

车内污染物的影响因素和测量技术研究

Study of the Influence Factors of In-car Air Pollution and its Measurement Technology

葛蕴珊/GE Yun-shan, 尤可为/YOU Ke-wei

北京理工大学机械与车辆工程学院, 北京 100081

School of Mechanical and Vehicular Engineering, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China

[摘要] 车内空气污染问题已经成为对人体健康产生危害的一个重要因素,其测定结果的影响参数主要包括温度、湿度、车龄、空气交换率、通风模式和环境本底浓度等。深入讨论了这些影响参数以及国际上广泛采用的测定方法,旨在为我国目前的车内污染研究提供重要参考。

[关键词] 车内空气污染;挥发性有机化合物;空气取样/分析

[中图分类号] X820

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-7857(2006)07-0044-04

Abstract: Air quality in auto-cabin has become a major concern to people's health. The main influence parameters that affect testing results include temperature, humidity, vehicle age, air exchange rate, ventilation mode and environmental concentration, etc. These influence parameters and testing methods are discussed in this paper in depth, for the purpose of providing important reference to our country's present research about in-vehicle air pollution.

Key Words: in-vehicle air pollution; volatile organic compounds; sample collection and analysis

CLC Number: X820

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2006)07-0044-04

车内空气污染已经成为危害人体健康的一个重要因素,车厢内高浓度的挥发性有机物(VOCs)会导致司乘人员头晕、恶心、记忆受损,甚至引发各种严重疾病,已经成为环境问题的社会焦点之一。因此,定性和定量研究由车内饰材料释放的VOCs引起的车内污染问题逐渐引起了人们的关注。国外文献显示,从20世纪八九十年代开始,世界各国开始注意车内污染问题,各类环保团体以及汽车公司采取了一系列措施来规范车内污染物的测量。但由于国内外均无官方的车内空气质量测量和限值标准,车内的空气质量的检测基本尚处于无法可依的状况。

基于以上原因,国家环境保护总局于2004年7月正式启动

了《车内污染物浓度限值和测量方法》国家标准的编制工作,这个标准将成为世界上第一个关于车内污染的正式官方标准。本文综述了国外在车内空气污染物浓度测量和分析方面的研究现状,旨在为我国目前的有关研究和标准制定工作提供参考。

1 车内污染的现状分析

1.1 车内污染的成因

一般而言,车内空气污染的成因主要包括以下3个方面。

1.1.1 车内装饰材料中的有害物质释放

汽车使用的黏合剂、密封胶、织物、塑料和橡胶部件、油漆涂

收稿日期:2006-04-20

作者简介:葛蕴珊,男,北京市中关村南大街5号北京理工大学汽车动力性与排放测试国家专业实验室,教授,主要研究方向为车辆污染控制;E-mail:geyunshan@bit.edu.cn

不同于经典的矩阵分裂法,也不同于目前流行的 Krylov 子空间方法。与目前流行的求解线性代数方程组的算法相同,投影算法也只需存储系数矩阵的原始形态,所以,投影算法也适合求解大规模稀疏问题。由于文章的篇幅限制,其他应用实例见笔者的其他文章。

参考文献(References)

- [1] CHAWLA M M, PASSI K. On recursive decoupling method for solving tridiagonal linear systems[J]. J Computer Math, 1991(40): 239-244.
- [2] EVANS D J, BEKAKOS M P, MARGARITIS K G. Systolic LU factorization of tridiagonal systems. Proc [J].Advances in Image

Processing, 1987(804):314-324.

- [3] SUN X H, ZHANG W. Proceeding of the International Parallel and Distributed Processing Symposium[C]. (出版者不详). 2002.
- [4] AMODIO P, BRUGNANO L. The parallel QR factorization algorithm for tridiagonal linear systems [J]. Parallel Computing. 1995(21):1097-1110.
- [5] 徐树方. 矩阵计算的理论与方法[M]. 北京:北京大学出版社, 1995.
- [6] SAAD Y. Iterative methods for sparse linear systems[M]. Boston: PWS Publishing Company, 1996.
- [7] FREUND R W, GOLUB G H, NACHTIGAL N M. Acta Numerica [M]. Cambridge: Cambridge University Press. 1991.

