

# National Olfactory Sensitivity Difference Based on Olfactory Threshold and Its Effect on Odor Control in Vehicles

Wei Liu Xuefeng Liu Lei Wang Zhenyu Zhu Aiming Li Peng Zhang Jihu Zheng

China Automotive Technology & Research Center Co., Ltd., Tianjin, 300300, China

## Abstract

**Objective:** To analyze the odor threshold of common compounds and obtain the olfactory threshold database, which provides a basis for scientific and effective odor traceability analysis and design improvement. **Methods:** A total of 1503 cases of olfactory threshold and 842 confirmed olfactory threshold data were collected from 189 articles from 1892 to the present, and a statistically significant standardized olfactory threshold conversion method was established. **Results:** Through statistical analysis, it was found that the olfactory sensitivity of Chinese and Japanese people was higher than that of 83% of the United States, Germany and other countries. A database of olfactory thresholds that better reflect the sensitivity of Chinese consumers' olfactory perception was obtained, including the ODT olfactory threshold of 647 compounds and the ORT olfactory threshold of 491 compounds. **Conclusion:** The findings of this paper explain the complaints or complaints of vehicle odors in Chinese vehicle consumers from the level of olfactory differences at the national level, which provides an important basis for the development of the odor control standards in the automobile industry in China and the development of odor traceability.

## Keywords

vehicle air quality; odor traceability; olfactory threshold; data standardization

## 基于嗅阈值的国家级嗅觉灵敏度差异研究及其对车内气味的管控的影响

刘伟 刘雪峰 王雷 朱振宇 李艾明 张鹏 郑继虎

中国汽车技术研究中心有限公司, 中国·天津 300300

## 摘要

**目的:** 分析常见化合物的嗅阈值规律并得到嗅阈值数据库, 为开展科学有效的车内气味溯源分析和设计改善提供依据。**方法:** 收集汇总 1892 年至今 167 篇文献中的 1503 例检知嗅阈值和 842 例确认嗅阈值数据, 建立具有统计学意义的嗅阈值标准化换算方法。**结果:** 通过统计分析发现中日人群的嗅觉灵敏度高于 83% 的美、德等国家人群。得到了能较好反映中国消费者嗅觉感知灵敏度的嗅阈值数据库, 包含 647 种化合物的 ODT 嗅阈值和 491 种化合物的 ORT 嗅阈值。**结论:** 本文的发现从国家级的嗅觉差异层面, 解释了中国汽车消费者较多的车内异味投诉或抱怨现象, 为中国汽车行业车内气味管控标准的发展和气味溯源工作的开展提供了重要依据。

## 关键词

车内空气质量; 气味溯源; 嗅阈值; 数据标准化

## 1 引言

随着汽车工业的快速发展, 越来越多的塑料、橡胶、皮革、胶粘剂等化工产品由于其出色的机械性能和成本优势被广泛应用于汽车内饰生产中。这些产品在触觉、视觉、听觉方面提升汽车安全性、使用舒适性的同时, 也因其含有的挥发性有机物 (VOCs) 而造成了嗅觉方面的车内空气质量污染。由 VOCs 引起的车内空气污染主要分为两种, 一种是苯、甲醛等有毒有害物质浓度超标而导致的健康危害, 另一种是车内气

味对驾乘人员的感官刺激。

车内气味因可以直接引起鼻腔、眼睛或呼吸道的不适而受到中国消费者的广泛关注。据第三方汽车品质评价平台车质网的统计, 2015–2017 三年中车内异味投诉数量约为 1100–2100 例/年, 占当年各种汽车质量投诉总数的 3–5%。国际知名调研机构 J.D. Power 的统计资料也表明, 车内异味问题已连续三年成为消费者关注度最高的新车产品质量问题。因此, 中国汽车行业高度重视车内气味的管控工作。依据行业现行的车内 VOCs 检测标准《HJ/T 400–2007 车内挥发性有机物和

