

厌氧/缺氧/好氧—膜生物反应器组合工艺处理垃圾渗滤液中操作参数对降解特性的影响

熊小京^{1,2}, 简海霞², 洪育彬¹

(1. 厦门大学海洋与环境学院圣泽环保技术研究中心, 福建 厦门 316005;

2. 厦门大学环境科学研究中心, 福建 厦门 316005)

摘要: 采用厌氧/缺氧/好氧—膜生物反应器组合工艺(A/A/O-MBR), 用苯酚和氨氮驯化污泥, 以实际垃圾渗滤液为处理对象, 考察了水力停留时间与进水浓度负荷对 COD 及氨氮的降解特性的影响。结果表明, 与单纯 O-MBR 工艺相比, 组合工艺不仅能减少约 2/3~3/4 的曝气费用, 而且能使 COD 与氨氮的去除率分别达到 80% 和 60% 左右。

关键词: 垃圾渗滤液; 厌氧/缺氧/好氧—MBR 工艺; 降解特性

中图分类号: X799.3

文献标识码: A

文章编号: 0253-4320(2006)S2-0085-03

Effects of operation parameters on biodegradation behavior of landfill leachate in A/A/O-MBR processes

XIONG Xiao-jing^{1,2}, JIAN Hai-xia², HONG Yu-bin¹

(1. Shengze Environmental Protect Technology Research Center, College of Ocean and Environment, Xiamen University, Xiamen 361005, China; 2. Environmental Science Research Center, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract The removal behaviors of COD and $\text{NH}_4^+\text{-N}$ in landfill leachate treatment were investigated under various hydraulic retention time and concentration loads by using Anaerobic-Anoxic-Oxic-membrane bioreactor(A/A/O-MBR) process. The incubated activated sludge was acclimated initially by phenol and ammonium. By comparing with O-MBR in the treatment behavior of landfill leachate, we found that about 2/3 to 3/4 aeration cost could be saved when A/A/O-MBR process was employed, and removal efficiencies of COD and $\text{NH}_4^+\text{-N}$ would be achieved possibly at about 80% and 60%, respectively.

Key words: landfill leachate; A/A/O-MBR process; biodegradation behavior

目前我国 70% 的城市垃圾处理是采用卫生填埋法, 而卫生填埋所产生的垃圾渗滤液会导致严重的二次污染问题。垃圾渗滤液具有成分复杂、有机污染物浓度高、可生化性差、含盐量高、氨氮浓度高和产量季节性变化大等特点, 若采用常规的生物处理工艺很达到国家规定的排放标准^[1]。

膜生物反应器污水处理技术具有污泥负荷高、泥龄长, 利于增殖缓慢的硝化菌生长、剩余污泥少、无需二沉池而出水悬浮物浓度低等特点, 对有机污染物以及氨氮($\text{NH}_4^+\text{-N}$)浓度高的渗滤液处理有着广泛的应用前景^[2]。

为了充分发挥厌氧与好氧微生物对污染物的协同降解优势, 同时减少曝气的运行成本, 笔者采用厌氧/缺氧/好氧—膜生物反应器(A/A/O-MBR)组合工艺, 以实际垃圾渗滤液为处理对象, 在不同水力停留时间(HRT)和进水浓度负荷条件下, 系统地考察该

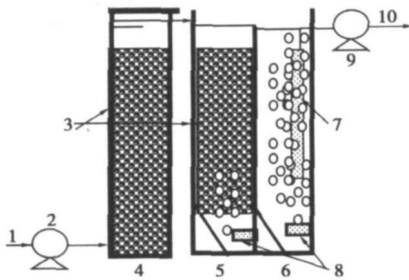
工艺中各处理单元对渗滤液 COD 及氨氮的降解特性, 并通过与 O-MBR 的降解性能比较, 从而确立该工艺在处理实际垃圾渗滤液中的适宜操作条件。

1 材料和方法

1.1 装置流程及操作条件

实验装置与流程如图 1 所示。原水经离心泵提升, 从 A₁ 厌氧槽底部进入后经推流式上升于上部溢流至 A₂ 缺氧槽, A₁ 与 A₂ 槽的有效容积分别为 12 L 和 9 L, 槽内均填有 $\Phi 5$ cm 的聚丙烯球形填料, A₂ 槽的溶解氧(DO)小于 0.5 mg/L; A₂ 槽处理水溢流到 O 好氧槽, 有效容积为 9 L, 槽内下设多孔散气管, 中间插入有机平板膜片(日本 KUBOTA 公司制, 尺寸为 0.303 m×0.212 m, 表面积为 0.1285 m², 孔径为 0.1~0.4 μm), 用蠕动泵抽吸得膜出水。A₁/A₂/O-MBR 系统的总水力停留时间(HRT)为 1~3 d, 各处

理单元 HRT 按体积比分配。A₁、A₂ 与 O 槽的污泥质量浓度分别为 4.5 ~ 5.5 g/L、4.5 ~ 5.5 g/L 和 5.0 ~ 10.0 g/L; 期间温度为 20 ~ 25 °C。采用液位控制器和时间继电器控制进水泵动作。



