

投加短管填料对活性污泥工艺性能的改善

王琳娜^{1,2}, 朱 亮^{1,3}, 杨 丹¹, 韩增民¹

(1. 河海大学环境科学与工程学院, 江苏 南京 210098; 2. 新疆伊犁师范学院生命与资源环境系, 新疆 奎屯 833200; 3. 河海大学水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 江苏 南京 210098)

摘要 在传统活性污泥工艺中投加聚氯乙烯短管填料, 研究投加短管填料对活性污泥工艺性能的影响, 将该系统应用于城市污水处理试验研究, 并与单一活性污泥系统进行对比研究。结果表明, 投加短管填料可以改善活性污泥工艺性能, 系统对有机物及氮、磷去除效果显著, 可在同一反应器内实现脱氮除磷。与活性污泥系统相比, 投加短管填料反应器具有较强的抗冲击负荷能力。

关键词 活性污泥; 生物膜; 短管填料; 脱氮除磷

中图分类号 X703 **文献标识码** :A **文章编号** :1004-693X(2008)04-0070-04

Improving efficiency of activated sludge reactor with stub tube fillers

WANG Lin-na^{1,2}, ZHU Liang^{1,3}, YANG Dan¹, HAN Zeng-min¹

(1. College of Environmental Science and Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China; 2. Life and Resource Environment Department, Yili Normal University, Kuitun 833200, China; 3. State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Nanjing 210098, China)

Abstract The influence of the use of PVC stub tube fillers in traditional activated sludge reactors on reactor efficiency was studied. The results of the application of the technique in urban wastewater treatment show that stub tube fillers can improve the efficiency of the activated sludge reactor: the organic matter, nitrogen and phosphorus were remarkably decreased and the reactor itself was able to remove both nitrogen and phosphorus. Compared with traditional activated sludge reactors, reactors with stub tube fillers are more efficient under different pollution loads.

Key words activated sludge; biofilm; stub tube fillers; nitrogen and phosphorus removal

复合式生物膜反应器(HBR)是近年来颇受关注的新型污水处理工艺,其特点是在活性污泥曝气池中投加填料作为微生物附着生长的载体,微生物生存的基础环境由原来的气、液两相转变成气、液、固三相,这种转变为微生物创造了更丰富的存在形式,附着相和悬浮相微生物共同承担去除污水中有机物及脱氮除磷的任务^[1-4]。

形成复合生物膜反应器的关键因素之一是填料的选取,一直以来都是研究热点。本文将一种聚氯乙烯波纹短管悬浮填料作为工艺中生物膜的载体,该填料不仅具有较大的比表面积,而且填料上有凹凸波纹,有利于生物膜生长。朱亮等^[5-6]的研究表明,短管填料截留悬浮物及平流条件下对浊度的去除效果显著,投加短管填料可以增大氧气的传递速

率,提高氧气的利用率。研究还表明,反应器的水力特性及流态受填料的形状尺寸影响^[7-9]。本文考察了在传统活性污泥工艺中投加短管填料对生物降解性能的改善效果。

1 试验装置与方法

1.1 试验装置

反应器采用有机玻璃材料制作,容积 3.8 L,内径 100 mm,高 50 cm,底部为空心圆锥,作为生物膜老化脱落以及反应过程中产生的污泥的沉积区,锥底设有排泥阀,可用来定期排泥。生物填料置于反应柱内,填料填充率 30%,水流为上向流。动态挂膜进水通过蠕动泵控制流量,从而控制水力停留时间。反应器中放置有烧结砂芯曝气头,曝气头通过软管

作者简介:王琳娜(1970—),女,新疆伊犁人,讲师,硕士研究生,研究方向为水污染控制理论及应用。E-mail:lnwang127@126.com

表 1 短管填料的性能参数

填料类别	尺寸/mm	比表面积/ ($\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-3}$)	孔隙率	堆积个数/ ($\text{个} \cdot \text{m}^{-3}$)	堆积重量/ ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	比重	湿填料因子/ ($\text{L} \cdot \text{m}^{-1}$)	流化性
聚氯乙烯波纹短管	16×20×0.38	235	0.935	117000	44.7	0.74	229	易

