

# 团 体 标 准

T/CAIACN 012—2024

## 车载音频 乘用车扩声系统性能客观 测试方法

Vehicle audio — Objective test methods for sound reinforcement  
system performance of passenger car

2024 - 10 - 15 发布

2024 - 12 - 15 实施

中国电子音响行业协会 发布



## 目 次

前言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 测试条件 .....	3
4.1 乘用车 .....	3
4.2 测试环境 .....	3
4.3 测试仪器 .....	3
4.4 测试位置 .....	4
4.5 测试信号 .....	5
4.6 测试采样频率 .....	5
5 测试方法 .....	5
5.1 有效频率范围 .....	5
5.2 线性动态范围 .....	6
5.3 低失真最大声压级 .....	6
5.4 有效线性动态范围 .....	7
5.5 最大声压级 .....	7
5.6 总谐波失真 .....	7
5.7 车内声场不均匀度 .....	8
5.8 独立音区隔离度 .....	9
5.9 空闲噪声 .....	9
附录 A (资料性) .....	10
附录 B (资料性) .....	11
参考文献 .....	12

全国团体标准信息平台

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是“车载音频”系列标准的第3部分，“车载音频”系列标准已经发布了以下3个部分：

- 第1部分：车载音频 扬声器性能要求及测试方法。
- 第2部分：车载音频 音频功率放大器性能要求及测试方法。
- 第3部分：车载音频 乘用车扩声系统性能客观测试方法。

中国电子音响行业协会（China Audio Industry Association，简称CAIA）自1983年成立以来就以“服务企业，献策政府”为宗旨。是我国最早成立的跨地区、跨部门、跨系统，具有社团法人资格的全国性社会团体（国家一级行业协会）。

组织开展电子音响领域国际、国内标准化活动，制定中国电子音响行业协会团体标准（以下简称：中音协团标），满足行业需要，推动行业标准化工作，是中国电子音响行业协会的重要工作。协会的所有会员，均有权利提出制、修订中音协团标的建议并参与有关工作。

中音协团标按《中国电子音响行业协会团体标准建设管理办法》进行制定和管理。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

在本标准实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料报送中国电子音响行业协会，以便修订时参考。

本文件由中国第一汽车集团有限公司研发总院智能网联开发院提出。

本文件由中国电子音响行业协会归口。

本文件核心起草单位：中国第一汽车集团有限公司研发总院智能网联开发院、华为技术有限公司、上海蔚来汽车有限公司、国光电器股份有限公司、科大讯飞股份有限公司、小米汽车科技有限公司、重庆长安汽车股份有限公司、浙江极氪汽车研究开发有限公司、苏州上声电子股份有限公司、瑞声科技控股有限公司、中汽研汽车检验中心（天津）有限公司、中国汽车工程研究院股份有限公司、中国计量科学研究院、立讯精密工业股份有限公司、中国电子技术标准化研究院、深圳东原电子有限公司、狄拉克技术服务（深圳）有限公司、苏州清听声学科技有限公司、北京朗德科技有限公司、海德声学（上海）科技有限公司。

本文件起草单位：比亚迪汽车工业有限公司、腾讯音乐娱乐科技（深圳）有限公司、星河智联汽车科技有限公司、珠海市魅族科技有限公司、四川湖山电器股份有限公司、惠州迪芬尼声学科技股份有限公司、深圳市冠旭电子股份有限公司、瀛通通讯股份有限公司、昆山海菲曼科技集团股份有限公司、汉桑（南京）科技股份有限公司、广东天谱科技集团有限公司、朝阳聚声泰（信丰）科技有限公司、杭州兆华电子股份有限公司、中山市悦辰电子实业有限公司、北京声智科技有限公司、北京第七九七音响股份有限公司、深圳市爱普泰科电子有限公司、杭州艾力特数字科技有限公司、友笙（苏州）声学科技有限公司、北京瑞森新谱科技股份有限公司、苏州爱情之音科技有限公司、深圳市美格信测控技术有限公司、天津博顿电子有限公司、浙江传媒学院、曲阜天博汽车电器有限公司、惠州沃睿科技有限公司、深圳瑞利智能创新科技有限公司、吉咖智能机器人有限公司、石家庄康利达电子有限公司、上海市浦东新区先进音视频技术协会。