醛酮类物质采样测定方法》中规定的气相或液相分析手段，一般可在每台车内检测出 50–200 种气态物质，主要包含醛类、脂类、芳烃、酮类、醇类、烯烃、烷烃等多种化合物<sup>[1]</sup>。在此基础上，必须获得这些车内气态化合物的嗅阈值信息，进而利用臭气浓度 / 阈稀释倍数理论，开展科学有效的车内气味溯源分析和设计改善<sup>[2]</sup>。

引起人嗅觉感觉最小刺激的物质浓度称为人的嗅阈值<sup>[3]</sup>。嗅阈值有多种定义方式，依据类型划分，主要有检知阈值 (Odor Detection Threshold, ODT) 和确认阈值 (Odor Recognition Threshold, ORT)。与无味空气相比较，能够勉强感觉到有气味，但很难辨别具体是什么气味，此时气味物质的浓度称为 ODT。能够明显感觉到有气味，而且能够辨别出是什么气味，此时气味物质的浓度称为 ORT。依据识别比例划分，主要有 50% 嗅阈值、100% 嗅阈值和个人嗅阈值。50% 嗅阈值是指有半数气味嗅辨员嗅到了气味，即达到 ODT 或 ORT，而另一半嗅辨员未嗅到气味时的物质浓度。本文研究中涉及到的嗅阈值，是在科研和实践中应用最广泛的以 50% 嗅阈值定义的 ODT 和 ORT。

然而，在利用臭气浓度 / 阈稀释倍数理论进行车内气味溯源分析等研究工作时，尚没有符合中国人嗅觉灵敏度特征的权威、完善的常见化合物嗅阈值数据库可用<sup>[4]</sup>。其他国家参考文献中的嗅阈值信息也因年代久远而较难汇总，而且同种物质在不同报道中的嗅阈值差异较大，不能简单地通过算数平均等方式处理。这严重制约了车内气味管控工作的科学有效进行，也限值了中国环保督查、污废治理、食药安全等领域气味相关工作的开展。

本文在大量 ODT、ORT 文献调研和统计分析的基础上，发现了不同国家人群具有显著的嗅觉灵敏度差异，并构建了对不同国家文献来源的 ODT、ORT 数据进行标准化处理的方法，以使所得嗅阈值更接近中国人群的嗅觉灵敏度水平。本文研究结果可在一定程度上解释中国高发的车内异味投诉现象，对气味物质溯源分析等工作提供关键数据支撑，促进中国汽车市场车内气味管控标准的发展。

## 2 资料与方法

### 2.1 研究数据来源及规模

数据来源是 1892 年至今的 167 篇来自 16 个国家的世界文献报道或学位论文<sup>[5–11]</sup>。ODT 与 ORT 的收集规模和嗅阈值

对数字化处理之后的样本总体统计特征如表 1、表 2 所示。

表 1 嗅阈值数据收集规模

| 项目          | ODT   | ORT   | 合计    |
|-------------|-------|-------|-------|
| 各国文献        | 141 篇 | 54 篇  | 167 篇 |
| 化合物种类       | 647 种 | 491 种 | 772 种 |
| 报道总次数       | 1503  | 842   | 2345  |
| 平均每种化合物报道次数 | 2.32  | 1.71  | 3.04  |
| 各国文献报道次数    |       |       |       |
| 美国          | 402   | 247   | 649   |
| 德国          | 292   | 299   | 591   |
| 日本          | 308   | 61    | 369   |
| 荷兰          | 221   | 8     | 229   |
| 瑞典          | 31    | 189   | 220   |
| 加拿大         | 84    | 2     | 86    |
| 捷克          | 32    | 21    | 53    |
| 中国          | 40    |       | 40    |
| 澳大利亚        | 8     | 12    | 20    |
| 芬兰          | 18    |       | 18    |
| 英国          | 32    |       | 32    |
| 法国          | 13    | 2     | 15    |
| 土耳其         | 9     | 1     | 10    |
| 瑞士          | 5     |       | 5     |
| 丹麦          | 5     |       | 5     |
| 意大利         | 3     |       | 3     |

