

文章编号:1673-9469(2008)01-0054-04

强化生物膜技术处理城市河道污染水体研究

邢海,曹蓉

(河北工程大学 城建学院,河北 邯郸 056038)

摘要:利用自行设计的生物接触氧化装置,以城市河道污染水体为研究对象,通过水体中土著微生物的富集过程,进行动态挂膜试验研究。讨论了挂膜过程系统对污染物去除效果、生物膜及其生物相的变化;分析了影响填料挂膜的各种因素,提出了判断生物膜成熟的依据。同时在挂膜成功后,投加特效菌种构建复合的生物净化法来处理水体污染物,并对污染物去除进行分析讨论,正常运行后,对COD、BOD₅去除率可达70.45%、85.57%。

关键词:土著微生物;接触氧化;富集;生物膜

中图分类号:X505

文献标识码:A

Strengthening biofilm technology in treatment of urban polluted river water

XING Hai, CAO Rong

(College of Urban Construction, Hebei University of Engineering, Handan 056038, China)

Abstract: Based on self-designed contact oxidation devices, the urban polluted river water was studied through the natural enrichment process of indigenous microorganisms. The removal effects of major pollutants, the varies of SS and VSS, biofilm and biological phase were discussed; Various factors which can affect biofilm colonization rate were analyzed; The judgment based on mature of biofilm was given. The compound biological purification was established through added special effect bacterium after the mature of biofilm, the removal effect of pollutants and some influence factors of treatment effect were analyzed. COD and BOD₅ removal rate of integrated system can reach to 90.8%、97.0% after normal operation.

Key words: indigenous microorganisms; contact oxidation; enrichment; biofilm

近十几年来,我国经济的快速发展以及城市建设不断加快,给环境尤其是水环境造成了严重的污染,大量市政污水和工业废水的排入,造成城市河流的严重污染。因此,污染水体的修复势在必行。目前,在修复水体过程中,大多采用生物接触氧化的形式,主要是因其在去除受有机物和氮氮污染比较严重的水体时具有明显的净化效果和脱氮除磷的作用^[1,2]。另外,生物接触氧化过程中还可能大量出现微型动物,能进一步加强对污染物的净化能力。本试验以城市河道污染水体为原水,进行现场挂膜试验,考察动态填料挂膜过程并分析其影响因素,同时,在系统成功启动后投加特效菌种,构建复合的生物净化法(曝气+填料+特效菌种)来处理水体污染物,并对污染物去除进行

分析讨论。

1 材料与方法

1.1 实验装置

本实验模型设置长2.5m、宽0.5m、高0.5m,有效水深为0.4m,由有机玻璃材料制成(图1)。单槽容积为0.625m³,有效容积为0.5m³,4组相同的装置可以设置不同的方案来集成试验。进水流量为50L/h,水力停留时间为10h。

模拟装置进水端设置穿孔导流板,起均匀布水的作用。进水流量通过流量计调节,装置尾部设置溢流水堰以及可调节的出水口,挂膜区敷设辫带式软性纤维填料,填料区采用微孔曝气。

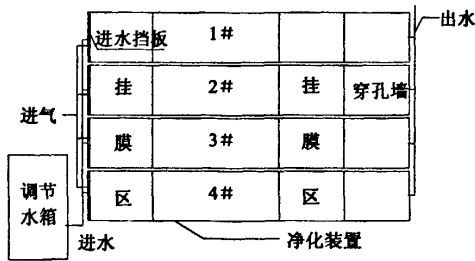


图1 试验装置平面图

Fig.1 Layout of experimental device

1.2 试验方法

本试验采用动态连续运行为主的现场试验,试验用水为城市污染河水,试验系统启动期间,对现场溶解氧和温度进行现场测定,取样分析进水水质的各项指标情况,实验期间进水水质如表 1 所示。

表 1 试验期间进水水质

参数	BOD ₅ (mg/L)	COD _{Cr} (mg/L)	NH ₄ ⁺ -N (mg/L)	T (℃)	DO (mg/L)	pH 值
最大值	80.53	188	18.92	31.4	4.65	8.0
最小值	24.19	86	8.5	26.7	0.5	7.3
平均值	48.57	122.5	15.11	27.55	1.52	7.65

本试验共分两个阶段,第一阶段是挂膜试验期,1#反应器不设置填料,作为空白对照;2#~4#反应器敷设填料,2#、3#和4#反应器所测值加在一起取平均值,作为挂膜试验值。在这个阶段主要是通过装置的运行来实现系统挂膜成功,考察生物膜成熟的指示生物。第二阶段是在第一阶段挂膜成功后,在3#和4#反应器中投加特效菌种,所测值加在一起取平均值作为3#投菌值,考察投加特效菌种对污染物的去除效果。各区均曝气,溶解氧在3~5mg/L之间。

