

DOI: 10.12326/j.2096-9694.2020138

木家具挥发性有机物现场快速检测采样装置研究

汪进, 古鸣, 黄松军

(上海市质量监督检验技术研究院, 上海 201114)



摘要: 为了实现木家具 VOCs 的现场快速检测, 针对表面平整坚硬的木家具, 设计一种表面压合式采样器作为快速检测采样装置, 介绍该装置的设计原理和主要结构。采用该装置对 50 件木家具样品进行快速采样检测, 其检测数据与传统气候舱法的检测数据呈现一定的相关性, 且复检偏差率小于 10%, 表明采用该装置的检测数据稳定, 满足设计要求, 具有可操作性。

关键词: 木家具; 挥发性有机物 (VOCs); 快速检测; 采样装置

中图分类号: S781.6; TS653

文献标识码: A

文章编号: 2096-9694 (2021) 02-0068-05

Study on a Rapid On-Site Sampling Device for Detecting Volatile Organic Compounds Released from Wooden Furniture

WANG Jin, GU Ming, HUANG Song-jun

(Shanghai Institute of Quality Inspection and Technical Research, Shanghai 201114, China)

Abstract: In order to realize the rapid on-site detection of VOCs released from wooden furniture, a surface pressing sampler was developed as a rapid detection and sampling device for wooden furniture with flat and hard surface. The design principles and main structures of the device were introduced. 50 pieces of wooden furniture samples were quickly sampled and tested. The test data presented a certain correlation with the test data of the chamber method, and the re-inspection deviation rate was less than 10%. It showed that the device could meet the design requirements with stable performance and operability.

Key words: furniture; volatile organic compounds (VOCs); rapid detection; sampling device

随着消费者对产品质量环保属性的重视, 木家具产品挥发性有机物 (VOCs) (如苯、甲苯等) 的释放问题倍受关注^[1-4]。木家具产品原材料组成、制造工艺及使用条件差异大, 产品量大面广, VOCs 的成分复杂^[5-6], 目前国内外对木家具产品中 VOCs 的检测主要采用气候舱法, 但该检测方法复

杂、检测周期长、成本高^[7], 不易大规模推广应用。近些年我国开展了木家具产品 VOCs 检测方法和标准的研究^[8-11], 水、空气、土壤等领域的 VOCs 检测都已经有了现场快速检测方法和装置, 因此有必要研发木家具中 VOCs 释放的快速检测装置, 实现现场快速检测。笔者研制了一种现场快速检测采样装置——木家具表面压合式采样器。本文主要阐述该装置设计原理, 并总结应用试验结果, 为实现木家具中 VOCs 现场快速检测提供技术支撑。

收稿日期: 2020-03-05; 修改日期: 2020-12-10

基金项目: 国家重点研发计划项目“家具产品中挥发性有机物 NQI 技术集成及示范应用”(2016YFF0204500); “家具产品中挥发性有机物(VOCs)国内外检测技术和标准的验证比对及检测设备的研究”(2016YFF0204504)。

作者简介: 汪进 (1984—), 男, 高级工程师。Email: wangjinwinners@163.com

1 快速检测采样装置设计原理

1.1 工作原理

木家具表面压合式采样器适用于表面平整坚硬的样品，采样时紧贴木家具表面，在采样罩两侧的吸盘确保采样装置与木家具表面紧密贴合，排除外界环境对采样装置内气体浓度的影响。参照ISO 16000-10:2006 “Indoor air — Part 10: Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing—Emission test cell method” 中的工作原理，将一定温度和体积的气体经过进气系统吸入至采样罩内进行气体置换和保载，由采气系统收集待测气体，实现现场快速采集。

1.2 主要结构

如图1所示，主要结构包括三部分。

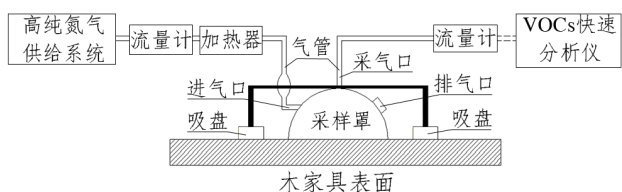


图1 木家具表面压合式采样器结构图和实物
Fig.1 The structure diagram and the authentic device of the pressed sampler for the surface of wood furniture

