

人造板制造企业典型恶臭物质筛选分析

王健壮, 刘英会*

天津迪兰奥特环保科技开发有限公司, 天津

收稿日期: 2022年3月12日; 录用日期: 2022年4月15日; 发布日期: 2022年4月24日

摘要

近年来, 人造板生产过程中产生的恶臭污染愈发引起人们的关注。本文选取人造板制造企业干燥尾气排气筒为研究对象, 进行采样分析, 并对臭气浓度以及物质浓度进行实验室分析, 在此基础上, 筛选典型恶臭物质。结果表明该企业干燥尾气排气筒臭气浓度较高, 典型恶臭物质为异丁醛、萜烯(α -蒎烯, β -蒎烯, 柠檬烯)、2-丙烯醛、乙醇、羰基硫、甲硫醚。加强人造板生产过程对异丁醛等恶臭物质的治理可以有效地减轻恶臭污染所带来的对周围的不利影响。

关键词

恶臭污染, 人造板制造企业, 恶臭物质

Screening and Analysis of Typical Odor Substances in Wood-Based Panel Manufacturing Enterprise

Jianzhuang Wang, Yinghui Liu*

Tianjin Sinodour Environmental Technology Co., Ltd., Tianjin

Received: Mar. 12th, 2022; accepted: Apr. 15th, 2022; published: Apr. 24th, 2022

Abstract

In recent years, the odor pollution in wood-based panel production has attracted more and more attention. In this paper, the drying tail gas exhaust cylinder of wood-based panel manufacturing enterprise was selected as the research object, the sampling analysis was carried out, and the odor concentration and substance concentration were analyzed in laboratory. On this basis, the typical odor substances of the enterprise were screened. The results showed that the odor concentration

*通讯作者。

of exhaust gas exhaust cylinder was high, and the typical odor substances were isobutyraldehyde, terpene (α -pinene, β -pinene, limonene), 2-acrolein, ethanol, carbonyl sulfur, methyl sulfide. Strengthening the treatment of odor substances such as isobutyraldehyde can effectively reduce the adverse effects of odor pollution on the surrounding.

Keywords

Odor Pollution, Wood-Based Panel Manufacturing Enterprises, Odor Substance

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

恶臭现在已经发展为一种干扰公民正常生活和危害人体健康的污染,已成为目前中国环境方面比较突出的问题[1]。恶臭污染拥有着靠人的嗅觉感知为判断的特殊性,而且几乎都是由多种气体组成的混合物[2]。我国工业企业一般建设年限较早且规划时距离城市较远,但随着城市的扩张,周边不乏有大规模或高档居住区,其恶臭污染直接导致与周边居民的矛盾激化引发投诉,不利于社会的安定和谐。

本文以恶臭投诉多发的人造板制造企业为例,选取干燥尾气排气筒进行了气体采样分析。对采样气体进行臭气浓度测定,并利用 GC-MS 全组分分析测定物质浓度,基于嗅觉阈值筛选典型恶臭物质。

2. 材料与方法

2.1. 企业简介

研究某生产中/高密度纤维板的企业,该企业恶臭排放主要来源为干燥尾气,干燥尾气主要来源纤维板生产过程中含水基脲醛树脂 + 硫酸铵、石蜡的湿木纤维干燥工序所产生的有组织排放废气[3]。纤维干燥后含水率达到 10%~12%,通过旋风分离器进行分离,木纤维输送至后续工艺,该干燥尾气经湿式静电除尘后,经排气筒排放。

2.2. 监测方法

本项目主要针对生产工艺中干燥尾气异味进行监测分析及污染现状评价。采样地点选择在干燥尾气排气筒出口附近。根据《恶臭污染环境监测技术规范》[4]和《环境空气质量手工监测技术规范》(HJ/T 194-2005) [5]相关要求,使用采样袋法采集有组织排放源。采用 SOC-01 型采样装置在采样点进行“肺法”取样(天津迪兰奥特环保科技开发有限公司),采用便携式烟气含湿量检测仪测量烟气出口温度及速度(青岛明华电子仪器有限公司)。

