

家具行业VOCs排放系数测试与校正研究

——以佛山市乐从镇为样本

罗宇, 林丽婷

广州广电计量检测股份有限公司, 广东 广州

收稿日期: 2022年1月3日; 录用日期: 2022年2月2日; 发布日期: 2022年2月9日

摘要

挥发性有机化合物为大气环境污染物重点监控项目, 污染物排放系数是污染源清单编制的支撑基础与重点, 确定原则是优先本土实测并验证可信。结合家具行业大气污染物的排放特点进行挥发性有机化合物监测, 识别排放浓度较高的特征污染物, 分析统计苯、甲苯、二甲苯及浓度较高的其它前三种污染物, 计算其排放系数。结果表明, 总VOCs、苯、甲苯、二甲苯排放系数分别为0.252 kg/件、0.001 kg/件、0.007 kg/件、0.066 kg/件, 远低于国家发布的木质家具挥发性有机物源排放系数, 且各物质之间排放系数相差很大; 建议国家相关部门在挥发性有机物源排放系数核算中结合实际情况, 校正广东省佛山市家具行业总挥发性有机物排放系数为0.252 kg/件, 将苯、甲苯、二甲苯等重点管控的特征污染排放系数分别校正为0.001 kg/件、0.007 kg/件、0.066 kg/件。

关键词

家具行业, 挥发性有机化合物, 排污系数

Testing and Calibration of VOCs Emission Coefficient in Furniture Industry

—A Case Study of Lecong Town, Foshan City

Yu Luo, Liting Lin

Guangzhou GRG Metrology & Test Co., LTD., Guangzhou Guangdong

Received: Jan. 3rd, 2022; accepted: Feb. 2nd, 2022; published: Feb. 9th, 2022

Abstract

Volatile organic compounds (VOCs) are key monitoring items of atmospheric environmental pol-

lutants, and pollutant emission coefficient is the supporting basis and key point for the compilation of pollutant source inventory. The determination principle is to give priority to local measurement and verify credibility. Combined with the emission characteristics of atmospheric pollutants in the furniture industry, VOCs monitoring was carried out to identify the characteristic pollutants with higher emission concentration; benzene, toluene, xylene and other three pollutants with high concentration were analyzed and counted, and calculate their emission coefficient. The results show that the emission coefficients of total VOCs, benzene, toluene and xylene are 0.252 kg/piece, 0.001 kg/piece, 0.007 kg/piece and 0.066 kg/piece respectively, which are far lower than the emission coefficients of VOCs of wood furniture released by the state, and the emission coefficients of each substance are very different. It is suggested that relevant national departments should correct the total voc emission coefficient of furniture industry in Foshan, Guangdong province to be 0.252 kg/piece in combination with the actual situation in the calculation of VOC source emission coefficient. The characteristic pollution emission coefficients of benzene, toluene and xylene under key control were corrected to 0.001 kg/piece, 0.007 kg/piece and 0.066 kg/piece respectively.