- 1) 进气系统：包括高纯氮气供给系统、流量计、加热器和气管；
- 2) 压合式采样罩：包括体积为1.5 L的半球状采样罩，吸盘，设有进气口、排气口、采气口；
- 3) 采气系统：由气管和流量计组成；
- 4) VOCs快速分析仪：定制的GC-FID分析仪，经权威计量机构按照HJ 1010—2018《环境空气挥发性有机物气相色谱连续监测系统技术要求及检测方法》规定对其进行了检测。苯、甲苯、

乙酸丁酯、二甲苯、苯乙烯和乙苯的检出限分别为0.21、0.27、0.31、0.18、0.23和0.27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

1.3 工作过程

1) 将采样罩置于木家具表面，压紧采样罩两侧的吸盘，使采样罩与木家具表面之间紧密贴合形成密闭空间，确保采样罩内气体不受周围环境空气的影响。

2) 关闭采气口，打开进气口和排气口，进气口和采气口之间角度间隔 60° 以上，排气口和采气口之间角度间隔 15° 以上，使三个口之间间距充分避免互相干扰，进气速率为 $(1\pm 0.05) \text{ L}/\text{min}$ ，通过高纯氮气供给系统、流量计、加热器等装置，将一定流量且温度为 $(23\pm 2)^\circ\text{C}$ 的高纯氮气通入采样罩内，吹扫9 min，对采样罩内气体进行6次置换，完成采样罩内背景浓度置换。

3) 置换结束后停止吹扫，关闭进气口和排气口，保载10 min，待采样罩内气体与木家具表面挥发的气体混合均匀后打开采气口，将混合气体通过气管和流量计通入VOCs快速分析仪进行测试。

2 快速检测采样装置应用试验

2.1 材料和方法

样品主要选取板式家具和实木家具，包括床类、柜类、桌几类、椅凳类共50件，采用油性漆、水性漆和三聚氰胺浸渍纸饰面3种工艺制作。每类样品规格尺寸相同，同种工艺制作5件样品，主要信息见表1。

表1 试验家具样品信息和气候舱信息

Tab.1 Information of furniture samples and climate chambers

种类	数量	涂饰工艺	基材	气候舱容积/ m^3	样品体积承载率/%
床类	5	油性漆饰面	实木	16	0.21
	5	水性漆饰面	实木	16	0.21
柜类	5	油性漆饰面	实木	3	0.20
	5	水性漆饰面	实木	3	0.20
	5	三聚氰胺浸渍纸饰面	人造板	3	0.20
桌几类	5	油性漆饰面	实木	3	0.21
	5	水性漆饰面	实木	3	0.21
	5	三聚氰胺浸渍纸饰面	人造板	3	0.21
椅凳类	5	油性漆饰面	实木	3	0.19
	5	水性漆饰面	实木	3	0.19

采用快速检测采样装置采集待测气体（简称快速法），试验温度设置为 $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ ，输入VOCs快速分析仪检测VOCs。同时，按照GB/T 31106—2014《家具中挥发性有机化合物的测定》和GB/T 31107—2014《家具中挥发性有机化合物检测用气候舱通用技术条件》规定，采用气候舱法检测VOCs作为对比，气候舱内试验条件：温度 $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $(45\pm 5)\%$ ，气候舱容积和样品体积承载率见表1。比较分析两种方法的检测结果。

2.2 快速法与气候舱法试验数据比较

采用木家具表面压合式采样器对样品进行VOCs采样后测试，主要检测出苯、甲苯、乙酸丁酯、二甲苯、苯乙烯、乙苯等6种挥发性有机物，与气候舱法检测出来的VOC成分基本一致。以快速法的检测结果作为横坐标，以气候舱法的检测结果作为纵坐标，50个家具样品中苯、甲苯、乙酸丁酯、二甲苯、苯乙烯、乙苯的检测数据如图2所示。

