

水力负荷对生物陶粒反应器运行的影响

方振东 刘文君 王占生

(清华大学环境工程系, 北京 100084)

摘要 水力负荷较低($2\sim 5\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$)是影响生物陶粒反应器在实际中运用推广的重要因素之一. 本实验研究了不同水力负荷条件下($4\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ 、 $7\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$)生物陶粒反应器对进水中有机物、氨氮及其它污染物的去除效果. 结果表明, 不同水力负荷对生物陶粒反应器处理效果没有显著影响, 对OC、氨氮、 UV_{254} 、色度和浊度去除率分别为20%、90%、30%、38%、76%. 水力负荷提高到 $7\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ 可大大减少工程造价, 促进该技术的实际运用.

关键词 水力负荷, 生物陶粒, 去除率, 有机物, 氨氮, UV_{254} , 色度, 浊度.

Effect of Hydraulic Loading Change on Bioceramic Reactors Behaviour

Fang Zhendong Liu Wenjun Wang Zhansheng

(Dept. of Environ. Eng., Tsinghua University, Beijing 100084)

Abstract Low hydraulic loading($2\sim 5\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$) is a key factor to influence bioceramic reactors coming into practice. The bioceramic reactors removing efficiency to organisms, ammonia nitrogen and other pollutants in different hydraulic loading($4\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ 、 $7\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$) were studied respectively. The conclusions can be driven as followings: Hydraulic loading change from $4\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ to $7\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ has no effect on bioceramic reactors behaviour; bioceramic reactor can remove organisms, ammonia nitrogen, UV_{254} , color, turbidity by 20%, 90%, 30%, 38%, 76%, respectively. The hydraulic loading raised to $7\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ can reduced bioceramic reactor constructions cost and facilitate its into practice.

Keywords hydraulic loading, bioceramic reactor, removal efficiency, organism, ammonia nitrogen, UV_{254} , color, turbidity.

生物陶粒反应器是利用颗粒状陶粒为生物载体的生物氧化反应器. 该技术自产生以来, 曾先后应用于污水深度处理和工业回用水及饮用水处理中, 对水中的有机物、 NH_4^+-N 、浊度和色度等均有一定的去除效果^[1-5]. 但是由于停留时间较长(0.33~1h), 水力负荷较小($2\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}\sim 5\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$), 若将其应用于工程实际中, 则需要较大的构筑物(是砂滤池的2倍), 占地面积大, 投资费用较高, 而且在冬季低温条件下, 生物陶粒去除率偏低, 这些原因妨碍了生物陶粒反应器在实际生产中的推广使用. 针对这种状况, 本文根据某市某水厂水源水实际情况, 通过

中试, 研究生物陶粒处理技术在高水力负荷下对水中污染物及水中致突活性去除效果.

1 试验装置及方法

1.1 试验装置及工艺流程

试验在某水厂现场进行, 试验时间从1992-11~1994-05. 图1为中试试验装置.

1.2 设备参数

(1) 陶粒反应器: 尺寸 $700\times 700\times 4000\text{mm}$; 填料高度1800mm; 填料粒径 $2\sim$

- 5mm.
- (2) 斜板沉淀池: 尺寸 $900 \times 3500 \times 900\text{mm}$; 停留时间45min.
- (3) 砂滤池: 尺寸 $400 \times 500 \times 3500\text{mm}$; 填料高度800mm.
- (4) 活性炭柱: 尺寸 $\phi 300 \times 3000\text{mm}$; 填料高度800mm.

