

应用生物强化活性滤池的滤料选择及效果*

梁汀, 吕锡武

(东南大学环境工程系 南京 210096)

摘要:生物强化活性滤池是一种经济有效的给水处理工艺,可去除约 90% 的 AOC,保证出水的生物稳定性。滤料的选择应用是构建生物强化活性滤池的基础,直接影响了生物活性滤池内富集的生物量和出水水质。本文着重从滤料的角度,探讨了在构建和运行生物强化活性滤池过程中应予以注意的问题。

关键词:生物强化活性滤池; 微污染水源水; 滤料; 生物量

中图分类号:X703.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-1263(2003)06-0223-03

Review and Discussion on Technology of Biologically-enhanced Active Filter

LIANG Ting, LU Xi-wu

(Department of Environmental Engineering Southeast University Nanjing 210096)

Abstract: Biologically-enhanced active filter is an effective and economical technology to drinking water treatment. The removal rate of AOC reaches about 90% and the biological stability of effluent is ensured. The choice of filter media is the foundation of building the filter which affects the biomass and effluent directly. Some items influencing the construction and performance of the bio-filters are discussed especially with a critical review of the use of filter media.

Key words: biologically-enhanced active filter; micropolluted source water; filtration media; biomass

自来水厂的快滤池改造成生物强化活性滤池,将生物处理独有的净水功能运用于过滤单元,使过滤工艺从传统的物理单元扩展为集生物功能和物理功能于一体的多功能净水单元。在不增加水厂构筑物的条件下,对于提高快滤池去除水中氨氮和有机物的能力,改善水厂常规制水工艺出水的生物稳定性和安全性,节省制水投资和运行费用具有现实意义。

2 min 的滤池 EBCT(空床停留时间)即可去除 62%~90% 的 AOC, 10~20 min 的 EBCT 可达到去除 90% 的 BDOC(可生物降解溶解性有机碳)的目的,以去除 TOC(总有机碳)为目标则需要 15~20 min 的 EBCT^[5]。可见,生物强化活性滤池能有效去除 AOC,若适当延长接触时间可提高对 TOC、DBP_S(消毒副产物前体物)和需氯量的去除率。研究结果还表明通过生物强化活性滤池后,出水致突变性可降低 1/3 左右^[4]。也有观点认为该滤池对致突变的处理效果不可一概而论,受到源水中各微量污染物的种类和含量的影响。

1 生物强化活性滤池

1.1 滤池构成

生物强化活性滤池目前多采用活性炭与石英砂组成双层滤层,部分为无烟煤-石英砂。滤池构造采用普通快滤池形式,水流动态下向流。活性炭滤料层层高一般是 60 cm 左右,粒径 1.0~2.0 mm,石英砂层层高约 30 cm,粒径 0.5~1.2 mm^[1-4]。上层滤料主要起截留吸附微生物,强化滤池的生物降解作用,有效减少 AOC(可生物同化有机碳),氯消毒副产物前质及后加氯量;下层石英砂去除颗粒物,保证滤池出水浊度等各项常规指标。

1.2.2 去除氨氮、亚硝酸盐氮,提高出水的生物安全性。

常规快滤池对氨氮基本没有处理效果,而生物强化活性滤池对氨氮有很好的去除能力,一般可以达到 50% 左右,最高可以将去除率提高至 80% 以上,出水氨氮始终在 0.5 mg/L 以下,亚硝酸盐氮在滤料上层中有一定的累积增加,但在下面砂滤层中得以去除,去除率也可达到 70% 以上,出水亚硝酸盐氮在 0.05 mg/L 以下。而在常规滤池中则时有出水亚硝酸盐氮超标的现象发生^[1-4]。

1.2 过滤效果

自上世纪八十年代以来,对生物强化活性滤池开展的研究成果表明生物强化活性滤池过滤净化效果表现在以下 3 个方面:

1.2.3 去除颗粒物,保证出水浊度。

生物滤池出水的平均浊度可达 0.15 NTU 以下,过滤周期可达 16~24 h 以上。生物滤池与常规滤池一样出水浊度较低并具有经济的运行周期^[5]。

1.2.1 去除有机微污染物,提高出水的生物稳定性

* 基金项目:国家“十五”重大科技专项(2002YN-03)