表 2 文献报道嗅阈值的范围

| 阈值数据总体特征 | ODT      |       | ORT     |       |
|----------|----------|-------|---------|-------|
|          | 代表化合物    | 对数化阈值 | 代表化合物   | 对数化阈值 |
| 最大值      | 2-羟基丙酸丁酯 | 13.54 | 香草醛     | 11.40 |
| 最小值      | 二氧化碳     | 1.02  | 乙烷      | 0.05  |
| 算数平均值    | \        | 6.65  | \       | 6.17  |
| 中位值      | 1-戊醇     | 6.44  | 2-羟基苯甲醛 | 6.40  |
| 标准差      | \        | 1.78  | \       | 1.63  |

如表 1 所示，ODT 和 ORT 因其在环境科学、食药安全、职业健康等领域的重要应用价值而被广泛关注和反复研究，呈现出单种化合物的嗅阈值有多个文献来源且数值不等的情况。平均每种化合物的 ODT 被报道了 2.32 次，ORT 被报道了 1.71 次。其中某些重点或模式化合物的报道次数较多，如正丁醇的 ODT 被美国、德国、荷兰、加拿大、瑞典、丹麦、日本、澳大利亚及捷克等九国报道了 38 次，其嗅阈值最小为 0.024 mg/m<sup>3</sup>，最大为 162 mg/m<sup>3</sup>，相差 3.8 个数量级；正丁醇的 ORT 则被美国、德国、加拿大、澳大利亚、瑞典等五国报道了 13 次，其嗅阈值最小为 0.35 mg/m<sup>3</sup>，最大为 285 mg/m<sup>3</sup>，相差 2.6 个数量级。同一种化合物的这些不同报道来自世

界各国的不同人种和不同测试方法,数据间的离散性也较大。因此,为了获得较能反应中国人群嗅觉灵敏度水平的单一嗅觉阈值数据,从而实现车内气味溯源分析和设计改善,必须对来自不同文献的 ODT 和 ORT 进行标准化处理。

## 2.2 数据标准化处理方法

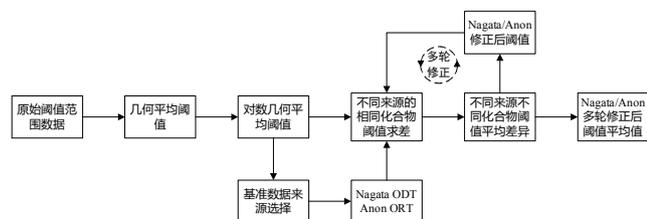


图1 ODT及ORT的数据标准化处理流程

数据标准化的总体流程如图1所示,各处理节点的思路如下:

(1) 原始阈值范围数据→几何平均阈值:在文献报道的1503次 ODT 中,有195次(占比13%)是以浓度范围(嗅阈低值-嗅阈高值)的形式报道的。如美国 Cometto-Muniz 等人报道的甲苯的 ODT 为  $0.12-0.38 \text{ mg/m}^3$ <sup>[12]</sup>。范围数据无法直接使用或参与运算,因此需要处理成单一数值。由于人的嗅觉感知较好地服从对数形式的韦伯-费希纳主客观直线拟合定律,因此本文在处理阈值范围数据时使用几何平均运算  $\sqrt{\text{嗅阈低值} \times \text{嗅阈高值}}$  来获得单一数值。

(2) 几何平均阈值→对数几何平均阈值:由表2的统计数据 and 前文所述可知,嗅阈值的数值跨度较大,不同化合物的嗅阈值相差可达12个数量级。对嗅阈值做对数变换,可以降低后续数据处理的难度并利于不同物质数据的对比分析。本文使用公式  $-\log_{10}(\text{几何平均阈值} \times 10^{-6})$  进行对数变换,即  $1 \text{ mg/m}^3$  变换后等于6,  $1 \mu\text{g/m}^3$  变换后等于9,  $1 \text{ ng/m}^3$  变换后等于12。

(3) 标准数据来源选择:标准化处理的方向是使数据能更好反映中国人群对各种化合物的嗅觉感知灵敏度水平。然而,已见报道的由中国研究者测定的 ODT 只有几十种化合物,ORT 则鲜有报道,无法支撑多达647种化合物嗅阈值的标准化换算。因此本文退而求其次,选择中国周边国家的文献报道数据作为标准化的基准。经筛查,日本研究者 Nagata 报道了223种化合物的 ODT<sup>[10]</sup>, Anon 报道了48种化合物的 ORT<sup>[13]</sup>,在中国周边国家中处于首位,故被选择分别作为 ODT 和 ORT 数据标准化的基准。