(责任编辑 王 芷)

料等材料中含有的有机溶剂、助剂、添加剂等挥发性成分释放到车内环境中,造成车内空气污染。污染物主要有苯、甲苯、甲醛、碳氢化合物、卤代烃等。车内材料释放的物质还是车内难闻异味的主要来源。

1.1.2 车外污染物进入车内

如果车辆密封不严, 外界环境的污染物将进入车内环境,造成车内空气污染。污染物主要有碳氢化合物、一氧化碳、二氧化硫、氮氧化物、颗粒物等。这种车内污染在交通堵塞的情况下尤为明显。

1.1.3 汽车自身排放的污染物进入车内环境

通过排气管、曲轴箱、燃油蒸发等途径排放的污染物,或者汽车空调长期使用后风道内积累的污物,对车内空气造成污染。污

染物主要有碳氢化合物、一氧化碳、氮氧化物、微生物、苯、烯烃、芳香烃等。

1.2 当前各国关于车内污染的指导限值

由于各个国家均没有官方的车内污染物浓度限值标准,在进行车内污染物浓度的测定和评价时,较多地沿用或者参考了室内空气质量的标准和限值。表 1 列出了世界卫生组织(WHO)、日本厚生劳动省(JMHLW)和中国国家标准 GB/T18883-2002 规定的室内空气质量的限值标准。尽管这个标准是室内空气质量标准,但是对车内污染物标准的制定具有很大的参考价值。在车内污染国家标准没有正式出台前,很多国家和组织基本沿用了相应的室内限值标准。表中,带有 # 的污染物属于室内特有的污染物,一般不出现在车内环境中^[1]。

表 1 WHO、JMHLW 和中国的室内污染物限值
Tbl. 1 Indoor guideline values by WHO, JMHLW and China

对象物质	WHO (mg/m ³)	JMHLW (mg/m ³)	GB/T18883-2002 (mg/m ³)	来源
甲醛 Formaldehyde	0.10	0.10	0.10	多层板黏接剂等
甲苯 Toluene	0.26	0.26	0.20	黏接剂、油漆等
二甲苯 Xylene	0.87	0.87	0.20	黏接剂、油漆等
对二氯苯 p-Dichlorobenzene#	—	0.24	—	卫生球、加味器
乙苯 Ethylbenzene	22.0	3.8	—	黏接剂、油漆等
苯乙烯 Styrene	0.26	0.22	—	绝缘材料
氯吡硫磷 Chlorpyrifos#	—	0.001 0.000 1(儿童)	—	杀虫剂
邻苯二甲酸二丁酯 di-n-butyl phthalate	0.066	0.22	—	黏接剂、油漆等
十四烷 Tetradecane	—	0.33	—	油漆、煤油
酞酸乙酯 di-2-ethylhexyl phthalate	—	0.12	—	墙纸、地板材料等
二嗪农 Diazinon#	—	0.000 29	—	杀虫剂
乙醛 Acetaldehyde	0.05	0.048	—	黏接剂、墙纸等
总挥发性有机化合物 TVOC	—	0.4	0.60	—

2 车内空气污染物浓度测定的主要影响因素

车内空气污染物浓度测定的影响因素很多, 主要包括温度、车龄、空气交换率、通风模式、背景环境 VOCs 浓度以及相对湿度等。这些影响因素给污染物的测量带来了很大困难和不确定因素。因此,在制定车内污染物控制的国家标准时必须严格规定车辆受检时的温度、湿度状态和背景环境 VOCs 浓度。

