

论述与研究

不同填料生物滤塔净化城市污水厂恶臭气体研究

席劲瑛¹, 胡洪营¹, 罗彬², 刘翌²

(1. 清华大学 环境科学与工程系环境模拟与污染控制国家重点实验室, 北京 100084; 2 长沙
国祯水处理公司, 湖南 长沙 410001)

摘 要: 为比较不同生物填料用于城市污水处理厂除臭的性能,建立了 4 套不同填料生物滤塔小试装置,并考察了其对污水厂恶臭气体中 H_2S 的去除性能、压降变化以及填料层的持水能力和 pH 缓冲能力。结果表明,在空塔停留时间为 10 ~ 20 s,进口 $H_2S < 8.5 \text{ mg/m}^3$ 的条件下,珍珠岩、矿物球、竹片和沸石生物滤塔对 H_2S 均有较好的去除效果,出口 H_2S 浓度可长期稳定达到《恶臭污染物排放标准》(GB 14554—93)的二级标准。沸石生物滤塔对 H_2S 浓度的升高有较好的缓冲和耐受能力,珍珠岩生物滤塔有较强的持水能力,矿物球和沸石生物滤塔有较强的缓冲 pH 能力。

关键词: 生物过滤; 除臭; 城市污水处理厂; 填料

中图分类号: X703 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000 - 4602(2010)03 - 0001 - 03

Comparison of Biofilters Packed with Different Media for Odor Removal from Municipal Wastewater Treatment Plant

XI Jin-ying¹, HU Hong-ying¹, LUO Bin², LIU Yi²

(1. State Key Laboratory of ESPC, Department of Environmental Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China; 2 Changsha Guozhen Water Treatment Company, Changsha 410001, China)

Abstract: The characteristics of four biofilters packed with different media for odor control from wastewater treatment plant were compared. The H_2S removal capacity, pressure drop, water holding capacity and pH buffering capacity of the four biofilters were investigated during the operation. The experimental results show that all four biofilters have satisfactory H_2S removal efficiency with empty bed retention time of 10 to 20 s and inlet H_2S concentration of lower than 8.5 mg/m^3 . The outlet H_2S concentration meets the second class criteria specified in *Emission Standards for Odor Pollutants* (GB 14554 - 93). The biofilter packed with zeolite has higher buffering and tolerance capacities for high-concentration H_2S , while the biofilter packed with porous perlite has higher water holding capacity. Moreover, the biofilters packed with mineral beads and zeolite have higher pH buffering capacity.

Key words: biological filtration; odor removal; municipal wastewater treatment plant; packing media

目前,常用的恶臭处理技术包括生物法、物理法和化学法等^[1],其中生物过滤法具有投资及运行费

基金项目: 国家高技术研究发展计划 (863)项目 (2004AA601061)

用低、二次污染小等优点,适用于各种低浓度易生物降解恶臭物质的处理。

影响生物滤塔运行性能的因素包括反应器、填料、菌种和操作条件等。其中,填料是微生物生长附着的场所,其物理结构和化学组成对于微生物的代谢和生长有一定影响。在生物过滤工艺中,理想的填料应具备比表面积大、过滤阻力小、适合微生物生长附着、强度大、化学性质稳定和价廉等优点。常见的生物填料可以分为天然有机填料和惰性无机填料两大类,前者包括堆肥、泥炭、木屑等,后者包括珍珠岩、粒状活性炭以及陶粒等。天然有机填料一般具有价廉、易于微生物附着生长、含有一定营养物质等优点;而惰性无机填料则具有易获得、强度大、化学性质稳定等特点^[2]。笔者建立了 4 套填装不同填料的生物滤塔小试装置,并通过考察对恶臭气体的净化效果来评价各填料的性能和适用性。