(4) 不同来源的相同化合物阈值求差:将不同文献来源的各种化合物的嗅阈值与 Nagata 或 Anon 标准化后的相应化合物的嗅阈值做减法,得到阈值差异。由于 Nagata 报道了223种化合物的 ODT, Anon 报道了48种化合物的 ORT,因此在第一轮处理时,可以得到223种化合物的 ODT 差异和48种化合物的 ORT 差异。

(5) 不同来源不同化合物阈值平均差异:分别针对每个文献来源的数据,将其在(4)中计算得到的N种化合物的阈值差异相加后除以N(当N占比达到该文献报道的化合物半数以上时执行,否则延后至下一轮标准化换算;若多轮换算后N仍达不到半数但大于3时,则执行换算;若N无法满足前两个条件,则不作换算而采用原值),得到不同来源文献的阈值平均差异,在本文中称为 ODT 或 ORT 的阈值修正系数。

(6) Nagata/Anon 修正后阈值:用(5)中得到的阈值修正系数对参与(5)运算的各文献中的所有化合物的嗅阈值进行修正,并将其与 Nagata 报道的223种化合物 ODT 或 Anon 报道的48种化合物 ORT 去重后汇总,作为新的标准化基准数据进行下一轮(4)换算。

(7) Nagata/Anon 多轮修正后阈值平均值:分别针对 ODT 或 ORT 反复进行6轮或9轮(4)、(5)、(6)步数据处理后,表1中收集的原始阈值数据可被修正到接近中日人群嗅觉灵敏度的水平。然后对每种化合物的不同文献来源嗅阈值进行算数平均值和标准偏差计算,完成嗅阈值数据的标准化处理。

## 3 结果

### 3.1 国家级的嗅觉灵敏度差异

嗅阈值是能引起人嗅觉感觉最小刺激的物质浓度。有多个因素会影响嗅阈值的测定结果,如能够较易约束的实验方法、试剂纯度、嗅辨团队的性别与年龄比例等,以及较难约束的嗅辨员长期生活环境、饮食偏好、文化习惯等。其中的不可控因素具有明显的国家间差异,因此可通过分析不同国家来源的嗅阈值之间的差异,在一定程度上反应这些国家人群的嗅觉灵敏度差异。

如图2所示是来自中国和日本研究者的27种随机化合物的 ODT 数据(横坐标为化合物 CAS 编号),图中黑色方块代表的数据来自日本研究者 Nagata,蓝色圆点数据由日本研

究者 Anon 报道, 红色五星数据来自中国王亘<sup>[4]</sup>。由图可知, 中国人和日本人之间以及不同日本人之间, 所测定出的化合物 ODT 数据整体上没有显著性差异 ( $p < 0.05$ )。表明中国人和日本人对相同化合物的嗅觉感知灵敏度基本一致。即在本文可接受的准确度水平上, 可以将日本报道的嗅阈值作为数据标准化的基准, 从而得到较符合中国人群嗅阈感知灵敏度水平的众多化合物嗅阈值。

与图 2 相似, 图 3、图 4 展示了日本研究者 Nagata 与美国 Cometto-Muniz、德国 Von Ranson 研究者所报道的若干化合物 ODT 的差异。由图可知, 日本人群的嗅觉感知灵敏度平均比美、德人群高 2.04 和 1.80 个数级。

