

微污染源水生物接触氧化处理工艺的启动与运行工况的调节

梅翔 陈洪斌 高廷耀 周增炎 李怀正 喻文熙 傅威 许晓天

提要 采用基于穿孔管曝气方式和 YDT 型弹性立体填料的生物接触氧化工艺处理微污染源水。分析了水源水自然接种条件下的工艺启动过程,研究了不同气水比运行条件下污染物的去除效果。处理系统形成稳定的氨氮去除率和硝酸盐氮生成率是工艺启动过程完成的主要标志;工艺运行中的气水比由生物硝化过程决定,气水比影响氨氮去除率和氨氮去除的稳定性,针对不同的进水氨氮浓度应采用相应的气水比。

关键词 水源水 生物接触氧化 启动 气水比 氨氮

由于工业、农业及生活等方面的污水未经适当处理而大量排入水体,许多城市取水水源污染日益严重,尤以氨氮和有机物的污染最为突出,常规给水处理工艺已难以保证安全、卫生的水质。采用生物接触氧化工艺处理微污染源水是改善给水水质的有效措施,并且一定的气水比是保证微污染源水生物接触氧化处理系统正常运转的必要条件^[1,2]。

微污染源水生物接触氧化处理工艺启动过

程、工艺状态是如何变化的?工艺启动过程完成的标志有哪些?气水比在工艺启动及运行调节中的作用到底有多大?调节气水比的依据又是什么?我们通过 YDT 型弹性立体填料穿孔管曝气方式的生化池在水源水自然接种的条件下,填料挂膜过程工艺运行状态的变化,分析工艺启动过程完成的标志。并通过气水比的调节考察气水比对污染物去除效果的影响,以期工程设计及运行管理提供优化的设

右。其次受气水比的影响,当气水比为 1:1 时,平均去除率为 85%;当气水比为 0.5:1 时,平均去除率为 83%;不曝气运行时,其去除率为零。

(5) 藻体总数的去除效果受气水比影响较大,当气水比为 1:1 时,其平均去除率为 72%;气水比为 0.5:1 时,平均去除率只有 25%。其次受 HRT 的影响,当 HRT = 1.8h 时,其平均去除率为 72%;HRT = 1.4h 时,平均去除率为 62%。

(6) Ames 试验表明,青甸湖水源水为含有直接移码型致突变物质的污染水体,经装置处理后,其出水仍含有一定量的移码型致突变物,但其致突变活性比原水降低 48%。

参考文献

- 1 戴日成. 受污染源水生物预处理的研究. 清华大学工学博士学位论文,1993
- 2 罗晓鸿. 绍兴市富营养化水源水净化工艺研究. 清华大学工学博士学位论文,1997

- 3 Ryuichi Sudo. Predation and deodorization of musty odor-producing filamentous algae by the protozoa *Trithigmostoma. Cucullulus*. *Wat Sci Tech*, 1989(21): 1743 ~ 1746
- 4 Y Inamori. Decomposition and removal of musty odor producing *Phormidium Tenue* by bacteria and smaller animals. *Wat Sci Tech*, 1991(23): 991 ~ 999
- 5 黄晓沐,等. 巢湖原水和饮用水的诱变性研究. *环境与健康杂志*, 1994, 11(1): 6 ~ 9
- 6 王家玲. D 湖水中有机污染物致突变性的研究. *环境科学*, 1985, 6(1): 2 ~ 6
- 7 谢雄. 不同净水措施生产的自来水致突变性研究. *癌变、畸变、突变*, 1991, 3(1): 37 ~ 40
- 8 徐凤丹. 我国典型地区饮水中致突变性表征. *环境科学*, 1994, 15(3): 1 ~ 6

作者通讯处: 龚明树 617000 攀枝花大学土木系
殷云兰 100022 北京市化工橡胶设计院
李柏 王占生 100084 清华大学环境工程系
王莹花 周晓燕 王衡 312001 绍兴市自来水公司
收稿日期: 1998-10-19



计参数和运行条件。

1 试验概况

1.1 工艺流程

试验在广东省东江的一条引水渠道边开展,工艺流程如图 1 所示。



图 1 工艺流程框图

渠内水源水通过潜水泵提升至进水计量槽,由量水堰测针读数测量进水流量,经进水井和进水配水池进入生物接触氧化池,由尾门测针读控制生物接触氧化池水位。处理后的出水经出水配水池排入主渠。以罗茨鼓风机向生物接触氧化池供气,供入池内的空气量通过玻璃转子流量计、气压表和压力式温度计进行计量,多余的空气通过旁通管排空。

