

一体化复合式膜生物反应器除磷研究

迟 军, 王宝贞, 吕斯濠

(哈尔滨工业大学市政环境工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090)

摘 要: 本文通过对比实验, 研究了不同工艺组合条件下一体化复合式膜生物反应器(HCMBR)的除磷效果。研究表明, 在无厌氧段的情况下, 反应器内保持好氧状态的同时, 填料内部存在厌氧环境, TP 的去除率为 22%; 在有厌氧段(A/O)的情况下, TP 的去除率可达 70%; 采用化学方法时, TP 去除率可达 82.1%, 但过高的 $n(\text{Al}^{3+})/n(\text{TP})$ 值将会影响污泥的活性。并且 HCMBR 对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 COD_Cr 、TN 等污染物有十分良好的去除效果。

关键词: 除磷; 一体化复合式膜生物反应器; 去除率

中图分类号: TQ085⁺.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3770(2003)01-0047-03

膜生物反应器以其体积小、处理效率高、成本相对较低的优势得到广泛应用, 目前已开发出许多工艺形式。本文对一体化复合式膜生物反应器的除磷效果进行了研究。

1 膜组件及试验装置

试验选用膜件为国产聚丙烯酰胺中空纤维膜, 膜孔孔径 $0.05\mu\text{m}$; 膜件长度为 0.35m , 膜面积 1.5m^2 ; 好氧反应器容积 14.2L ; 厌氧反应器容积为 5L 。

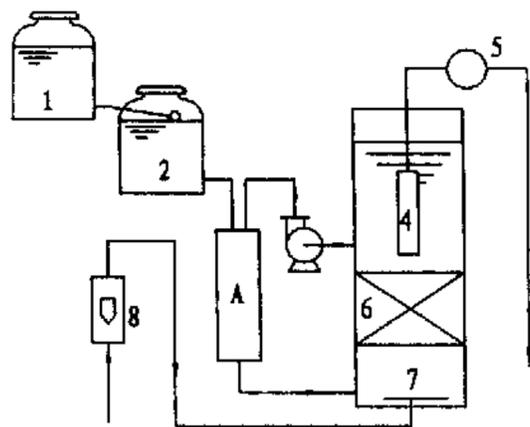


图 1 复合式膜生物反应器 A/O 生物除磷流程
①配水箱; ②稳压水箱; ③溶药瓶; ④膜组件; ⑤真空表;
⑥组合填料; ⑦. 微孔曝气器; ⑧气体流量计

2 试验装置流程

A/O 工艺流程(图 1): 配水箱①配制废水经稳压水箱②经过 A 段, 从膜生物反应器下部进入, 在微气泡曝气搅动下, 经过纤维束填料⑥, 被真空抽吸至膜组件④过滤后出水; 部分回流污泥经泵回流到 A 段; 从空压机来的空气经过气体流量计⑧调节后经微孔曝气器⑦进入反应器。

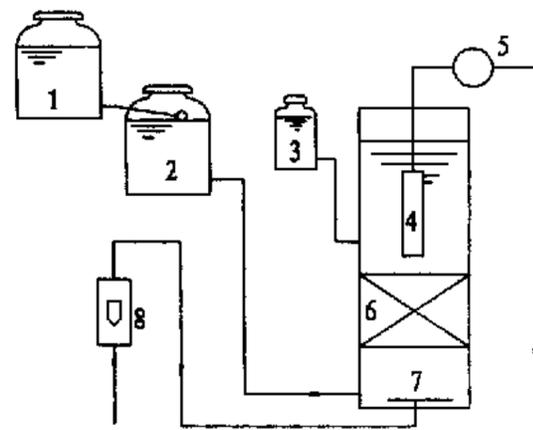


图 2 复合式膜生物反应器化学除磷流程
①配水箱; ②稳压水箱; ③溶药瓶; ④膜组件; ⑤真空表;
⑥组合填料; ⑦. 微孔曝气器; ⑧气体流量计

无 A 段工艺流程(图 2): 配水箱①配制废水经稳压水箱②从膜生物反应器下部进入, 在微气泡曝

气搅动下,经过纤维束填料⑥,被真空抽吸至膜组件①过滤后出水。

化学除磷:与无 A 段工艺流程相同,所用药剂从溶药瓶③进入反应器。

3 试验内容及结果讨论

3.1 反应器调试至稳定运行状态

试验配水采用直链淀粉、复合肥、 NH_4Cl 、 KH_2PO_4 、 Na_2HPO_4 配制而成的模拟生活污水。水质指标见表 1。

表 1 试验配水水质指标及其分析方法

指 标	数 值	分析方法
pH	6.58~7.53	仪器法
COD_Cr (mg/L)	150.24~200.46	回流法
BOD ₅ (mg/L)	60.35~124.53	仪器法
$\text{NH}_3\text{-N}$ (mg/L)	9.45~19.98	纳氏试剂光度法
$\text{NO}_3\text{-N}$ (mg/L)	<0.4	酚二磺酸光度法
TP(mg/L)	2.16~7.21	过硫酸钾消解-氯化亚锡还原光度法

