

生物沸石反应器在微污染水源水处理中的应用

李德生, 黄晓东, 王占生 (清华大学环境科学与工程系, 北京 100084, E-mail: wangh@mail.lzri.edu.cn)

摘要: 首次利用生物沸石反应器去除微污染水源水中的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 Mn 、有机物、色度、浊度等。经长期运行测试, 生物沸石反应器对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 平均去除率可达 93%, 对 $\text{NO}_2\text{-N}$ 的平均去除率为 90%, 对有机物可去除 32%, 并提出了反应器的最佳过滤速度为 8~10m/h, 最佳填料填充高度为 600~800mm。生物沸石反应器具有和生物活性炭、生物陶粒一样的性能。该技术为微污染水源水质净化提供了一种新材料、新途径。

关键词: 生物沸石反应器; 最佳过滤速度; 最佳填充高度

中图分类号: X17 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3301(2000)05-0071-03

Application of Bio-zeolite Reactor on Micro-polluted Source Water Quality Treatment

Li Desheng, Huang Xiaodong, Wang Zhansheng (Dept of Environ. Science and Eng., Tsinghua Univ., Beijing 100084, China E-mail: wangh@mail.lzri.edu.cn)

Abstract Bio-zeolite reactor (BZR) is developed and used for the first time to remove ammonia nitrogen ($\text{NH}_3\text{-N}$), nitrite nitrogen ($\text{NO}_2\text{-N}$), organic compound, color turbidity in micro-polluted source water. After a long time operation, the ammonia nitrogen average removal efficiency in the raw water was 93%. The nitrite nitrogen average removal efficiency was 90%. The average removal of organic compounds was 32%. The optimum filter velocity (8m/h~10m/h) and packed height of biological supporter (600mm~800mm) are decided. BZR had same removal efficiency compared with Bio-activated carbon and Bio-ceramsite process. This study offers a special type of material and a new method for purification of micro-polluted source water.

Keywords: bio-zeolite reactor (BZR); optimum filter velocity; packed height

目前, 由于我国南方 S 市水源水体遭受污染, 水质状况与日俱下, 部分水库水体发生了富营养化。而目前一些水厂所采用的水处理工艺已不能满足新形势的需要^[1]。研究新的水处理工艺, 来取代现有的工艺是当务之急^[2,3]。笔者通过分析 S 市水源水水质现状, 提出了生物沸石反应器处理现已受污染的水源水, 该研究是一种水源水处理的新尝试。

1 生物沸石反应器

1.1 沸石

沸石^[4,5]是一种架状结构的多孔穴和通道的硅铝酸盐, 在我国分布广且储量较大, 较易开采。由于沸石具有巨大的比表面积 (400~800m²/g 沸石), 有良好的吸附、交换性能, 并且

还是一种极性吸附剂^[6], 可以吸附有极性的分子^[7]和细菌, 对细菌有富集作用, 因此沸石是一种理想的生物载体。

1.2 生物沸石反应器

生物沸石反应器是以通过特定处理的颗粒沸石作为生物载体的一种固定生物膜处理装置。由于固定生长技术能使大量的生物体聚集在载体表面, 通过生物聚合体 (生物膜) 对水中营养基质的高效吸附和降解能力达到控制污染物的目的。一般认为生物膜法是处理水中有机污染物的有效方法, 与其它处理技术相比, 生物膜法还具有节省动力消耗, 水力停留时间短等

基金项目: 广东省自然科学基金资助项目

作者简介: 李德生 (1965~), 男, 硕士, 副教授, 现在兰州铁道学院环境工程系工作。

收稿日期: 1999-11-21

特点, 尤其适应于低浓度条件下的水质净化.

通过对沸石在一定条件下的微生物培养, 一般 2~3 周即可实现其生物膜功能. 沸石生物膜是一种催化生物膜, 它可以改进沸石的水处理特性, 使生物、沸石共同起作用. 用它与混凝沉淀相结合, 能高效去除水中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 Mn 、有机物、嗅和味, 改善色度等.

2 试验条件

2.1 试验条件

试验地点选在 S 市某自来水厂内, 试验设备包括原水水箱、生物沸石反应器、空压机、水泵、流量计等. 工艺流程如图 1.

