

悬浮填料活性污泥法的脱氮效果及影响因素

何国富, 周增炎, 高廷耀

(同济大学 环境科学与工程学院, 上海 200092)

摘 要: 投加悬浮填料强化传统活性污泥法的脱氮能力, 考察了低温、填料投配比和生物膜量等因素对脱氮效果的影响。中试结果表明, 投加悬浮填料和采用前置反硝化的运行方式可使系统的氨氮和总氮去除率得到显著提高。

关键词: 生物脱氮; 活性污泥法; 悬浮填料; 前置反硝化

中图分类号: X703.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2003)06-0006-03

Denitrification Effect and Affecting Factors of Activated Sludge Process with Addition of Suspended Carrier

HE Guo-fu, ZHOU Zeng-yan, GAO Ting-yao

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

Abstract: Suspended carrier was added to enhance the denitrification effect of conventional activated sludge process. Investigation was made for the factors such as low temperature, dosing ratio, and biofilm mass, which affected the denitrification effect. The pilot-scale test result showed that addition of suspended packing and use of pre-denitrification will significantly improve the removal rate of ammonia nitrogen and total nitrogen.

Keywords: biological denitrification; activated sludge process; suspended carrier; pre-denitrification

1 试验装置

试验装置如图 1 所示。

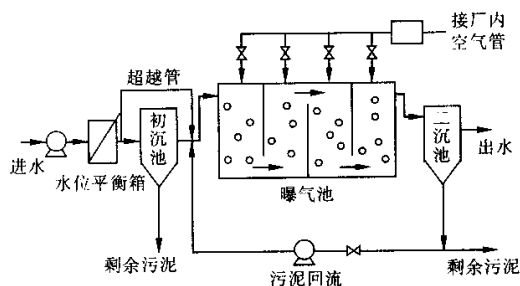


图 1 中试工艺流程简图

中试在采用传统活性污泥工艺的上海市天山水质净化厂进行, 试验装置完全模拟该厂生产工艺, 曝

气池也分四格, 不同之处在于 ①中试系统每格曝气池为完全混合式, 而生产工艺为推流式; ②中试系统曝气池中投加悬浮填料的投配比、投配方式和投配点可以变化。在曝气池设计了两套曝气系统(穿孔管曝气或微孔曝气盘曝气), 每格曝气量由球阀控制, 空气总量由转子流量计计量。试验所投加的悬浮填料具有巨大的比表面积、不结团、不堵塞, 并具有理想的空隙率, 易于流化, 传质效率高, 而且还具有安装、更换、管理方便等特点, 为国产专利产品。原水取自天山水质净化厂曝气沉砂池的出水, 采用该厂的回流污泥接种, 连续流进水(流量为 $1 \text{ m}^3/\text{h}$), 经过约 30 d 的挂膜(系统运行效果比较稳定后)即开始正式试验。

2 结果与讨论

四个工况的试验运行参数及结果分别见表 1、2。

表 1 各工况运行参数

工况	温度 (℃)	流量 (m ³ /d)	投配比 (%)	BOD 负荷 [kg/(kg·d)]	NH ₃ -N 负荷 [kg/(kg·d)]	DO (mg/L)				回流比 (%)	MLSS _泥 (mg/L)	MLSS _膜 (mg/L)	泥龄 (d)
						1 格	2 格	3 格	4 格				
一	29.0	24	50	0.09	0.020	0	0.5	0.4	3.4	100~150	6 265	1 062	6~8
二	28.5	24	20	0.111	0.034	0.5	1.8	2.1	2.2	100~150	3.485	2.05	10
三	11.5	24	20	0.07	0.024	0.5	1.0	3.1	3.2	100~150	2 899	2 301	15
四	11.3	24	20	0.08	0.020	1.3	1.6	3.5	3.2	100~150	3 931	2 261	15
注： 工况一为前置反硝化试验,工况二为低投配比试验,工况三、四为低温试验。													

表 2 各工况运行结果

工况		COD			NH ₃ -N			NO ₂ ⁻ -N	NO ₃ ⁻ -N
		进水(mg/L)	出水(mg/L)	去除率(%)	进水(mg/L)	出水(mg/L)	去除率(%)	出水(mg/L)	出水(mg/L)
一	范围	220.3~332.0	20.3~39.0	86~91	29.5~38.4	7.2~12.0	60~78	0.50~1.71	1.86~3.85
	平均值	272.1	31.9	88	33.2	8.9	73	1.03	2.95
二	范围	200~805	27~44	80~94.7	23.0~38.7	0.5~12.8	65.5~97.3	0.2~3.2	7.9~13.4
	平均值	393.7	34.9	90.5	30.3	4.92	84.0	1.22	11.2
三	范围	309~809	24~56	83.3~96.5	26.7~38.2	4.3~18.5	40.2~96.6	0.11~0.87	9.6~27.7
	平均值	494	37.6	92.4	32.2	11.4	64.3	0.48	16.5
四	范围	331~632	25~45	88.7~96.1	29.2~39.3	3.8~11.1	63.2~90.1	0.50~0.72	5.0~21.3
	平均值	434	34	92.2	33.3	7.2	77.7	0.57	15.6

2.1 前置反硝化

前置反硝化试验是在曝气池的第一格仅引入少量空气起搅拌和流化填料的作用,而使溶解氧接近零,为反硝化提供缺氧环境,采用穿孔管曝气。

该工况的总 HRT 为 6.2 h,将第一格改为缺氧池后,曝气池实际好氧 HRT 为 4.6 h,试验结果显示,对 COD 的平均去除率为 88%,出水平均值仅为 35 mg/L,可见尽管好氧 HRT 减少,系统对 COD 等常规指标的去除效果仍相当好。