收稿日期:2003-07-28

在西欧各国,生物强化活性滤池已在生产实践中得到应用^[6]。氨氮和有机物举世瞩目的效果见表1、表2。

表1 生物强化活性滤池去除氨氮的经验

地点	规模	进水 NH ₄ ⁺ - N	
		浓度(mg/L)	NH ₄ ⁺ - N 去除率(%)
法 Choisy - le - Roi	中试	0.08 - 0.68	66
法 Choisy - le - Roi	水厂	0.5	100
法 Merry - sur - Oise	水厂	0.34	100
德 Mulherim	水厂	1.0	100
美意大利倍州	水厂	1.3	50

表2 生物强化活性滤池去除有机物的经验

地点	规模	进水(mg/L)	稳态去除率(%)
德 Mulherim	水厂	DOC 2.9	10
荷兰	水厂	AOC 23 - 500	3 - 84
中国	小试	TOC 5.8	37.5
中国	小试	OC	30 - 40

2 滤料的优选

2.1 滤料对过滤效果的影响

生物强化活性滤池的过滤效果受多种因素影响,主要有滤料性质、EBCT、反冲洗条件、进水水质、水温等^[7]。滤料性质直接影响了滤池中截留吸附的生物量,从而影响生物强化活性滤池对有机微污染物及氨氮的去除效果。选择合适的滤料有利于营造生物附着生长的环境条件,并且在实际应用中,滤料是该工艺基础费用投入的主要部分,因此滤料的选择是构建生物强化活性滤池极为关键的步骤。

滤料分为吸附型(活性炭、沸石、陶粒、瓷砂等)和非吸附型(无烟煤、石英砂等)两种。滤料比表面积、比重、孔隙率等滤料理化特性指标,直接影响了生物强化活性滤池富集生物量从而影响其过滤效果。

2.1.1 滤料对生物量的影响

无烟煤-石英砂和活性炭-石英砂是生物强化活性滤池目前常用的滤料组合形式。微生物主要以生物膜的状态固着在滤料表面,只有极少数生物絮体和碎片悬浮在水中。由于原水经过混凝沉淀工艺,水中营养物浓度低,且硝化菌世代周期长,因此只有稀疏的好氧菌(包括硝化菌)附着在滤料表面,附着细菌逐渐繁殖形成一层微薄的生物膜。有研究表明无烟煤-石英砂滤池表面平均生物量为 64.8 nmol 磷脂量/g 滤料,滤层上部的 15 cm 内生物量减少了 30%;而活性炭-石英砂作为生物强化活性滤池滤料,滤池表面平均生物量则可达到大约 260 nmol 磷脂量/g 滤料^[7,8]。可见,吸附型滤料所具有的大孔结构和不规则表面更适于生物膜附着,从而起到减轻水流剪力对滤

料表面附着生物膜冲刷的作用。同时研究发现颗粒活性炭吸附的生物量可成倍增加,具有较多中孔的活性炭吸附生物量多于微孔或大孔占优势的活性炭^[9]。

2.1.2 滤料对出水水质的影响

滤池中微生物的新陈代谢作用导致生物强化活性滤池出水中直链烷烃类有大幅减少,杂环化合物、酸类、脂类等所占比例有较大提高。对于常规指标,由无烟煤-石英砂和活性炭-石英砂构成的生物强化活性滤池出水没有显著区别。对于有机微污染物的去除效果及耐冲击能力,后者则优于前者。有研究表明在生物强化活性滤池中,滤料、温度、反冲洗水是否含氯是最重要的三个影响因素^[10]。由活性炭-石英砂构成的生物滤池在外因不足时,即低温、含氯水反冲洗条件下,对易生物降解有机物的去除率没有明显波动。对较难降解的有机物去除效率略有降低。但外因的变化则会对煤-砂型生物强化活性滤池出水产生较大影响,低温或含氯水反冲洗时,该滤池对难降解有机物甚至基本没有效果。