与空气流量计及曝气泵相连。

本试验选用的短管填料为多功能水处理填料(国家知识产权局实用新型专利 2102263153.4),性能参见表 1。

1.2 试验条件

试验在南京河海大学实验室中进行,为期 4 个月,时间 2005 年 8~12 月,气温 4~31℃,水温 7~27℃。挂膜期间 DO 质量浓度控制在 2.0 mg/L 左右,生物降解试验控制出水 DO 质量浓度大于 2.0 mg/L。

挂膜试验采用人工配水,人工合成污水按 COD:N:P=100:5:1 的比例分别投加葡萄糖、硫酸铵和磷酸二氢钾作为 C、N 和 P 源,合成污水 COD 质量浓度约为 500 mg/L。后期以河海大学化粪池生活污水进行生化降解试验。试验污泥取自南京锁金村污水处理厂二沉池回流污泥。

1.3 试验监测指标及方法

COD:美国 HACH 公司的 COD 消解仪;pH:精密 pH 试纸;DO:美国 HACH 公司的便携式溶氧仪;MLSS:105℃烘干称重法;水温:温度计;NH₃-N:纳氏试剂分光光度法;TN:过硫酸钾氧化-紫外分光光度法;TP:钼酸铵分光光度法。

1.4 试验方法

试验装置采用排泥挂膜法启动。二沉池污泥空曝 24 h 后接种,接种污泥质量浓度 3000 mg/L。首先将 3 L 接种污泥与人工合成污水混合后加入反应器,再投入 30% 的聚氯乙烯短管填料,静置 20 h 不曝气,使固着态微生物接种到填料上,然后曝气 22 h,静置 2 h 后排掉反应器中呈悬浮态状的微生物,再将配好溶液加入反应器。重复上述操作。第 6 天起调整运行方式,开始改为连续进水,进行动态挂膜,控制水力停留时间为 24 h。动态挂膜 7 d 后,装置底部及填料内部存在黄棕色悬浮态污泥,填料上生长奶黄色生物膜。通过显微镜镜检,发现有钟虫、草履虫等原生动物及轮虫、线虫等后生动物,标志着生物膜已经成熟。

装置挂膜成功后开始正常运行,进行水力停留时间为 12 h 的生化降解试验,并与单一活性污泥系统进行对照,考察两反应器对有机物、氮、磷的降解效果。

2 结果与讨论

2.1 启动过程对 COD 和 NH₃-N 的去除效果对比

动态挂膜期间两反应器对 COD 和 NH₃-N 的去

除效果见图 1。

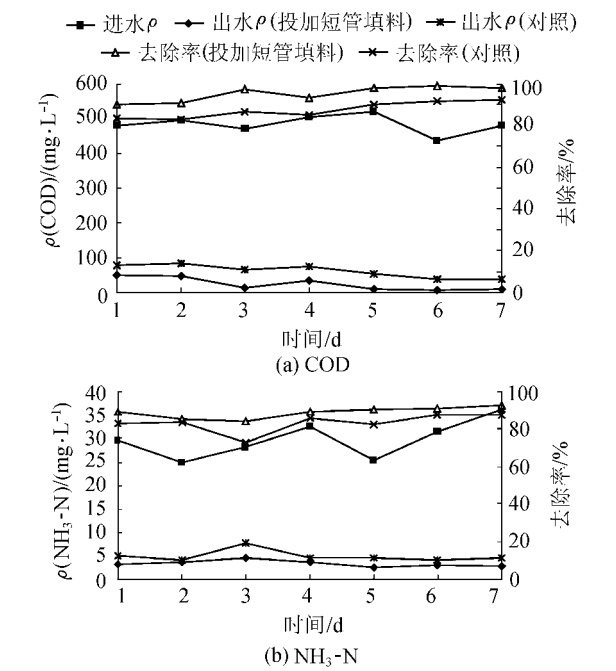


图 1 动态挂膜期间两种反应装置去除率效果对比

挂膜期间,进水 COD 质量浓度范围在 435~520 mg/L,投加短管填料反应器挂膜第 1~2 天 COD 去除率达到 90%,运行到第 4 天以后 COD 去除率 93.1%~98.8%,出水 COD 质量浓度低于 40 mg/L,出水水质稳定。对照单一活性污泥系统运行第 1~2 天 COD 去除率达到 83%,运行到第 5 天 COD 去除率达 90%,出水 COD 质量浓度低于 60 mg/L,出水水质较稳定。

