

传统活性污泥法污水厂增加脱氮功能的研究

周增炎,高廷耀

(同济大学 环境科学与工程学院,上海 200092)

摘要:我国现有的传统活性污泥法污水处理厂能去除 COD 和 BOD 等碳素污染物,而往往不具备脱氮能力,因此其出水是水体氮素的重要污染源.介绍的在中试研究基础上的传统活性污泥法投料 AO 脱氮新工艺,能使传统活性污泥工艺在保持较高 BOD 和 COD 去除率的同时,具有良好的脱氮功能.研究表明,新工艺中试运行稳定,出水水质优于国家排放标准,对 COD 和氨氮的平均去除率分别为 88% 和 73%.

关键词:传统活性污泥法;城市污水处理厂;脱氮;悬浮生物载体

中图分类号:X 131.2 文献标识码:A 文章编号:0253-374X(2003)10-1229-03

Study on Enhancing Nitrogen Removal Function for Traditional Activated Sludge Sewage Treatment Plants

ZHOU Zeng-yan,GAO Ting-yao

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

Abstract: In China, traditional activated sludge sewage treatment plants usually have the function to remove COD, BOD and other carbonaceous pollutants and have no function to remove nitrogen. So the effluent from these plants is the main nitrogen pollution source for water bodies. Based on pilot scale test, a new AO nitrogen removal process with suspended biomass packing was proposed in this paper. The new process can enhance the nitrogen removal efficiency without losing the removal efficiency of COD and BOD of traditional activated sludge process. The results shows that the new process runs NH₃ steadily and the effluent water quality is better than the National Emission Standards. The average removal efficiencies of COD and NH₃-N are 88% and 73%, respectively.

Key words: traditional activated sludge process; municipal sewage treatment plant; nitrogen removal; suspended biomass packing

城市污水中的氮进入水体后会产生诸多危害,严重影响城市水体正常功能的发挥,已引起了世界各国的广泛重视.欧美国家制订了非常严格的排放标准,花费大量资金改造无脱氮功能的已建城市污水处理厂,使其具有脱氮效果.我国现有的城市污水处理厂大多不具备脱氮功能,也面临着大量的改建任务.因此,随着氮污染的日益严重,及时开展这方面的研究是非常必要的.从 1994 年起,同济大学开展了城市污水脱氮除磷技术的大量研究,先后研究成功活性污泥法的‘时序 AAO、倒置 A/A/O、同步 AAO’3 种脱氮除磷新工艺.相关论文已在有关刊物上发表^[1~4].本文介绍最新研究成果‘投料 AO 脱氮新工艺’,为我国现有城市污水厂的改造,提供了简易而经济有效的又一种新技术.

1 投料 AO 脱氮新工艺的流程及技术原理

1.1 新工艺说明及流程图

收稿日期:2002-10-10
作者简介:周增炎(1935-),男,浙江江山人,研究员,博士生导师. E-mail: zengyanzhou@yahoo.com.cn

- (1) 新工艺试验规模为 $24\text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$,生化反应池模拟某污水处理厂四廊道曝气池,总容积为 6.2 m^3 . 将其等分成四格,第一格改为缺氧段($\rho_{\text{DO}} < 0.5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$),第二、三、四格 ρ_{DO} 控制在 $2\sim 3\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$.
- (2) 除第一格缺氧段外,在第二、三、四格投加悬浮生物载体填料,投加率为池容积的 30% 左右. 在每格过水孔口上用间隙小于填料直径的格栅拦截悬浮填料,以防止其流失.
- (3) 与常规的脱氮工艺不同,本工艺取消硝化液内回流而加大二沉池的污泥回流,回流比约为 1.5.
- (4) 新工艺流程见图 1.

(5) 新工艺试验运行主要参数 生化反应池总停留时间为 6.2 h,活性污泥混合液的质量浓度为 $4\,322\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. 填料上的生物量折算为池中的质量浓度为 $2\,137\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,根据进水 BOD_5 的质量浓度计算得每天每千克活性污泥的 BOD_5 污泥负荷为 0.09 kg .

