

生物处理工艺生物膜活性与除污染效能相关性研究

张东¹ 乐林生¹ 许建华²

(1. 上海市自来水市北有限公司, 上海 200086; 2. 同济大学环境科学与工程学院, 上海 200092)

摘要 对生物砂滤池、臭氧生物活性炭池及立体弹性填料生物接触氧化池中生物膜中磷脂-磷含量进行测定, 并探讨生物膜磷脂-磷含量和除污染效能的相关性。结果表明: 生物砂滤池、臭氧生物活性炭池 COD_{Mn}去除效果和生物膜活性即磷脂-磷含量有关, 生物膜的活性是提高生物处理工艺除污染效能的关键。

关键词 生物处理工艺 生物膜活性 磷脂-磷测定

Study on Correlation of Activity of Biomass and Pollution Removal Efficiency in Bio-treatment Process

Zhang Dong¹ Le Linsheng¹ Xu Jianhua²

(1. Shanghai Shibe Water Co. Ltd., Shanghai 200086, China;

2. School of Environmental Science and Engineering of Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract Phospholipid-P concentration in biofilm was analyzed in bio-sand filter, ozone-biological activated carbon filter and biological contact oxidation processes. Correlation of activity of biomass and pollution removal efficiency was discussed. Research results showed COD_{Mn} removal efficiency is correlated with biofilm activity, the activity of biomass is the key to improve the pollution removal efficiency of bio-treatment process.

Key words bio-treatment process activity of biomass phospholipid-P analysis

生物膜中的磷脂(phospholipids)浓度表示活性细胞的数目。所有的细胞都含有磷脂, 这些磷脂不会储存, 而是自然转变, 其半衰期为数小时~数天。尽管死细胞也会保留磷脂直到它们溶解和被降解, 但是在死细胞中磷脂含量很低。因此, 磷脂-磷含量可以近似表示活性生物量^[1]。本文主要研究生物砂滤池、臭氧生物活性炭池及立体弹性填料生物接触氧化池中磷脂-磷含量和除污染效能的相关性。

1 试验工艺流程及原水水质

1.1 试验工艺流程

中试砂滤池石英砂粒径为 0.8~1mm, 石英砂层厚 1.0m, 反冲洗周期 24h, 反冲洗强度 14L/s.m²; C厂生产性砂滤池石英砂粒径为 0.8~1mm, 石英砂层厚 2.0m, 反冲洗周期 24h, 反冲洗强度 14L/s.m²; O₃/BAC池直径 0.3m, 承托层 0.3m, 活性炭层厚 1.0m, 滤速 3.6m³/m².h, 空床接触时间 17min,

反冲洗周期 2~3周, 反冲洗强度 4L/s.m²; YDT弹性填料生化池直径 0.6m, 水深 4.5m, 气水比 0.5:1, 有效水力停留时间 1.2h。中试装置已运行 10个月。

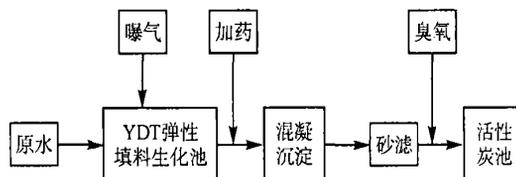


图1 试验工艺流程图

1.2 原水水质

表1 原水水质

项目	水温()	COD _{Mn} (mg/L)	氨氮(mg/L)	浊度(NTU)
原水水质	15~31	3.12~7.20	0.85~6.0	45~260

2 磷脂-磷的测定^[2,3]

1) 取 1g 左右的砂粒或 0.5g 左右的活性炭, 用纯水冲洗去除悬浮固体; 生物接触氧化池中的 YDT 弹性填料则采用完全洗脱法。样品放入 20mL 的试

管中,加入 1:2:0.8 体积比氯仿-甲醇-水混合物萃取 24h。萃取后,加入氯仿和水,使氯仿:甲醇:水的体积比达到 1:1:0.9,混合物分层形成磷脂-氯仿和甲醇-水相。

2) 取 1mL 的磷脂-氯仿混合物于 10mL 比色管中,用 N_2 气吹脱氯仿(约 10min),加入 2.0mL 的过硫酸钾溶液,密封,放入细菌消毒柜中在 102℃ 温度下加热 2h 后,取出比色管,冷却,加入 0.5mL 钼酸铵溶液,放置 10min 后加入 0.5mL 孔雀石绿溶液,静置 30min,1cm 比色皿,于 610nm 处比色。结果以 nmolP/g 干填料重量(dry weight, DW)表示。

