

C-AHI

中国汽车健康指数

编号：CAHI-SM-VOC-2018

# 车内 VOC 与车内气味 测试评价规程

Test and Evaluation Standard for Volatile  
Organic Compounds and Odor in Cabin of Vehicles

(V 1.0 版)

中国汽车工程研究院股份有限公司发布

# 目录

前言.....	1
1 范围.....	3
2 规范性引用文件.....	3
3 术语和定义.....	3
3.1 乘用车.....	3
3.2 车内挥发性有机物（VOC）.....	3
3.3 车内气味强度（VOI）.....	3
4 车内 VOC 与车内气味试验流程.....	3
4.1 车辆准备阶段.....	3
4.2 试验阶段.....	5
4.3 分析阶段.....	10
5 车内 VOC 与车内气味评价规程.....	14
5.1 评价原则.....	14
5.2 评价指标.....	14
5.3 评价项目与权重.....	16
5.4 评分标准.....	17
5.5 结果评价与发布.....	22
附录 A 嗅辨员的筛选.....	24
附录 B 嗅辨员的持续能力评价.....	26

# 前 言

车内空气污染严重危害人体健康,其中挥发性有机化合物(Volatile Organic Compounds, VOC)污染最为显著,汽车内部 VOC 污染是由于车内不通风、车体装修等原因造成的。车内 VOC 的来源主要包括汽车零部件和车内装饰材料释放、车外污染物进入车内以及汽车自身排放的污染物进入车内。汽车玻璃门窗所占比例大,长时间暴露在阳光下,车内温度变化幅度大。在高温下,车内零部件及装饰材料中的有害物质更容易释放出来。

消费者也关注车内气味强度(Vehicle Odor Intensity, VOI)。车内气味强度大可能导致驾乘人员出现头晕、乏力、咳嗽、注意力无法集中、焦躁等“驾车综合征”,降低乘员的行驶安全。

车内 VOC 污染物主要包括挥发性有机化合物和醛酮组分。本评价中的挥发性有机组分指利用 Tenax 采样管等吸附剂采集,保留时间在正己烷到正十六烷之间具有挥发性的化合物的总称。醛酮组分指用 DNPH 采样管采集并洗脱后,能够检测出的甲醛、乙醛、丙酮、丙烯醛、丙醛、丁烯醛、丁酮、丁醛、甲基丙烯醛、苯甲醛、戊醛、甲基苯甲醛、环己酮、己醛等化合物的总称。

近年来,随着公民环保意识及自我保护意识的不断提高,车内空气污染问题,尤其是车内空气对乘员健康的影响成为关注的焦点。消费者关注车内污染物浓度对人体健康的影响,高浓度 VOC 会诱发气喘、皮肤眼鼻痒、喉咙痛、打喷嚏、呕吐等急性疾病,长期驾乘高浓度 VOC 的汽车,也容易导致哮喘、心脏病、肝脏肾脏免疫水平失调、中枢神经系统受损等。部分 VOC 气体还具有致癌和致基因突变的风险,例如苯、甲醛等。

现阶段行业内虽有车内 VOC 测试方法标准和各管控物质的限值标准,但作为推荐性标准对车企的约束力仍然有限,现行标准也未能将各管控污染物浓度与对人体健康的危害程度进行定量化和显性化的关联。基于车内 VOC 种类众多,成分复杂,现行推荐性标准中选取苯、甲苯、乙苯、二甲苯、苯乙烯、甲醛、乙醛、丙烯醛等八种常见污染物进行定量分析的思路值得借鉴。气味化合物的种类更多,成分更复杂,远远不止“五苯三醛”这八种有机物,不同气味化合物混合后的气味强度并不一定是多种气味强度的加和,不同化合物的气味之间可能产生协同效应、加和效应或抵消效应。另外,大量研究结果表明车内气味强度与气味化合物浓度的对数成正相关,而并非与气味化合物的浓度成正相关。因此,车内 VOC 含量低并不意味着车内气味小。相对于“五苯三醛”的仪器分析手段,车内气味强度更适合于通过

嗅辨员进行感官评价。另外，国内现行行业推荐性标准重点关注单一管控污染物浓度是否满足限值要求，缺乏多种化合物对车内空气污染综合影响的评价方法，不能直观量化反映车内空气综合污染情况。

基于上述原因，“中国汽车健康指数”VOC部分以驾乘人员的关注点为切入点，通过考察车内VOC对人体健康的危害程度、车内VOC综合污染等级，多维度考察车内VOC污染对人体健康的影响。车内气味部分以强度等级作为考察对象，通过主观评价对车内气味强度等级进行专业评价。

# 车内 VOC 与车内气味测试评价规程

## 1 范围

本规程规定了中国汽车健康指数车内挥发性有机物（VOC）和车内气味强度（VOI）的测试评价方法。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的应用成为本标准的条款。

HJ/T 400-2007 《车内挥发性有机物和醛酮类物质采样测定方法》

ISO 12219-1-2012 《道路车辆的内部空气—第 1 部分：整车实验室—测定车厢内部挥发性有机化合物的规范和方法》

CQC 9207-2014 《乘用车内气味检测评级方法》

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本规程。

### 3.1 乘用车

乘用车指在其设计和技术特征上主要用于载运乘客及其随身行李和（或）临时物品的汽车，包括驾驶员座位在内最多不超过 9 个座位，它也可以牵引一辆挂车。

### 3.2 车内挥发性有机物（VOC）

本标准中车内挥发性有机化合物（VOC）包含挥发性有机化合物和醛酮组分两部分。车内挥发性有机化合物指利用 tenax 等吸附剂采集，并用极性指数小于 10 的气相色谱柱分离，保留时间在正己烷到正十六烷之间的具有挥发性的化合物的总称。醛酮组分指利用本标准检测方法能够测出的甲醛、乙醛、丙酮、丙烯醛、丙醛、丁烯醛、丁酮、丁醛、甲基丙烯醛、苯甲醛、戊醛、甲基苯甲醛、环己酮、己醛等化合物的总称。

### 3.3 车内气味强度（VOI）

气味指嗅觉感觉到的味道，是车内挥发性物质刺激人体的鼻腔嗅觉神经而在中枢神经中引起的一种感觉，能非常直观的反映汽车内饰件气味特性的优劣，是一种基于人嗅觉感官和舒适度的主观评价。

## 4 车内 VOC 与车内气味试验流程

### 4.1 车辆准备阶段

对车辆外观和车辆性能进行确认并向车内添加 10L 燃料（汽油车：95#汽油；柴油车：0#柴油；电动车：充满状态）。样车基本信息确认表和关键零部件清单见表 4.1 和表 4.2。