1.2 新工艺的技术原理

(1) 众所周知, $0.3\sim 0.5\text{ kg}$ 的每天每千克活性污泥的 BOD 污泥负荷为去除 COD 和 BOD 的负荷数值. 要使水中氨氮达到硝化,此时每日每千克活性污泥的 BOD_5 污泥负荷应小于 0.15 kg ,即

$$N_s = Q_d\rho_{\text{BOD}_5}/V\rho_{\text{MLSS}}$$

(1)

从式(1)可见,要降低 BOD 污泥负荷可以有 2 种途径,即增大式(1)分母中的生化反应池容积 V 或提高生化反应池中生物量质量浓度 ρ_{MLSS} . 前者(增大 V)国外采用较多,改建时土建投资费用较大,并且要有场地,后者(提高 ρ_{MLSS})则比较经济,适用老厂改建.

(2) 提高活性污泥混合液(MLSS)质量浓度是有条件的,有的污水处理厂可以做到,有的不能做到. 这与进水水质和活性污泥沉降性能密切相关. 采用向生化反应池中投加悬浮填料让微生物生长在填料表面上来增加生物量的方法好处较多,既容易增加生物量,又能在较短泥龄环境下生长世代时间较长的细菌(如硝化菌). 这是传统活性污泥法所不能做到的,但却是所有污水处理厂均可实施的.

(3) 本新工艺采用构造新颖、比表面积大、密度适当、过水通气性能良好、传质效率高、安装简便的悬浮式球状新型填料. 该填料不曝气时浮于水面,曝气时即均匀流化于全池,并能提高氧的利用率.

由于新工艺形成了活性污泥法和生物膜法相结合的前置反硝化工艺,故暂称其为“投料 AO 脱氮新工艺”.

2 投料 AO 脱氮新工艺的脱氮效果

2.1 工艺脱氮效果

投料 AO 新工艺脱氮效果详见表 1.

表 1 投料 AO 新工艺脱氮效果
Tab.1 Nitrogen removal of new AO process

编 号	$\rho_{\text{COD}}/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$			$\rho(\text{NH}_3-\text{N})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$			$\rho(\text{NO}_2-\text{N})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$		$\rho(\text{NO}_3-\text{N})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	
	进水 ¹⁾	出水	去除率	进水	出水	去除率	出水		出水	
1	288.5	37.5	87	38.4	10.0	74	1.70		2.34	
2	241.1	27.7	89	34.5	7.5	78	0.50		1.86	
3	268.8	32.8	88	30.1	12.0	60	0.74		3.13	
4	304.3	35.6	88	29.5	9.8	67	1.71		2.93	
5	332.0	39.0	88	34.2	9.1	74	1.61		2.64	
6	257.8	35.1	86	31.8	8.6	73	0.76		3.11	
7	220.3	20.3	91	32.9	7.2	78	0.67		3.70	
8	264.0	27.3	90	34.0	7.4	78	0.56		3.85	
平均	272.1	31.9	88	33.2	8.9	73	1.03		2.95	

1) 进水值为对初沉池出水分析所得数据.

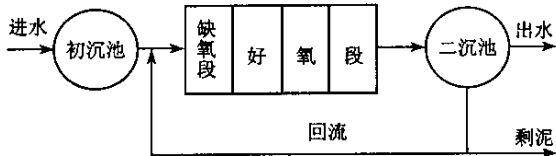


图 1 新工艺流程示意图
Fig.1 Scheme of new process

2.2 脱氮效果分析

(1) 试验表明,以投料 AO 脱氮新工艺连续运行近一年,COD 平均去除率为 88%,出水质量浓度为 $31.9\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. 可见,尽管好氧段曝气时间从 6.2 h 减至 4.6 h,但对有机物的去除效果没有明显降低,而出水硝态氮质量浓度只有 $2.95\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,反硝化相当完全.

