

生物陶粒滤池预处理官厅水库水的试验研究

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水进行生物陶粒滤池预处理的现场试验研究。试验结果表明:在气水比为 1:1, 滤速 6m/h, 水温高于 5℃ 的运行条件下, 生物陶粒滤池工艺对水中高锰酸盐指数的去除率为 10%~18%, 氨氮的去除率为 80%~98%, 出水浊度降低到 2NTU 以下; 气水比为 1:1, 滤速 4m/h, 水温 0℃~4℃ 的情况下, 高锰酸盐指数的去除率为 5%~12%, 氨氮的去除率为 65%~80%, 出水浊度降低到 3NTU 以下。

关键词: 生物陶粒滤池; 生物预处理; 微污染水源水

中图分类号: X524 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-6504(2003)04-0031-03

官厅水库修建于 20 世纪 50 年代, 总库容 41.6 亿 m³, 径流量 8.8 亿 m³/a, 曾经是北京的重要水源地之一。自 20 世纪 80 年代后期以来, 水库上游的用水量和工农业废水以及生活污水的排放量逐年增大, 官厅水库污染日趋严重。目前官厅水库的水质不但恶化到无法作为生活饮用水水源的程度, 而且也影响到工业供水, 官厅水库已经失去了它原有的功能。面对北京市水资源短缺的严峻形势, 恢复官厅水库作为北京市城市饮用水源的功能已经迫在眉睫。

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]。生物陶粒滤池以陶粒作为滤料, 陶粒的表面粗糙, 具有一定的内部孔隙, 比表面积大, 适合于微生物的附着、固定和生长, 而且陶粒的密度适中, 强度高, 耐摩擦, 无毒性, 价格适中, 是非常理想的生物载体。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, 研究生物陶粒滤池工艺对官厅水库来水的处理效果。

1 试验装置与方法

1.1 生物陶粒滤池试验装置

该试验装置以生物陶粒滤池为主体, 滤池以有机玻璃加工而成, 柱体直径为 200mm, 总高度 4m, 柱体内陶粒填充高度为 2m, 陶粒粒径为 2~5mm。见图 1。

试验过程中采用上向流方式, 水源水从底部进入, 从上部排出, 同时底部提供曝气。滤速为 4~6m/h,

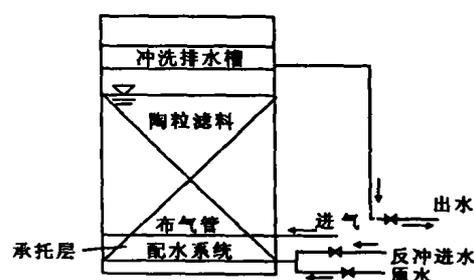


图 1 生物陶粒滤池试验装置

水温高于 5℃ 时滤速为 6m/h, 水温低于 5℃ 时滤速为 4m/h。气水比为 1:1。

1.2 试验用水源水质

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 试验期间水源水质指标情况

项目	数值
高锰酸盐指数(mg/L)	3.8~5.8
BOD ₅ (mg/L)	1.0~2.5
氨氮(mg/L)	0.1~1.5
浊度(NTU)	2~10
水温(℃)	0~20
pH 值	7.3~8.5
DO(mg/L)	>6.0

1.3 水质分析项目与测定方法

试验过程测定的主要水质项目为高锰酸盐指数、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:

高锰酸盐指数: 采用酸式高锰酸钾法(GB 11892-89);

氨氮: 采用纳氏试剂光度法(GB 7479-87);

浊度: 浊度计;

温度: 普通温度计;

DO: 碘量法(GB 7489-89);

基金项目: 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(9550610400-05-03)

作者简介: 桑军强(1974-), 男, 清华大学博士研究生, 主要从事水污染防治技术研究。

pH: PHS-2型酸度计;

2 试验结果分析与讨论

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,首先要对生物陶粒滤池进行挂膜,使生物陶粒滤池内积累足够量的微生物,才能够对进水中的污染物有效地进行氧化分解。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,采用了自然挂膜的方式。1个月后高锰酸盐指数的去除率达到10%以上,认为挂膜成功,进行稳定运行试验,考察生物陶粒滤池工艺对水源水的处理效果。

考虑到低温下微生物的活性降低,根据水温的变化,将试验过程分为两个阶段:第一阶段为水温较高的时期,水温在5℃以上;第二阶段为冬季低温运行试验,此阶段水温低于4℃,相当长的时间内为0~2℃。