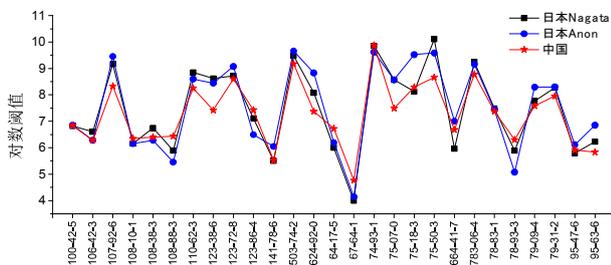


图 2 中国、日本研究者所报道相同化合物的 ODT 阈值差异

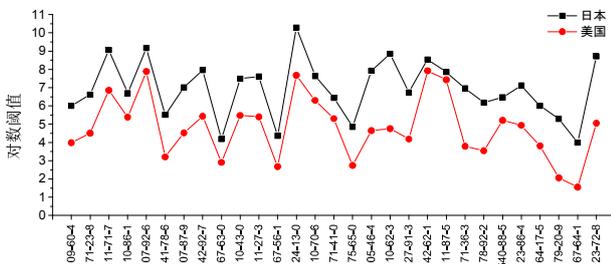


图 3 日本、美国研究者所报道相同化合物的 ODT 阈值差异

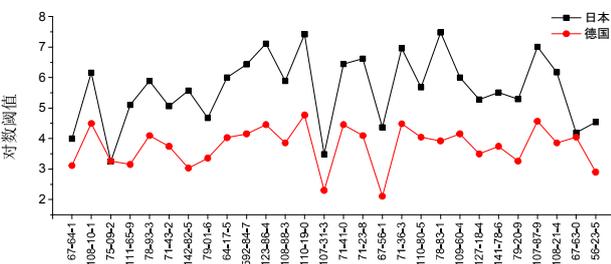


图 4 日本、德国研究者所报道相同化合物的 ODT 阈值差异

上述图 2-图 4 所示的嗅觉感知灵敏度数量级差异, 反映了不同文献来源的不同化合物的嗅阈值之间比较普适性的平均差异, 该差异在整个样本空间中的分布如图 5、图 6 所示。由图 5 可知, 在 305 个日本研究者报道的 ODT 中, 约有 96% 的 ODT 阈值修正系数位于  $\pm 0.07$  的区间, 即嗅觉灵敏度的中

国一致性较高。来自中国的 40 个 ODT 的阈值修正系数为 0.17, 嗅觉灵敏度与日本非常接近。相比而言, 约 83% 的美国 ODT 阈值修正系数大于绝大多数的日本阈值修正系数和全部的中国阈值修正系数, 该比例对于荷兰、德国、瑞典、捷克分别是 73%、83%、55%、66%, 对于法国、英国、加拿大、芬兰、丹麦、意大利和澳大利亚而言, 该比例为 100%。全球范围来看 ODT, 中日人群的嗅觉比美、德等 12 个国家 83% 的人群嗅觉更灵敏。由图 6 所示的 ORT 阈值修正系数也可以看出, 日本人群的嗅觉比美、德等国的大部分人群敏感。

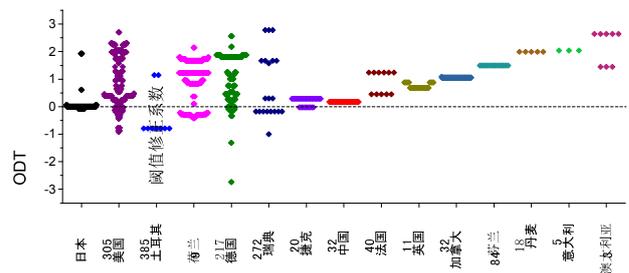


图 5 不同国家文献报道的 ODT 的平均差异

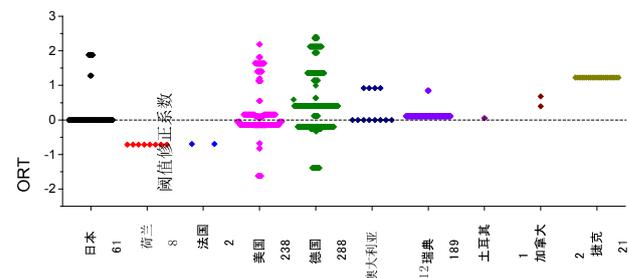


图 6 不同国家文献报道的 ORT 的平均差异

### 3.2 国家级嗅阈值差异对车内气味的管控的影响

中日人群较高的嗅觉感知灵敏度, 在一定程度上是由中日人群的长期生活环境、饮食偏好、文化习惯等造成的, 是无法短时间内人为改变的事实。一方面, 这可能是中国汽车消费者更容易产生车内异味投诉或抱怨的原因之一; 另一方面, 这在生理层面上, 而不仅仅是健康意识的增强等心理层面上, 决定了中国汽车消费者确实需要车内气味品质更好的汽车产品。

