

生物脱臭填料的研究进展

姜安玺, 刘 波, 程养学, 王晓辉

(哈尔滨工业大学市政环境工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090)

摘 要: 综述了国内外生物过滤、生物滴滤和生物流化床中脱臭填料的发展过程, 分析了各类生物脱臭填料在应用中的优缺点以及最近的研究动态, 提出了改善各类脱臭填料性能的研究趋势。

关键词: 填料; 生物过滤; 生物滴滤; 生物流化床; 生物脱臭

中图分类号: X703.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000 – 0267(2002)06 – 0564 – 03

Development of Research on Bio – Deodorization

JIANG An-xi, LIU Bo, CHENG Yang-xue, WANG Xiao-hui

(School of Municipal and Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China)

Abstract: The present paper views development of research on bio – deodorization on history of biofiltration’s, biotrickling bed’s and fluidized bed’s carries in both oversea and domestic aspects. The advantages and disadvantages for the techniques in application were evaluated; while the latest research status was reviewed. The further research to improve its function was put forward.

Keywords: Carries; biofiltration; biotrickling bed; fluidized bed; biodeodorization

生物脱臭装置繁多, 但含填料的装置总体可分为三类: 生物过滤、生物滴滤及生物流化床^[1,2]。装置中有填充载体供种类丰富的微生物群栖息生长, 可形成一个稳定生态群落。填料表面被生物膜所布满, 增加了生物量, 从而提高了臭气的处理效率和氧的利用率。填料是生物过滤、生物滴滤和生物流化床等装置的核心组成, 它既是生物生长的支撑载体, 又是气液两相的传质介质, 其性能直接影响到脱臭处理的效果。

1 生物过滤法中的填料

1.1 土壤填料

土壤脱臭法(如图 1)是以土壤为填料的生物过滤, 是最原始也是最早的生物脱臭法。美国 R. D Pomeoy 早在 1957 年就申请了利用土壤处理硫化氢臭气的专利^[3]。土壤是微生物良好的天然培养基, 它具有微生物生命活动所需要的各种条件。土壤中种类繁多的微生物, 构成一个较稳定的群落生物体系, 能对送入土壤中的恶臭气体具有强烈的吸附、过滤和生物降解作用。为了提高脱臭效率人们向土壤中加入改良剂, 如加入一定比例的活性炭, 可以增加滤层对臭气的吸附性, 加蛭石可以提高通气性。加入 3% 鸡粪和 2% 的珍珠岩, 可以提高对硫系恶臭气体的去除率。日本三菱长崎机工开发一种以特制颗粒化土壤为填料的塔式装置, 占地面积只有土壤法的 1/10—1/20,

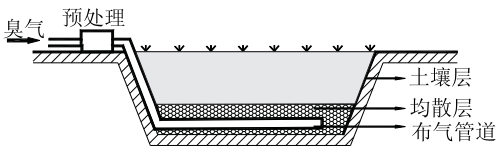


图 1 土壤脱臭法示意图

Figure 1 Schematic diagram of soil bio – deodorization

能处理高浓度臭气, 并克服了土壤脱臭占地面积大、易堵塞等缺点^[4]。

1.2 堆肥填料

堆肥原指农村将废弃的秸秆、落叶、禽畜粪便和尿一起用土坑堆集, 依靠现存其上的微生物和土壤微生物发酵腐烂, 使难降解的有机大分子分解成有机小分子, 其堆肥固体可做肥料再施于农田。堆肥与土壤相比, 堆肥的微生物密度含量较土壤中高 2—10 倍(约 10—100 亿个·g⁻¹)。因而臭气处理最大, 处理效率高, 停留时间短, 且处理装置紧凑, 占地省^[5]。作为堆肥的原料一般为有机材料, 谷壳、玉米芯、木片、树皮以及树枝等彼此相互混合形成通气的疏松结构, 适宜各类好氧微生物的生长^[6]。

最近对堆肥的研究重点放在改善现有滤料的性能, 如在滤料中加入一定比例的活性炭, 可使微生物胞外酶和有机污染物在滤料和微生物膜界面处浓缩, 从而提高了生化反应速率, 并使有机废气的净化效率和抗污染负荷冲击的能力都得以提高。特别对处理一些难溶于水的有机臭气, 在滤料中加入少量

收稿日期: 2002 – 05 – 24

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(599780117)

作者简介: 姜安玺(1938—), 男, 哈尔滨工业大学环境工程学院教授、博士生导师。

活性炭效果更好。对于有机滤料,一般趋于选用富含纤维的物质,如草根炭、树皮、木质纤维等被越来越多地使用,这样可以增加滤料的使用时间,减少压力的损失^[7]。

1.3 多样化填料

随着对生物净化废气技术的不断提高,人们开始克服自然因素的影响,强化脱臭系统的控制能力。原来由开放性处理装置逐步改进为封闭式装置(如图 2),进而带动滤料的开发力度。20 世纪 80 年代逐渐出现改性硅藻土、改性活性炭、沸石、改性泥炭、粘土陶粒、珍珠岩、聚苯乙烯纤维球、熔岩灰、颗粒化的活性污泥等滤料,不仅使用年限长,而且这些滤料有高的微生物容纳能力,克服了堆肥占地面积大、易堵塞、传质效果差等缺点。部分滤料处理 H₂S 的结果见表 1。

