

低温条件下陶粒滤池生物膜特性研究*

周浩晖 桑军强 王占生

(清华大学环境科学与工程系,北京 100084)

摘要 针对官厅水库下游三家店水库水源进行生物陶粒滤池预处理的现场试验,研究低温条件下生物陶粒滤池的微生物学特性。试验结果表明,随温度降低生物陶粒滤池去除污染物的效果下降主要是由于陶粒表面微生物活性随温度的降低而下降造成的。陶粒表面的微生物量也随温度的降低而减少,但是受影响的程度比微生物活性小得多。陶粒表面的微生物活性与生物量沿水流方向呈明显的下降趋势。

关键词 生物陶粒滤池 生物预处理 微污染水源水 微生物活性

1 引言

在给水处理中引入的生物预处理,已经成为微污染水源水处理的一个技术发展方向和有效手段^[1]。生物陶粒滤池工艺是微污染水源水生物预处理的主要工艺形式之一^[2]。虽然国内对生物陶粒预处理技术进行了许多研究^[3~6],但是多着重于在常温下的应用研究,对于低温条件下,特别是对于 2℃ 以下的低温条件下,生物陶粒滤池的相关研究十分缺乏。由于生物陶粒滤池主要依赖生物的作用对水源水中的有机物进行去除,低温下微生物的代谢减弱,活性降

低,因此低温下生物陶粒滤池对于水中污染物的去除效果如何,成为生物陶粒滤池技术在我国北方推广应用所面临的重要问题。本试验利用生物陶粒滤池工艺对官厅水库来水进行生物预处理试验,对低水温条件下生物陶粒滤池的微生物学特性进行了研究,了解了生物陶粒滤池工艺的低温条件下去除污染物的微生物学特性,从而为低温条件下生物陶粒滤池预处理工艺的可行性和有效性提供了相关试验依据。

2 试验装置与方法

2.1 试验装置及试验用水源水质

试验装置以生物陶粒滤池为主体,滤池用有机玻璃加工而成,柱体直径为 200 mm,总高度 4 m,柱体内陶粒填充高度为 2 m,陶粒粒径为 2~5 mm。

* 科技部、水利部重大科技项目,北京市“二四八”重大科技攻关项目“官厅水库流域水质改善总体技术方案研究”的子课题(专题编号:9550610400-05-03)。

(2)不同来源的活性污泥菌种及驯化前后均表现出不同的生化代谢活性。取自垃圾填埋场的活性污泥菌种其生化活性是城市污水处理厂污泥菌种的 2.7 倍,经过驯化后污泥菌种的呼吸速率常数 k' 较驯化前可提高 46.0%。

(3)动态运行结果表明,当厌氧/好氧流化床模型系统进水 COD_{Cr} 为 3 018.9 mg/L, NH_4^+-N 浓度为 452.4 mg/L 时,出水质量可达到 GB16889-1997 排放标准。 COD_{Cr} 及 NH_4^+-N 去除率分别为 78.9% 和 75.8%。

参考文献

- 1 史家樑,徐亚同,张圣章.环境微生物学[M].上海:华东师范大学出版社,1993.359~369.
- 2 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.北京:中国环境科学出版社,1989.252~256;354~356.

- 3 M. Sperandio, Paul Etienne. Estimation of wastewater biodegradable COD fractions by combining respirometric experiments in various S_0/X_0 ratios [J]. Water Research, 2000, 34(4): 1 233~1 246.
- 4 [美]拉里·D·贝尼菲尔德,克里福德·D·兰德尔.废水生物处理过程设计.北京:中国建筑工业出版社,1984:1~6.
- 5 李平,韦朝海,吴超飞等.厌氧/好氧生物流化床耦合处理垃圾渗滤液的新工艺研究.高校化学工程学报,2002,16(3):345~350.
- 6 韦朝海,焦向东,陈焕钦.生物好氧流化床废水处理技术研究进展.环境科学与技术,1998,(4):5~9.
- 7 韦朝海,谢波,吴超飞.高浓度印染废水处理工程工艺条件与实例分析.重庆环境科学,1998,20(5):14~17.

