

· 研究报告 ·

涂料中挥发性有机化合物对建筑室内的环境污染

时真男, 王冬云, 李思敏

(河北工程学院城建系, 河北 邯郸 056038)

摘要: 介绍了醇酸调和漆、防锈漆和清漆 3 种涂料中挥发性有机化合物对建筑物室内的环境污染, 并利用静态释放气体试验法, 研究了 3 种涂料释放挥发性有机化合物的规律。

关键词: 涂料; 挥发性有机化合物; 密闭环境小室; 试验

中图分类号: X 830 文献标识码: B 文章编号: 1006-2009(2005)05-0011-03

Pollution of Volatile Organic Compounds in Coating material to Indoor Environment

SHI Zhen-nan, WANG Dong-yun, LISI Min

(Urban Construction Department, Hebei Engineering College, Handan, Hebei 056038, China)

Abstract To discuss the pollution of volatile organic compound in three kinds of coating material to indoor environment. The release of these three kinds of coating material were studied.

Key words Coating material; Volatile Organic Compounds; Environment small room; Test

近年来, 因建筑和家具材料引起的室内污染对人体健康影响已越来越受到人们的重视, 建筑及装饰材料中挥发性有机化合物 (VOCs) 的缓慢释放对复合材料的性能和耐久性也有影响^[1-3]。文献 [4] 对 4 处新建, 已装修但未入住房屋 VOCs 的散发试验证实, 建筑、装修材料对室内空气污染有贡献, 而且材料和家具散发的 VOCs 对室内空气质量的影响是长期的。英国 BRE (Building Research Establishment) 对未入住房屋测试发现, 总有机碳 (TOC) 浓度虽然随时间延续逐渐衰减, 但到了第 2 年, 室内浓度仍高于室外浓度^[4]。

为证明建筑、装饰材料对室内空气质量的影响, 丹麦对新建 1 年房屋材料的 VOCs 稳态散发速度作了研究, 在气体交换率为 0.35 h^{-1} 时, 前 6 个月总挥发性有机碳 (TVOC) 的浓度超过 0.5 mg/m^3 , 而在未入住的单元户内, TVOC 浓度衰减到 0.5 mg/m^3 , 大约需要 1 年以上^[5]。可见建筑、装饰材料是造成室内空气污染的主要原因, 加强建筑、装饰材料的质量管理, 对保证人体健康有重要意义。

1 方法简介

1.1 试验方法及装置

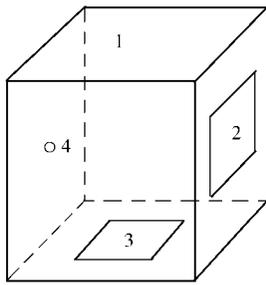
目前, 国内外针对非金属材料释放气体的研究方法主要为动态释放气体试验法和静态释放气体试验法。静态释放气体试验法是将材料放入一个干净密闭的容器内, 加热, 使材料在一定温度下自然挥发, 利用色谱/质谱联用仪测定在一定时间下材料释放的气体。该法不考虑环境内气体的净化和交换, 把复杂的环境影响简单化, 特别有利于批量材料的试验与评价, 具有方法简单、操作费用低、试验结果可靠等优点, 得到国内外普遍重视。因此, 该试验用静态释放气体试验法分析了涂料释放挥发性有机化合物对建筑室内环境污染的影响。

试验装置采用自制的小型密闭环境小室, 环境小室由双层的钢材料制成, 内壁为不锈钢材料, 外部为 5 cm 厚保温材料, 最外层为钢制材料。环境小室的容积为 4 L, 采用鼓风加热恒温箱加热并自动控制温度。试验时将测试的涂料 (市售的醇酸调和漆、防锈漆和清漆) 均匀地涂在 800 cm^2 铝盘表面, 风干后放入密闭环境小室中, 密封试验容器,

收稿日期: 2004-11-03 修订日期: 2005-05-23

作者简介: 时真男 (1969-), 女, 陕西咸阳市人, 硕士, 讲师, 从事建筑环境控制理论技术的教学与科研工作。

并加热至 50 ℃, 使涂料在此温度下释放气体, 试验周期为 90 d, 试验装置见图 1。



1 —— 箱体; 2 —— 门; 3 —— 测试样品; 4 —— 取样孔

图 1 密闭环境小室试验装置

1.2 仪器设备及测试条件

岛津 QP 5000 色谱/质谱联用仪: DB-5 毛细管柱 30 m × 0.25 mm, Pora Q PLOT 柱 27.5 m × 0.32 mm, 载气: 高纯氦气 (99.999% 以上), 柱温: 60 ℃ (保留 2 min 以 5 ℃/min 速度升温至 120 ℃, 停留 10 min), 汽化室温度: 150 ℃, 载气流量: 1 mL/min (AFC 控制), 分流比: 10:1 (AFC 控制), 电离方式: EI 源, 离子源温度: 230 ℃, 电离能量: 70 eV, 扫描范围: 20 amu ~ 400 amu 电子倍增器电压: 1 kV;

