

填料对曝气生物滤池效能的影响

严子春^{1,2}, 龙腾锐¹, 何强¹

(1.重庆大学城市建设与环境工程学院, 重庆 400045;

2.兰州交通大学环境与市政工程学院, 甘肃 兰州 7300710)

摘要:曝气生物滤池是一种新兴的污水处理技术,填料的选择是滤池设计和影响出水水质的关键因素。填料类型、填料粒径、滤层高度对曝气生物滤池的效能有重要影响。开发新型填料是提高曝气生物滤池效能的有效途径。

关键词:曝气生物滤池; 填料; 滤池效能; 生物处理

中图分类号: X703.1, TQ085.413

文献标识码: A

文章编号: 1000-3700(2005)05-0027-03

曝气生物滤池是以填料为生物膜载体,集生物降解、过滤、吸附等功能于一体的一种新型的污水处理技术。它具有处理效率高、出水水质好、基建投资省、管理方便等特点。从曝气生物滤池的发展看,填料的研究开发是核心问题。常见的无机填料有焦炭、石英砂、活性炭、膨胀硅铝酸盐、陶粒,有机高分子填料有聚苯乙烯、聚氯乙烯、聚丙烯^[1]。无机填料一般为沉浸式填料,而有机高分子填料一般为上浮式填料^[2-3]。填料与曝气生物滤池的结构形式及成本密切相关,且对曝气生物滤池的效能有重要影响。

1 生物滤池对填料的基本要求

1.1 填料表面适于微生物附着和生长

填料表面的物理和化学性质影响微生物附着、生长和生物膜的形成。表面粗糙、多孔的填料挂膜较快、生物量较高。粗糙、多孔的填料增加了载体与微生物接触的有效面积,可以保护固定微生物免受过强水力剪切作用,为微生物提供理想的生长、繁殖地^[4]。

填料的表面结构、表面电位、亲水性等因素影响生物膜的附着。微生物一般带负电荷,而且亲水,因此填料表面带正电荷或亲水性强将有利于微生物固定。有些塑料填料在使用前还进行了提高表面亲水性的处理^[7]。

1.2 化学及生物稳定性好

在曝气生物滤池中,填料处于气液两相流的环境中,水中各种化学组分可能对填料产生腐蚀作用,附着在填料上的生物膜在代谢过程中也会产生各种代谢产物,其中部分代谢产物可能会产生腐蚀作用,同时填料也应对微生物无有害和抑制作用,不造成二次污染。因此,填料应具有较高的惰性,抗化学腐蚀且自身不被生物降解。

1.3 物理特征和机械性能适于反冲洗

曝气生物滤池需要定期反冲洗,清除截留的污染物以及过多的生物量,以防止滤池堵塞和保持生物膜的活性。填料的密度对于反冲洗是一个重要的影响因素,如果密度过大可造成悬浮困难或耗水耗能过高,若密度过小,在反冲洗时容易跑料且不易控制反冲洗强度。反冲洗过程中水力剪切作用较强、载体之间摩擦碰撞激烈,填料须具有一定的机械强度,以避免在滤池运行过程中磨损严重而不能满足滤池要求,频繁更换填料会造成运行费用升高。

1.4 价格适宜

填料价格影响工程投资和运行费用,如有一些廉价的天然材料可用作填料可节省投资,但填料密度和流化速率等性能不适于反冲洗,可能增加能耗,从而影响运行费用,现已开发的一些合成填料性能较好,但可能成本价格较高。因此,选用填料时要同时考虑其性能和价格,兼顾两者,优化选择。

收稿日期:2004-01-08

基金项目:国家“十五”科技攻关子专题(2001BA604A01-03-02)

作者简介:严子春(1972-),男,重庆大学博士生,主要从事水处理技术研究。

2 填料对曝气生物滤池效能的影响

2.1 填料类型的影响

现已开发的曝气生物滤池有 Biocarbon、Biofor、Biostyr、Biopur、Biosmedi 等,这些不同形式曝气生物滤池采用填料不同,滤池的构形、运行方式以及反冲洗方式也存在很大差异(见图 1)。根据滤池水流方向可分为上向流、下向流,根据水流和气流方向可分为同向流、逆向流。

