

文章编号: 1672-6332 (2013) 01-0005-06

【信息技术理论研究】

# 汽车噪声控制方法及我国试验法规综述

袁骥轩, 周世琼, 唐俊

(深圳信息职业技术学院交通与环境学院, 广东 深圳 518172)

**摘要:** 作为环境污染源之一, 噪声问题近年来一直是环境保护控制的重点。汽车噪声作为噪声污染源也被广泛研究。本文首先介绍了影响汽车综合噪声的因素, 分析了各个主要噪声源, 然后分析了汽车噪声的三种控制方法, 最后还比较了我国汽车噪声试验与国际发达国家之间的差距, 提出了一些建议。

**关键词:** NVH; 汽车噪声; 控制技术; 测试方法; 法规

**中图分类号:** U46

**文献标识码:** A

噪声污染是四大环境污染之一。1992年联合国环境保护署 (UNEP) 发表的报告《环境状况—拯救我们的星球》中关于噪声污染方面指出“与10年前相比, 噪声已经成为一个更加严重的问题, 特别是在许多发展中国家, 噪声污染日趋严重。”噪声污染不同于大气污染、水污染, 它具有大面积、不积累、实时、慢性致命等特点, 人们过去只注意噪声对听力的影响, 而忽略了它对心血管系统、神经系统、内分泌系统等均有影响, 现在人们甚至称它为“致人死命的慢性毒药”。

随着我国汽车保有量的增加, 汽车对环境的污染日益严重, 已经对人们生活质量产生了很大的影响, 其中汽车噪声所造成的污染严重影响人的精神状态和生活质量。试验结果表明, 人们长期在85~90dB (A) 噪声级环境下工作, 将会造成永久性的听力损害。世界卫生组织 (WHO) 认为: 噪声不同程度地影响了人的精神状态; 在一定意义上, 噪声干扰了人们的工作、学习、日常生活、休息和睡眠, 影响了人的精神状态和健康, 影响了人们的生活质量。因此如何对汽车进行降噪已经成为一个全球性课题, 得到了世界各国的广泛重视, 汽车制造发达的国家都颁布了汽车噪声法规, 不仅规定了汽车噪声限值和相应的测试规范, 还制定了大量包括发动机等在内的总成噪声试验标准。

## 1 汽车噪声分布

噪声治理的第一步是声源识别, 即确定汽车各个部分的噪声源。由试验结果可知<sup>[1-2]</sup>, 汽车主要噪声源可以分为发动机噪声、车身振动噪声、底盘噪声以及空气动力噪声等, 如图1所示。

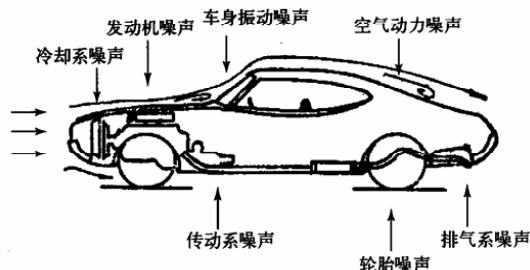


图1 汽车各噪声源  
Fig.1 Noise sources in car

### 1.1 发动机噪声

发动机噪声包括燃烧、机械、进气、排气、冷却风扇及其他部件发出的噪声。在发动机各类噪声中, 发动机燃烧噪声和机械噪声占主要成分。燃烧噪声产生于四冲程发动机工作循环中进气、压缩、做功和排气四个行程, 快速燃烧冲击和燃烧压力振荡构成了气缸内压力谱的中高频分量。燃烧噪声是具有一定带宽的连续频率成份, 在总噪声的中高频段占有相当比重。机械噪声是指发动机工作时, 各零件相对运动引起的撞击, 以及机件内部周期性变

[收稿日期] 2012-12-26

[基金项目] 广东省自然科学基金项目 (S2012040007708); 深圳信息职业技术学院校级项目 (YB201013, YB201012)

[作者简介] 袁骥轩 (1978~), 男 (汉), 湖北武汉人, 副教授, 主要研究方向: 汽车噪声; Email: yuanjx@sziit.com.cn

化的机械作用力在零部件上产生的弹性变形所导致的表面振动而引起的噪声,包括活塞敲击声、气门机构声、正时齿轮声。燃烧噪声和机械噪声都是由发动机本体发出的,并且随着发动机转速的增加,噪声也相应增加。一般情况下,低转速时燃烧噪声占主导地位,高转速时机械噪声占主导地位。空气动力噪声是指汽车行驶中,由于气体扰动以及气体和其他物体相互作用而产生的噪声。在发动机中,它包括进气噪声、排气噪声和风扇噪声。实践表明,减少振动是降低噪声的根本措施。增加发动机结构的刚度和阻尼,是减少表面振动的办法,从而达到降低噪声的目的。