系统具有较强的硝化能力,进水氨氮为 29.5~38.4 mg/L(平均值为 33.2 mg/L),出水氨氮平均值为 8.9 mg/L,去除率为 73%,而且系统出水的硝态氮较低(NO₃⁻-N 的浓度平均值仅为 2.95 mg/L),这与运行中二、三格曝气池的溶解氧较低,从而为同步硝化反硝化的实现创造了条件是密不可分的。它表明,悬浮填料活性污泥法通过前置反硝化来提高系统的氨氮和总氮去除率是简便、高效和可行的。

2.2 主要影响因素

2.2.1 曝气强度和填料投配方式

工况一中的生物膜量比较少,经测定仅为1.062 g/L。试验装置中生物膜主要集中在填料球体的中间部分,外围明显被水力剪切。由此推测生物膜量少主要是装置中水流剪切力过大造成的。由于该悬浮填料非常易于流化,在曝气池中随水流一起上下

翻动,加上中试系统用穿孔管曝气(池浅、气泡大),氧的利用率极低,所需的空气量较大,又由于系统中同时发生碳化、硝化反应,需氧量大,造成中试的气水比为(20~30):1,曝气强度为 10.7 m³/(m²·h),而同期水厂曝气池的曝气强度仅为 6.75 m³/(m²·h)。针对上述情况,采取了以下两种措施:

① 将填料集中到第二和第四格中,使这两格的投配率达 90% 以上,填料处于拥挤状态,使单个填料流化空间显著降低;

② 将曝气系统由穿孔管曝气改为微孔曝气盘曝气。

经改造后,总空气量由原来的 20~30 m³/h 降至 7 m³/h,即可满足试验所需溶解氧的要求。填料上生物膜量的增长情况见表 3。

表 3 生物膜量的变化 g/L

时间(d)	第 2 格生物膜量	第 4 格生物膜量
1	0.887 0	0.486 0
10	1.746 5	0.814 7
20	2.172 2	0.918 4
30	3.696 0	1.418 9

由表 3 可见,系统改造后生物膜量的增长随时间变化非常明显。另外,第二格中填料上的生物膜量明显比第四格中的多,分析其主要原因是 试验装置中曝气池各格为完全混合式,但每格之间为串联,

第二格中有机污染物浓度和溶解氧较第四格的高,可见有机负荷对填料上的生物膜量有一定影响。第四格中的生物膜比较薄,经镜检,其生物相与文献[1]中所描述的硝化膜相一致。

2.2.2 降低填料投配比

在合理选择运行参数和填料投配方式、投配点的情况下,将填料投配量从总曝气池容积的 50% 降至 20%,此间系统对氨氮的去除率达 84%,进水氨氮平均值为 30.3 mg/L,出水仅为 4.92 mg/L(同期天山厂对氨氮的去除率仅为 30% 左右),而出水硝酸盐浓度偏高(平均值为 11.2 mg/L)。分析认为,不能实现反硝化的主要原因可能有以下几个方面:①缺氧 HRT 太短,活性污泥还没有充分进行反硝化就进入对反硝化有抑制作用的好氧环境;②后续各格溶解氧量控制太低;③与原水水质变化有关。至于工况一能实现同步硝化反硝化而工况二没能实现,其具体原因值得进一步探讨。

2.2.3 低温

工况三出水氨氮的平均值为 11.4 mg/L,小于 GB 8978—1996 中的一级排放标准(15 mg/L),但较工况一出水(8.9 mg/L)有明显的升高,且试验中有几天出水氨氮超过了排放标准所规定的 15 mg/L。当然与单纯的活性污泥法相比,悬浮填料反应器已经大大减小了温度对硝化的影响。

工况四将曝气池前三格溶解氧提高,使四格均为好氧状态,强化了系统的硝化作用。运行结果显示,氨氮的出水平均值为 7.2 mg/L,去除率为 78%,并且在此期间每天出水氨氮都能达标排放。可见,在低温条件下,可通过适当加大曝气量和延长好氧

段时间来强化硝化作用,以降低温度的不利影响。

3 结论

① 悬浮填料活性污泥法采用前置反硝化运行方式,系统的氨氮、总氮去除率显著提高,出水氨氮完全可以达标。

② 若合理选择运行参数,填料投配比为 20% 时,中试系统对氨氮保持较高的去除水平,出水氨氮可以达标,但填料的最佳投配比有待进一步优化。

③ 曝气强度和有机负荷是影响生物膜量的重要因素之一,有机负荷愈高,填料生物膜量越多;但曝气强度太大,会影响生物膜的附着生长,进而影响生物膜量,所以曝气强度应以满足系统硝化要求为宜。

④ 冬季低温对氨氮的去除有影响,但与单纯的活性污泥法相比,影响程度大为降低,并且可以通过适当提高好氧段的溶解氧来减弱甚至消除低温的不利影响。

⑤ 适当控制曝气池的溶解氧浓度有利于该处理系统中发生同步硝化反硝化。

参考文献:

[1] 张波,高廷耀. 倒置 A²/O 工艺的原理与特点研究[J]. 中国给水排水,2000,16(7):11-15.

作者简介:柯国富(1975—),男,湖北黄冈人,博士研究生,研究方向为水污染控制。
电话:(021)65988462
E-mail:heguofulz@163.com
收稿日期:2003-01-20

· 工程信息 ·

河南省濮阳市输配水管网工程

工程内容:濮阳市城区配水管网改扩建工程,管线总长 30 km,管材:UPVC 管、球墨铸铁管,服务面积:12 km²,投资额 5 030 万元,资金来源:银行贷款及地方自筹。设计单位:河南省城乡规划设计院,建设单位:河南省濮阳县公用事业局。目前该工程已完成可行性研究。

(濮阳县公用事业局 张相凯 供稿)