

汽车行业应用

车辆内部NVH测试



为优质NVH
数据而设的
声学传感器





GRAS

车辆内部NVH测试

车辆内部噪声，振动和粗糙度(NVH)涉及许多不同的测试 - 所有这些测试都与车辆内部源自道路、车身、底盘和车辆部件的噪声有关。

主要关注领域是：

- **总体内部噪音**
测试车辆声学舒适性的一般经验的一种方法。
- **道路噪音**
测试关于道路激励如何对结构传播和空气传播产生的内部噪声- 这取决于明确定义的路面和轮胎。
- **声音组件**
影响大部分NVH区域的区域。
- **组件噪声**
关注所有其他系统，如供暖、通风和空调(HVAC)系统、电动车窗系统等。这些系统大多是电动的或由发动机皮带驱动，有时则是液压驱动的。
- **制动噪声**
与底盘相关的噪声以及一个对于汽车制造商来说的大问题。
- **计算机模型验证**
用作测试原型零件或车辆。

车内NVH测试中的声学测试类型

内部总噪声是一个很好的基准测量方法，也是汽车杂志经常用于比较不同车型的测量标准。它涉及车辆在全速范围内的整体噪音水平，并且是测试车辆声学舒适性一般体验的一种方式。

清晰度指数(AI)通常是隔音、密封以及语音清晰度的良好指标。

道路噪声是车辆中最烦人的内部噪声之一。路面激励加剧了内部噪声，当中包括结构传播和空气传播的车内噪声。测试的要求通常基于主观评估、基准和经验。测试的要求包括了噪音水平和频率平衡。测试额外需要关注200-250 Hz左右的轮胎腔体共振噪声和胎面噪声。

声音组件与大多数的NVH区域密切相关。第一步是确保尽可能密封机体。这样减少高频泄漏并大大提高了整体NVH性能。需要优化结构阻尼和厚层隔离垫，以获得最佳性能和最低重量和成本。最后，关键位置的吸声材料用于改善声学内部舒适度。

零部件噪声通常分为两个范畴：客户驱动的声音直接与诸如打开或关闭车门或电动操作车窗之类的操作有关，也将向用户提供反馈。系统驱动的声音是独立于驾驶员或乘客的任何动作来控制的，这也是声音不总是容易理解的原因。HVAC系统是车辆在冷却或加热过程中的主要噪声源之一，需要进行大量细致的设计工作。

制动噪声是与底盘相关的噪声，也是全球OEM厂商关注的一个领域。噪声是由摩擦的振动引起的，这会使制动系统产生噪声。这反过来会对驾驶者和车辆附近的人造成很大的刺激和干扰。制动噪声可能导致客户满意度调查结果不佳和高的保修成本。因此，在汽车工业中，具有最低噪音问题的制动系统的开发是高度优先的。制动噪声是一个非常复杂的问题，该领域的研究仍在不断进行。

最重要的是，因为发动机听觉掩蔽消失的关系，车辆电动化需要新的制动器设计以及增加对噪声的关注。

然而，传统制动系统将在较小程度上用于电动车辆中。再生过程会在提供电池充电的减速期间发生，在许多情况下，该充电过程足以在不使用制动踏板的情况下控制车辆速度。(有关制动测试的更多信息，请参阅GRAS的制动应用文献)。

三个测试级别

开发快速且易于执行的经过验证的测试程序非常重要，使用标准化的传感器类型和传感器位置选择，以便能够在相同的测试时间内有效地运行多个测试，这是一种良好的实践。这些测试程序也应尽可能扩大其通用性，以便迎合系统设计的变化。工程师也需要不断更新新概念并执行基准测试。

测试分三个主要级别进行，车辆测试、系统测试和零部件测试。电脑模型验证可以由这三个测试组成或由个别测试独立组成。这三个测试用于开发、验证需求、故障排除和计算机辅助工程(CAE)相关性。

车辆测试

车辆验证测试通常包括两到四个麦克风，位于车辆内部，分布在驾驶员和乘客座椅之间。详细规定了试验条件。测试会在测试轨道、NVH底盘测功机、NVH实验室或半消声测试单元中进行。



车辆测试涉及测试一系列噪声源：

- 内部总噪声测试会在平滑的道路测试轨道上进行，并会从低速加速到高速。内部总噪声测试还包括声压级 (SPL) 和AI与速度的分析。
- 道路噪声则在专用的NVH测试轨道上进行测试，轨道具有明确的路面，如光滑、粗糙或凹槽。在不同的车速下进行声压级分析、第三倍频程频谱分析、窄带频谱分析以及AI的分析。带防风球的外置麦克风或声强探头可用于测量近场轮胎噪音。
- 车辆级别的声音组件测试是通过车辆测试间接完成的。
- 零部件噪声是在典型使用条件下测试的，但不存在其他声音。这个测试是在半消声试验室的车辆上进行。
- 制动噪声是在所有可能的制动状态或不同环境条件下在专用测试路线上行驶时，通过放置在耳朵水平处和车轮腔内的麦克风进行评估的。