### 1.2 排气系统噪声

发动机排出废气时,在排气门附近,排气歧管内及排气管口气体压力发生剧烈变化,在空气中和排气管内产生压力波,辐射出很强的噪声。发动机排气噪声往往比发动机其他噪声源的总噪声高10~15dB。排气噪声按产生的原因分为三种:1)排气门开启时产生的周期性排气噪声;2)气体涡流噪声:当高速气流通过排气门和管道时会产生强烈的涡流而辐射噪声;3)气管道共鸣噪声:包括排气管、尾管、消声器内部各连接管道所产生的共鸣噪声。

排气噪声的大小与发动机额定功率、转速、气门压力等因素有关,并随着发动机的负荷而变化。对于发动机排气噪声这类空气动力性噪声,最有效的降噪措施是在排气管道中安装消声器。消声器的作用是消耗气流的能量,平均气流的压力波动,让气流通过,对噪声有一定的消减作用。

### 1.3 传动系统及轮胎噪声

汽车传动系包括离合器、变速器(分动器)、传动轴、驱动桥等。传动系统噪声主要来源于变速齿轮啮合传动的撞击、振动和传动轴的旋转振动,另外,箱体轴承等方面也影响着噪声的大小。齿轮噪声以声波向空间传出的仅是一小部分。而大部分则成了变速器、驱动桥的激振使各部分产生振动而发出噪声。影响齿轮噪声的因素是十分复杂的,理论分析和实际经验都表明,为减少齿轮噪声,不仅要设计制造精度以及加工精度等方面把因啮合引起的撞击声和激振声控制到最小程度,而且在维修中要注意齿轮的安装精度、啮合间隙的调整。

轮胎噪声是汽车的另一个重要的噪声源。轮胎噪音是由轮胎与路面摩擦所引起的,通常由三部分组成:一是轮胎花纹间隙的空气流动和轮胎四周空气扰动构成的空气噪音;二是胎体和花纹部分震动引起的轮胎震动噪音;三是当汽车通过凹凸不平的路面时,凹凸内的空气因受挤压和排放,类似于泵的作用而形成的噪声。

### 1.4 气动噪声

当车速达到100 km/h以上时,气动噪声成为最主要的噪声源。对乘用车来说,降低气动噪声已经成为其NVH研究的重要内容。乘用车气动噪声与其外型、速度、风向等有关。对于气动噪声的研究主要是采用模拟仿真的方法以及进行风洞实验等。

由于受到机械影响和路面激励作用,造成汽车整体上所有部件都会对外产生噪声。这些影响汽车噪声的因素原因复杂,使得控制汽车噪声仍然显得十分困难。不同类型的汽车噪声特征及各个噪声源所占整车噪声的能量比率差异也非常大。

## 2 汽车噪声控制方法

噪声控制主要包括从机械原理出发的噪声控制、从声学原理出发的噪声控制和主动控制。

### 2.1 从机械原理出发的噪声控制措施

随着材料科技的发展,各种新型材料应运而生,用一些内摩擦较大的合金,高强度塑料生产机器零件,对于风扇可以选择最佳叶片形状降低噪声;齿轮改用斜齿轮或螺旋齿轮,啮合系数大,可降低噪声 3~16dB;改用皮带传动代替一般的齿轮传动,由于皮带能起到减震阻尼作用;选择合适的传动比也能降低噪声。

随着材料科技的发展,各种新型材料应运而生,用一些内摩擦较大的合金、高强度塑料生产机器零件,对于风扇可以选择最佳叶片形状降低噪声;齿轮改用斜齿轮或螺旋齿轮,啮合系数大,可降低噪声 3~16dB;改用皮带传动代替一般的齿轮传动,由于皮带能起到减震阻尼作用;选择合适的传动比也能降低噪声。

### 2.2 从声学原理出发的噪声控制措施

吸声:吸声是用特种被动式材料来改变声波的方向,在车室内合理的布置吸声材料能有效降低声能的反射量,达到降噪的目的。目前在汽车上使

用的吸声材料有: 1) 多孔性吸声材料, 其原理是当声波进入材料表面空隙, 引起空隙中的空气和材料微小纤维的振动来消耗声能达到吸声目的, 一般有尼龙、人造丝、聚酯等多孔性材料; 2) 穿孔板结构, 在板与车身之间保留一定的空隙, 形成赫尔姆霍斯共振腔耗散声能。

