

悬浮填料活性污泥法优化填料投配比试验

何国富¹ 周增炎² 高廷耀² 黄民生¹ 徐亚同¹

(1. 华东师范大学资源与环境学院环境科学系, 上海 200062; 2. 同济大学环境科学与工程学院, 上海 200092)

摘要 悬浮填料活性污泥法中试试验系统, 利用某城市污水厂生产工艺回流污泥为系统悬浮污泥, 探讨了悬浮填料投配比、投配方式和中试硝化效果之间的关系。试验结果表明, 悬浮填料最小投配比为 15% 即可满足系统硝化功能的要求; 悬浮填料的投配方式宜采用集中投配并布置于曝气池的末端, 这样既可提高系统的生物膜量, 又有利于硝化反应的实现。而且, 控制适当的溶解氧浓度, 悬浮填料的投加有助于同步硝化反硝化更充分的进行。

关键词 悬浮填料 投配比 投配方式 硝化 同步反硝化

0 引言

我国水体富营养化越来越严重, 国家相应也制定了越来越严格的氮磷排放标准。悬浮填料活性污泥法, 它具有较好的脱氮效果^[1], 对悬浮填料生物反应器的研究已经达到具体应用阶段。该法的核心是悬浮填料, 而悬浮填料的投配比和投配方式则直接关系到它具体应用的经济性和可行性。

前期研究认为填料的投配比为 50% 效果比较好, 是比较理想的投配率^[1,2]。然而考虑到经济方面的因素, 可否降低填料的投配比和改变投配方式, 而取得比较理想的脱氮效果。本实验对悬浮填料活性污泥法填料投配方式和投配比进行了探讨。

1 试验装置和处理水质

试验在采用传统活性污泥法工艺的上海市某污水厂进行, 规模是中试, 试验装置如图 1 所示, 采用悬浮填料活性污泥法。

曝气池分 4 格, 采用微孔盘曝气系统进行曝气。

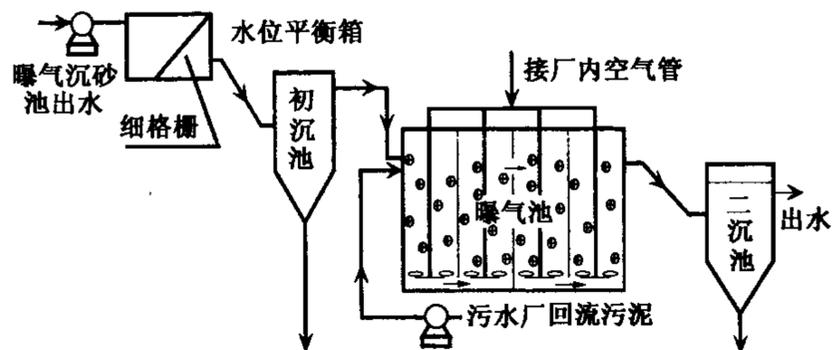


图 1 中试流程简图

每格曝气量由球阀控制, 空气总量由转子流量计计量。试验进水取自污水厂曝气沉砂池出水, 进水为连续流, 流量为 $1 \text{ m}^3/\text{h}$, 曝气池水力停留时间为 6 h。经过挂膜, 系统运行稳定后, 开始正式实验。

2 试验结果与讨论

本试验共进行了 4 个工况的研究, 工况 1、2 填料投配比为 25%, 投配方式为工况 1 填料在 4 格曝气池中均匀分布, 每格投加其容积 25% 悬浮填料。工况 2 在第 2、4 两格曝气池中各投加其容积 50% 的填料, 而 1、3 两格曝气池中不投加填料。在此试验结果的基

一级排放标准。现已经通过当地有关部门的验收。实践表明, 采用曝气生物滤池工艺处理汽车涂装废水具有占地面积少、出水水质好、投资省、运行灵活方便、易于管理、抗冲击负荷等特点。污水处理设施建成后, 每年减少约 700 t COD_{Cr} 排入环境水体, 对当地环境污染控制将起到积极的作用, 具有明显的环境效益和社会效益。

参考文献

- [1] 国家环保总局. 水和废水监测分析方法(第三版). 北京: 中国环境科学出版社, 1998.
- [2] 朱乐辉. 污水处理新工艺-曝气生物滤池. 世界环境, 2000, (1):

34-37.

