

文章编号:1006-1355(2009)05-0144-04

声屏障声学性能检测与结果分析

马爱英, 郭怀勇

(中国铁道科学研究院 节能环保劳卫研究所, 北京 100081)

摘 要: 简单介绍了声屏障的主要声学评价指标及它们之间的关系, 对声屏障声学性能的检测提出了一些经验性总结, 对检测结果进行了简单分析, 为铁路声屏障的研制提供参考。

关键词: 声学; 声屏障; 计权隔声量; 降噪系数; 检测

中图分类号: TU112.2 **文献标识码:** A

Testing of Acoustic Properties of Sound Barriers and Data Analysis

MA Ai-ying, GUO Huai-yong

(Energy Saving & Environmental Protection & Occupational Safety and Health Research Institute,
China's Academy of Railway Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: The main parameters for acoustics evaluating of sound barriers and their relations are briefly introduced in this paper. The methods for testing of acoustic properties of sound barriers are summarized. The data of testing is analyzed. It provides a reference for research and development of railway sound barriers.

Key words: acoustics; sound barriers; weighted sound isolation; noise reduction coefficient; testing

随着我国大规模的铁路提速改造工程的实施, 以及大力发展高速客运专线, 铁路列车的运行噪声给沿线的居住环境带来较大影响, 其噪声污染的治理逐渐成为人们关注的热点。

在国外, 在改善声环境方面, 除建设低噪声路面、降低车辆噪声外, 各国均把建造声屏障作为较合理、经济有效的方法。一些经济发达国家自 20 世纪 60 年代起开始进行声屏障技术的研究并着手修建声屏障。到 70 年代和 80 年代, 这些国家已在声屏障设计、施工等方面形成了一套完整的理论和成功的经验, 如美国在 1976 年就编写出版了《公路声屏障手册》。目前在发达国家, 无论是公路还是铁路沿线, 形式各异、样式独特的声屏障随处可见。

我国在控制交通噪声中采用声屏障则起步较晚。我国第一条铁路声屏障于 1991 年建于济南市北环第二线路上, 为直立反射式, 单侧设置, 材料为

钢筋混凝土预制板。1994 年, 在我国第一条准高速铁路——广深线准高速铁路的石龙特大桥上修建了一座折角吸声式声屏障。在铁路噪声声级会超过环境指标下, 迫切需要采用声屏障。

1 声屏障的主要声学评价指标

计权隔声量 R_w 和降噪系数 NRC 是作为声学材料重要的两个声学性能评价参量。

1.1 降噪系数 NRC

声屏障材料的吸声性能采用 100—5 000 Hz 的 1/3 倍频带吸声系数来评价, 以 250, 500, 1000, 2 000 四个频率的吸声系数平均值即降噪系数 NRC 作为材料吸声性能单一评价指标。其检测标准为 GB/T 20247 - 2006《声学 混响室吸声测量》。按 TB/T 3122 - 2005《铁路声屏障声学构件技术要求和测试方法》, 我国铁路声屏障要求降噪系数 NRC 不小于 0.60^[1]。

1.2 计权隔声量 R_w

声屏障材料的隔声性能采用 100 - 3 150 Hz 的 1/3 倍频带隔声量来评价, 单一评价数采用计权隔

收稿日期: 2008 - 12 - 17; 修改日期: 2009 - 02 - 03

作者简介: 马爱英(1967 -)女, 湖北大冶人, 硕士, 副研究员, 研究方向: 声学检测。

E-mail: maaiyingwh@sohu.com

声量 R_w 。其检测标准为 GB/T 19889《声学 建筑和建筑构件隔声测量 第3部分:建筑构件空气声隔声的实验室测量》;按 TB/T 3122-2005《铁路声屏障声学构件技术要求和测试方法》,我国铁路声屏障要求 R_w 不小于 25 dB^[1]。