系统测试，声学传递函数(ATF)

系统测试需要使用许多不同的声学传感器。这些测试主要在NVH实验室中，以完整的车辆、一个系统或者是以零部件进行测量。

系统/零部件级测试示例包括：

- 以发动机舱到车辆内部的**ATF**验证声音组件。噪声传递函数(NTF)测试用于测量结构噪声路径。这些测试都是在半消声室的车辆中完成的。
- 来自不同表面(如地板，仪表板和门)的噪声来源可使用麦克风或声强探头测量。这样的测试可通过NVH底盘测功机在实验室中对完整的车辆进行，也可以使用扬声器作为噪声源，但也要在测试轨道上进行。此外，声学相机也可用于定位噪声源并检测泄漏。在消声/混响套件中，会安装如车辆前部结构或门系统等的子系统，并且使用声强探头测量来自不同区域的噪声。这些测试用于优化面板处理。
- 吸音及声音传输损耗(STL)。声音组件中使用的声学材料的特性会在NVH实验室中进行测试。吸声系数是在混响测试单元或阻抗管中测试的。声音

传输损耗则通过安装在消声/混响套件中的测试对象进行测试。混响室充当扩散声源，并且通过混响室中的声压级测量以及消声室中的声强来计算声音传输损耗的。

零部件噪声测试

零部件测试也需要使用许多不同的声学传感器。与系统测试一样，这些测试主要在具有完整车辆或特定系统或零部件的NVH实验室中进行。

零部件噪声测试包括：

- 零部件噪声的系统级别测试，如完整HVAC模块的风机噪声或电动天窗模块的操作声音，是在消声或半消声测试单元中进行测试。系统在正确的操作条件下运行，但不在车辆的正确边界条件下运行。
- 系统的一些单独零部件，如小型电动马达或电磁阀，它们也会在消声或半消声测试单元中以及尽可能有效的操作条件下进行测试。声压级、声功率和频率或适当的阶次分析可用于检测对应于该部件的噪声。
- 制动尖叫噪声以系统级别进行测试，以便在专用制动尖叫测功机中测量整个车辆角落。

电脑模型验证

许多设计决策和验证都是在制造任何原型零部件或车辆之前完成的。车身和底盘设计对车辆NVH性能有很大影响，特别是对于动力总成系统和道路噪声的影响，所以需要在早期阶段进行验证。现有汽车或系统的测量用于关联模拟。还使用了骡子车辆(用新概念改装的现有车辆)。

一般的测量包括模态分析和传递函数测量、噪声传递函数(NTF)和声学传递函数(ATF)。冲击锤、振动器和体积速度源用于激励。此外，标准化车辆验证测试用于计算机辅助工程(CAE)模型验证。

车辆内部NVH测试的常见挑战

车辆内部NVH存在许多挑战:

- 由于原型的使用受到限制，测试时间应较短。
- 麦克风定位应快速、简单，并以可记录重复结果的方式进行。
- 麦克风应放置在结构声最小的位置。
- 麦克风支架和线缆不应产生任何噪音。
- 在车辆测试期间，应保证测试工程师安全地进行安装。
- 方便进行校准设置和确认。

可靠的设备是至关重要的，因为测试通常在使用场地以外的测试轨道上进行。因为噪声通常在5 kHz以上进行分析，所以麦克风场类型很重要。另外，可以把时间数据存储以便在稍后的时间回放并进行主观噪声比较。

内部总噪声和道路噪声测试中的具体挑战

底盘概念的选择是一个关键的早期决策。衬套的调整、到车轮尺寸选择和轮胎选择是一个大型集成区域，处理、设计、舒适性以及成本都需要仔细平衡。衬套的微调、底盘设置和轮胎选择在某种程度上可

以在项目中晚期完成。后端冲撞(来自后排气道、后窗、柱，车尾箱的道路噪音)很重要，但是较难于全方位测量。额外的麦克风位置可用于分析声场。

声音组件测试常见的具体挑战

包装、重量、成本和生产问题等可能对解决方案有直接影响，因此优化声音组件测试是非常重要的。

零部件噪声测试的具体挑战

零部件噪声变得越来越重要。零部件设计的目标是拥有低声级和良好的音质而没有干扰的音调，特别是对于电动汽车，因为很少有听觉掩蔽。由于频率范围广，部件、系统和车辆试验与CAE的相关性比较复杂。设计和测试团队之间的合作，有时是组件或系统的供应商之间的合作，对于能够执行有效的测试是至关重要的。良好的测试设备不会保存不适当的测试条件。