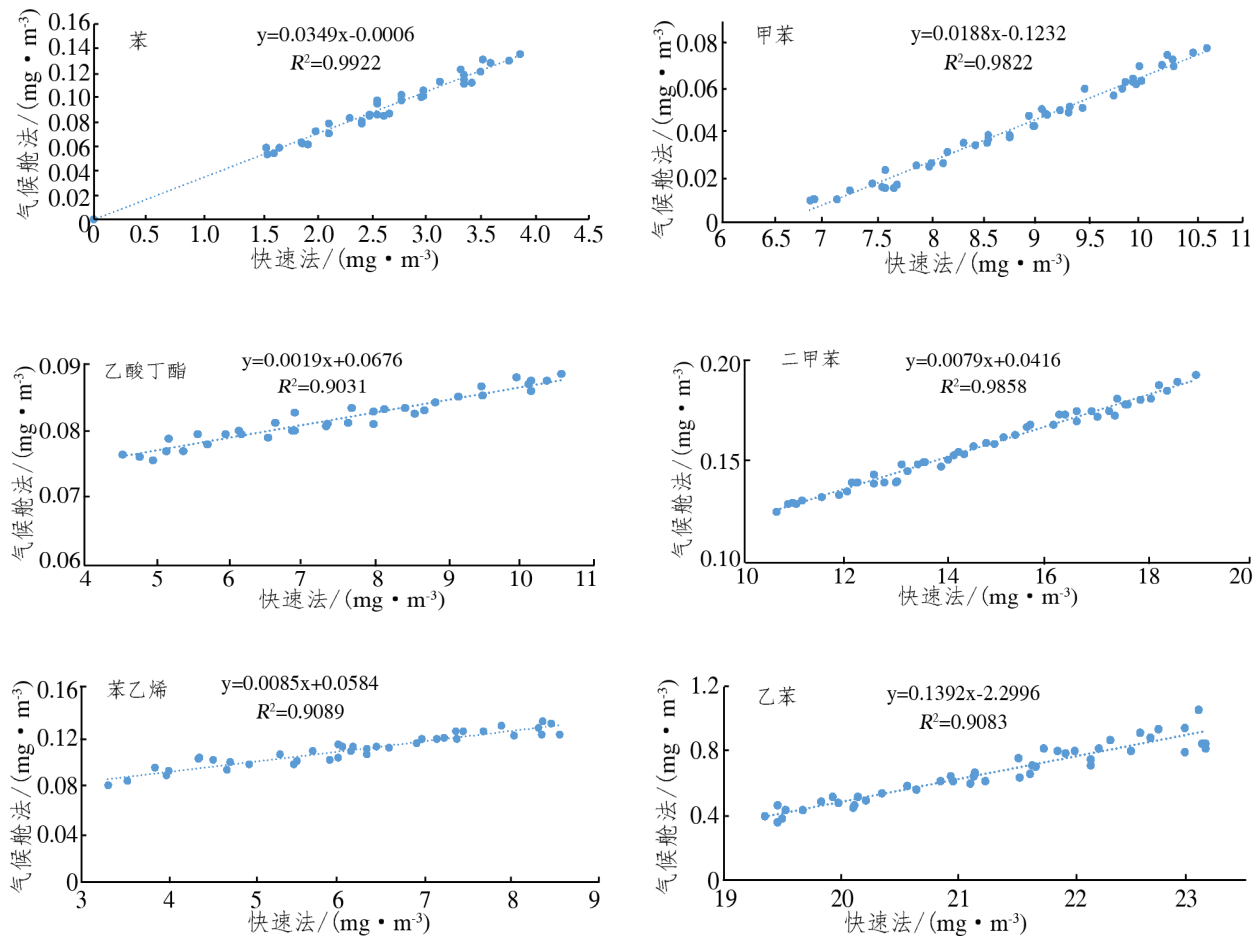


图2 木家具VOCs快速法与气候舱法试验数据相关性

Fig.2 Correlation of test data of wood furniture VOCs rapid method and climate chamber method

图2显示，两种方法测得的苯、甲苯、乙酸丁酯、二甲苯、苯乙烯、乙苯的数据稳定在某一条直线附近，拟合曲线的函数方程分别为：

$$y=0.0349x-0.0006, R^2=0.9922;$$

$$y=0.0188x-0.1232, R^2=0.9822;$$

$$y=0.0019x+0.0676, R^2=0.9031;$$

$$y=0.0079x+0.0416, R^2=0.9858;$$

$$y=0.0085x+0.0584, R^2=0.9089;$$

$$y=0.1392x-2.2996, R^2=0.9083.$$

6个函数方程的 R^2 都 >0.9 ，说明两种方法检测结果的稳定性较好，而且呈现一定的相关性。取5件相同工艺的同类家具的VOCs检测结果的平均值作为试验数据列于表2，快速法检测结果用 C_A 表示，气候舱法检测结果用 C_B 表示。

表2 木家具 VOCs 快速检测法与气候舱法试验数据比较

Tab.2 Comparison of test data between rapid detection method and climate chamber method of VOCs from wood furniture