吸声与隔声是完全不同的两个声学概念,吸声材料要将声音能量吸收,因此一般为轻质、具有开口的多孔性材料;隔声材料要将声音能量反射,多为坚硬、密实的重质材料,如钢板、混凝土等,对于单一材料(不是专门设计的复合材料)来说,吸声能力与隔声效果往往是不能兼顾的。良好的声屏障则要求找到两者最优化的结合点,达到吸声性能和隔声性能都比较高的目的。一些发达国家和地区对吸声材料和隔声屏障的应用技术已经比较成熟,对隔声屏障所采用吸声材料的吸声系数要求越来越高,充分利用各种吸声结构设计出吸声性能很高的隔声屏障。例如,芬兰 PcEEngneeringLtd2000 年最新的产品在 125、250、500、1 000、2 000 和 4 000 Hz 六个频率下的吸声系数分别达到 0.44、0.78、0.84、0.97、0.88 和 0.91,平均达到 0.8^[2]。在香港东部铁路工程的规划设计中,业主对铁路沿线两侧隔声屏所用吸声材料的技术指标提出了如表的要求:平均吸声系数达 0.7^[3]。

表 1 混响室法测定的吸声系数标准
(按 ASTM C423-84 测定)

Table 1 (Sound absorption coefficient of test by reverberation room method)						
频率 f /Hz	125	250	500	1 000	2 000	4 000
吸声系数 α	0.20	0.60	0.75	0.85	0.90	0.90

2 声屏障声学性能的检测

2.1 混响时间的测量与降噪系数的计算

混响室按 GB/T 20247-2006 的要求特制,容积 213 m³,形状不规则,一边墙为波浪形,悬挂 4 个 5 m²左右 U 型扩散体;试件按附录 B 中 A 类安装方式安装(见图 1),吸声面朝上,放成矩形,面积约 10—12 m²。按标准的要求严格规范操作测量空场和有试件时混响时间,再通过计算得到吸声系数和降噪系数,测量时注意几点:

- (1) 空场测量,每次要先对空场进行混响时间、温湿度的测量,提高准确度;
- (2) 边界处理,由于实际应用中声屏障边界通常为暴露状态,所以本批测试构件边界均未密封或覆盖;

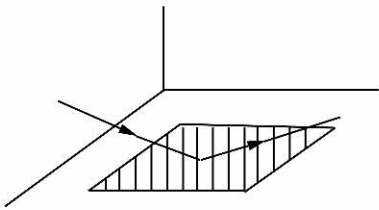


图 1 测混响时间时声屏障构件的安装方式
Fig 1 Chart of sound barrier installation when measuring the reverberation time

(3) 面积测量,面积对吸声系数的计算影响较大,所以每次也要做较精密的测量;

(4) 温湿度测量,测量过程中温度和相对湿度的变化对测得的混响时间有很大影响,特别是在高频段和相对湿度较小时,所以温湿度的测量一定要准确,要用精度较高的温湿度计进行测量,测试进行之前,要让试件在混响室内达到温度和相当湿度条件的平衡,即温度和相当湿度都相对不变后才开始测量。

2.2 隔声量的测量

隔声室是按国家标准 GB/T 19889.3-2005 的要求特制,使用两间紧邻的混响室,一间作声源室,另一间作接收室,都为矩形,大小不一,未装扩散体,两间之间有一个公共墙面,墙面上有一个安装洞口,洞口面积约 10 m²用于安装测量材料,洞口边缘用的是钢铁制工装,安装时试件均置于洞口中间部分,即两边洞口深度基本相同。注意点:

- (1) 校准传声器,测试前用双通道校准传声器
- (2) 抑制侧向传声。

两个混响室之间的传声途径由两部分组成。一部分是直接透过构件部分,如图 2 中的 C,也就是希望用以表征构件隔声性能者;另一部分有许多旁路,如图中的 A、B、D,它们都有构件四周的墙壁参与,统称为侧向传声。后者在实验室测试过程中必须努力排除,或者把它们抑制到无足轻重的地步^[4],这一点至关重要,否则误差会较大(>5 dB)。试件与工装连接处、试件与洞口之间空白处用可塑性隔声材料进行封堵,试件之间用弹性橡胶条封严。