Agilent 6890 色谱仪: 载气: 高纯氦气 (99.999% 以上), 检测器温度: 180 ℃, 汽化室温度: 180 ℃, 柱温: 60 ℃ (保留 2 min 以 20 ℃/min 速度升温至 100 ℃, 停留 10 min), 载气流量: 4 mL/min, 辅助气流量: 35 mL/min

ATD-50 自动热脱附系统条件: 脱附模式: 双程脱附, 脱附温度: 50 ℃, 脱附时间: 10 min, 转移线温度: 100 ℃, 冷阱低温: -30 ℃, 冷阱加热高温: 280 ℃。

1.3 分析方法

定性分析: 采用美国 P-E 公司的自动热脱附系统试验检测涂料释放气体。将材料在一定温度下释放的气体用载气带出, 通过吸附剂吸附, 当材料释放的气体被吸附剂吸附至一定量 (或时间) 后, 通过快速加温, 将吸附的组分迅速吹出, 再以浓缩形式进入色谱/质谱联用仪分析。

定量分析: 采用气相色谱法。用注射器取气样 100 mL 注入装有吸附剂 Tenax GC 的采样管中, 立即将采样管放在 ATD-50 自动热脱附系统上, 在设定的仪器条件下, 将吸附的气体组分解吸出来, 并以

浓缩形式进入气相色谱仪测定材料释放气体的峰面积, 由组分的峰面积计算材料释放气体的浓度。

2 结果与讨论

2.1 定性结果

在试验条件下, 对醇酸调和漆、防锈漆和清漆 3 种类型涂料作释放 VOCs 的定性试验, 结果见表 1。

表 1 3 种涂料释放 VOCs 的定性试验结果

编号	化合物	醇酸调和漆	防锈漆	清漆
1	乙醇	+	-	+
2	丙醇	-	-	+
3	丁醇	+	+	-
4	甲醛	+	-	+
5	乙醛	-	+	+
6	丁醛	+	+	-
7	丙酮	+	+	-
8	乙酸	+	-	+
9	苯	-	+	+
10	苯乙烯	+	-	+
11	甲苯	+	+	+
12	乙苯	-	+	+
13	1,2-二甲苯	+	+	+
14	1,3-二甲苯	-	+	+
15	1,4-二甲苯	-	+	+
16	特丁基苯	+	-	-
17	1,2,3,4-四甲苯	+	+	+
18	1,2,4,5-四甲苯	+	+	-
19	1,2-二乙基苯	+	-	+
20	1,3-二乙基苯	+	-	-
21	2-甲基丙苯	+	-	+
22	4-甲基异丙苯	+	-	-
23	2,4-二甲基异丙苯	+	-	-
24	3,5-二乙基甲苯	+	-	+
25	十一烷	+	-	+
26	十四烷	-	+	-
27	壬烷	-	+	+
28	1,1,3-三甲基己烷	-	+	+
29	乙酸辛酯	+	-	-
30	乙酸乙酯	-	+	+
31	乙酸丁酯	-	+	+
32	萘	+	-	+
33	1-甲基萘	+	-	+
34	2-甲基萘	+	-	-
35	蒽	+	+	-

注: “+”有检出,“-”未检出。

由表 1 可见, 3 种涂料共检出 35 种组分, 这些组分主要是材料中所含的有机溶剂、未聚合的单体, 以及热氧化和热分解产物, 分属于脂肪烃、芳香烃、卤代烃、醛、酮、醇酸、酚和杂环化合物等类型。

在检测出的 35 种组分中, 有 24 种组分对人体健康有一定危害, 19 种组分具有“三致”效应。检测结果表明, 涂料中释放的 VOCs 对室内空气质量有影响, 是不可忽视的重要污染源。单一材料释放的 VOCs 成分较多, 每种涂料释放的有害成分都多达十几种, 有些涂料会释放出毒性较大的甲醛、苯、甲苯和苯乙烯等。毒理学研究结果表明, 大分子脂肪烃对人体有一定的刺激性和麻痹性, 芳香烃可影

