

# Liquid Aeration Tank of Formaldehyde Emissions Purification Role in Promoting Research

Jie WANG<sup>1</sup>, Pei-shi SUN<sup>1</sup>, Ping ZOU<sup>1</sup>, Jia-xiu SHU<sup>2</sup>, Li QIAO<sup>3</sup>, Wen-juan XIE<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Academy of Environment & Lake, Yunnan University, Kunming Yunnan China 650091

<sup>2</sup>School of Science Kunming Institute of Technology, Kunming Yunnan China 650093

<sup>3</sup>School of Life Science Yunnan University, Kunming Yunnan China 650091

Email: 2002207188@163.com

**Abstract:** Using the biological reactor to treat the low concentration of formaldehyde emissions, we studied the impact of several operating conditions: import gas concentration, gas flow and circulating liquid flow rate on the purification effect of formaldehyde. Effects of the composite bioreactor using a biological trickling filter were compared with that when using individual device. The results showed that the composite bioreactor using a biological trickling filter was better than individual device on the purification effect for formaldehyde, indicating that the installation of aeration tank is beneficial to the purification of formaldehyde emissions.

**Key word:** biological trickling filter; Aeration tank; Formaldehyde emissions

## 液相曝气池对甲醛废气净化的促进作用研究\*

王洁<sup>1</sup>, 孙珮石<sup>1</sup>, 邹平<sup>1</sup>, 束嘉秀<sup>2</sup>, 乔莉<sup>3</sup>, 谢文娟<sup>3</sup>

<sup>1</sup>云南大学环境与湖泊研究院 昆明 650091

<sup>2</sup>昆明理工大学理学院 昆明 650093

<sup>3</sup>云南大学生命科学学院 昆明 650091

Email:2002207188@163.com

**摘要:** 本文采用复合生物反应器净化低浓度的甲醛废气, 考察进口气体浓度、气体流量和循环液流量等操作条件对甲醛的净化效果的影响, 并与单独采用生物膜填料塔装置时进行了对比研究讨论。研究表明: 复合生物反应器比单独采用生物膜填料塔装置对甲醛有更好的净化效果, 说明曝气池的安装对甲醛废气净化有一定的促进作用。

**关键词:** 生物膜填料塔; 曝气池; 甲醛废气

针对建材成品中甲醛散发以及室内甲醛污染的治理问题, 国内外有关研究主要涉及木材行业的生态保护与评价、净化系统、工艺过程的控制、低含醛和低释醛材料、捕捉醛材料以及检测新方法等各个方面<sup>[1]</sup>。在木材加工、橡胶再生以及油漆喷涂等工业使用过程中排放甲醛废气, 无回收利用价值, 净化处理难度大且费用高, 而且对人体健康与生态环境的危害很大, 工业中甲醛废气的净化处理在国内外都是环境保护方

面的难题之一, 也是世界环境治理方面的热点研究课题。生物法处理低浓度甲醛废气净化效果好、操作稳定、运行费用低、无二次污染, 具有明显的技术和经济优势。

本课题组前期采用生物法净化低浓度甲醛废气取得了一定的研究成果, 达到工业生产中甲醛废气浓度时仍能有一定的净化效果<sup>[2-4]</sup>。在前期实验研究的基础上, 考虑到甲醛是易溶于水的气体, 在实验研究过程中发现循环液中甲醛有一定程度的积累, 本研究采用

\*国家自然科学基金项目 (5080854)