表 4.1 样车基本信息确认表

项目	样品情况
产品名称	
车辆型号	
生产企业	
销售型号	
车辆颜色	
VIN	
发动机号	
排量 (L)	
燃料类型级标号	
车辆外廓尺寸 (长×宽×高) (mm)	
设计乘员数 (人)	
是否带空气过滤装置	
是否配置天窗	

表 4.2 关键零部件清单

零部件总成名称	外观颜色	材质	厚度	生产厂
前排座椅				
后排座椅				
仪表板				
门内饰板				
地毯				
顶棚				
密封条				
行李箱隔板				
备胎盖板				

确认无误后，将评价样车置于车辆准备室内存放，避免阳光直射。车辆准备室温度控制在 20℃~30℃。所有手动玻璃遮阳挡板保持打开，打开车门/车窗后，室内放置至少 12h，用以平衡车内材料温度和环境温度，进入车辆准备室内放置后，不得对受试车辆内部进行清洁。

## 4.2 试验阶段

整个试验过程分为五个阶段，试验流程示意图见图 4.1。

第一阶段：常温下对车辆乘员舱内空气进行采样；

第二阶段：常温下对车辆乘员舱内气味强度进行评价；

第三阶段：引入阳光模拟系统，高温下对车辆乘员舱内空气进行采样；

第四阶段：高温下对车辆乘员舱内气味强度进行评价；

第五阶段：点燃发动机，启动空调，高温下对车辆乘员舱内空气进行采样。

以上五个阶段的车内空气采样和车内气味强度评价均在 VOC 测试环境仓内进行。后文中将第一阶段和第二阶段统称为常温阶段，将第三阶段和第四阶段统称为高温阶段，将第五阶段称为通风阶段。

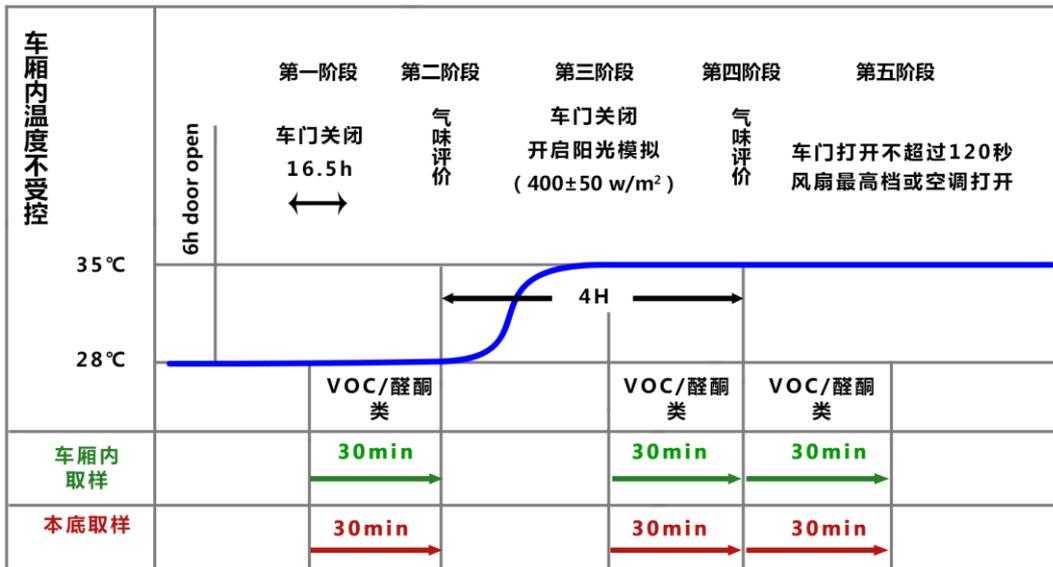


图 4.1 试验流程示意图

### 4.2.1 常温阶段——车内空气采样及气味评价

第一、二阶段分别为常温下车内空气中醛酮组分和挥发性有机化合物的采样和车内气味强度评价。

在 VOC 测试环境仓外移除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）后，将车辆推入环境仓中，车辆在仓内处于静止状态，车辆的门、窗、乘员舱进风口风门、发动机和所有其他设备（如空调）均处于关闭状态，且空调打至内循环档。

选择前排座椅头枕连线的中点(可滑动的前排座椅应滑到滑轨的最后位置点)为采样点,采样点高度与驾乘人员呼吸带高度相一致。采样点示意图如图 4.2 所示。随即安装采样装置组,采样装置组包括金属固定装置、采样导管、采样管等。金属固定装置用于在前排座位头枕处固定采样导管,采样导管选用聚四氟乙烯材料,导管末端采取密封措施(如废 DNPH 管和废 Tenax 管),随后,对取样装置组进行泄漏检查。安装采样装置组的同时,需引入至少一根温度传输感应装置,用于测量采样点的空气温度,在车内放置一个湿度计用于记录车内相对湿度。

用于车内空气采样的 Tenax 管为商品化的不锈钢管,内部装有 200 mg 左右的固体吸附材料,管上标记有编号和气流方向,吸附床完全在采样管的热脱附区域内;DNPH 采样管的吸附介质是 2,4-二硝基苯肼,遇到羰基化合物能生成稳定的有色腙类衍生物。

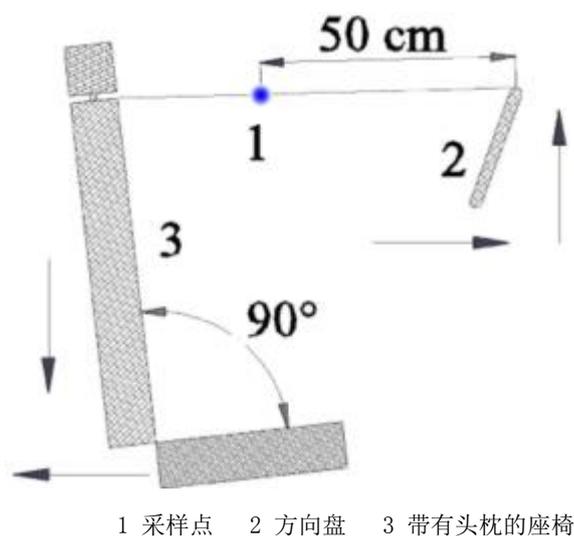


图 4.2 采样点示意图

启动整车 VOC 测试环境仓,温度设置为 28℃,相对湿度设置为 50 %RH。该阶段 VOC 测试环境仓需满足如下条件: a) 环境温度: 28℃±2℃; b) 相对湿度: 50 %RH ± 10 %RH; c) 风速: ≤0.3 m/s; d) 仓内污染物背景浓度值: 苯、甲醛均≤0.02 mg/m<sup>3</sup>。

