

陶粒生物滤池低温处理黄河水研究

张湛军¹ 谢曙光^{2*} 刘妤笑¹ 施东文¹ 王占生³

(1. 郑州市自来水总公司, 郑州 450013; 2. 北京大学环境学院环境科学系, 北京 100871;
3. 清华大学环境科学与工程系, 北京 100084)

摘要 进行了利用陶粒生物滤池工艺低温生物预处理黄河微污染水的研究, 结果表明, 温度的降低对陶粒生物滤池去除 COD_{Mn} 、 UV_{254} 和氨氮的影响不明显, 其平均去除率分别为 11%、22.2% 和 61.2%。水温低于 5℃ 时出水中亚硝酸氮浓度升高。此外, 低水温条件下陶粒上生物膜脱氢酶活性仍然较高。

关键词 陶粒生物滤池 黄河 低温 生物膜活性

中图分类号 X522 文献标识码 A 文章编号 1008-9241(2005)06-0069-03

Application of bio-ceramic filter to Yellow River water treatment

Zhang Zhanjun¹ Xie Shuguang² Liu Yuxiao¹ Shi Dongwen¹ Wang Zhansheng³

(1. Zhengzhou Water Supply Corp., Zhengzhou 450013; 2. Department of Environmental Sciences, College of Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871; 3. Department of Environmental Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084)

Abstract Research on Yellow River water treatment using bio-ceramic filter was conducted. The decline of water temperature show no obvious effect on COD_{Mn} , UV_{254} and ammonia removal and their removal efficiencies were 11%, 22.2% and 61.2% respectively. The effluent nitrite concentration rose below 5℃. Moreover, bio-film activity was still high even at low temperature.

Key words bio-ceramic filter; Yellow River; low temperature; biofilm activity

目前黄河流域的用水量超过黄河的供水能力, 断流趋势明显, 水污染加重, 但国内关于黄河水生物预处理的研究报道尚很少。此外, 黄河流域位于我国北方地区, 冬季水温较低, 因此本文的主要研究目的是利用陶粒生物滤池工艺低温生物预处理黄河中下游微污染黄河水的探索性研究, 为将来可能兴建的以黄河为水源的生物预处理工程提供参考。

1 试验设备与分析方法

1.1 试验设备

试验采用陶粒生物滤池工艺(如图 1 所示), 滤柱为有机玻璃加工而成, 高 3 m, 直径为 0.5 m。陶粒粒径为 2~5 mm, 填料层高度为 2 m。该滤池属于水气逆向流类型, 底部进气, 上部进水。进水流量为 $1 \text{ m}^3/\text{h}$, 气水比为 0.25:1, 反应器出水中的溶解氧浓度维持在 5 mg/L 以上。试验原水为郑州市柿园水厂进厂水(黄河河水经过 2 次沉砂作用)。本研究试验时间是从 2003 年 11 月 10 日至 2004 年 1 月 12 日, 整个研究过程约有 60 d。此外, 在本研究之前陶粒生物滤池已经挂膜成熟并经历了水温逐步下

降(25℃ 至 10℃)的适应过程。

1.2 分析方法

试验过程中测定的主要常规水质项目有 COD_{Mn} 、氨氮、亚硝酸盐氮、DO 等常规分析项目, 其测定方法都采用标准分析方法^[1], 而 UV_{254} 依据文献[2]所述方法测定。

2 试验结果与讨论

2.1 陶粒生物滤池对有机物的去除

图 2 反映了试验期间的水温变化情况, 可以看出, 在此过程中水温逐渐从 10℃ 下降到 4℃。图 3 反映了水温突然下降时陶粒生物滤池对 COD_{Mn} 的去除情况, 可以看出, 虽然进入滤池的水温从 10℃ 下降到 4℃, 但温度对陶粒生物滤池去除 COD_{Mn} 的影

基金项目: 建设部研究开发项目(04-02-166); 中国博士后科学基金资助项目(2003034076)