1 材料与方法

1.1 生物过滤装置

所建立的生物过滤系统如图 1 所示。

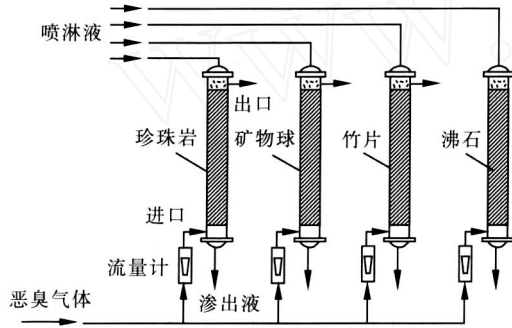


图 1 生物过滤试验装置

Fig 1 Schematic diagram of biofilters for odor removal

4 套生物滤塔的塔体完全相同,均为有机玻璃材质,内径为 120 mm。填料层高度为 200 mm、总容积为 2.3 L。4 套滤塔中填装的填料分别为珍珠岩、矿物球、竹片和沸石,其特性参数见表 1。

表 1 不同填料的物理特性

Tab 1 Characteristics of different packing media

填料	粒径 /mm	堆积密度 / (kg · m ⁻³)	孔隙率
珍珠岩	3 ~ 8	100 ~ 200	0.44 ~ 0.62
矿物球	3 ~ 4	700	0.37 ~ 0.49
竹片		300 ~ 400	0.55 ~ 0.61
沸石	5 ~ 10	1 200 ~ 2 000	0.37 ~ 0.48

注: 竹片填料的尺寸为 (15 ~ 35) mm × 4 mm。

1.2 装置启动与运行参数

4 套滤塔建于某城市污水处理厂的曝气沉砂池边,采用污水处理厂污泥作为菌种对装置进行接种。4 套滤塔连续运行了约 370 d,试验期间它们的运行条件完全相同,如表 2 所示。

表 2 滤塔的运行条件

Tab 2 Operation parameters of biofilters

项 目	数 值
温度 /	5 ~ 38 (25)
相对湿度 /%	16 ~ 99 (60)
进口 H ₂ S / (mg · m ⁻³)	0.003 ~ 8.5
气体流量 / (m ³ · h ⁻¹)	0.4 ~ 0.8
空塔停留时间 /s	10 ~ 20
空塔气速 / (m · h ⁻¹)	36 ~ 72
喷淋量 / (mL · d ⁻¹)	300

注: 括号内为平均值;气体流向为升流式;喷淋液为二沉池出水,间歇喷淋。

1.3 监测项目与方法

根据前期对污染源的调查结果,确定 H₂S 为主要目标污染物。在运行期间,采用亚甲基蓝光度法^[3]测定了进、出口的 H₂S 浓度,并对气温、湿度、填料层压降、渗出液 pH 进行了连续监测。

2 结果与讨论

2.1 对 H₂S 的去除性能

运行期间不同滤塔的进口 H₂S 浓度和进气流量如图 2 所示。

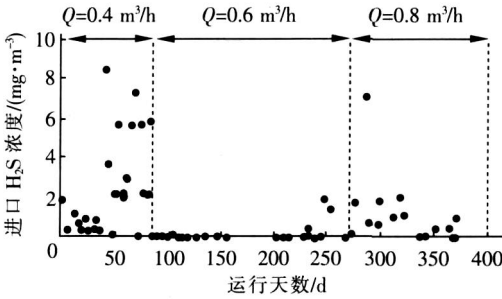


图 2 生物滤塔进口 H₂S 浓度与气体流量随时间的变化

Fig 2 Variation of inlet H₂S concentration and flow rate

运行期间进口 H₂S 的浓度呈现出明显的季节性波动,而气体流量则根据设定不断升高。在前 300 d,4 套生物滤塔的出口 H₂S 浓度均低于 0.06 mg/m³,满足《恶臭污染物排放标准》(GB 14554—93)的二级排放标准。在第 45 天,进口 H₂S 浓度出现大幅升高,各生物滤塔的出口 H₂S 浓度也都有所上升,但沸石生物滤塔表现出较强的缓冲能力。在

第 330 ~ 350 天,为考察填料层缺水对生物滤塔运行性能的影响,将喷淋次数由 2 次 /d 改为 1 次 /d,4 套生物滤塔的出口 H_2S 浓度均有所升高,只有珍珠岩滤塔的出口 H_2S 浓度继续维持在 0.06 mg/m^3 以下。