1—进水; 2—离心泵; 3—填料; 4—厌氧槽 A₁; 5—厌氧槽 A₂; 6—好氧槽 O; 7—平板膜; 8—增氧机; 9—蠕动泵; 10—出水

图 1 实验装置与流程图

1.2 原水组成

垃圾渗滤液取自厦门市某垃圾填埋场(填埋年限为 8 年), 其具体组成为: pH 7.5 ~ 8.5, COD 14 600 ~ 20 000 mg/L, 悬浮固体(SS) 900 ~ 1 200 mg/L, 氨氮 2 200 ~ 2 600 mg/L, 总磷 10 ~ 25 mg/L。

1.3 实验方法

种污泥取自厦门城市污水处理厂曝气池。实验分 2 个阶段进行。

(1) 污泥预驯化阶段。用合成废水(主要组成为 2 500 mg/L 葡萄糖, 500 mg/L 苯酚, 250 mg/L 硫酸铵), 进水流量为 15 L/d(HRT 为 2 d), 采用阶梯升高浓度法驯化种污泥。驯化操作历时一个半月, 各单元出水已基本达到稳定, 其处理效果如表 1 所示。

表 1 污泥驯化稳定阶段时各处理单元的处理效果

项目	进水	A1 出水	A2 出水	O-MBR 出水	总去除率/%
苯酚质量浓度/ mg·L ⁻¹	500	362 ~ 410	272 ~ 400	7 ~ 10	98 ~ 98.6
氨氮质量浓度/ mg·L ⁻¹	250	207 ~ 227	135 ~ 192	62 ~ 82	67.2 ~ 75.2
COD 质量浓度/ mg·L ⁻¹	2500	1545 ~ 1786	510 ~ 730	250 ~ 323	87 ~ 90

(2) 垃圾渗滤液处理阶段。用实际垃圾渗滤液, 在不同的 HRT、进水浓度负荷的条件下, 系统地考察各处理单元对渗滤液的处理效果。实验中以原水槽、A₁ 槽、A₂ 槽和 O 槽的出水口为取水点, 每隔 2 天取样一次, 测定 COD 和氨氮浓度。

1.4 分析方法

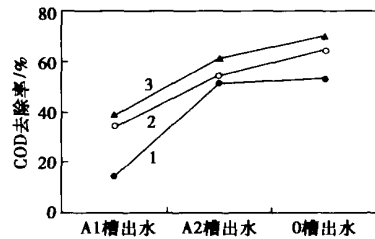
COD 采用 HH-6 化学耗氧量测定仪测定; 氨氮

采用纳氏试剂光度法(HP-8453 紫外可见分光光度仪)测定; 活性污泥浓度(MLSS)采用过滤称重法测定; pH 用便携式 pH 快速测定仪测定。

2 结果与讨论

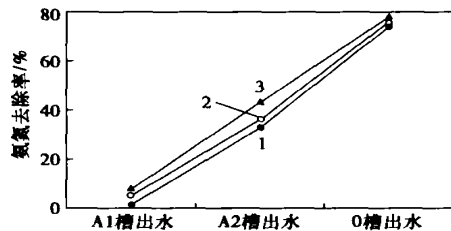
2.1 HRT 对降解性能的影响

图 2 和图 3 分别给出了 HRT 对各处理单元 COD 和氨氮去除率的影响。进水是经过稀释的垃圾渗滤液, COD 质量浓度为 2 000 mg/L, 氨氮质量浓度为 210 mg/L。



HRT/D: 1—1; 2—2; 3—3

图 2 HRT 对各处理单元 COD 去除率的影响



HRT/D: 1—1; 2—2; 3—3

图 3 HRT 对各处理单元氨氮去除率的影响

由图 2 可以看出, 随着 HRT 的增大, 各处理单元 COD 去除率总体呈上升趋势。适当延长 HRT, 对厌氧和好氧的有机物降解反应均有所促进, HRT 对厌氧过程的 COD 去除率影响要比好氧过程更为明显, 而好氧条件对剩余的难降解小分子有机物的去除更为有效; 与此相对照, HRT 对 A₂ 槽 COD 去除的影响较小, 可能是由于所用垃圾渗滤液来自填埋年限达 8 年的填埋场, 经历了较长的土壤生物分解, 致使渗滤液中的残留物含有大量的难生物降解大分子物质和水溶性腐殖质类小分子物质^[3], 且小分子物质很难被膜所截留^[4], 因此 HRT 为 3 d 时最大 COD 去除率也仅为 70% 左右。由此知该工艺最佳 HRT 应为 2 d。

从图 3 可看出, HRT 对氨氮去除效果的影响不明显。从理论上讲, 厌氧、缺氧段可以通过厌氧氨氧化途径去除氨氮^[5], 而本工艺中由于 A₂ 槽可去除

30%~45%的氨氮,缺氧氨氧化作用较为明显;由于膜的截留作用,O-MBR内的硝化菌容易富集,硝化反应速度快,可使系统的总氨氮去除率稳定在74%~78%之间。

2.2 浓度负荷对降解性能的影响

表2给出了进水浓度负荷对各处理单元处理效果的影响;这里高浓度渗滤液的COD与氨氮分别为4900 mg/L和470 mg/L,低浓度渗滤液的COD与氨氮分别为2000 mg/L和210 mg/L。

