

# 某车型整车挥发性有机物溯源分析

李芳萍 邓如淮 蔡泽鹏

(中国质量认证中心华南实验室, 广州 510663)

【欢迎引用】李芳萍, 邓如淮, 蔡泽鹏. 某轿车的整车挥发性有机物溯源研究[J]. 汽车文摘, 2024(5): 58-62.

【Cite this paper】LI F P, DENG R H, CAI Z P. Analysis on Volatile Organic Compound Volatilization Traceability of A Certain Type of Vehicle[J]. Automotive Digest (Chinese), 2024(5): 58-62.

【摘要】为了对某车型整车的挥发性有机物进行溯源分析,对10辆配置相同的整车进行挥发性有机物(VOC)进行测试,探讨了车辆VOC的挥发特性,对样车内16类型号、配置和工艺一致的零部件及其原材料进行了VOC测试,对测试结果进行溯源分析,识别出车内VOC含量贡献较大的零部件及其原材料,为改善车内空气质量提供数据支持。

关键词:挥发性有机物;溯源分析;汽车零部件;原材料

中图分类号:U464.11 文献标志码:A DOI: 10.19822/j.cnki.1671-6329.20230020

## Analysis on Volatile Organic Compound Volatilization Traceability of A Certain Type of Vehicle

Li Fangping, Deng Ruhuai, Cai Zepeng

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

【Abstract】In order to trace the source of volatile organic compounds (VOCs) of a vehicle, 10 vehicles with the same configuration are tested for volatile organic compounds (VOC), and the volatile characteristics of vehicle VOC are discussed. The VOC test is carried out on the 16 types, configuration and process consistent parts and their raw materials in the sample vehicle. The traceability analysis of the test results is carried out to identify the parts and their raw materials that contribute greatly to the VOC content in the vehicle, and provide data support for improving the air quality in the vehicle.

Key words: Volatile Organic Compound(VOC), Tracing analysis, Automobile Parts, Raw material

### 缩略语

VOC	Volatile Organic Compound
EVA	Polyethylene Vinylacetate
PU	Polyurethane
TVOC	Total Volatile Organic Compounds
EPP	Expanded Polypropylene
PP	Polypropylene
TDI	Toluene Diisocyanate

### 0 引言

随着生活水平的提高,汽车消费群体逐渐扩大,我国汽车保有量持续攀升,汽车与人们的日常生活联系日益紧密,消费者对于车内空气质量的关注度

及要求也越来越高。车内挥发性有机物(Volatile Organic Compound, VOC)主要包含苯、甲苯、乙苯、二甲苯、苯乙烯、甲醛、乙醛和丙烯醛,多来自于发泡剂、涂料、胶粘剂以及其他有机溶剂,对乘客健康具有较大威胁。

汽车企业将整车VOC管控纳入常规管理范畴。然而,在实际执行过程中存在车内空气质量数据不稳定性的问题。洪丽等<sup>[1]</sup>分析了某车型座椅的主要材料对其总成VOC的贡献度,分析了座椅总成的挥发性有机物散发特性,对不同材料和工艺提出合理管控措施;刘丹凤等<sup>[2]</sup>发现高温、氧化剂因素有利于VOC释放,而湿度对VOC释放的影响与有机物本身的水溶性有关。郑冠崔等<sup>[3]</sup>对某新能源车型地毯VOC进行溯源发现,地毯总成挥发的乙醛和丙烯醛主要由发泡层贡

献,在聚醚多元醇和异氰酸酯发生化学反应发泡过程中需要加入特定的发泡剂及其他材料,该过程中产生乙醛和丙烯醛。徐永新等<sup>[4]</sup>对某纯电动汽车车内空气质量进行溯源分析,发现整车 VOC 挥发物主要以二甲苯、乙苯、甲醛为主,其中汽车内饰零部件的超标项主要为乙苯、二甲苯、甲醛、乙醛,对整车 VOC 和气味性贡献率较大的前 4 种零部件基本锁定为前排座椅总成、前围隔热垫、顶棚总成和行李箱总成。目前大多数 VOC 溯源研究仅针对某车型中的某个零部件,对整车 VOC 溯源的案例较少。整车 VOC 溯源可以帮助整车企业为提升车内空气质量提供改善方向,有助于对该车型车内空气质量的管控。

