

室内装饰装修材料测试舱的研制与应用

孔福生, 穆肃

(江苏省环境监测中心, 江苏 南京 210036)

摘要:介绍了测试舱的研制意义、测试舱构造和温度控制部分,以及空气交换、循环控制,空气净化装置和温度、湿度、流速显示装置等。通过实验,对测试舱的温度控制,空气净化系统检验,空气交换、循环的检验,释放甲醛平衡点的快速判断和测试舱的比对等运行技术指标进行了论证、优化。结果表明,简易的室内装饰装修材料测试舱对主要运行参数可以自动运行与控制,运行情况满足国家标准方法的技术指标要求,与同类商品化测试舱相比,误差在 2% 左右。

关键词:室内空气污染;测试舱;研制;应用

中图分类号: X830 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-2009(2007)03-0016-04

Development and Application of Cabin for Decoration Materials Test

KONG Fu-sheng, MU Su

(Jiangsu Provincial Environmental Monitoring Center, Nanjing, Jiangsu 210036, China)

Abstract: The test cabin as well as its structure, temperature control system, air interchange and cyclic control, air-cleaning facility, display units of temperature, humidity, speed of flow was introduced. The demonstrability and optimization of the cabin technical specification have been done in the tests of temperature control, air-cleaning facility system, the air interchange system, the circulation system, fast judgement of formaldehyde release balance point. The test result indicated the cabin can be automatically running and controlled according to the setting parameters. The running situation meets the test method demand of national standard technical specification. The test error is about 2% compared with the similar commercialized test cabin of selling.

Key words: Room air pollution; Testing cabin; Development; Application

室内空气中甲醛的污染主要来源于室内装饰装修的人造板、地毯等材料,甲醛污染的危害性大、持续时间长,并且存在不易清除和普遍存在等属性^[1-4]。测定人造板、地毯中甲醛的方法有测试舱(气候箱)法、穿孔法和干燥法^[5-6],其中测试舱法的样品取样量大,代表性好,国家标准规定测试舱法为仲裁方法。目前国内符合国家标准技术要求的商品化测试舱很少,而且由于其外形体积庞大、置换空气的二次污染、运行技术参数无法校验等原因,影响了使用。现研制的简易测试舱在符合国家规定的技术指标基础上,重点解决测试舱整体构造设置、运行参数校验、空气循环(置换)方式和二次污染问题,实际运用取得了较好的结果。

1 测试舱研制

1.1 整体构造

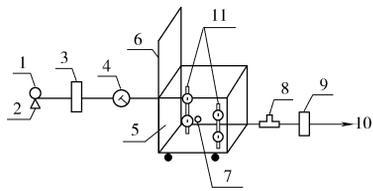
测试舱结构见图 1。

测试舱整体构造主要由空气泵、气路、空气净化器、流量控制、密封舱、温湿度测量装置、空气循环装置、空气取样器和样品支架等组成。工作原理是环境空气经空气泵产生正压空气,通过聚四氟乙烯气路到空气净化器,空气经过净化器去除空气中的水分和被测物质后进入流量计,流量计控制流量后,空气输入密封舱进行循环,循环后的空气含着

收稿日期:2006-09-12;修订日期:2007-03-23

基金项目:江苏省科技厅、江苏省社会发展计划基金资助项目(BS2005067)

作者简介:孔福生(1960—),男,江苏南京人,高级工程师,大学,从事环境监测与管理工作。



1——空气进气口；2——空气泵；3——空气净化器；
4——流量计（可调）；5——密封舱体；6——密封舱盖；
7——测量孔；8——空气净化器；9——空气取样口；
10——空气出口；11——风扇

图 1 测试舱结构

被测物质经过取样器和净化器（2次）排入环境。

密封舱材料采用不锈钢支架、玻璃面板和硅橡胶密封条制作，空气净化器用玻璃吸附塔，空气取样器用聚四氟乙烯的单阀三通，气路用直径为 6 mm × 9 mm 的聚四氟乙烯材料，其余构造部分用惰性材料。

舱容积的大小直接关系被测样品取样量的大小，舱容大取样量大，样品的代表性好。结合实际条件，密封舱的容积为 1.13 m × 0.90 m × 1.00 m，扣除舱体内支架等占用的体积，舱容为 1 m³，属小型测试舱，符合《民用建筑工程室内环境污染控制规范》（GB 50325 - 2001）容积应为 1 m³ ~ 40 m³ 的国家技术规定。

密封舱的舱盖放在上方，方便样品的取放。循环空气的进、出孔分别在密封舱两个相对的侧面，设在密封舱体的对角线位置，使两孔之间的距离最大化，保证密封舱内的循环空气充分混合和滞留时间最长等要求。温度、湿度、风速测量孔设在舱体 4 个侧面的中间位置，以便测量。