制动噪声测试的具体挑战

制动噪声需要在极端环境条件下进行长时间的测试，这意味着测量的设备是必须坚固耐用且可靠的。



选择合适的麦克风

传感器应能够承受恶劣的环境条件，如强烈的振动、冲击、跌落、极端温度、潮湿或多尘的环境，并且不能牺牲性能或寿命为代价。

低声压级(SPL)性能和完整的可听频率范围是必要的。低声压级(SPL)对于声学传递函数(ATF)测试尤其重要。最常使用的是自由场或随机入射麦克风，选择哪种麦克风则取决于测试程序。

车辆内部和零部件/系统级噪声测量

GRAS提供的解决方案可用于不同的项目级别，以及车辆内部测试中遇到的各种测量条件。

可把146AE CCP自由场麦克风放置在汽车车厢中驾驶员或乘客的耳朵水平高度处，以测量来自道路、车身、底盘或其他汽车零部件的内部噪音。在RA0504 GoPro适配器的帮助下，146AE更可以安装在市面上的各种GoPro安装座和夹具上。这样有助于使麦克风在车内快速定位。

146AE可用于测试声音组件装中使用的声学材料性质、或用于测量消声、半消声或混响室中的零部件/系统噪声。使用AL0004小型轻量麦克风三脚架与RA0093 ½寸麦克风支架或AL0008 ½寸麦克风支架结合使用，便可以将146AE放置在不同的测量点。AL0008还需要结合AL0005旋转头使用。这种组合将消除由于麦克风安装不良引入外部异响噪声的可能性。

当您需要用到随机入射麦克风的时候，您可以为146AE配置RA0357随机入射校正器环一起使用，以将146AE的响应从自由场改变为随机入射(漫射场)。

146AE是一款坚固耐用的麦克风，能够承受震动、跌落、以及多尘、潮湿，极高和极低的温度的环境。

146AE中的电源指示灯将帮助测试工程师快速检查所有麦克风是否正常工作。此外，该传感器的电子数据表(TEDS)功能将有助于快速设置多通道系统。

推荐的麦克风和校准器

车辆内部和零部件/系统级噪声测量

	146AE	½寸自由场麦克风
	AL0004	轻便小巧的麦克风三脚架
	AL0005	旋转头
	AL0008	½寸麦克风支架, POM
	RA0093	½寸麦克风支架, 不锈钢
	RA0357	146AE的随机入射校正器
	RA0504	GoPro适配器
校准	42AG	多功能声校准器, 1精度

车辆内部声源位置

像40PH和40PL CCP自由场阵列麦克风是经济高效的自由场声学传感器，专门为安装在大型或小型阵列模块上(如PR0002阵列模块)而设计的，用作分析声场。这类型的麦克风可用于车辆内部测试，以使用诸如波束成形、近场声全息(NAH)和声学相机之类的技术来测量和定位噪声源。42AG多功能声音校准器也可用于校准阵列麦克风。

像50GI-RP CCP 坚固的声强探头这样的声强探头则可用于近场轮胎噪声测量(使用附带的防风球安装)或分析来自不同表面(如地板，仪表板和门)的噪声源对系统/零部件测试的贡献。符合IEC 61043的51AB相位校准器可用于声强探头的声压级和相位校准。

推荐的麦克风和校准器

车辆内部声源位置

	40PH	CCP自由场阵列麦克风
	40PL	CCP自由场阵列麦克风 高声压
	50GI-RP	CCP坚固型声强探头
	PR0002	阵列模块
校准	42AG	多功能声音校准器, 1级
	51AB	相位校准器, 符合IEC 61043

GRAS 遍布全球

GRAS已在 40多个国家设立子公司和
分销商代理。

丹麦总部

GRAS SOUND & VIBRATION

Skovlytoften 33
2840 Holte
Denmark
电话: +45 4566 4046
网址: www.gras.dk
邮箱: gras@gras.dk

美国

GRAS SOUND & VIBRATION

5750 S.W. Arctic Drive
Beaverton, OR 97005
电话: 503-627-0832
免费热线: 800-231-7350
网址: www.gras.us
邮箱: sales@gras.us

中国

GRAS SOUND & VIBRATION

中国上海市闵行区申长路990号
虹桥汇T6栋303室,
电话: +86 21 64203370
网址: www.gras.com.cn
邮箱: cnsales@gras.dk



关于GRAS Sound & Vibration

GRAS是全球声振行业的领先者。我们开发和制造最先进的测量麦克风，并提供给声学测量精度和重复性在研发、质量保证和生产中至关重要的行业。包括为航空航天、汽车、听力学、消费电子行业的客户提供应用和解决方案。GRAS旨在为客户设计高品质、耐用性和准确性的麦克风，从而实现客户期望和信任。

GRAS Sound & Vibration