2.1 生物陶粒滤池对高锰酸盐指数的去除效果

实验数据的测定从2001年9月下旬开始,到2002年3月中旬止,见图2,图2中数据以时间顺序排列。

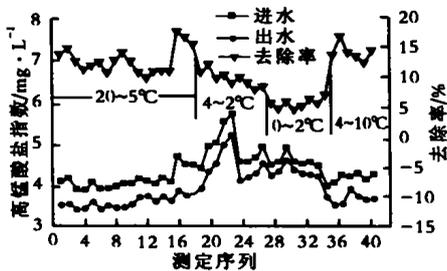


图2 生物陶粒滤池对高锰酸盐指数的去除效果

由图2可知,试验过程明显的分为前文所提的两个阶段:第一阶段为水温较高的夏、秋季,高锰酸盐指数的去除率在10%~18%之间;第二阶段为冬季低温运行时期,高锰酸盐指数的去除率小于12%,水温0~2℃时去除率在5%~7%之间,3月份水温升高后高锰酸盐指数的去除率回升到12%~18%的水平。由于生物陶粒滤池依靠异养微生物的作用对水源中的有机物进行去除,低温下异养微生物的活性降低,从而影响到了生物陶粒滤池对有机物的去除效果。

自生物陶粒滤池试验装置挂膜完成,到11月中旬期间原水水质相对较好,高锰酸盐指数为3.8~4.3 mg/L;水温变化较大,从9月下旬的20℃下降到了11月中旬的7℃。生物陶粒滤池对高锰酸盐指数的去除率在10%~15%之间,难以达到预测中的15%以上,由于官厅水库来水到达三家店水库途中,水中有机物经过水体的自净作用,可以生物降解的有机物大部分

已经被降解消耗掉,使三家店水库水中有机物的可生化性降低。三家店水库原水的高锰酸盐指数基本稳定在4.0mg/L左右,处于较低的水平,正说明了这一点。11月下旬原水水质迅速恶化,水温5~7℃,此间高锰酸盐指数的去除率超过15%,也说明了这一点。另一方面,此阶段水温变化较大,但是生物陶粒滤池对有机物的去除率却没有明显的不同,分析认为,虽然水温降低使微生物的活性下降,但是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足够的微生物量,从而在一定的温度范围内,可以抵消由于水温降低使微生物活性降低而带来的负面影响。

从2001年12月初到2002年2月底,高锰酸盐指数为4.4~5.8mg/L;水温变化不大,水温处于0~4℃,属于低温环境,此为试验的第二阶段。在此期间高锰酸盐指数的去除率降低,在水温0~2℃的情况下去除率最低仅有5%。由此可见,生物陶粒滤池在接近0℃的极低水温下对有机物的去除效果同夏秋较高水温下的去除效果相差较大。

2.2 生物陶粒滤池对氨氮的去除效果

由于试验前期原水中氨氮的浓度很低,测定表明,其氨氮含量基本处于0.05~0.2mg/L的范围,远远低于《国家地表水环境质量标准》中规定的一类水源水质的氨氮含量标准(0.5mg/L),此时测定生物陶粒滤池对氨氮的去除效果无实际意义。因此试验过程中对氨氮的测定从2001年10月下旬起,原水中氨氮浓度在0.4mg/L以上。见图3。

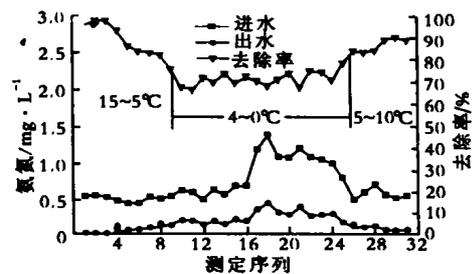


图3 生物陶粒滤池对氨氮的去除效果

从10月下旬到11月底水温从15℃下降到5℃。由图3可知,生物陶粒滤池对氨氮的去除随温度的下降而降低,趋势明显。在水温15℃时去除率达到95%以上,水温5℃时氨氮的去除率下降到82.5%左右。

12月初水温下降到4℃以下时,试验表明,生物陶粒滤池对氨氮的去除率下降到80%以下;水温在0~2℃之间时去除率在65%~75%之间,平均为71%。

(下转第44页)