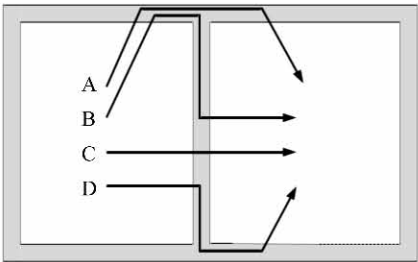


图 2 传声途径图

Fig2. Chart of ways of sound transmission

(3) 保证测试时周边环境的相对安静,特别避免高频率噪声,保证声音透过试件后传入接收室内任一频带的声压级应比环境噪声级至少高出 10dB,以免直接影响到试件隔声量的可测范围,因此,接收室内环境噪声应足够低,扬声器箱的位置,应合理布置,并与试件有一定距离;通常应放在试件对面的墙角上,并且不应指向试件。

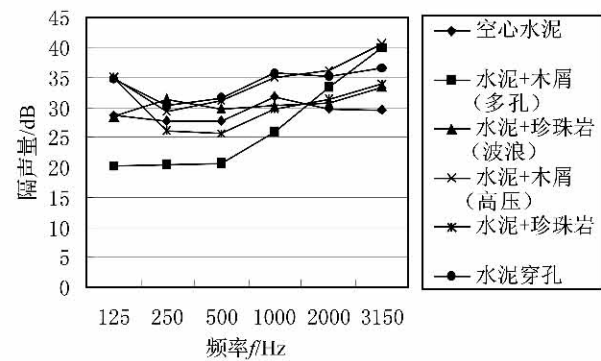


图 3 水泥基质声屏障隔声量与频率的关系
Fig3. The relationship between sound reduction index and frequency of cement base material sound barriers

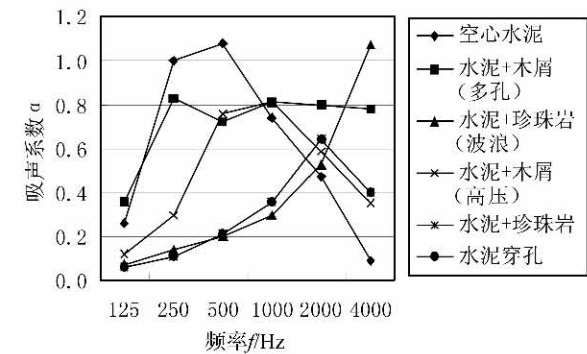


图 4 水泥基质声屏障吸声系数与频率的关系
Fig4. The relationship between sound absorption coefficient and frequency of cement base material sound barriers

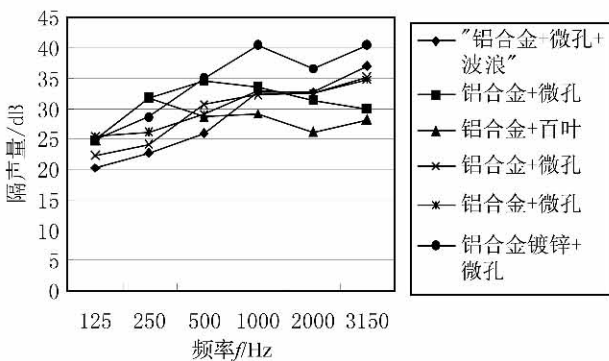


图 5 铝合金声屏障隔声量与频率的关系
Fig5 The relationship between sound reduction index and frequency of aluminum alloy material sound barriers

3 检测结果与分析

本次实验测试样品 22 个,材质较多样,有水泥基质类、铝合金类、亚克力板、PVC 复合板、玻璃钢等,形状也较有代表性:实心板、微孔状、中空板、半尖劈状、百叶型、波浪型等。具体测试结果见图 3—图 8。

