

# 原水生物预处理的轻质滤料滤池和陶粒滤池运行效果对比

桑军强<sup>1</sup>, 张锡辉<sup>1</sup>, 张声<sup>2</sup>, 王占生<sup>2</sup>

(1. 清华大学深圳研究生院环境工程与管理研究中心, 深圳 518055; 2. 清华大学环境科学与工程系, 北京 100084)

**摘要:**以我国北方某水库水作为试验用原水,对比研究了采用 biostyrene 轻质滤料为填料的新型生物滤池和生物陶粒滤池对该原水进行生物预处理时的实际运行情况.结果表明,作为一种生物预处理工艺,轻质滤料滤池处理过程可以明显地改善原水水质.对于该试验原水而言,轻质滤料滤池对  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  的去除在 5%~20% 之间,对  $\text{NH}_4^+-\text{N}$  的去除则达到 80%~95%,出水浊度也得到一定程度地降低,说明该滤池用于饮用水水源生物预处理是可行的.试验结果还表明,在相同的运行条件下,轻质滤料滤池对原水中的污染物,特别是对有机污染物和浊度的去除效率低于陶粒滤池,反冲洗过程对其运行效果的负面影响也比陶粒滤池显著.

**关键词:**生物预处理;biostyrene 轻质滤料;生物陶粒滤池;原水;饮用水;反冲洗

中图分类号:TU991.2;X52 文献标识码:A 文章编号:0250-3301(2004)03-0040-04

## Comparison on the Performance of Biostyr and Bio-ceramic Filter Used for Biological Pretreatment of Raw Water

SANG Jun-qiang<sup>1</sup>, ZHANG Xi-hui<sup>1</sup>, ZHANG Sheng<sup>2</sup>, WANG Zhan-sheng<sup>2</sup>

(1. Research Center for Environmental Engineering & Management, Shenzhen Graduate School, Tsinghua University, Shenzhen 518055, China; 2. Department of Environmental Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

**Abstract:** A new biological filter called biostyr using biostyrene as media to purify raw water was compared with the widely studied bio-ceramic filter. The raw water was taken from a reservoir located in Northern China. It was shown this new biological filter could obviously improve the raw water quality. As far as the raw water investigated in this study was concerned, the removal percentage of  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ ,  $\text{NH}_4^+-\text{N}$  in the filter was 5%~20%, 80%~95%, respectively, and turbidity of the raw water decreased correspondingly, which indicated the feasibility that this filter could be applied in the field of biological pretreatment of raw water. It was also shown that under the uniform operating conditions, the performance of this new filter on the removal of contaminants, especially organics and turbidity, was slightly inferior to the bio-ceramic filter and would be more remarkably affected adversely by backwashing than bio-ceramic filter.

**Key words:** biological pretreatment; biostyrene; bio-ceramic filter; raw water; drinking water; backwashing

水源水的生物预处理技术是目前饮用水处理中的一个研究热点<sup>[1~4]</sup>.选择适合于微生物附着固定的载体对于饮用水生物预处理工艺能否取得满意的运行效果具有十分重要的意义.以陶粒作为微生物载体的生物陶粒滤池在国内引起了较多的关注,是国内给水水源生物预处理中研究应用最为广泛的工艺形式之一,并已经进行过生产性试验,证明了该工艺的可靠性和实用性<sup>[3,4]</sup>.作为一种新型的生物处理工艺,轻质滤料滤池以一种比重小于 1 被称为 biostyrene(主要成分为聚苯乙烯)的小球作为微生物载体,该工艺在废水处理领域被称为 Biostyr 工艺并且已经被采用<sup>[5]</sup>.该工艺所采用的滤料价格低廉,性能优异;同时由于该工艺采用特殊的反冲洗方式,不需要设单独的反冲洗水设备,减少了占地,降低了投资和运行管理费用.研究表明,采用该种滤料

的生物滤池在较高滤速下对原水中的  $\text{NH}_4^+-\text{N}$  仍然具有良好的去除效果<sup>[6]</sup>.

本试验以我国北方某水库水源作为试验原水,利用轻质滤料滤池和生物陶粒滤池 2 种工艺对其进行生物预处理,对比 2 种工艺对污染物的去除效果,从而为轻质滤料滤池用于饮用水水源生物预处理的可行性和有效性提供试验依据.

### 1 试验装置与方法

#### 1.1 2 套生物预处理反应器试验装置

试验为小试规模,试验装置参见图 1.该试验装

收稿日期:2003-06-15;修订日期:2003-08-28

基金项目:国家高技术研究发展计划(863 计划)资助项目(2002 AA601120).