将车辆所有门、窗、后备箱以及车内可开启的储物阁完全打开,敞开静置 6 h,敞开静置过程中最后 4h 环境仓的环境条件需满足上一段落的要求。

敞开阶段的 6 h 结束后,关闭车辆所有车门、窗、后备箱、车内储物阁,开始进入封闭阶段,封闭阶段保证至少 16 h,期间车辆与仓内无空气交换。车辆在封闭过程中,环境仓仍需满足如下条件: a) 环境温度: 28℃±2℃; b) 相对湿度: 50 %RH ± 10 %RH; c) 风速: ≤0.3 m/s; d) 仓内污染物背景浓度值: 苯、甲醛均≤0.02 mg/m<sup>3</sup>。

用一级皂膜流量计对气体采样泵进行流量校准，Tenax 采样管采集挥发性有机化合物的流量范围为 100 ml/min ~200 ml/min，DNPH 采样管采集醛酮组分的流量范围为 100 ml/min ~500 ml/min。

封闭时间足够时，换上已经老化过的 Tenax 管和新的 DNPH 管，同时启动整车 VOC 测试环境仓中的采样泵，采集车内挥发性有机化合物和醛酮组分（车内空气均采用平行采样）。采集车内空气的同时，应对采样环境仓中的空气进行样品采集，作为空白样，采样点位置应在距离受检车辆外表面不超过 0.5m 的空间范围内，高度与车内采样点位置相当，仓内挥发性有机化合物和醛酮组分的背景各采集 1 个样。所有采样时间均为 30 min。

采样结束后，暂停用于车内、车外挥发性有机化合物和醛酮组分采集的采样泵，取下 Tenax 管和 DNPH 采样管，使用密封帽封闭采样管管口，并用锡纸或铝箔将采样管包严，低温（<4℃）保存与运输，保存时间不超过 30 天。

常温阶段采样结束后，进行常温下的车内气味强度评价。本评价体系按气味对人嗅觉器官的不同刺激程度从低到高分为 6 个等级（1 级~6 级），便于对气味评价结果进行量化。车内气味强度等级越高，表示刺激程度越强烈。

3 名嗅辨员依次进入车内，分别坐在驾驶室、副驾驶室、后排座位对车内气味进行感官评价。嗅辨过程中任意两扇车门不能同时打开。例如：第一个嗅辨员从左前门进入车内，关闭车门；随后第二个嗅辨员从右前门进入车内，关闭车门；随后第三个嗅辨员从左后门进入车内，关闭车门。嗅辨员评价结束后，3 名嗅辨员依次下车，但车门不能同时打开。评价过程中为防止气流扰动，应控制车门开启程度尽量小。嗅辨员应当在进入车内 30s 时间内给出评价，为保证整个评价过程的独立性、公正性、公平性，气味评价过程中，嗅辨员之间不得相互交流，如说话或手势暗示，总时长不得超过 2 分钟。嗅辨员根据自身的感受对气味强度进行感官评价，以每 0.5 级为梯度，独立客观打出 1~6 级的任一分数。进行气味评价时，嗅辨员首先应判断出气味是否有干扰性，若无干扰性，则给出 1~3 级之间的分数；若有干扰性，则给出 4~6 级之间的分数。在嗅辨员明确确定车内气味等级时，应给出整数级别的评级，当遇到不确定应评价为高一级或低一级的情况时，可以打出 0.5 级。评级标准如下表 4.3 所示。

表 4.3 车内气味等级评价标准

气味强度等级	气味强度评分标准描述
1 级	无气味，不易感觉到

2 级	有气味，可以感觉到，但不刺鼻，轻微强度
3 级	有明显气味，可以明显感觉到，但不刺鼻，中等强度
4 级	刺鼻的气味，强度较大
5 级	强烈的刺鼻的气味，强度很大
6 级	不可忍受的气味

#### 4.2.2 高温阶段——车内空气采样及气味评价

常温阶段的气味强度评价结束后，关闭车门，对采样装置组进行检漏后开启阳光模拟装置，进入高温阶段。设定环境仓温度为 35℃，环境仓相对湿度设置为 50%RH。在光照 2h 后仓内环境需满足仓内温度 35℃±2℃，相对湿度 50%±10% RH，风速和仓内背景污染物浓度与常温阶段环境要求相同。开启阳光模拟装置，将辐射密度传感器放置于车辆顶部，设置辐射密度为 400 W/m<sup>2</sup>，保证辐射密度示值在 400 W/m<sup>2</sup>±50 W/m<sup>2</sup> 范围内，辐射面积至少需向车身每侧延伸 0.5 m 以上，阳光模拟装置对加热区域的照射角度为 90°，没有来自侧面的阳光辐射。为避免车辆顶部出现热点，阳光模拟装置距离车顶的距离需在 1.0m 以上。

在红外光辐射车顶、车身、车窗使车内空气升温的过程中，试验人员需用一级皂膜流量计再次对气体采样泵进行流量校准，Tenax 采样管采集挥发性有机化合物的流量设置范围为 100 ml/min ~200 ml/min，DNPH 采样管采集醛酮组分的流量范围为 100 ml/min ~500 ml/min。

整个阳光模拟装置开启 4h，最后 0.5 h 用于采样。换上经老化的 Tenax 管和新的 DNPH 管，对车内挥发性有机化合物和醛酮组分进行平行采样。采集车内空气的同时，对采样环境仓中的空气进行采集，作为空白样，采样点位置应在距离受检车辆外表面不超过 0.5m 的空间范围内，高度与车内采样点位置相当，仓内挥发性有机化合物和醛酮组分背景各采集 1 个样，所有采样均为 30 min。车内温度和环境仓温度间的差异可能对采样气流体积产生影响，必要时，可在采样导管上补充加热装置。采样 30 min 后，关闭所有采样泵，并从采样装置组中取出 DNPH 管和 Tenax 管，采样管使用密封帽封闭管口，并用锡纸或铝箔将采样管包严，低温（<4℃）保存与运输。保存时间不超过 30 天。

高温阶段采样结束后，进行高温阶段的车内气味强度评价。3 名嗅辨员依次进入车内，分别坐在驾驶室、副驾驶室、后排座位对车内气味进行感官评价。嗅辨过程中任意两扇车门不能同时打开，例如：第一个嗅辨员从左前门进入车内，关闭车门；随后第二个嗅辨员从右前门进入车内，关闭车门；随后第三个嗅辨员从左后门进入车内，关闭车门。嗅辨员评价结

束后，依次下车，车门不能同时打开。评价过程中为防止气流扰动，应控制车门开启程度尽量小。嗅辨员应当在进入车内 30s 时间内给出独立评价，整个气味评价过程总时长不得超过 2 分钟。嗅辨员根据自己的感官评价，以每 0.5 级为梯度，独立客观打出 1~6 级的任一分数。嗅辨员确定车内气味等级时，应给出整数级别的评级，当遇到不确定应评价为高一级或低一级的情况时，可以打出 0.5 级。评级标准见表 4.3。

