

# 基于HJ/T 400—2007的车内空气质量测试影响因素分析

罗伟杰 吴燕恒 蔡和晟

(中国质量认证中心华南实验室, 广州 510663)

**摘要:** 探究了车内空气质量测试方法标准HJ/T 400—2007《车内挥发性有机物及醛酮类物质采样测定方法》中不同准备阶段时间和封闭阶段时间对车内空气质量测试结果的影响。试验结果表明: 准备时间从6 h增加到32 h, 车内空气质量中各VOC物质浓度总体呈现降低趋势, 甲醛、苯、乙苯和苯乙烯的初始浓度低, 随准备时间的延长迅速达到平衡状态, 封闭时间从16 h延长到32 h, 苯乙烯、乙苯及苯的浓度变化不大, 甲苯、二甲苯、甲醛、乙醛及TVOC的浓度逐渐增加。

**关键词:** 车内空气质量 准备阶段 封闭阶段

中图分类号: U467.1 文献标志码: B DOI: 10.19710/J.cnki.1003-8817.20230210

## Analysis of Influencing Factors of Interior Air Quality Test Based on HJ/T 400—2007

Luo Weijie, Wu Yanheng, Cai Hesheng

(China Quality Certification Center South China Laboratory, Guangzhou 510663)

**Abstract:** This paper explored the influence of different preparation time and closed stage time on the air quality test results inside the car in HJ/T 400—2007 “Method for Determination of Volatile Organic Compounds and Aldehydes and Ketones in the Car”. The experimental results show that when the preparation time increases from 6h to 32h, the concentration of VOC substances in the air quality of the vehicle generally shows a decreasing trend. The initial concentrations of formaldehyde, benzene, ethylbenzene and styrene were low, and reached equilibrium rapidly with the extension of preparation time. With the extension of the blocking time from 16h to 32h, the concentration of styrene, ethylbenzene and benzene changed little, and the concentration of toluene, xylene, formaldehyde, acetaldehyde and TVOC increased gradually.

**Key words:** Air quality, Preparation stage, Blocking stage

### 1 前言

在我国标准GB/T 27630—2011《乘用车内空气质量评价指南》<sup>[1]</sup>中引用了标准HJ/T 400—2007《车内挥发性有机物和醛酮类物质采样测定方法》<sup>[2]</sup>来对整车车内空气质量进行检测, 该标准规定了影响车内空气质量的各项挥发性有机物的测试步骤和参数, 其中准备时间和封闭时间为车

内空气质量测试的关键参数。HJ/T 400—2007中规定准备阶段时间至少6 h, 封闭时间为16 h。因测试过程中的分子扩散存在无规则的布朗运动, 测试不确定度比较大, 不同的测试时间对测试结果可能存在较大影响。因此, 分别在不同的准备时间和封闭时间下进行车内挥发性有机物(Volatile Organic Compounds, VOCs)测试, 并研究对其结果的影响。

**作者简介:** 罗伟杰(1992—), 男, 学士学位, 助理工程师, 主要从事车内空气质量研究。

**参考文献引用格式:**

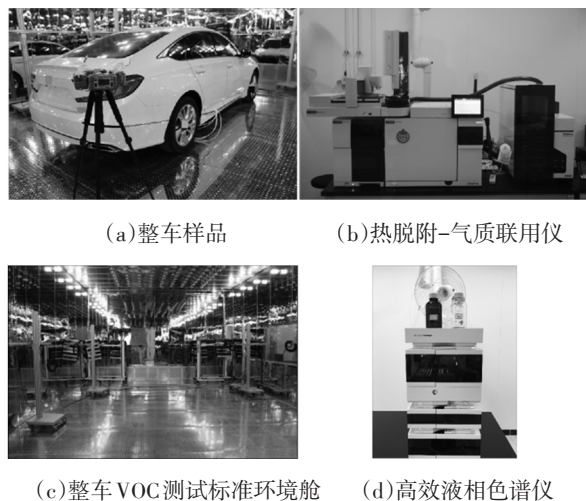
罗伟杰, 吴燕恒, 蔡和晟. 基于HJ/T 400—2007的车内空气质量测试影响因素分析[J]. 汽车工艺与材料, 2024(4): 62-66.

