

曝气生物滤池对微污染水处理效果的试验研究

马晓辉¹, 赵玉华², 李 谨¹

(1. 沈阳市自来水公司, 辽宁 沈阳 110005; 2. 沈阳建筑大学, 辽宁 沈阳 110030)

摘 要: 对曝气生物滤池对微污染水处理效果的进行试验研究。研究结果表明,在进水水力负荷为 3.5、8 m³/m²·h 及气水比 0.7 1~2 1 的工艺条件下,CODMn 和 NH₃-N、浊度的去除效果均较好。

关 键 词: 曝气生物滤池; 水力负荷; 气水比

中图分类号: X 703 文献标识码: A 文章编号: 1004-0935(2006)09-0714-04

曝气生物滤池(biological aerated filter,BAF),是 20 世纪 80 年代末 90 年代初在普通生物滤池的基础上,并借鉴给水滤池工艺而开发的水处理新工艺。具有容积负荷高,水力负荷大,水力停留时间短,所需基建投资少,能耗及运行成本低,出水水质高等优点。本文通过研究升流式曝气生物滤池对 CODMn 和 NH₃-N 的去除效果,为曝气生物滤池工艺在国内废水处理工程中的推广应用提供参考依据。

1 试验部分

1.1 试验装置和方法

本试验采用两套平行的有机玻璃滤柱,试验的整个处理系统包括以下 4 部分。

(1) 进水系统;(2) 供气系统;(3) 过滤系统;(4) 反冲洗系统。见图 1。

1.2 试验用水

在本次试验所用的微污染水,采用人工配水,用自来水配以浓度如表 1 的药品。

表 1 模拟微污染水所含成分

药品	葡萄糖	尿素	磷酸二氢钾	氯化氨
含量/(mg L ⁻¹)	12.5	5.83	微量	微量

1.3 测试项目及分析方法

本试验检测项目以及测试方法均按照“水与

废水监测分析方法第三版”(国家环保局 1989 年),具体如表 2。

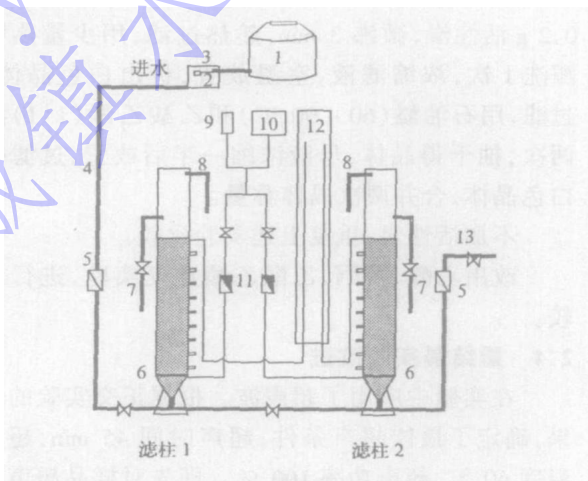


图 1 试验装置

1—配水箱;2—平衡水箱;3—浮球阀;4—进水管;5—流量计;6—穿孔曝气管;7—出水管;8—溢流管;9—曝气用空压机;10—反冲用空压机;11—气体流量计;12—测压板;13—反冲洗进水管。

2 试验结果和讨论

2.1 启动与挂膜

从 11 月 22 日起对滤池进行挂膜。由于室内气温较高,采用曝气通水自然挂膜。挂膜期间滤



速为 3.0 m/h,曝气采用的气水比为 1:1。启动挂膜期间陶粒滤池的处理效果见图 2。

表 2 测试项目和分析方法

测试项目	分析方法	测试仪器
浊度	分光光度法	UV-9100 型分光光度计
氨氮	纳氏试剂分光光度法	UV-9100 型分光光度计
溶解氧(DO)	碘量法	
pH 值	pH 试纸	
水温	温度计	
CODMn	酸性 KMnO_4 法	
微生物	光学显微镜	