作者通讯处 李平 510640 广州五山华南理工大学环境科学研究所
电话 (020)87112073
E-mail pli@scut.edu.cn

2002-03-18 收稿

试验过程中生物陶粒滤池工艺采用上向流方式,水源水从底部进入,从上部排出,同时底部提供曝气。滤速为 4~6 m/h,水温高于 5℃时,滤速为 6 m/h,水温低于 5℃时,滤速为 4 m/h。气水比为 1:1。

试验用水为三家店水库水,该水源从官厅水库流出,经永定河山峡段流经蜂窝水库到达三家店水库。试验期间三家店水库的水质概况见表 1。

表 1 试验期间水源水质

项目	数值
COD _{Mn} /mg·L ⁻¹	4.4~5.6
BOD ₅ /mg·L ⁻¹	1.5~2.5
氨氮/mg·L ⁻¹	0.5~1.4
浊度(NTU)	2~10
水温/℃	0~10
pH 值	7.3~8.5
DO/mg·L ⁻¹	>6.0

2.2 分析方法

2.2.1 水质分析项目

试验过程测定的主要水质项目为 COD_{Mn}、氨氮、浊度以及温度、DO、pH 值等辅助项目,均按国家标准分析方法进行测定。

2.2.2 微生物学分析

研究生物膜中微生物的活性与生物量有多种方法^[7,8]。由于本试验在水库现场进行,从简单易行而又保证准确的角度出发,本试验中采用了耗氧速率(OUR:Oxygen Uptake Rate)^[9]来测定微生物的活性,利用磷脂(Lipid-P:Lipid-bound Phosphates)含量^[10]来表示微生物量。

3 试验结果与分析

3.1 陶粒滤池运行情况

试验装置自 2001 年 8 月上旬启动运行开始挂膜,由于水温较高(20~25℃),采用了自然挂膜的方式。挂膜成功后一直稳定运行,常温下 COD_{Mn} 的去除率为 12%~22%,氨氮的去除率为 90%~99%,为冬季进行低温试验创造了良好的条件。11 月开始水温下降到 10℃以下,进行低温运行试验。

当水温在 10~5℃时,COD_{Mn} 的去除率在 11%~23%之间,水温低于 5℃时,COD_{Mn} 的去除率在 12%~5%之间。低温下温度下降对 COD_{Mn} 的去除效果的影响明显,接近 0℃的低水温条件下,去除率在 6%左右,水温接近 10℃时,COD_{Mn} 的去除率上升为 18%

左右,已经同常温下的去除效果相差不大。

低温条件下,氨氮的去除率同样随水温的下降而下降。水温 5~10℃时,生物陶粒滤池对氨氮的去除率为 80%~90%,水温低于 5℃时,氨氮的去除率下降到 80%以下,在 65%~80%之间。在水温最低的 12 月和 1 月份,氨氮的去除率在 65%~75%之间,平均为 71%。在接近 0℃的低水温下,氨氮去除率仍然维持在 65%以上。

3.2 生物陶粒滤池微生物活性与生物量分析

生物陶粒滤池主要是利用生长在陶粒表面的微生物对水中的污染物进行吸附和氧化分解。因此,陶粒表面的微生物活性的强弱与数量的多少,决定了生物陶粒滤池对进水中的污染物的净化效率。微生物的活性同温度密切相关,在低温下微生物的代谢减弱,活性降低,部分微生物衰老死亡,致使陶粒表面的微生物数量减少。因此通过考察陶粒表面微生物的活性与数量可以从根本上了解生物陶粒滤池在低温下去除污染物的特性。

陶粒滤池内微生物活性与生物量的测定结果见表 2。陶粒取自进水端上部 40 cm 处。

表 2 不同温度下陶粒滤池内微生物活性与生物量

水温 /℃	OUR _T / μg·(g·h) ⁻¹	OUR _H / μg·(g·h) ⁻¹	OUR _N / μg·(g·h) ⁻¹	磷脂含量/ nmol·g ⁻¹
0.5	7.1	1.4	5.7	61.6
5	18.6	5.3	13.3	76.8
10	28.3	9.6	18.7	91.5

注:OUR_T(陶粒表面微生物的总的活性)—OUR_H(陶粒表面异养微生物的活性)=OUR_N(硝化菌与亚硝化菌的活性)。

由表 2 可以看到,陶粒表面的微生物量和活性随着温度的降低而降低,但是微生物活性受温度的影响更大。水温 0.5℃时的 OUR_T 为 5℃时的 38.2%,而水温 0.5℃的磷脂含量为 5℃时的 80.2%。水温 5℃的 OUR_T 为 10℃时的 65.7%,5℃时的磷脂含量为 10℃时的 83.9%。由此可以推断,生物陶粒滤池随温度的降低去除效果下降主要是由于低温条件下微生物活性降低造成的。

水温从 10℃下降到 0.5℃,陶粒表面微生物的数量变化不大,使生物膜总量保持了相对的稳定。虽然在接近 0℃的低水温下微生物代谢活动降低,多数微生物处于休眠或半休眠状态,致使陶粒表面微生物的总体活性大大下降。但是仍然有相当数量的微生物能够适应低温环境,加之生物陶粒滤池中的微生物处

于贫营养的环境中,相对于水中的有机物而言,生物陶粒滤池仍然可以提供相对充足的微生物量,抵消了一部分由于水温降低使微生物活性下降而带来的负面影响,从而保证了生物陶粒滤池在0.5℃左右的水温下对水中有机物和氨氮仍然保持一定的去除效率。

