

降解氯苯废气生物滴滤塔挂膜启动方式

杨百忍,丁成

(盐城工学院 环境科学与工程学院,江苏 盐城 224051)

摘要:以装填活性炭纤维布填料的生物滴滤塔为试验装置,以模拟氯苯废气为降解目标物,分别采用快速排泥法和气液相联合法对滴滤塔进行挂膜启动。结果表明:气液相联合法23 d实现挂膜启动,比快速排泥法挂膜启动时间缩短20 d左右,去除率变化更加稳定,进气中氯苯浓度4 000 mg/m³时两者去除率均达到50%。

关键词:生物滴滤塔;挂膜;启动;氯苯废气

中图分类号:TQ177.2

文献标识码:A

文章编号:1671-5322(2011)04-0060-04

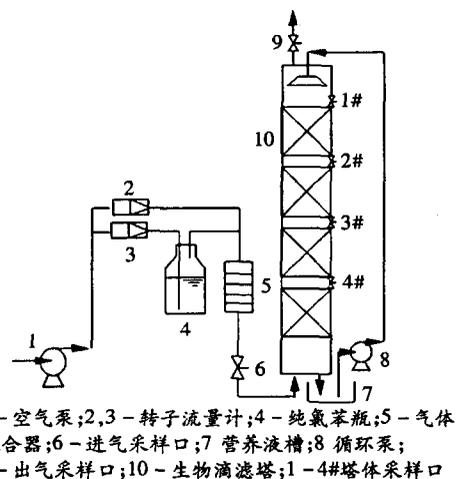
生物法处理有机废气是目前研究的热点之一,相对于传统处理方法,生物处理技术具有处理效率高、基建及运行费用低、无二次污染等优点。生物法处理废气的设备主要有:生物洗涤器、生物滤池、生物滴滤池^[1-3],研究较多的是生物过滤法和生物滴滤法。生物过滤法和生物洗涤器已被广泛应用于除臭,以工业废气为降解目标物时,生物滴滤法表现出更强的有机物降解能力。氯苯是一类卤代芳香族化合物,其气态型污染物进入大气会造成严重的环境污染,为联合国环境规划署列出的12类优先处理物之一,受到研究者^[4-6]的关注。

生物滴滤床反应器能否快速启动是成败的关键之一,启动的关键步骤是挂膜,挂膜方法一般有快速排泥法、液相间歇式法、液相连续流强化挂膜及气液相联合等方法。本试验以降解模拟氯苯废气的生物滴滤塔为研究对象,以活性炭纤维布为填料,研究采用快速排泥法和气液相联合法的生物滴滤塔挂膜启动过程。

1 材料与方 法

1.1 实验装置与流程

工艺流程及试验装置见图1所示。本试验有两套生物膜滴滤塔装置,结构、尺寸及填料装填一样,均以气液逆流的方式运行。生物滴滤塔由直径20 cm,高为180 cm的有机玻璃制成,装置有效



1-空气泵;2,3-转子流量计;4-纯氯苯瓶;5-气体混合器;6-进气采样口;7-营养液槽;8-循环泵;9-出气采样口;10-生物滴滤塔;11-塔体采样口

图1 试验装置及工艺流程图

Fig.1 Schematic diagram of the laboratory scale biotrickling filter

容积为0.04 m³。装置分为喷淋段、进气段和4个装填填料段,各段间以法兰连接。填料层高度为80 cm,分4层装填,每层填料高度20 cm,每层填料段上设置一个出气采样口。以活性炭纤维布为填料,其具有良好的保湿能力、较大的比表面积和孔隙率、较轻的比重,但其结构强度较差,装填时加入了大孔聚乙烯塑料网为填料支架以提高填料的强度,填料及填料装填方式见图2。

收稿日期:2011-11-01

基金项目:科技部科技型中小企业技术创新基金项目(09C26213203714);盐城工学院校级科研项目(XKY2011024)