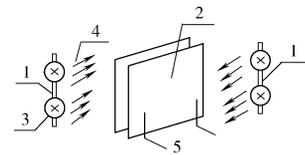
1.2 温度控制系统

测试舱温度采用恒温室整体控制的方法实现温度控制。选择 25 m³ ~ 40 m³，具有双门双窗隔温性能较好的房间作为温度控制室，在温度控制室内，安装具有换气功能的变频空调，通过调节空调输出空气的温度，使温度控制室的整体温度达到 (23 ± 1) 的温控要求。测试舱在样品检测中，必须在温度控制室内进行，当环境温度与控温温度相差较大时，测试舱和样品必须进行预恒温。

1.3 空气交换、循环控制

空气循环流动见图 2。

测试舱是通过清洁空气的交换与循环，携带出被测样品的有害成分进行测试。空气经过初步净化后，选择优质空气薄膜泵（美国托马斯 607CD32



1——风扇固定支架；2——板类样品；3——风扇；
4——空气循环方向；5——固定支架

图 2 空气循环流动

型流量 0 L/min ~ 18 L/min) 为动力，经过流量计调节与控制（转子流量计，流量 10 L/min ~ 20 L/min，精度 0.5%），使空气以 (16.7 ± 0.05) L/min 流量进入密封舱，保持测试舱空气的交换率 (1 ± 0.05) 次/h。空气进入测试舱后，经过 4 ~ 6 个可调转速风扇的控制，可使部分空气在密封舱内循环流动，以保证空气通过被测样品表面的速度在 0.1 m/s ~ 0.3 m/s 内。

1.4 空气净化装置

空气净化装置由前后两部分组成。前部净化的功能主要是去除空气中的水分、甲醛和有机物等，安装在泵后流量计前，由两个串联的吸附塔组成，一个吸附塔装填变色硅胶，一个装填活性炭，逐级净化，保证净化后的空气相对湿度为 (45 ± 5)%，甲醛质量浓度约为 0.006 mg/m³；后部的净化功能是消除二次污染物，由大型冲击吸收瓶和内装变色硅胶的吸收塔组成，吸收瓶内装少量水，消除甲醛的二次污染。

1.5 温度、湿度、流速显示装置

测试舱的温度用精度为 ±0.1 温度计显示，湿度用精度为 ±2% 湿度计显示，温度计和湿度计可放在密封舱内连续测量，也可通过测量孔测量。流量采用具有控制阀，精度为 ±0.5% 的转子流量计显示，并安装在气路中。流速采用精度为 ±0.01 m/s 的热球式风速测试仪瞬间显示。

2 试验

2.1 主要仪器与试剂

商品化测试舱（沈阳科环机电有限公司生产的 ZN-1A 智能型环境模拟舱）；甲醛测试仪（英国 PIM 400 型，检测结果为 0 mg/m³ ~ 10 mg/m³，最低检出限 0.01 mg/m³）；累积流量计（美国 SKE 20 型电子流量校准仪，流量 0 L/min ~ 20 L/min，精度 ±0.01 L/min）；热球式风速仪（QDF 2A 型，测量结果为 0.01 m/s ~ 10 m/s，精度 0.01 m/s）。

试剂配制按《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》(GB/T 17657 - 1999)。

2.2 样品分析

人造板试样按《室内装饰装修材料人造板及其制品中甲醛释放限量》(GB 18580 - 2001)规定采集、处理和密封两份样品。1份试样提前 1 h ~ 5 h 放入温度控制室,开启空调恒温,恒温后放入研制密封舱内,盖好舱盖,按标准进行平衡试验;另 1份样品放入 ZN - 1A 智能型环境模拟舱按标准进行平衡试验。在平衡试验中,甲醛测定先用仪器初步分析与判断,待甲醛释放量基本恒定后,再按《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》(GB/T 17657 - 1999)采集空气样品分析甲醛。

3 结果与讨论

3.1 测试舱的温度控制

测试舱的温度采用恒温室控温的方法进行,环境温度在 8 ~ 38 ℃,设置控温在 23 ℃,连续测 23 d,每天测 6 次,密封舱内任意点(5 点)的均值为 22.3 ~ 23.9 ℃,连续控温精度是 ±0.9 ℃,符合温度为 (23 ±1) ℃ 的国家标准规定。恒温室控温具有整体控温和控温均匀、稳定,以及受外界温度变化影响小、可同时控温几个测试舱等优点。