**隔声:** 这种方法是用某种隔声材料将声源与周围环境隔离, 使辐射的噪声不能直接传播到周围区域, 从而达到降噪目的。常用措施有隔声材料和隔声结构, 选用隔声结构时应考虑所隔噪声的特点、材料、结构性能和成本。目前通常采用双层壁结构, 在夹层中填充玻璃棉聚酯泡沫、毛毡等吸声材料, 以此提高隔声效果。

**减震:** 汽车的外壳都是由金属薄板制成, 车身行使过程中, 震源将振动传给车身, 在车身中以弹性波形传播, 这些薄板受到激振产生噪声, 同时引起车体上其他部件的振动。因此, 为了防止发动机、传动系、悬架及轮胎的振动传入车内, 需要加强地板、顶棚等大面积的钣件的刚度, 尽量少用大面积钣金件, 覆盖件采用加强筋增大刚度, 可以防止车身自身振动。

由于发动机是汽车主要噪声源, 同时距离驾驶员距离最近, 因此在引擎盖内侧加贴防火隔音毯、对仪表盘下层加装消音垫, 对吸收发动机高速转动时产生的高频噪声有明显效果。此外, 在车内乘员厢中央底盘以及行李箱地盘上粘贴阻尼材料和吸声垫以及防潮吸声毯, 能够很好抑制板件振动以及由此产生的噪声和轮胎路面噪声、排气噪声等, 大大降低车内乘员的不舒适感, 提高汽车NVH性能。

### 2.3 主动控制

随着微电子学的发展, 主动控制降噪得到广泛应用。噪声主动控制是近20年来发展起来的一种全新的噪声控制方法。与传统降噪措施相比, 其突出优势在于低频噪声控制效果好。此外, 它还具有对原系统的附加质量小和占用空间小等特点。

主动噪声控制通常是利用声波干涉的原理进行以声消声的控制。当两个声波在叠加点处振动的方向一致, 频率相同及相位差恒定时, 它们会发生干涉现象, 引起声波能量在空间的重新分配, 此时利用人为的声源(次级声源), 使其产生的声场与原噪声源(初级声源)产生的声场发生相干性叠加, 产生

“静区”, 从而达到降低噪声的目的。

目前主动汽车噪声的主动控制还未大规模商品化, 其控制方法主要有两种: 自适应主动降噪控制系统以及反振动主动降噪系统, 前者利用传感器拾取噪声并转变为电信号后, 送入自适应信号处理部分, 采用快速横向滤波算法, 利用其自适应干扰抵消功能主动降噪; 后者利用稀土巨磁致伸缩(REGMS)材料制成的制动器对发动机进行反振动作用, 从而消除发动机产生的噪声。利用REGMS材料制成的位移制动器有以下优点: 位移大、制动力大、响应速度快、可靠性高、频带宽、电源简单。其弹性模量随磁场变化而变化, 便于调控。在20Hz~1000Hz频率下工作, 频率特性好, 满足车内噪声频率范围要求, 降噪效果显著。若利用逆磁致伸缩效应, 可将REGMS晶体兼做驱动元件和传感器。当使用可编程控制系统时可降低振动36dB。

## 3 我国现行噪声试验标准与欧美日等国家噪声法规的比较

由于车辆在加速时能体现出常用工况下的车辆最大噪声, 特别在市区环境下行驶的最大噪声, 因此大部分工业国家都会对汽车加速噪声进行考核<sup>[3]</sup>, 并作为主要指标。目前, 匀速行驶车外噪声试验由于实验方法与交通噪声的实际状态对应差<sup>[4]</sup>, 且相较于加速噪声, 其结果的再现性也较差, 所以现在已经很少进行匀速噪声测量了<sup>[5]</sup>。并且, 目前我国颁布实施的测试方法也只有车辆行驶工况中的加速噪声的部分。

### 3.1 加速车外噪声

由于我国在规定车外噪声限制时所基于的试验方法是ECE R51(1997)《关于在噪声方面(至少有4个车轮)型式认证的统一规定》, 表1为我国与ECE R51车外加速噪声限值的对比。

从表1可以看出, 我国M1类车辆噪声最接近发达国家的水平, 但仍有近10年的差距。M2和N1类虽然限值与国外20世纪90年代相同, 但在噪声测试中发现处在限值边缘的车型不在少数, 甚至有些车型不合格。而其他类别的车辆仅为发达国家20世纪80年代末水平。虽然汽车分类发生了变化, 测量方法也有变化, 若用现在的限值与原国标(GB