复合生物反应器同时净化气液相中甲醛。实验装置是在生物膜填料塔的循环液出口处增加一活性污泥曝气池装置。

### 1. 实验装置

实验装置如图 1 所示。实验采用逆流操作。甲醛废气采用动态法配制，纯甲醛气体和主气流首先在混合瓶中混合均匀，由塔底部进入生物膜填料塔，在甲醛废气上升过程中与填料上湿润生物膜接触而被净化，净化后气体从塔顶排出。含氮、磷营养成分的高位槽循环液体从塔顶向下喷淋到填料上，自上而下润湿整个填料层，并从塔底排出进入活性污泥曝气池中，经处理后流入循环水槽，然后由循环泵打回高位槽循环使用。活性污泥曝气池中加入从昆明市某城市污水处理厂曝气池中取来的活性污泥。实验在常温，常压下进行，填料塔中 pH 值控制在 6~8，实验过程气相样品由大气采样器收集，液相样品需事先蒸馏预处理，采集的气相、液相样品用乙酰丙酮比色法，721 自动数显分光光度计分析、测试，测试波长=413nm。

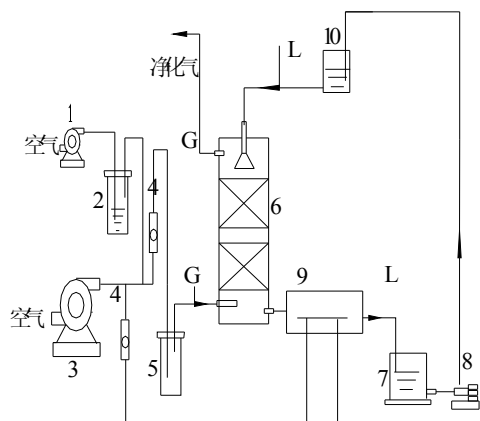


Figure.1 the hybrid biofilm reactor

图 1 复合生物反应器

- 1.小气泵 2.甲醛试剂瓶 3.风机 4.气体流量计 5.气体混合瓶
- 6.生物膜填料塔 7.循环水槽 8.循环水泵 9.曝气池
- 10.高位槽 G.气体取样点 L.液体取样点

### 2. 实验结果与分析

本实验采用复合生物反应器考察甲醛进口气体浓度、进口气体流量和循环液流量改变对甲醛净化效果的影响，并与单独采用生物膜填料塔时甲醛净化效果作对比，研究液相生物反应器（曝气池）的安装对甲醛净化效果的促进作用。

### 2.1 甲醛进口气体浓度对甲醛净化效果的影响

当气体流量为 200L/h，循环液流量为 10L/h 时，甲醛进口气体浓度在 50~220 mg/m<sup>3</sup> 内，比较安装活性污泥曝气池装置前后甲醛浓度变化对净化效率及生化去除量的影响，其结果见图 2-图 3。

图 2、图 3 表明，添加活性污泥曝气池装置后，处理系统对甲醛进口气体浓度在 50~220mg/m<sup>3</sup> 范围内的甲醛废气有很好的净化效果，净化效率稳定在 99%以上，当甲醛浓度从 50mg/m<sup>3</sup> 增加到 210mg/m<sup>3</sup> 时，净化效率变化不明显；处理系统对甲醛废气的生

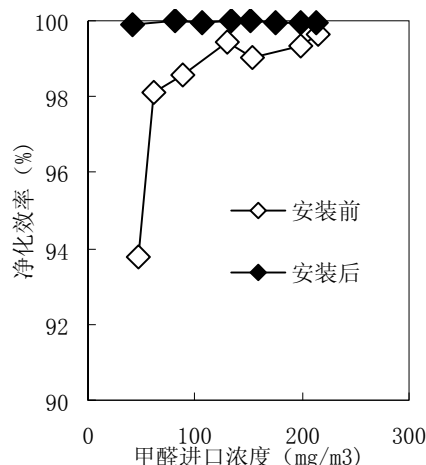


Figure.2 Effect of the concentration on formaldehyde removal efficiency with the biofilm reactor