Keywords

Furniture Industry, Volatile Organic Compounds, Discharge Coefficient

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

挥发性有机化合物(VOCs)是指在 101.3 kPa 标准大气压下,任何沸点低于或等于 250℃的有机化合物 [1]。根据沸点差异,可将挥发性有机化合物分为: 1) 沸点在 0~100℃的属于易挥发有机化合物(VVOC); 2) 沸点在 100℃~260℃,饱和蒸气压超过 0.01 kPa 的属于挥发性有机化合物(VOC) [2]。挥发性有机化合物是重要的臭氧前体物之一,对大气中光化学烟雾和二次有机气溶胶的形成有重要影响,同时对人体的呼吸系统、血液神经系统等有较大的毒害作用,给人体健康带来极大风险[3]。我国家具制造行业主要包括木质家具、金属家具、竹藤家具、塑料家具以及其他家具制造 5 个子行业,其中木质家具和金属家具是整个家具产业的主要组成部分[4]。木质家具制造过程中产生的挥发性有机化合物是家具制造生产中的主要污染物,木质家具生产过程的挥发性有机化合物排放量相对较多、排放种类较为丰富[5]。随着人们的生活水平日渐提高,国民对家具这一类生活物资的需求增大,家具生产企业数量也随之增加。这一方面的社会发展带来的环境问题也逐渐受到国家重视;2019年,生态环境部发布《排污许可证申请与核发技术规范 家具制造工业》(HJ1027-2019)以对家具制造行业实施污染物排放浓度管控[6]。北京、上海、广州、重庆等地区也相继出台了家具制造行业挥发性有机化合物排放标准。排放浓度、产生系数和排放系数是衡量挥发性有机化合物排放水平的重要指标。基于排气筒处的排放浓度可衡量企业的挥发性有机化合物排放水平是否达到相关的排放标准,是环保执法和企业自查的重要监测指标。产生系数和排放系数分别是指单位活动水平所产生的原始污染物的量和经控制措施削减后排放到环境中的污染物的量。生产工艺、原料类型和末端综合治理情况均会影响挥发性有机化合物的排放浓度和排放系数[7]。并且工业企业的污染治理设施不但要考虑理论去除率,还要考虑其实际运行情况下的污染物去除率[8]。

污染物排放系数是污染源清单编制的支撑基础与重点,也是排放标准的重要参考依据。国内现有排

放系数为文献调研数据和估算数据, 估算数据多为模型估算和物料衡算方法计算, 所得数据与实际情况存在一定偏差。而排放系数的确定原则是优先本土实测并验证可信[9], 为此开展了佛山市乐从地区家具行业挥发性有机化合物排放系数测试与校正研究。

2. 佛山市家具行业基本情况

佛山市家具产业规模和市场率位居全国前列。据统计, 全市拥有与家具制造及相关配套的上下游企业逾 30,000 多家, 约占全国家具企业总数的三分之一; 全市家具年产值 1300 多亿元, 占广东全省家具产值的近一半[10]。佛山市乐从镇更是全国最大的家具集散地, 广东省生产服务业促进会与中国家具协会发布数据, 乐从镇容纳 4000 多家家具经销商和 1300 多家家具生产厂家, 汇聚 4 万多种家具品类[11]。其生产企业数量具有较大的规模, 生产废气中挥发性有机污染物的排放案例也较典型。

3. 研究对象与数据来源

本研究开展了佛山市乐从镇 200 家家具制造企业 VOCs 排放基本情况调查, 调查企业基本为木质家具生产企业, 调查内容主要包括产品类型及产量、废气治理情况、企业生产工艺流程(见图 1)等, 并根据国家相关监测标准进行现场监测, 得到各企业排气筒排风量、排口参数等信息, 通过 Tenax 填料吸附管采集气态污染物[12], 使用气相色谱仪对样品进行检测[13]; 分析生产排放废气中的挥发性有机化合物浓度及主要特征污染物。

木工加工 → 组装 → 打磨 → 喷底漆 → 晾干 → 打磨 → 喷面漆 → 晾干 → 包装成品

Figure 1. Production process flow chart of wooden furniture

图 1. 木质家具生产工艺流程图

4. 家具行业挥发性有机化合物测试方案

根据家具行业挥发性有机物测试要求, 对佛山市乐从镇家具生产企业进行了测试研究。本次测试主要对生产日常套房家具、办公家具等木质家具类型的 200 家企业进行了采样调查。

测试期间使用青岛崂应公司 3072 型智能双路烟气采样器对生产企业排气筒进行现场监测, 得到各企业排气筒排风量、排口参数。对排气筒处理前后分别采集 4 个频次的吸附管样品, 管吸附填料为 Tenax, 共计 1200 根样品管, 并进行吸附管串联采集, 采样全过程插入全程序空白, 保证数据的可靠性。同时对采样时企业生产工况进行调查记录, 保证最终结论的准确性。样品采集完成后, 使用 Perkin Elmer ATD350 热解吸仪对样品进行解析处理, 安捷伦 7890B 型气相色谱仪进行仪器分析, 分析过程按照相关标准要求进行质量控制。