2.2 填料层压降的比较

测定显示,在运行期间不同填料生物滤塔的填料层压降没有显著区别,均在 $5 \sim 10 \text{ Pa}$ 之间变化。第 85 天将空塔风速由 36 m/h 提高至 54 m/h ,但填料层的压降并没有显著提高。

2.3 渗出液 pH 的变化

在前 90 d,由于矿物球和沸石具有一定的 pH 缓冲能力,其填料层和渗出液的 pH 能够维持不变;而珍珠岩和竹片填料层及渗出液的 pH 则略有降低。在第 90 ~ 250 天,进口 H_2S 浓度很低,氢离子的产生速率也较低,滤塔中没有氢离子积累,4 套滤塔渗出液的 pH 均没有显著变化。250 d 后,随着进气流量和进口 H_2S 浓度的提高,填料层中氢离子的积累速度加快。这时,由于矿物球和沸石具有一定的 pH 缓冲能力,其填料层和渗出液的 pH 仍能够维持一段时间不变;而珍珠岩和竹片填料层和渗出液的 pH 则随着氢离子的积累而不断降低。

试验期间,4 套生物滤塔对 H_2S 的去除能力没有因为 pH 的波动而出现显著变化。相关研究表明,生物滤塔可在低 pH 条件下(最低值达 1.5)较好地去除 $\text{H}_2\text{S}^{[4]}$ 。这是由于许多硫化细菌是嗜酸菌,在酸性条件下仍然具有较好的利用 H_2S 能力^[5]。虽然填料层酸化不影响滤塔对 H_2S 的去除能力,但可能对废气中其他恶臭物质(如 NH_3)的去除产生不利影响^[6]。

3 结论

当进口 H_2S 浓度在 $0.003 \sim 8.5 \text{ mg/m}^3$ 之间、空塔停留时间为 $10 \sim 20 \text{ s}$ 时,4 种填料生物滤塔对 H_2S 的去除率均稳定在 95% 以上,出口 H_2S 浓度

$< 0.06 \text{ mg/m}^3$,并可以长期稳定达标排放。

沸石滤塔对 H_2S 浓度和臭气流量有较好的缓冲和耐受能力;珍珠岩滤塔具有较强的持水能力,在降低喷淋量时仍具有较强的去除 H_2S 能力。

矿物球和沸石填料对 pH 的缓冲能力强于竹片和珍珠岩。生物滤塔在低 pH 条件下依然可以较好地去除 H_2S 。

在空塔风速为 $36 \sim 72 \text{ m/h}$ 时,4 种生物滤塔的填料层压降均稳定在 $5 \sim 10 \text{ Pa}$ 之间。

参考文献:

- [1] 纪树满. 恶臭污染的防治 [J]. 重庆环境科学, 1999, 21 (2): 27 - 28
- [2] Kennes C, Veiga M C. Inert filter media for the biofiltration of waste gases—characteristics and biomass control [J]. Rev Environ Sci Biotechnol, 2002, 1 (3): 201 - 214
- [3] 空气和废气监测编委会. 空气和废气监测分析方法 (第 4 版) [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2003
- [4] 黄兵, 黄若华, 孙珮石, 等. 低浓度硫化氢恶臭气体的生化处理研究 [J]. 云南环境科学, 1998, 17 (3): 9 - 11
- [5] 姜安玺, 李芬, 阎波, 等. 曝气生物滤池处理 H_2S 恶臭气体的试验 [J]. 城市环境与城市生态, 2005, 18 (2): 11 - 14
- [6] 殷峻, 方士, 陈英旭. 生物滤塔处理低浓度 H_2S 和 NH_3 混合气体 [J]. 中国给水排水, 2003, 19 (13): 114 - 116

作者简介: 席劲瑛 (1977 -), 男, 江苏镇江人, 博士, 助理研究员, 主要从事有毒有害有机物降解与生物控制、挥发性有机物和恶臭气体污染控制研究。

电话: (010) 62797163 13801388422

E-mail: xijinying@tsinghua.edu.cn

收稿日期: 2009 - 09 - 21