采样集中在 2019 年 9 月,分别采集 3 个频次,每个频次采集样品 2 个,共采集 6 个样品。采集时间跨越 8:00~18:00 不同时段。避免采样袋本底 VOCs 干扰,采样前用样品气体将采样袋清洗两次。采样完成后在 24 h 内将所有样品送往实验室进行分析。

2.3. 分析测试方法

2.3.1. 臭气浓度分析方法

臭气浓度分析方法参照文献,使用的嗅觉实验袋、无臭空气过滤分配器和无油空气压缩机等均为天

津迪兰奥特环保科技有限公司生产。利用三点比较式臭袋法[6]计算臭气浓度。测定时, 先准备 3 只事先用空气净化器冲洗的无臭袋, 随后将 3 只无臭袋中的两只充入无臭空气, 最后一只充入按一定稀释比例的无臭空气和被测恶臭气体样品给予嗅辨员嗅辨, 当嗅辨员正确识别出那个臭气袋注入的恶臭气体时, 再将恶臭气体进行稀释、嗅辨。直至稀释样品的臭气浓度低于嗅辨员的嗅觉阈值时停止实验。每个样品由若干名嗅辨员同时测定, 最后根据嗅辨员的个人阈值和嗅辨小组成员的平均阈值, 求得臭气浓度。

2.3.2. 恶臭物质分析方法

恶臭物质浓度采用 GC-MS (Agilent 7890A/5975C, USA)法测定: 采样袋采集的样品在预浓缩系统 (Entech 7100, USA)一级冷阱中经液氮低温冷冻浓缩除去空气中的氧气和氮气后, 经二级冷阱去除样品中的水蒸气和大部分二氧化碳, 最后经第三级冷阱冷聚焦后瞬间升温将待测组分导入气相色谱, 经色谱柱分离后, 由质谱对恶臭物质进行定性定量分析。物质分析包括定量分析及定性分析, 定量分析为内标法, 采用的 US EPA TO-15 方法[7]、PAMs 方法及恶臭实验室自有测试法; 定性分析采用 NIST 2005 库, 通过峰面积百分比和匹配度进行估算。

使用的分析标准物质包括: 内含 65 种挥发性有机物的美国 EPA VOCs 标准气体, 主要为卤代烃、芳香烃和含氧有机物; 内含 57 种挥发性有机物的美国 EPA PAMs 标准气体, 主要为烷烃、烯烃和芳香烃; 内含硫化氢、甲硫醇、甲硫醚、乙硫醇、乙硫醚和二甲二硫醚的硫化物标准气体; 三甲胺标准气体; 内含柠檬烯、 α -蒎烯和 β -蒎烯的萜烯类标准气体[8]。

2.4. 典型恶臭物质的筛选方法

阈稀释倍数是代表恶臭物质贡献的主要指标, 该指标是应用恶臭物质浓度除以该物质的嗅觉阈值得到的。但由于目前我国对于化学物质嗅觉阈值尚不全面(仅测定 40 种化学物质), 因此本研究应用日本环境管理中心发布的 223 种化学物质嗅觉阈值。典型恶臭物质具体筛选步骤如下所示[9]。

- 1) 对于单一臭气样品中的全部恶臭物质, 记为 m 种, 分别测定其物质浓度 C_i 。
- 2) 对照第 i 种物质的气味阈值 T_i , 利用公式(2-1)计算各恶臭物质阈稀释倍数 OAV_i 。

$$OAV_i = \frac{C_i}{T_i} \quad \text{公式(2-1)}$$

式中, OAV_i : 第 i 种恶臭物质的阈稀释倍数, 无量纲; C_i : 第 i 种恶臭物质的物质浓度, mg/m^3 ; T_i : 第 i 种恶臭物质的嗅阈值, mg/m^3 ; i : 计数变量, $i=1,2,3\cdots$ 。