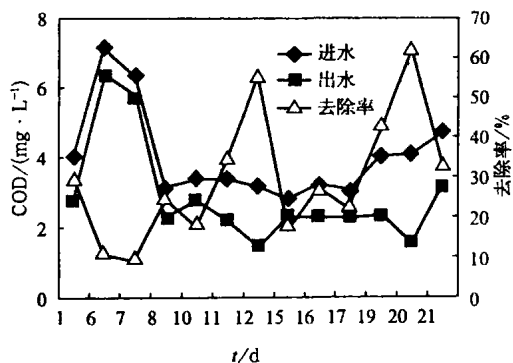


图 2 启动挂膜期间 COD 去除效果

在挂膜期间对进出水有机物浓度(以 COD_{Mn} 为指标)进行监测,当 COD_{Mn} 去除率达到 25 %,出水 COD_{Mn} 达到 3 mg/L 以下时,认为挂膜成功,共用 21 天时间完成挂膜操作, COD_{Mn} 的去除率为 9.38 %~63.41 %,出水 COD_{Mn} 在 1.4~6.4 mg/L 之间,基本在 3 mg/L 下。挂膜期间, COD_{Mn} 的去除率随着试验的进行,呈上升趋势,最后几天达到 30 %以上。

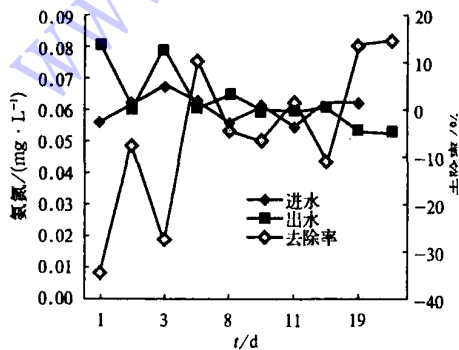


图 3 启动挂膜期间氨氮去除效果

在启动挂膜期间,进水氨氮 0.055~0.068 mg/L,出水氨氮由 0.081 mg/L 下降到 0.053 mg/L,氨氮的去除率由 -34.51 %上升到 14.93 %,呈

现逐渐上升趋势。

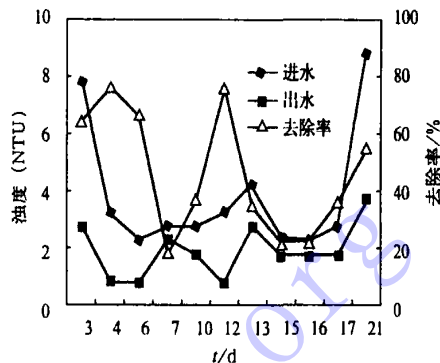


图 4 启动挂膜期间浊度去除效果

启动挂膜期间,进水浊度为 2.3~8.8 NTU,出水浊度为 0.74~3.74 NTU,大部分在 3 NTU 以下,浊度的去除率在挂膜期间出现波动,由 18.23 %到 77.11 %,但出水浊度后期稳定在 1.76 NTU。

在启动挂膜结束后,通过显微镜观察可见,滤料上已经生成生物膜,滤料表面附着土黄色生物膜。

2.2 浊度的去除

浊度的去除主要依赖以下作用:

- (1) 填料上生物膜的生物絮凝作用和对形成浊度的有机物的吸附降解;
- (2) 以细菌为食料的原生动物大量繁殖促进了生物絮凝,而且这些原生动物(如轮虫和纤毛虫等)还可以吞食水中游离细菌和水中的污泥质点,从而降低出水的浊度;
- (3) 老化脱落的生物膜可起到生物絮凝剂的作用,与细小的悬浮颗粒形成大絮体沉降下来;
- (4) 滤料的机械截留作用。

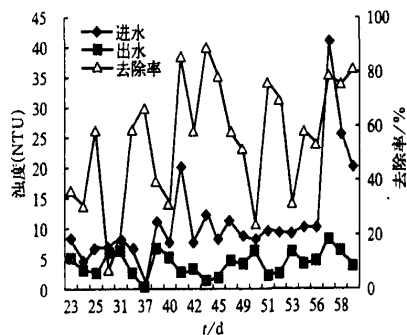


图 5 浊度去除效果



从图 5 可见,试验中,进水浊度在 0.75~41.11 NTU 间,试验期间,在滤速为 3 m/h、5 m/h、8 m/h,气水比为 0.7 1、1 1、2 1 条件下,出水浊度为 0.24~8.31 NTU,浊度去除率达 8 %~90 %,平均去除率为 52.63 %,出水浊度、浊度的去除率并不是稳定在某一数值,这与气水比、滤速有着密切的关系。当滤速为 3 m/h、5 m/h、气水比为 2 1 时,去除率达到一个高峰段,这说明曝气量大可为生物膜上的微生物提供充足的养料,适当的水力负荷可保证生物膜与水的接触时间,完成对引起浊度颗粒的吸附和降解,如滤速过大,水中颗粒由于水力冲刷作用而被带出,引起出水浊度下降。在滤速为 5 m/h,气水比为 0.7 1 时,达到第二个去除率的高峰段。这是因为这一段进水浊度变高,滤料发挥机械截留作用,截留了水中大颗粒,同时水中生物可利用的营养物质增高,加速了生物对水中大颗粒物质的生物絮凝沉降和分解作用。