3) 磷脂-磷标准校正曲线

取 0.1mM KH_2PO_4 的标准溶液 0 μ L、6 μ L、10 μ L、20 μ L、40 μ L、60 μ L、80 μ L、100 μ L,对应浓度分别为 0 μ M、0.6 μ M、1.0 μ M、2.0 μ M、4.0 μ M、6.0 μ M、8.0 μ M、10.0 μ M,放入 10mL 比色管中稀释至刻度,测定步骤如(2),绘制标准校正曲线如图 2 所示。

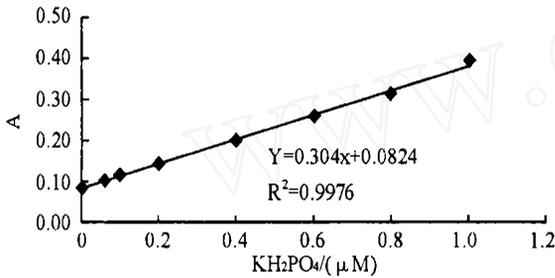


图 2 磷脂测定标准校正曲线

3 结果与讨论

3.1 各单元工艺填料上的磷脂-磷测定结果与分析

表 2 各单元工艺填料上的磷脂-磷测定结果

取样单元工艺		取样位置 (cm)	P(nmol)/gDW
砂粒	中试砂滤池	0	34.42
		30	15.52
		70	9.86
		100	5.24
		C 水厂砂滤池	0
炭粒	O_3 /BAC	0	200.04
		30	131.50
		70	107.32
		100	70.43
YDT 弹性填料	中试生化池	上层(300~306cm)	78.50
		中层(100~250cm)	89.12
		下层(0~50cm)	99.25

从表 2 可知,生物活性炭生物膜磷脂-磷含量比砂粒上高很多,沿水流方向生物膜的磷减少。活性炭的微孔直径一般小于 2nm,而细菌直径一般大于

0.2 μ m,故其微孔中很少有细菌生长,但是活性炭的大孔和不规则的表面结构更适宜于粘附和对剪切力的保护,而且砂滤池的反冲洗强度比活性炭大,反冲洗周期(24h)比活性炭(1~2周)短,较大的反冲洗强度和较高的反冲洗频率导致砂滤池的砂粒上生物膜量较少。J. Z. Zhang 等^[3]研究也表明砂滤池的生物膜磷脂-磷比活性炭上要低得多。

YDT 型生物接触氧化池下层填料生物膜磷脂-磷为 99.25 P(nmol)/gDW,中层和上层填料上生物膜上的磷分别为 89.12 (nmol) P/gDW 和 78.50 P(nmol)/gDW。YDT 型生物接触氧化池采用底部进水进气的同向流方式,底部(进水端)基质浓度最高,促进微生物的生长繁殖,所以生物膜磷脂-磷含量也最大,但正是由于底部直接曝气,受水流和气流扰动程度最大,生物膜更新速度也较快,两方面平衡,下层填料上生物膜活性和中、上层相差明显(与砂滤池和 O_3 /BAC 池相比)。

3.2 砂滤池与 O_3 /BAC 池氨氮和 COD_{Mn} 的去除

对砂滤池和 O_3 /BAC 池沿不同高度测定氨氮和 COD_{Mn} 浓度观其变化规律(见表 3)。

表 3 砂滤池和 O_3 /BAC 池不同高度氨氮和 COD_{Mn} 的浓度(mg/L)

取样位置 (cm)	砂滤池		O_3 /BAC 池	
	氨氮	COD_{Mn}	氨氮	COD_{Mn}
0	0.95	4.85	1.01	4.26
30	0.18	4.34	0.15	3.29
70	0.09	4.21	0.07	3.11
100	0.03	4.12	0.02	3.05
去除率 (%)	96.8	15.2	98.0	28.4

由表 3 可见氨氮和 COD_{Mn} 均沿水流方向减少。氨氮、 COD_{Mn} 的去除均主要在上层(进水端)0~30cm 内,砂滤池中对空床接触时间 0~3min, O_3 /BAC 池中对空床接触时间 0~5min,两者对氨氮去除率已分别达到 81.1% 和 85.2%。尽管 O_3 /BAC 池生物膜磷脂-磷比砂滤池高得多,但两者对氨氮去除效果相近,沿水流方向去除氨氮的规律也基本相同,表明氨氮的硝化过程非常迅速,去除效果和生物膜活性没有直接的关系。

砂滤池的 O_3 /BAC 池对 COD_{Mn} 去除率分别为 15.2% 和 28.4%。 O_3 /BAC 池对 COD_{Mn} 有良好的去除效果,一方面是其生物膜磷脂-磷较多,另一方面是其潜在的吸附作用,即能吸附和去除可能的有害化学物质所起到的保护作用,以及吸附截留慢速可生化降解物质,产生对活性炭的持续再生能力。