目前,汽车制造商迫切需要建立完整的整车数据库以深入了解整车 VOC 物质含量分布,从而全面掌握产品 VOC 质量情况。本文旨在分析汽车整车 VOC 挥发特性以及对应零部件和材料的来源,探究不同季节整车 VOC 散发规律以及车内零部件材料对 VOC 散发的贡献度,为汽车制造商改善车内空气质量提供数据支持。

## 1 试验方法

### 1.1 整车试验方法

整车试验部分参照行业标准 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>[5]</sup>进行,采样时温度和相对湿度分别为 25 ℃、50%。使用填充柱 Tenax 采样管采集挥发性有机组分时,采样流量为 100 mL/min,采样体积为 3 L;使用填充柱 DNPH 采样管采集醛酮组分时,采样流量为 400 mL/min,采样体积为 12 L。

### 1.2 零部件、材料试验方法

零部件试验使用 2 000 L 密封袋并在 60 ℃条件下密闭 2 h,使用填充柱 Tenax 采样管和 DNPH 采样管采集挥发性有机组分时,采样流量均为 400 mL/min,采样体积均为 12.5 L。

材料试验使用 10 L 密封袋并在 60 ℃条件下密闭 2 h,使用填充柱 Tenax 采样管采集挥发性有机组分时,采样流量为 200 mL/min,采样体积为 1 L;在使用填充柱 DNPH 采样管采集醛酮组分时,采样流量为 400 mL/min,采样体积为 2 L。

### 1.3 试验样品

在符合 ISO 12219-1:2021《公路车辆内空气 第 1 部分:整车试验室 驾驶室内挥发性有机化合物测定方法和规范》(Interior air of road vehicles Part 1:Whole ve-

hicle test chamber— Specification and method for the determination of volatile organic compounds in cabin interiors)<sup>[6]</sup>、GB/T 27630—2011《乘用车内空气质量评价指南》<sup>[7]</sup>要求以及适应当前各汽车企业实际管控的情况下,选取 10 辆配置相同且相同时间下线的车辆进行测试,其中 3 辆为 1 月份生产,4 辆为 7 月份生产,3 辆为 9 月份生产,全部车辆在试验前同一室外停车场停放 28 天,生产车间、露天停放车场和测试实验室条件均一致。测试车辆的选择遵循实际生产中样车产量因素,确保试验车辆生产月份与实际管控相符。测试车辆所涵盖 16 类零部件,这些零部件的配置相同且包括 80 种对应的原材料(表 1)。

表 1 零部件及材料清单

零部件名称	原材料
仪表板面板	仪表板本体塑料、皮膜、铰链、风管、吸音棉
地毯(前、后)	地毯本体、发泡料、发泡聚丙烯泡沫、脱模剂、脚踏板、热熔胶
仪表板隔音件总成	隔音件硬层棉、隔音件软层棉、聚乙烯-醋酸乙烯酯共聚物(Polyethylene Vinylacetate, EVA)胶、热熔胶、魔术贴
仪表板饰件总成	仪表板饰件本体、喷涂料、卡扣、棉贴、银色饰条涂料
立柱(左前、右前、左中上、右中上、左中下、右中下、左后、右后)	密封条、通用卡扣、气帘卡扣、中上立柱衬垫、隔音棉、通用气帘盖子
顶棚	聚氨酯(Polyurethane, PU)板材、底布、三层膜、面料、玻纤、前顶灯框、胶水、天窗加强框
转向盘总成	皮革、下饰盖、装饰条
空调出风口	面板材料、壳体材料
前排座椅(左)	座椅泡棉、座椅皮革面料
前排座椅(右)	座椅泡棉、座椅皮革面料
后排座椅	座椅泡棉、座椅皮革面料
左前车门门框密封胶条	卡扣、海绵条、胶水、胶条本体
左前车门密封胶条	卡扣、海绵条、胶水、胶条本体
门饰板(左前、右前、左后、右后)	表皮、后保护垫(注塑)、扶手型板、拉手盒、前保护垫(吹塑)、粘带(泡棉)、启门饰板、上型板、中饰件、中片型板、布带、左右音响网、导光条、开关饰板
手套箱	手套箱表面、手套箱箱体、手套箱底座
中控台	本体塑料、上饰板、前延伸板、扶手箱盖