1.3 分析项目及方法

COD_{Cr}采用 HACH 快速密闭式催化消解法测定,总氮采用过硫酸钾氧化紫外分光光度法测定,总磷采用钼锑抗分光光度法测定,氨氮采用纳氏试剂法^[3]测定,BOD₅采用 TWT 快速测定法,SS 的测定采用重量法,各种细菌计数方法采用极大似然计数法,简称 MPN 法,生物相观察采用光学显微镜。

2 实验结果与讨论

2.1 生物膜及其生物相的分析

新购置的膜材料是白色半透明的,装置通水后,连续观察填料的变化,填料外观呈现淡绿色,镜检时发现膜上附着的多为藻类。启动 1 周后,膜上已有絮状粘附物,膜外观逐渐转变为泥黄色,镜检时发现膜上的菌类开始增加,并开始以菌胶团的形式存在,藻类的数量也在逐渐减少;2 周后,填料上附着物增长较快,膜外观颜色由褐色转变为深黄褐色,肉眼可观察到膜上有个体较大的微型动物出现;3 周后,膜上的生物相趋于稳定,膜上的动物种类和数量进一步增加,优势动物的种类有累枝虫、轮虫、盖纤虫、楯纤虫、管盘虫、指鳃尾盘蚓等,标志着生物膜的成熟。图 2 所示为填料上的微生物照片,各图的放大倍数均为 10×40。

2.2 污染物去除效果的变化

1)COD_{Cr}去除效果的变化。由图 3 分析可知,装置进水 COD_{Cr}值均在 80mg/L 以上。试验启动后,挂膜装置对 COD_{Cr}的去除率快速上升,3 周后 COD_{Cr}去除率基本达到峰值。这主要是由装置内生物膜量逐渐增加并达到稳定造成的。空白装置对 COD_{Cr}的平均去除率为 19.63%;2#装置对 COD_{Cr}的平均去除率为 30.36%。

2)其他污染物的去除情况。试验结果表明,挂膜装置比空白装置对 BOD₅的处理效果要好,空白装置对 BOD₅的去除率为 16.05%~39.17%,其平均去除率为 21.56%,挂膜成功后,系统对 BOD₅

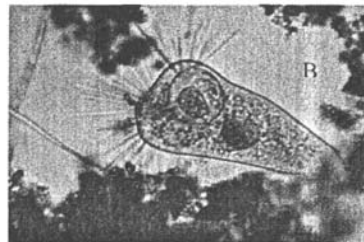
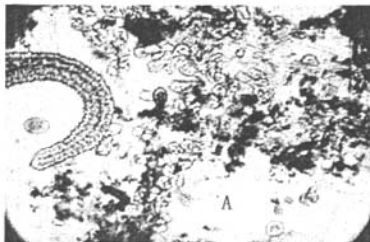
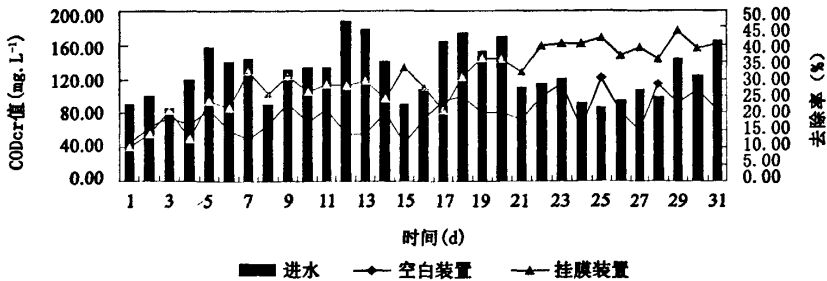


图2 生物膜上的缩影照片 (A.指鳃尾盘蚓; B.粗壮壳吸管虫)

Fig.2 Scanning microphotograph of biofilm

图3 试验进水 COD_{Cr} 及其去除效果变化Fig.3 The removal effect of COD_{Cr} during the test

的去除率在 50% 以上。两个装置对 BOD_5 的去除率差异较大。空白装置对 $NH_4^+ - N$ 的平均去除率为 7.61%，挂膜装置对 $NH_4^+ - N$ 的平均去除率为 34.61%，在挂膜成功后，系统对 $NH_4^+ - N$ 的去除率在 45% 以上。