因此, 为了较好地服务于嗅觉比较敏感的中国汽车消费者, 各汽车企业及中国汽车行业有必要针对中国汽车市场执行相较于欧美市场更严格的车内气味的管控标准。

### 3.3 嗅阈值的标准化换算结果

嗅阈值标准化处理的最后一步, 是将 Nagata/Anon 修正后的不同来源的相同化合物的对数型 ODT 或 ORT 分别进行

算数平均值计算,从而获得能反映中国消费者嗅觉感知灵敏度水平的单一 ODT 或 ORT 数值,进而应用于气味物质溯源分析等领域。在此过程中,还可以得到各种化合物 Nagata/Anon 修正后的嗅阈值的标准偏差。该偏差是去除了国家的影响、测试方法的影响等因素之后仍然存在的嗅阈值离散程度的度量,反映了标准化嗅阈值作为某种化合物气味特性表征参数的不确定性。

一些对数阈值标准偏差较大的化合物的标准化嗅阈值数据如表 3、表 4 所示。

表 3 15 种化合物的标准化 ODT 及其标准偏差

| 编号 | 英文名称  | CAS No.   | 标准化对数<br>阈值 | 阈值标准偏<br>差 |
|----|---|-----------|-------------|------------|
| 1  | Ethyl 3-methylbutanoate                     | 108-64-5  | 8.59        | 2.23       |
| 2  | Octanoic acid                               | 124-07-2  | 8.96        | 1.99       |
| 3  | 1-tert-butyl-3-methyl-2,4,6-trinitrobenzene | 547-94-4  | 10.95       | 1.93       |
| 4  | Menthol                                     | 89-78-1   | 8.02        | 1.90       |
| 5  | Hydrogen chloride                           | 7647-01-0 | 6.75        | 1.84       |
| 6  | Coumarin                                    | 91-64-5   | 9.48        | 1.84       |
| 7  | Decyl acetate                               | 112-17-4  | 6.36        | 1.80       |
| 8  | Octylbenzene                                | 2189-60-8 | 6.57        | 1.80       |
| 9  | Ethylthioethane                             | 110-81-6  | 9.18        | 1.67       |
| 10 | Isophorone                                  | 78-59-1   | 7.47        | 1.59       |
| 11 | 2,3-butanedione                             | 431-03-8  | 10.05       | 1.56       |
| 12 | 5-isopropyl-2-methylphenol                  | 499-75-2  | 7.57        | 1.56       |
| 13 | Benzaldehyde                                | 100-52-7  | 6.30        | 1.53       |
| 14 | 1-octene                                    | 111-66-0  | 6.98        | 1.53       |
| 15 | Thiophene                                   | 110-02-1  | 7.58        | 1.51       |

表 4 15 种化合物的标准化 ORT 及其标准偏差

| 编号 | 英文名称                              | CAS No.   | 标准化对数<br>阈值 | 阈值标准偏<br>差 |
|----|-----------------------------------|-----------|-------------|------------|
| 1  | Ethyl 3-methylbutanoate           | 108-64-5  | 8.17        | 2.42       |
| 2  | Ethyl 2-methylpropanoate          | 97-62-1   | 7.67        | 2.19       |
| 3  | Ethyl pentanoate                  | 539-82-2  | 7.93        | 1.89       |
| 4  | p-cymene                          | 99-87-6   | 6.74        | 1.82       |
| 5  | Octanoic acid                     | 124-07-2  | 8.38        | 1.77       |
| 6  | Naphthalene                       | 91-20-3   | 7.24        | 1.46       |
| 7  | Acetic acid                       | 64-19-7   | 6.70        | 1.38       |
| 8  | a-terpineol                       | 98-55-5   | 5.79        | 1.38       |
| 9  | N,N-dimethylaniline               | 121-69-7  | 7.12        | 1.37       |
| 10 | Ethene                            | 74-85-1   | 4.11        | 1.33       |
| 11 | 3,4-(methylenedioxy) benzaldehyde | 120-57-0  | 6.92        | 1.30       |
| 12 | Pentyl salicylate                 | 2050-08-0 | 7.25        | 1.22       |