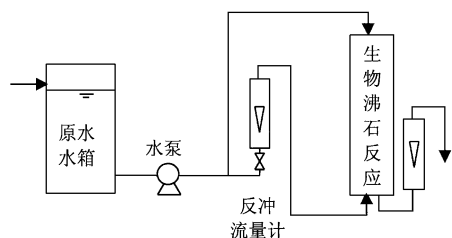


图 1 试验工艺流程

2.2 试验内容

表 1 生物沸石的培养期限

培养期限 时间/d	刚开始培养 4~5	培养中期 4~5	培养后期 3~4	培养成熟 2~3	成熟后出水浓度/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$
$\text{NH}_3\text{-N}$ 去除效率/%	80~95	45~70	80~90	85~95	< 0.2
$\text{NO}_2\text{-N}$ 去除效率/%	开始浓度不变, 后略有升高	浓度升高 2~4 倍	浓度时高时低	80~99	< 0.01

表 1 表明, 沸石经一段时间的运行培养, 便可形成生物沸石. 生物沸石在培养生物膜的初期, 可以充分利用本身吸附、离子交换特性, 对原水中的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 最高去除效率可达 95%, 到吸附、交换将近饱和时, 已成熟的生物膜开始起作用, 填补沸石只靠吸附、离子交换去除 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的不足. 经长期运行测试, 生物沸石始终保持着较高的污染物去除效率.

3.2 改变过滤速度

从表 2 测定结果可知, 当过滤速度为 9m/h 左右时效果最好. 滤速为 12m/h 时仍有较好的处理效果, 但考虑到生物膜特性及阻力问题, 生物沸石过滤速度不可过高. 阻力增大后对其进行反冲, 通过反冲试验, 在 30% 的膨胀率条件

以 S 市水源水为试验对象, 通过不同的试验条件探讨生物沸石反应器对微污染水源水中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 Mn 、有机物、浊度、色度等的去除效果, 选择 1 组比较经济合理的运行参数.

生物沸石的培养: 直接进原水、表面曝气、外加一定量培养剂, 使微生物在沸石表面迅速生长.

在原水条件不变的情况下改变生物沸石的过滤速度、反冲洗强度和反冲次数.

探讨生物沸石反应器主要的工作区间, 进行沿层实验, 研究 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、有机物、 Mn 、等沿水流在不同高层的去除情况, 以确定最佳填充高度.

3 结果及讨论

3.1 生物沸石的培养

原水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 平均浓度为 1.70mg/L ; $\text{NO}_2\text{-N}$ 平均浓度 0.16mg/L , pH 值平均 6.74, 通过生物沸石反应器的流速控制在 $4\sim 5\text{m/h}$. 生物的培养以出水中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 的浓度高低为评价成熟指标, 培养结果见表 1.

下, 一天反冲 2~3 次其出水效果基本不变.

3.3 生物沸石工作的区间

在进水溶解氧为 $6\sim 7\text{mg/L}$, 水温为 20°C 左右, 过滤速度为 9m/h 左右时, 生物沸石反应器的主要工作区间在 60cm 以上 (见表 3), 可见, 生物沸石反应器作为过滤材料, 并不需要填充太多, 它可以与石英砂等其他材料参配装填.

4 与其他生物处理反应器的处理效果比较

为了更好地了解生物沸石反应器的特性, 试验中把生物沸石反应器同生物活性炭、生物陶粒反应器进行了同条件下的试验对比研究, 结果如表 4.

