

利用生物填充塔处理生活污水厂臭气的研究*

李建军 梁燕珍 陈桐生 岑英华 孙国平**

(广东省微生物研究所广东省菌种保藏与应用重点实验室 广州 510070)

摘要:通过对城市生活污水厂逸出臭气所进行的净化治理的中试研究,考察了生物填充塔在不同条件下的运行性能,探讨了pH的变化对生物填充塔的影响以及填充塔内微生物的分布与恶臭气体去除的关系。结果表明,接种脱臭微生物菌群的生物填充塔在合适的工艺条件下能有效地去除生活污水厂臭气中的主要成份—硫化氢,同时能耐受一定负荷冲击,并且能在酸性条件下稳定运行。

关键词:生物填充塔,硫化氢,恶臭气体

中图分类号: Q93 **文献标识码:** A **文章编号:** 0253-2654 (2004) 05-0089-04

The Study of Treatment of Odor Gas Emitted from the Wastewater Plant by the Biofilter

LI Jian-Jun LIANG Yan-Zhen CHEN Tong-Sheng CEN Ying-Hua SUN Guo-Ping**

(Guangdong Institute of Microbiology, Guangzhou 510070)

Abstract: A pilot-scale research on purification of odorous gas emitted from wastewater treatment plant using a biofilter was conducted. The aim of this study is to check on the performance of biofilter running in various conditions and the effect of pH fluctuations on the performance of biofilter. The relation between distribution of microorganism and removal of odorous gases were also discussed here. The experimental results show that the predominant odor-causing gas can be efficiently eliminated by a biofilter inoculated with deodorizing microorganism which were isolated previously. Moreover the biofilter had been proved having good tolerance to shocking loads of pollutant and can operate well in the condition of low pH.

Key words: Biofilter, H₂S, Odour gas

生活污水厂所产生的臭气是城市空气污染的一个重要来源,扩散到周围居民区或商业区的恶臭将影响市民的日常生活,并可能导致污染公害的发生。污水厂臭气主要来源于泵站、格栅、沉砂池和污泥脱水等单元,主要成分为硫化氢、氨气、甲硫醇和挥发性有机物等,这些物质不仅嗅阈值低,而且能对人体健康产生危害。因此,臭气的治理已逐渐成为各方关注的一项迫切任务。采用以微生物为核心的除臭填充塔自20世纪50年代首次运用以来,在欧美发达国家已经有大量成功运行的实例^[1,2],被用来处理不同来源和不同性质的致臭气体,是一种处理效果好、运行稳定、操作和维护简单的治理恶臭的生物技术^[3,4]。国内自90年代以来,也已陆续报道了利用生物填充塔进行恶臭治理的研究^[5-7]。本文报道以城市生活污水处理厂沉砂池为臭源,采用生物填充塔对臭气进行净化,通过考察除臭生物填充塔的运行性能和影响因素,以期工程实践

* 广州市重点攻关项目 (No. 2002Z-E0021)

广东省基金团队项目 (No. 20015017)

** 联系人 Tel: 020-87782471, E-mail: ebiotech@gis.sti.gd.cn

收稿日期: 2003-12-29, 修回日期: 2004-02-20

提供一定的参考。

1 处理工艺与试验方法

1.1 试验装置及处理工艺

根据微生物除臭的基本原理,生物除臭系统由集风管道系统、预处理系统、生物填充塔和自动控制系统组成(图1),其中,生物填充塔高2.6 m,直径1.2 m,接种对含硫、含氮等恶臭气体有降解功能的微生物(见表1)。试验用恶臭气体来自生活污水厂封闭的沉砂池空间,气流量为170~430 m³/h。生物填充塔从顶部或底部以顺流式或逆流式两种方式运行,分别考察进气量、不同季节、不同负荷状态填充塔运行的性能,考察在酸性条件下,填充塔运行的性能,同时对生物填充塔内微生物数量、分布与恶臭气体去除效果的关系进行调查。