涂饰工艺	VOCs 成分	桌几类/(mg·m ⁻³)		柜类/(mg·m ⁻³)	
		快速法 C _A	气候舱法 C _B	快速法 C _A	气候舱法 C _B
油性漆饰面	苯	2.3505	0.0797	3.6555	0.1300
	甲苯	8.8059	0.0412	10.4417	0.0763
	乙酸丁酯	7.4696	0.0794	10.4692	0.0914
	二甲苯	14.1276	0.1522	18.4129	0.1877
	苯乙烯	6.0105	0.1106	8.4750	0.1318
	乙苯	21.1236	0.6602	23.1325	0.7145
水性漆饰面	苯	1.9749	0.0660	3.3697	0.1162
	甲苯	8.4036	0.0353	10.1078	0.0684
	乙酸丁酯	6.8780	0.0800	9.9353	0.0879
	二甲苯	13.3811	0.1485	17.5283	0.1786
	苯乙烯	5.5335	0.1332	8.0050	0.1250
	乙苯	20.7226	0.5228	22.8011	0.8923
三聚氰胺浸渍纸饰面	苯	1.6085	0.0550	2.9787	0.1044
	甲苯	7.9350	0.0241	9.8792	0.0615
	乙酸丁酯	6.2600	0.0768	9.3095	0.0845
	二甲苯	12.7800	0.1404	16.8405	0.1737
	苯乙烯	5.0218	0.1022	7.3045	0.1174
	乙苯	20.2036	0.4913	22.2836	0.7866
涂饰工艺	VOCs 成分	床类/(mg·m ⁻³)		椅凳类/(mg·m ⁻³)	
		快速法 C _A	气候舱法 C _B	快速法 C _A	气候舱法 C _B
油性漆饰面	苯	2.6527	0.0927	N.D	N.D
	甲苯	9.3924	0.0471	7.5541	0.0175
	乙酸丁酯	8.7153	0.0834	5.5470	0.0775
	二甲苯	15.9862	0.1703	11.9606	0.1361
	苯乙烯	6.7864	0.1237	4.4622	0.0998
	乙苯	21.8671	0.7805	19.8032	0.5192
水性漆饰面	苯	2.4878	0.0844	N.D	N.D
	甲苯	9.1124	0.0484	6.9865	0.0110
	乙酸丁酯	8.0228	0.0820	4.9044	0.0713
	二甲苯	14.9497	0.1603	10.9280	0.1285
	苯乙烯	6.3180	0.1091	3.7497	0.0899
	乙苯	21.5338	0.6737	19.4674	0.4066

由表2可以看出，快速法检测结果远大于气候舱法检测结果。木家具表面压合式采样器在使用过程中一直处于密闭状态，不进行换气，VOCs短时间内会在采样器内迅速富集并达到饱和，因此检测出来的VOCs浓度较大。气候舱在使用过程中是换气的，较长时间内气候舱内VOCs浓度很难达到饱和，随着时间的推移，VOCs浓度会逐步下降并最终趋于平稳，时间越长，气候舱的换气次数越多，因此检测出来的VOCs释放浓度越低。

木家具表面处理主要采用油性漆饰面、水性

漆饰面和三聚氰胺浸渍纸饰面3种工艺。从50件样品的快速法检测结果来看，木家具中释放的VOCs浓度特点：油性漆饰面>水性漆饰面>三聚氰胺浸渍纸饰面，这与气候舱法的检测结果一致。基材被油漆和浸渍纸封在了里面，VOCs主要由表面的油漆和浸渍纸释放。三聚氰胺浸渍纸的VOCs含量很低，因此检测量也很低。油漆在涂饰时需要加入溶剂，漆膜涂层在干燥成膜时，溶剂中的挥发性有机物会释放较多，特别是油性漆，主要采用有机溶剂，VOCs含量很高。

2.3 快速法试验数据复现性比较

对相同样品进行快速法的再次采样检测, 复检的试验数据列于表3, 以偏差率(式1)来计算第一次快速法检测结果 C_A 与第二次快速法检测结果 C_C 的偏差, 判断快速法的数据稳定性。

$$\text{偏差率} = \frac{C_A - C_C}{C_A} \times 100\% \quad (1)$$

通过式1计算得出两次检测结果的偏差率仅在10%以内, 表明快速法的检测数据重复性较好、检测数据稳定。

表3 木家具VOCs快速检测法与复检试验数据比较

Tab.3 Comparison of test data between rapid test method and retest of VOCs from wood furniture

