气体生物滴滤池载体性能比较实验研究*

羌宁, 季学李, 顾国维(同济大学环境科学与工程学院污染控制与资源化国家重点实验室, 上海 200092, E-mail: qiangn@online.sh.cn)

摘要: 通过动态条件挂膜和静态降解曲线比较对丝网、ACOF、聚乙烯多面小球、炉渣等介质作为气体生物滴滤池生物载体材料的性能进行了研究. 实验结果表明, 4种材料都可用作生物载体材料, 各材料的挂膜量比为: 丝网∶ACOF∶多面小球∶炉渣= 7.14∶9.52∶2.05∶1, 半降解时间比大致为: 丝网∶ACOF∶多面小球∶炉渣= 0.43∶0.5∶0.7∶1, 网状结构的丝网和ACOF挂膜量大、降解效果好, 比表面积大的多面小球次之, 炉渣最差. 实验还表明: 4种挂膜载体在闲置一段时间后, 具一定吸附性能的ACOF的降解性能缓冲、恢复效果最佳, 短时间的闲置(如24h)对挂膜载体降解性能损害不明显.

关键词: 生物滴滤地, 生物载体, 挥发性有机气体, 性能对比.

中图分类号: X701.7 **文献标识码**: A **文章编号**: 0250-3301(2000)01-0045-04

Experimental Evaluation of the Packing Media for Biotrickling Filters*

Qiang Ning, Ji Xueli, Gu Guowei (State Key Lab. of Pollution Control and Resources Reuse, School of Environ. Sci. & Eng., Tongji University, Shanghai 200092, China E-mail: qiangn@online.sh.cn)

Abstract: Experiments were conducted to evaluate the performance of weir mesh, active carbon on fiber (ACOF), polypropylene multi-face ball, coal cinder, which are employed as packing media of biotrickling filter. The biofilm on the every packing media surface was cultured in same portion of a operating biotrickling reactor under same substrate and nutrient condition. Then, equal amount of each packing media was used to make sorption and degradation curve in parallel. The ratios of biomass on the each media surface are mesh∶ACOF∶polypropylene multi-face ball∶coal cinder= 7.14∶9.52∶2.05∶1, the ratios of half-degradation time among each media degradation curve are mesh∶ACOF∶polypropylene multi-face ball∶coal∶cinder= 0.43∶0.5∶0.7∶1. ACOF, which has a certain adsorption capacity, as a bio-carrier, display better buffering and recovering performance than others after a period of no-use. Short period of no-use (such as 24 hours) cause no obvious performance deterioration of all biofilm on every packing media.

Keywords: biotrickling Filter, packing media, VOCs abatement, evaluation.

生物法净化气体有机物的研究与开发已成为废气净化工艺研究的热点之一[1~4]. 生物过滤器(Biofilter)在污染物负荷较低的脱臭等领域已有许多的研究应用实例[5]. 对于负荷能力较大、操作弹性好的生物滴滤池(Biotrickling Filter)而言, 有关的研究报道很多, 主要侧重于处理对象、工艺操作和模型等方面的研究[6~9], 采用的填充生物载体有不锈钢拉西环、玻璃、陶瓷填料、颗粒活性炭等, 但对在生物滴滤池中起极其重要作用的填充载体性能的全面比较研究的报道还很少[10]. 本研究采用动态条件挂膜与静态降解曲线测试相结合方式对目前可能进行工程化应用的几种材料进行了生物培养挂膜后降解性能比较, 为后续的动态实验研究及设备开发过程中的生物载体材料的选择提供依据.

1 实验方法与材料

以甲苯为处理对象, 通过动态试验装置, 让

* 国家自然科学基金资助项目, 编号: 59678022 (Project Supported by the National Natural Science Foundation of China, numbered: 59678022).
作者简介: 羌宁(1965~), 男, 在职博士, 副教授.
收稿日期: 1999-06-25

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

待比较的材料在相同生物生长环境条件下同步挂膜 .然后取相同体积的各类挂膜材料放入静态实验装置(如图1所示)中,密闭后通过覆盖四氟乙烯的硅橡胶采样孔注入一定量的分析纯甲苯,摇晃让其挥发,按一定的时间间隔测定容器内气相中甲苯的浓度,绘制出降解曲线,据此比较降解性能,测定降解参数 .