作者简介:杨百忍(1980-),男,安徽宿州人,讲师,硕士,主要从事废气及废水污染控制研究。

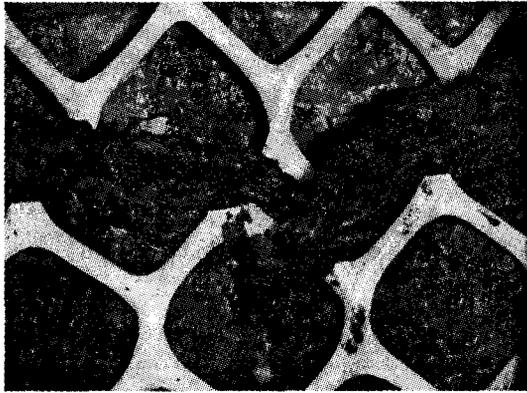


图2 填料及填料装填方式

Fig.2 Packing materials and filling patterns

试验中采用动态配气法配制模拟氯苯气体,从空气泵出来的空气经三通分成两路,一路进入避光纯氯苯瓶将氯苯吹脱后带出,与另一路空气在气体混合罐中混合,形成氯苯废气从装置底部进入滴滤塔。通过气体流量计控制氯苯气和空气的流量来调节模拟氯苯气体中氯苯的浓度。营养液经循环泵和喷淋装置自上而下喷淋,喷淋量通过流量计控制,为微生物提供生长必须的营养元素,同时保证生物膜保持一定湿度。

1.2 接种污泥及营养液

活性污泥取自盐城市城东污水处理厂。污泥取回后经淘洗去掉上清液和底物沉渣,加入一定量的水形成活性污泥混合液,曝气48 h,然后开始微生物的培养。每天给混合液中定量加入葡萄糖和氮、磷及微量元素,控制pH值在7左右,每48 h更换一次培养液,培养共持续6 d。

营养液由 NH_4Cl 、 KH_2PO_4 、 CaCl_2 、 FeCl_3 、 MnSO_4 、 ZnSO_4 、 CuSO_4 按比例配制,N:P比为5:1,使用时根据基质浓度的需要添加不同质量的葡萄糖,营养液中C:N:P为100:5:1。一些研究者^[7-9]以单位时间内喷淋营养液的量作为衡量指标,本试验在挂膜启动阶段以单位时间内喷淋量占到填料装填体积的百分数来确定,本试验控制单位时间内喷淋量占填料装填体积的50%,喷淋量20 L/h。

1.3 主要测试指标

以重量法测污泥浓度,pH计测pH值,气相色谱法测模拟氯苯气体进气和出气中氯苯浓度,光学显微镜观察生物相的变化情况。

1.4 污泥驯化

在污泥接种到生物滴滤塔前,先对污泥进行驯化,目的是通过培养驯化繁殖出对氯苯具有良好降解效果的优势菌种,淘汰大量非优势菌种,得到具有良好氯苯降解性能的活性污泥。把培养6 d后的污泥加入到生物流化床反应器中,加入营养液进行曝气,以逐步降低营养液中葡萄糖碳源浓度和提高曝气中氯苯浓度相结合的方式对污泥进行驯化,驯化阶段共持续30 d。驯化阶段工艺参数见表1。

表1 污泥驯化阶段工艺参数

Table 1 Experimental condition of sludge acclimation

阶段	驯化时间/ d	氯苯浓度/ $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$	基质浓度/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	HRT/ h
1	1~6	200	1 300	12
2	7~12	400	1 000	12
3	13~18	600	800	8
4	19~24	1 000	400	8
5	25~30	1 500	200	8

1.5 滴滤塔挂膜启动条件

本试验分别用快速排泥法和气液相联合法进行挂膜启动。是把填料挂膜与滴滤塔启动结合,以氯苯浓度为4 000 mg/m^3 的模拟气体去除率达到50%以上为启动结束标志^[5]。挂膜启动控制条件为:温度20~30℃,空塔停留时间(empty bed retention time,EBRT)120 s,营养液喷淋量20 L/h,营养液pH值控制在7~8。在挂膜启动前分别将驯化好的污泥40 L投入2个填料塔,完全淹没填料,浸泡24 h后放空,填料开始挂膜。

2 结果与讨论

2.1 挂膜启动方式选择

富立鹏^[2]以树皮为填料,在混合液中对树皮填料进行挂膜驯化,以逐渐减少营养液的投加量方式,在12 d内完成微生物以树皮为碳源的驯化挂膜。伍永刚^[7]研究了液相连续流强化挂膜法和气液相联合挂膜法对降解硫化氢气体的生物滴滤塔启动时间及效能的影响,研究表明采用液相连续流强化挂膜法成膜时间短,在环境温度20~28℃时7 d可以挂膜成功,硫化氢去除率稳定在95%以上。王丽萍^[8]采用高浓度甲苯气-液相联合强化接种挂膜方式完成对生物滴滤塔的挂膜,系统启动周期为16 d。倪建国^[9]采用以硝酸