| 编号 | 英文名称                       | CAS No.  | 标准化对数<br>阈值 | 阈值标准偏<br>差 |
|----|----------------------------|----------|-------------|------------|
| 13 | 2-isopropyl-5-methylphenol | 89-83-8  | 6.45        | 1.19       |
| 14 | Butylamine                 | 109-73-9 | 5.18        | 1.14       |
| 15 | 3-phenyl-2-propenal        | 104-55-2 | 7.02        | 1.08       |

## 4 讨论

(1) 通过统计分析过去 126 年间 167 篇世界文献中的 1503 例嗅知阈值和 842 例确认嗅阈值数据,发现中日人群的嗅觉比美、德等 12 个国家 83% 的人群嗅觉更灵敏。我们认为中日人群较高的嗅觉感知灵敏度,是中国汽车消费者更容易产生车内气味投诉或抱怨的原因之一。

(2) 国家级的嗅阈值差异在一定程度上是由气味嗅辨员的长期生活环境、饮食偏好、文化习惯等造成的,是无法短时间内人为改变的事实。因此,为了更好地服务于嗅觉比较灵敏的中国汽车消费者,各汽车企业有必要针对中国汽车市场执行相较于欧美市场更严格的车内气味管控标准。

(3) 本文建立了标准化换算方法,得到了能较好反映中国消费者嗅觉感知灵敏度的嗅阈值数据库,包含 647 种化合物的 ODT 和 491 种化合物的 ORT,从而为车内气味的溯源分析和设计改善等工程应用奠定了必要的基础。

## 参考文献

- [1] 单丹丹,胡隽隽,邓俊杰,等.某车型典型零部件散发恶臭物质研究[J].汽车材料与涂装,2018,1(6):105-107.
- [2] 石田立,张伟霞,陈小方,等.汽车制造企业恶臭来源及影响分析[J].环境科学,2018,39(2):557-566.
- [3] 李伟芳,耿静,翟增秀,等.恶臭物质的嗅觉阈值与致臭机理研究概况与展望[J].安全与环境学报,2015,15(3):327-330.
- [4] 王亘,翟增秀,耿静,等.40 种典型恶臭物质嗅阈值测定[J].安全与环境学报,2015,15(6):348-351.
- [5] Leonardos G, Kendall D, Barnard N. Odor threshold determinations of 53 odorant chemicals[J].Journal of the Air Pollution Control Association,1969,19(2):91-95.
- [6] Hellman TM, Small FH. Characterization of the odor properties of 101 petrochemicals using sensory methods[J].Journal of the Air Pollution Control Association,1974,24(10):979-982.
- [7] Amooe JE, Hautala E. Odor as an aid to chemical safety: Odor

- thresholds compared with threshold limit values and volatilities for 214 industrial chemicals in air and water dilution[J].*Journal of Applied Toxicology*,1983,3(6):272–290.
- [8] Ruth JH. Odor thresholds and irritation levels of several chemical substances: A review[J].*American Industrial Hygiene Association Journal*,1986,47(3):142–151.
- [9] Guth DJ. Reference guide to odor thresholds for hazardous air pollutants listed in the clean air act amendments of 1990[R]. Environmental Protection Agency,1992.
- [10] Nagata Y. Measurement of odor threshold by triangle odor bag method[J]. Tokyo (Japan): Office of Odor, Noise and Vibration. Environmental Management Bureau, Ministry of Environment,2003,(17):118–127.
- [11] Abraham MH, Sánchez–Moreno R, Cometto–Muñiz JE, et al. An algorithm for 353 odor detection thresholds in humans[J].*Chemical Senses*,2012,37(3):207–218.
- [12] Cometto–Muñiz JE, Cain WS, Abraham MH. Detection of single and mixed VOCs by smell and by sensory irritation[J]. *Indoor Air*,2004,14:108–117.
- [13] Anon. Reports of studies on the measurement of the offensive odors from 1972–1980 in Japan[R]. Japan Environment Agency, Tokyo.1980.