本实验用丝网填料,纤维粘附活性碳(简称ACOF),聚丙烯多面空心小球和炉渣为载体 .通过测定4种材料在空白及挂膜状态时对甲苯气体的静态吸附及降解曲线,研究比较各材料的性能 .此外,由于污染气体的特性为高度易扩散,通常无法进行气量和气质的均化调节,加之气态污染物排放源往往为非连续源,因此挂膜材料对负荷变化的适应性也是考察其性能的重要依据 .为此还进行了挂膜材料降解性能的静置恢复实验,即测定和比较新鲜、放置一段时间后挂膜材料的降解曲线 .4种试验材料的情况如表1所示 .

表1 试验用生物载体情况

项 目	ACOF	丝网	多面小球	炉渣
堆积体积/ml	20	20	24.6	20
重量/g	1.75	5.3	2.46	15
比表面积/$m^2 \cdot m^{-3}$	> 700 (外表面)	370	460	
空隙率 ϵ/%	91	97	84	63
来源	定制	市售	市售	筛选

实验所用微生物菌种由城市污水处理厂二沉池污泥通过以甲苯为唯一营养碳源和能源驯化而得 .挂膜过程:将待评估的载体材料计量后混合置于动态运行塔的中段,在评估材料的上下2端布置阶梯环起布气、布水和支撑作用;起始阶段通含甲苯气体并采用含驯化菌种的营养液循环喷淋;5d 后改换成不加菌种的营养液循环喷淋,同时开始测定此时的动态净化效果 .在挂膜过程中气相甲苯浓度较高,空塔气速也很大(达1000$m^3/(m^2 \cdot h)$),以保证达到微分反应器的条件,实现等条件挂膜和生物群落的平衡 .平衡是以动态净化效果的恒定为指示 .

甲苯分析测试通过HP4890气相色谱仪进行 .采用适用于芳香烃分离的HP5(HP part No.19095J-321)毛细柱为分离柱,以高纯氮为载气,空气助燃,氢火焰离子化检测器(FID)检测 .色谱条件为:柱温50℃,汽化室温度200℃,检测温度200℃ .进样采用HP 气密型进样针(HP part No.51829604)采集1ml 气体直接进样 .分析数据由HP3394积分仪处理输出 .此条件下甲苯保留时间为2.14min .

载体上所附着微生物量的测定:对一定堆积体积的挂膜载体通过超声波清洗再过滤烘干称重 .

湿度测定:HM 34温湿度计(芬兰Vaisala公司产) .

2 实验结果与讨论

2.1 空白吸附性能的比较

4种空白材料在中低湿度(相对湿度60%～65%)和高湿度(相对湿度94%以上)情况下的甲苯吸附结果如图2所示 .从图2可以看出,4种材料中除ACOF 外,其它材料对甲苯的吸附能力均很弱 .按吸附量减少排序为:ACOF、炉渣、丝网和丙烯小球 .从平衡后的数据计算可知:ACOF 对甲苯的吸附量也不大,在2g/m^3的气相甲苯浓度时ACOF 对甲苯的平衡吸附量为0.8mg/g .高湿度情况下,水蒸气的竞争吸附作用对甲苯吸附不利,但由于实验是采用加液体水的方式来对容器内部进行增湿的,还存在一定的液体水对甲苯的吸收作用 .

2.2 动态挂膜后的吸附吸收降解性能比较

图3,图4分别为4种材料挂膜后对较高浓度和较低浓度气体的静态降解曲线 .

从图3可以看出,挂膜后的介质由于生物降解作用大大提高了对甲苯去除效果 .比较挂膜后介质间的净化效果,2种浓度情况下,丝网和ACOF 的净化能力都大于多面小球,而炉渣的降解能力最差 .由于培养条件(菌种、营养物水平等)基本相同,各材料表面的生物种群应基本相同,表现出的静态降解能力主要取决于各材料表面的生物膜量和传质情况 .各材料静态测定后进行的生物量测定结果和降解性能比较情况如表2所示 .