表2 浓度负荷对各处理单元处理效果的影响

进水	HRT/d	COD去除率/%			NH ₄ ⁺ -N去除率/%		
		A ₁ 槽	A ₂ 槽	O槽	A ₁ 槽	A ₂ 槽	O槽
		出水	出水	出水	出水	出水	出水
低浓度渗滤液	1	14.0	51.4	53.1	1.3	32.8	74.0
	2	33.3	54.3	64.7	4.9	36.1	75.4
	3	38.3	61.2	70.1	8.0	43.0	77.9
高浓度渗滤液	1	15.3	37.3	59.3	2.0	17.6	41.6
	2	27.1	49.7	78.6	1.6	38.2	58.4
	3	34.8	50.2	83.4	4.2	35.6	70.1

由表2可看出,与低浓度负荷进水相比,当HRT从1~3 d变化时,高浓度负荷进水条件下的A₂槽与O-MBR的COD去除率增幅为20%~30%,O-MBR的最大COD去除率可达80%左右,此结论与王坚等^[1]在进水BOD₅/COD<0.2条件下的MBR良好的处理效果取得一致。高浓度负荷进水不仅促进了污泥的增殖,同时强化污泥中降解菌对难降解有机物的驯化作用(包括共代谢作用),从而让O-MBR降解更多的剩余有机物;此外污泥的快速增殖也利于菌胶团的形成,使附着菌胶团上的小分子物质容易被膜所截留。

从表2还可看出,氨氮去除率总体上随进水渗滤液浓度的增高而降低。对比高、低浓度渗滤液的氨氮处理,低浓度渗滤液的氨氮去除率随着HRT的增大在74%~77.9%之间变化,但对于高浓度氨氮进水,HRT从1 d增至3 d时,A₂槽氨氮去除率从17.6%增至35.6%,而O-MBR从41.6%增至70.1%,氨氮去除效果有较明显的提高。可见随着进水氨氮浓度的升高,缺氧氨氧化反应与好氧硝化反应活性没有受到明显抑制影响,并随着反应时间的延长,氨氮去除率不断提高。

2.3 A₁/A₂/O MBR与O-MBR降解性能的比较

在高浓度渗滤液进水条件下(COD 4900 mg/L,

氨氮470 mg/L),考察了A₁/A₂/O-MBR组合工艺与O-MBR对COD与氨氮的去除效果。O-MBR采用与组合工艺相同的污泥并保持浓度相同。

表3 A₁/A₂/O MBR与O-MBR的COD与NH₄⁺-N的去除性能比较

工艺	HRT/d	COD去除率/%	NH ₄ ⁺ -N去除率/%
A ₁ /A ₂ /O-MBR	1	59.3	41.6
	2	78.6	58.4
O-MBR	1	75.2	31.8
	2	86.4	44.6

表3给出了A₁/A₂/O-MBR与O-MBR的COD与NH₄⁺-N的去除性能比较,与组合工艺相比,O-MBR工艺在相同的HRT条件下去除COD效果更高一些。由NH₄⁺-N的去除性能比较可知,组合工艺中的A₁槽对氨氮的去除效果很低,A₂槽的缺氧条件可以将17%~43%的氨氮转化,可以看出厌氧氨氧化在缺氧条件下更容易进行^[6],再经过O槽的好氧降解,氨氮的去除率可达60%(HRT=2 d);与O-MBR工艺相比(最大氨氮的去除率低于50%),A₁/A₂/O MBR显示出较高的脱氮效果,这主要归因于缺氧槽良好的脱氮效果。

综上所述,鉴于O-MBR工艺必须在高气水比(至少大于20)下运行,曝气费用高,可以考虑在保证足够的COD去除效果前提下,采用A₁/A₂/O MBR组合工艺不仅至少能减少约2/3~3/4曝气费用,而且能获得较好的氨氮去除效果。

参考文献

- [1] 王坚,季民,李征,等. UASB+MBR工艺处理城市垃圾填埋场渗滤液试验研究与问题讨论[J]. 城市环境与城市生态, 2003, 16(6): 215-217.
- [2] 申欢,金奇庭,李明波,等. 膜生物法处理城市垃圾渗滤液[J]. 中国给水排水, 2004, 20(3): 56-59.
- [3] 李晨,杨朝晖,曾光明,等. 我国城市垃圾渗滤液处理现状与展望[J]. 环境卫生工程, 2004, 12(3): 136-140.
- [4] 陈少华,刘俊新. 垃圾渗滤液中有机物分子量的分布及在MBR系统中的变化[J]. 环境化学, 2005, 24(2): 153-157.
- [5] 孙锦宜. 含氮废水处理技术与应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.
- [6] 郭勇,杨平,罗光华. 垃圾渗滤液生物脱氮新途径[J]. 城市环境与城市生态, 2003, 16(2): 59-61. ■