“车载音频”系列标准起草组由柴国强担任总顾问，马桂林担任组长。

本文件核心起草人：柴国强、马桂林、郑红丽、曾桂华、周铮、王璐、谢守华、刘俊峰、朱守经、朱晓鹏、杨春洪、丁晓峰、廖爱文、田喆、李沛然、牛锋、王曦、董桂官、刘斌、叶涛、匡正、虞安波、戴旭昶、李瑞峰、郝欣言、孙丽、吴晟、朱良明、吴伟琨、史晓磊、孙晨玮、聂俊、高飞、黄坤朋、江波、支洪平、柳燕飞、陆恒良、刘玉伟、张亚奇、赵国祥、王富裕、王宾、张婧颖、唐鹏春、郎元华、闫爽、陈华华、黄招军、叶超、沐永生、沈跃武、殷惠龙、孙露、李添翼、翁靖、魏昌、张志强、朱博成、卫文港、哈海学、由昕亮、王攀、田亚威。。

本文件起草人：于洋、闫震海、张莹、张家奇、李兵、孙方晖、彭久高、涂长青、边仿、张鲲鹏、方建军、郭奕君、李超、伏胜、陈孝良、宋鸣、廖文生、任军军、戴璐、刘宇杰、苏根根、温文清、张敬祥、温怀疆、陈东明、刘涛、张洋、王玉龙、王飞、姚赞、肖越、刘泽、于亚慧、孙浩、李富章、张洪超、李茹、冉光伟、刘荣、康怀茂、程畅、刘耘、邓晨、张成能、张勇、黄衡、钱兵、王海俊、张家兴、刘晓彤、肖鹏、王小敏、黄晖、杨永强、庄庆辉、汪涛、沈紫辉、陈伟东、王致荣、罗轶泽、刘海婷、常乐、张亚东、张胜、郑广昌、陈旭顺、黄鹏璇、颜宇航、李登林。

本文件为首次制定。

# 车载音频 乘用车扩声系统性能客观测试方法

## 1 范围

本文件规定了车载音频扩声系统性能客观测试条件、测试方法。  
本文件适用于乘用车。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 2900.86—2009 电工术语 声学 and 电声学

GB/T 3730.1—2022 汽车、挂车及汽车列车的术语和定义 第1部分：类型

GB/T 3785.1—2023 电声学 声级计 第1部分：规范

GB 50800—2012 消声室和半消声室技术规范

GB/T 12060.1—2017 声系统设备 第一部分 概述

GB/T 12060.2—2011 声系统设备 第2部分：一般术语解释和计算方法

GB/T 20441.4—2006 测量传声器 第4部分：工作标准传声器规范

GY/T 192—2003 数字音频设备的满度电平

IEC 60318-7:2022 电声学 头和躯干模拟器 第7部分：用于近耳声源测试的头和躯干模拟器  
(Electroacoustics - Simulators of human head and ear - Part 7: Head and torso simulator for the measurement of sound sources close to the ear)

ITU P.57:2021 人工耳 (Artificial Ears)

## 3 术语和定义

GB/T 2900.86—2009、GB/T 12060.2—2011界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**乘用车** passenger car

设计、制造和技术特性上主要用于载运乘客及其随身行李和/或临时物品,包括驾驶员座椅在内最多不超过9个座椅的汽车。

[来源: GB/T 3730.1—2022, 3.3.1]

### 3.2

**总谐波失真** total harmonic distortion (THD)

输出信号的失真成分的有效值与总输出信号的有效值之比表示的谐波失真。

[来源: GB/T 12060.2—2011, 7.2.4]

注: 本文件只考虑传声器的工作频率范围和系统采样频率范围内可测试到的谐波。

3.3

**dB FS dB full scale**

数字音频信号电平的单位。0 dB FS等于“满刻度”的数字音频参考电平，是用于带有A/D和D/A转换器的数字音频设备的一项指标。“满刻度”是指转换器可能达到“数字过载”之前的最大可编码模拟信号电平。

[来源：GY/T 192—2003，3.3]