2.1 温度的影响

环境温度是影响测试结果的最重要因素,车内污染物浓度随温度升高而急剧增加, 原因主要是车内材料中含有的有机溶剂、助剂、添加剂等挥发性成分的释放量随温度升高而增加。以 65℃ 密闭时测定的浓度作为 1,不同温度下测得的甲醛、甲苯浓度相对值分别如图 1、图 2 所示。从图中可看出,当温度从 23℃ 上升到 65℃ 的过程中,3 辆车的车内甲醛和甲苯浓度都迅速上升。

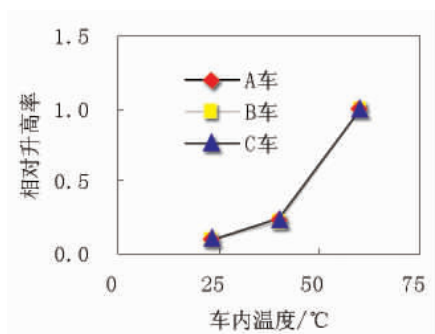


图 1 温度对甲醛浓度的影响
Fig. 1 The influence of temperature on formaldehyde concentration

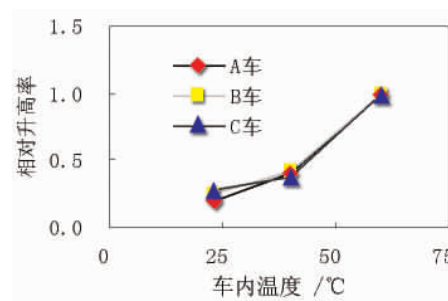


图 2 温度对甲苯浓度的影响
Fig. 2 The influence of temperature on toluene concentration

2.2 车龄的影响

不同车龄的汽车污染程度不同。刚出厂的新车由于通风不够,由内饰材料引起的车内污染状况往往比在用车时更严重。一般来说,车内污染物的浓度随着车辆使用时间的增长而降低,因此在比较由内饰材料引起的车内污染状况时应严格限定车龄的定义。

Stephen 和 Cheng(2000)计算出车辆从下线开始,随着车辆放置时间的增加,TVOC 浓度的降低率,并对实验数据进行指数拟合,如图 3 所示。其中 R² 为确定系数。可以计算出,TVOC 的衰减率大约是每周下降 20%^[2]。

2.3 空气交换率和通风模式的影响

研究显示,不同的通风模式和空气交换率对测试结果会产生很大的影响,因此在对车内污染物浓度进行测试时,应该严格规定车辆的空气交换率和通风模式。

Marion(2003)采用 3 种通风模式对车内 TVOC 的浓度进行了

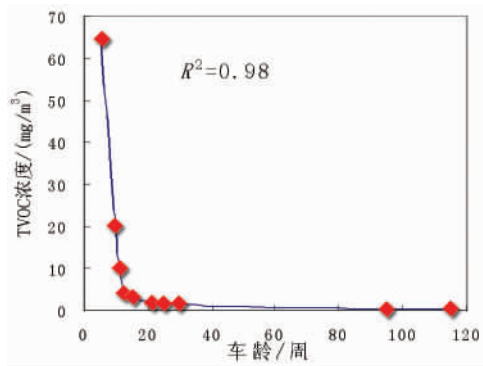


图3 车龄对TVOC浓度的影响

Fig. 3 The influence of vehicle age on TVOC concentration

试验研究。这3种模式分别是:空调外循环模式、空调内循环模式、不开空调仅车窗半开模式。实验结果表明,不同的通风模式对车内污染物的浓度水平有一定的影响^[3],如图4所示。