### 1.4 试验设备

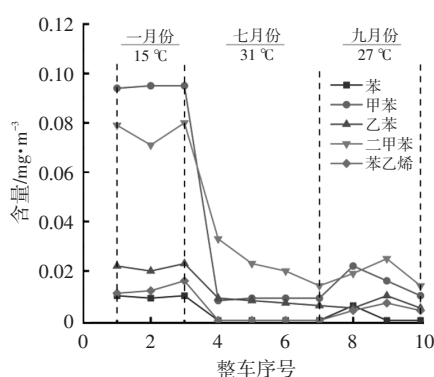
试验设备主要包括汽车零部件 VOC 环境测试舱(Espec 品牌,型号 SEWTH-A-460S)、汽车整车 VOC 环境测试舱(Espec 品牌,型号 SEWTH-A-2160S)、高

效液相色谱仪(Agilent品牌,型号1260 Infinity II)、热脱附气质联用仪(Marques品牌,型号TD100-xr、Agilent,品牌型号8890-5977B)以及Gilian气体采样泵(型号Gilaire Plus)。

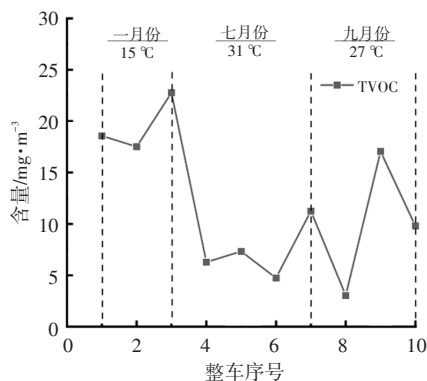
## 2 试验结果与分析

### 2.1 整车VOC含量检测结果与分析

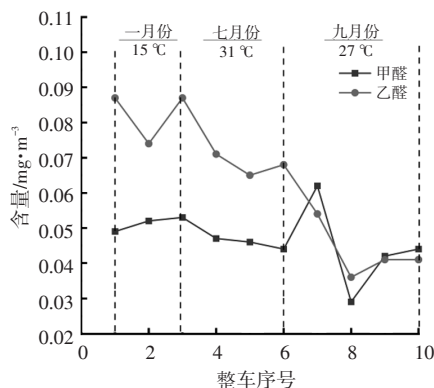
由图1a和图1b中试验结果可知,1月份下线的样车苯系物及TVOC含量最高,其次是9月份下线的样车,7月份下线的样车含量最低;由图1c可知,1月份下线的样车中甲醛和乙醛含量最高,其次是7月份下线的样车,9月份下线的样车中甲醛和乙醛含量最低。



(a)样车内苯系物测试结果



(b)样车内TVOC测试结果



(c)样车内醛类物质测试结果

图1 样车内苯系物、醛类物质和TVOC试验结果

上述结果表明不同季节同一配置样车VOC含量存在较大数据差异。根据界面化学的扩散理论,扩散过程分为2个步骤。首先,挥发性有机物在样品的表层与内层之间进行扩散运动。其次,存在于样品表层的挥发性有机物通过空气逐渐迁移扩散至外界空气中,完成挥发扩散过程。在扩散过程中,挥发性有机物分子持续进行布朗运动,在样品表层与里层之间、样品表层与上层空气之间实现扩散平衡<sup>[8]</sup>。物质的扩散系数影响其挥发速率,扩散系数主要受扩散物质和扩散介质种类、温度和压力的影响,例如,随着温度升高,分子布朗运动加剧,扩散速度增加<sup>[9]</sup>。