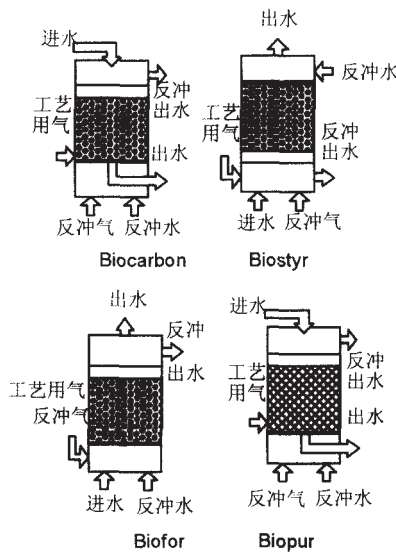


图 1 不同形式 BAF 示意图

Biofor 采用粒状浸没式填料,污水的运行为上向流,工艺用气自下而上,气水同向^[9]。Biostyr、Biosmedi 和 Biofor 的主要不同之处在于采用了密度小于水的填料。Biostyr 采用聚苯乙烯小球作为填料,Biosmedi 采用人工合成轻质颗粒填料,两者运行时都采用上向流,在滤池顶部设格网或滤板以防填料流失,正常运行时填料呈压实状态,反冲水采用下向流以冲散压实的填料,反冲水从滤池底部流出。Biostyr 和 Biosmedi 主要不同之处是反洗方式有所不同,Biostyr 反冲洗时采用气水联合反冲,而 Biosmedi 用滤池出水进行脉冲反洗^[9-11]。

Biocarbon 和 Biopur 相比较,滤池形式基本相同,主要不同之处是填料不同,污水的运行都是下向流,工艺用气自下而上,气水两向为逆向流,有较高的氧利用率。Biocarbon 使用粒状填料,由于被截留的 SS 主要集中在滤池上端几十厘米,因此滤池纳污率不高,容易堵塞,运行周期短。而 Biopur 生物滤池以规整波纹板为填料,且采用粗管状曝气头,因此减少了堵塞现象^[12-13]。

重庆大学城环学院承担的国家 "十五" 科技攻关子专题 "城镇污水高效低耗曝气生物滤池技术研究",采用新型催化填料、新池型,研究开发了折流曝气生物滤池以及侧向流曝气生物滤池,初步研究表明这两种新型曝气生物滤池对 SS、COD 等有很好的去除效果,现正在进行除磷脱氮和处理机理等方面的深入研究。

填料种类不同,其表面结构及物化特性不同,因而生物滤池去除污染物的性能可能不同。M. Hirai 等人通过对比研究了多孔陶瓷 (A)、烧结方英石 (B)、烧结黑曜石 (C)、粒状烧结粘土 (D) 四种无机填料生物除氨的效果,发现 A、C 具有高空隙率和合适的孔径,因而具有很好的除氨能力^[14]。也有研究表明,悬浮式填料比浸没式填料有较高的 SS、有机物的去除率有更强的耐有机负荷和水力负荷冲击能力^[15]。

2.2 填料粒径的影响

填料粒径是影响滤池处理效能的重要参数。Kent 等人研究了曝气生物滤池去除氨氮试验(见表 1)^[16],表明滤料粒径为 2~4 mm 时曝气生物滤池的硝化功能比滤料粒径为 4~8mm 和 5.6~11.2mm 要好得多。OTV 公司关于填料粒径与出水 BOD₅、TSS 浓度的关系的研究(见表 2)也表明填料粒径越小,出水水质越好。以上研究说明填料粒径较小时,由于填料的比表面积较大,单位体积内的微生物量较高,因此处理效果较好。

表 1 Lytag 填料对氨氮的去除 (%)

氨氮负荷 (kg/m ³ ·d)	填料粒径(mm)			
	2~4	2.4~3.6	4~8	5.6~11.2
0.20	99.0	97.0	—	91.6
0.30	98.2	91.	80.5	62.7
0.48	89.7	78.5	64.7	36.1
0.90	34.7	634	30.3	13.3

表 2 填料粒径与出水水质

填料粒径(mm)	出水水质(mg/L)	
	BOD ₅	TSS
2~4	10	10
3~6	20	20
4~8	30	30

填料粒径也是影响滤池运行周期的重要参数。OTV 研究了填料粒径与固体容重关系(见表 3),表明填料粒径越大,滤层的含污能力就越大。Rebecca

表 3 填料粒径与固体容量

填料粒径(mm)	固体容量(kg/m ³)
2~4	1.0~1.5
3~6	2.2~2.7
4~8	3.0~3.5

Moore等人以 Starlight C 为填料研究了填料粒径和反应器的运行周期(见表 4)^[17], 研究表明填料粒径越大, 滤池越不容易堵塞, 运行周期相对较长。较大粒径填料(2.5~4.5 mm)的运行周期比较小粒径填料(1.5~3.5 mm)的运行周期延长了近 70%。且较大粒径填料易与水分离, 可加快反冲洗过程, 并减少填料流失。SS 截留曲线和水头损失增加曲线说明填料粒径较小时不易发挥填料深层的作用, 但填料粒径较大时反冲洗后不能马上稳定去除 SS, 且硝化作用较低。