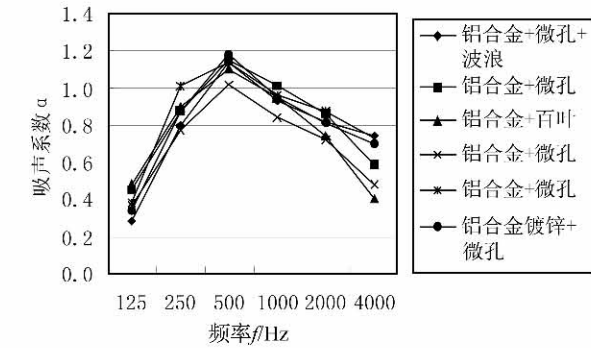


图 6 铝合金声屏障吸声系数与频率的关系
Fig6 The relationship between sound absorption coefficient and frequency of aluminum alloy material sound barriers

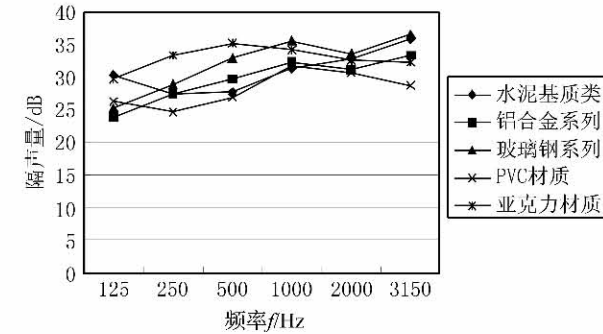


图 7 各种材料声屏障隔声量与频率的关系
Fig7 The relationship between sound reduction index and frequency of various material sound barriers

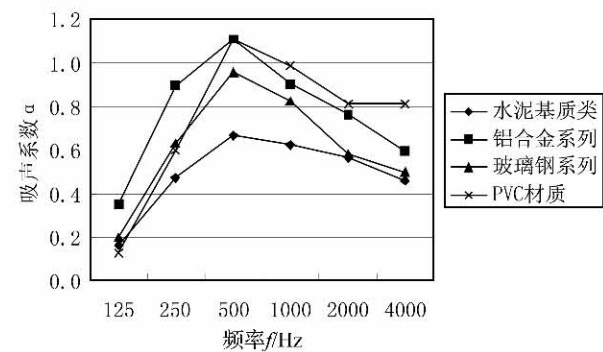


图 8 各种材料声屏障吸声系数与频率的关系
Fig8 The relationship between sound absorption coefficient and frequency of various material sound barriers

从以上图可以看出:
(1) 水泥基质声屏障,吸声系数、隔声量与频率的关系见图 3 和图 4,由于其密实、沉重,材料单

位面积的质量很大,故其隔声效果都较好(R_w 为26—35 dB,平均值31 dB),变化曲线较接近;但降噪系数则有较大的差异性,有的吸收峰在中低频,且峰值较大,如空心水泥型(内填玻璃棉等吸声材料)、水泥穿孔型,而掺入木屑后,吸收峰向中频转移,但峰值变小,甚至基本没有吸收峰;有的吸收峰在中频,但峰值明显变小,如水泥+珍珠岩型;还有的随频率增大,吸声系数线性增大,如半尖劈型……,总的来说,降噪系数都一般,0.30—0.80,平均值0.60,较小;而如果掺入珍珠岩,降噪系数则更小(0.3左右),不合格。优点是造价较低廉,耐久性也较好。

(2) 铝合金类声屏障(内填玻璃棉等吸声材料),吸声系数、隔声量与频率的关系见图5和图6,总体规律相近,在中低频有较大吸收峰;降噪系数范围在0.80—1.00,平均值0.90,吸声效果优秀;隔声量范围28—38 dB,平均值31 dB,效果较好。

(3) 复合类材料(内填玻璃棉等吸声材料):PVC复合材料声屏障:降噪系数0.90,吸声效果好;计权隔声量30 dB,效果相对较弱。而玻璃钢则相反,隔声性能更胜一筹(计权隔声量范围33—37 dB,平均值35 dB),效果更好,降噪性能一般(范围在0.70—0.80,平均值0.75)。