#### 4.2.3 通风阶段——车内空气采样

坐在前排座位的嗅辨员在结束高温阶段的嗅辨评价后，点燃发动机，开启空调（手动空调、自动空调和无空调的评价车辆的空调设置见表 4.4），启用外循环模式。与此同时，环境仓内的试验人员将评价车辆排气尾管接入风机，启动尾气抽排系统，将发动机点火产生的尾气排至仓外，保证仓内环境仍然满足如下条件：a) 环境温度：35℃±2℃；b) 相对湿度：50 %RH ± 10 %RH；c) 风速：≤0.3 m/s；d) 仓内污染物背景浓度值：苯、甲醛均≤0.02 mg/m<sup>3</sup>。

关闭车门后，对采样装置组进行检漏，确认无泄漏后，开始对车内空气中醛酮组分和挥发性有机物进行平行采样，采集车内空气的同时，应对采样环境仓中的空气进行样品采集，作为空白样，采样点位置应在距离受检车辆外表面不超过 0.5m 的空间范围内，高度与车内采样点位置相当，仓内挥发性有机化合物和醛酮组分各采集 1 个样，采样时间均为 30 min。

采样 30 min 后，关闭所有采样泵，并从采样装置组中取出 DNPH 管和 Tenax 管，采样管使用密封帽封闭管口，并用锡纸或铝箔将采样管包严，低温（<4℃）保存与运输。保存时间不超过 30 天。

表 4.4 空调设置

	自动空调	半自动或手动空调	无空调
空调 打开/关闭	打开	打开	--
室内/室外空气切换	自动	新风流通	--
空气流量开关	自动 所有调风器向上并完全打开	脸部模式 所有调风器向上并完全打开	在最大位置通风，使用新风通风
温度	23° C	最低	最低

### 4.3 分析阶段

#### 4.3.1 挥发性有机化合物 TD-GC/MS 分析

挥发性有机化合物分析的基本原理如下，Tenax采样管被加热后，有机组分从吸附剂上脱附，载气将有机物带入仪器内部的捕集装置中再次吸附，然后再迅速加热脱附，由载气带入气质联用仪的色谱柱中进行分离测定。试验室采用的毛细管气相色谱柱柱长60 m，能够实现苯、甲苯、乙苯、二甲苯、苯乙烯的有效分离。质谱检测器以全扫描模式产生重构离子谱图，选择化合物特征质量离子峰面积定量。

分析过程中所用试剂均应为色谱纯。试验室用有证挥发性有机化合物混合标准物质建立标准曲线，以目标组分的质量数为横坐标，以特征质量离子峰面积为纵坐标。各组分的线性相关系数至少应达到0.995。如果校正曲线不通过零点，则曲线方程应包含截距。

移除包裹Tenax采样管的锡箔纸，将采样管安装在热脱附装置上，气流方向与采样时方向相反。仪器会自动对样品气路的所有部分进行严格检漏。如果样品气路有任何泄漏，仪器会自动停止采样管的脱附。检漏通过后，用载气在室温下吹扫采样管、样品气路和冷阱。加热使挥发性有机化合物从吸附剂上脱附，由载气带入冷阱，进行预浓缩；然后二次热脱附，经传输线进入气相色谱质谱联用仪，进行含量分析。

#### 4.3.2 挥发性有机化合物浓度计算方法

1) 采样体积 ( $V_1$ ) 计算方法见式 4.1:

$$V_1 = \frac{Q_1 \times t_1}{1000} \quad (\text{式 4.1})$$

其中： $Q_1$ ——气体采样泵校准采样流量 (mL/min)

$t_1$ ——采样时间 (min)

$V_1$ ——采样体积 (L)

2) 校正后采样体积 ( $V_2$ ) 计算方法见式 4.2:

$$V_2 = V_1 \frac{T_0}{T_2} \frac{P}{P_0} \quad (\text{式 4.2})$$

其中： $V_2$ ——校正后采样体积 (L)

$V_1$ ——采样体积 (L)

$T_0$ ——标准状态下的绝对温度，273K (K)

$T_2$ ——采样温度 ( $t_2$ , °C) 与标准状态绝对温度之和，( $t_2+273$ ) K

$P$  ——大气压力 (kPa)

$P_0$ ——标准状态下的大气压力，101.3kPa (kPa)

3) 挥发性有机化合物浓度计算方法见式 4.3~式 4.5:

$$C_0 = \frac{m_0}{V_2} \times 10^{-3} \times 10^{-3} \times 10^3 \quad (\text{式 4.3})$$

其中： $C_0$ ——仓背景各挥发性有机化合物浓度 (mg/m<sup>3</sup>)

$m_0$ ——环境仓空气在气质联用仪工作站的测得结果 (ng)

$V_2$ ——校正后采样体积 (L)

$$C_1 = \frac{m_1}{V_2} \times 10^{-3} \times 10^{-3} \times 10^3 \quad (\text{式 4.4})$$

其中： $C_1$ ——车内各挥发性有机化合物浓度 (mg/m<sup>3</sup>)

$m_1$ ——车内空气在气质联用仪工作站的测得结果 (ng)

$V_2$ ——校正后采样体积 (L)

$$C_{voc} = C_1 - C_0 \quad (\text{式 4.5})$$

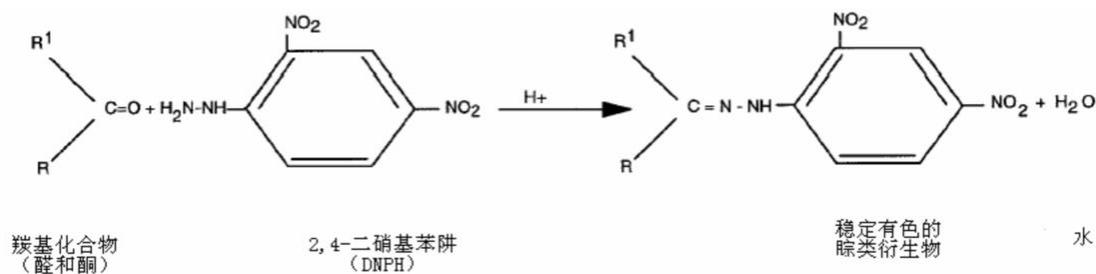
其中： $C_{voc}$ ——评价车辆各挥发性有机化合物浓度 (mg/m<sup>3</sup>)

$C_1$ ——车内各挥发性有机化合物浓度 (mg/m<sup>3</sup>)

$C_0$ ——仓背景各挥发性有机化合物浓度 (mg/m<sup>3</sup>)

#### 4.3.4 醛酮组分 HPLC 分析

醛酮组分在强酸作催化剂的条件下与涂渍于硅胶上的DNPH 反应，按照下面的反应式生成稳定有颜色的腙类衍生物（见图4.3）。根据相似相溶原理，乙腈能够作为腙类衍生物的洗脱液，将洗脱液稀释至合适浓度后，使用高效液相色谱仪的紫外检测器检测甲醛、乙醛、丙烯醛浓度，保留时间定性，峰面积定量。