填料的敷设促使水体中大量微生物附着，使系统中生物相更加丰富，形成了细菌、原生动物和后生动物为主的微生态结构^[4]。大量异氧微生物在生物膜表面的生长繁殖，消耗大量易降解有机污染物，促使出水 BOD_5 的下降，硝化细菌将氨氮转化为硝态氮，从而达到去除氨氮的目的。生物膜技术的应用对 $NH_4^+ - N$ 的去除起了积极作用。

2.3 投菌阶段的试验研究

为了考察投加特效菌种后生物膜上各种细菌数量的变化，本试验对 2#、3# 净化装置内生物膜在投菌后 10d、30d、50d、70d 做微生物计数实验 (MPN 法)。

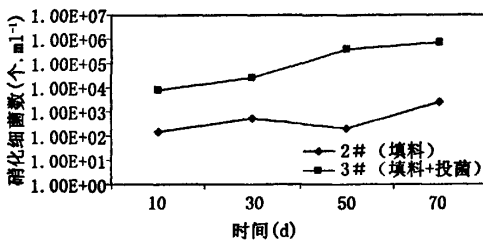


图4 填料上硝化菌数量变化图

Fig.4 Quantity variations of nitrifying bacteria on the fillings

1) 硝化菌和亚硝化菌数量的变化。由图 4 分析可知，3# 体系中生物膜上硝化细菌数量比 2# 中高 2~3 个数量级，说明投加特效菌种后，大量的外来硝化细菌附着到了生物膜上，由于硝化细菌的世代时间较长，这对于生物膜系统来说，恰好为硝化细菌提供了合适的生长繁殖环境，这样可以

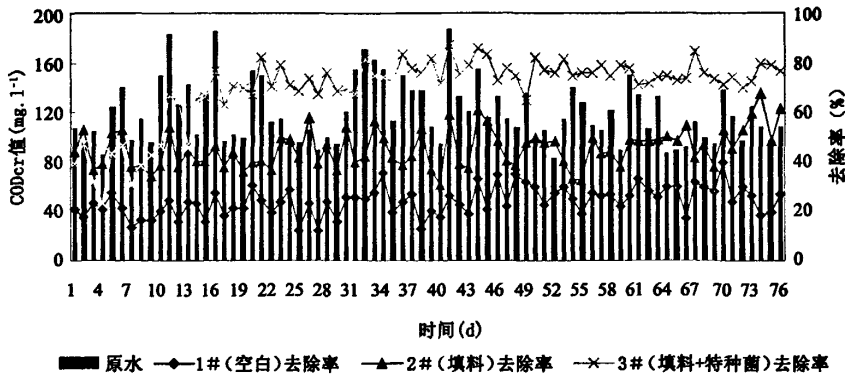
充分发挥硝化细菌的优势，将大量的氨氮转化为硝态氮，从而可以降低出水氨氮的浓度。

2) 反硝化细菌的变化。3# 体系中生物膜上反硝化细菌数量比 2# 中高 2 个数量级，说明投加特效菌种后，大量的外来亚硝化细菌附着到了生物膜上，并能适应该生物处理系统，在降解 TN 的机理研究中，反硝化细菌是以硝态氮和亚硝化氮为氮源生长繁殖的。

同时，难降解和聚磷菌在数量上也增加了 1~2 个数量级，各种细菌数量的增加促进了系统污染物的去除。

3) 投菌后系统对污染物的去除效果。通过对比 2# (曝气 + 填料) 和 3# (曝气 + 填料 + 特效菌种) 净化装置，投菌后，试验考虑主要污染指标为 BOD_5 、 COD_{Cr} 、TN、 $NH_4^+ - N$ 、TP 和 SS，连续运行数天后，试验结果表明，3# 净化装置的去除率最高。2# 净化装置对 BOD_5 、 COD_{Cr} 、TN、TP、 $NH_4^+ - N$ 和 SS 的平均去除率分别为 52.44%、44.17%、26.14%、43.36%、24.98% 和 81.54%。3# 净化装置对 BOD_5 、 COD_{Cr} 、TN、TP、 $NH_4^+ - N$ 和 SS 的平均去除率分别为 85.57%、70.45%、48.52%、67.95%、73.28% 和 83.51%。投菌后系统对 COD_{Cr} 的去除效果如图 5 所示。