动态挂膜期间,进水 NH₃-N 质量浓度范围在 24.82~36.1 mg/L。挂膜第 5 天,投加短管填料反应器 NH₃-N 去除率达到 90% 以上,出水 NH₃-N 质量浓度低于 3 mg/L。而对照单一活性污泥反应器 NH₃-N 去除率范围在 82.4%~87.6%,出水 NH₃-N 质量浓度低于 5 mg/L, NH₃-N 去除率低于投加短管填料反应器。

因此,在常规活性污泥培养过程中投加短管填料有利于维持装置中污泥的稳定,挂膜后 COD 和 NH₃-N 去除率较高而且稳定。

2.2 投加短管填料对 COD 去除效果的影响

试验期间水温 13~25℃,试验结果如图 2。进水 COD 质量浓度在 456~580 mg/L 之间,投加短管填料的系统 COD 去除率基本都在 90% 以上,高出对照常規活性污泥系统 5%~10%。试验期间出现个别出水 COD 质量浓度较高情况,可能是装置内溶解氧过小造

成的,当增大曝气量后,COD去除率均在90%以上,出水COD质量浓度小于40mg/L,运行稳定后COD指标可达城镇二级污水处理厂出水指标最高允许排放浓度一级B标准。试验期间反应器出水清澈,未发现悬浮污泥存在,说明短管填料在反应器内起到了截留悬浮污泥的作用,可见投加短管填料有利于维持系统的生物量,使系统保持较高的处理效率。

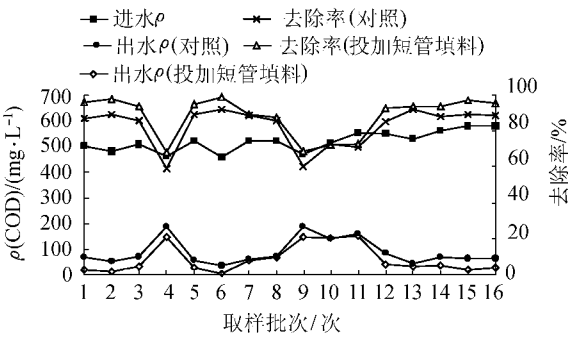


图2 两反应器对COD的去除情况

2.3 投加短管填料对氨氮去除效果的影响

试验结果见图3,进水NH₃-N质量浓度在16~34mg/L之间,投加短管填料系统对NH₃-N的去除率基本都在90%以上,高出对照常规活性污泥系统2%~7%,出水NH₃-N质量浓度均小于8mg/L,可达城镇二级污水处理厂出水指标最高允许排放浓度一级B标准。生物去除NH₃-N主要通过硝化菌的作用,在活性污泥系统中投加填料,使曝气池中的部分硝化菌附着于填料上,这样就可以部分地阻止硝化菌的流失,从而提高了系统的硝化能力。另外,在复合反应器的横向上,沿着液体到载体的方向,构成了一个悬浮好氧型、附着好氧型、附着兼氧型、附着厌氧型的多种不同运动能力、呼吸类型、营养类型的微生物系统,从而使得系统具有脱氮除磷的能力^[4]。生物膜内部的兼氧厌氧层给属于异氧型兼性厌氧菌的反硝化菌的存在提供了条件,从理论上分析,复合生物反应器系统具备了生物反硝化的条件。