R 和R<sub>1</sub> 是烷基或芳香基团（酮）或是氢原子（醛）

图 4.3 原理描述

将DNPH采样管放于固相萃取装置上进行样品洗脱（如适用，也可用针管对DNPH采样管进行洗脱），洗脱液的流向应与采样时气流方向相反。准确加入5ml 乙腈反向洗脱DNPH采样管，将洗脱液收集于5ml 容量瓶中，用0.45 μm 微孔滤膜对洗脱液过滤后，用超声波清洗器处理1-2 min。用乙腈定容至容量瓶5ml 标线，贴上标签放于4℃冰箱中，可保存30 d。

分析过程中所用的乙腈应为色谱纯。实验室通过稀释有证醛酮混合标准溶液至合适浓度的方法建立标准曲线，以目标组分的浓度为横坐标，以峰面积为纵坐标，绘制校准曲线。各组分的线性相关系数至少应达到0.995。如果校正曲线不通过零点，则曲线方程应包含截距。

将超声后的溶液转移至液相色谱仪的专用进样瓶，采用和建立标准曲线时相同的方法进行车内空气及仓背景中醛酮组分分析。

#### 4.3.5 醛酮组分浓度计算方法

1) 采样体积（ $V_1$ ）计算方法见式 4.6:

$$V_1 = \frac{Q_1 \times t_1}{1000} \quad (\text{式 4.6})$$

其中： $Q_1$ ——气体采样泵校准采样流量（mL/min）

$t_1$ ——采样时间（min）

$V_1$ ——采样体积（L）

2) 校正后采样体积（ $V_2$ ）计算方法见式 4.7:

$$V_2 = V_1 \frac{T_0}{T_2} \frac{P}{P_0} \quad (\text{式 4.7})$$

其中： $V_2$ ——校正后采样体积（L）

$V_r$ ——采样体积 (L)

$T_0$ ——标准状态下的绝对温度, 273K (K)

$T_2$ ——采样温度 ( $t_2$ , °C) 与标准状态绝对温度之和, ( $t_2+273$ ) K

$P$  ——大气压力 (kPa)

$P_0$ ——标准状态下的大气压力, 101.3kPa (kPa)

3) 醛酮组分浓度计算方法见式 4.8~式 4.10

$$C_0 = \frac{V_d}{V_2} \times C_c \times 10^3 \quad (\text{式 4.8})$$

其中:  $C_0$ ——仓背景各醛酮组分浓度 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )

$V_d$ ——固相萃取定容体积 (L)

$V_2$ ——校正后采样体积 (L)

$C_c$ ——仓背景中各醛酮组分在液相色谱工作站的测得结果 ( $\text{mg}/\text{L}$ )

$$C_1 = \frac{V_d}{V_2} \times C_c \times 10^3 \quad (\text{式 4.9})$$

其中:  $C_1$ ——车内各醛酮组分浓度 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )

$V_d$ ——固相萃取定容体积 (L)

$V_2$ ——校正后采样体积 (L)

$C_c$ ——车内空气中各醛酮组分在液相色谱工作站的测得结果 ( $\text{mg}/\text{L}$ )

$$C_{c=0} = C_1 - C_0 \quad (\text{式 4.10})$$

其中:  $C_{c=0}$ ——评价车辆车内各醛酮组分的浓度 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )

## 5 车内 VOC 与车内气味评价流程

### 5.1 评价原则

为确保评价的科学、公平、公正性,“中国汽车健康指数”VOC和车内气味部分应遵循以下原则:

### 1) 目的性

重点关注汽车使用过程中乘员的健康性指标（健康危害），车内气味强度评价消费者关注度高的舒适性指标（车内气味），兼顾车内有机化合物综合污染指标（综合污染），旨在推进环保材料、配置和工艺的开发与应用，促进车企研发车内空气质量优良的汽车，引导行业健康发展。

### 2) 客观性

评价指标、评价方法、评价模式能够从客观上充分反映产品在不同环境条件下的本质特性，确保评价结果的客观性和公正性。

### 3) 全面性

实行多方面、多角度综合测评，考察指标不局限于国内现行标准要求，引入阳光模拟及怠速通风状态、车内气味感官评价等。

### 4) 可操作性

评价指标既能充分反映车内空气质量，又具有可操作性，评价模式简明合理、评价指标层次分明。

## 5.2 评价指标

“中国汽车健康指数”VOC部分满分为70分，由健康危害和综合污染两个指标组成。车内气味部分满分为30分，由常温下的车内气味强度等级和高温下的车内气味强度等级组成。

### 5.2.1 健康危害

美国环保署（US EPA）曾颁布“致癌物的风险评价导则”，该导则明确了健康风险评价的方法及步骤。通过估算致癌因子对人体不良影响的发生机率，评价接触该致癌因子的个体健康受到威胁的风险。

暴露评估是致癌风险评价的常用手段之一，通过对人群暴露于环境介质中致癌因子的强度、频率、时间进行测量、估算或预测，形成致癌风险评估的定量依据，暴露人群的特征鉴定与有致癌风险的物质在环境介质中浓度及分布的确定，是评价中相关联且不可分割的两个组成部分。

本评价体系中，健康危害用于对US EPA划分为致癌证据充分的第I类致癌物质（苯和甲醛）进行评价。

按照式5.1计算有害物日均吸收量。

$$C_{xr} = 0.9 \times C_{bx} \times E_{bn} \times E_{bp} \times E_{bs} \times I_{hx} / (365 \times A_{sm} \times B_{tz}) \quad (\text{式 } 5.1)$$

其中:  $C_{xr}$ —有害物日均吸收量,  $mg/(kg \cdot d)$

$C_{bx}$ —车内空气中苯和甲醛浓度检测值,  $mg/m^3$

$E_{bn}$ —暴露年限, 取 50 a

$E_{bp}$ —暴露频率, 取 250 d/a

$E_{bs}$ —暴露时间, 取 3.5h/d

$I_{hx}$ —空气呼吸率平均值, 取 1.01  $m^3/h$

$A_{sm}$ —平均寿命, 取 76.1 a

$B_{tz}$ —平均体重, 取 65 kg

US EPA 规定, 空气中苯的  $P_f$  为 0.029  $(kg \cdot d)/mg$ , 甲醛的  $P_f$  为 0.045  $(kg \cdot d)/mg$ 。引入致癌因子, 按照式 5.2 计算健康危害指数。

$$H_{za} = C_{xr} \times P_f \quad (\text{式 5.2})$$

其中:  $H_{za}$ —健康危害值, 无量纲

$P_f$ —致癌因子,  $(kg \cdot d)/mg$

### 5.2.2 综合污染

综合指数法作为环境质量评价的常用方法之一, 用污染物浓度与评价标准的相对数值, 简单直观地描述多种污染物对空气污染的综合强度, 适用于综合评价几种污染物共同作用下的空气质量, 兼顾最高分指数和平均分指数。