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

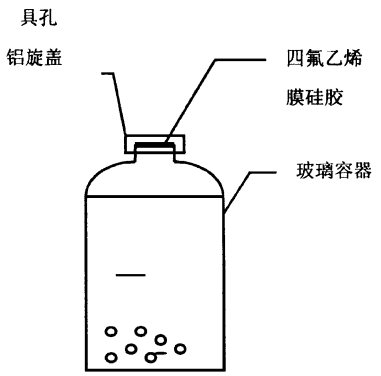

图1　静态试验模型示意

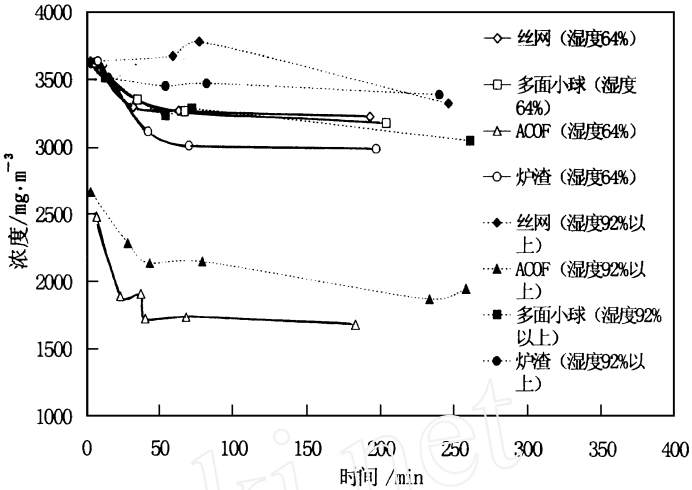

图2　不同湿度时空白载体对甲苯的吸附曲线

从表2中可以看出，ACOF的挂膜量最大，丝网次之，多面小球的挂膜量仅为丝网结构型材料的30%多，而炉渣只有10%左右．对挂膜材料的外观观察，丝网型填料由于线状挂膜的原因，在不堵塞的前提下，表面积呈增大的趋势；多面小球的物理结构使其内部的表面积因生物膜的淤积而减少，因此其有效传质表面积要远小于其物理面积．炉渣则因其本身的结构挂膜量较小．从传质的角度出发，多孔材料挂膜量较大，但需空隙率大，孔隙通透时才有利于静态的扩散传质．从表2中静态降解曲线的半降解时间对比可以看出，空隙通透的丝网填料因传质阻力小、挂膜量较大而表现出最好的降解速率．而挂膜量大、但空隙率不是最大的ACOF因为局部空间的堵塞而影响与外空间的接触面积，进而影响传质，表观去除能力也就稍逊于丝网．总之，丝网类挂膜载体表现出较好的吸附、吸收降解性能．

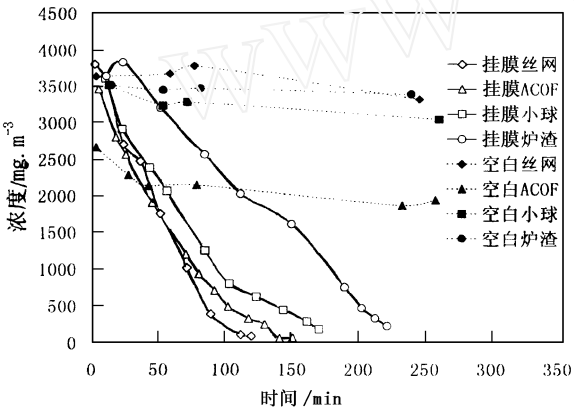

图3　空白、挂膜后的介质对中高浓度甲苯的降解曲线

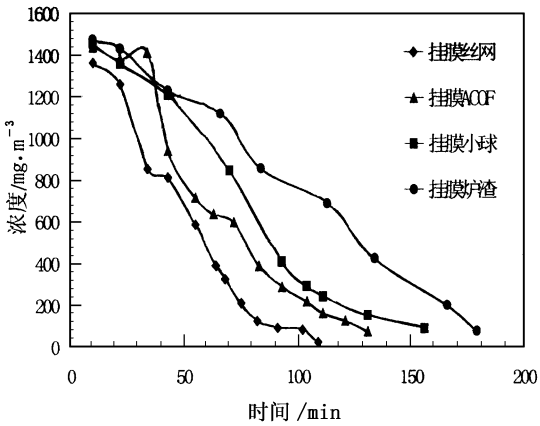

图4　不同介质挂膜后对较低浓度甲苯的降解曲线

表2　各挂膜载体的性能比较

项　目	ACOF	丝网	多面小球	炉渣
堆积体积/ml	20	20	24	20
重量/g	1.75	5.3	2.4	15
MLSS/g	0.8984	0.5644	0.1750	0.0956
VSS/g	0.6066	0.4553	0.1305	0.0639
VSS相对比例	9.52	7.14	2.05	1
半降解时间相对比例	0.5	0.43	0.7	1