1495-79) 相比存在一定的问题,但是从总体趋势上来讲,轿车下降了8dB,客车减小了3-6dB,货车减小了5-8dB,降噪成效十分显著。

### 3.2 车内噪声测量

车内噪声是影响乘员舒适性、听觉损害程度、语言清晰度以及对车外各种音响讯号识别能力的重要因素。目前我国仅制定了匀速行驶车内噪声试验方法,而ISO及欧美日等国除制定了匀速行驶车内噪声试验方法以外,还制定了车辆加速行驶和车辆静止状态下发动机怠速工况和加速工况对车内各个区域位置影响的测量方法。

### 3.3 车辆定置状态噪声测量

欧美日行驶试验中都规定车辆必须做定置状态噪声测量,我国曾参照ISO 5130:1982,制订了GB/T14365-1993《机动车辆定置噪声测量方法》和GB16170-1996《汽车定置噪声限值》,但一直未正式执行。车辆定置噪声测量主要是针对排气噪声和发动机噪声的测量。实际在加速行驶噪声测量中常常会发现安装有排气管的一侧噪声值比另一侧大1~2dB(A),这说明在汽车综合噪声中排气噪声所占比重较大。车辆定置状态噪声测量对测量场地要求较低,测试方便、时间短,便于汽车制造厂对行驶噪声的检测和车辆管理部门随时随地对在用车噪声进行检测、监督和控制;同时便于维修调试人员对发动机和消声设备的损坏和失效做出判断,可使车辆保持在较好的技术状态,减少对车辆的损坏和对环境的污染。

表1 加速车外噪声限值对比

Tab.1 Comparison between accelerating noise limits outside

序号	法规系列号	GB1495-2002 (用于 2005-01-01以后生产的汽车)	ECE Reg. No.51/01*	ECE Reg. No.51/02**
	汽车分类	限值 dB(A)		
1	M1 (S≤9)	74	77	74
2	M2 (S>9, GVM≤3.5t) 或N1 (GVM≤3.5t) 中 ① GVM≤2t	76	78	76
	M2 (S>9, GVM≤3.5t) 或N1 (GVM≤3.5t) 中 ② 2t<GVM≤3.5t	77	79	77

序号	法规系列号	GB1495-2002 (用于 2005-01-01以后生产的汽车)	ECE Reg. No.51/01*	ECE Reg. No.51/02**
3	M2 (S>9, 3.5t<GVM≤5t) 或M3 (S>9, GVM>5t) 中 ① P<150KW	80	80	78
	M2 (S>9, 3.5t<GVM≤5t) 或M3 (S>9, GVM>5t) 中 ② P≥150KW	83	83	80
4	N2 (3.5t<GVM≤12t) 或 N3 (GVM>12t) 中 ① P<75KW	81	81	77
	N2 (3.5t<GVM≤12t) 或 N3 (GVM>12t) 中 ② 75KW≤P<150KW	83	83	78
	N2 (3.5t<GVM≤12t) 或 N3 (GVM>12t) 中 ③ P≥150KW	84	84	80

注: \*于1988-10-01后开始实施的法规《关于噪声方面汽车(至少有4个车轮)型式认证的统一规定》;

\*\*于1995-10-01后开始实施的法规《关于噪声方面汽车(至少有4个车轮)型式认证的统一规定》修订版。

### 3.4 其它有关标准

#### 3.4.1 轮胎噪声

目前国外倾向于对车速较高的汽车按照高速公路限定的最高车速进行以评价轮胎噪声为目的的高速行驶噪声试验,国际标准化组织正在开展此项研究工作。目前此项工作在国内的开展并不普及。

#### 3.4.2 发动机噪声

发动机噪声目前是整车噪声的主要因素。在欧盟、日本和美国等汽车生产的发达国家,他们基本每隔6年就修订相关的法规和标准,大幅度降低噪声限值,从而大大推进了噪声控制技术的发展。而在我国,1986年制定了内燃机噪声限值标准,1993年对此标准做了修改。但是相对于欧美日等国,我国总体上进展不大。由于发动机噪声在整车中产生的影响,应当把汽车整体噪声控制重点放在发动机降噪上<sup>[6]</sup>。