从表2中可以看到,温度越低,微生物活性受到的影响越大。0.5℃时异养菌的活性是5℃时的26.4%,硝化菌0.5℃时的活性是5℃时的42.9%;5℃时异养菌的活性是10℃时的55.2%,硝化菌的活性是10℃时的71.1%。异养微生物的活性受水温的影响更大,水温0.5℃时的活性仅为10℃时的14.6%,而硝化菌在0.5℃时的活性为10℃时的30.5%。由此可以解释在接近0℃的低温条件下,生物陶粒滤池对氨氮的去除仍然可以保持65%的去除,而 COD_{Mn} 的去除率下降到仅为6%左右。

不同水温下生物陶粒滤池沿程陶粒表面微生物的 OUR_r 和磷脂含量变化趋势见图1、图2。

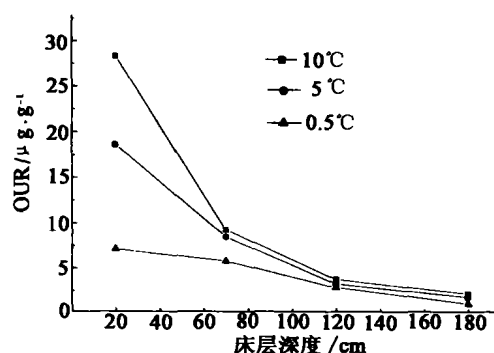


图1 不同水温下生物陶粒滤池沿程 OUR_r

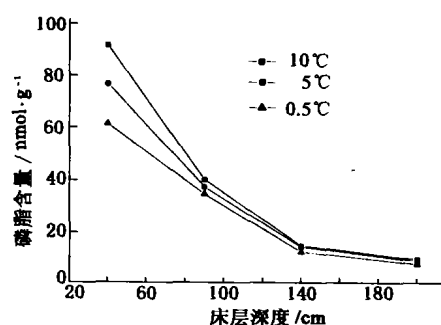


图2 不同水温下生物陶粒滤池沿程磷脂含量

由图中可以看到,从陶粒滤池底部进水端到上部出水端,微生物活性与生物量均呈下降趋势,滤池底部的生物量与微生物活性远远高于顶部。温度的降低使陶粒滤池中微生物活性减弱、生物量降低,受温

度影响最大的部分是生物活性最高,微生物最集中的底部进水端。

4 结论

(1)生物陶粒滤池随温度的降低去除效果下降主要是由于低温条件下微生物活性降低造成的,温度越低,微生物活性受影响越大,0.5℃时滤池底部40 cm处微生物的 OUR_r 为10℃时的25.1%。生物量受温度影响的程度则小得多,0.5℃时的生物量为10℃时的67.3%。

(2)生物陶粒滤池在低温条件下仍然能对水中的污染物特别是氨氮保持较好的处理效果,这主要是由于生物陶粒滤池在低温条件下仍能保持较多的生物量和一部分能够适应低温条件的微生物决定的。

(3)生物陶粒滤池内微生物的数量与活性呈现梯度分布,从底部进水端到顶部出水端微生物量与微生物活性呈明显的下降趋势,滤池底部进水端的生物量与微生物活性远远高于顶部出水端。

参考文献

- 1 邓志光.生物处理在给水处理中的应用.中国给水排水,1991.7(5):41~44.
- 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 薛记中.生物陶粒滤池预处理溢阳河微污染源水.中国给水排水,1999.15(11):66~68.
- 4 黄晓东,曹天宏,谭为民,等.生物陶粒处理深圳水库水的试验研究.环境科学,1998.19(11):60~62.
- 5 吴为中,王占生.水库水源生物陶粒滤池预处理中试研究.环境科学研究,1999.12(1):10~14.
- 6 李永秋,王占生.生物陶粒反应器水源水处理工艺研究.青岛建筑工程学院学报,1994.15(4):24~29.
- 7 V. Lazarova and J. Manen. Biofilm characterization and activity analysis in water and wastewater treatment. Water Res. 1995.29(10):2227~2245.
- 8 A. Cristina Fonseca, R. Scott Summers and Mark T. Hernandez. Comparative measurement of microbial activity in drinking water biofilters. Water Res. 2001.35(16):3817~3824.
- 9 Joanna Surmacz-Gorska, Krist Gernaey, Carl Demuyne, et. al. Nitrification monitoring in activated sludge by oxygen uptake rate (OUR) measurements. Water Res. 1996.30(5):1228~1236.
- 10 Robert H. Findlay, Gary M. King and Les Walling. Efficacy of phospholipid analysis in determining microbial biomass in sediments. Appl. Environ. Microbio. 1989.55(11):2888~2893.

作者通讯处 周浩晖 100084 北京清华大学环境科学与工程系
电话 (010)62782196