3.4

**车内声场不均匀度 in-vehicle sound distribution**

车内声场不均匀度特指车内不同位置测得频率响应的一致性，该参数可以从客观参数描述汽车内部不同位置的能量分布是否均匀。车内声场不均匀度通过计算的不同位置频响曲线标准差大小来表征。标准差越小，车内声场不均匀度越小。

3.5

**有效频率范围 effective frequency range**

在指定声压级下，系统重放频率响应衰减不超过规定限度的频率范围。

3.6

**线性动态范围 linear dynamic range**

音频扩声系统输出声压级满足线性变化要求时的最大与最小声压级差。

3.7

**低失真最大声压级 low distortion maximum sound pressure level**

音频扩声系统THD不超过10%时能达到的最大声压级。

3.8

**有效线性动态范围 effective linear dynamic range**

音频扩声系统输出声压级满足线性变化要求且THD小于10%时的最大与最小声压级差。

3.9

**最大声压级 maximum sound pressure level**

在车内音量调到最大时，音频扩声系统播放测试信号可达到的声压级。

3.10

**独立音区 independent sound zone**

指车内有独立声场控制的区域，该区域的扩声与其他区域相互独立、互不干扰。

3.11

**独立音区隔离度 isolation of independent sound zone**

指在车载音频系统中各独立音区之间的音频信号互相干扰的程度，通过独立音区用发声器件在专用位置和其他指定参考位置的声压级差进行定义。

3.12

**空闲噪声 idle noise**

被测设备保持上电状态，功放等相关电器部件保持在开启状态，且音频输出通道未被降噪等音频处理静音下的车内噪声。



## 4 测试条件

### 4.1 乘用车

#### 4.1.1 车窗、辅助装置、内饰

乘用车车厢的开口，如天窗、所有的车窗、进风口及出风口，如有可能都必须关上。辅助装置，如刮水器、空气调节系统、车载电话等，在测试过程中不得工作。如有某一装置自动工作，则必须将工作条件在测试报告中加以说明。

乘用车内饰完整度与乘用车出厂状态保持一致。车载音频扩声系统工作时，乘用车无结构类、功能类共振声和异响声，乘用车座椅和头枕可正常调节。

#### 4.1.2 扩声系统关联功能

信号源解码及音量设置功能正常，对于支持车载音频参数自定义的扩声系统，相关参数设置功能正常。

注：信号源格式选择及解码方式根据乘用车制造商说明书进行选择；用于不同车型的对比评价时，信号源和解码方式应保持一致。

#### 4.1.3 车载音频扩声系统参数设置

车载音频扩声系统参数设置项不同制造商定义可能不同，宜遵循下述原则：

- a) 若系统支持全车模式、驾驶员模式、后排模式等座椅优先音效设置，宜采用全车模式；
- b) 若无座椅优先音效设置，系统参数应可设置为出厂默认状态或由测试者决定相关参数值。测试报告中应对系统参数设定加以说明。

#### 4.1.4 待测乘用车的声压级标定

由于车载音频扩声系统性能与车内声压级相关，应对车内声压级进行标定。宜采用附录A的车载音频专用测试架，并按照4.4.2放置。宜采用4.5.1规定的测试专用信号1作为输入音源，测量并按照4.3.1计算得到20Hz~20kHz的平均声压级，进行A计权后得到A计权声压级。A计权声压级基准值宜为75dB(A)。使用头和躯干模拟器进行测量需要按照相同的声压级标定方法，基准值宜为75dB(A)。若系统在最大音量下测得A计权声压级低于基准值，应按照系统可达到的最大音量进行测试，并在测试报告中说明最大音量下的A计权声压级。为了解系统性能，也可以在更高声压级进行测试，并在测试报告中说明具体测试条件下的A计权声压级。

### 4.2 测试环境

测试宜在参照GB 50080—2012校准、本底噪声 $\leq 30\text{dB(A)}$ 的半消声室中进行。在没有半消声室的环境下，在待测乘用车前后中轴线方向、乘用车中间左右方向连线上，距离乘用车0.5m的位置进行环境噪声检测，车前、车后、车左、车右四个位置平均环境噪声声压级都应 $\leq 45\text{dB(A)}$ 。