表 4 BAF 在不同粒径填料时的运行周期

流速(L/min)	BAF 的运行周期 (min)	
	1.5~3.5(mm)	2.5~4.5(mm)
0.3	47	78
0.4	30	51
0.5	27	37
0.6	21	29

填料粒径对曝气生物滤池的处理效能和运行周期都有重要影响, 填料粒径较小时处理效果较好, 但填料粒径较小时, 滤池容易堵塞, 运行周期相对较短, 需频繁反冲洗, 且不易发挥填料深层的作用。因此, 曝气生物滤池选用填料需要同时考虑滤池的处理效能和运行周期, 根据滤池进水水质和处理要求进行优化选择。

2.3 滤层高度的影响

在曝气生物滤池中可沿水流方向形成不同的优势菌群, 这就使除 C 外, 硝化 / 反硝化可在同一池中发生^[18]。李亚新等人通过下向流 BAF 的研究, 表明从填料顶部下至 0.8m 深度之间, COD 去除明显, 而氨氮在 0~0.6m 之间去除效果较差, 但在 0.6~1.4m 氨氮浓度显著下降(见图 2 和图 3)^[19]。江萍等人用气液并流上升式的串联两极反应器 (CN 塔 N 塔) 进行了处理生活污水的试验, 污水流经总高度约 1.3m, 滤层高度对处理效果的影响见表 5^[20]。上述试验结果说明滤池进水端生长着大量异氧菌, 而在滤池另一端硝化菌占优势。

滤层高度与出水水质密切相关^[21], 在一定范围内, 增加滤层高度可提高滤池的处理效果保证出水

水质, 但同时增加的污水提升扬程和反冲洗强度将导致能耗升高。

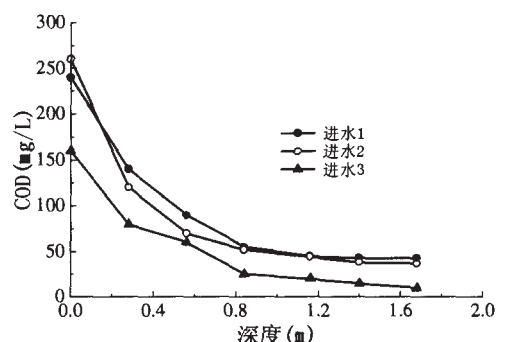


图 2 COD 沿滤层高度的变化

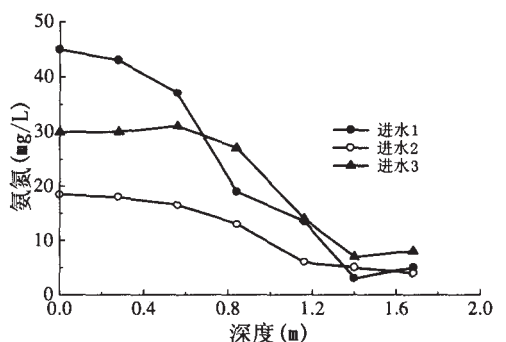


图 3 氨氮沿滤层高度的变化

表 5 滤层高度对处理效果的影响

滤层高度(m)	CN塔		N塔	
	0.370	0.635	0.990	1.255
COD去除率(%)	47.70	70.40	90.00	93.20
氨氮去除率(%)	11.63	22.20	50.00	80.00

3 结 论

填料是曝气生物滤池的关键, 填料类型不同滤池的构形及运行方式等可能存在很大差异, 研究开发新型填料和与之相适应滤池形式是提高曝气生物滤池效能的有效途径; 填料粒径、滤层高度影响曝气生物滤池的处理效能, 因此, 为提高曝气生物滤池的效能须对填料进行选择, 对填料粒径和填料高度进行优化。

参考文献:

- [1] B Hodkinsn, J B Williams, J E Butler. Development of biological aerated filters[J]:A review.J.CIWEM, 1999,13:250-254.
- [2] 马军, 邱立平. 曝气生物滤池及其研究进展[J]. 环境工程, 2002, 20(3).
- [3] 王劲松, 胡勇有. 曝气生物滤池填料的研究进展[J]. 工业用水与废水, 2002, 33(5).
- [4] 刘雨, 赵庆良, 郑兴灿. 生物膜法污水处理技术. 第一版[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000, 26-40.