收稿日期: 2004-03-23; 修订日期: 2004-09-22

作者简介: 张湛军(1959~), 男, 高级工程师, 工学学士, 主要从事饮用水处理技术研究工作。

*通讯联系人, E-mail: xiesg@pku.edu.cn

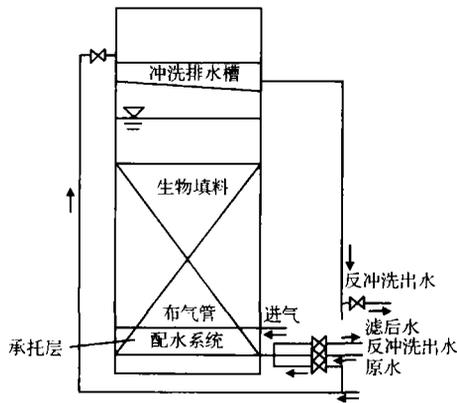


图1 处理黄河水的陶粒生物滤池结构示意图

Fig. 1 Schematic diagram of ceramic biofilter treating Yellow River water

响不明显。于鑫^[3]利用活性炭生物滤池和石英砂双层填料生物滤池处理水源水时也发现,在 2.8 ~ 31.3 的范围内 2 种生物滤池对 COD_{Mn} 的去除作用与温度间都没有相关性,其进一步研究结果表明,水温高于 5 时生物滤池内异养微生物生物量是过量的,因而水温下降(低于 5)造成的微生物活性下降可以由生物量的过量来弥补。陶粒具有以下特点:表面粗糙,具有丰富的微孔结构,颗粒粒径较小,比表面积很大,孔隙率高,化学稳定性高,能为微生物提供理想的生长和繁殖场所,微生物很容易附着生长,挂膜速度很快。由于在本研究之前生物滤池中的异养微生物已经过较长期的较高水温的适应生长,而生物滤池中的填料都为陶粒,因而可以认为水温高于 10 时生物滤池内异养微生物生物量是过量的,一定程度上可以弥补水温的突然下降造成的微生物活性下降。此外,在水温下降过程中附着生物量及陶粒间隙之间的生物絮体能发挥一定的吸附、絮凝作用,达到良好的截留悬浮物的效果,有利于污染物的部分去除,因而陶粒生物滤池在低温条件下仍能有效地去除有机物,温度对生物滤池系统去除原水中的 COD_{Mn} 的影响作用也就不明显。

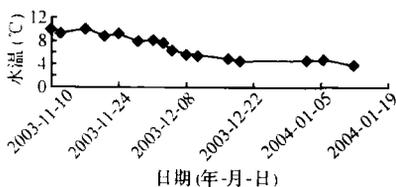
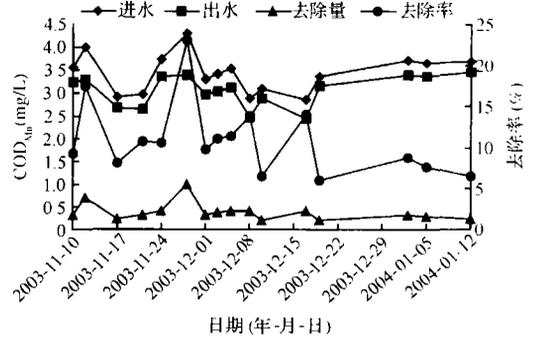


图2 试验期间的水温变化

Fig. 2 Water temperature change during research

图3 陶粒生物滤池对 COD_{Mn} 的去除Fig. 3 COD_{Mn} removal by ceramic biofilter

在这期间,原水水质较好, COD_{Mn} 在 2.9 ~ 4.0 mg/L 之间波动,而陶粒生物滤池对 COD_{Mn} 的去除为 0.2 ~ 1.0 mg/L (平均值为 0.4 mg/L),通过计算可得 COD_{Mn} 的去除率为 6.0% ~ 23.1% (平均值为 10.3%)。

图4反映了水温下降时陶粒生物滤池对 UV_{254} 的去除情况,可以看出,温度对陶粒生物滤池去除原水中 UV_{254} 的影响作用也不明显。方振东^[4]认为,在波长 254 nm 下存在吸光度的物质主要为大分子的芳香族化合物,其分子结构复杂,生物降解性很差,因而微生物主要是通过吸附作用去除它们,而生物氧化作用不高。在水温下降时,生物量的过量作用可以弥补微生物活性的下降,也就可以保持原有的生物氧化作用。吸附作用主要与附着生物量及陶粒间隙之间的生物絮体量有关,而低温条件下反而有利于微生物生物量增加^[5],因而水温的下降并没有给陶粒生物滤池对 UV_{254} 所表示大分子有机物的去除作用带来不利影响。在这期间, UV_{254} 在 0.078 ~ 0.135 之间波动,而陶粒生物滤池对 UV_{254} 的去除为 0.014 ~ 0.037 (平均值为 0.024),通过计算可得 UV_{254} 的去除率为 13.8% ~ 34.7% (平均值为 22.2%)。

2.2 陶粒生物滤池对氨氮和亚硝酸氮的去除

图5反映了陶粒生物滤池对氨氮的去除情况,可以看出,整个试验期间虽然水温较低(10 下降至 4.0),但陶粒生物滤池对氨氮的去除效果仍然较高,去除率为 37.5% ~ 79.5% (平均去除率为 61.2%),而且水温的下降对氨氮去除效果的影响作用也不明显。