3.2 参数选择

膜生物反应器中的污泥浓度,在底物充足及适量增大曝气强度的情况下,可以达到很高的程度。有研究表明一体式膜生物反应器 MLVSS 通常可达到 5000~8000mg/L,个别可达到 10000mg/L 以上。本实验第一阶段,通过定期排泥,将污泥浓度控制在 3500~4000mg/L。在一体化复合式膜生物反应器中由于考虑到淹沉式生物膜附着在填料上,过大的曝气强度,一方面动力消耗过大;另一方面导致反应器内的水力搅动过于剧烈,强大的剪切力将不利于生物膜的附着,本试验控制溶解氧浓度在 4~6mg/L;总的水力停留时间为 5h;出水流量通过调整出水真空值,稳定在 64ml/min。

3.3 调试运行

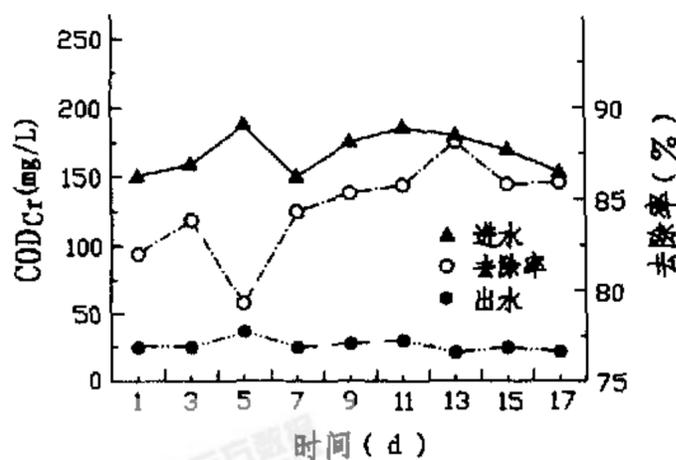


图 3 COD_Cr 去除效果图

首先不使用 A 段,闷曝,培养活性污泥,进行连续流的调试;然后,启用 A 段反应器。进入稳定运行阶段后,该反应器去除各项污染物的指标都达到了较好的水平,连续测定污染物去除效果如图 3、图 4。

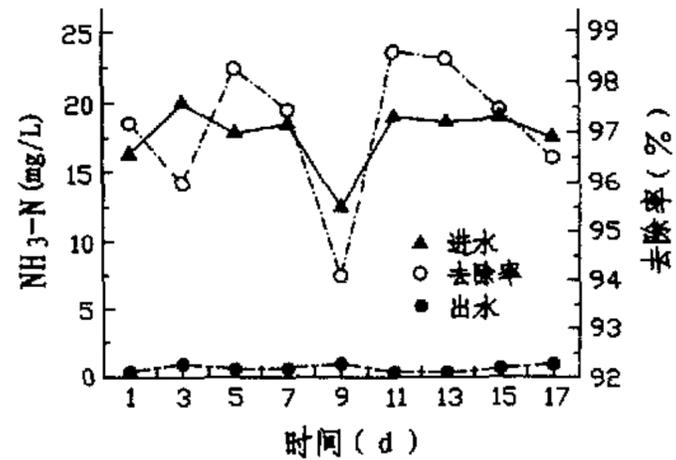


图 4 $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除效果图

从图中可以看出,对 COD 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除效果达到了较好的水平。 COD 进水值大部分在 150~200mg/L 之间,而出水多在 28mg/L 以下,去除率达到 94% 以上;出水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 仅为 0.3~0.8mg/L,氨氮的去除可达 96% 以上。这主要是由于复合式膜生物反应器中的膜组件可以阻留污染物,使水力停留时间大大延长,而较高的污泥浓度对 COD 的降解可以取得非常好的效果。膜组件对硝化细菌具有同样的截留作用,填料则为硝化菌提供了十分良好的依附介质,再加上合理的曝气量和底物浓度,反应器中硝化菌大量增值,因此,硝化效果非常好。另外,设置 A 段,使反硝化效果较好,对 TN 的去除率达到近 85%。

3.4 生物除磷效果研究

表 2 有无 A 段时除磷效果

无 A 段			有 A 段		
进水 TP (mg/L)	膜出水 TP (mg/L)	去除率 (%)	进水 TP (mg/L)	膜出水 TP (mg/L)	去除率 (%)
2.16	1.78	17.6	-	-	-
2.03	1.50	26.1	-	-	-
3.05	2.75	9.8	3.56	1.31	63.2
5.58	3.81	31.7	5.45	1.67	69.4
7.17	5.56	22.5	7.56	2.18	71.2
7.21	5.45	24.4	7.45	2.21	70.3

