虽然高强度的氨氮对污泥中大多数微生物的活性都将形成一定的抑制作用, 但高浓度氨氮对苯酚的抑制作用只是在苯酚投加初期比较明显, 在持续的苯酚投加和驯化中, 丝状菌逐渐富集, 高浓度氨氮对丝状菌活性的抑制作用被解除。

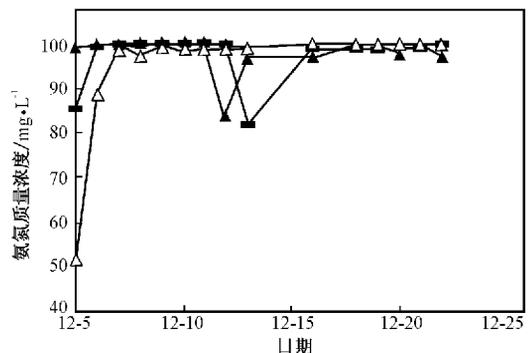


图 5 苯酚去除率随时间的变化曲线
——RUN1; ——RUN2; ——RUN3;

但从图 5 可以看出, 3 个反应系列中 RUN1 单位污泥对苯酚的去除率最高, RUN2 次之, RUN3 最低。分析 RUN1、RUN2 和 RUN3, 只有 RUN1 中没有投加 TCE, 而 RUN2 和 RUN3 中均投加 TCE, 因此可以认为是投加的 TCE 对苯酚降解菌的活性造成了明显的抑制作用, RUN3 中虽然投加了 200

mg/L 的苯酚,但丝状菌对苯酚的降解率没有相应的提高,反而进一步下降。分析认为,这可能是由于 RUN3 中快速增大的污泥浓度导致苯酚和溶解氧传质阻力增大,从而导致苯酚降解效率的下降。

2.3 有机物的去除

COD 去除率随时间的变化曲线见图 6。从图 6 可以看出,RUN1、RUN2 和 RUN3 中的硝化污泥对 COD 的降解效率都维持在 76%~85%左右,但很少超过 95%。这说明投加的苯酚和 TCE 等外源性有机化合物不但对硝化菌的硝化过程造成了一定的抑制作用,同时对污泥中其它异养菌的活性也造成了一定的抑制作用,使有机物 COD 的去除率下降,但污泥中异养菌的活性仍然可保持较高的活性。

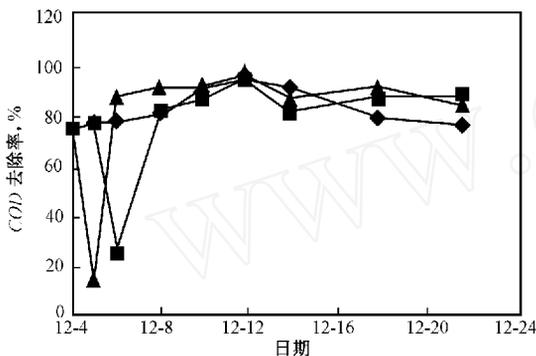


图 6 COD 去除率随时间的变化曲线

—RUN1; —RUN2; —RUN3;

单位污泥对 COD 的去除效率曲线见图 7。分析图 7,在 RUN1、RUN2、RUN3 三个系列中,单位活性污泥对有机物的去除效率也是 RUN1 最高,RUN2 次之,RUN3 最低。RUN1 中污泥活性最高,可能与其中外源性有机物苯酚含量最低(50 mg/L),并且不含有 TCE 等对氧化过程有强烈抑制作

用的有机物有很大的关系;而 RUN3 中,含有大量的苯酚(200 mg/L),外加 TCE(2 mg/L),高浓度苯酚诱导丝状菌的快速增殖,虽然在一定程度上消除了 TCE 对硝化过程的抑制作用,但苯酚、TCE 及其中间代谢产物对污泥中大量的异养菌的活性形成了很强的抑制作用,从而使混合液中剩余溶解性有机物大量存在,对微生物的活性造成损害。另外,污泥的快速增殖导致混合液中溶解氧等重要生物利用因子的传质效率的下降,所有这些因素的作用,都有可能对异养菌的活性形成抑制。

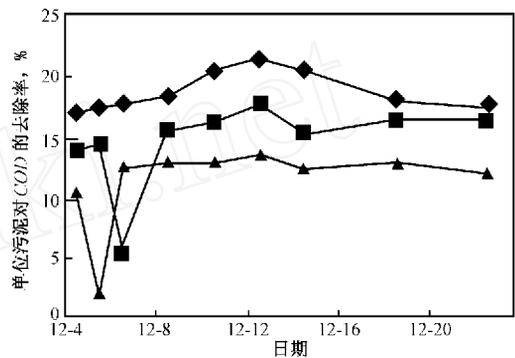


图 7 单位污泥对 COD 的去除效率曲线

—RUN1; —RUN2; —RUN3;

3 结论

a) 苯酚和 TCE 等外源性有机化合物对硝化过程和异养氧化过程都形成一定的抑制作用,其中苯酚降解菌的快速增殖将缓解和消除 TCE 及其共代谢中间产物对硝化菌产生的抑制作用。

b) 随着混合液中外源性有机化合物数量和浓度的增加,污泥中各种微生物的降解活性都将受到很强的损害和抑制作用。