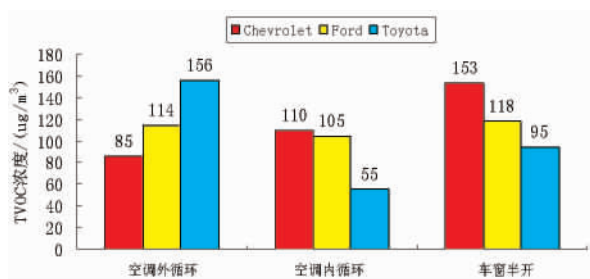


图4 通风模式对车内TVOC浓度的影响

Fig. 4 The influence of ventilation mode on TVOC concentration

2.2 环境本底浓度的影响

由于在运动状态下,车厢外表面形成负压层,车内环境与车外环境可以发生空气交换,受车外环境影响较大。因此在车辆行驶过程中,车内空气质量主要取决于车外空气质量,也就是取决于车外的环境本底浓度。另外,在车辆处于静止状态时,由于车辆本身的密闭性问题,车内外空气也会有一定的空气交换率,因此环境本底浓度也会对车内污染物浓度产生一定的影响。

1998年英国伯明翰大学的Leung对比了城市和郊区不同路况和环境本底浓度下,车内苯、甲苯、p/m-二甲苯和o-二甲苯的浓度情况,如图5所示。结果显示,由于郊外环境本底浓度相对城市很低,其车内污染物浓度比城市内的污染物浓度水平低很多倍^[4]。

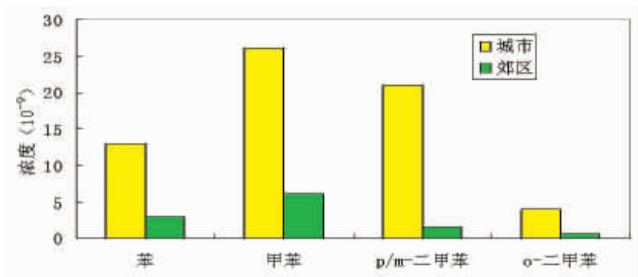


图5 环境本底浓度对车内TVOC浓度的影响

Fig. 5 The influence of background concentration on TVOC concentration

3 国际上关于车内挥发性有机化合物的实验方法对比

国外文献显示,从20世纪八九十年代开始,世界各国开始注意车内污染问题,各类环保团体以及汽车公司采取了一系列措施使车内污染的测量规范化。这些国家对由于汽车零部件和内装饰材料引起的车内空气污染的控制,主要通过配套零部件的管理来实现。例如:沃尔沃、大众等公司在欧洲采购车内装饰物和零部件的时候,公司内部都有比较严格的关于环保的规定;日本丰田公司有企业内部规定,从原材料环节控制车内异味的产生,在新车定型时还有专人针对“车内味道”进行感官评判。我国对于汽车零部件和内装饰材料的管理体制远没有欧美国家规范。据调查,20世纪90年代,我国汽车平均塑料用量只有14~28 kg/辆,而同期发达国家为100~130 kg/辆。此后,随着材料技术的进步以及为满足降低车重的要求,汽车塑料用量不断增加。目前塑料用量已接近80 kg/辆,黏合剂的用量也达到5~27 kg/辆。因此,国家环保标准《车内空气污染物浓度限值及测量方法》的制定,将为解决我国车内环境空气污染问题、提高汽车制造技术水平、保护消费者的健康发挥重要作用。

下面分别介绍日本自动车协会(JAMA)和德国汽车公司使用的测试方法。这两种方法很具有代表性,JAMA采用变温的方式对甲醛和其他污染物质分别进行测定,而德国汽车公司则采用恒温的方式测定由车辆内饰材料释放的所有有机污染物质。

3.1 JAMA的测试方式^[5]

近年来,日本自动车协会在考虑了车辆不同于住宅的使用方法及环境等情况的条件下,制定了《车内VOC试验方法(乘用车)》和《降低车内VOC自主行动》。根据《车内VOC试验方法(乘用车)》的规定,车内污染物的测试主要分为3部分:预处理步骤、密闭放置时的甲醛浓度测定和乘车时的其他物质浓度测定,如图6所示。