生物接触氧化池(以下简称生化池)为长 \times 宽 \times 高 = 20.00m \times 1.00m \times 4.30m(有效水深 3.80m);池内均匀布置 60m³ 的 YDT 型弹性立体填料(填料单体尺寸为 1200 \times 3000mm);池底部安装 20 根 DN25 的穿孔曝气管(ABS 工程塑料管),两侧 3 孔 45° 向下,同侧孔距 120mm,异侧孔距 60mm。

1.2 试验设计

1.2.1 工艺运行条件

采用引水渠内的水源水对生化池进行微生物接种,保持水力停留时间(HRT)为 60min,控制气水比为 1.70(空气量已换算成 20、1atm 状态,下同),进入填料挂膜的工艺启动过程。启动过程完成后,进入工况试验阶段,保持生化池 HRT 为 50min,调节气水比分别为 1.30、1.00、0.90、0.80 和 1.20,每个工况运行 10 天左右。工况试验阶段水温为 25.4 ~ 30.1,平均为 27.6。

1.2.2 取样与测试

每隔 1h 分别在生化池进出口取样,连续取 12h 的混合水样作为当日水样,并及时分析。测试项目与方法如表 1 所示。

2 试验结果与分析

2.1 工艺启动过程

2.1.1 氨氮去除效果的变化

由图 2 可见,生化池经水源水自然接种后,由于

表 1 测试项目与方法

序号	项目	方法
1	水温	德制 Oxi320 型 DO 仪(现场测试)
2	DO	德制 Oxi320 型 DO 仪(现场测试)
3	pH	德制 pH320 型 pH 仪(现场测试)
4	NH ₃ -N	纳氏试剂光度法 ^[3]
5	NO ₃ ⁻ -N	酚二磺酸光度法 ^[3]
6	COD _{Mn}	酸性高锰酸钾法 ^[3]
7	SS	重量法 ^[3]

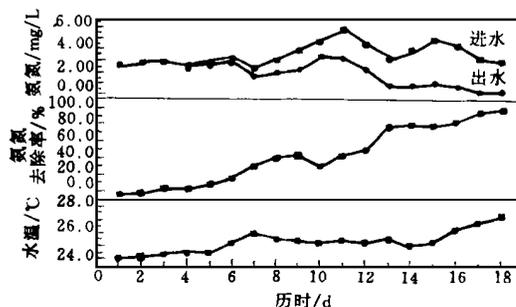


图 2 氨氮去除效果的历时变化

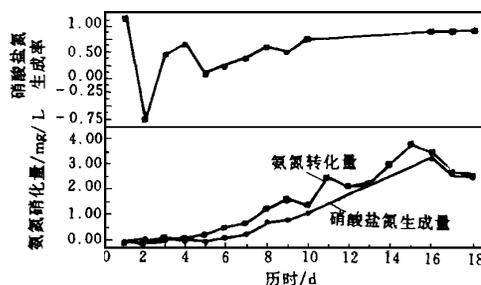


图 3 硝酸盐氮生成率的历时变化

水温适宜(24.0 ~ 27.4, 平均 25.4), 供氧充分,硝化细菌经短暂适应后迅速增殖,填料挂膜速度快,生化池发挥硝化能力所需时间短。经两周时间氨氮去除率即超过 75%, 随后去除效果稳定,工艺启动较为顺利。

2.1.2 硝酸盐氮生成率的变化

氨氮经生物硝化作用最终转化为硝酸盐氮,故从氨氮转化量和硝酸盐氮生成量的变化可以反映出工艺启动过程运行状态的变化。由图 3 可见,一方面,随着填料上硝化细菌的生长繁殖,生化池的硝化能力逐步发挥,氨氮转化量和硝酸盐氮生成量日渐增加,在一定的进水水质条件下,两者同步达到最大值后趋于稳定;另一方面,根据已有的测试数据,生化池进、出水的有机氮和亚硝酸盐氮的含量很小且

分别相近,而且生化池内微生物有机体的合成和分解对池内氮平衡的影响可以忽略,故可认为生化池内硝酸盐氮生成量主要来自氨氮经生物硝化而转化的量,前者与后者之比基本反映了生化池的硝酸盐氮生成率。启动初期,亚硝酸盐细菌和硝酸盐细菌在生长速度上的差异导致两类细菌在转化能力上的差异,硝酸盐氮生成率偏离 1.00 较大且不稳定;随着生物膜的渐趋成熟,两类细菌在转化能力上趋于稳定协调,氨氮转化至硝酸盐氮的过程进行得较为彻底,两周时间后氨氮转化量与硝酸盐氮生成量趋于一致,硝酸盐氮生成率稳定在 1.00 附近。