投菌后，通过对填料表面进行镜检观察发现，系统填料表面的生物量增加了，出现了大量微型动物特别是寡毛类动物。这就说明，特效菌种不仅对增加微生态环境中生物的数量起到了积极的作用，而且对提高微生物代谢、原生动物和后生动物的捕食能力起了重要的作用，这种细菌与微型动物捕食和共生作用，就使得大量的污染物在微生态系统中得以去除^[5]。说明复合生物净化技术 (曝气 + 填料 + 投菌) 对处理河道污染水体具有良好的去除效果。

图5 COD_{Cr} 的去 除效果图Fig. 5 The removal effect of COD_{Cr} during the test

2.4 系统处理效果的影响因素

1)溶解氧。溶解氧对微生物的生长繁殖有重要影响,溶解氧含量与好氧微生物的生长量成正相关性,而对厌氧微生物的生长起抑制作用。如溶解氧低于 1 mg/L,好氧微生物的增长将受到抑制。而缺氧微生物的生长将占主导地位。本次试验过程中溶解氧的浓度范围在 3.0~5.0 mg/L 之间,溶解氧浓度能充分满足好氧微生物代谢的需要,不会对系统起限制作用。

2)温度和 pH 值。温度是影响微生物生长的重要环境因子。温度的影响主要体现在细菌增殖速度上,在适宜的温度范围内,温度每提高 10℃,酶促反应速度将提高 1~2 倍,因而微生物的代谢速率和生长速率均可相应提高^[6]。河流中大多数细菌的最适温度一般都在 30℃ 左右,而本试验期间,平均温度为 27.55℃,非常有利于微生物的生长繁殖。

挂膜期间 pH 值对微生物的影响主要体现在它影响微生物体内的酶。酶只有在 pH 值适宜时才能发挥其最大活性,不适宜的 pH 值会使酶的活性降低,影响微生物细胞的生物化学过程,进而影响微生物的生长繁殖。而且,系统进、出水 DO 和 pH 值的变化间接指示了填料挂膜的进程和生物硝化作用的程度。本次试验的 pH 值在 7.65 左右,属于细菌和微型动物的适宜范围^[7]。

3 结论

接触氧化法处理城市污染河流的动态挂膜试验表明,在挂膜启动过程中,填料丝上生物膜的外观呈现出无色透明→淡绿色→黄绿色→褐

绿色→黑褐色的变化过程,填料上的生物也对应出现从无到以藻类为主、再到出现菌胶团、微型动物的一系列变化过程,优势动物种类如钟虫、累枝虫、盖纤虫、楯纤虫、指鳃尾盘蚓等的出现,标志着生物膜的成熟。

在挂膜成功后,系统对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的去除率在 45% 以上,对 BOD_5 的去除率在 50% 以上。在投加特效菌种后,通过对各种微生物的计数试验以及通过镜检观察,表明填料附着的生物量增加了,微生物的活性增强了,生物相丰富了,系统对污染物的去除效果增强了, COD_{Cr} 、 BOD_5 、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 和 SS 的平均去除率分别为 85.57%、70.45%、73.28% 和 83.51%。

影响生物膜处理城市河道污染水体的因素很多,需通过试验进一步研究不同水质状况合理的运行条件,尤其是研究不同水力负荷和曝气强度下填料生物膜状况对运行效果的影响。

参考文献:

- [1] 李树文,孟文芳,巩学敏,等.污染环境生物修复技术的应用前景[J].河北建筑科技学院学报,2005,22(2):7-9.
- [2] 田伟君,翟金波.生物膜技术在污染河道治理中的应用[J].环境保护,2003,(8):19-21.
- [3] 国家环保局编制.水和废水监测分析方法[M].第四版.北京:中国环境科学出版社,2005.
- [4] BRIX H. Functions of macrophytes in constructed wetlands[J]. Wat. Sci. Tech.1994, 29(4):71-78.
- [5] 曹蓉,王宝贞,高光军.东营生态塘中有机物降解机理的研究[J].河北建筑科技学院学报.2004, 21(3):14-17.
- [6] 王绍文,罗志腾,钱雷.高浓度有机废水处理技术与工程应用[M].北京:冶金工业出版社,2003.
- [7] 徐斌,夏四清,高廷耀.应用悬浮填料预处理微污染原水的影响因素探讨[J].上海环境科学,2002, 21(12):738-742. (责任编辑 闫纯有)

强化生物膜技术处理城市河道污染水体研究

作者: 邢海, 曹蓉, XING Hai, CAO Rong
作者单位: 河北工程大学, 城建学院, 河北, 邯郸, 056038
刊名: 河北工程大学学报(自然科学版) 
英文刊名: JOURNAL OF HEBEI UNIVERSITY OF ENGINEERING (NATURAL SCIENCE EDITION)
年, 卷(期): 2008, 25(1)
被引用次数: 7次