该指标计算方法如下: 首先将苯、甲苯、二甲苯、乙苯、苯乙烯、甲醛、乙醛、丙烯醛的平均浓度  $C_i$  除以该污染物的评价标准  $S_i$ , 得到质量分指数  $I_i$ , 选出其中最大值  $I_{\max}$ , 再求出  $i$  个污染物质量分指数的平均值  $I_{av}$ , 两者的几何均数即为污染指数  $I$ 。 $I$  的数值越大, 反映综合污染越严重。

综合污染值计算方法见式 5.3。

$$I = \sqrt{I_{\max} \cdot I_{av}} = \sqrt{\left(\max \left| \frac{C_1}{S_1}, \frac{C_2}{S_2}, \dots, \frac{C_n}{S_n} \right| \right) \times \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{S_i} \right)} \quad (\text{式 5.3})$$

其中： $I$ ——综合污染值

$I_{av}$ ——各污染物质量分指数的平均值

$I_{max}$ ——各污染物质量分指数的最大值

$C_i$ ——第  $i$  种污染物的平均浓度

$S_i$ ——第  $i$  种污染物的评价标准

### 5.2.3 车内气味

由气味评价小组负责人搜集各嗅辨员的评价结果并对结果进行汇总。负责人首先计算三个嗅辨员评价结果的极差（评级最高级别与最低级别之差），若极差 $>1.5$ ，需要重新组织嗅辨，若极差 $\leq 1.5$ ，计算三个评价结果的算数平均值作为车内气味等级。若算出的平均值出现小数位，按照该方法进行修约， $[0, 0.25)$ 取 0， $[0.25, 0.75)$ 取 0.5， $[0.75, 1.0]$ 取 1.0。

车内气味评价过程中，若出现由于极差过大需要重新组织嗅辨的情况，其 VOC 采样结果仍然有效，只是需要按照测试评价规程重新安排试验，进行第二次气味评价。

### 5.3 评价项目与权重

车内挥发性有机化合物及车内气味评价项目及权重见表 5.1。按试验阶段分，恒温恒湿阶段权重 50 分，阳光模拟阶段权重 30 分，怠速通风状态权重 20 分；按评价项目分，健康危害权重 40 分，综合污染权重 30 分，车内气味权重 30 分。

表 5.1 评价项目与权重表

实验阶段		评价项目		评价指标	
名称	权重	名称	权重	名称	权重
常温阶段	50	车内醛酮组分和挥发性有机物 (VOC)	30	健康危害 (甲醛)	10
				健康危害 (苯)	10
				综合污染	10
		车内气味 (VOI)	20	强度等级	20
光照阶段	30	车内醛酮组分和挥	20	健康危害 (甲醛)	5
				健康危害 (苯)	5

		发性有机物 (VOC)		综合污染	10
		车内气味 (VOI)	10	强度等级	10
通风阶段	20	车内醛酮组分和挥发性有机物 (VOC)	20	健康危害 (甲醛)	5
				健康危害 (苯)	5
				综合污染	10

## 5.4 评分标准

### 5.4.1 健康危害

按照 US EPA 推荐的方法, 通过健康危害值  $H_{za}$  判断车内空气中苯和甲醛对车内人员致癌风险的高低。当  $H_{za} < 1 \times 10^{-6}$  时, 认为不存在致癌风险; 当  $1 \times 10^{-6} \leq H_{za} < 1 \times 10^{-4}$  时, 认为致癌风险在可接受的范围内; 当  $H_{za} \geq 1 \times 10^{-4}$  时, 认为致癌风险较高。

对于常温状态和通风状态, 苯的健康危害指标评分标准见表 5.2。即  $H_{za} < 4 \times 10^{-6}$  时, 得权重的 100% 分数; 当  $4 \times 10^{-6} \leq H_{za} < 1 \times 10^{-5}$  时, 得权重的 90% 分数; 当  $1 \times 10^{-5} \leq H_{za} < 2 \times 10^{-5}$  时, 得权重的 80% 的分数; 当  $2 \times 10^{-5} \leq H_{za} < 4 \times 10^{-5}$  时, 得权重的 70% 的分数; 当  $4 \times 10^{-5} \leq H_{za} < 6 \times 10^{-5}$  时, 得权重的 60% 的分数; 当  $6 \times 10^{-5} \leq H_{za} < 8 \times 10^{-5}$  时, 得权重的 50% 的分数; 当  $8 \times 10^{-5} \leq H_{za} < 1 \times 10^{-4}$  时, 得权重的 40% 的分数; 当  $H_{za} \geq 1 \times 10^{-4}$  时, 不得分。

表 5.2 常温状态和通风状态下健康危害评分规则 (苯)

健康危害	得分情况
$H_{za} < 4 \times 10^{-6}$	得权重 100% 分数
$4 \times 10^{-6} \leq H_{za} < 1 \times 10^{-5}$	得权重 90% 分数
$1 \times 10^{-5} \leq H_{za} < 2 \times 10^{-5}$	得权重 80% 分数
$2 \times 10^{-5} \leq H_{za} < 4 \times 10^{-5}$	得权重 70% 分数
$4 \times 10^{-5} \leq H_{za} < 6 \times 10^{-5}$	得权重 60% 分数

$6 \times 10^{-5} \leq H_{za} < 8 \times 10^{-5}$	得权重 50%分数
$8 \times 10^{-5} \leq H_{za} < 1 \times 10^{-4}$	得权重 40%分数
$H_{za} \geq 1 \times 10^{-4}$	得零分

对于常温状态和通风状态，甲醛的健康危害评分标准见表 5.3。即  $H_{za} < 1 \times 10^{-5}$  时，得权重的 100%分数；当  $1 \times 10^{-5} \leq H_{za} < 2 \times 10^{-5}$  时，得权重的 90%分数；当  $2 \times 10^{-5} \leq H_{za} < 3 \times 10^{-5}$  时，得权重的 80%的分数；当  $3 \times 10^{-5} \leq H_{za} < 5 \times 10^{-5}$  时，得权重的 70%的分数；当  $5 \times 10^{-5} \leq H_{za} < 7 \times 10^{-5}$  时，得权重的 60%的分数；当  $7 \times 10^{-5} \leq H_{za} < 9 \times 10^{-5}$  时，得权重的 50%的分数；当  $9 \times 10^{-5} \leq H_{za} < 1 \times 10^{-4}$  时，得权重的 40%的分数；当  $H_{za} \geq 1 \times 10^{-4}$  时，不得分。