由表 4 可知, 3 种生物反应器其效能基本

表 2 改变过滤速度的实验结果

分析指标	原水水质	过滤速度/ $\text{m} \cdot \text{h}^{-1}$							
		4	6	7	8	9	10	12	14
$\text{NH}_3\text{-N}/\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	1.847	0.129	0.152	0.126	0.100	0.101	0.114	0.119	0.121
去除率/%		93	92	93.2	95	94.5	94	93.6	93.5
$\text{NO}_2\text{-N}/\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	0.189	0.017	0.026	0.018	0.012	0.019	0.022	0.048	0.095
去除率/%		91	86.2	90.5	93.7	90	89	74.6	49.8
有机物/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	2.914	2.008	2.016	1.992	1.984	1.929	1.987	2.086	2.165
去除率/%		31.1	30.8	31.7	31.9	33.8	31.8	28.4	25.7
$\text{Mn}/\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	0.413	0.05	0.05	0.05	0.05	0.045	0.045	0.100	0.138
去除率/%		88	88	88	88	89.1	89.1	76	67
浊度/ NTU	10.1	2.15	2.36	2.56	2.40	2.61	2.88	3.21	3.20
去除率/%		78.7	76.6	74.7	76.2	74.2	71.5	69.1	68.3
色度/度	35	10	12	10	10	10	12	12	13
去除率/%		71.4	65.7	71.4	71.4	71.4	65.7	65.7	62.9

表 3 生物沸石反应器工作区间沿水流不同高层的测定结果

分层(从上 向下)/ cm	$\text{NH}_3\text{-N}$ $/\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	去除率 /%	$\text{NO}_2\text{-N}$ $/\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	去除率 /%	有机物 $/\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	去除率 /%	Mn $/\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	去除率 /%	浊度/ NTU	去除率 /%	色度 /度	去除 率/%
0	1.212		0.202		2.103		0.213		6.57		15	
15	0.430	64.5	0.080	60.4	1.519	27.8	0.000	100	0.33	95	2	86.7
30	0.202	83.3	0.022	89.4	1.461	30.6	0.000	100	0.28	95.7	2	86.7
45	0.210	82.7	0.006	97.0	1.402	33.3	0.000	100	0.33	95	2	86.7
60	0.127	89.6	0.004	98.0	1.402	33.3	0.000	100	0.44	93.3	1	93.3
75	0.129	89.4	0.004	98.0	1.400	33.4	0.000	100	0.50	92.4	1	93.3
90	0.154	87.3	0.004	98.0	1.400	33.4	0.000	100	0.37	94.4	1	93.3
100	0.162	86.6	0.004	98.0	1.400	33.4	0.000	100	0.21	96.8	1	93.3

表 4 生物沸石预处理、生物活性炭预处理、生物陶粒预处理对主要污染物指标的去除效果对比¹⁾/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

项目	$\text{NH}_3\text{-N}$	$\text{NO}_2\text{-N}$	有机物	Mn	浊度/ NTU	色度/度
水源水	1.847	0.189	2.914	0.413	10.10	35
生物沸石反应器	0.177(90.4)	0.012(93.4)	2.040(30)	0.021(95)	2.83(72)	8(77)
生物活性炭反应器	0.218(88.2)	0.011(94.0)	1.982(32)	0.017(96)	3.33(67)	8(77)
生物陶粒反应器	0.223(87.9)	0.011(94.0)	2.127(27)	0.021(95)	4.04(60)	10(71)

1) 括号内数值为去除效率/%

一样, 这说明生物沸石反应器也是一种较好的生物处理工艺, 应该大力开发应用。

5 小结

试验研究结果表明, 利用生物沸石作为滤料去除微污染水源水中的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 Mn 、有机物、浊度、色度等在技术上是可行的。用生物沸石作滤料具有滤速快, 装填量少, 处理效率高等特点。

生物沸石价格便宜, 易开发, 无毒无副作用, 是微污染水源水质净化的良好材料。

参考文献

1 吴为中等. 某市受污染水源水处理工艺评价与饮用水净化工艺试验. 环境科学, 1999, 20(3): 46~50.

2 黄晓东等. 受污染珠江水源水的生物预处理试验研究. 给水排水, 1998, 24(7): 35~37.

3 黄晓东等. 生物陶粒处理深圳水库水的试验研究. 环境科学, 1998, 19(6): 60~62.

4 李冬, 李云. 沸石在水处理中的应用. 给水排水, 1998, 24(7): 60~63.

5 古阶祥. 沸石. 北京: 中国建筑工业出版社, 1980. 1~15.

6 Zostak R, Invan Bekkum H et al(eds.). Introduction to Zeolite Science and Practice, Chapter 5. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V., 1991.

7 Haralambous A et al Use of Zeolite for ammonium uptake W at Sci Tech, 1992, 25(1): 139~142.