- [3] 刘长荣. 曝气生物滤池技术应用与设计计算. 给水排水, 2000, 28(7): 15-18.
- [4] 徐亚明, 蒋彬. 曝气生物滤池的原理及工艺. 工业水处理, 2002, 22(5): 1-5.
- [5] 田文华等. 滤料粒径对曝气生物滤池硝化性能的影响. 中国给水排水, 2003, 19(5): 48-50.

作者通讯处 朱乐辉 330029 南昌大学环境科学与工程学院

电话 (0791)6023635

E-mail lehuizhu@263.net

基础上,进行了工况3、4的试验。这2个工况的填料投配比为15%,投配方式是工况3在曝气池的第2、4两格中各投加其容积30%的填料,第1、3两格不投加填料;工况4在曝气池的第4格投加其容积的60%的填料,其它3格曝气池不投加填料。填料的投配方式如图2所示,各工况运行参数见表1,结果见表2、3。

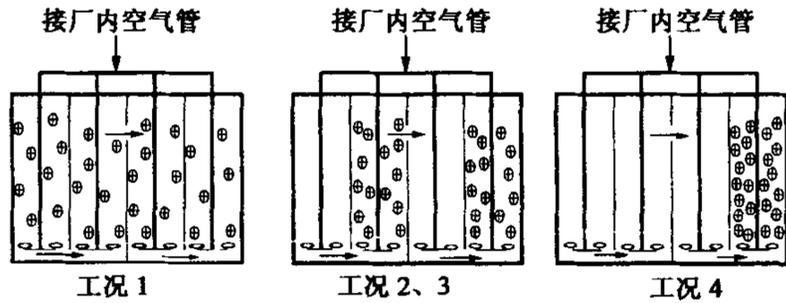


图2 中试填料投配方式示意图

表1 降低填料投配比4个工况主要运行参数

工况	水温 /℃	DO/(mg·L ⁻¹)				MLSS/(mg·L ⁻¹)		气水回流比 /%	泥龄 /d
		1#	2#	3#	4#	泥	膜		
1	27	0.7	1.3	3.0	2.8	3 608	1 895		
2	27.3	0.3	1.3	2.9	3.7	3 153	2 210	7:1	100
3	28	0.5	1.8	2.1	2.1	3 800	1 565		6
4	29	0.4	1.4	2.2	1.7	4 338	2 010		

从表2、表3可以看出,污水厂和中试试验系统对COD_{Cr}都有很好的去除效果。对于中试系统,尽管进水波动较大,但经过初沉池沉淀后,进入曝气池的COD_{Cr}比较稳定,系统对COD_{Cr}的去除率平均在90%以上,出水完全可以达标。