用显微镜对滤料表面的观测结果可见,陶料表面覆盖着大量的生物膜,而且大部分生物膜以团状、絮状形式存在,这些生物膜属于贫营养微生物膜,具有较大的比表面积,因而对悬浮颗粒有较强的生物吸附作用。此外,在团状絮状生物膜之间,仍存在较多未被生物膜覆盖的滤料表面,显然,这些表面仍可发挥对水中悬浮颗粒的传统吸附截留作用。另外,通过显微镜观察可以看到,生物膜上有原生动物如钟虫、盾纤虫等大量繁殖,原生动物以水中游离细菌及污泥质点为食,也可以帮助降低浊度。老化脱落的生物膜在沉降过程中,会对水中细小的悬浮颗粒进行絮凝,从而形成大絮体继续沉降,使出水浊度降低。

2.3 有机物的去除

对有机物的去除机理主要有以下几个方面^[1]:(1) 微生物对小分子有机物的降解作用。由于微生物自身生长代谢中物质和能量的需要,将部分低分子有机物分解成二氧化碳和水。(2) 微生物胞外酶对大分子有机物的分解作用,将大分子有机物分解成较小分子有机物。(3) 生物吸附絮凝作用。生物膜的比表面积较大,能吸附部分有机物,微生物胞外酶中含有多聚糖等粘性物质,有类似化学絮凝的作用,对水中大分子有机物

具有较强的吸附凝聚能力,使其在反应器中被填料上的生物膜吸附截留,从而对分子量较大的有机物形成较好的去除效果。

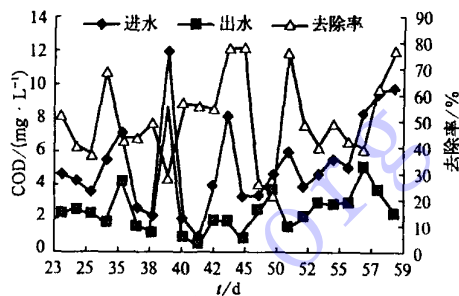


图 6 CODMn 去除效果

试验中,进水 CODMn 为 0.79~11.93 mg/L,试验期间,在滤速为 3 m/h、5 m/h、8 m/h,气水比为 0.7 1、1 1、2 1 条件下,出水 CODMn 为 0.35~8.63 mg/L,由图 6 可以看到,CODMn 的去除效果随着试验的进行,总体呈上升趋势,在后期略有下降,这可能是因为滤速增加,水力冲刷作用增强,将部分有机物带出,引起出水 CODMn 略有增加。CODMn 的去除率大部分在 30 %以上,最高达 78 %,这是水中微生物对有机物进行了生物降解作用,微生物的生长繁殖需要不断从周围环境吸收可以利用的能量和物质,使水中有机物被分解成 CO₂ 和 H₂O,从而使水中有机物被降解,达到去除水中有机物的目的。

在图中还可看到,随着气水比、滤速的改变,去除率也随之发生变化。在滤速为 3 m/h、5 m/h、气水比为 2 1 以及滤速为 5 m/h,气水比为 0.7 1 时,达到去除率的最高峰值。对有机物的去除与浊度有着相似的去除效果。这是因为有机物去除,通过微生物的分解絮凝作用去除了一部分有机物,另一部分则可能随着浊度一起通过絮凝作用除去。

2.4 氨氮的去除

去除水中的氮,实质上就是水中氮的转化过程。氮是自然界广泛存在的基本元素之一,水体中的氮化物通常以有机氮和无机氮两种形态存在。有机氮主要指蛋白质、多肽、氨基酸和尿素等,它们经微生物分解后可转化为无机氮。有机氮来源于城市生活污水和制革、印染等工业废水。