2.1.3 进、出水 DO 和 pH 的变化

由图 4 可见,由于氨氮转化为硝酸盐氮的过程是一个耗氧、耗碱度的过程,随着填料上硝化细菌的生长,生物硝化作用的进行,在一定的进水条件和工艺运行条件下,生化池出水与进水 DO 的差值由大变,渐趋稳定。与此同时,出水与进水 pH 的差值亦由大变,并且必定会出现出水 pH 低于进水 pH 的时候,随后出水 pH 继续下降,趋于稳定。工艺启动中,生化池进、出水 DO 和 pH 的变化指示了填料挂膜的进程和生物硝化作用进行的程度。

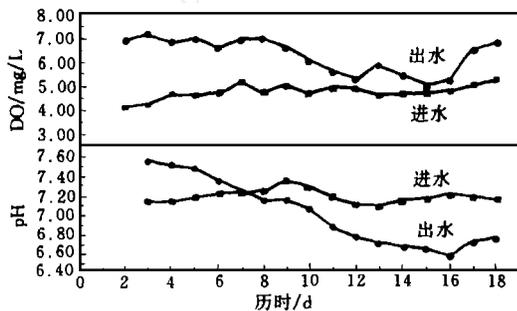


图 4 进、出水 DO 和 pH 的历时变化

2.1.4 COD_{Mn}去除效果的变化

由图 5 可见,启动中 COD_{Mn}去除率在出现几次起伏波动后趋于稳定。这说明填料上异养微生物在生长初期繁殖速度很快,但易流失。经过一段时间的培养驯化后,填料上异养微生物的种类、数量趋于稳定,对水源水中的有机物形成较为稳定的去除效果,COD_{Mn}去除率达 20%左右。工艺启动过程中 COD_{Mn}去除效果的变化从一个侧面反映了填料上生物膜成熟的程度。

2.2 气水比对污染物去除效果的影响

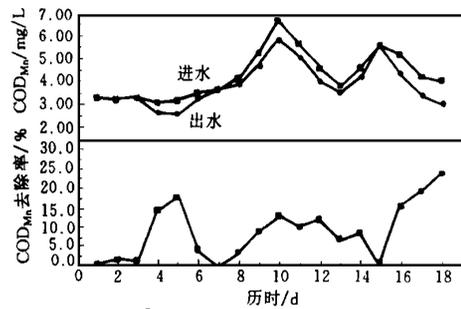


图 5 COD_{Mn}去除效果的历时变化

工艺启动过程完成后,保持生化池 HRT 为 50min,调节气水比分别为 1.30、1.00、0.90、0.80 和 1.20,考察各运行工况下生化池对污染物的去除效果。

2.2.1 气水比对氨氮去除率的影响

由于试验期间生化池进水氨氮浓度低于 2.00mg/L 和高于 5.00mg/L 的情况较少,故以进水氨氮浓度为 2.00mg/L ~ 5.00mg/L 的范围进行分析。将各气水比条件下氨氮去除情况按进水氨氮浓度的高低分段求出氨氮去除率平均值,绘出各浓度段氨氮去除率随气水比的变化曲线(见图 6)。

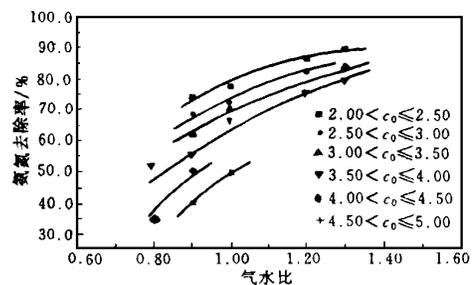


图 6 气水比对氨氮去除率的影响

由图 6 可见,在每一进水氨氮浓度段,随气水比的增大,氨氮去除率升高;同一气水比条件下,高浓度段的氨氮去除率低于低浓度段的氨氮去除率,即氨氮去除率随进水氨氮浓度的升高而降低。这一方面说明了气水比影响着硝化细菌活性的发挥,另一方面说明了对于一个确定的处理系统,为保持稳定的氨氮去除效果,既需维持稳定的硝化细菌生物量,又需针对不同的进水氨氮浓度采用相应的气水比运行。

2.2.2 气水比对氨氮去除稳定性的影响

由于在每一气水比运行条件下,随进水氨氮浓



度的升高,氨氮去除率降低,则氨氮去除率随进水氨氮浓度的变化而变化的量表示了生化池去除氨氮的稳定性(见图 7)。

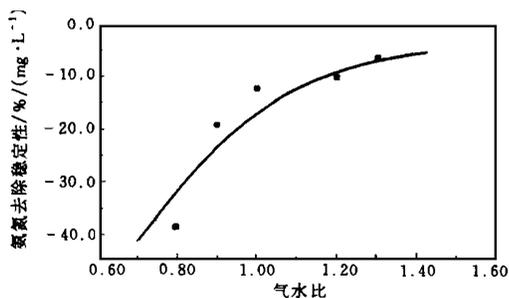


图 7 气水比对氨氮去除稳定性的影响

由图 7 可见,气水比越大,生化池的氨氮去除稳定性越好。即进水氨氮浓度增大时,以较高气水比运行的生化池氨氮去除率降低的幅度比以较低气水比运行的生化池氨氮去除率降低的幅度小。