参考文献(7条)

1. 李树文;孟学芳;巩学敏 [污染环境生物修复技术的应用前景](#)[期刊论文]-[河北建筑科技学院学报](#) 2006(02)
2. 田伟君;翟金波 [生物膜技术在污染河道治理中的应用](#)[期刊论文]-[环境保护](#) 2003(08)
3. 国家环境保护总局 [水和废水监测分析方法](#) 2005
4. BRIX H [Funcions of macrophytes in constructed wetlands](#) 1994(04)
5. 曹蓉;王宝贞;高光军 [东营生态塘中有机物降解机理的研究](#)[期刊论文]-[河北建筑科技学院学报](#) 2004(03)
6. 王绍文;罗志腾;钱雷 [高浓度有机废水处理技术与工程应用](#) 2003
7. 徐斌;夏四清;高廷耀 [应用悬浮填料预处理微污染原水的影响因素探讨](#)[期刊论文]-[上海环境科学](#) 2002(12)

本文读者也读过(10条)

1. 班福忱. 于革. 何立江. 张吉库. BAN Fu-chen. YU Ge. HE Li-jiang. ZHANG Ji-ku [生物接触氧化+深度处理工艺在工程中的应用实例](#)[期刊论文]-[工程建设与设计](#)2007(8)
2. 杨晓今 [帘式超滤膜在生活污水处理中的应用研究](#)[学位论文]2004
3. 吴晨旻. 范伟平. 茅燕勇. 王晋宇. Wu Shengmin. Fan Weiping. Mao Yanyong. Wang Jinyu [白腐菌和红平红球菌共固定化处理增塑剂废水](#)[期刊论文]-[化工环保](#)2005, 25(6)
4. 李智斌. 李勇. LI Zhi-bin. LI Yong [淮南车辆段小型综合污水处理设计实例](#)[期刊论文]-[水利科技与经济](#) 2010, 16(3)
5. 梁刚. 刘松 [接触氧化工艺处理化工废水](#)[会议论文]-2000
6. 焦燕. 金文标. 赵庆良. 牟丽英. 郑亮 [基于强化生物膜-活性污泥复合工艺的数值模拟](#)[期刊论文]-[给水排水](#) 2010, 36(z1)
7. 陈桂红. 李绍森. Chen Guihong. Li Shaosen [水解接触氧化法与活性污泥法的工艺运行对比](#)[期刊论文]-[市政技术](#) 2008, 26(4)
8. 周岗. 曾文勇. Zhou Gang. Zeng Wenyong [污水处理设施中生化单元的启动与运行](#)[期刊论文]-[工业水处理](#) 2007, 27(11)
9. 尤子敬. YOU Zi-jing [生活污水处理及回用工程](#)[期刊论文]-[辽宁化工](#)2009, 38(11)
10. 关芳. 李志宏. 李大海 [北京某小区生活污水处理及回用工程方案](#)[会议论文]-2003

引证文献(7条)

1. 雷庆铎. 赵艳霞. 刘依林 [不同污泥龄下MBBR-MBR和MBR的脱酚脱氮性能比较](#)[期刊论文]-[广东化工](#) 2012(16)
2. 宋志伟. 张芙蓉 [污泥浓度对膜生物反应器处理焦化废水的影响](#)[期刊论文]-[黑龙江科技学院学报](#) 2009(6)
3. 魏巍. 黄廷林. 智利. 黄卓. 王春燕. 王堃 [新型悬浮填料在原位生物脱氮处理中的应用研究](#)[期刊论文]-[中国给水排水](#) 2010(9)
4. 黄建团. 吴幸强. 熊剑. 王纯波. 肖邦定 [不同填料载体生物膜对微囊藻毒素的去除效果](#)[期刊论文]-[环境工程学报](#) 2012(7)

5. [王志勇](#), [彭福全](#), [沃留杰](#), [张剑](#), [刘文碧](#), [张永亮](#) [生物接触氧化技术在河道治理中的研究进展](#)[期刊论文]-[市政技术](#) 2009(2)
6. [江惠霞](#), [肖继波](#) [污染河流生态修复研究现状与进展](#)[期刊论文]-[环境科学与技术](#) 2011(3)
7. [王雅钰](#), [刘成刚](#), [吴玮](#) [从河道自净角度谈影响河道水质净化的因素](#)[期刊论文]-[环境科学与管理](#) 2013(3)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_hbjkjxyxb200801015.aspx