自然界中很多细菌能从外界环境中吸收可溶性磷酸盐,并在体内转化合成多聚磷酸盐积累起来,作为贮存物质。在常规活性污泥系统中,微生物正常生长时活性污泥含磷量一般为干重的 1.5%~2.3%。从表 2 数据可知,在无 A 段时,本实验中对磷的去

除率达到 22%, 明显超过了细胞合成时的需磷量。这主要是由于在复合式反应器内存在填料, 虽然在反应器内是好氧环境, 但填料内部同时存在厌氧微环境, 使聚磷能够对磷酸盐进行吸收和释放; 另外在反应器中存在的一些 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等也可以沉淀一些磷酸盐。在有 A 段时, 对磷的去除率可达 68.5%, 但出水中 TP 含量多大于 1mg/L。

3.5 化学除磷效果研究

表 3 化学除磷效果

	TP (mg/L)	去除率 (%)	TP (mg/L)	去除率 (%)	TP (mg/L)	去除率 (%)
进水	5	—	10	—	20	—
上清液	3.2	80	3.3	67	4.6	77
膜出水	0.8	88	1.2	84	5.1	74.5

基于磷的难溶金属磷酸盐化学沉淀物很难透过超滤膜, 在反应器内进行了化学除磷。由于铁盐容易引起对聚丙烯酰胺膜组件的污染, 因此实验中选用 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ 作为除磷试剂。称取 5g $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, 溶解后加入溶药瓶。将含磷污水加入反应器, 停出水, 曝气 20min 后, 加入 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ 溶液, 再曝气 30min, 停止曝气, 取上清液, 恢复出水。分析时分别取上清液经滤纸过滤后的滤过液和膜出水进行含磷量测试, 分析情况见表 3。

从表 3 中数据可见, 化学除磷时当进水含磷量

较少为 5mg/L 时, 由于 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ 浓度一定, $n(\text{Al}^{3+})/n(\text{TP})$ 比值较大, 所以无论在膜出水还是上清液出水中 TP 去除率都较高。而当进水含磷量为 10mg/L 时, 膜出水的 TP 去除率要好于上清液出水, 表明膜对难溶金属磷酸盐化学沉淀物有一定的截留作用; 而当进水含磷量为 20mg/L 时, 由于 $n(\text{Al}^{3+})/n(\text{TP})$ 值进一步下降, 药剂相对开始不足, 导致去除率开始下降。对于复合式膜生物反应器而言过高的铝盐含量将影响污泥的活性, 从而影响出水效果, 所以要达到高的磷去除率, 建议采用分置式后置沉淀除磷。

4 结 论

在维持污泥具有较高活性的情况下, HCMBR 的除磷效果达 22%; 结合 A/O 工艺, TP 去除率可达 70%; 但不采用化学方法时, 出水中 TP 很难降到 0.5mg/L 以下。

化学除磷中使用铝盐不易引起膜污染; 当 $n(\text{Al}^{3+})/n(\text{TP})$ 值为 1.5~2.0 时, 除磷效果较好, 去除率可达 82.1%; 但过高的 $n(\text{Al}^{3+})/n(\text{TP})$ 值将会影响污泥的活性。

HCMBR 一体化复合膜生物反应器对 COD_Cr 的去除达到 94%, 对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除率可达 96% 以上, 对 TN 的去除率可达 85%。

STUDY ON THE REMOVAL OF PHOSPHORUS BY HYBRID COMBINED MEMBRANE BIOREACTOR

CHI Jun, WANG Bao-zhen, LU Si-hao

(School of Municipal, and Environ. Eng., Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China)

Abstract: This study was designed to investigate the effects of Hybrid combined membrane bioreactor (HCMBR) with various processes combination in removing phosphorus based on comparative tests. The results indicate that: if anaerobic step wasn't adopted, the reactor can maintain aerobic condition, nevertheless, anaerobic environment can exist at the inner side of the filling simultaneously, subsequently, the removal rate is 22%; reversely, the TP removal rate of the reactor (A/O) which adopted anaerobic step can reach 70%; while introduced chemical phosphorus removal process into the reactor, the removal rate of TP can reach 82.1%, however, too high $n(\text{Al}^{3+})/n(\text{TP})$ value would affect the activity of sludge. Furthermore, HCMBR can remove some other pollutants as $\text{NH}_3\text{-N}$, COD_Cr , TN effectively.

Key words: phosphorus removal; hybrid combined membrane bioreactor (HCMBR); removal rate