表2 降低填料投配比4个工况主要运行结果

指标		工况1		工况2		工况3		工况4	
		范围	均值	范围	均值	范围	均值	范围	均值
COD _{Cr} (mg·L ⁻¹)	进水	141~1 115	416	261~1 379	561	200~1 783	640.7	303~983	459
	初沉出水	105~244	185	164~310	222	130~312	199	199~217	206
	出水	16~39	25.5	21~48	35	20.1~44	34.9	26~39	32.8
	去除率/%	89~96.5	91.6	88~96	92	79.5~98	90.5	87~97	91.1
NH ₃ -N (mg·L ⁻¹)	进水	20~36.3	28.1	35.3~42.4	39	23~38.7	30.3	28.8~37	31.8
	初沉出水	15.5~35	25.8	23.6~37.7	30	19.6~36	28	26.5~33.2	30.8
	出水	0.3~7.5	2.45	0.4~1.4	0.8	0.5~12.8	4.9	0.6~6.1	3.4
	去除率/%	74~98	91.6	96~99	97	54.8~98.6	84.0	80~98	89.2
PO ₄ ³⁻ -P (mg·L ⁻¹)	进水	2.3~10.3	5.0	3.8~9.1	5.3	3.5~10.1	5.7	2~7.1	4.1
	初沉出水	2.0~8.1	3.9	3.4~8.8	4.8	3.4~5.4	4.1	1.6~5.5	3.6
	出水	0.7~2.2	1.5	1.0~3.7	2.1	0.1~2.9	0.8	0~0.4	0.12
	去除率/%	43~91	64.8	47~76.8	62	32.4~98.4	84.1	86.7~99.9	96.2
出水 NO ₂ ⁻ -N/(mg·L ⁻¹)		0.1~0.5	0.4	0.1~1.8	0.7	0.2~1.0	0.5	0.2~1.8	0.9
出水 NO ₃ ⁻ -N/(mg·L ⁻¹)		10.4~15.4	12.5	9.5~12.9	11	7.9~13.4	11.2	4.7~11.4	8.7

表3 同期污水厂生产工艺主要运行结果

COD _{Cr}		NH ₃ -N			PO ₄ ³⁻ -P			NO ₃ ⁻ -N	
进水	出水	去降率/%	进水	出水	去降率/%	进水	出水	去降率/%	出水
756	34.6	95.4	28.8	22.9	21.5	5.6	1.9	66.6	0.8

注:表中所示数据为试验期间污水厂生产运行指标4个月(5~8月)监测的平均值。

表2看出,系统在填料投配比为25%的情况下,工况1、2对氨氮的去除率达到90%以上。其中工况1进水氨氮在20~36.3 mg/L之间波动,平均值为28.1 mg/L,出水在0.3~7.5 mg/L之间变化,平均值为2.5 mg/L,去除率达91.6%;而工况2进水氨氮在

35.3~42.4 mg/L之间波动,平均值为39.5 mg/L,出水在0.4~1.4 mg/L之间变化,平均值为0.8 mg/L,去除率更高达97%,硝化反应进行非常完全。工况1对氨氮的去除率比工况2的去除率提高了5%左右,工况2对氨氮的去除效果更稳定,去除率波动范围更小。而两工况的差别主要表现在填料的投配方式上,工况2填料集中投配,工况1填料均匀投配。从分析的数据看,工况2填料上生物膜量比工况1的多出16.7%,表明填料在单格池中投配比越高,填料越拥挤,填料活动范围越小,填料就越容易挂膜,生物膜量就越多,处理效果就越好。

在此基础上,进一步降低填料投配比,投配率降到15%,同时再次改进填料投配方式,进行了工况3和4的试验。表2可以看出,尽管系统对氨氮的平均去除率比工况1、工况2降低约10%,但仍高达80%以上。其中工况3进水氨氮在23~38.7 mg/L之间波动,平均值为30.3 mg/L,出水在0.5~12.8 mg/L之间变化,平均值为4.9 mg/L,去除率达84%;而工况4进水氨氮在28.8~37 mg/L之间波动,平均值为31.8 mg/L,出水在0.6~6.1 mg/L之间变化,平均值为3.4 mg/L,去除率更高达89.2%;两工况的对比试验和前两工况的非常相似。工况4比工况3去除率更高,去除效果更稳定,出水氨氮波动更小。在2种工况中,分析数据期间,尽管平均去除率较高,但出水中氨氮超过10 mg/L的却在3次以上,如果运行管理不善,出水就有可能超出15 mg/L。据此认为,系统填料投配比不应再降低,15%为其下限值。