## 4 结束语

从上世纪70年代以来, 噪声控制工程已经从传统的隔声法、吸声法和消声法, 转向对汽车声源的识别和控制技术的研究上来。这不仅从根本上为控制汽车整车噪声指出了方向, 而且使汽车的性能, 节能减排等各方面都得到了提高。随着国家法规的不断推出和力度的加大, 国内汽车制造商及发动机主要生产商在从声源入手治理噪声这方面取得了很大的成绩, 但是, 目前还存在缺乏理论指导, 在实际过程中依赖经验的问题; 此外, 某些降噪措施会影响到汽车的动力性, 经济性和安全性, 比如在某些车辆上只存在一些简单的包裹和遮挡。因此, 个人建议可以从以下三方面采取措施来控制汽车整车噪声:

(1) 制定严格的车辆噪声试验标准与限值。目前, 许多发达国家均采用立法手段来致力于道路交通噪声污染的治理, 制定严格的车辆噪声试验标准与限值则是其中最好的根本措施。对于目前我国的汽车噪声试验来说, 制定和修改汽车试验标准同国际接轨非常重要, 既能促进我国汽车制造工业的进步, 也便于借鉴先进国家的治理成果。

(2) 试验项目种类应更加全面。随着汽车技术的发展, 使得车辆的动力性能和行驶速度提高。与此同时, 汽车的排气噪声和轮胎噪声也已成为不可忽视的主要噪声源之一。目前我国包括试验方法和行业标准在内, 还没有一个统一的标准, 这不利于我国控制汽车噪声的发展需要。

(3) 提高大中型汽车的噪声限值。经过近几十年的发展特别是通过合资和直接引进国外的成熟产品, 我国的轿车和轻型汽车的整车噪声水平已接近欧美发达国家水平, 但是, 我国的大中型汽车特别是后置发动机客车的噪声水平与国外还有很大差距, 考虑到这种类型的车辆在我国占有相当比例, 应该大力提升目标限值, 使我国车辆噪声控制水平能尽快赶上国外发达国家水平。

降低汽车噪声, 是提高未来汽车科技性的一个重要课题。其不仅能够帮助汽车生产厂商提高汽车NVH性能, 而且能提高环境保护水平。目前汽车噪

声的治理应走全方位综合治理之路。首先, 需要政府完善噪声法规, 为治理汽车噪声提供强有力的法律保证和持久的推动力; 其次, 科技是治理汽车噪声的根本途径, 各汽车厂商应遵循国家标准, 利用一切科技手段, 积极开发消声新技术, 不断促进汽车的低噪声化。

## 参考文献 (References)

- [1] 周涌麟. 汽车噪声原理、检测与控制[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1992.  
ZHOU Yonglin. *Principle of Automobile Noisedetection & Controlling*[M]. Beijing: China Environmental Science Press, 1992.(in Chinese)
- [2] 柳作民. 汽车整车试验方法大全[S]. 中国汽车技术研究中心, 1993.  
LIU Zuomin. *Methods of automobile test*[S]. Chinese Automotive Technology & Research Centre, 1993. (in Chinese)
- [3] 国家汽车质量监督检验测试中心编译. 国外汽车法规选辑[M]. 长春: 吉林科学技术出版社, 1991.  
China Automobile Quality Supervision, Inspection and Test Center. *Collection of Foreign Automobile Regulations*[M]. Changchun: Jilin Science & Technology Press, 1991. (in Chinese)
- [4] 杨晓芳. 汽车发动机噪声的来源及其控制[J]. 广西轻工业, 2010.  
YANG Xiaofang. Automobile engine noise source and its control[J]. *Guangxi Journal of Light Industry*. 2010.10 (in Chinese)
- [5] 尚晔平, 朱威. 浅议车辆噪声与控制[J]. 黑龙江交通科技, 2010.  
SHANG Yeping, ZHU Wei. Automobile noise and controlling[J]. *Heilongjiang Communications Science and Technology*, 2010. (in Chinese)
- [6] 杨安杰. 汽车噪声标准与测试探讨[J]. 噪声与振动控制, 2010.  
YANG Anjie. Automobile noise criteria and test[J]. *Noise and Vibration Control*. 2010. (in Chinese)

## Control of automobile noise and automobile test regulations

YUAN Jixuan, ZHOU Shiqiong, TANG Jun

(School of Traffic & Environment, Shenzhen Institute of Information Technology,  
Shenzhen 518172, P. R. China)

**Abstract:** As one of the pollution sources, noise control is the key controlling point in environmental protection. So does the automobile noise and it is widely studied. The influence factors of automobile noise were introduced, each main noise source and three control methods were analyzed. Then the distance between China and some developed countries was compared. Last of all, suggestions were given.

**Keywords:** NVH; automobile noise; control technique; test method; regulation

【责任编辑：杨立衡】