图6反映了陶粒生物滤池对亚硝酸氮的去除情况,结合图3可以看出,试验后期(约从2004年1月

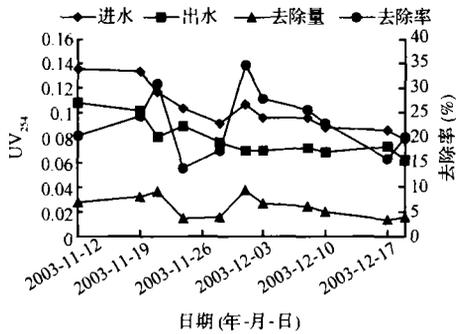


图 4 陶粒生物滤池对 UV₂₅₄ 的去除

Fig. 4 UV₂₅₄ removal by ceramic biofilter

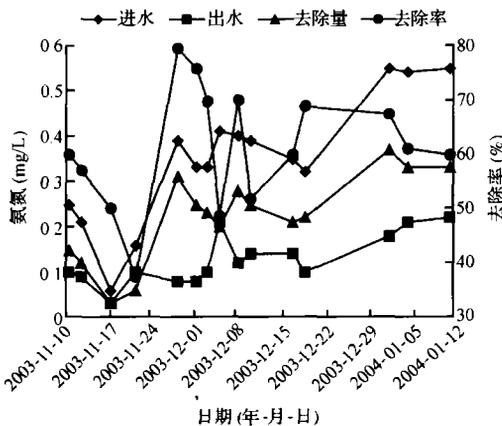


图 5 陶粒生物滤池对氨氮的去除

Fig. 5 Ammonia removal by ceramic biofilter

2日至 2004年 1月 12日),水温低于 5 时出水中亚硝酸氮浓度升高,即出现了亚硝酸氮的累积。

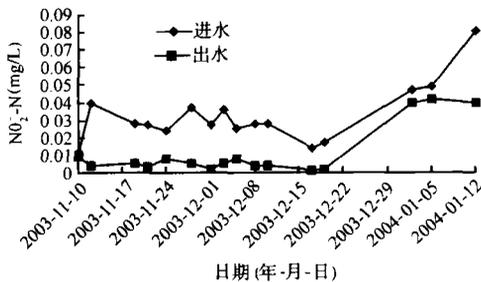


图 6 陶粒生物滤池对亚硝酸氮的去除

Fig. 6 Nitrite removal by ceramic biofilter

2.3 低温下陶粒生物滤池脱氢酶活性

生物处理中有机物的降解,是在酶参与下实现的。其中脱氢酶(DHA)占有重要的位置。本试验采用TTC还原法测定生物膜的脱氢酶(DHA)活性。称取一定重量(25 g,湿重)的生物陶粒放入含有50 mL无菌水的三角瓶中,加盖无菌胶塞,扎紧后置于

振荡器上60 min(振幅20 mm,振荡频率240次/min),所得生物膜混合液则作为测脱氢酶的试验样品。然后按文献所述的方法制作标准曲线和测定脱氢酶活性^[6],最终结果以填料干重计($\mu\text{g TF/g 填料} \cdot \text{h}$)。5 时距填料层底部10、40、90、130和150 cm处的脱氢酶活性分别为5、9、17.5、19.5和26 $\mu\text{g TF/g 填料} \cdot \text{h}$ 。

虽然本研究中陶粒生物滤池在低水温条件下运行且原水有机基质浓度较低,但陶粒上生物膜脱氢酶活性仍然较高,这也在一定程度上解释了陶粒生物滤池在低温条件下仍对以 COD_{Mn} 表征的有机物具有较好去除效果的原因。此外,陶粒上生物膜脱氢酶活性沿水流方向逐渐降低,这是由于有机基质浓度逐渐降低的缘故。

3 结论

本文进行了利用陶粒生物滤池工艺低温生物预处理黄河中下游微污染黄河水的探索性研究,结果表明,温度的降低对陶粒生物滤池去除 COD_{Mn} 的影响不明显,虽然原水水质较好,但陶粒生物滤池对 COD_{Mn} 的平均去除率仍有11%。温度对陶粒生物滤池去除原水中 UV_{254} 的影响作用也不明显,而且陶粒生物滤池对 UV_{254} 的平均去除率高达22.2%。水温的下降对氨氮去除效果的影响作用也不明显平均去除率高达61.2%。水温低于5 时出水中亚硝酸氮浓度升高,即出现了亚硝酸氮的累积。即使在低水温条件下运行且原水有机基质浓度较低,陶粒上生物膜脱氢酶活性仍然较高。

参考文献

- [1] 国家环保局. 水和废水的标准分析方法(第三版). 北京:中国环境科学出版社, 1989
- [2] 王占生,刘文君. 微污染源饮用水处理. 北京:中国建筑工业出版社, 1999
- [3] 于鑫. 饮用水生物活性滤池工艺与磷的限制作用及其应用[博士学位论文]. 清华大学, 2002
- [4] 方振东. 饮用水生物处理工艺中的生物陶粒技术的应用研究[博士学位论文]. 清华大学, 1995
- [5] Hu H. Y., Kiochi F., Kohei U. Effect of temperature on the reaction rate of bacteria inhabiting the aerobic microbial film for wastewater treatment Journal of Fermentation and Bioengineering, 1994, 78(1): 100 ~ 104
- [6] 朱南文, 闵航, 陈美慈, 等. TTC脱氢酶测定方法的探讨. 中国沼气, 1996, 14(2): 3 ~ 5