5. 结果与讨论

5.1. 生产企业废气处理设施类型及污染物去除效率结果分析

根据调查统计, 乐从镇家具生产企业均安装了废气处理设施, 处理工艺多为等离子处理技术、活性炭吸附、UV 光解处理、药剂喷淋、催化燃烧等工艺的组合式处理, 处理工艺类型选择情况汇总见表 1。

对木质家具生产企业废气排气筒处理前后的样品进行挥发性有机污染物浓度分析, 通过处理前后浓度比较, 计算得出生产企业废气处理设施的污染物去除效率, 平均值为 46%, 污染物去除效率偏低; 经现场调查了解发现, 导致处理设施去除效率偏低的主要因素为生产企业对处理设施的日常管理维护不及时, 环保意识相对薄弱。

Table 1. Summary of waste gas treatment facilities of production enterprises**表 1.** 生产企业废气处理设施类型汇总

序号	工艺类型	占比%
1	等离子 + 活性炭吸附	3.4
2	活性炭吸附	1.3
3	水喷淋 + UV 光解 + 活性炭吸附	69.1
4	药剂喷淋 + 等离子	19.3
5	水喷淋 + 过滤布袋 + 催化燃烧	1.7
6	水喷淋 + 光氧化催化	0.9
7	药剂喷淋 + UV 光解	0.4
8	药剂喷淋	2.1
9	水喷淋 + 干燥处理 + 活性炭吸附 + 催化燃烧	1.7

5.2. 主要特征污染物检测结果分析

对 200 家木质家具生产企业的废气挥发性有机污染物样品进行检测分析, 得到浓度较高的 6 种特征污染物, 分别为苯、甲苯、二甲苯、乙酸正丁酯、乙苯和苯乙烯, 同时使用半定量的方法计算得出总 VOCs 的浓度; 使用现场采样的实际排放标干流量计算排放速率, 得到各特征污染物每小时排放量。木质家具生产工艺流程主要包括机加工、胶粘和喷涂三大工艺, 喷涂工艺又包含底漆、色漆、面漆、干燥和打磨等诸多工序[14], 其中产生挥发性有机污染物的主要环节为喷底漆和面漆两个环节; 根据调查了解, 企业生产车间喷漆为间歇性喷漆, 企业每日生产时间以 8 小时计, 喷漆时间以 5 小时计; 通过上述污染物小时排放量、企业生产时间可计算企业每日挥发性有机污染物排放量, 结合企业每日木质家具生产件数, 计算得出企业生产木质家具挥发性有机污染物排放系数, 最后计算排放系数平均值。计算结果见表 2。

计算公式:

$$\text{排放系数(kg/件)} = \frac{\text{排放速率} \times 5 \text{ h} \times 1.46}{\text{每日生产件数}} \quad (1) [15]$$

Table 2. Calculation results of emission coefficients of various characteristic pollutants**表 2.** 各特征污染物排放系数计算结果

序号	特征污染物名称	排放系数 kg/件
1	总 VOCs	0.252
2	苯	0.001
3	甲苯	0.007
4	二甲苯	0.066
5	乙酸正丁酯	0.044
6	乙苯	0.014
7	苯乙烯	0.010

国家发布的《大气挥发性有机物源排放清单编制技术指南》(试行)给出的溶剂使用源中木质家具涂层 VOCs 排放系数为 0.4 kg/件, 高出实际测算值 1.6 倍~400 倍; 各特征挥发性有机污染物排放系数之间差