LUO W J, WU Y H, CAI H S. Analysis of Influencing Factors of Interior Air Quality Test Based on HJ/T 400—2007[J]. Automobile Technology & Material, 2024(4): 62-66.

## 2 试验部分

### 2.1 不同准备阶段时间对车内VOC测试结果影响的研究内容

试验样品选择同一品牌、同一车型、同一配置且同一下线时间的车辆,各准备阶段时长均有2辆车辆进行平行试验,且均为下线7天的车辆。测试标准参照HJ/T 400—2007进行。整车样品、测试环境舱及分析仪器如图1所示。



(a)整车样品 (b)热脱附-气质联用仪  
(c)整车VOC测试标准环境舱 (d)高效液相色谱仪

图1 整车样品、测试环境舱及分析仪器

将试验车辆静置于整车VOC测试标准环境舱内。静置前,将车辆内部构件表面覆盖物(如出厂时为保护座椅、地毯等而使用的塑料薄膜)去除,并将覆盖物移至采样环境舱外。试验分为3个阶段:车辆准备阶段、车辆封闭阶段、样品采集阶段。车辆准备阶段,将可以开启的窗、门完全打开,分别将车辆静止放置6 h、8 h、12 h、16 h、20 h、24 h、28 h、32 h,然后完全关闭试验车辆的所有可以开启的窗、门并保持封闭状态16 h后采集车内空气进行分析。试验检测分析项目为GB/T 27630—2011中规定的甲醛、乙醛、丙烯醛、苯、甲苯、乙苯、二甲苯、苯乙烯及总挥发性有机物(Total Volatile Organic Compounds, TVOC)。

### 2.2 不同封闭阶段时间对车内VOC测试结果影响的研究内容

将试验车辆静置于车内VOC测试环境舱内。静置前,将车辆内部构件表面覆盖物去除,并将覆盖物移至采样环境舱外。试验分为3个阶段:车辆准备阶段、车辆封闭阶段、样品采集阶段。车辆准

备阶段,将可以开启的窗、门完全打开,静止放置6 h。然后,完全关闭测试车辆的窗、门,分别保持车辆封闭状态12 h、16 h、20 h、24 h和32 h后采集车内空气进行分析。试验检测分析项目为GB/T 27630—2011中规定的甲醛、乙醛、丙烯醛、苯、甲苯、乙苯、二甲苯、苯乙烯及TVOC。

## 3 试验结果与分析

### 3.1 试验结果

试验结果显示,在不同准备时间6 h、8 h、12 h、16 h、20 h、24 h、28 h和32 h测试条件下,随着时间的增加,各物质的浓度整体均有较大下降趋势(图2a)。车内甲醛的检测浓度缓慢下降,并在准备时间达到28 h后浓度基本不变,实现挥发平衡;车内乙醛的检测浓度在准备时间为12 h时达到最低值,在准备时间为16 h时浓度再次升高,到32 h再次出现下降趋势(图2b)。数据表明:在不同准备时间条件下,下线7天的整车车内空气质量中乙醛浓度均超出GB/T 27630—2011《车内空气质量评价指南》的限值范围;车内苯和苯乙烯的挥发浓度在不同准备时间6 h、8 h、12 h、16 h、20 h、24 h、28 h和32 h测试条件下,其浓度差异不大,且苯乙烯浓度较低,浓度仅在检出限附近;甲苯在准备时间为16 h条件下,浓度达到最低;乙苯和二甲苯的测试浓度在准备时间为20 h时达到最低;由于TVOC由多种不同结构的VOC组成,挥发规律没有单个物质的变化趋势明显,但亦随着时间增加而增加;由于此样车车内丙烯醛的浓度低于检出限,故不作分析。