2 生物滴滤法中的各类填料

在生物滴滤法中,微生物附在填料表面形成几毫米厚的生物膜,其营养物质主要源于装置上部喷淋下的营养液及通入的有机臭气(如图 3)。生物滴滤不同于生物过滤的重要方面之一是填料都是一些惰性材料,从天然的卵石、粗碎石、木炭到人工烧制的陶粒、陶瓷及人工合成的聚丙烯小球、塑料、不锈钢、APC 微粒、碳纤维、海绵等^[13]。生物滴滤塔装置的改进和发展很大一部分反映在填料的改进和发展上。生物滴滤塔中目前常用的主要填料见表 2、图 4。

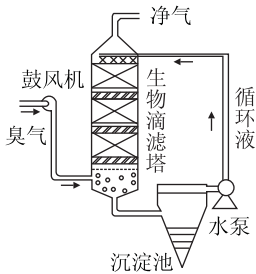


图 3 生物滴滤塔脱臭示意图

Figure 3 Schematic diagram of biotrickling bed

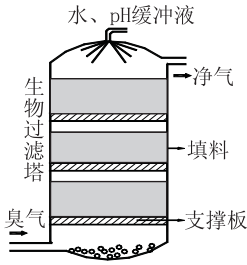


图 2 生物过滤塔脱臭示意图

Figure 2 Schematic diagram of biofiltration

表 1 不同滤料处理 H₂S 的效果

Table 1 Effect of H₂S removal using different carries

材料	粘土陶粒	熔岩灰	泥炭	纤维球	拉西环
进气浓度 /mg · m ⁻³	570	428	108	154	2000
出气浓度 /mg · m ⁻³	11.4	21.4	4.23	10.4—12.3	100
去除率 /%	98	95	96	≥90	95
参考文献	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]

3 生物流化床所用的填料

生物流化床最大的特点就是气体、液体及载体在装置中循

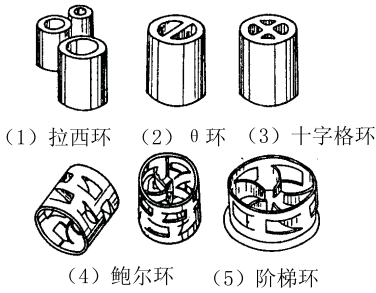


图 4 环形填料示意图

Figure 4 Schematic diagram of ring carries

表 2 生物滴滤中的填料特点

Table 2 Characteristic of biotrickling bed carries

填料	材质	形态结构	优点	缺点
陶粒	粘土	不规则球形实体内部有大量微小孔隙	有较大的比表面积,孔隙率高,吸附性大,易挂膜,造价低	气阻大,容易形成壁流,填料的中央易产生厌氧区
拉西环	陶瓷、不锈钢、塑料等	等径的圆环或在环内有隔板形成 θ 环和十字格环[图 4(1)、(2)、(3)]	形态简单易成型	气体阻力大,通量小,沟流、壁流严重
鲍尔环	陶瓷、不锈钢、塑料等	侧壁被切的环呈舌状弯入环内[如图 4(4)]	气体阻力大为降低,液体分布可以改善	比表面积小,孔隙率低,不易挂膜
阶梯环	陶瓷、不锈钢、塑料等	环高是直径的 5/8,且一端向外翻喇叭口	填料呈点接触,可以使液膜不断更新,具有压降小、传质效率高	孔隙率低,不易挂膜
多孔球形填料	塑料	纵横交错的几个大小不等的圆形或半圆形成球	质轻,强度大,比表面积和空隙率容易协调,气流通畅	易老化,孔隙率小,挂膜难
活性炭素纤维	炭	丝状	巨大的比表面积,对臭气有很大的吸附量,对微生物也极易固定	造价昂贵,水流、气流难协调
固定化生物颗粒	海藻酸钠、球形 PVA - 硼酸、球形卡拉胶等		增加生物量,能高效高负荷处理臭气,挂膜容易,缩短驯化过程	固定微生物不易更新,成本高,技术不完善

环流动,因而提供巨大载体表面积,有利于微生物和液体的充分接触,具有良好的传质效果。由于载体在装置中剧烈翻动,在载体颗粒生物膜形成的初期,生物膜容易脱落,极难成膜。因此对流化床载体表面吸附性的要求比其它装置中的填料要高。为了降低流化床的三相不断地流动动力消耗,载体也应尽量地减轻质量。同时载体也要具有足够的机械强度,能够经受得住颗粒间的剧烈摩擦。现在使用的天然载体主要有陶粒(1.0—3.06 mm)、煤灰(3—5 mm)、沸石等,合成无机载体有活性炭、硅胶、活性氧化铝、合成分子筛。特别是合成分子筛有严格的孔道结构,其性能经过不断改进,具有较高的吸附容量、良好的机械强度和化学稳定性^[14]。