3.2 空气净化系统的检验

前部空气净化装置采用串联吸收塔方式,可以净化空气中的湿度、甲醛。吸收塔内充填适量的颗粒活性炭和变色硅胶,活性炭充填量为 0.5 kg ~ 0.8 kg,可连续使用 3 个月以上;变色硅胶充填量为 1.5 kg ~ 2 kg,在环境空气的相对湿度为 65% ~ 82%,可连续使用 4 d ~ 8 d。

相对湿度的测量,在密封舱任意点和出气口,当空气流量为 16.7 L/min 时,连续测 23 d,每天 6 次,取均值为 1 次值,测得空气的相对湿度为 43% ~ 49%,符合相对湿度为 (45 ±5)% 的规定。

测定甲醛时,需在前部空气净化装置进、出口和后部空气净化装置的出口分别设点,进行间歇式测定,累计 22 d,共获得 200 多个数据,测得前部空气净化装置空气进口的甲醛质量浓度为 0.005 mg/m³ ~ 0.1 mg/m³ 时,前部、后部的空气净化装置空气出口甲醛质量浓度均 < 0.005 mg/m³。

测定结果表明,空气净化系统的净化效果完全满足技术要求,而且串联吸收塔具有助力小、更换

方便,制备简便等优点。另外,前部空气净化装置放在泵后流量计前位置,能缓冲由于薄膜泵产生的空气振动对流量控制的影响,提高流量控制精度,后部空气净化装置可以消除甲醛的二次污染。

3.3 空气交换、循环的检验

密封舱空气的交换由薄膜泵产生正压空气,经转子流量计控制流量输入密封舱达到空气交换要求。经用一级累计流量计(瞬时流量 0 L/min ~ 40 L/min)在密封舱出气孔连续测试,20 次累计测量 50 h,流量为 0.98 m³/h ~ 1.03 m³/h,最大误差为 ±0.03 m³/h,符合空气交换率 (1 ±0.05) 次/h 规定。

密封舱内部空气循环采用可调速的 4 ~ 6 个风扇控制空气循环方向和流速。经在人造板或地毯表面不同位置,通过密封舱侧面的测孔(见图 1),用热球式风速仪,连续测量 23 d,每天 6 次,每次测 2 个点取均值,测得材料表面空气流速为 0.15 m/s ~ 0.28 m/s,符合空气流速为 0.1 m/s ~ 0.3 m/s 规定。由于密封舱内的空气循环系统仅在密封舱内(内循环)进行,比采用空气外循环的测试舱节省了整个测试舱体积。

3.4 释放甲醛平衡点的快速判断

测定人造板及其制品、地毯、地毯衬垫和地毯胶粘剂中的甲醛均采用《空气质量 甲醛的测定 乙酰丙酮分光光度法》(GB/T 15516 - 1995)(简称《分光光度法》),由于样品释放时间比较长,一个样品的测定时间比较大,有的样品要释放 20 d 以上才能达到稳定状态。用《分光光度法》测定,虽然比较准确,但操作烦琐,工作量大。用仪器法和《分光光度法》对 5 组密度板样品进行同步测定,见表 1。

结果表明,人造板装饰装修材料中的甲醛在释放初期,浓度比较高,远大于仪器法的最低检出限,用仪器法替代《分光光度法》测定,具有快速、简便、准确的效果。当仪器法检测出样品的释放基本稳定或接近稳定时,采用《分光光度法》测定,可以节省很多工作量,也非常经济。

3.5 测试舱的比对

自制测试舱与商品测试舱测定结果见表 2。

自制测试舱与商品测试舱测试结果的相对误差 1.0% ~ 2.3%,平均相对误差为 1.2%,样品释放甲醛的平衡点基本一致。

4 结论

简易测试舱可以采用恒温室控温方法对测试

表 1 两种方法的甲醛测定结果比较

mg/m³

| 试样名称 | 测定方法 | 释放时间 t/d | | | | | | | | |
|---------|---------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 1 | 4 | 6 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 1 - 密度板 | 《分光光度法》 | 2.16 | 1.41 | 1.03 | 0.74 | 0.67 | 0.63 | 0.58 | 0.55 | 0.51 |
| | 仪器法 | 2.12 | 1.46 | 0.97 | 0.73 | 0.67 | 0.65 | 0.59 | 0.56 | 0.51 |
| 2 - 密度板 | 《分光光度法》 | 3.43 | 2.66 | 1.94 | 1.36 | 1.12 | 0.97 | 0.84 | 0.70 | 0.62 |
| | 仪器法 | 3.47 | 2.65 | 1.91 | 1.38 | 1.11 | 0.96 | 0.86 | 0.69 | 0.61 |
| 3 - 密度板 | 《分光光度法》 | 2.86 | 2.11 | 1.62 | 1.24 | 1.02 | 0.85 | 0.73 | 0.64 | 0.53 |
| | 仪器法 | 2.89 | 2.09 | 1.60 | 1.26 | 1.04 | 0.85 | 0.72 | 0.63 | 0.52 |
| 4 - 密度板 | 《分光光度法》 | 4.21 | 3.88 | 3.57 | 3.07 | 2.83 | 2.44 | 2.03 | 1.85 | 1.58 |
| | 仪器法 | 4.21 | 3.84 | 3.56 | 3.08 | 2.83 | 2.45 | 2.03 | 1.84 | 1.54 |
| 5 - 密度板 | 《分光光度法》 | 1.93 | 1.42 | 0.97 | 0.82 | 0.77 | 0.67 | 0.54 | 0.48 | 0.49 |
| | 仪器法 | 1.95 | 1.42 | 0.98 | 0.83 | 0.78 | 0.67 | 0.54 | 0.49 | 0.49 |