在不同封闭时间12 h、16 h、20 h、24 h和32 h测试条件下,随着时间的增加,甲醛、苯、乙苯和苯乙烯在各个条件下检测浓度变化不大,处于挥发平衡状态。二甲苯的浓度随着封闭时间的增加逐渐增加,车辆封闭16 h后二甲苯的释放速度减缓,在车辆封闭24 h后二甲苯释放量快速升高(图3a)。甲苯在车辆封闭的20 h内挥发速度较快,呈快速上升趋势,在车辆封闭20 h后释放速度降低并趋于平稳。乙醛的释放量在车辆封闭期间呈现不断升高的趋势,并且其挥发速度逐渐提高,在车辆封闭32 h后仍未达到平衡(图3b);TVOC的浓度在车辆封闭阶段的前期快速升高,而后在24 h后

逐渐达到平衡(图3c)。

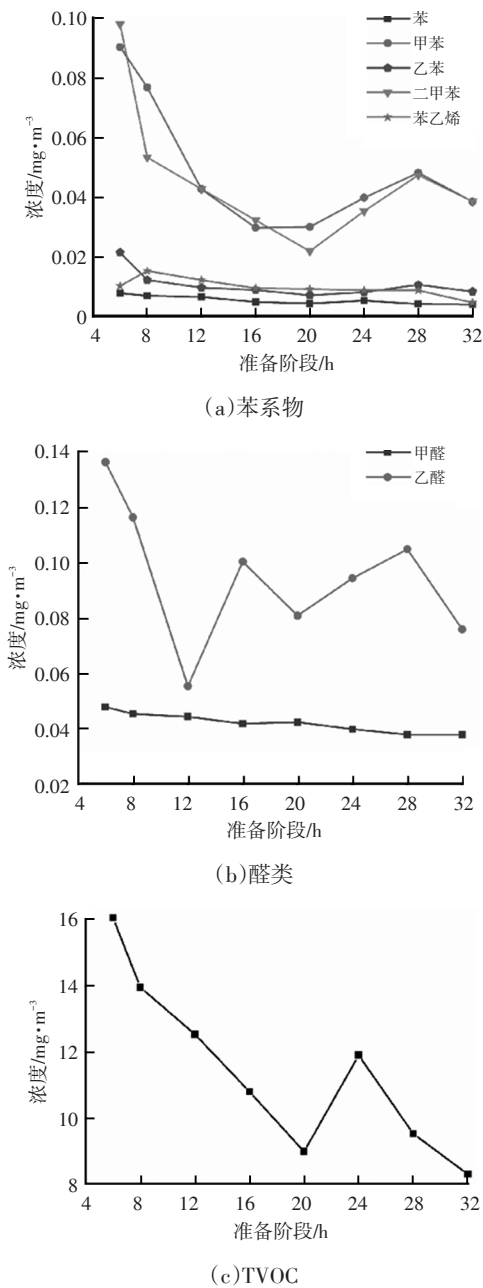


图2 不同准备时间下各物质浓度测试结果

### 3.2 分析与讨论

根据菲克第一定律  $J = -D(dC/dx)$ , 其中  $J$  为扩散通量(与  $dC$  呈正比),  $D$  为扩散系数,  $C$  为扩散物质的体积浓度,  $dC$  为初始扩散浓度,  $dC/dx$  为浓度梯度, 同一扩散界面  $dx$  默认不变。浓度梯度可认为是扩散动力, 浓度梯度越大, 扩散越容易进行。“-”表示扩散方向为浓度梯度的反方向, 即扩散物质由高浓度区向低浓度区扩散。扩散系数  $D$  是描述扩散速度的重要物理量, 相当于浓度梯度为 1 时的扩散通量,  $D$  越大, 则扩散越快。基于自