- [6] 孟建峰,庄志雄,倪祖尧. 单细胞凝胶电泳法测定镍化物对人血淋巴细胞的DNA损伤[J]. 中华劳动卫生职业病杂志,1997,15(6):334~337.
- [7] 余日安,陈学敏. 硒对大鼠肝细胞DNA损伤的研究[J]. 环境与健康杂志,1998,15(5):193~195.
- [8] 裘著革,戴树桂. 典型醛类污染与细胞DNA分子的结合作用[J]. 环境科学,2001,22(1):19~22.
- [9] Conaway C C, Whysner J, Verna L K, et al. Formaldehyde Mechanistic Data and Risk Assessment, Endogenous Protection from DNA Adduct Formation[J]. Pharmacol Ther, 1996, 71(1,2):29~55.
- [10] Fairbairn D W, Reyes W A, O'Neill K L. The comet assay: a comprehensive review[J]. Mutat Res, 1995, (339):37~59.
- [11] 张遵真,衡正昌. 一种更新的检测DNA交联的尝试[J]. 卫生毒理学杂志,2001,15(3):182~184.
- [12] Vijavalaxmi, Tice R R, Strauss G H S. Assessment of radiation-induced DNA damage in human blood lymphocytes using the single-cell gel electrophoresis technique [J]. Mutation Res, 1992, (271):243~252.
- [13] 罗瑛,孙志贤. 辐射后单个细胞DNA结构变化的定量检测[J]. 生物化学与生物物理进展, 1994, (21):451~453.
- [14] 衡正昌,张遵真. 二氯氨基酚对V79细胞DNA损伤效应的研究[J]. 卫生毒理学杂志, 1999, 11(2):87~90.
- [15] 王涛,衡正昌. 彗星实验检测环境致癌物的敏感性评价[J]. 卫生毒理学杂志, 2001, 15(1):58~60.
- [16] Eckhard B, Rolf-Dieter R, et al. The distribution of the tail moments in single cell gel electrophoresis (comet assay) obeys a chi-square not a gaussian distribution[J]. Mutation Res, 1998, (398):101~110.
- [17] Vaca C E, Fang J L, Schweda E K H. Studies of the reaction of Aa with deoxynucleosides[J]. Chemical-Biological Interactions, 1999, (98):51~67.

(收修改稿日期:2002-06-28)

(上接第32页)

即使在接近0℃的极低水温下,氨氮的去除率仍然维持在65%以上,在整个试验期间进行的多次测定中出水氨氮均低于0.5mg/L,这说明生物陶粒滤池对于微污染原水中氨氮的去除是有很有效的。

2.3 生物陶粒滤池对浊度的去除效果

浊度数据的测定从2001年9月下旬开始,到2002年3月中旬止,见图4,图4中数据以时间顺序排列。

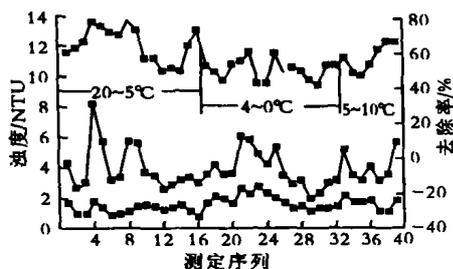


图4 生物陶粒滤池对浊度的去除效果图

生物陶粒滤池对于浊度的降低源于两个方面的因素。一方面生物陶粒滤池是一种以陶粒为固定填料的生物滤池,所采用的滤料的粒径为2~5mm,滤料层成压实状态,对进水中粒径较大的悬浮物具有机械截留作用;另一方面微生物生长在陶粒的表面,这些微生物通过自身的生物絮凝作用,可以吸附截留一部分胶体物质,同时可以降低水中胶体的Zeta电位^[3],有利于水中胶体颗粒的凝聚截留。

由图4可知,生物陶粒滤池对浊度的去除效果良好。在试验期间,生物陶粒滤池出水浊度受进水浊度的影响不大。温度对生物陶粒滤池去除浊度的效果有

一定影响,进水浊度在2~10NTU内变化时,第一试验阶段出水浊度小于2NTU,去除率50%~75%;低温试验阶段出水浊度小于3NTU,去除率40%~60%。

3 结论

(1)在气水比为1:1,滤速6m/h,水温高于5℃的情况下,生物陶粒滤池对于官厅水库下游三家店水库水中高锰酸盐指数的去除率为10%~18%;对于氨氮的去除率为80%~98%;出水浊度降低到2NTU以下。

(2)在气水比为1:1,滤速4m/h,水温低于5℃的情况下,生物陶粒滤池对于官厅水库下游三家店水库水中高锰酸盐指数的去除率为5%~12%;对于氨氮的去除率为65%~80%;出水浊度降低到3NTU以下。

(3)生物陶粒滤池对于氨氮有较好的去除效果,即使是在接近0℃的极低水温下仍然具有65%以上的去除率。生物陶粒滤池对于高锰酸盐指数的去除效果在水温高于5℃时受水温影响不大;在接近0℃的极低水温下则受到较为显著的影响,最低去除率为5%。

[参考文献]

- [1] 邓志光. 生物处理在给排水处理中的应用[J]. 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[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 1999.
- [3] 刘文君,贺北平,张锡辉,等. 生物预处理对受有机污染源水中胶体Zeta电位的影响研究[J]. 中国给水排水, 1996, 12(4):27~29.

(收修改稿日期:2003-01-22)