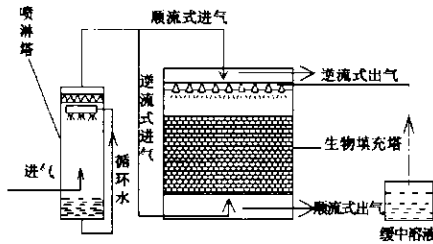


图1 生物填充塔工艺流程

表1 用于除臭的微生物

菌种类	接种量 (%)
硝化细菌	1.25
亚硝化细菌	1.25
硫氧化菌	1.25
假单胞菌	0.6
酵母菌	0.6

1.2 分析项目及方法

H₂S的测定采用亚甲基兰比色法,pH的测定用BECKMANφ720型pH计,风量用ZRQF型智能风速计测定。

2 结果与分析

2.1 进气方式对填充塔性能的影响

Van Lith^[8]等人曾经认为,生物填充塔的顺流式进气方式在某些情况下要优于逆流式。本试验的生物填充塔以逆流式连续运行2个月,然后改为顺流式再连续运行4个月,连续测定其对硫化氢的去除效果。不同方式运行时,生物填充塔对H₂S的去除率非常接近,都达到了99%(表2)。在顺流式运行时,天气较炎热,污水散发出的臭气浓度大幅度增加,填充塔的H₂S质量负荷和进气浓度均高于逆流式,由于气体浓度升高,在进气口处发生放热的生物化学反应比较强烈,容易使填料干燥。顺流式由于与间歇性喷水的方向一致,可有效的降低进气口的温度,减轻高温造成的影响。

表2 进气方式对硫化氢去除率的影响

进气方式	质量负荷 (g/m ³ ·h)	H ₂ S平均进气 浓度(mg/m ³)	H ₂ S平均出气 浓度(mg/m ³)	平均去 除率(%)
逆流式	0.74	3.42	0.012	99.7
顺流式	3.5	13.62	0.054	99.6

2.2 质量负荷对硫化氢去除率的影响

在质量负荷试验中,分段调整进气量,使填充塔表面负荷在170~380m³/m²·h之间,空床停留时间(EBRT)在11~26s之间,H₂S质量负荷在0.01~22.4g/m³·h之间

波动,在10个月运行过程中。填充塔在不同的负荷状态下和不同的空床停留时间下对 H_2S 都有较强的去除能力(表3),对 H_2S 平均去除率在大部分运行阶段达到99%以上,在出气口采用感官法几乎感觉不到臭味,出气中 H_2S 平均浓度在 0.03 mg/m^3 左右。7月份由于广州出现的高温天气,填充塔内部的温度上升到 $42^\circ\text{C} \sim 43^\circ\text{C}$,填充塔填料中原来平衡的微生物生态系统受到一定的影响,导致微生物活性有所降低,并且此时生活污水厂的恶臭浓度持续升高,从而使 H_2S 去除率曾降至84.7%,出气浓度升高。但经过一个多星期的调整后,填充塔运行恢复正常, H_2S 去除率重新上升至99%,并且在7月份高负荷状态下运行时,空床停留时间仅为12s,此时仍有96.6%的去除率,说明该装置能耐受一定的负荷冲击。

表3 质量负荷对 H_2S 去除率的影响

运行阶段	平均进气浓度 (mg/m^3)	平均出气浓度 (mg/m^3)	平均质量负荷 ($\text{g/m}^3 \cdot \text{h}$)	表面负荷 ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$)	EBRT (S)	平均去除率 (%)
12/2002 ~ 1/2003	5.90	0.035	1.86	380	11	99.4
2 ~ 5/2003	6.93	0.029	1.49	260	17	99.6
6/2003	8.79	0.035	2.62	360	12	99.6
7/2003	30.43	1.024	9.07	360	12	96.6
8 ~ 9/2003	5.80	0.004	0.82	170	26	99.9

2.3 酸性条件下生物填充塔的运行性能

因本试验所处理的臭气中的主要成分为 H_2S ,虽然对pH曾做过一些调节,但在试验期间大部分阶段,填充塔沥滤液呈酸性,并且pH一度在3.0以下。由图2可以看出,当 H_2S 的进气浓度在 $0.06 \sim 74.64\text{ mg/m}^3$ 范围内波动时,生物填充塔沥滤液的pH在运行过程中不断发生变化,但生物填充塔对 H_2S 的去除率非常稳定,平均去除率为99.3%,说明在低浓度情况下,如果臭气中主要成分为 H_2S 时,生物填充塔能耐受较大范围内的酸碱度,这是因为 H_2S 在硫杆菌属等细菌作用下被氧化为硫酸,而硫杆菌属的某些种能在pH为3.0以下的环境中生长并高效氧化 H_2S ^[9]。因此,在处理以 H_2S 为主要成分的臭气时,附着生长有丰富硫氧化细菌的生物填充塔可以在低pH条件下长期运行,可以对pH不作调节。