测试气候条件宜满足GB/T 12060.1中第9节规定。

### 4.3 测试仪器

测试用声级计或其他等效的测试系统应满足GB 3785规定的1型声级计要求。测试时应使用“A”频率计权特性。

5.8独立音区隔离度测试推荐采用符合IEC 60318—7的头和躯干模拟器或ITU P.57的人工耳，使用的头和躯干模拟器若带有耳道，则需要在测量过程中，加入逆耳道传输函数处理，并在测量结果中进行标注。其他测试宜采用附录A的车载音频专用测试架。

在每次测试的开始和结束，应按照制造商的说明书对测试装置的声学性能进行校准。

#### 4.3.1 平均声压级计算

本文件中所有涉及到使用专用测试架和头和躯干模拟器计算平均声压级时，需要对测试设备中多只传声器测得的声压级进行能量平均以获得平均声压级。针对每一个测量频点，平均声压级计算方式如下：

$$M_{\text{专用支架}} = 10 \times \log 10 \left[ \frac{10^{m_1/10} + 10^{m_2/10} + 10^{m_3/10} + 10^{m_4/10} + 10^{m_5/10} + 10^{m_6/10}}{6} \right] \dots\dots\dots(1)$$

$$M_{\text{人工头}} = 10 \times \log 10 \left[ \frac{10^{m_{\text{左耳}}/10} + 10^{m_{\text{右耳}}/10}}{2} \right] \dots\dots\dots(2)$$

式中：

$M_{\text{专用支架}}$  ——使用专用测试架测得的对应频点的平均声压级；

$M_{\text{人工头}}$  ——使用头和躯干模拟器测得的对应频点的平均声压级；

$m_1 - m_6$  ——专用测试架传声器 1-6 测得的对应频点的声压级；

$m_{\text{左耳}}$ 、 $m_{\text{右耳}}$  ——头和躯干模拟器左耳、右耳测得的对应频点的声压级。

#### 4.4 测试位置

##### 4.4.1 座椅位置

测试仪器放置在座椅上，座椅应该调节到可调节范围的中间位置并进行标记，如图1所示。如座椅靠背可调，则应使其处于垂直位置。在测试过程中，该座椅位置一旦固定，不可改变。前排乘客座椅调节方式同驾驶员座椅位置，若后排座椅位置可调，调节方式同驾驶员座椅。

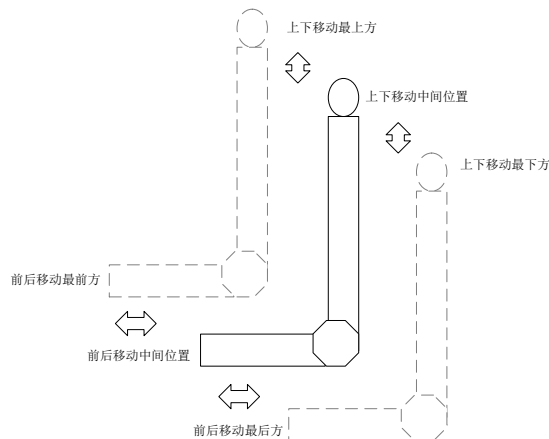


图 1 座椅位置示意

#### 4.4.2 测试仪器放置

测试仪器使用头和躯干模拟器或者车载音频专用测试架（见附录A）。

头和躯干模拟器或车载音频专用测试架在车内所有座椅的高度、水平位置、离头枕的距离摆放位置须一致。若无特殊定义，宜选择车内驾驶员座椅进行测试。

若采用头和躯干模拟器，头和躯干模拟器置于座椅的左右中轴线上，紧靠背椅。若采用车载音频专用测试架测试，将测试架按图A.1进行放置。专用传感器测试架置于座椅的左右中轴线上，调节测试架高度，使得靠近头枕侧两支测量传声器与头枕中心处于同一水平高度，距离头枕水平距离3cm~7cm。