别较大,二甲苯的排放系数测算值为 0.066 kg/件,苯的排放系数测算值仅为 0.001 kg/件,二者相差 66 倍。

6. 结论

通过对佛山市乐从镇木质家具生产企业废气中挥发性有机污染物排放进行实际情况调查,并进行样品采集测试,发现佛山市乐从镇木质家具行业使用水喷淋 + UV 光解 + 活性炭吸附这一废气处理工艺的占比相对较大,约为 69.1%,挥发性有机物废气排放处理设施去除效率总体平均水平在 46%。得出木质家具生产过程中总挥发性有机物、苯、甲苯、二甲苯排放系数分别为 0.252 kg/件、0.001 kg/件、0.007 kg/件、0.066 kg/件,远低于国家在《大气挥发性有机物源排放清单编制技术指南》(试行)中发布的溶剂使用源中木质家具挥发性有机物源排放系数;且各特征挥发性有机污染物之间排放系数相差很大;其中,苯与二甲苯的排放系数相差 66 倍之多;建议国家相关部门在挥发性有机污染物源排放系数核算中结合实际情况,校正广东省佛山市家具行业总挥发性有机物排放系数为 0.252 kg/件,将苯、甲苯、二甲苯等重点管控的特征污染排放系数分别校正为 0.001 kg/件、0.007 kg/件、0.066 kg/件。通过测算发现乙酸正丁酯、乙苯和苯乙烯排放系数分别为 0.044 kg/件、0.014 kg/件、0.010 kg/件,与国家重点管控的甲苯、二甲苯排放系数相差不大,其浓度水平相较于其他特征污染物排名靠前,可根据其对大气环境的影响和对人体的毒害性进行选择性的管控。

参考文献

- [1] 田雪峰. 对北京 VOCs 源的研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京工业大学, 2001.
- [2] 时真男. 涂料挥发性有机化合物散发过程的试验与模拟研究[D]: [硕士学位论文]. 太原: 太原理工大学, 2003.
- [3] 丁会请, 张兴文, 杨凤林, 等. 城市空气中挥发性有机物的来源分析[J]. 辽宁化工, 2007, 36(2): 136-139.
- [4] 赵梦飞, 王芳芳, 修光利. 木质家具制造业 VOCs 排放特征及标准体系研究[C]. 第十三届长三角科技论坛——环境保护分论坛论文集. 上海: 环境科学与资源利用, 2016: 1-10.
- [5] 马秀玲. 浅谈家具行业 VOCs 污染控制措施[J]. 基层建设, 2018(18): 41-42.
- [6] 生态环境部. 排污许可证申请与核发技术规范家具制造工业[S]. 北京: 中国环境出版集团, 2019.
- [7] 于兆飞, 宋茜, 刘秀萍. 我国家具制造行业挥发性有机物(VOCs)的产排特征及其环境影响综述[J]. 山东化工, 2021, 50(18): 278-280, 283.
- [8] 王仲旭, 周同, 程洁, 白煜, 董广霞. 工业污染源产排污系数存在问题分析及修订建议[J]. 中国环境监测, 2018, 34(2): 109-113.
- [9] 中华人民共和国环境保护部. 大气挥发性有机物源排放清单编制技术指南(试行) [Z]. 2014.
- [10] 周雄, 王荣发. 佛山镇域家具产业集群的现状、问题及升级研究[J]. 木工机床, 2020(4): 1-4.
- [11] 郭佳, 黄明华, 胡传宝, 马新年, 许鼎均, 黄晓莹. 广东省家具产业集群分布结构探析[J]. 家具与室内装饰, 2018, 5(11): 64-65.
- [12] 国家环境保护局科技标准司. 固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 1996.
- [13] 广东省环境保护厅. 家具制造行业挥发性有机化合物排放标准, 附录 D, VOCs 监测方法, DB 44/814-2010 [S]. 广州: 广东省质量技术监督局, 2010.
- [14] 张嘉妮, 曾春玲, 刘锐源, 等. 家具企业挥发性有机物排放特征及其环境影响[J]. 环境科学, 2019, 40(12): 52-61.
- [15] 林启才. 关中地区陶瓷行业 VOCs 排放系数测试与校正研究[J]. 环境科学与管理, 2018, 43(9): 4.