无机氮是指氨氮、亚硝酸盐氮和硝酸盐氮,主要来自施用氮肥的农田排水、化肥厂、炼焦厂等工业废水。在好氧情况下氨氮可被细菌转化成亚硝酸盐氮和硝酸盐氮。

在生物脱氮的过程中,包括氨化、硝化和反硝化3个阶段。在氨化过程中,水中有机氮在微生物作用下转化为氨氮。硝化过程中,首先在亚硝化菌的作用下,氨氮转化为亚硝酸盐氮,然后在硝化菌作用上,亚硝酸盐氮转化为硝酸盐氮。反硝化过程中,硝酸盐氮转化为氮气,释放到空气中,通过这个过程水中的氮被彻底去除。

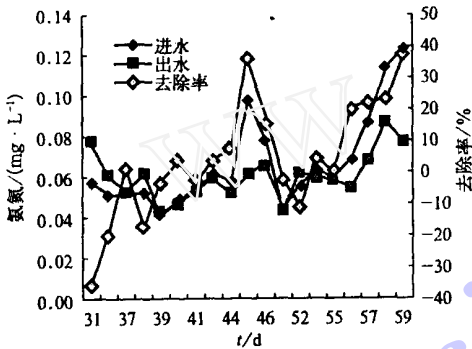


图7 氨氮去除效果

由图7可以看到,氨氮的去除效果整体呈上升趋势,试验中进水氨氮浓度较低,在0.04~0.12 mg/L,大部分在0.06 mg/L左右,试验期间,在滤速为3 m/h、5 m/h、8 m/h,气水比为0.7 1、1 1、2 1条件下,出水氨氮在0.04~0.09 mg/L间波动,氨氮的去除率低,而且还出现负值,在试验前期尤其明显。这说明世代时间较长的硝化细菌,其生长仍处于生长迟缓期,另外,水中有机氮向氨氮转化,使得出水氨氮值高于进水氨氮,氨氮的去除效果差。随着试验的进行,细菌利用水中的氧气、氧料,不断增殖,进入到对数增长期,处理效果逐渐增加。当其进入对数增长后期后,即使改变气水比

等外界条件,对其影响也不是很大。但水力负荷过大对其产生冲刷,使处理效果略微下降,去除率重又变为负值。但随着试验条件的变化,它又恢复其处理效果,最高达到47.68%。

3 试验结论

(1) 试验结果显示,微污染水经曝气生物滤池处理后,对有机物、浊度去除效果好,出水有机物、氨氮、浊度基本可达到二类水源水质标准,有机物去除效果只有一天不达标,进水CODMn为11.93 mg/L,出水CODMn为8.63 mg/L。

(2) 进水浊度为0.75~41.11 NTU,出水浊度为0.24~8.31 NTU,出水浊度大部分在6 NTU以下,浊度去除率为8%~90%,平均去除率为52.63%。浊度的去除依靠滤料上生物膜的生物絮凝和吸附降解作用、老化脱落生物膜的生物絮凝作用以及滤料的机械截留作用。

(3) 进水CODMn为0.79~11.93 mg/L, CODMn的去除率绝大部分在30%以上,最高可达到80%,出水CODMn为0.35~8.63 mg/L,出水CODMn大部分在4 mg/L以下。在有机物的去除过程中,微生物发挥吸附絮凝、降解作用。

(4) 氨氮的去除效果整体呈上升趋势,进水氨氮浓度为0.04~0.12 mg/L,出水氨氮浓度为0.05~0.08 mg/L,去除率低且有负增长,原因可能是,有机氮转化为氨氮,氨化速率高于硝化速率,进水氨氮浓度低,进水、设备等客观原因影响了硝化菌、亚硝化菌的生长繁殖。

参 考 文 献

[1] 王占生,刘文君.微污染源饮用水处理[M].北京:中国建筑工业出版社,1999
[2] 张忠祥,钱 易.废水生物处理新技术[M].北京:清华大学出版社,2004
[3] 刘 辉.全流程生物氧化技术处理微污染原水[M].北京:化学工业出版社,2003
[4] 马 军,邱立平.曝气生物滤池及其研究进展[J].环境工程,2002,20(3)

Experiment Research on Treating Micro Polluted Water with Biological Aerated Filter

MA Xiaohui, ZHAO Yurhua, LI Jin

Abstract : In the paper , biological aerated filter(BAF) was carried out to treat micro - polluted water in dynamic experiment. The research results showed that the removal rate of COD , NH₃ - N and turbidity is good under the hydraulic loading of 1~4 m³/m²·h and with the air - water ratio being 0.7 1~2 1.

Key words : Biological aerated filter (BAF) ; Hydraulic loading; Air - water ratio