#### 4.5 测试信号

##### 4.5.1 测试专用信号 1

采样频率48 kHz、采样深度24 bit、双声道格式，数字电平-3 dB FS粉红噪声（峰值因子2，频率范围20 Hz~20 kHz），每段时长15s。

##### 4.5.2 测试专用信号 2

采样频率48 kHz、采样深度24 bit、双声道格式，数字电平-15 dB FS正弦扫频信号（频率范围20 Hz~20 kHz），每段扫频时长5s。

##### 4.5.3 测试专用信号 3

采样频率48 kHz、采样深度24 bit、双声道格式，数字电平-3 dB FS粉红噪声（峰值因子2，频率范围20 Hz~20 kHz），总时长30s。前2s包含4段间隙激励信号，每个激励信号0.2s，后28s静默。

##### 4.5.4 测试专用信号 4

采样频率48 kHz、采样深度24 bit、双声道格式，数字电平-3 dB FS粉红噪声（峰值因子2，频率范围20 Hz~20 kHz），总时长30s。

##### 4.5.5 测试专用信号下载网址

本文件所用到的测试信号都可以从在线存储库下载，网址为：  
<http://www.caiacn.org.cn/news/info/6?nid=630>。

#### 4.6 测试采样频率

测试采样频率应不低于48 kHz。

### 5 测试方法

#### 5.1 有效频率范围

按照如下步骤进行测试：

- a) 将乘用车置于标准测试条件，测试位置为驾驶员座椅；
- b) 输入 4.5.1 规定的测试专用信号 1；
- c) 在 20 Hz~20 kHz 范围内，按照 1/12oct 测量并根据 4.3.1 计算平均声压级；
- d) 计算 500 Hz~4 kHz 频段内声压级算术平均值  $SPL_0$ 。以  $SPL_0$  为基准，降低 10dB 得到参考

声压级  $SPL_1$ ，在 20 Hz~500 Hz 频段找到声压级等于  $SPL_1$  的低频截止频率  $f_{low}$ （若 20 Hz~500 Hz 频段的声压级均大于  $SPL_1$ ，则  $f_{low}$  取 20 Hz）；在 4kHz~20kHz 的频段找到声压级等于  $SPL_1$  的高频截止频率  $f_{high}$ （若 4kHz~20kHz 频段的声压级均大于  $SPL_1$ ，则  $f_{high}$  取 20 kHz）。有效频率范围为  $[f_{low}, f_{high}]$ 。

## 5.2 线性动态范围

按照如下步骤进行测试：

- 将乘用车置于标准测试条件，测试位置为驾驶员座椅；
- 将车内音量调至最大值；
- 输入 4.5.2 规定的测试专用信号 2；
- 测试信号峰值电平从 -120 dB FS 逐步增加至 0 dB FS，每次增加 2 dB FS；
- 在 20 Hz~20 kHz 范围内，按照 1/12oct 测量并根据 4.3.1 计算平均声压级；
- 通过式（3）依次计算每个中心频率在相邻测试信号峰值电平下的声压级差值；

$$A_j = S(d_i + 2, f_j) - S(d_i, f_j) \dots \dots \dots (3)$$

式中：

$i$  ——输入测试信号序号，当信号峰值电平为 -120 dB FS 时  $i = 1$ ，峰值电平每增加 2 dB， $i$  增加 1；当信号峰值电平为 0 dB FS 时  $i = 61$ ；

$d_i$  ——第  $i$  个测试信号峰值电平（单位：dB Fs）；

$f_j$  ——20Hz~20 kHz，1/12 oct 第  $j$  个中心频率；

$S(d_i, f_j)$  ——测试信号峰值电平  $d_i$  下中心频率  $f_j$  处测得的声压级。

- 当测试信号从 -120 dB FS 逐渐增大，即  $i$  从 1 逐渐增加，找到最小的序号  $i_{min}$  满足

$$|A_{i_{min}j} - 2| \leq 0.4 \text{ 且 } |A_{(i_{min}-1)j} - 2| > 0.4, \text{ 从而得到线性输出起始声压级 } S(d_{i_{min}}, f_j);$$

- 当  $i$  从  $i_{min}$  继续增加，出现第一个序号  $i_{max}$ ，满足  $|A_{i_{max}j}| \leq 3$  且  $|A_{(i_{max}+1)j}| > 3$  时，得到线性输出