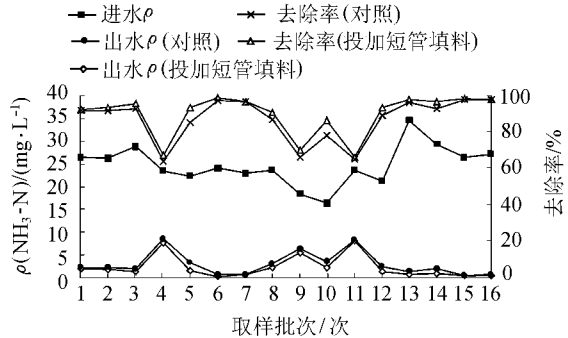


图3 两反应器对NH₃-N的去除情况

2.4 有机负荷对两反应器有机物降解的影响

两反应器运行稳定后,于2005年11月进行了

不同有机负荷对COD的降解影响试验。进水为河海大学化粪池污水,试验室水温8~17℃,DO质量浓度2.0~3.0mg/L,水力停留时间12h。由于温度较低,COD去除情况总体较差,试验结果见表2及图4。试验初期随着有机负荷的增大,COD去除率也随之增加,当有机负荷为0.28kg/(m³·d)时,COD去除率达到最大,为85.71%。此后,随着有机负荷的提高,COD去除率逐渐下降,当有机负荷达到1.15kg/(m³·d)时,COD去除率下降为58.70%。但当有机负荷进一步提高到1.38kg/(m³·d)时,COD去除率再次提高为61.09%。这是因为在一定的溶解氧条件下,有机负荷的提高使生物膜更新、脱落的速度加快,沉淀池的悬浮污泥增多,沉淀性能较差,导致出水COD增大。但是,反应器中丰富的营养又使生物膜迅速生长、变厚,微生物继续利用废水中的营养底物进行新陈代谢,使COD去除率再次提高。而对照常规活性污泥系统,有机负荷从0.08kg/(m³·d)增加到1.38kg/(m³·d),COD去除率呈现先增长后降低的趋势。有机负荷为0.28kg/(m³·d)时,COD去除率达到最大,平均为82.82%;当有机负荷增加到1.38kg/(m³·d)时,COD去除率降到49.91%。

表2 不同有机负荷下两反应器COD去除情况

试验 批 次	有机负荷/ (kg·m ⁻³ ·d ⁻¹)	进水质量浓度/ (mg·L ⁻¹)	投加填料		对照	
			出水质量浓度/ (mg·L ⁻¹)	去除 率/%	出水质量浓度/ (mg·L ⁻¹)	去除 率/%
1	0.08	320	71	78	86	73
2	0.13	500	100	80	125	75
3	0.16	630	120	81	130	79
4	0.28	1120	160	86	193	83
5	0.59	2360	555	76	790	67
6	1.15	4600	1900	59	2155	53
7	1.38	5500	1590	61	2755	50

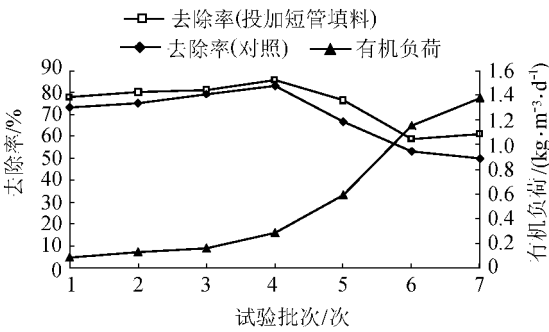


图4 不同有机负荷下两反应器COD去除情况

不同有机负荷条件下两工艺COD去除率对比表明:不论在高有机负荷还是低有机负荷情况下,投加短管填料的反应器COD去除率均高于对照单一活性污泥系统。并且,随着有机负荷的增大,投加短管填料的反应器具有较强的耐冲击负荷能力。

表 3 系统投加短管填料对氮、磷的去除效果

编号	NH ₃ -N			TN			TP		
	进水 质量浓度/ (mg·L ⁻¹)	出水 质量浓度/ (mg·L ⁻¹)	去除率/%	进水 质量浓度/ (mg·L ⁻¹)	出水 质量浓度/ (mg·L ⁻¹)	去除率/%	进水 质量浓度/ (mg·L ⁻¹)	出水 质量浓度/ (mg·L ⁻¹)	去除率/%
1	45.8	6.3	86.3	45.8	7.6	83.4	3.89	1.57	59.6
2	45.8	3.9	91.5	45.8	4.5	90.2	4.02	1.72	57.2
3	38.8	8.2	73.6	38.8	11.8	69.6	3.47	1.09	68.5
4	38.8	7.6	80.4	38.8	11.1	71.4	3.94	1.83	53.5
5	38.4	7.1	81.5	38.4	9.8	74.5	3.05	0.90	70.4
6	38.4	8.0	79.2	38.4	10.7	72.1	3.97	1.07	73.0
7	37.7	7.8	79.3	37.7	12.2	67.6	3.02	0.86	71.5
8	37.7	6.4	83.0	37.7	11.4	69.8	2.88	1.01	64.9