1月份、7月份、9月份停车场平均温度分别为15℃、31℃、27℃。7月份和9月份室外露天停车场温度较高,加剧了样品表面和内部VOC分子进行布朗运动,加快了VOC分子的扩散速度,使得在相同时间内饰件中有更多的VOC分子扩散到外界<sup>[10-11]</sup>。此外,物质的饱和蒸汽压对其从固体或者液体迁移到气体中的能力有影响。同一物质的饱和蒸汽压随温度升高而增大,其从固体或者液体中迁移到气体中的能力也增强。因此,样车在停放过程中VOC分子持续向外扩散,残留在样车内的VOC分子不断减少,检测时车内VOC浓度降低。相反,由于1月份气温较低,分子扩散速度较慢,样车停放在露天停车场内饰件中VOC物质挥发较少,大量VOC分子残留在汽车内饰中,因此测试结果数据偏高。

试验结果表明,尽管9月份的平均气温比7月份低4℃,但是9月份下线的3辆样车车内的醛类物质含量明显低于7月份下线的4辆样车。气体扩散受多种因素影响,因此在温度差异不显著的情况下,其他扩散因素综合作用导致扩散结果存在差异。苯系物和醛酮类物质的结构存在较大差异,汽车内饰件本身对于苯系物和醛酮类物质的吸附能力(即扩散阻力)有差异。此外,不同分子大小不同,也会影响其扩散速度,因此较小温度差异不构成影响扩散历程的主导因素。

### 2.2 原材料影响因素分析

表2列出了各类物质含量占比较大的零部件及其原材料。主驾驶座椅甲醛含量占甲醛总含量的25.69%,其次是地毯总成、副驾驶座椅和门内饰板总成,占比分别为14.93%、13.53%和13.07%。地毯总成中乙醛和丙烯醛的占比分别为26.15%和78.47%;其次是门内饰板总成,占比分别为18.28%和15.26%。其中,乙醛其他主要来源是副驾驶座椅、后排座椅和主

驾驶座椅,占比为7%~10%。座椅和地毯中的醛类物质主要来源于本体中使用的发泡材料。主驾驶座椅中苯含量占苯总含量的20.00%;其次是副驾驶座椅和门内饰板总成,占比分别为16.67%和13.33%,最后是后排座椅和地毯总成,占比均为10%。仪表板隔音件总成中甲苯占比达到37.63%,主要来源于仪表板隔音件中的EVA胶和魔术贴。其次是门框胶条总成、副驾驶座椅和立柱总成,占比分别为16.23%、12.30%和9.43%。地毯总成中的占二甲苯总含量的42.59%,主要来源于地毯总成中的发泡聚丙烯泡沫(Expanded Polypropylene, EPP)。门内饰板总成中的苯乙烯占总含量的26.74%,主要来源于启门饰板和开关饰板。后排座椅、副驾驶座椅和主驾驶座椅,占比分别为17.74%、17.48%和11.83%,主要来源于座椅中的泡棉和皮革。

汽车座椅和地毯总成中的醛类物质和苯系物含量均较高,主要来源于座椅和地毯中的发泡材料以及座椅中的皮革材料。在发泡材料制作过程中,为了提升其开孔性、硬度和压陷负荷等性能,通常会引入接枝聚醚多元醇。接枝聚醚多元醇的合成需要通过乙烯基单体进行单次或多次聚合。目前座椅中使用的乙烯基单体为苯乙烯,这是座椅中发泡材料苯乙烯残留的原因。此外,接枝聚醚多元醇中的醚键在高温条件下可能氧化生成酸、醛、酮等物质<sup>[12]</sup>。