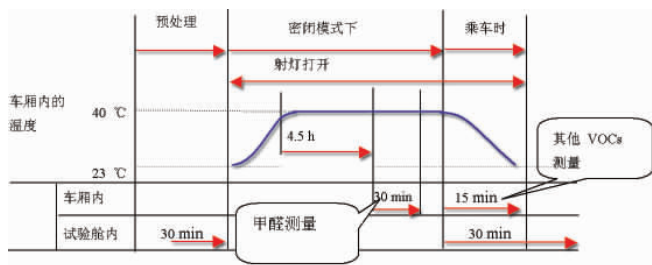


图6 JAMA的测试过程

Fig. 6 Testing procedure in JAMA

3.1.1 预处理

试验舱保持良好换气状态及温度(23±2)℃,并保持该状态至试验结束,将车辆搬运到试验舱内,停止发动机。放置车辆直到车辆温度和试验舱温度一致,随后打开所有车门,放置30 min以上。

3.1.2 密闭放置时的甲醛浓度测定

关闭车门和所有的车窗,利用射灯将车内采集空气位置附近的温度升温至40℃。在取样过程中,维持车内采集空气位置附近的温度在(40±2)℃。从升温至40℃的时间开始,经过4.5 h后,立刻采集30 min室内空气,但是在采集前要空放10 min。

3.1.3 乘车时的其他物质浓度测定

密闭放置模式下车内空气采集结束后,立即更换其他物质采集用的采集管。打开驾驶席侧车门,启动发动机及空调后立即关闭车门(10 s内完成)。关闭车门后立即开始空气的采集,车内空气15 min,试验舱内空气30 min。

3.2 德国汽车公司采用的测试方法

德国汽车协会(VDA)和德国标准化协会(DIN)对车内零部件

和内饰材料中的污染物释放制定了相关标准,如 DIN 75201B(起雾)、DIN EN 13419-1(VOCs)、VDA 270(气味)、VDA 275(甲醛)、VDA 277(总碳氢化合物)。德国采用的测试方法主要为恒温测定,由于高温更有助于材料中各种有害物质的释放,从而更好地对材料的排放潜力进行评价,因此在测试时温度设为 65℃。另一方面,最新的研究添加了一个暴露模式测试,选取温度为 $(23\pm 2)^\circ\text{C}$ 。这是由于 21~25℃属于人体舒适温度的范围,温度若不在这个范围,驾驶员会通过开窗或者增强空调强度的方式来调节温度,因此暴露模式测试是基于人体真实的暴露情况而进行的。其测试步骤如下。

3.2.1 预处理

车辆预处理时间定义为下线 28 天内,这和汽车从下线直到消费者手中的时间相当。试验舱保持良好换气状态及温度为 $(23\pm 2)^\circ\text{C}$,并保持该状态至试验结束。将车辆搬运到试验舱内(发动机保持关闭状态),将车门和车窗全部打开,通风至少 8 h 以上,使车内外空气保持一致。

3.2.2 整车的排放潜力测试(材料开发)

关闭车门和所有车窗,使空气交换率达到最小。利用射灯将车内采集空气位置附近的温度升温至 65℃(图 7)。在取样过程中,维持车内采集空气位置附近的温度在 $(65\pm 2)^\circ\text{C}$,对车内外同时进行采样。

3.2.3 暴露模式(模拟驾驶员的真实驾驶状况)

关闭车门和所有车窗,使空气交换率达到最小。将车内采集空气位置附近的温度调节到 23℃(图 7),调整试验舱内的空气湿度为 50%。在取样过程中,维持车内采集空气位置附近的温度在 $(23\pm 2)^\circ\text{C}$,对车内外同时进行采样。

4 结束语

综上所述,汽车车内污染物呈现如下特点:① 污染物种类繁多,并且随车辆内装饰件的不同而不同;② 车内污染随车辆下线时间的增长,污染物水平单调下降;③ 车内污染水平强烈依赖环境温度,温度升高,污染物水平明显增长;④ 车厢的通风换气率明显影响污染物水平;⑤ 车内污染水平与外界环境的污染水平