上限声压级  $S(d_{i_{max}}, f_j)$ ；

- 起始声压级和上限声压级之间范围为  $f_j$  的线性动态范围（4）：

$$[S(d_{i_{min}}, f_j), S(d_{i_{max}}, f_j)] \dots \dots \dots (4)$$

## 5.3 低失真最大声压级

按照如下步骤进行测试：

- 将乘用车置于标准测试条件，测试位置为驾驶员座椅；

- b) 将车内音量调至最大值；
- c) 输入 4.5.2 规定的测试专用信号 2；
- d) 测试信号峰值电平从-40 dB FS 逐步增加至 0 dB FS，每次增加 2 dB FS；
- e) 分别按照 5.1 c) 和 5.6 c)，在 20 Hz~20 kHz 范围内，按照 1/12oct 测量并计算平均声压级

$S(d_i, f_j)$  以及总谐波失真  $THD(d_i, f_j)$ ，其中：

$i$  ——测试信号序号，当信号峰值电平为-120 dB FS 时  $i=1$ ，峰值电平每增加 2 dB， $i$  增加 1；当信号峰值电平为 0 dB FS 时  $i=61$ ；

$d_i$  ——第  $i$  个测试信号峰值电平（单位：dB Fs）；

$f_j$  ——20 Hz~20 kHz，1/12 oct 第  $j$  个中心频率；

$S(d_i, f_j)$  ——测试信号峰值电平  $d_i$  下中心频率  $f_j$  处测得的声压级；

$THD(d_i, f_j)$  ——测试信号峰值电平  $d_i$ ，中心频率  $f_j$  对应的总谐波失真；

- e) 当  $i$  从 1 逐渐增加，找到第一个序号  $i_{THD}$ ，满足  $THD(d_{i_{THD}}, f_j) \leq 10\%$  且  $THD(d_{i_{THD}+2}, f_j) > 10\%$ ，从而得到低失真最大声压级  $S(d_{i_{THD}}, f_j)$ 。

#### 5.4 有效线性动态范围

有效线性动态范围由 5.2、5.3 中的计算结果综合给出。

若  $S(d_{i_{THD}}, f_j) \geq S(d_{i_{max}}, f_j)$ ，则有效线性动态范围为： $[S(d_{i_{min}}, f_j), S(d_{i_{max}}, f_j)]$ ；

若  $S(d_{i_{THD}}, f_j) < S(d_{i_{max}}, f_j)$ ，则有效线性动态范围为： $[S(d_{i_{min}}, f_j), S(d_{i_{THD}}, f_j)]$ 。

#### 5.5 最大声压级

按照如下步骤进行测试：

- a) 将乘用车置于标准测试条件，测试位置为驾驶员座椅；
- b) 将车内音量调至最大值；
- c) 输入 4.5.1 规定的测试专用信号 1；
- d) 按照 1/12oct 测量并根据 4.3.1 计算平均声压级，进行 A 计权后为测量结果。

#### 5.6 总谐波失真

按照如下步骤进行测试：

- a) 将乘用车置于标准测试条件，宜在主驾座椅进行测量，测量其他位置需要进行标注；
- b) 输入 4.5.2 规定的测试专用信号 2；
- c) 测量频率响应。通过式 (5) 计算每个测量传声器的总谐波失真。当采用人头模拟器测量系统测量时，左右耳分别测得总谐波失真取算数平均作为最终的总谐波失真；当采用车载音频专用测试架，6 支传声器测得总谐波失真取算数平均作为最终的总谐波失真。

$$THD = \sqrt{\sum_{n=2}^H \left( \frac{G_n}{G_1} \right)^2} \dots\dots\dots(5)$$

式中：

$G_n$ ——对应频率  $n$  次谐波分量有效值；

$G_1$ ——对应频率基波分量有效值；

$H$ ——根据测试采样频率而确定的最大可测谐波个数。如 48 kHz 采样频率，基频为 4 kHz， $H$  为 5，谐波频率分别为 8 kHz、12 kHz、16 kHz、20 kHz、24 kHz。