表 2 自制测试舱与商品测试舱甲醛测定结果比较

mg/m³

| 试样名称 | 测试舱 | 释放时间 t/d | | | | | | | | |
|---------|-----|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 1 | 6 | 9 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 1 - 密度板 | 自制舱 | 2.16 | 1.03 | 0.67 | 0.58 | 0.55 | 0.51 | 0.46 | 0.43 | 0.43 |
| | 商品舱 | 2.14 | 0.98 | 0.67 | 0.59 | 0.56 | 0.50 | 0.45 | 0.42 | 0.43 |
| 2 - 密度板 | 自制舱 | 3.43 | 1.94 | 1.12 | 0.84 | 0.70 | 0.62 | 0.57 | 0.51 | 0.49 |
| | 商品舱 | 3.47 | 1.91 | 1.11 | 0.86 | 0.69 | 0.61 | 0.56 | 0.52 | 0.48 |
| 3 - 密度板 | 自制舱 | 2.86 | 1.62 | 1.02 | 0.73 | 0.64 | 0.55 | 0.50 | 0.50 | 0.50 |
| | 商品舱 | 2.89 | 1.60 | 1.04 | 0.72 | 0.63 | 0.54 | 0.51 | 0.49 | 0.49 |

舱整体进行控温,可以合理设置、选择空气净化装置的位置与净化填料,采用内循环方法可以控制空气的交换和方向,各装置能连续、自动、稳定运行,运行技术指标符合国家标准要求,样品测试简便、准确。

[参考文献]

[1] 国家环境保护总局. GB 50325 - 2001 民用建筑工程室内环境污染控制规范[S]. 北京:中国标准出版社,2001.
 [2] ASTM D 5116 - 97. Standard Guide for Small - Scale Environmental Chamber Determination of Organic Emissions From Indoor Materials/Products[S].

[3] 耿世彬,王洪泳,张华. 甲醛与室内空气品质[J]. 制冷空调(电力机械),2001,35(4):35-381.
 [4] 封跃鹏,张太生. 室内空气污染概述[J]. 环境监测管理与技术,2002,14(3):17-20.
 [5] PERAL J, OLLIS D F. Heterogeneous photocatalytic oxidation of gas - phase organics for air purification: Acetone, 1 - Butanol, butyraldehyde, formaldehyde, and m - xylene oxidation[J]. Journal of Catalysis, 1992,136:554 - 565.
 [6] HE G, YANG X. On regression method to obtain emission parameters of building materials[J]. Building and Environment, 2005,40(9):1282 - 1287.

本栏目责任编辑 张启萍

· 简讯 ·

江苏下达太湖水污染减排任务

江苏省太湖水污染防治委员会近日分别向苏州、无锡、常州、镇江等沿太湖地区的市政府下达了太湖流域为期 5 年的水污染物总量削减任务。要求沿湖各地通过控制增量、结构调整、集中控污、提高标准、严格执法和工程建设 6 项硬措施,重点抓好太湖上、下游主要河流以及行政交界河流入河排污口的排污总量控制。

江苏省确立了为期 5 年的太湖污染减排总体目标:到 2010 年,COD 排放量控制在 25.4 万 t,削减率为 15.1%;氨氮排放量控制在 1.9 万 t,削减率 17.4%;太湖湖体、太湖上游主要河流、主要出湖河流、行政交界河流、城镇集中式饮用水源地水质达到《太湖治污规划》目标。

江苏省要求,要认真落实规划环评、区域环评和项目环评,对限制类行业、项目要严格把好审批关。强制淘汰污染严重企业和项目,深入开展化工行业专项整治,将分散污染源集中到通过区域环评且环境基础设施完善的开发区、工业集中区。

摘自 www. jshh. gov. cn 2007 年 6 月 1 日