2.2 滤料的比较选择

活性炭虽然效果较好,但价格昂贵;无烟煤比表面积小、孔隙率小、截污能力受到限制。目前应用于水处理过程中的滤料品种达十余种之多,天然滤料如沸石、硅藻土、莫来石-堇青石、无烟煤等;人工合成滤料如轻质塑料、陶粒、瓷砂等。可从中选择过滤效果好且又经济适用的滤料应用于生物强化活性滤池。

3 问题探讨

由于生物强化活性滤池所特有的过滤效果要求,滤料层必然采用双层乃至三层结构,与普通双层滤池有相似性。在构建和运行滤池的过程中必须注意以下几点:

3.1 滤料级配的确定

构建生物强化活性滤池,选择双层滤料除了要满足卫生学的要求,还应考虑水力动力学条件。反冲洗时需保持各滤料冲起膨胀率的一致性,因此选择滤池的各滤料颗粒粒径和比重时要互相匹配及保持相同的临界流速。否则会引起冲洗不彻底、滤层混杂及表层轻质滤料流失,这是应该极端注意的问题。目前,为获得稳定的间隙,组成合理的滤层,双层滤池的经验数据是:滤料在水中的比重差控制在不小于 4,体积比不大于 4^[11]。

3.2 适宜滤速的选择

生物强化活性滤池采用多层滤料,必然滤料粒径增加、滤层水头损失减小、过滤周期延长、产

水量增加。与此同时,随着滤料粒径的加大,虽然能更多地发挥下层滤料的截留作用,但同时也对穿透深度带来影响,即在其它条件等同时,穿透深度也增大;在原水水质恶劣及水温低的季节,易发生穿透现象。同时,为保证滤池截留和吸附的生物量,该滤池滤速必然不宜过大。另外,对该滤池而言,提高滤池产水率则要求不宜选择过低滤速。

3.3 反冲洗方式和强度的选择

生物强化过滤过程中截留和富集了大量生物和非生物颗粒,因此反冲洗过程必须有效地去除非生物颗粒,控制滤池水头损失增长并且尽量减少对池中生物量及其活性的冲击。有研究表明生物颗粒较非生物颗粒与滤料之间有更强的结合力,因此适合普通快滤池的气水反冲方式不会导致生物强化活性滤池内生物量的过量损失,也不会降低其对 AOC 的去除效率,并且下一个过滤周期水头损失无显著增加^[12]。国内学者的研究中多采用 30% 左右的膨胀率对生物强化活性滤池进行水反冲洗。

4 结语

发掘适于微生物附着生长的滤料,有利于营造微生物生长的微环境,从而进一步发挥生物强化活性滤池生物处理和物理吸附双重功效,提高对有机微污染物及氨氮的去除效果。选择既经济又适合生物过滤的滤料将成为生物强化活性滤池

研究的一个重要方向。

参考文献

- [1] 黄晓东,李德生,等. 生物活性滤池的强化过滤研究[J]. 中国给水排水, 2001, 17(8): 10 - 13.
- [2] 李德生,黄晓东,王占生. 微污染源水净化新工艺 - 生物强化过滤研究[J]. 中国给水排水, 2000, 16(10): 18 - 20.
- [3] 龙小庆,富良,顾玉其,等. 活性滤池去除微污染水中的有机物和氨[J]. 中国给水排水, 2002, 18(8): 44 - 45.
- [4] 仲立娟等. 复合生物活性滤料滤池的性能研究[J]. 中国给水排水, 2001, 17(12): 1 - 5.
- [5] Mark W. Lechevallier, William C. Becker, et al. Evaluating the performance of biologically active rapid filters[J]. AWWA, 1992, 84(4): 136 - 146.
- [6] 许保玖. 给水处理理论和设计[M]. 北京: 建筑工业出版社, 2002, 124 - 127.
- [7] Daniel Urfer, Peter M Huck, et al. Biological filtration for BCM and particle removal: article review[J]. AWWA, 1997, 89(12): 83 - 98.
- [8] 于鑫,张晓健,王占生. 饮用水生物处理中生物量的脂磷法测定[J]. 给水排水, 2002, 28(5): 1 - 5.
- [9] J. Zwang, R. S. Summers, and Richard J. Miltner. Biofiltration performance: part 1, relationship to biomass[J]. AWWA, 1995, 87(12): 55 - 63.
- [10] Xi Bo Liu, Peter M. Huck, and R. M. Slawbin. Factors affecting drinking water biofiltration[J]. AWWA, 2001, 93(12): 90 - 100.
- [11] 丁云鹤. 吸附 - 过滤双层滤料滤池的设计与运行[J]. 净水技术, 2000, 19(4): 37 - 39.
- [12] Rasheed Ahmad and A. Amirtharajah. Detachment of particles during biofilter backwashing[J]. AWWA, 1998, 80(12): 74 - 84.