由体积理论, Fujita<sup>[3]</sup>提出了小分子物质在聚合物中的扩散模型, 其扩散系数主要受 4 个方面的因素影响。

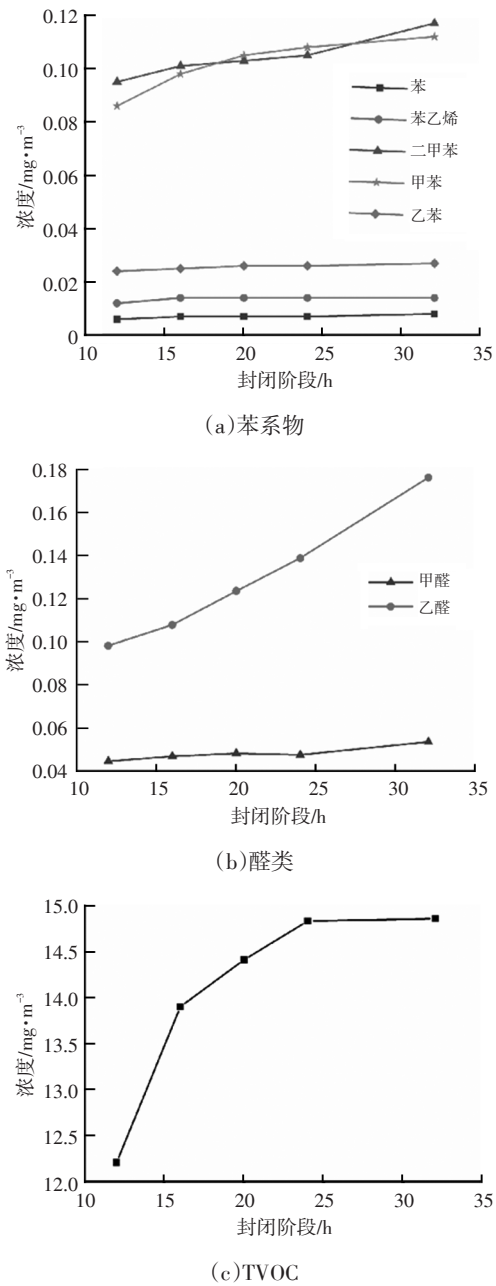


图3 不同封闭时间下各物质浓度测试结果

- a. 与聚合物相关的因素, 如扩散物质形态和结晶度。
  - b. 与迁移物相关的因素, 如密度、形状和尺寸。
  - c. 小分子物质与聚合物之间的相互作用, 如溶解和溶胀效应等。
  - d. 与温度相关的因素, 如聚合物的玻璃化转变温度。
- 同时, 文献[4]研究认为, 分子扩散过程中, 扩

散分子也受内饰件的吸附作用,阻碍分子的扩散,即为扩散阻力,当某一物质的扩散动力和扩散阻力相当,扩散浓度不再发生变化,达到扩散平衡。

分析认为,本研究中VOC分子扩散过程分为3个阶段(图4):第1阶段为从汽车内饰件内部扩散至内饰件表面阶段;第2阶段为从内饰件表面扩散至乘员舱中;第3阶段为在车内门窗开启时从乘员舱中扩散至环境舱内。准备阶段由于车门窗的开启,VOC扩散物质可由乘员舱扩散至环境舱内,故存在扩散阶段P1和扩散阶段P2。而封闭阶段由于车门窗的关闭,只存在扩散阶段P1。



图4 车内VOC扩散示意

综上所述,对于测试结果做以下分析。

各物质的形态、密度以及分子大小不同,所以扩散系数 $D$ 有所差异,但相同结构的物质,如苯系物、醛酮类物质等某一类物质扩散系数可能差别不大,且各物质的初始浓度不一致,导致在同一扩散界面的浓度梯度 $dC/dx$ 不同,故可解释不同VOC物质在同一扩散历程的扩散量不同,从而结果各有不同。

随着准备时间的延长,整车内饰中的VOC物质不停向乘员舱扩散,乘员舱中的VOC物质不停向整车环境舱扩散,故各物质在准备时间为初始条件6h时浓度最大,同时整车内饰件的VOC浓度 $C_1$ 和乘员舱的VOC物质浓度 $C_2$ 会不断下降,如甲苯、二甲苯、乙醛和TVOC。如果内饰件中的VOC扩散物质初始浓度较低,浓度梯度 $dC$ 即 $dC/dx$ (同一界面 $dx$ 不变)逐渐降低,即扩散动力逐渐减弱;当分子的扩散动力降至与扩散阻力相当时,VOC物质的扩散运动达到平衡,即乘员舱浓度 $C_2$ 不发生变化达到挥发平衡,如苯、乙苯、苯乙烯和甲醛。