4 生物脱臭填料的发展方向

填料是生物滤池、生物滴滤和生物流化床的重要组成部分,深入研究填料的一些特性,开发一些新型填料,对于臭气生物处理来说意义十分重大。生物过滤中填料的发展,从土壤、堆肥、最后到泥炭、改性硅藻土、改性活性炭、聚乙烯纤维球、粘土陶粒,其趋势就是逐渐弱化自然影响因素,而强化人工控制过程,而在这个过程中填料的改进原则就是增加填料比表面积和亲水性,提高单位体积的生物容量;加大填料的孔隙率,从而增强对有机臭气的吸附作用,扩大臭气与生物的接触面;增加填料强度并减轻质量,防止压实和出现气体短流。研究表明,填料还应耐酸碱盐,耐生物腐蚀,抗老化,并且保持足够的机械强度,不易破碎,重量轻,价廉易得等,还要求填料堆砌形态、结构能为气液固三相提供充分的接触,尽量强化填料表面上流体的湍流程度,提高传质效率。目前,新开发的填料很难全面满足上述条件,多种填料组合脱臭将是研究和开发的方向^[15]。生物滴滤塔的出现是脱臭装置封闭化发展的必然结果。过滤填料上的微生物种类多,并形成生物群落,而滴滤填料上的生物种类单一,有针对性,因而滴滤塔处理臭气浓度大,效率高,但对填料的要求也高。

以固定化生物颗粒作填料是脱臭填料开发过程中的一个新动态。我国有研究者用海藻酸钠包埋固定化颗粒作填料去除 NH_3 ,负荷大($3.99 \text{ gN} \cdot \text{kg}^{-1}$),效率高(92%)。也有用该法除去 H_2S 取得良好效果。日本微生物技术研究所还将污水厂活性污泥在 $30\text{ }^\circ\text{C}$ — $40\text{ }^\circ\text{C}$ 下干燥后,粉碎制成填料去除 H_2S 、硫醇,效率达90%。也有报道^[16],将粉末活性炭熔到PVA粒子表面,作为生物填充塔的填料,将去除不同臭气的微生物分布到不同的区域,最大限度发挥了每一类群微生物的代谢活动作用,这一处理系统可以满足对臭气控制的要求。根据上述,可以认为从

装置上看,填充塔仍是研究及应用的主要形式,而填料将以多孔载体和组合填料为发展的方向。

参考文献:

- [1] 岡田和夫. 生物学的脱臭處理法の適用性[J]. 産業と環境, 1989, **16**(12): 58—62.
- [2] P Gostelow and S Parsons. Sewage treatment works odor measurement[J]. *Water Science& Technology*, 2000, **41**(6): 33—40.
- [3] H Brauer&GVarma. 《Air Pollution Control Equipment》Berlin Heidelberg, New York 1981.
- [4] 峰保曙,空闲哲雄. 生物脱臭装置の除去机构と実施事例[J]. 产业と環境, 1992, (8)48—53.
- [5] Bohn H L. Compost scrubbers for malodorous air steams[J]. *Compost Sci*, 1976(17): 15—17.
- [6] Van Langenhove H, Wuyts E, and Schamp N. Elimination of hydrogen sulfide from odorous air by a wood bark biofilter[J]. *Wat Res*, 1986, (20): 1471—1476.
- [7] Martin A M. Peat as an agent in biological degradation: peat biofilters, Elsevier Science Publishers, NY 1991.
- [8] 黄焱歆,郭 静,石 磊. 生物膜法控制硫化氢气体污染的试验研究[J]. 城市环境与城市生态, 1996, **9**(1): 15—19.
- [9] Kyung—suk who, hee wook ryu. Biological deodorization of hydrogen sulfide using porous lava as a carrier of *Thiobacillus thiooxidans*[J]. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 2000(90): 125—131.
- [10] Cho K S, Hirai M, and Shoda M. Degradation of hydrogen sulfide by *Xanthomonas* sp. strain isolated from peat[J]. *Appl Environ Microbial*, 1992(58): 1 183—1 189.
- [11] Tanji Y, Kanagawa, T and Mikami E. Removal of dimethyl sulfide, methyl mercaptan, and Hydrogen sulfide by immobilized *Thiobacillus thioparus* TK—m[J]. *J Ferment Bioeng*, 1989(68): 280—285.
- [12] 黄 兵,李晓梅,等. 生物膜填料塔净化低浓度硫化氢恶臭气体研究[J]. 环境科学与技术, 1999, **87**(4): 17—21.
- [13] Joanna E Burgess, Simon A Parsons&Richard M Stuetz. Developments in odor control and waste gas treatment biotechnology[J]. *Biotechnology Advances*, 2001(19): 35—63.
- [14] Chang HT. Biofilm detachment mechanisms in a liquid fluidized bed[J]. *Biotechnol Bioeng*, 1991, 38: 499—506.
- [15] A McIntyre. Application of Dispersion Modelling to Odour assessment: a Practical Tool of a complex Trap[J]. *Water Science& Technology*, 2000, **41**(6): 81—89.
- [16] T Kasakura, et al. On the scent of a good idea for odour removal[J]. *Water Quality International*, 1995(2): 24—27.