钠为液相氮源、NO 为气相氮源的气液相联合挂膜启动方法对滴滤塔进行挂膜,在室温、NO 进气浓度(160 mg/m³)、停留时间 113 s 的条件下,接种驯化成熟种污泥的生物滴滤塔在 9 d 内完成挂膜。

本试验中 1 号滴滤塔采用快速排泥法挂膜启动,塔体放空后,通过蠕动泵连续加入人工配制的营养液,同时进行适当的曝气,挂膜期间保持营养液中基质浓度在较高浓度,营养液中 C:N:P 比为

100:5:1,通入低浓度模拟氯苯气体进行曝气。当填料表面附着生物膜后,逐渐降低基质浓度、提高模拟气体中的氯苯浓度。2 号滴滤塔采用气液相联合挂膜启动,以经过驯化后污泥加营养液为液相,以高浓度模拟氯苯气体为气相对试验装置进行挂膜。

2.2 处理效果

1 号滴滤塔和 2 号滴滤塔挂膜启动阶段模拟氯苯气体的去除效果见图 3。

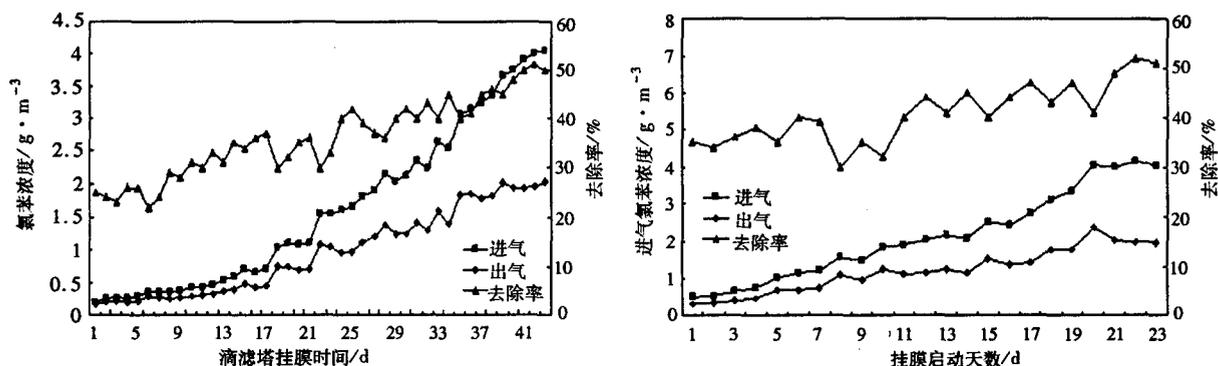


图 3 挂膜启动阶段 1 号和 2 号生物膜滴滤塔对氯苯的去除效率

Fig. 3 Removal efficiency of chlorobenzene gases during start-up stage

采用快速排泥法挂膜的 1 号生物滴滤塔挂膜启动阶段共持续 43 d,模拟气体中氯苯浓度由 200 mg/m³ 逐渐提高到 4 000 mg/m³,去除率由 25% 升至 50% 左右。采用气液相联合挂膜的 2 号滴滤塔挂膜时间共持续 23 d,模拟气体中氯苯浓度由 500 mg/m³ 逐渐提高到 4 000 mg/m³,去除率由 30% 升至 50% 以上。

2.3 启动时间

本试验 1 号滴滤塔挂膜启动时间共 43 d 左右,2 号滴滤塔挂膜启动时间为 23 d 左右,和上述研究者文献[2,7,8,10]相比,挂膜启动时间稍长,分析认为主要原因是:处理目标物性质不同,氯苯是有毒有害难溶气体,微生物挂膜驯化时间要长;上述研究者多填料挂膜阶段和生物滴滤塔启动阶段分开研究,本试验把两个阶段统一,填料挂膜结束即实现反应器启动,故时间要长。

挂膜启动初期 1 号滴滤塔去除率比 2 号滴滤塔去除率低 10% 左右,在挂膜启动结束时,去除率都到 50% 以上,1 号滴滤塔挂膜启动时间要多 20 d。分析认为导致这种情况最关键的原因是:1 号滴滤塔的填料只在混合液中浸泡 24 h 就放空,