图 2 安装活性污泥曝气池装置前后甲醛进口气体浓度对净化效率的影响

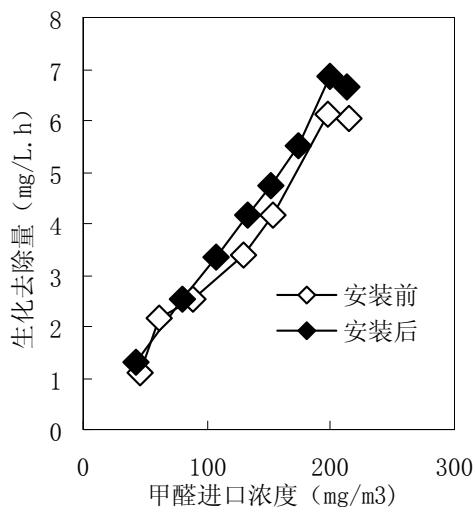


Figure.3 Effect of the concentration on formaldehyde biological elimination with the biofilm reactor

图3 安装活性污泥曝气池装置前后  
甲醛进口气体浓度对生化去除量的影响

生化去除量随甲醛进口气体浓度的增加而呈线性增加，当甲醛进口气体浓度为 200 mg/m<sup>3</sup> 时生化去除量有最大值 6.86mg/L·h，随着甲醛气相进口浓度的继续增加，生化去除量反而降低。在相同的实验条件下，复合生物反应器对甲醛的净化效果明显优于单一生物膜填料塔，且两处理系统中甲醛进口气体浓度对净化效率、生化去除量都有正作用。

### 2.2 进口气体流量对甲醛净化效果的影响

当甲醛进口气体浓度控制在 150mg/m<sup>3</sup> 左右，循环液流量为 10L/h、气体流量为 100~400 L/h 时，比较安装活性污泥曝气池装置前后气体流量的改变对甲醛废气的净化效率、生化去除量的影响，其结果如图 4、图 5。

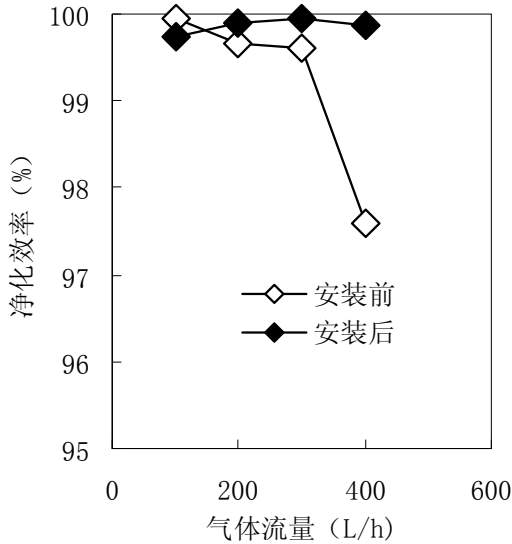


Figure.4 Effect of gas flow on formaldehyde removal efficiency with the biofilm reactor

图4 安装活性污泥曝气装置前后气体流量对净化效率的影响

由图 4、图 5 可知，气体流量在 100~400 L/h 范围内变化，随着气体流量的增加，复合生物反应器对甲醛的净化效率随气体流量的增加略呈上升趋势，甲醛净化效率维持在 99% 以上，而单一生物膜填料塔对甲醛的净化效率随气体流量的增加呈下降趋势；两个处理系统对甲醛的生化去除量都随气体流量的增加而增加，随着气体流量的增加，生物膜对甲醛废气的生化

去除量也随之增大，当气体流量为 400L/h 时生化去除量出现最大值 9.71mg/m<sup>3</sup>·h，当气体流量 100~300

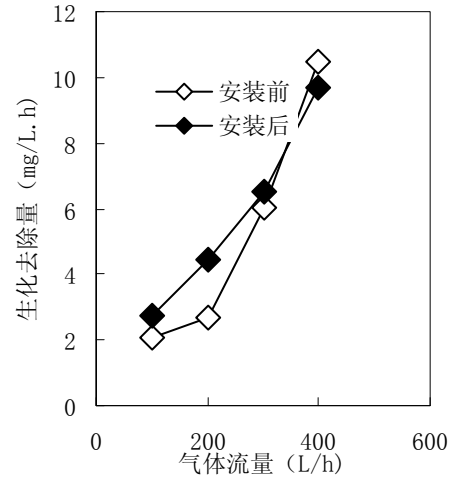


Figure.5 Effect of gas flow on formaldehyde biological Elimination with the biofilm reactor