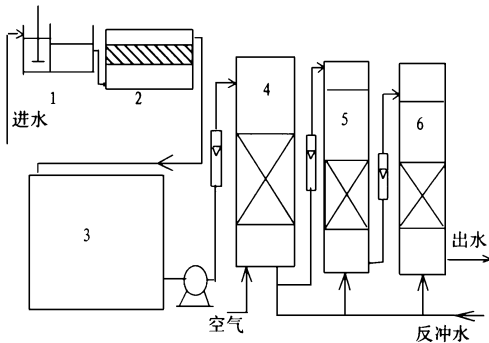


图1 中试试验装置

1. 混合反应池 2. 斜板沉淀池 3. 调节水箱
4. 陶粒反应器 5. 砂滤池 6. 活性炭滤池

1.3 水质分析

- (1) UV_{254} : 254nm 波长下水样的紫外吸光度,采用日本岛津 UV-250型紫外分光光度计测定.
- (2) OC: 高锰酸钾耗氧量, 本文代表水中溶解性有机物, 按标准分析方法分行测定^[6].
- (3) NH_4^+-N 、色度、浊度等, 均按标准分析方法进行测定^[6].

2 试验结果及讨论

2.1 水力负荷对生物陶粒去除污染物的影响

表1中列出了低负荷和高负荷条件下生物陶粒对 OC、 NH_4^+-N 、 UV_{254} 和浊度的平均去除效果.

从表1可以看出, 水力负荷变化对 OC、 NH_4^+-N 、 UV_{254} 和浊度的去除无明显影响, 这是因为生物陶粒反应器在水力负荷较低时, 生物降解能力主要集中在上半部分800mm 内. 而下半部分的作用并不很大, 当增加水力负荷后, 有机负荷也增加, 微生物可利用的营养物也相应

增加, 微生物的生长就更加旺盛, 生物陶粒反应器的生物量就会增加, 整个滤层的利用率得到提高, 从而保证了去除率的稳定.

表1 水力负荷对生物陶粒处理效果的影响¹⁾

水力负荷/ $m^3 \cdot m^{-2} \cdot h$	2- 7	4- 7
停留时间/min	54- 27	27- 15
温度/ $^{\circ}C$	5- 15	5- 15
OC 去除率/%	20. 8	19. 20
NH_4^+-N 去除率/%	90	90
UV_{254} 去除率/%	29. 7	27. 9
色度去除率/%	39	38
浊度去除率/%	75. 14	77. 55

1) 进水平均浓度, OC: 6. 1mg/L, NH_4^+-N : 0. 32mg/L, UV_{254} : 0. 201/cm, 浊度: 9NTU

2.2 水力负荷对生物陶粒反应器沿程去除污染物的影响

图2- 6分别列出了生物陶粒反应器在水力负荷为 $4m^3/m^2 \cdot h$ 和 $74m^3/m^2 \cdot h$, 水温为 $14^{\circ}C$ 左右时沿程去除有机物(OC)、 NH_4^+-N 、 UV_{254} 、浊度和色度的变化曲线.

由图2可以看出, 当水力负荷为 $4m^3/m^2 \cdot h$ 时, 在床层深度 $H/2$ 时, 上半部分对有机物的去除率达到17. 2% (占总去除率的85%), 下半部分对有机物的去除率为3% 左右(占总去除率的15%). 当水力负荷为 $7m^3/m^2 \cdot h$ 时, 生物陶粒对有机物的去除沿床层的分布有所变化, 上半部分对有机物的去除率下降到 $14. 4\%$ (占总去除率的75%), 下半部分则上升到 $4. 8\%$ (占总去除率的25%). 由此可知, 水力负荷对生物陶粒反应器沿程去除率的分布有一定影响, 但对总的去除率影响不大, 这是因为在低水力负荷条件下, 水中可被微生物利用的有机物沿水流方向不断被微生物分解、吸收和利用, 到达下半部分后, 由于水中营养物质大部分被上半部分分解氧化, 水中营养不足, 满足不了微生物对营养的要求, 从而不能形成对有机物有较强降解能力的菌胶团; 当水力负荷提高后, 在单位时间内进入生物陶粒反应器内的有机物量增加, 停留时间缩短, 水中更多的营养物质就能到达下半

部分,使下半部分的微生物能在一定程度上增殖,这样生物陶粒反应器内的生物量增加,利用率提高,因此尽管水力负荷增加,停留时间缩短,但去除效果并没有受到很大影响.从图3可以看出水力负荷对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的去除率没有什么影响,沿程分布也没有多大变化,这是因为硝化细菌有较强的硝化能力,世代时间长,一旦形成稳定的硝化状态后,进入生物陶粒反应器的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 在短时间内能被硝化细菌吸附分解和氧化,如果生物陶粒反应器仅以去除水中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 为主要目标时,水力负荷还可以进一步增大或使陶粒反应器高度进一步降低.