作者简介:桑军强(1974~),男,博士,主要从事水污染防治技术研究.

置以轻质滤料和生物陶粒滤柱为主体,柱体总高度4 m,柱体内载体填充高度为2 m,2种载体的粒径都是2~5 mm.由于轻质滤料滤池的特殊性,运行时只可以采用上向流方式,所以本试验中2滤池均采用上向流方式,水源水从底部进入,从上部排出,同时底部提供曝气.滤速为6 m/h,气水比为0.5~1:1.

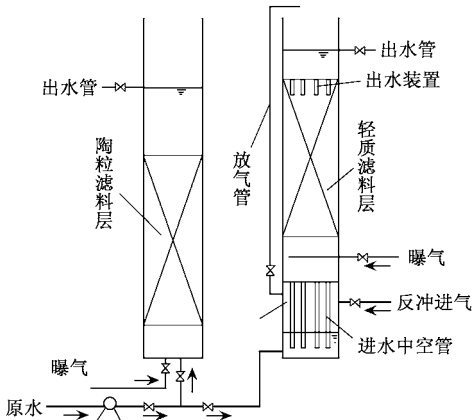


图1 试验装置示意图  
Fig.1 Schematic diagram of the bio-reactors for testing

由于轻质滤料滤池采用的滤料比水轻,该工艺在运行方式上同陶粒滤池有所不同.原水从进水管进入气室,通过进水中空管进入滤层,曝气管安装在滤层下部,空气通过穿孔布气管进行布气.由于滤料较轻,正常运行时滤料成向上压实的状态,在滤池顶部设滤板以防止滤料的流失,出水经过顶部出水装置进入上部清水区后排出.滤池运行一段时间后需要进行反冲洗,根据滤料的具体特点,该工艺采用脉冲冲洗的方法.反冲洗时首先关闭进水阀和曝气管,并打开滤池下部的反冲进气管,把气室中的大部分水压出,形成一定高度的气垫层,然后打开放气阀把气垫层中的空气瞬时排空,这时上部滤层中的水由上而下快速流动进入气室,把被压实的滤料冲散,滤料得到清洗,反冲出水从滤池底部排出.如此反复几次,可以达到有效清洁滤料的目的.

1.2 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:COD<sub>Mn</sub>、UV254、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N、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.

1.3 试验用水源水质

试验用水为我国北方某水库水,试验期间原水的水质概况见表1.

表1 试验期间水源水质概况/ mg·L<sup>-1</sup>

Table 1 Water quality of raw water/ mg·L<sup>-1</sup>

水质项目	数值	水质项目	数值
COD <sub>Mn</sub>	4.0~5.5	水温/℃	15~25
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	0.4~1.5	pH值	7.3~7.8
浊度/NTU	4~10	DO	>4.0

2 试验结果与分析

试验中2种滤池均采用自然挂膜的方式,通水挂膜开始于11月份,由于这时水温低,挂膜过程缓慢,经过4个多月的运行后,水温上升到10℃以上,2滤池对COD<sub>Mn</sub>和NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N的去除达到稳定,表明生物膜已经成熟,之后对2滤池的实际运行状况进行对比研究.以下各图中的试验数据为4到6月份的测定数据,图中数据以时间顺序排列.

2.1 有机物的去除效果

图2为轻质滤料滤池和生物陶粒滤池对原水COD<sub>Mn</sub>的去除效果.

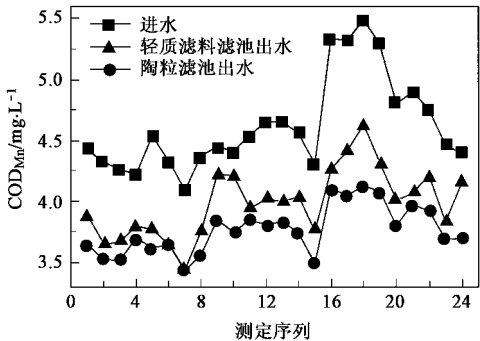


图2 轻质滤料滤池和陶粒滤池对COD<sub>Mn</sub>的去除  
Fig.2 Removal of COD<sub>Mn</sub> in biostyr and bio-ceramic filter

由图2可见,轻质滤料滤池可以较为有效地去除本试验所用原水中的COD<sub>Mn</sub>.试验结果表明,轻质滤料滤池对进水COD<sub>Mn</sub>的去除率在5%~20%之间.另一方面,从图2也可以看到,轻质滤料滤池出水的COD<sub>Mn</sub>要高于陶粒滤池出水,陶粒滤池对原水COD<sub>Mn</sub>的去除率在12%~25%之间,这说明轻质滤料滤池对COD<sub>Mn</sub>的去除效果比陶粒滤池差一些.