作者简介:梁汀(1979 -),女,福建福州人,工学硕士,研究方向:水污染控制工程,发表论文 1 篇。

(上接第 222 页)

3 结论

(1) 活菌固定化小球和死菌固定化小球对蒽醌染料活性艳蓝 KN - R 都具有较好的脱色效果,但活菌固定化小球效果更佳。

(2) 脱色反应对 pH 和温度的要求都不严格,但在 pH 为 5.0、33 时都能达到最佳脱色效果。

(3) 染料浓度对脱色率有一定的影响,当染料浓度为 50 mg/L 时脱色率最高。

(4) 活菌固定化小球和死菌固定化小球都在 66h 脱色率达到最高。

(5) 活菌固定化小球可重复利用多次,说明具有较好的实际应用潜能。

参考文献

- [1] 程洁红,李尔扬. 三株处理印染废水细菌的分离及鉴定[J]. 江苏石油化工学院学报, 1998, 10(4): 31 - 33.
- [2] 梁浓平,王菊思,赵丽辉. 染料脱色菌的筛选及脱色试验[J]. 环境科学, 1998, 19(4): 13 - 17.
- [3] 刘志培,杨惠芳. 假单胞菌 S - 42 对偶氮染料脱色和降解代谢. 微生物学报[J]. 1998, 29(6): 418 - 426.

[4] 宋文华,颜慧,胡国臣. 蒽醌染料及中间体脱色优势菌的特性研究和基因定位[J]. 环境化学, 1999, 18(3): 263 - 269.

[5] 辛宝平,庄源益,邹其猛,等. 青霉菌 GX2 对蒽醌染料的吸附作用[J]. 环境科学, 2001, 22(1): 14 - 18.

[6] Wang Yuxing, Yu Jian. Laccase - Catalyzed Decolorization of Synthetic Dyes. 1999, 33: 3512 - 3520.

[7] 王建龙,施汉昌,钱易. 固定化微生物技术在难降解有机污染物治理中的研究进展[J]. 环境科学研究, 1999, 12(1): 60 - 64.

[8] Cassidy MB, Lee H, Trevors J T. Environmental applications of immobilized microbial cells: a review[J]. J. Ind. Microbiol., 1996, 16(1): 79 - 101.

[9] 蒋宇红. 几种固定化细胞载体的比较[J]. 环境科学, 1992, 14(2): 135 - 140.

[10] 董新姣,林晓华. 青霉菌对活性艳蓝 KN - R 的吸附作用[J]. 应用与环境生物学报, 2003, 9(2): 179 - 182.

[11] 辛宝平,庄源益,邹其猛,等. 青霉菌 GX2 对蒽醌染料的吸附作用[J]. 环境科学, 2001, 22(1): 14 - 18.

[12] 李蒙英,孟详勋,王雪峰,等. 青霉菌对三种活性染料的吸附和降解[J]. 中国环境科学, 2001, 21(5): 449 - 452.

[13] 刘志培,杨惠芳,周培瑾. 苯胺降解菌的分离和特性研究[J]. 环境科学学报, 1999, 19(2): 174 - 179.

[14] 董新姣,吴楚. 染料脱色菌群的初筛及脱色条件的研究[J]. 浙江师大学报, 1999, 22(4): 71 - 75.

作者简介:董新姣(1966 -),女,浙江东阳人,副教授,大学本科毕业,1986年毕业于温州师范学院化学系,现从事环境微生物学方面科研与教学工作,已发表论文 30 余篇。