图5 安装活性污泥曝气装置前后气体流量对生化去除量的影响

L/h 范围内变化时，复合生物反应器对甲醛的生化去除量高于单一生物膜填料塔，气体流量为 400 L/h 时，两净化系统对甲醛的生化去除量基本相当。

### 2.3 循环液流量对甲醛去除率的影响

当甲醛进口气体浓度控制在 150mg/m<sup>3</sup> 左右，气体流量 200L/h，循环液流量 5~40L/h，比较安装活性污泥曝气池装置前后循环液流量的改变对甲醛废气的净化效率、生化去除量的影响，其结果见图 6、图 7。

由图 6 可知，复合生物反应器系统中，循环液流量的变化对甲醛废气净化效率的影响不大，净化效率维持在 99% 以上。图 7 可知，复合生物反应器对甲醛废气的生化去除量随循环液流量的增加从 2.12 mg/L·h 逐渐增加到 3.22 mg/L·h；当流量为 40L/h 时生化去除量有最大值 3.22mg/L·h。复合生物反应器中循环液流量的增加对甲醛净化效果有一定的促进作用，而单一生物膜填料塔中循环液流量的增加对甲醛净化效果影响不大；且复合生物反应器对甲醛的净化能力明显优于单一生物膜填料塔。安装活性污泥曝气池装置后，液相中增加的微生物量可以吸收降解液相中溶解的甲醛，有效的解决安装前系统中过大循环液流量单纯促进气相甲醛进入液相，造成液相中甲醛累积的现象；且曝气装置也能增加循环液中 O<sub>2</sub> 含量，从而有利于生物膜微生物的生长，增大甲醛的生化去除

量。

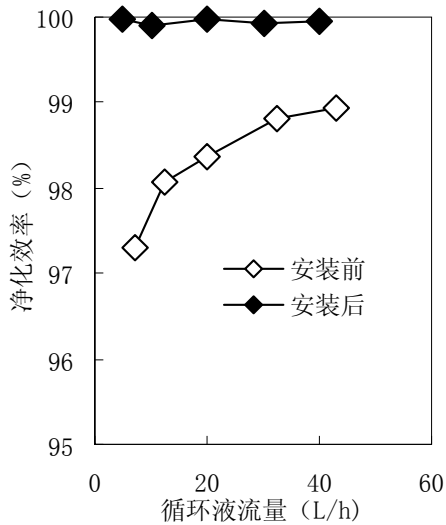


Figure.6 Effect of circulated liquid flow on the efficiency of formaldehyde removal efficiency with the biofilm reactor

图 6 安装活性污泥曝气装置前后循环液流量对净化效率的影响

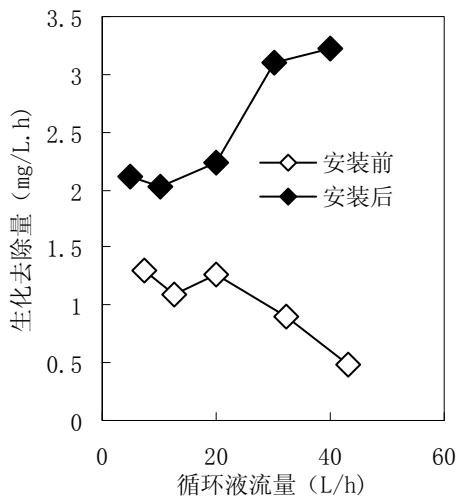


Figure.7 Effect of circulated liquid flow on the efficiency of formaldehyde biological Elimination with the biofilm reactor