UV254是衡量水中有机物含量的一项重要参数<sup>[7]</sup>.图3为轻质滤料滤池和生物陶粒滤池对原水UV254的去除效果,数据为5到6月份的测定数据.

由图3可见,轻质滤料滤池对UV254具有一定的去除作用,同时其去除效果不如陶粒滤池.轻质滤

料滤池中 UV254 的去除率在 5%~10% 之间,而陶粒滤池中 UV254 的去除率在 10%~15% 之间。

以上结果说明,轻质滤料滤池对原水中的有机物具有一定的去除作用,从而有利于原水水质的改善,同时其实际效果略逊于陶粒滤池。

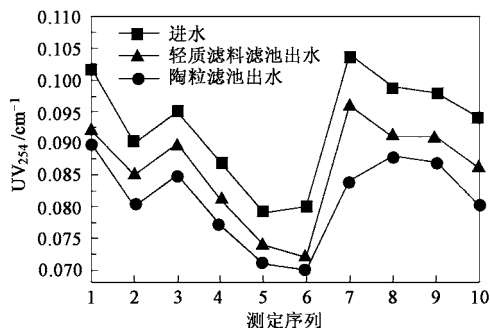


图3 轻质滤料滤池和陶粒滤池对 UV254 的去除

Fig.3 Removal of UV254 in biostyr and bio-ceramic filter

## 2.2 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的去除效果

$\text{NH}_4^+ - \text{N}$  是饮用水生物预处理过程所要去除的另一种主要目标物质。图4为轻质滤料滤池和生物陶粒滤池对原水  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  的去除效果。由于滤池进水和出水中  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  浓度相差很大,图4中进水和出水的  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  浓度采用了不同的坐标轴。

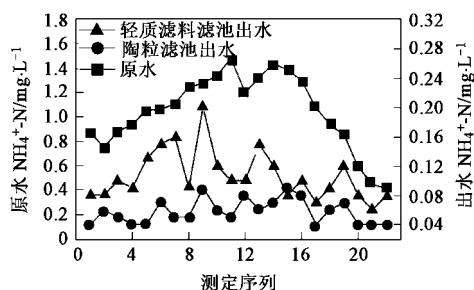


图4 轻质滤料滤池和陶粒滤池对  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  的去除

Fig.4 Removal of  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  in biostyr and bio-ceramic filter

由图4可见,原水经过轻质滤料滤池的处理后  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  浓度大大降低,当进水浓度在 0.4~1.5 mg/L 之间时,出水  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  浓度低于 0.2 mg/L,去除率在 80%~95% 之间,这说明轻质滤料滤池对于原水中  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  的去除是很有效的。同时可以看到,陶粒滤池出水  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  浓度低于轻质滤料出水,陶粒滤池对  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  的去除率在 90% 以上。但是由于2种生物滤池出水的  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  浓度已经很低,这一差别对于出水水质的影响实际上可以忽略。

## 2.3 浊度的去除效果

图5为轻质滤料滤池和生物陶粒滤池对原水浊度的去除效果。

由图5可见,原水经过生物预处理后浊度下降,而陶粒滤池对原水浊度的去除效果更佳。对该试验原水而言,陶粒滤池出水浊度在 3.5 NTU 以下,而轻质滤料滤池出水浊度高于陶粒滤池,其出水浊度在 2~5 NTU 之间。这说明轻质滤料滤池对于原水中悬浮物质的截留率低于陶粒滤池。虽然从改善原水水质,优化后续传统处理过程的角度看是缺点,但由于生物预处理过程主要是用来去除原水中不易被传统混凝沉淀过滤处理过程去除掉的可生物利用的微生物基质,而相对较低的悬浮物截留率可以延长生物滤池的反冲洗周期,降低其反冲频率,这对于该滤池的运转管理是有利的。

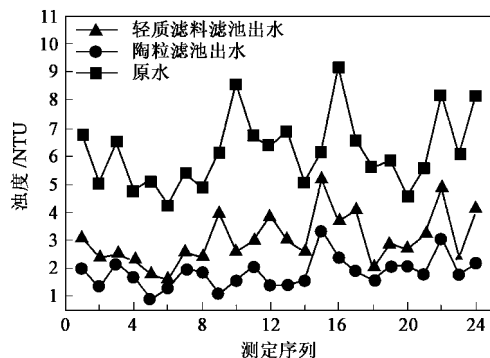


图5 轻质滤料滤池和陶粒滤池对浊度的去除

Fig.5 Removal of turbidity in biostyr and bio-ceramic filter

## 2.4 反冲洗对2种生物滤池去除率的影响

图6和图7是反冲前后2种滤池对进水  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  和  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  去除百分比的变化情况。陶粒滤池的反冲采用常用的气水联合反冲形式<sup>[8]</sup>,轻质滤料滤池的反冲方法如1.1节所述。