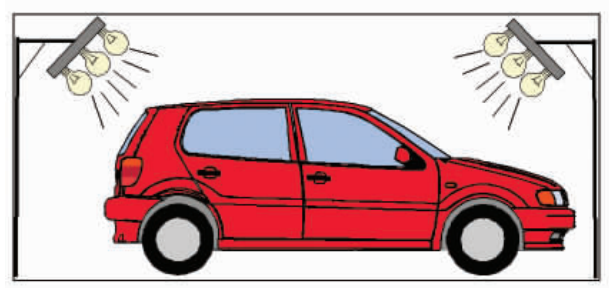


图 7 利用射灯加热模拟车内采集空气位置附近的温度

Fig. 7 Heating under infrared lamps

有直接关系。

汽车车内污染的这些新特点给其测量和数值模拟带来了诸多困难和不确定因素,因此,在制定测量方法的国家标准时,应当严格规定受检车辆的温度、湿度、通风状态和环境本底浓度,达到通过改进内饰达到改善车内空气品质的目的。

参考文献(References)

- [1] SHIGEYUKI S. Air quality in auto-cabin. R&D Review of Toyota CRDL[J] 2005,39(1): 页码不详.
- [2] BROWN S K, CHENG M. Volatile organic compounds (VOCs) in new car interiors [C]//15th International Clean Air & Environment Conference. Sydney: CASAN, 2000.
- [3] MARION J, BRENT D. Measurement of volatile organic compounds inside automobiles[J]. Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology, 2003, 13:31-41.
- [4] LEUNG P L, ROY M, HARRISON. Roadside and in-vehicle concentrations of monoaromatic hydrocarbons[J]. Atmospheric Environment, 1999,33: 191-204.
- [5] JAMA. JAMA (Japan Automobile Manufactures Association, INC) report: reducing vehicle cabine VOC concentration levels [R]. Japan: JAMA,1998.

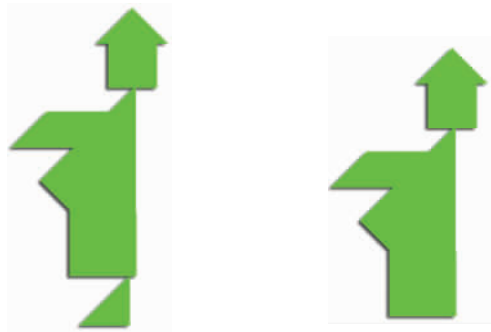
(责任编辑 李向荣)

·科技智力游戏·

好玩的数学:七巧板悖论

所谓悖论,指的是这样一种命题:如果认为它是真的,则它是假的;如果认为它是假的,则它又是真的。在数学和逻辑学中出现悖论,是科学家历来十分关注的一个问题;悖论的解决则会极大地推动科学的发展。芝诺的“飞矢不动”、罗素的“理发师悖论”等,都是著名的悖论。

在七巧板拼图中也出现了有趣的“悖论”。下面 2 个用同一副七巧板拼出来的人形,几乎一模一样,但一个有脚,另一个却没有脚。这是怎么回事呢?它们是怎么拼出来的呢?请你试试看。答案见下期。



上期“千变万化的七巧板”答案

用一副七巧板拼出三角形、平行四边形或等腰梯形的参考拼法如下。

实际上,用一副七巧板不但可以拼出正方形、矩形、三角形、平行四边形、等腰梯形,还可以拼出其他 8 种凸的多边形,即所有内角都小于 180° 的多边形,包括四边形、五边形、六边形。这是由中国学者在 20 世纪 40 年代用数学方法严格证明了的,详见笔者的《七巧板、九连环和华容道——中国古典智力游戏三绝》(科学出版社,2004)。

(供稿 吴鹤龄 责任编辑 黄永明)