2.3　静置恢复性能比较

新鲜与闲置1d、新鲜与闲置11d的对比情况如图5所示．闲置的环境温度25～32℃，自然通风．

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

从图5看出, 短期的闲置对挂膜材料的降解性能影响不大; 而较高温度下闲置11d 后, 挂膜介质的降解活性下降较大 .生物的降解活性取决于环境条件和生物量 .闲置对生物的影响表现在生物生长环境的变化(如水分的散失、排泄物的积累)和微生物内源呼吸的消耗 .短期的闲置对生物载体材料的表面环境和水分条件造成的变化不大, 发生的内源呼吸对生物量的影响也不大, 且微生物将液、固相中已吸收吸附的甲苯消耗殆尽后还有利于再加入甲苯基质的吸附吸收降解, 故图5中ACOF 的吸附降解能力还有增强的现象 .但长时间的放置, 对生物生长环境条件造成的影响较大且累积的内源呼吸量的作用也变得明显, 表现在降解性能有较大程度的下降 .在这其中,ACOF 由于持水能力和一定的吸附缓冲能力, 性能下降较少 .因此可能长时间净化设备停用的场合, 可以采用具一定缓冲性能的ACOF 作为生物载体材料 .

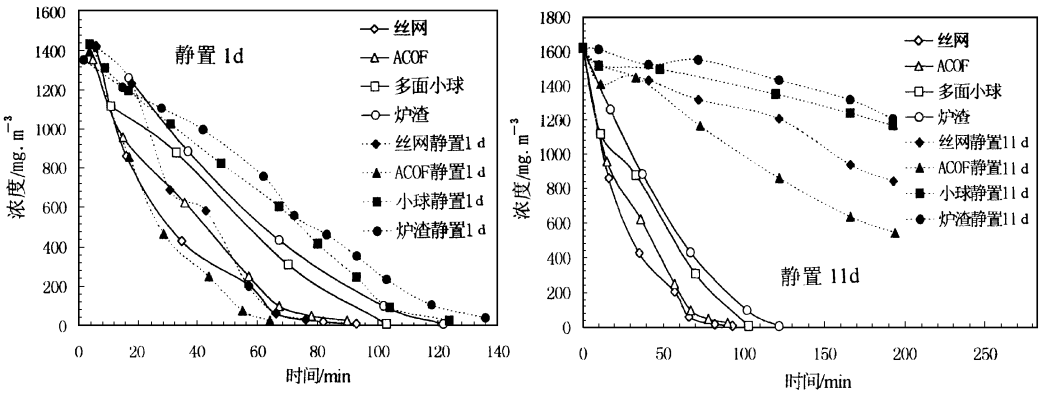

图5 新鲜与静置后挂膜载体甲苯降解性能对比

3 结论

(1) 空白对比实验表明丝网、多面小球、炉渣对气相中的甲苯吸附作用很弱,ACOF 对气相中的甲苯具有限的吸附能力 .

(2) 4种介质挂膜后的静态降解曲线比较实验表明: 丝网和具丝网结构的ACOF 挂膜量大, 降解能力强, 多面小球的降解性能次之, 炉渣最差 .

(3) 具一定吸附性能的ACOF 挂膜后的降解性能表现出较强的缓冲恢复效果, 其它介质的缓冲恢复性能较差, 短时间的闲置(24h) 对挂膜材料的性能影响不大 .

参考文献

1 Leson G et al. Biofiltration: An Innovative Air Pollution Control Technology for VOC Emissions. J. of Air & waste Manage Assoc., 1991, **41**(8): 1045～1054

2 蒋文举, 毕列锋, 李旭东. 生物法废气脱硝研究. 环境科学, 1999, **20**(3): 34～37

3 Fouhy K. Cleaning Waste Gas, Naturally. Chem. Eng., 1992, (12): 41～46

4 羌宁. 气态污染物的生物净化技术及应用. 环境科学, 1996, **17**(3): 87～90

5 Warren J. Swanson and Reaymond C Loehr. Biofiltration: Fundamental, Design and Operations Principles, and Applications of Biological APC Technology. J. Environ. Eng., 1997, **123**(6): 538～546

6 Christos J Mpanias, Basil C Baltzis. An Experimental and Modeling Study on the Removal of Monochlorobenzene Vapor in Biotrickling filters. Biotechnol. Bioeng., 1998, **59**(3): 323～343

7 孙佩石等. 生物膜填料塔净化有机废气研究. 中国环境科学, 1996, **16**(2): 92～95

8 Kurt Kirchner et al. Purification of Exhaust Air Containing Organic Pollutants in a Trickle-bed Bioreactor. Appl. Microbiol. Biotechnol., 1991, **35**: 396～400

9 Liu P K T et al. Engineered Biofilter for Removing Organic Contaminants in Air. J. of Air & Waste Mangage Assoc., 1994, **44**(3): 299～303

10 Sorial G A. Evaluation of Trickle Bed Biofilter Media for Toluene Removal. J. of Air & Waste Manage Assoc., 1995, **45**(10): 801～810

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net