(4) 各种材料声屏障隔声量、吸声系数与频率的关系对比见图7~图8。可以看出,PVC复合材料、铝合金材料吸声性能明显好于玻璃钢类,更好于水泥基质类;隔声性能则是玻璃钢最优,PVC相对较差,其它都相差不大。

(5) 亚克力材料,密实度高,透明,所以亚克力板具有较好的隔声性能和外观,但其降噪系数几乎为0(0.03左右),不能单独做声屏障使用。

4 建议

(1) 声屏障要注意材料的环保性能,避免在防治噪声污染的同时又产生了空气环境污染的隐患。香港对铁路沿线两侧隔声屏所用吸声材料就要求:材料中绝对不含矿物纤维、石棉、聚苯乙烯、纤维素,因为这些材料含有对人体有害的物质,在野外长期干、湿、冷、热及风吹日晒的老化作用下会加快释放有害气体。并且容易因吸湿等原因向下沉降,隔声墙上部因失去与矿棉的复合吸声作用而严重降低吸声效果。检测的这批声屏障吸声材料大多采用的是玻璃棉,存在不足。

(2) 声屏障要注意铁路交通噪声的声源特性,优化设计。铁路交通噪声主要产生于轮轨系统和

动力系统,有轮轨噪声、列车车辆设备产生的噪声、活塞风引起的噪声和桥梁结构振动辐射出的噪声等几种。主要噪声源随车速的变化而变化,因此,为提高效果,声屏障隔声材料和吸声结构有关参数应根据列车行驶条件的不同、噪声频谱的不同选择确定,分段优化设计。如:在无缝轨道上运行列车轮轨噪声是主要噪声,铁路的轮轨噪声有2个主要的频谱区域,低频区以钢轨辐射噪声占主导地位,频率范围为250—1 500 Hz,高频区以车轮辐射噪声占主导地位,频率范围为2 000—4 000 Hz。根据轮轨噪声的这一特性,要求研制的声屏障在上述2个频谱区域应具有较好的吸声系数,在这俩区域有较大吸收峰。

(3) 吸声材料主要不是靠开口面积大来吸声,而要靠材料本身的声学特性来吸收声波,设计者应利用不同的共振吸声机理,设计各种类型的共振吸声结构,使吸收峰值选择在所需频率位置,满足不同频率吸声量的要求。检测的这批声屏障中,有的中空型声屏障吸声材料都裸露在外,时间一长,降噪效果会大大降低;且由于声音的绕射特性,设置声屏障后,噪声主要通过声屏障顶端绕射方式到达保护区,因此,建议吸声材料主要应用于声屏障的上部且固定好,以提高效果^[5]。

(4) 由于声音的干涉特性,声屏障的几何构型对声屏障的效果有一定的影响。W. Shao 经过研究发现:不规则边缘屏障效果明显要高于直边屏障,特别是高频段的噪声,且不规则程度越高,在高频段有越多的降噪效果;P. Jean. 研究发现弹性结构对于低频声的振动可以减少几个分贝^[6]。建议设计、制造声屏障者加以考虑。

参考文献:

- [1] TB/T 3122-2005. 铁路声屏障声学构件技术要求和测试方法[S]. 2.
- [2] DERA. Anechoic EMC Test Chamber[J]. **NOISE & VIBRATION WORLD WIDE MARCH**, 2001, 32(2):7.
- [3] 朱洪波. 高效高耐久性材料的研究[D]. 2003.
- [4] 王季卿. 建筑构件空气声隔声测量新标准[J]. **噪声与振动控制**, 2007, (2):97-99.
- [5] P. Jean. The Effect of Structural Elasticity on the Efficiency of Noise Barriers[J]. **Journal of Sound and Vibration**, 2000, 231(3):681-668.
- [6] W. Shao, H. P. Lee, S. P. Lim. Performance of Noise Barriers with Random Edge Profiles Applied Acoustics [C]. 2001, 62: 1157-1170.