响神经系统和造血功能, 卤代烃可损害肝、肾功能, 而苯、甲苯和苯乙烯等均被证明具有致癌性。

2.2 定量结果

在定量分析中, 因为每种材料释放的有害组分很多, 要实现每种物质准确定量分析较困难, 再加上有些成分含量很少, 故只定量分析了其中含量较高的主要污染物。在试验条件下, 醇酸调和漆、防锈漆和清漆释放的 VOCs 结果见表 2。

表 2 醇酸调和漆、防锈漆和清漆释放气体的测定结果

采样时间	醇酸调和漆				防锈漆					清漆				
	茚	甲苯	丁醛	合计	丁醇	二甲苯	四甲苯	十四烷	合计	丁醇	二甲苯	四甲苯	十四烷	合计
0.1	1.4	0.1	0	1.5	1.6	2.8	0.1	0.7	5.2	2.4	0.8		0.7	3.9
1	2.5	0.6	0.3	3.4	4.2	6.6	0.5	1.6	12.9	5.8	2.6	0.3	1.9	10.6
2	3.2	1.3	0.6	5.1	5.2	10.9	0.6	2.8	19.5	7.2	3.9	0.6	3.2	14.9
3	4.3	1.8	0.8	6.9	6.3	11.1	0.7	4.5	22.6	8.3	4.4	0.8	4.7	18.2
10	5.4	2.1	0.8	8.3	6.4	11.3	1.0	6.9	25.7	8.4	4.3	1.2	7.9	21.8
30	5.7	2.2	0.9	8.8	6.7	11.5	1.2	7.1	26.5	8.7	4.5	1.2	8.2	22.6
60	5.5	2.1	0.8	8.4	6.3	11.4	1.3	7.2	26.2	8.3	4.4	1.4	8.7	22.8
90	5.6	2.1	0.8	8.5	6.0	11.7	1.3	7.1	26.1	8.0	4.7	1.3	8.8	22.8

从表 2 可见, 在试验条件下, 同一组分释放有害气体的量是随释放时间的增加而增加, 但 30 d 后, 释放的气体量趋于稳定。延长材料释放气体的时间, VOCs 释放气体的量并没有成比例增加, 表明材料释放气体在一定温度下存在平衡现象, 在材料释放气体组分未达到平衡前, 释放气体的量与释放时间成正比。采用 Origin 6.0 软件对涂料释放 VOCs 的总量作非线性最小二乘法拟合, 得到涂料释放 VOCs 的速率见表 3。

表 3 涂料释放挥发性有机化合物的速率 m/h

名称	释放速率
醇酸调和漆	0.509
防锈漆	0.73
清漆	0.58

从表 3 可见, 不同涂料释放 VOCs 的速率不同, 释放速率越快, 达到平衡时, 密闭环境小室内的 VOCs 浓度越大。因此, 可通过预测涂料中释放总有机物的平衡浓度, 来评价建筑、装饰材料产品是否达到标准质量的要求。

3 结论

油漆涂料释放 VOCs 的组分很多, 定性试验共检出 35 种组分, 其中 24 种组分对人体健康有一定

危害, 19 种组分具有“三致”效应。结果表明, 油漆涂料释放出的 VOCs 对室内空气质量有一定影响。

建筑、装饰材料都会释放 VOCs, 不同材料释放 VOCs 的量不同, 释放气体达到平衡时间也不同。同一材料释放有害气体量随时间的增加而逐渐增加, 达一定时间后, 释放气体量趋于稳定, 同一材料释放不同组分的平衡时间也不同。

室内建筑、装饰材料是 VOCs 的重要来源, 是造成室内空气有机污染的主要原因, 应该加强对室内建筑、装饰材料等的质量管理。

[参考文献]

- [1] WHO. Indoor Air Quality. Organic Pollutants. EURO Reports and Studies No. [R]. Copenhagen: World Health Organization, 1989.
- [2] GUSTAFSSON H. Building materials identified as major sources of indoor air pollutants - a critical review of case studies [J]. Swedish Council for Building Research, 1992, (10): 27-36.
- [3] MARON I M, SEIFERT B, LINDVALL T. Indoor Air Quality. (Chapter 2 - Organic Pollutants) Air Quality Monograph [J]. Elsevier Science B V, 1995, 3: 23-31.
- [4] YU C, CRUMP D, SQUIRE R. The Indoor Air Concentration and the Emission of VOCs and Formaldehyde from Materials Installed in BRE Low Energy Test Houses [J]. Indoor and Built Environment, 1997, 6: 45-55.

本栏目责任编辑 张启萍