表 5.3 常温状态和通风状态下健康危害评分规则（甲醛）

健康危害	得分情况
$H_{za} < 1 \times 10^{-5}$	得权重 100%分数
$1 \times 10^{-5} \leq H_{za} < 2 \times 10^{-5}$	得权重 90%分数
$2 \times 10^{-5} \leq H_{za} < 3 \times 10^{-5}$	得权重 80%分数
$3 \times 10^{-5} \leq H_{za} < 5 \times 10^{-5}$	得权重 70%分数
$5 \times 10^{-5} \leq H_{za} < 7 \times 10^{-5}$	得权重 60%分数
$7 \times 10^{-5} \leq H_{za} < 9 \times 10^{-5}$	得权重 50%分数
$9 \times 10^{-5} \leq H_{za} < 1 \times 10^{-4}$	得权重 40%分数
$H_{za} \geq 1 \times 10^{-4}$	得零分

对于光照状态，苯的健康危害评分标准见表 5.4。即  $H_{za} < 2 \times 10^{-5}$  时，得权重的 100%分数；当  $2 \times 10^{-5} \leq H_{za} < 6 \times 10^{-5}$  时，得权重的 90%分数；当  $6 \times 10^{-5} \leq H_{za} < 1 \times 10^{-4}$  时，得权重的 80%的分数；当  $1 \times 10^{-4} \leq H_{za} < 2 \times 10^{-4}$  时，得权重的 60%的分数；当  $2 \times 10^{-4} \leq H_{za} < 3 \times 10^{-4}$  时，得权重的 40%的分数；当  $3 \times 10^{-4} \leq H_{za} < 4 \times 10^{-4}$  时，得权重的 20%的分数；当  $H_{za}$

$\geq 4 \times 10^{-4}$ 时，不得分。

表 5.4 光照状态下健康危害评分规则（苯）

健康危害	得分情况
$H_{za} < 2 \times 10^{-5}$	得权重 100%分数
$2 \times 10^{-5} \leq H_{za} < 6 \times 10^{-5}$	得权重 90%分数
$6 \times 10^{-5} \leq H_{za} < 1 \times 10^{-4}$	得权重 80%分数
$1 \times 10^{-4} \leq H_{za} < 2 \times 10^{-4}$	得权重 60%分数
$2 \times 10^{-4} \leq H_{za} < 3 \times 10^{-4}$	得权重 40%分数
$3 \times 10^{-4} \leq H_{za} < 4 \times 10^{-4}$	得权重 20%分数
$H_{za} \geq 4 \times 10^{-4}$	得零分

对于光照状态，甲醛的健康危害评分标准见表 5.5。即  $H_{za} < 1 \times 10^{-4}$  时，得权重的 100% 分数；当  $1 \times 10^{-4} \leq H_{za} < 3 \times 10^{-4}$  时，得权重的 90% 分数；当  $3 \times 10^{-4} \leq H_{za} < 5 \times 10^{-4}$  时，得权重的 80% 的分数；当  $5 \times 10^{-4} \leq H_{za} < 7 \times 10^{-4}$  时，得权重的 60% 的分数；当  $7 \times 10^{-4} \leq H_{za} < 9 \times 10^{-4}$  时，得权重的 40% 的分数；当  $9 \times 10^{-4} \leq H_{za} < 1 \times 10^{-3}$  时，得权重的 20% 的分数；当  $H_{za} \geq 1 \times 10^{-3}$  时，不得分。

表 5.5 光照状态下健康危害评分规则（甲醛）

健康危害	得分情况
$H_{za} < 1 \times 10^{-4}$	得权重 100%分数
$1 \times 10^{-4} \leq H_{za} < 3 \times 10^{-4}$	得权重 90%分数
$3 \times 10^{-4} \leq H_{za} < 5 \times 10^{-4}$	得权重 80%分数
$5 \times 10^{-4} \leq H_{za} < 7 \times 10^{-4}$	得权重 60%分数
$7 \times 10^{-4} \leq H_{za} < 9 \times 10^{-4}$	得权重 40%分数
$9 \times 10^{-4} \leq H_{za} < 1 \times 10^{-3}$	得权重 20%分数

$H_{za} \geq 1 \times 10^{-3}$	得零分
--------------------------------	-----

#### 5.4.2 综合污染

Si 值（评价标准）如下，见表 5.6。VOC 综合污染评价标准见表 5.7。

Si 值参考了 GB 27630 《乘用车内空气质量评价指南》修订征求意见稿。

表 5.6 评价标准（Si 值）

	苯	甲苯	乙苯	二甲苯	苯乙烯	甲醛	乙醛	丙烯醛
常温状态	0.06	1.00	1.00	1.00	0.26	0.10	0.20	0.05
光照状态	0.12	2.00	2.00	2.00	0.52	0.80	0.40	0.10
通风状态	0.06	1.00	1.00	1.00	0.26	0.10	0.20	0.05

表 5.7 VOC 综合污染评价标准

VOC 综合污染等级	VOC 综合污染值范围	得分情况
I 级	$I \leq 0.20$	得权重 100%分数
II 级	$0.20 < I \leq 0.40$	得权重 90%分数
III 级	$0.40 < I \leq 0.60$	得权重 80%分数
IV 级	$0.60 < I \leq 0.80$	得权重 70%分数
V 级	$0.80 < I \leq 1.00$	得权重 60%分数
VI 级	$1.00 < I \leq 1.50$	得权重 40%分数
VII 级	$1.50 < I \leq 2.00$	得权重 20%分数
VIII 级	$I > 2.00$	得零分

对于任何一种试验状态，VOC 综合污染指标评分标准如下：I 级，得权重的 100%分数；II 级，得权重的 90%分数；III 级，得权重的 80%的分数；IV 级，得权重的 70%的分数；V 级，得权重的 60%分数；VI 级，得权重的 40%的分数；VII 级，得权重的 20%的分数；VIII 级，不得分。

#### 5.4.3 车内气味

常温状态下，车内气味评分规则见表 5.8。气味强度不高于 1.5 级，得权重的 100%分数；2 级，得权重的 95%分数；2.5 级，得权重的 90%分数；3 级，得权重的 80%分数；3.5 级，得权重的 70%分数；4 级，得权重的 60%分数；4.5 级，得权重的 40%分数；5 级，得权重的 20%分数；大于等于 5.5 级，不得分。

表 5.8 常温状态下车内气味评分标准

车内气味	得分情况
≤1.5 级	得权重 100%分数
2 级	得权重 95%分数
2.5 级	得权重 90%分数
3 级	得权重 80%分数
3.5 级	得权重 70%分数
4 级	得权重 60%分数
4.5 级	得权重 40%分数
5 级	得权重 20%分数
≥5.5 级	不得分