在不同封闭时间的条件下,由于门窗的关闭,只存在扩散阶段P1,扩散阶段P2被阻断。相同条件下,相同物质的初始 $dC_1$ 和 $dC_2$ 相同,随着封闭时间的增加,内饰件中VOC物质不断向乘员舱中扩

散,所以 $C_1$ 不断降低,而 $C_2$ 不断增加,如乙醛、甲苯和二甲苯。同时,随着浓度梯度的不断降低,不同物质的初始浓度不一样,当挥发一定时间后,有些物质扩散动力和扩散阻力相当,达到挥发平衡;而随着时间变化, $C_2$ 不再发生变化,如甲醛、苯、乙苯和苯乙烯。甲醛浓度在车辆封闭期间总体呈现缓慢升高的趋势,在封闭24h内较为平稳,在24h后出现小幅升高,分析认为是车内使用的皮革面料等材料与总成在生产期间使用的酚醛树脂胶黏剂,由于甲醛中间体残留而不断释放造成的<sup>[5-6]</sup>,同时由于物理吸附作用,车辆封闭前期甲醛浓度升高缓慢。苯系物由于具有苯环结构,使得苯系物的挥发过程较醛类物质更为复杂。甲苯在车辆封闭20h后挥发速度减缓,浓度逐渐达到饱和状态。二甲苯在24h内有逐渐饱和的趋势,而在24h后浓度突然升高。分析认为座椅面料、泡沫和ABS、PP等塑料的甲苯、二甲苯含量较高,一些塑料件在注塑成型过程中加入的脱模剂等也会散发甲苯和二甲苯等有机挥发物质<sup>[7]</sup>。

## 4 结束语

在准备时间阶段6h、8h、12h、16h、20h、24h、28h和32h测试条件下,6h时各物质的浓度最高,即现行标准HJ/T 400—2007中规定准备时间 $\geq 6$ h,监控车内空气质量为此范围内最差状态。随着准备时间的增加,各VOC物质浓度总体上呈现降低趋势,初始浓度较高的甲苯、二甲苯和乙醛的浓度不断降低,而初始浓度较低的物质乙苯、苯乙烯和甲醛达到了挥发平衡。

在不同封闭时间12h、16h、20h、24h和32h条件下,随着封闭时间的延长,苯乙烯、乙苯、苯的浓度变化不大;随着封闭时间的延长,甲苯、二甲苯、甲醛、乙醛、TVOC的浓度逐渐增加;由于TVOC为多种不同结构的VOCs,挥发规律没有单个物质时明显,但亦随时间增加而增加。

### 参考文献:

- [1] 中华人民共和国环境保护部. 乘用车内空气质量评价指南: GB/T 27630—2011[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2011.
- [2] 中华人民共和国环境保护部. 车内挥发性有机物及醛

- 酮类物质测样测定方法: HJ/T 400—2007[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2007.
- [3] FUJITA H. Diffusion in Polymer-Diluent Systems[J]. *Advances in Polymer Science*, 1961, 3(1): 1-47.
- [4] 欧阳慧, 刘江, 王瑞锋. 预处理时间对汽车零部件及材料 VOC 测试结果的影响[J]. *质量与认证*, 2019(7): 52-54.
- [5] 汤品一, 刘树文, 黄小翰, 等. 车用内饰零部件 VOC 及其衰减研究[J]. *汽车零部件*, 2015(3): 47-48+52.
- [6] 辛强, 宋可, 王琳. 车内空气中 VOC 污染来源分析及检测[J]. *汽车零部件*, 2016(3): 77-79.
- [7] 黄振洪, 熊芬, 黄江玲, 等. 基于零部件 VOC 散发的材料及工艺研究[J]. *汽车工艺与材料*, 2020(4): 6-9.