试验结果表明:在相同的投配比的条件下,悬浮填料投配点越靠后,系统的硝化效果越好。分析认为,这主要是因为系统曝气池分4格,每格的BOD₅负荷不一样,投加填料的目的是用来提供硝化菌群生长环境的载体,越靠后,其负荷越低,越有利于硝化菌群取得竞争优势,越易于成为优势菌群,因而也就越有利于硝化反应的进行。当然,硝化细菌要成为优势菌群,也必须达到一定的量,而硝化细菌的量又和投加的悬浮填料的量相关,所以存在悬浮填料最小投配比的问题。

对比表2和表3知,同期污水厂氨氮的平均去除率为21.5%,出水平均值高达22.9 mg/L。表明污水厂活性污泥不具备生物强化脱氮效果,而中试系统悬浮污泥采用天山厂回流污泥,因而也不具备脱氮功能,它说明试验系统的脱氮功能只能是由投加到反应器中悬浮填料上附着生长的生物膜作用的结果。

中试试验装置中,系统取消了污泥回流,所以其硝态氮不能随污泥回流到系统的首段而发生反硝化反应被去除。但中试在DO的控制方面,仍按进行前置反硝化的方式来控制。这种控制基于两方面的考虑,其一是留出反硝化的空间,这样如果系统按自己的回流方式运行,能非常顺利的发生反硝化反应^[3];其二是在原曝气池容积3/4的条件下,系统能进行非常完全的硝化反应。从表2知,系统出水硝态氮前3个工况基本上在10 mg/L以上,但平均值都没有超过13 mg/L。而工况4更低,平均值为8.7 mg/L。说

明系统在运行中发生了反硝化反应,通过氮的平衡计算,知其反硝化的比例达到30%~45%。这与系统的控制条件关系很大,从表1可以看出,试验系统曝气池的第2、3格溶解氧控制比较低,在1.5~2.5 mg/L之间。污泥浓度比较大,在4 g/L左右,而且系统中还有悬浮填料,其生物膜量也在2 g/L左右,在此种溶解氧条件下,很容易形成缺氧的微环境,发生同步反硝化反应。试验结果显示,由于投加悬浮填料,这种同步反硝化被加强,通常认为在活性污泥法中,发生同步反硝化的比例在20%~30%^[4],而中试试验中同步反硝化的比例达到了40%左右。它表明,投加悬浮填料不仅创造了硝化反应条件,而且还可以强化系统发生同步反硝化的环境,提高系统的同步反硝化的能力。

3 结论

(1)利用污水厂回流污泥为试验系统悬浮污泥,证明了由于悬浮填料的投加使悬浮填料活性污泥法具备脱氮除磷功能。

(2)悬浮填料最小投配率为15%即可满足试验出水的要求,这比前期的结论^[2,3]50%要低得多。同时,填料宜集中投配,投配在曝气池的第2格和第4格,甚至只投加在第4格,能够取得较好的效果。

(3)试验过程中,曝气池的第1格控制为缺氧,为反硝化创造条件;第2、3格溶解氧控制在1.5~2.5 mg/L之间,有利于实现同步硝化反硝化的进行;第4格溶解氧控制在2.0~3.0 mg/L之间,以减少二沉池污泥上浮的可能性。在HRT为6.2 h下,系统对COD_{Cr}等常规指标和氮磷的去除效果是令人满意的。

参考文献

- [1] 何国富等.悬浮填料活性污泥法的脱氮效果及影响因素.中国给水排水,2003,6.
- [2] 夏四清等.悬浮填料生物反应器去除有机污染物和氨氮的中试研究.给水排水,2000,2.
- [3] 何国富等.投加悬浮填料强化传统活性污泥法的脱氮功能试验研究.环境工程,2003,4.
- [4] 高廷耀等.生物脱氮工艺中的同步硝化反硝化现象.给水排水,1998,24(12).

作者通讯处 何国富 200062 上海中山北路3663号 华东师范大学环科系

电话 (021)62232617

E-mail goaltjugfh@163.com