高温状态下，车内气味评分规则见表 5.9。车内气味强度不高于 1.5 级，得权重的 100%分数；2 级或 2.5 级，得权重的 95%分数；3 级，得权重的 90%分数；3.5 级，得权重的 80%分数；4 级，得权重的 70%分数；4.5 级，得权重的 60%分数；5 级，得权重的 40%分数；5.5 级，得权重的 20%分数；6 级，不得分。

表 5.9 高温状态下车内气味评分标准

车内气味	得分情况
≤1.5 级	得权重 100%分数
2 级或 2.5 级	得权重 95%分数
3 级	得权重 90%分数
3.5 级	得权重 80%分数
4 级	得权重 70%分数

4.5 级	得权重 60%分数
5 级	得权重 40%分数
5.5 级	得权重 20%分数
6 级	得零分

## 5.5 结果评价与发布

“中国汽车健康指数—车内挥发性有机物与车内气味部分”总分由健康危害、综合污染、车内气味三部分得分之和计算得出，如式 5.4 所示。

$$V=V_1+V_2+V_3 \quad (\text{式 5.4})$$

其中， $V$ ——中国汽车健康指数（车内挥发性有机物与车内气味部分）总分；

$V_1$ ——健康危害得分；

$V_2$ ——综合污染得分；

$V_3$ ——车内气味得分；

得分不低于 60 分的车型最终以“中国汽车健康指数—车内挥发性有机物与车内气味部分”进行发布。“中国汽车健康指数—车内挥发性有机物与车内气味部分”以“星级”的形式发布，分 5 个等级（见表 5.10）。

评价车型获得[60, 70)分，评价结果为 1 星级；评价车型获得[70, 80)分，评价结果为 2 星级；评价车型获得[80, 85)分，评价结果为 3 星级；评价车型获得[85, 90)分，评价结果为 4 星级；评价车型获得[90, 100]分，评价结果为 5 星级。

表 5.10 星级分数对应表

评价等级	得分区间	评价标识
1 星级	$60 \leq V < 70$	★
2 星级	$70 \leq V < 80$	★★
3 星级	$80 \leq V < 85$	★★★
4 星级	$85 \leq V < 90$	★★★★
5 星级	$90 \leq V \leq 100$	★★★★★

## 附录 A 嗅辨员的筛选

为减少评价人员的主观性及环境因素随机性对评价结果的影响，气味评价人员必须经过严格筛选，以确保其嗅觉的灵敏性。嗅辨员筛选的方法是利用标准嗅液和正丁醇对气味评价人员进行筛选，要求气味嗅辨员能够准确无误地区分出不同浓度、不同性质的标准气味，方可从事气味评价工作。

嗅辨员需满足以下基本要求：a) 不能有嗅觉方面的识别障碍；b) 个人卫生状况良好，无明显个人气味，无吸烟习惯；c) 对气味感官评价有兴趣；d) 各气味嗅辨员之间及嗅辨员本人要对特定气味强度有较高的敏感性和一致性判定；e) 对于所嗅辨的产品无偏见，且具有化学，环境科学或材料学等相关专业背景；f) 年龄在 45 岁以下。

筛选的第一轮在一个通风良好的房间里进行。考官给出 5 张白色纸条。考官事先将其中 3 条浸入无臭液中 1cm，另两条浸入标准臭液中 1cm，然后将 5 条臭液纸条间隔一定距离平行放置，令考生嗅辨。如第一次嗅辨无误，则进行下一种气味的嗅辨。一般来说，要保证能分辨出花香、汗臭、甜锅巴气味、成熟水果香和粪臭这 5 种单一气味。如嗅辨时有一张纸条嗅辨有误，将不能通过考核。表 A.1 为标准嗅液的组成及气味性质。

表 A.1 标准嗅液的组成及气味性质

序号	标准嗅液	浓度 (w/w)	气味性质
A	$\beta$ -苯乙醇	$10^{-4.0}$	花香
B	异戊酸	$10^{-5.0}$	汗臭气味
C	甲基环戊酮	$10^{-4.5}$	甜锅巴气味
D	$\gamma$ -十一碳(烷)酸内酯	$10^{-4.5}$	成熟水果香
E	$\beta$ -甲基吲哚	$10^{-5.0}$	粪臭气味

通过第一轮筛选的受试者，进入第二轮筛选，第二轮主要是对不同浓度的正丁醇进行嗅辨，并对浓度进行从低到高排序。在 6 个 500mL 的气味瓶中加入 150mL 溶液，其组成、浓度等级及气味描述见表 A.2。气味瓶盖上瓶盖，于室温下静置 2h 后开始嗅闻。受试人员对 6 个气味瓶进行嗅辨后，对浓度进行由低到高的排序，回答正确即可成为嗅辨员，承担气味评价工作。

表 A.2 不同浓度正丁醇溶液及气味描述

强度等级	气味描述	浓度
1 级	无气味，不易感觉到	去离子水
2 级	有气味，可以感觉到，但不刺鼻，轻微强度	2 ml/L
3 级	有明显气味，可以明显感觉到，但不刺鼻，中等强度	8 ml/L
4 级	刺鼻的气味，强度较大	18 ml/L
5 级	强烈的刺鼻的气味，强度很大	30 ml/L
6 级	不可忍受的气味	纯正丁醇

## 附录 B 嗅辨员的持续能力评价

为了维持嗅辨员评价结果长时间的置信度，需要定期对嗅辨员进行持续能力评价，通过持续能力评价，可以对嗅辨员的评价结果更有信心。

### B.1 持续能力评价方法——单人

判定师按照表 A.2 配制 2 级~6 级的标准正丁醇嗅液，随机取一瓶给嗅辨员，嗅辨员需首先判断该气味是否刺鼻（即气味强度等级是否大于等于 4 级），并将结果提交至判定师处。

判定师随机发放两瓶标准正丁醇嗅液给嗅辨员，嗅辨员需判断两瓶嗅液气味强度等级的高低，并将气味强度更高的嗅液的编号提交给判定师。

两次评价均正确的嗅辨员即通过持续能力评价，若两次作答中出现错误答案，嗅辨员需再次熟悉不同等级正丁醇溶液的气味强度后，择日重新进行气味评价。

嗅辨员每个季度需参加一次该持续能力评价。

### B.2 持续能力评价方法——小组

判定师按照表 A.2 配制 2 级~6 级的标准正丁醇嗅液，随机取一瓶给嗅辨小组的 3 名嗅辨员依次嗅辨，3 名嗅辨员独立给出自己的嗅辨评价结果。判定师搜集 3 名嗅辨员的评价结果后，首先计算极差，若极差小于等于 1，且 3 个评价结果的均值与理论气味强度值之差的绝对值小于等于 1，即认为该嗅辨小组通过持续能力评价测试。

嗅辨小组每个季度需参加一次该持续能力评价，每次持续能力评价，每个小组有两次机会。