表4 C水厂砂滤池氨氮和 COD_{Mn}的浓度(mg/L)

取样位置	C水厂砂滤池		
	COD _{Mn}	氨氮	亚硝酸氮
进水	4.58	2.52	0.146
出水	4.35	2.43	0.297
去除率(%)	5.0	3.6	- 51

C水厂为常规处理工艺,预加氯量 2~3mg/L,澄清池出水余氯 0.6~1.0mg/L。C水厂砂滤池中砂粒上生物膜磷脂-磷为 20.36 P(nmol)/gDW。尽管去除的氨氮量很少,但亚硝酸氮增加(见表4),可知滤池中存在明显的生物亚硝化作用。这是由于原水氨氮一般较高,进入砂滤池氨氮均值为 2.52mg/L,给亚硝化细菌生长提供了良好的生长条件,再有澄清池出水余氯难以抑制微生物在滤池中生长。但受到余氯的毒害和抑制,生物膜活性差,导致生化降解氨氮和 COD_{Mn}的效果较中试砂滤池差得多。因此,在一定生物膜磷脂-磷下,保持生物膜的活性对污染物质的去除至关重要。

3.3 YDT 弹性填料生化池氨氮和 COD_{Mn}的去除

表5 YDT 弹性填料生化池氨氮和 COD_{Mn}的去除(mg/L)

取样位置	YDT 弹性填料生化池	
	COD _{Mn}	氨氮
进水	6.50	2.95
出水	5.95	1.05
去除率(%)	8.46	64.4

YDT 型生物接触氧化池填料生物膜磷脂-磷为 78.50~99.25 P(nmol)/gDW。YDT 型生物接触氧化池对 COD_{Mn}去除率不到 10%,甚至可以认为主要

是随水中悬浮颗粒的沉降而去除,并非通过生物降解作用。大量研究表明 YDT 型生物接触氧化池生物膜活性是影响除污染效能的主要因素,而保持生物膜活性则必须保证充足的溶解氧、适当的反冲洗强度及方式等^[4~6]。

4 小 结

1、砂滤池和 O₃/ABC 池生物膜磷脂-磷含量比 C 水厂砂滤池高得多,两池生物膜活性均沿水流方向减少;COD_{Mn}降低与生物膜活性呈正相关,氨氮生物降解主要在水流方向上层 0~30cm 内,去除率可达 80%以上,其去除效果与生物膜活性没有相关性。

2、在饮用水处理中对于一定的生化体系,在保持一定的生物量的同时,保证生物膜的活性是提高除污染效能的关键。

参考文献

- 1 J. Z. Zhang, P. L. Bishop. Density, Porosity, and Pore Structure of Biofilms, *Wat, Sci, Tech*, 1994, 28: 2267~2277.
- 2 R. H. Findlay, G. M. King, L. Watling. Efficacy of Phospholipid Analysis in Determining Microbial in Sediments. *Appl. Envir. Microbiol.*, 1989, 55: 2888~2893.
- 3 J. Z. Zhang, R. S. Summers J. Miltner. Biofiltration Performance: Part I, Relationship to Biomass. *J. AWWA*, 1995, 87(12): 55.
- 4 许建华等. 微污染原水的生物接触氧化预处理技术研究. *同济大学学报*, 1995, 23(14): 376~379.
- 5 陈洪斌. 受污染原水的生物接触氧化预处理研究. 同济大学博士学位论文, 1999, 7.
- 6 梅翔. 微污染水源水生物接触氧化处理工艺的优化. 同济大学博士学位论文, 1999, 7.

收稿日期: 2004-6-9

第一作者简介: 张东, 男, 1972 年出生, 2001 年同济大学博士, 主要研究方向: 水处理工艺与技术及水质监测, 电话: 021-65086797
13818036843 E-mail: zhdongtj7021@sina.com

国际水协会即将召开第 4 届世界水大会

国际水协会(简称 IWA)于 2004 年 9 月在非洲摩洛哥马拉喀什召开第 4 届世界水大会。这是大型的国际学术研讨会,并同期举办大型水工业展览会。IWA 每两年定期举办一次世界水大会。是国际上最具吸引力的水领域学术研讨会。由于中国申办 IWA 第 5 届世界水大会,将于 2006 年 9 月在北京举行,因此,建设部非常重视并积极组团参加 2004 年摩洛哥世界水大会,以向国际社会展示中国在城市水工业领域的建设成就与学术水平,增进参会人员对中国了解和在中国举办世界水大会的信心。

(成编)