(2) 中试系统具有较强的硝化能力,氨氮进水平均质量浓度为 $33.2\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,出水平均质量浓度为 $8.9\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,去除率为 73%,符合上海市和国家的排放标准.

(3) 新工艺与某传统活性污泥法处理厂同期处理效果相比较,二者活性污泥质量浓度基本相同,但由于后者未投加填料,氨氮去除率仅为 31.5%,出水氨氮值未能达标.

3 投料 AO 脱氮新工艺的特点

(1) 与常规 A/O 工艺相比,本工艺具有生物膜法和活性污泥法特点,生物膜质量浓度可达 $2\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 左右,其微生物种类多,生物链长,能生长世代时间长的微生物,有利于硝化和出水水质的提高.

(2) 与常规 A/O 工艺相比,本新工艺的流程简单,整个系统只有一个污泥外回流系统,从而省略了常规 A/O 工艺的硝化混合液内回流系统. 新工艺还大大降低了回流比. 一般常规 A/O 工艺内外回流系统的总回流量为进水量的 250%~400%,而新工艺则适当加大了污泥外回流系统的回流量,回流比约为 1.5 左右.

(3) 与常规 A/O 工艺相比,新工艺以投加悬浮填料来增加生物量,从而提高生化反应池的容积负荷,降低了 BOD 污泥负荷,创造了硝化和反硝化条件,节省了土建投资和建设场地.

(4) 与常规 A/O 工艺相比,微生物质量浓度高,绒粒大. 新工艺充分利用了好氧条件下,活性污泥绒粒和生物膜内部缺氧、厌氧的微环境,使硝化与反硝化同时进行,这是新工艺能省去硝化液内回流系统的重要原因.

4 结论

(1) 投料 AO 脱氮新工艺,应用的前提条件是 $\text{NH}_3\text{-N}$ 在处理系统中达到充分的硝化. 对于原先没有硝化功能的城市二级污水处理厂,可采用投加悬浮填料的方法,以降低污泥负荷,达到充分硝化. 因此通常情况下,本新工艺适用于采用传统活性污泥法的城市污水处理厂的改建,因而具有很高的实用价值. 采用投料 AO 新工艺的中试结果表明,在保证 COD 和 BOD 高效去除的同时,可取得良好的脱氮效果,其各项指标出水值均能达到我国现行排放标准.

(2) 投料 AO 新工艺与常规 A/O 工艺相比,不仅处理效果达到或优于常规法,而且在经济方面也优于常规法. 由于常规 A/O 工艺流程长,单元构筑物多,工艺反应池容积大,回流系统多,回流量大,故占地大,管理繁琐,基建费用和运行管理费用均高于投料 AO 工艺.

(3) 投料 AO 新工艺设计运行参数建议如下:生化反应池活性污泥混合液质量浓度为 $4\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 左右,生物膜质量浓度为 $2\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ (池容) 左右,污泥回流比为 100%~200%,控制 BOD_5 污泥负荷 $\leq 0.15\text{ kg}$ (MLSS 包括生物膜),污泥泥龄 $\geq 5\sim 8\text{ d}$.

参考文献:

[1] 高廷耀,周增炎. 一种适合当前国情的城市污水脱氮除磷新工艺[J]. 同济大学学报(自然科学版),1996,24(6): 647-651.
[2] 刘 霞,周增炎. 生物粒子浮动床处理城市污水的试验研究[J]. 中国给水排水,1998,14(3): 14-15.
[3] 高廷耀,周增炎. 生物脱氮工艺中的同步硝化反硝化现象[J]. 给水排水,1998,24(12): 6-9.
[4] 高廷耀,周增炎. 简易改造城市污水厂的脱氮除磷新工艺[J]. 同济大学学报(自然科学版),2000,28(3): 324-327.