VOCs成分	样品1/(mg·m ³)			样品2/(mg·m ³)			样品3/(mg·m ³)		
	快速法 C_A	快速法 C_C	偏差率/%	快速法 C_A	快速法 C_C	偏差率/%	快速法 C_A	快速法 C_C	偏差率/%
苯	N.D	N.D	-	N.D	N.D	-	3.3622	3.1822	5.4
甲苯	9.3331	8.8875	4.8	7.655	7.1221	7	10.3325	9.6523	6.6
乙酸丁酯	9.7651	8.9954	7.9	7.5271	6.9362	7.8	6.8988	6.5322	5.3
二甲苯	18.1979	17.1423	5.8	14.2224	13.365	6	17.332	16.2358	6.3
苯乙烯	5.5192	5.2031	5.7	6.3384	5.9831	5.6	7.3684	6.8231	7.4
乙苯	23.0969	21.6638	6.2	20.523	19.5203	4.9	19.5527	18.9225	3.2

3 结论

1) 木家具中VOCs现场快速检测装置检测出了苯、甲苯等VOCs组分, 与气候舱法检测出来的VOCs成分基本一致, 且二者的试验数据呈现一定的相关性, 验证了该装置的可行性和可靠性。

2) 复检验证试验数据的偏差率仅在10%以内, 表明现场快速检测方法的试验数据重复性较好、检测数据稳定。

3) 现场快速检测采样装置仅适用于表面平整坚硬的家具, 有一定的局限性。

参考文献:

- [1] 陈红军, 张蕾, 胡艳君, 等. 模拟室内环境下不同家具产品中挥发性有机化合物的检测[J]. 木材工业, 2019, 33(6): 6-9.
CHEN H J, ZHANG L, HU Y J, et al. Analysis of volatile organic compounds from furniture in simulation indoor environments[J]. China Wood Industry, 2019, 33(6): 6-9.
- [2] 刘巍巍, 张寅平, 姚远, 等. 室内装饰装修材料和家具VOC释放标识体系述评[J]. 科学通报, 2012, 57(17): 1533-1543.
LIU W W, ZHANG Y P, YAO Y, et al. Indoor decorating and refurbishing materials and furniture volatile organic compounds emission labeling systems: A review[J]. Chinese Science Bulletin, 2012, 57(17): 1533-1543.
- [3] 刘如, 黄安民, 王晨, 等. 家具气味源分析及控制技术的研究进展[J]. 木材工业, 2018, 32(3): 34-38.
LIU R, HUANG A M, WANG C, et al. Review of odor source and controlling technology for furniture[J]. China Wood Industry, 2018, 32

(3): 34-38.

- [4] 龙玲, 李光荣, 周玉成. 大气候室测定家具中甲醛及其他VOC的释放量[J]. 木材工业, 2011, 25(1): 12-15.
LONG L, LI G R, ZHOU Y C. Formaldehyde and other volatile organic compound emissions from furniture in a full-scale chamber[J]. China Wood Industry, 2011, 25(1): 12-15.
- [5] Filipy J, Rumburg B, Mount G, et al. Identification and quantification of volatile organic compounds from a dairy[J]. Atmospheric Environment, 2006, 40(8): 1480-1494.
- [6] Qi Y Q, Shen L M, Zhang J L, et al. Species and release characteristics of VOCs in furniture coating process[J]. Environmental Pollution, 2019(245): 810-819.
- [7] 古鸣, 吴静霞, 龚青, 等. 木家具中挥发性有机物现场快速检测方法研究[J]. 林产工业, 2019, 46(7): 30-34.
GU M, WU J X, GONG Q, et al. Study on rapid detection of volatile organic compounds from wooden furniture[J]. China Forest Products Industry, 2019, 46(7): 30-34.
- [8] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 家具中挥发性有机物释放量的测定 小型散发罩法: GB/T 32443—2015[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [9] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 家具中挥发性有机化合物的测定: GB/T 31106—2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
- [10] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 家具中挥发性有机化合物检测用气候舱通用技术条件: GB/T 31107—2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
- [11] 王晓旭, 张晓波, 姚晨岚. 气袋法快速检测家具部件中挥发性有机物的方法[J]. 木材科学与技术, 2021, 35(1): 71-76.
WANG X X, ZHANG X B, YAO C L. Sampling bag method of volatile organic compounds in furniture components[J]. Chinese Journal of Wood Science and Technology, 2021, 35(1): 71-76.

(本文编校 张鹏、向琴)