接着开始喷淋,而喷淋液又定期更换,使得 1 号填料塔中的污泥接种浓度低,运行初期微生物增殖缓慢,影响了对氯苯废气的去除效果,延长了挂膜启动的时间。

2.4 运行稳定性

1 号滴滤塔在挂膜启动前 15 d,进气中氯苯浓度每 3 d 提高 150 mg/m³ 左右,后 28 d 每 3 d 进气中氯苯浓度提高 350 mg/m³ 左右。在氯苯浓度提高时去除率总是先降低再恢复升高,说明氯苯浓度的升高对滴滤塔运行稳定性是有冲击的。当氯苯浓度在 1 000 mg/m³ 以下,去除率处于一直上升的状态,去除率达到 37%,当进气中氯苯浓度升高到 1 000 ~ 3 000 mg/m³ 氯苯去除率波动较大,波动幅度在 5% ~ 8% 左右。进气中氯苯浓度在 3 000 ~ 4 000 mg/m³ 时,去除率稳定升高,去除率由 40% 升高到 50%。2 号滴滤塔每 3 d 氯苯浓度升高 500 mg/m³ 左右,去除率变化比较平稳,只有在进气氯苯浓度 1 000 mg/m³ 升高到 2 000 mg/m³ 过程中去除率有个明显的下降再恢复升高的趋势,去除率由 40% 降到 32% 左右,其余阶段基本处于去除率逐渐上升的阶段。

2号滴滤塔运行稳定性要好于1号滴滤塔。污泥接种量不够不但会延长生物膜滴滤塔的挂膜时间,更会影响挂膜阶段的去除效果。2号滴滤塔因为循环液中加入了经过驯化的接种污泥,污泥浓度要高于1号塔,挂膜时间缩短、运行稳定、氯苯降解效果好。

本试验在挂膜启动过程中,进气中氯苯去除率只能达到50%左右,比其他研究者^[4]的结果低30%左右,分析认为原因主要是进气中氯苯浓度改变后生物滴滤塔还没有完全运行稳定。

3 结论

在温度20~30℃、空塔停留时间120s、营养液喷淋量20L/h、营养液pH值控制在7~8条件下,采用气液相联合法挂膜启动23d完成挂膜启动,采用快速排泥法43d完成挂膜启动,进气中氯苯浓度4000mg/m³时去除率均能达到50%。足够的污泥接种量和接种污泥的良好性能的是保证生物滴滤塔挂膜启动成功的关键。

参考文献:

- [1] 李国文,胡洪营,郝吉明,等. 生物洗涤塔降解氯苯废气性能研究[J]. 化学工程,2003,31(5):50-53.
- [2] 富立鹏. 生物过滤除臭填料挂膜驯化试验研究[J]. 工业安全与环保,2007,33(12):6-7.
- [3] 齐国庆,刘发强,刘光利. 生物滴滤塔处理恶臭气体工艺优化试验[J]. 中外能源,2007,12(4):102-105.
- [4] 成卓韦,林雯雯,蒋轶锋,等. 利用紫外预处理加强氯苯的生物滴滤净化[J]. 环境科学,2010,31(5):1160-1166.
- [5] Chantal Seignez, Anna Atti, Nevenka Adler. Effect of Biotrickling Filter Operating Parameters on Chlorobenzenes Degradation[J]. Journal of Environmental Engineering, 2002, 128(4): 360-366.
- [6] Anil K Mathur, Sundaramurthy J, Balomajumder C. Kinetics of the removal of mono-chlorobenzene vapour from waste gases using a trickle bed air biofilter[J]. Journal of Hazardous Materials: B, 2006, 137: 1560-1568.
- [7] 伍永钢,任洪强,丁丽丽,等. 新型聚乙烯填料生物滴滤床净化硫化氢气体的启动研究[J]. 环境科学,2006,27(12):2396-2400.
- [8] 王丽萍,吴光前,何士龙,等. 高效生物滴滤系统净化甲苯废气快速启动研究[J]. 哈尔滨工业大学学报,2004,36(4):446-449.
- [9] 倪建国,吴成强,朱润晔,等. 生物滴滤塔反硝化净化NO_x废气的启动[J]. 中国环境科学2008,28(5):444-448.

Study on the Start-up and Biofilm Culturing in Biotrickling Filter Treating Waste Gas Containing Chlorobenzene

YANG Bai-ren, DING Cheng

(School of Environmental Science and Engineering, Yancheng Institute of Technology, Yancheng Jiangsu 224051, China)

Abstract: The start-up and biofilm culturing process of biotrickling filters treating waste gas containing chlorobenzene were studied. Sludge fast discharge method and gas-liquid phase joint inoculation method were used during start-up. The results showed that the start-up time of the latter is shorter, i. e. about 20 d, the removal efficiency kept above 50% when inlet chlorobenzene concentration about 4000 mg/m³ at the end of start-up.

Keywords: biotrickling filters; biofilm culturing; start-up; chlorobenzene gas

(责任编辑:范大和)