门饰板中的醛类物质和苯系物含量仅次于汽车座椅和地毯总成。车门饰板上下本体成型过程涉及将干燥好的聚丙烯(Polypropylene, PP)粒子加入注塑机料斗,使其在模具型腔内经保压和冷却成型。在加工过程中,高温剪切所产生的各种自由基通过 $\beta$ 断裂以及双分子歧化反应促进PP降解及新功能基团生成。其中,烷氧自由基和烷过氧自由基分别以 $\beta$ 断裂及双分子歧化反应生成醛和酮等产物<sup>[13]</sup>。这些醛和酮类产物中的一部分会直接挥发到环境中,另一部分则残留在PP制品中<sup>[14]</sup>。此外,PP类塑料件中的高分子聚合物在高温下会发生热分解,在注塑过程中施加的剪切力与拉伸力也会导致苯系物的产生<sup>[15]</sup>。

仪表板隔音件总成上的EVA胶和魔术贴中的胶黏剂含有大量的甲苯。这是由于胶黏剂中常用的固化剂-甲苯二异氰酸酯(Toluene Diisocyanate, TDI)在促成成膜物质固化后,部分游离于胶膜之外,持续散发甲苯等挥发性有机物。

座椅是散发有害物质的主要高危零部件。座椅中苯含量占苯总含量的46.67%,座椅中苯乙烯含量占

苯乙烯总含量的73.26%,同时在座椅中检测出甲醛、乙醛、甲苯、乙苯和二甲苯。而在座椅中皮革面料和座椅泡棉是这些VOC物质的主要来源。地毯是散发醛类物质的高危件,主要来源于地毯中的发泡材料与地毯本体。

表2 16类零部件中VOC物质主要来源

物质名称	零部件名称	占比/%	主要来源
甲醛	主驾驶座椅	25.69	座椅泡棉
	地毯总成	14.93	发泡料、EPP泡沫
	副驾驶座椅	13.53	座椅泡棉
	门内饰板总成	13.07	布带
乙醛	地毯总成	26.15	地毯本体+发泡料
	门内饰板总成	18.28	启门饰条+开关饰板
	副驾驶座椅	10.02	座椅皮革面料+座椅泡棉
	后排座椅	8.77	座椅皮革面料+座椅泡棉
丙烯醛	地毯总成	78.47	发泡料
	门内饰板总成	15.26	拉手盒+启门饰条
苯	主驾驶座椅	20.00	座椅皮革面料、座椅泡棉
	副驾驶座椅	16.67	座椅皮革面料、座椅泡棉
	门内饰板总成	13.33	启门饰板
	后排座椅	10.00	座椅皮革面料+座椅泡棉
	地毯总成	10.00	EPP泡沫
甲苯	仪表板隔音件	37.63	EVA胶、魔术贴
	门洞胶条总成	16.23	海绵条、胶条本体
	副驾驶座椅	12.30	座椅泡棉、座椅皮革面料
	立柱总成	9.43	中上立柱衬垫+通用气帘盖子
二甲苯	地毯总成	42.59	EPP泡沫
	门内饰板总成	8.35	中饰件、表皮、上型板、中片型板
	后排座椅	7.84	座椅泡棉、座椅皮革面料
	顶棚	6.30	PU板材+面料+前顶灯框
乙苯	后排座椅	12.51	座椅泡棉、座椅皮革面料
	顶棚	9.86	天窗加强框
苯乙烯	门内饰板总成	26.74	启门饰板、开关饰板
	后排座椅	17.74	座椅泡棉、座椅皮革面料
	副驾驶座椅	17.48	座椅泡棉、座椅皮革面料
	主驾驶座椅	11.83	座椅泡棉+座椅皮革面料

### 3 结论

本文对整车零部件的五苯三醛物质进行溯源,确定了对车内VOC贡献较大的零部件为主驾驶座椅、地

毯总成、仪表板隔音件总成和门内饰板总成。进一步对80种内饰材料进行研究,确定了8种对车内VOC贡献较高的材料主要包括座椅皮革面料、座椅泡棉、地毯本体、发泡料、EPP泡沫、EVA胶、魔术贴、启门饰板以及开关饰板。