## 5.7 车内声场不均匀度

### 5.7.1 平均声场不均匀度

按照如下步骤进行测试：

- 将乘用车置于标准测试条件，具体测试位置由测试者指定并在结果中注明，宜包含前两排座椅；
- 输入 4.5.1 规定的测试专用信号 1；
- 在 20 Hz~20 kHz 范围内，按照 1/12 oct 测量并根据 4.3.1 计算平均声压级；
- 平均声场不均匀度计算公式如下：

$$\sigma = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (L_{ij} - \bar{L}_j)^2} \dots\dots\dots(6)$$

式中：

$m$  ——测试位置总数；

$n$  ——所选倍频程频率点个数；

$i$  ——第  $i$  个测试位置；

$j$  ——第  $j$  个倍频程；

$L_{ij}$  ——第  $i$  个位置，第  $j$  个倍频程声压级；

$\bar{L}_j$  ——所有测试位置第  $j$  个倍频程声压级算术平均值。

### 5.7.2 基于最佳听音位平均声场不均匀度

按照如下步骤进行测试：

- 将乘用车置于标准测试条件，测试位置应包括所有座椅和最佳听音位，其中最佳听音位由制造商指定，如未指定默认为驾驶员座椅，并在报告中注明；
- 输入 4.5.1 规定的测试专用信号 1；
- 在 20 Hz~20 kHz 范围内，按照 1/12 oct 测量并根据 4.3.1 计算平均声压级；
- 通过式 (7)，计算其他测试位置与最佳听音位之间标准差得到基于最佳听音位平均声场不均匀度。

$$\sigma = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (L_{ij} - L_{j0})^2} \dots\dots\dots (7)$$

式中：

$m$  ——除最佳听音位置外其他测试位置个数；

$n$  ——所选倍频程频率点数；

$i$  ——第  $i$  个测试位置；

$j$  ——第  $j$  个倍频程频点；

$L_{ij}$  ——第  $i$  个位置，第  $j$  个倍频程频率点声压级；

$L_{j0}$  ——最佳听音位第  $j$  个倍频程频点声压级。

## 5.8 独立音区隔离度

独立音区的测试位置需要结合实车情况确定。若驾驶员座椅支持独立音区功能，可测试驾驶员座椅与其他乘员舱内座椅的隔离度。若后排座椅支持独立音区则可测试前排座椅与后排座椅的隔离度。具体测试位置在测试报告中做标识。按照如下步骤进行测试：

- a) 将乘用车置于标准测试条件；
- b) 根据所需模式，依次用每个独立音区的专用发声器件播放，输入 4.5.4 规定的测试专用信号 4，保持音量不变；
- c) 按照 1/12 oct 测量并根据 4.3.1 计算平均声压级，进行 A 计权后得到每个独立音区和其他座椅的 A 计权声压级；
- d) 计算独立音区和其他座椅的 A 计权声压级差值作为测量结果。

注：为了保证参量数据的可靠性，推荐采用头和躯干模拟器的测试方式。使用传声器或传声器阵列的方式测试的数据，只在一定程度上具有参考意义。

## 5.9 空闲噪声

按照如下步骤进行测试：

- a) 将乘用车置于标准测试条件，测试位置为驾驶员座椅，为避免测试结果受到其他噪声干扰，测试车辆如有发动机，建议关闭；
- b) 输入 4.5.3 规定的测试信号；
- c) 测试人员在听到第四声激励结束后，立即开始测量  $L_{Aeq}$ （等效连续 A 计权声压级），测量时长宜为 10s；若测试车辆在播放静默片段  $x$  秒后会自动进入静音状态，且  $x$  不长于 10 秒，则测量时长宜使用  $x$  秒，同时标注  $x$  的时长；
- d) 不输入信号，重复 c)，得到本底噪声声压级  $L_{Aeq2}$ 。若  $L_{Aeq}$  不高于  $L_{Aeq2}$  需要在测试报告中进行标注。

注：本部分给出的测试方法是为了反映整车环境下车载音频扩声系统性能而适当选出的，如果同等的结果能用其他测试方法获得，所用的详细方法应同测试结果一同给出。

## 附录 A

(资料性)