2.5 投加短管填料反应器对氮磷的去除效果

对投加短管填料后系统的脱氮除磷效果进行了研究 结果如表 3。

由表 3 可知 ,进水 NH₃-N 和 TN 质量浓度在 40 mg/L 左右 ,系统投加短管填料后对 NH₃-N 与 TN 的去除率较高 ,说明系统中存在着硝化、反硝化作用。出水 TN 浓度略高于 NH₃-N ,系统中存在着部分 NO₂⁻-N、NO₃⁻-N。

生物磷的去除有 2 个步骤 ,即厌氧条件下释放磷 ,好氧条件下吸收磷。如前所述 ,投加短管填料的复合生物膜反应器具备了除磷的条件。系统对 TP 也有一定的去除效果 ,在进水 TP 质量浓度为 3 ~ 4 mg/L 时 ,反应器对 TP 去除率在 60% ~ 70% ,实现了复合生物膜反应器一体化脱氮除磷的设想。

将短管填料投加到活性污泥系统中 ,可以截留悬浮污泥 ,防止污泥流失 ,有利于加快生物膜生长 ,并且在填料内外氧传递分布不同 ,有利于形成厌氧、缺氧、好氧环境 ,在去除有机物的同时达到脱氮除磷的目的。

3 结 论

a. 在常规活性污泥工艺中投加短管填料 ,可使丝状菌优先附着生长在载体上 ,从而改善污泥的沉降性能 ,防止污泥膨胀 ,提高系统运行的稳定性。

b. 由于短管填料内外氧环境不同 ,实现了在同一反应器内达到脱氮除磷的效果。反应器内对有机物去除效果明显 ,并且世代时间较长的硝化菌优先附着在载体上 ,使硝化作用不受悬浮生长的固体停留时间(SRT)的影响 ,从而提高了系统的脱氮功效 ,系统出水可达城镇二级污水处理厂出水指标最高允许排放浓度一级 B 标准。

c. 在相同有机负荷条件下 ,系统中投加短管填料 ,对有机物、氨氮的去除率大于常规活性污泥法 ,出水水质较好。

参考文献 :

[1] 王建龙 ,吴立波 ,钱易 .复合生物反应器处理废水特性的研究 [J].中国给水排水 ,1998 ,14(2) :29-32.

[2] WANNER J ,KUCMAN K ,GRAU P. Activated sludge process combined with biofilm cultivation[J]. Wat Res ,1988 ,22(2) :207-215.

[3] GEBARA F. Activated sludge biofilm wastewater treatment system[J]. Wat Res ,1998 ,33(1) :230-238.

[4] 刘晋旭 ,刘振鸿 .复合式生物处理系统的研究与应用 [J].工业水处理 ,2003 ,23(1) 8-11.

[5] 朱亮 ,田玉兰 ,严晖 .短管填料对沉淀池沉淀效果的改进 [J].河海大学学报 :自然科学版 ,2004 ,33(3) 248-251.

[6] 朱亮 ,严晖 .新型水处理用短管填料性能特性研究[J].给水排水 ,2003 ,29(12) :78-80.

[7] 王学江 ,夏四清 ,张全兴 .用移动床生物膜反应器处理石化废水 [J].化工环保 ,2001 ,21(6) :333-336.

[8] 金冬霞 ,田刚 ,施汉昌 .悬浮填料的选取及其性能试验研究 [J].环境科学学报 ,2002 ,23(3) :333-337.

[9] 江萍 ,黎俊 ,张文涛 ,等 .生物接触氧化法处理有机废水的进展 [J].环境与开发 ,2000 ,15(4) 6-8.

(收稿日期 2007-02-02 编辑 :傅伟群)

· 简讯 ·

第 16 届亚太地区国际水利学大会
将于 10 月在河海大学举行

第 16 届亚太地区国际水利学大会将于 10 月 20 - 23 日在河海大学举行。本次会议由国际水利学会(International Association of Hydraulic Engineering and Research ,IAHR)主办 ,中国水利学会、中国水电工程学会、国家自然科学基金会、河海大学/南京水利科学研究院水文水资源与水利工程国家重点实验室、河海大学水资源高效利用与工程安全国家工程中心协办 ,河海大学、南京水利科学研究院承办。会议主题 :水与人类——友好、和谐与可持续。会议覆盖水资源、水文学、环境工程、生态水利学、河流、海岸工程、移民与社会影响等领域的 13 个专题。

(本刊编辑部供稿)