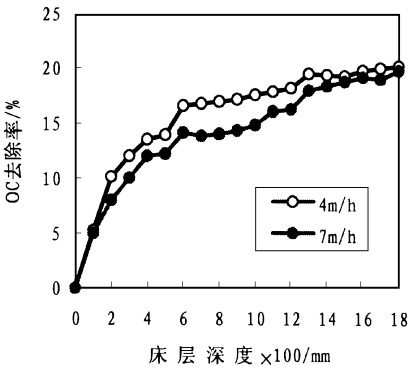


图2 生物陶粒沿床层对有机物(OC)的去除

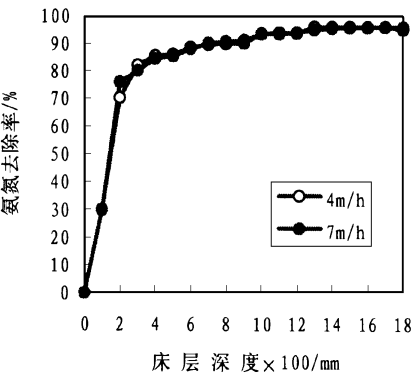


图3 生物陶粒沿床层对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的去除

从图4可看出水力负荷对 UV_{254} 的沿程去除影响不大,可能是由于含芳香环的有机物大部分属于难生物降解的物质,微生物通过吸附分解仅能去除一部,这部分有机物一进入生物陶粒反应器后就很快被吸附而去除,剩下的含

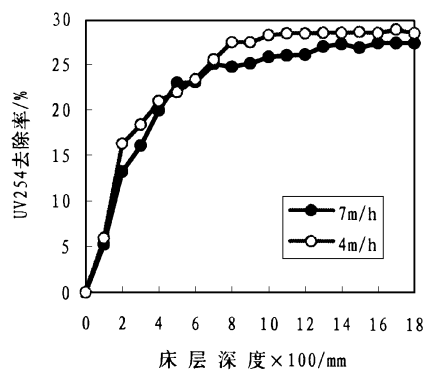


图4 生物陶粒沿床层对 UV_{254} 的去除

芳香环的有机物不易再被微生物吸附,易于被微生物吸附而氧化的有机物较少,微生物的吸附量较大,所以在一定范围内,增加水力负荷并不影响生物陶粒对 UV_{254} 的去除.

生物陶粒反应器沿程对浊度的去除规律受水力负荷的影响见图5,在低水力负荷条件下,上半部分对浊度的去除率为52.6%(占总去除率的70%),下半部分去除率为22.5%(占总去除率的30%);在高水力负荷条件下,上半部分对浊度的去除为51.2%(占总去除率的66%);下半部分对浊度的去除率为26.4%(占总去除率的34%),可见水力负荷较高时,生物陶粒反应器下半部分的截污能力有所提高,这是因为水力负荷的提高使进入反应器的有机物量增加,下半部分陶粒表面微生物增殖,微生物的吸附能力增强;二是水力负荷的增加,加大了对陶粒表面的冲刷能力,导致生物膜的脱落量增大,这些脱落的生物膜和水中胶体等形成生物絮体在下半部分被截留,因此水力负荷的高低在一定范围内对浊度去除影响不大.