## 车载音频专用测试架搭建

## A.1 概述

本附录给出了一种车载音频专用测试架搭建方案。

## A.2 车载音频专用测试架

车载音频专用测试架如图A.1。测试架高度可调。

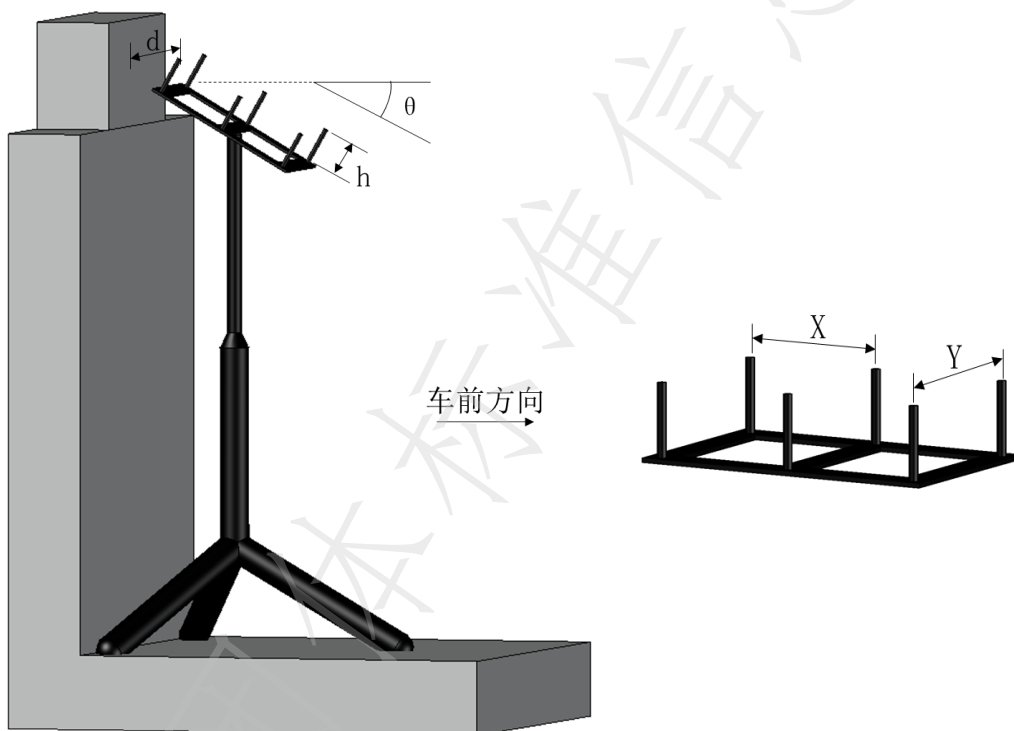


图 A.1 车载音频专用测试架外观及尺寸图

- h —— 传声器顶部与传感器支架底座距离  $h = 75.4 \text{ mm}$ ;
- d —— 靠近头枕侧传声器顶部距离头枕水平距离;
- $\theta$  —— 测试阵列和水平面倾斜夹角  $\theta = 30^\circ$ ，低的一侧朝车前方向;
- X —— 传声器阵列长边相邻传声器的距离  $X = 132 \text{ mm}$ ;
- Y —— 传声器阵列短边相邻传声器的距离  $Y = 150 \text{ mm}$ 。



## 附录 B

(资料性)

## 车载音频扩声系统客观性能参数记录表

车载音频扩声系统客观性能参数记录表见表B.1。

表 B.1 车载音频扩声系统客观性能参数记录表

测试车型：_____		测试人员：_____					
测试地点：_____		测试时间：_____					
环境温度：_____		环境湿度：_____					
序号	参数指标		测试位置	参数设置	测试结果	备注	
1	有效频率范围	低频截止频率	驾驶员座椅				
		高频截止频率					
2	线性动态范围	起始声压级					
		上限声压级					
3	低失真最大声压级						
4	有效线性动态范围	起始声压级					
		上限声压级					
5	最大声压级						
6	总谐波失真						驾驶员座椅
7	车内声场不均匀度	平均声场不均匀度	基于驾驶员座椅				
		基于最佳听音位平均声场不均匀度					
8	独立音区隔离度						
9	空闲噪声		驾驶员座椅				
其他							

参 考 文 献

- [1] White Paper: In-car Acoustic Measurements version 1.0, AES Technical Committee Automotive Audio, The Technical Committee on Automotive Audio (TC-AA). Oct. 24, 2023.
-