(下转第 54 页)

六偏磷酸钠的研究表明,磷酸钠和三聚磷酸钠具有很好的阻垢性能。

通过对三种有机膦酸:ATMP、HEDP、EDTMP 的研究表明,HEDP 的阻垢效果最好,且 HEDP 具有很好的热稳定性,因此它是目前较受欢迎的阻垢剂之一。

参考文献:

- [1] 碳酸钙沉积法[M].石油部暂行规定 SF002-83,1984.
- [2] 冯敏主编.工业水处理技术[M].北京:海洋出版社,1992.
- [3] 吴星五.微电解法检测冷却水的结垢性能研究[J].中国给水排水,1999,15(10):1-4.
- [4] 秦晓,韩柏平,等.石英微天平快速测垢技术[J].中国给水排水,1999,15(12):6-9.
- [5] C Babrielli,*et al.* Quartz Crystal Microbalance Investigation of Electrochemical Calcium Carbonate Scaling [J].J.Electrochem. Soc.,1998,145(7),2386-2395.

EVALUATION OF SCALE INHIBITOR PERFORMANCE BY CEG METHOD

Qin Xiao, Han Bo-ping

(School of Environmental Science & Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: Scale inhibitor performance was evaluated by quartz microbalance chronoelectrogravimetry (CEG). The chemical scale-inhibiting methods include acidic treatment, inorganic phosphate and organic phosphates treatments. The results showed that HEDP was an effective and stable chemical scale inhibitor; CEG can reflect the scaling ability quickly and correctly and is a simple, highly effective measure to develop new chemical scale-inhibitor.

Key words: quartz microbalance; chemical scale-inhibitor; scale-inhibiting performance

(上接第 29 页)

- [5] 余淦申.生物接触氧化处理废水技术[M].北京:中国环境科学出版社,1991,44-58.
- [6] 聂军,王珊珊.第三代生物膜反应器 BIOFOR[J].给水排水,1998,24(10).
- [7] 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).
- [8] 张忠波,陈吕军,胡纪翠.新型曝气生物滤池—Biostyr[J].给水排水,2000,26(6).
- [9] 邹伟国,孙群,王国华,等.新型 BIOSMEDI 滤池的开发研究[J].中国给水排水,2001,17(1).
- [10] 齐兵强,王占生.曝气生物滤池在污水处理中的应用[J].给水排水,2000,26(10).
- [11] 王飞际.一种新的污水处理技术—BIOPUR 法[J].给水排水,2001,27(1).
- [12] M Hirai,M Kamamoto,M Yani,*et al.* Comparison of the biological NH₃ removal characteristics among four inorganic packing materials [J].Journal of bioscience and bioengineering,2001,91(4):428-430.
- [13] Allan TMann,L Mendoza-Espinosa,Tom Stephenson.Performance of floating and sunken media biological aerated filters under unsteady state conditions[J]. Water Research. 1999,33(4): 1108-1113.
- [14] T D Kent,S C Williams,C S B Fitzpatrick.Ammoniacal nitrogen removal in biological aerated filters: the effect of media size[J].J. CIWEM, 2000, 14:409-414.
- [15] R Moore,J Quarmby,Tom Stephenson. The effects of media size on the performance of biological aerated filters[J].Water Research, 2001, 35(10):2514-2522.
- [16] 徐亚明,蒋彬.曝气生物滤池的原理及工艺[J].工业水处理,2002,22(6).
- [17] 李亚新,华玉妹.生物曝气滤池处理生活污水工艺特性研究[J].给水排水,2001,27(9).
- [18] 江萍,胡九成.国产轻质球形陶粒用于曝气生物滤池的研究[J].环境科学学报,2002,22(4).
- [19] F Osorio, E Hontoria.Optimization of Bed Material Height in a submerged Biological Aerated Filter [J].Journal of Environmental Engineering, 2001,127(11): 974-978.

EFFECT OF MEDIA ON PERFORMANCE OF BIOLOGICAL AERATED FILTERS

Yan Zi-chun, Long Teng-rui, He Qiang

(1.Faculty of Urban Construction and Environmental Engineering, Chongqing University, Chongqing 400045;

2.College of Environmental and Municipal Engineering, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730050,China)

Abstract: Biological aerated filters(BAFs) is a recently developed process for wastewater treatment, media selection is critical in the design and operation of BAFs to achieve qualified effluent quality requirements. Media type, media size and bed material height have important effect on performance of BAFs. Developing new media is a new approach to improve removal efficiency of BAFs.

Key words: biological aerated filter; media; performance of filter; biological treatment