图6为生物陶粒反应器沿程对色度的去除规律,在低水力负荷条件下,上半部分对色度的去除率为25.8%(占总去除率的66%),下半部分去除率为13.2%(占总去除率的34%);在高水力负荷条件下,上半部分对浊度的去除率为24%(占总去除率的62.3%),下半部分对浊度的去除率为14.5%(占总去除率的37.7%),可见水力负荷较高时,生物陶粒反应器下半部分

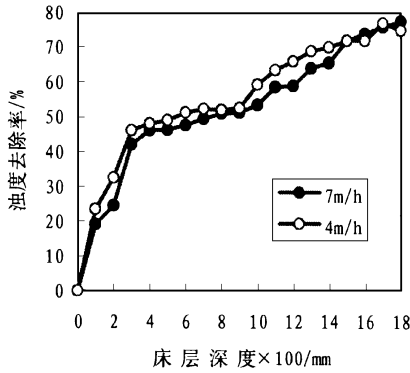


图5 生物陶粒沿床层对油度的去除

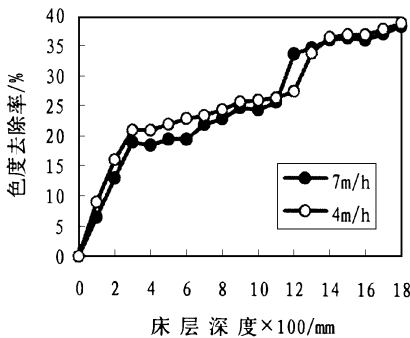


图6 生物陶粒沿床层对色度的去除

的截污能力有所提高,这同生物陶粒反应器沿程对浊度的去除规律相一致。

从对表1和图2-6的分析讨论可以得出:

(上接第38页)

上述分析可知,在不排泥的条件下,反应器内污泥略呈负增长,且活性有所降低,为维持一定的污泥活性,运行过程中可适当排泥。

3 结论

(1)从膜通透量及能量利用效率考虑,操作压力应控制在0.15MPa左右,膜面流速适宜范围在1.4—1.7m/s,SS浓度在2g/L左右。

(2)生物反应器的HRT的变化在本试验范围内对污染物去除及膜通透量均影响不大,至少可采用4h。

(3)本系统可保持长达60d以上的稳定运

行,在高水力负荷条件下,生物陶粒反应器对水中污染物质的去除能保持理想状态,这对生物陶粒应用于工程实际有较大意义,根据研究结果,在工程实际中可考虑采用水力负荷为 $7\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ 、停留时间15min作为生物陶粒反应器的设计参数和运用参数。

3 结论

在水力负荷为4和 $7\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$,停留时间为27和15min,生物陶粒反应器对水源水中的有机物(OC)的去除率都在20%左右, NH_4^+-N 去除率在90%以上,浊度在76%左右, UV_{254} 在30%左右,色度在38%左右。

参 考 文 献

- 1 徐袁春.生物填料技术在污水回用中的应用.清华大学硕士论文集,1988
- 2 吴俊奇.北京焦化厂工业用水水质改善试验研究.清华大学硕士论文集,1991
- 3 戴日成.受污染水源水生物预处理技术的研究.清华大学博士论文集,1993
- 4 邯郸市自来水公司等.给水深度处理研究会第三届学术交流会论文.1993
- 5 刘文君.淮河蚌埠段饮用水水源水生物预处理生产性试验.清华大学硕士论文集,1995
- 6 水和废水监测分析方法.第三版.北京:中国环境科学出版社,1989

行,COD和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除效率均可达95%以上。运行中未发现微生物代谢产物的明显积累。

(4)由于受进水浓度和无机成分的影响,生物反应器的VSS/SS有下降的趋势。

参 考 文 献

- 1 金山彦喜.ビル中水道における膜汚技術.水质汚濁研究,1990,13:5
- 2 河村清史,井上雄三.し尿処理における膜利用技術.水环境学会,1995,18(2):90
- 3 浦野纹平等.膜を利用した生物処理の現状と方向.水处理技术,1990,31:183
- 4 Magara Y et al. The Effect of Operational Factors on Solid-liquid Separation by Ultra-membrane Filtration in a Biological Denitrification System for Collected Human Excreta Treatment Plants. Wat. Sci. Tech., 1991, 23: 1583—1590