- 3) 忽略阈稀释倍数 $OAV < 1$ 的恶臭物质, 大量研究表明 OAV 低于 1 的物质几乎不造成恶臭污染。
- 4) 对 $OAV \geq 1$ 的恶臭物质, 按照 OAV 值由大到小排序, 分别记为 $OAV_1 \sim OAV_m$ 。
- 5) 某种物质 OAV /所有物质 OAV 值加和 $\geq 10\%$ 的物质, 记做典型恶臭物质。

3. 结果与分析

3.1. 臭气浓度与物质浓度分析

该企业干燥尾气排气筒臭气浓度检测臭气浓度范围为 30,902~309,029, 臭气浓度较为严重。根据采样点位情况以及臭气浓度检测结果, 分别选择三个频次中臭气浓度最大的样品进行物质定性、定量分析。结果表明, 干燥尾气总 VOC 浓度最大为 $59.3526 \text{ mg}/\text{m}^3$, 符合《大气污染物综合排放标准》(GB 16297-1996) [10]中规定 VOC 浓度排放限值要求, 定性定量检出物质 25 种, 半定量 2 种, 其中萜烯类物质浓度最大, 为 $25.2522 \text{ mg}/\text{m}^3$, 其次为半挥发性物质桉油精, 为 $18.5604 \text{ mg}/\text{m}^3$, 如表 1 所示, 并将这些恶臭物质按照浓度从大到小的顺序排名, 其中恶臭物质浓度较高的排名如表 2 所示。

Table 1. Analysis results of substance concentration (unit: mg/m³)
表 1. 物质浓度分析结果(单位: mg/m³)

物质类别	物质名称	样品 1	样品 2	样品 3
含硫化合物	羰基硫	0.0942	0.2084	0.2018
	甲硫醚	0.0064	0.0138	0.0148
	二硫化碳	0.063	0.0614	0.0698
萜烯	α -蒎烯	11.6478	6.6638	7.1026
	β -蒎烯	3.511	1.798	1.9234
	柠檬烯	10.0934	5.079	5.2292
醇类	甲醇	2.5154	2.568	2.5454
	乙醇	4.8396	3.5018	4.1438
	异丙醇	0.032	0.0318	0.0334
酯类	乙酸甲酯	0.252	0.3368	0.3164
	乙酸乙酯	0.021	0.0208	0.031
醛类	异丁醛	0.2104	0.2974	0.2666
	苯甲醛	0.0404	0.0324	0.0316
	2-丙烯醛	0.324	0.312	0.2972
酮类	丙酮	0.2368	0.3302	0.2372
	甲基异丁酮	-	0.0126	0.0068
	2-丁酮	0.0322	0.0304	0.0326
醚类	四氢呋喃	0.01	0.003	0.0084
卤代烃	1,2-二氯乙烷	0.0056	0.0038	0.003
	二氯甲烷	0.0096	0.0084	0.0052
	小计	0.0152	0.0122	0.0082
芳香烃	苯	0.0032	0.0034	0.003
	甲苯	0.0092	0.0092	0.0102
	乙苯	-	0.0012	0.001
	间二甲苯	0.0016	0.0032	0.0032
	对二甲苯	0.0006	0.0012	0.001
	邻二甲苯	-	0.0014	0.0014
半挥发性有机物	桉油精	18.5604	16.7368	11.2846
	樟脑	6.8328	7.5476	5.5818
VOC 总浓度		59.3526	45.6178	39.3834

Table 2. Ranking of odorous substances concentration (unit: mg/m³)**表 2.** 恶臭物质浓度排名(单位: mg/m³)

排名	物质名称	样品 1	样品 2	样品 3
1	桉油精	18.5604	16.7368	11.2846
2	α -萜烯	11.6478	6.6638	7.1026
3	柠檬烯	10.0934	5.079	5.2292
4	樟脑	6.8328	7.5476	5.5818
5	乙醇	4.8396	3.5018	4.1438
6	β -萜烯	3.511	1.798	1.9234
7	甲醇	2.5154	2.568	2.5454