图 7 安装活性污泥曝气装置前后循环液流量对生化去除量的影响

### 3. 优势菌种的鉴定分析

采用先进的分子生物学方法—免培养的变性梯度凝胶电泳 (DGGE) 方法研究生物降解甲醛体系的优

势菌群。该方法是用酶法提取基因组总 DNA，用一端带有 GC 发夹的通用引物扩增 16S rRNA 基因的 V3-V6 片段，再对 PCR 产物进行变性梯度凝胶电泳 (DGGE)。分别回收 DGGE 电泳图上的条带 (同一位置的条带割一条即可)。以此条带的 DNA 为模板分别进行 PCR 的再次扩增。纯化扩增产物，将纯化的再次 PCR 产物分别进行克隆、测序，将所测得的序列提交 NCBI，通过 Blastn 比对。

现将鉴定分析的活性污泥曝气池装置中微生物优势菌群和生物膜填料塔中微生物优势菌群作对比，其结果见表 1 所示。从气、液相中微生物优势菌群的对比来看，微生物优势菌群大致相同。

Table.1 The contrast of the mainly bacteria species in gas-liquid phase

表 1 气相、液相中微生物优势菌群的对比

菌号	液相	气相
1	拟杆菌	拟杆菌
2	假单胞菌	假单胞菌
3	栖热菌	栖热菌
4	栖热菌	栖热菌
5	-	$\gamma$ -变形杆菌 1
6	鞘脂杆菌	鞘脂杆菌
7	蛭弧菌	蛭弧菌
8	$\alpha$ -变形杆菌	-
9	放线菌	-
10	-	生丝微菌
11	$\gamma$ -变形杆菌 2	$\gamma$ -变形杆菌 2
12		$\gamma$ -变形杆菌 3

### 4. 结论:

通过采用复合生物反应器净化低浓度的甲醛废气，考察进口气体浓度、气体流量和循环液流量等操作条件对甲醛的净化效果的影响，复合生物反应器比单独采用生物膜填料塔装置对甲醛有更好的净化效果，曝气池的安装对甲醛废气净化有一定的促进作用。

当操作条件控制在气体流量为 200L/h、循环液流量为 10L/h、甲醛进口气体浓度为 200 mg/m<sup>3</sup> 左右时，甲醛废气的净化效率可稳定在 99%以上、生化去除量最高可达到 10 mg/L.h。

### 5. References(参考文献)

[1] Wang Chao, Zhou Shi-xue, Jiang Yao-yao. Research on indoor

formaldehyde pollution control technology [J]. Environmental Science & Technology 2006, 29(9):106-110.

王文超,周仕学,姜瑶瑶等. 室内甲醛污染治理技术的研究进展[J]. 环境科学与技术, 2006, 29(9):106-110.

[2] Qiao Li, Sun Pei-shi, Wang Jie et al. Research on formaldehyde gas purification treatment [C]. China Environmental Science Society, 2007, analysis of quality of academic years (the volume). Beijing: China Environmental Science Press, 2007:2141-2144 .

乔莉,孙珮石,王洁等. 甲醛废气净化处理的研究进展[C]. 中国环境科学学会,2007 学术年会优秀论文集(下卷).北京:中国环境科学出版社, 2007:2141-2144.

[3] Qiao Li, Li Xiao-mei, Wang Jie et al. Formaldehyde activated sludge wastewater treatment optimization of preliminary experimental study [C]. 2008 (seventh) China Water Pollution Control and Waste

Utilization Technology Conference Proceedings, 2008 :11-14.

乔莉,李晓梅,王洁等.甲醛废水处理活性污泥优选初步实验研究[C]. 2008(第七届)中国水污染防治与废水资源化利用技术研讨会论文集, 2008:11-14.

[4] Qiao Li, Xiao-Mei Li, Wang Jie et al. High levels of formaldehyde emissions from biological treatment of experimental study [J]. Yunnan University (Natural Science), 2009, 1:80-83.

乔莉,李晓梅,王洁等. 高浓度甲醛废气的生物法处理实验研究[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2009 , 1:80-83.