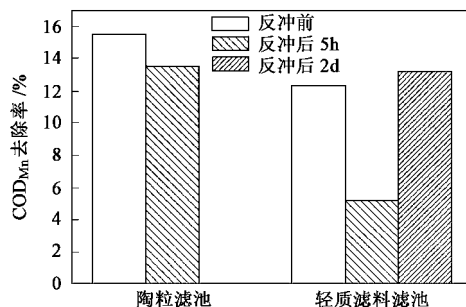


图6 反冲前后轻质滤料滤池和陶粒滤池中  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  的去除率

Fig.6 Percent removal of  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  in biostyr and bio-ceramic filter before and after back washing

由图 6 和图 7 可见,反冲洗对  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  去除的负面影响要甚于对  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  去除的影响,这是因为在相同环境条件下,世代周期长的硝化菌形成的生物膜比生长世代周期短的异养菌的生物膜更为致密,抵抗反冲洗剪切力的能力更强.对于  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  而言,反冲洗前后 2 种滤池对其去除率的变化不明显,反冲以后依然保持较高的去除率.对于  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  而言,陶粒滤池反冲前后  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  去除率的变化不大,而轻质滤料滤池反冲后对  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  的去除率明显下降,反冲前为 12.3%,反冲后为 5.2%.这一试验结果说明反冲洗对于轻质滤料生物膜中异养微生物的冲刷作用十分显著,可以推测,导致这一结果的原因同轻质滤料滤池的特殊反冲方式及滤料的特性密切相关,具体原因有待深入研究.另外需要指出的是,虽然反冲洗对轻质滤料滤池去除  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  的效果影响较大,但是一般经过 2d 左右去除率即可恢复到反冲前的水平(见图 6).

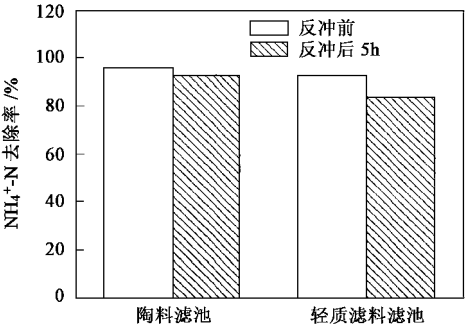


图 7 反冲前后轻质滤料滤池和陶粒滤池中  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  的去除率

Fig. 7 Percent removal of  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  in biostyr and bio-ceramic filter before and after backwashing

3 结 论

本试验结果表明,作为一种新型的生物预处理工艺,轻质滤料滤池对原水进行处理后可以明显地提高原水水质.对于该试验原水而言,轻质滤料滤池对  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  的去除在 5%~20%之间,对  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  的去除则达到 80%~95%,出水浊度也得到一定程度地降低,说明该工艺用于饮用水水源生物预处理是可行的.

同时该试验也表明,在相同的运行条件下,轻质滤料滤池对原水中的污染物,特别是对有机污染物和浊度的去除效率低于陶粒滤池,反冲洗过程对其运行效果,尤其是对  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  的去除的负面影响也比陶粒滤池显著.

参考文献:

[ 1 ] 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[J].环境科学,1998,19(6):60~62.

[ 2 ] 李德生,黄晓东,王占生.生物沸石反应器在微污染水源水处理中的应用[J].环境科学,2000,21(5):71~73.

[ 3 ] 刘文君,贺北平,张锡辉,等.淮河(蚌埠段)饮用水源水生物接触氧化预处理生产性试验[J].环境科学,1997,18(1):20~22.

[ 4 ] 桑军强,王占生.BAF在微污染源水生物预处理中的应用[J].中国给水排水,2003,19(2):21~23.

[ 5 ] 姜志凯,石淑倩,翟海霞.淹没式生物滤池-BIOSTYR工艺[J].中国给水排水,2002,18(7):88~90.

[ 6 ] 邹伟国,李正明,李春森,等.BIOSMEDI生物滤池处理微污染原水[J].给水排水,2002,28(2):5~8.

[ 7 ] Eaton A D. Measuring UV-absorbing organics: A standard method[J].JAWWA,1995,87(2):86~90.

[ 8 ] 王占生,刘文君.微污染水源饮用水处理[M].北京:中国建筑工业出版社,1999.135~141.