在进行整车VOC日常质量管控过程中,发现相同车型VOC含量在不同季节存在较大波动。夏季由于气温升高,加快了VOC分子的扩散速度,使得在相同时间内饰件中有更多的VOC分子扩散到外界,残留在样车内的VOC分子则不断减少,这与邓俊杰等<sup>[6]</sup>的结论有相似之处,其指出高温下整车及零部件VOC散发量增加,不同VOC物质散发增加量存在差异。杨冬梅<sup>[7]</sup>指出门板中甲苯的主要贡献材料是泡棉,但在本试验中甲苯的主要贡献材料是门框胶条,这可能是由于材料的制备工艺不同导致的。因此应考虑环境因素和生产条件影响,调整南方、北方不同生产场地的管控要求。

本文未进一步对引起车内异味的VOC物质成分进行溯源,也未具体探究零部件材料在不同温度下VOC散发量的变化,这是当前汽车制造商关注的另一个热点,也是未来研究的重要方向。

#### 参 考 文 献

- [1] 洪丽,许明春,胡隽隽,等.汽车非均质材料座椅VOC散发特性研究[J].汽车工程师,2021(8):36-39.
- [2] 刘丹凤,薛飞,江楠,等.高分子材料对车内VOC含量的影响及控制[J].汽车工艺与材料,2019(12):44-48.
- [3] 郑冠崔,陈春干,王险峰,等.某新能源车地毯VOC超标溯源及管控方法研究[J].汽车科技,2023,(1):77-80+56.
- [4] 徐永新,桑螺螺,武胜军,等.纯电动汽车车内空气质量溯源分析研究[J].汽车工艺与材料,2017(9):1-6+9.
- [5] 环境保护总局.车内挥发性有机物和醛酮类物质采样测定方法:HJ/T 400—2007[S].北京:中国环境科学出版社,2008:3.
- [6] Interior air of road vehicles Part 1:Whole vehicle test chamber— Specification and method for the determination of volatile organic compounds in cabin interiors: ISO 12219- 1: 2021[S/OL]. [2023- 02- 05]. <https://www.iso.org/standard/>

50019.html.

- [7] 环境生态部.乘用车内空气质量评价指南:GB/T 27630—2011[S].北京:中国标准出版社,2011
- [8] 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.
- [9] 李芳萍,余双平,罗伟杰.加热温度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):55-57.
- [10] FUJITA, HIROSHI. Diffusion in Polymer-diluent Systems[J]. Fortschritte Der Hochpolymeren Forschung, 1961, 3(1):1-47.
- [11] 王平利.塑料包装材料中迁移物扩散系数的分子动力学研究[D].广州:暨南大学,2010.
- [12] 薛振荣.座椅总成VOC挥发性能的改进[J].化学推进剂与高分子材料,2017,15(2):81-83.
- [13] 张迪.聚丙烯复合材料中挥发性有机物(VOCs)的研究及微-孔硅材料对VOCs的吸附效果[D].长春:吉林大学,2019.
- [14] 康鹏,金滢,蔡涛,等.聚丙烯树脂中挥发性有机物控制技术的研究进展[J].石油化工,2014,43(8):966-970.
- [15] 刘振翔,许乾慰,李莉,等.车用高分子材料异味溯源的研究进展[J].上海塑料,2018(1):7-12.
- [16] 邓俊杰,程健,胡隽隽,等.温度对VOC散发特性研究[J].汽车实用技术,2018(8):143-144+153.
- [17] 杨冬梅.门板挥发性有机物质溯源分析[J].化工设计通讯,2021,47(6):158-159.

(责任编辑 梵玲)

#### 【作者简介】

李芳萍(1988—),女,中国质量认证中心华南实验室,硕士,工程师,研究方向为化学分析。

E-mail:lifangping@cqc.com.cn

邓如淮(1991—),男,中国质量认证中心华南实验室,硕士,助理工程师,研究方向为化学分析。

E-mail:dengruhuai@cqc.com.cn

蔡泽鹏(1994—),男,中国质量认证中心华南实验室,硕士,助理工程师,研究方向为车内空气质量,汽车材料性能。

E-mail:caizepeng@cqc.com.cn