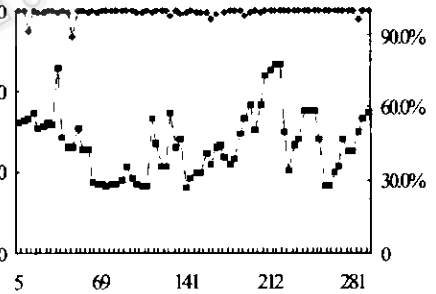


图2 酸性条件下填充塔运行的性能

■ 酸碱度, ◆ H_2S 去除率/%

2.4 微生物数量变化与分布的特点

在生物填充塔内,发挥关键除臭作用的是微生物形成的生物膜,由表4看出,随着生物填充塔的运行,细菌总数不断上升,并在填充塔的纵向分布也呈同样规律,远离进气口,细菌总数增加,这种情况可能的原因是,由于采用的是LB平板,培养出的微生物多为化能异养细菌。而在本试验中,臭气

表4 生物填充塔内微生物的分布(个/g)

运行天数(d)	上部	中部	下部
0	4.0×10^7	4.0×10^7	4.0×10^7
39	7.2×10^6	8.4×10^6	6.2×10^7
45	1.14×10^7	1.35×10^7	1.20×10^8
183	7.8×10^7	1.16×10^8	2.05×10^9
平均	3.22×10^7	4.60×10^7	7.44×10^8

成分以 H_2S 为主,因此在填充塔的进气口处硫化细菌的生长繁殖比较活跃,从而部分抑制了异养细菌的生长,使其总数下降,同样进气口处浓度较高的臭气成分也能对异养微生物产生毒害作用。本试验通过异养微生物的变化间接地反映生物填充塔内生态系统的变化,如果要对除臭机理作深入的了解,首先要了解系统内功能性微生物的变化,有关硫化细菌的研究工作正在进行中。

2.5 生物填充塔不同高度对硫化氢去除率的影响。

微生物对恶臭气体的去除首先是吸附、吸收,然后才能通过自身的生理代谢活动降解或转化恶臭气体,因此,恶臭气体和微生物必须有充足的接触时间。从表5中可以看出, H_2S 在 0.5 m 的填料高度处已经有 80.4% 的去除率,而在 0.83 m 处去除率高达 99.4%,说明大部分的吸附和生物降解发生在上层填料中。但在这两处 H_2S 的浓度分别为 2.397 和 0.069 mg/m^3 ,而在生物滤塔出气口处 H_2S 的浓度下降为 0.035 mg/m^3 ,接近国家一级排放标准,因此至少 1 m 的滤料高度对于生活污水厂臭气去除是必须的。生物填充塔一般采用有机填料,因此填料的高度不能过大,以防止由于填料的降解而引起压降增大。

表5 生物填充塔的高度对 H_2S 去除率的影响 (mg/m^3)

运行天数	进气	0.5 m	去除率 (%)	0.83 m	去除率 (%)	出气	去除率 (%)
109	11.265	2.387	78.8	0.027	99.8	0.005	100
200	11.370	0.828	92.7	0.050	96.8	0.035	99.7
204	14.070	3.975	71.7	0.131	99.1	0.066	99.5
平均	12.235	2.397	80.4	0.069	99.4	0.035	99.7

参考文献

- [1] Standefer S, Willingham R. Commercial application of air phase biofilters, <http://www.ppcbio.com/ppcbiopaper1.htm>, 2003, 5.
- [2] Boyette R A, Epstein E, Alix C M. *Biosolids*, 2000, 12: 235 ~ 245.
- [3] 尚 魏, 王启山, 郭 静. 天津城市建设学院学报, 2001, 7 (2): 123 ~ 125.
- [4] 周 琪. 城市环境与城市生态, 1998, 11 (1): 17 ~ 21.
- [5] 梁永坤, 全 燮, 陈景文, 等. 环境科学, 2000, 20 (5): 518 ~ 522.
- [6] 姜安玺, 杨义飞, 王晓辉, 等. 中国环境科学, 2002, 22 (4): 313 ~ 315.
- [7] 黄 兵, 李晓梅, 孙佩石, 等. 环境科学技术, 1999, 4: 17 ~ 21.
- [8] Van Lith C, David S L, Marsh R. *TranslChemE*. 1990, 68: 127 ~ 132.
- [9] Kennes C, Veiga M C. Parameters affecting biofilter performance In: *Bioreactors for Waste Gas Treatment*. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers, 2001. 81 ~ 82.