3.2. 典型恶臭物质筛选

以阈稀释倍数为指标衡量、筛选典型恶臭污染物, 阈稀释倍数越高, 则代表该物质对臭气浓度的贡献值越大。依据现有恶臭物质阈值以及物质定性定量分析结果, 筛选典型恶臭物质, 如表 3 所示, 分析得出干燥尾气中异丁醛、萜烯(α -萜烯, β -萜烯, 柠檬烯)、2-丙烯醛、乙醇、羰基硫、甲硫醚这 8 种物质的 OAV 值均大于 1, 特别是异丁醛、 α -萜烯, 在样品中全部检出且其最大 OAV 值超过 100, 其对恶臭的贡献较大。

Table 3. Typical odorous substances in enterprises**表 3.** 企业典型恶臭物质

排名	样品 1		样品 2		样品 3	
	特征物质	OAV 值	特征物质	OAV 值	特征物质	OAV 值
1	异丁醛	187.02	异丁醛	264.36	异丁醛	236.98
2	α -萜烯	106.58	α -萜烯	60.98	α -萜烯	64.99
3	柠檬烯	43.75	2-丙烯醛	34.67	2-丙烯醛	33.02
4	2-丙烯醛	36.00	柠檬烯	22.01	柠檬烯	22.67
5	β -萜烯	17.52	β -萜烯	8.97	β -萜烯	9.60
6	乙醇	4.53	乙醇	3.28	乙醇	3.88
7	-	-	甲硫醚	1.66	甲硫醚	1.78
8	-	-	羰基硫	1.41	羰基硫	1.37

4. 结论

1) 干燥尾气排放筒的臭气浓度范围为 30,902~309,029, 臭气浓度较为严重; 检出恶臭物质共 25 种, 其中萜烯类物质浓度最大, 为 25.2522 mg/m³, 其次为半挥发性物质桉油精, 为 18.5604 mg/m³。

2) 筛选典型恶臭物质共有 8 种, 分别为异丁醛、 α -萜烯, β -萜烯, 柠檬烯、2-丙烯醛、乙醇、羰基硫、甲硫醚等。这 8 种物质虽然物质浓度不高, 阈稀释倍数相对较大, 其对恶臭污染贡献也较大。特别是异丁醛, 加强对异丁醛等恶臭物质的治理可以有效地减轻恶臭污染所带来的对周围的不利影响。

参考文献

- [1] 王亘, 王宗爽, 王元刚, 等. 国内外恶臭污染控制标准研究[J]. 环境科学与技术, 2012, 35(12J): 147-151.

-
- [2] 耿奥博, 王毓彤, 黄河浪, 等. 基于快速气相电子鼻对人造板气味的分析[J]. 林产工业, 2018, 45(6): 6.
- [3] 李丹丹. 人造板释放污染物的识别与控制研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 清华大学, 2016.
- [4] 环境保护部. HJ 905-2017 恶臭污染环境监测技术规范[S]. 北京: 中国环境出版社, 2017.
- [5] 环境保护部. HJ 194-2017 环境空气质量手工监测技术规范[S]. 北京: 中国环境出版社, 2017.
- [6] 国家环境保护局. GB/T 14675-1993 空气质量 恶臭的测定 三点比较式臭袋法[S], 1993.
- [7] USEPA (1999) Compendium Method TO-15, Determination of Volatile Organic Compounds (VOCs) in Air Collected in Specially-Prepared Canisters and Analyzed by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS). Cincinnati, USA.
- [8] Zhang, Y., Ning, X., Li, Y., *et al.* (2021) Impact Assessment of Odor Nuisance, Health Risk and Variation Originating from the Landfill Surface. *Waste Management*, **126**, 771-780. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.03.055>
- [9] Zhang, Y., Zhai, Z., Li, W., *et al.* (2016) Evaluation Index System of Odour Pollution for Kitchen Waste Treatment Facilities in China. *Chemical Engineering Transactions*, **54**, 139-144. <https://doi.org/10.1016/j.ccej.2015.10.057>
- [10] 国家环境保护局. GB 16297-1996 大气污染物综合排放标准[S], 1996.