2.2.3 气水比对 COD_{Mn} 去除效果的影响

将各气水比条件下 COD_{Mn} 去除情况按进水 COD_{Mn} 浓度的高低分段求出去除率平均值列入表 2。

表 2 各气水比条件下 COD_{Mn} 去除情况

气水比	进水 COD _{Mn} 浓度分段 (mg/L)			
	C ₀ < 4.00	4.00 < C ₀ < 4.50	4.50 < C ₀ < 5.00	C ₀ > 5.00
1.30	(3.60, 15.8)	(4.23, 17.2)	(4.60, 18.9)	
1.20	(3.35, 14.0)	(4.33, 13.2)	(4.93, 22.9)	
1.00	(3.66, 11.8)	(4.16, 17.3)	(4.71, 21.2)	(5.23, 28.9)
0.90	(3.60, 21.0)	(4.20, 21.2)	(4.74, 15.9)	(5.53, 21.8)
0.80	(3.81, 13.7)	(4.44, 17.8)	(4.99, 25.9)	(5.54, 25.6)
各工况总平均	(3.62, 15.8)	(4.24, 17.3)	(4.76, 20.0)	(5.50, 25.1)

注:表内括号中的数值,前为进水 COD_{Mn} 浓度分段平均值,后为对应该浓度段的 COD_{Mn} 去除率平均值 (%)。

由表 2 可见,气水比对 COD_{Mn} 去除率没有明显的影响;各气水比条件下, COD_{Mn} 去除率总体上随进水 COD_{Mn} 浓度的上升而上升。由此说明,在气水比为 0.80 ~ 1.30 的工况条件下,气水比对水源水中有有机微污染的去不是限制因素。

2.2.4 气水比对 SS 去除效果的影响

试验中发现 SS 的去除规律不明显,气水比对氨氮去除率没有明显的影响。综合各运行工况的情况,SS 去除率大致为 50% ~ 80%。在气水比为 1.00 工况时,由于进水 SS 的冲击和生物膜的异常脱落,氨氮去除效果明显受到影响。

微污染源水生物接触氧化处理工艺中 SS 的去除,即水源水中的 SS 在生化池内的积累对生化过程会造成不良影响。主要表现为生化池内填料的表面积不能充分利用,生物量受到限制,影响传质效果,导致工艺运行效果的不稳定。为保证稳定的生化效果,需定期对生化池内积累的 SS 进行人为冲排。

3 结语

(1) 采用引水渠内的水源水在生化池内自然富集接种,通过培养驯化,能使填料挂膜,顺利实现工艺启动。适宜的水温和充足的供氧是使填料迅速挂膜的必要条件。在水温超过 25 时,采用 HRT 为 60min,气水比为 1.70 的工艺条件可以顺利完成启动过程。

(2) 以硝化为主要目的的微污染源水生物接触氧化处理工艺启动过程完成的主要标志是处理系统形成稳定的氨氮去除率和硝酸盐氮生成率。生化池进、出水 DO、pH 及 COD_{Mn} 的变化指示了生物硝化作用的进程,反映了生物膜成熟的程度。

(3) 保持生化池内足够的硝化细菌数量,维持其良好的生物活性,是保证稳定的硝化效果的前提。工艺运行中的气水比由生物硝化过程决定,随气水比的增大,氨氮去除率上升,氨氮去除稳定性增强。氨氮去除率随进水氨氮浓度的升高而降低,为保证生化池稳定的氨氮去除效果,针对不同的进水氨氮浓度应采用相应的气水比运行。

(4) 气水比对 COD_{Mn} 去除效果的影响不甚明显,各气水比条件下 COD_{Mn} 去除率总体上随进水 COD_{Mn} 浓度的上升而上升。水源水中的 SS 在生化池内的去除过程较为复杂且影响工艺运行的稳定性,需对生化池内积累的 SS 定期进行人为冲排。

参考文献

- 李家就,钱望新. 富营养化湖泊水源生物预处理研究. 中国给水排水, 1992, 8(6): 4~7
- 许建华,万英,汤利华,等. 微污染原水的生物接触氧化处理技术研究. 同济大学学报, 1995, 23(4): 376~381
- 国家环保局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法(第三版),北京:中国环境科学出版社, 1989

作者通讯处: 200092 上海市四平路 1239 号同济大学
城市污染控制国家工程研究中心

收稿日期: 1998-10-2