

文章编号:1005-0523(2017)03-0001-06

高速铁路吸声声屏障插入损失影响因素的分析

罗文俊,徐海飞

(华东交通大学铁路环境振动与噪声教育部工程研究中心,江西 南昌 330013)

摘要:在半消声室中建立直立型吸声声屏障缩尺模型,针对不同吸声材料厚度、密度及不同声屏障面板开孔率。基于德国 Head 公司 DATaRec4 DIC24 数据采集仪和 ArtemiS 数据分析软件来测试声屏障的降噪效果。分别对 25%,35%,45%面板开孔率和 60,80,100 mm 厚度及 24,32,48 kg/m³ 密度吸音板工况下的吸声声屏障的降噪效果进行测试和分析,从而探究高速铁路吸声声屏障各参数对插入损失的影响规律。研究结果表明:在声屏障一定高度的情况下,随着声屏障面板开孔率的增加,声屏障的降噪效果越来越显著,以此佐证增加声屏障面板开孔率有利于提高声屏障的降噪效果;同时随着芯材厚度的增加以及芯材密度的减小,声屏障的的降噪效果也越显著,以此说明提高芯材厚度以及降低芯材密度也有利于提高声屏障的降噪效果。

关键词:高速铁路;吸声声屏障;插入损失;影响因素

中图分类号:TU112.59+4 **文献标志码:**A

DOI:10.16749/j.cnki.jecjtu.2017.03.001

随着我国高速铁路的快速发展的同时,给沿线居民的噪声污染也日趋严重,高速铁路的噪声污染已经成为一个亟需解决的难题。吸声声屏障作为我国当前高速铁路最主要的噪声防治措施之一,其在高速铁路降噪方面具有重要的意义。但是,目前我国吸声声屏障在实际运用的降噪效果往往达不到预期的效果,而声屏障的降噪效果通常由插入损失来衡量,因此有必要对高速铁路吸声声屏障插入损失的影响因素进行分析。

虽然国内外对高速铁路声屏障降噪效果的研究很多^[1-3],但由于声屏障降噪是一个非常复杂的声学问题,其受到众多因素的影响^[4-6]。其一,不同类型声源以及不同高度声源对声屏障的降噪效果是不一样的;其二,声屏障的结构和构造也影响着声屏障的降噪效果;其三,目前国内外对高速铁路吸声声屏障插入损失影响因素的研究还是不多。因此,为了满足高速铁路吸声声屏障以后应用的高标准以及人民对未来生活水平的高要求,笔者探究高速铁路吸声声屏障插入损失影响因素的研究,对未来高速铁路声屏障降噪具有一定的参考意义。

1 声屏障插入损失影响因素试验的理论依据

声波穿过声屏障时,沿反射、透射和绕射路径的声能分配对声屏障的插入损失具有重要的影响,如图 1(a)所示。绕射声衰减是指直达声与绕射声的声级之差,如图 1(b)所示。声屏障插入损失 IL 的理论计算是根据《声屏障声学设计和测量规范》^[7]来确定的。

一般我们假设声屏障能够完全阻挡直达声,并认为绕射声有足够的衰减,并且透射声的影响很小可以忽略。要是声屏障安装前后的 A 声级能直接测量,那么就可根据下式计算声屏障的插入损失:

收稿日期:2016-12-03

基金项目:国家自然科学基金项目(51468021);江西省远航工程项目(S2014-65);江西省自然科学基金(20161BAB206160)

作者简介:罗文俊(1979—),女,副教授,博士,研究方向为铁路环境振动、噪声分析及控制。

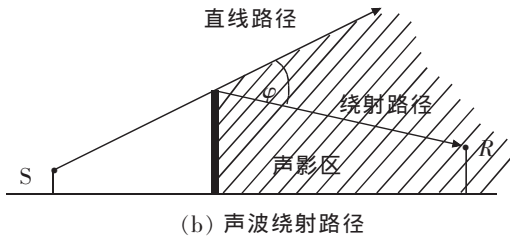
$$IL=(L_{\text{ref},a}-L_{\text{ref},b})-(L_{r,a}-L_{r,b}) \quad (1)$$

式中:

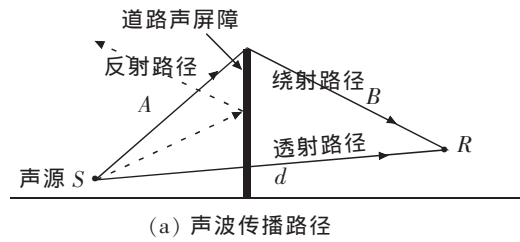
$L_{\text{ref},a}$ 为安装声屏障后参考点处的声级, dB(A);

$L_{\text{ref},b}$ 为安装声屏障前参考点处的声级, dB(A); $L_{r,a}$

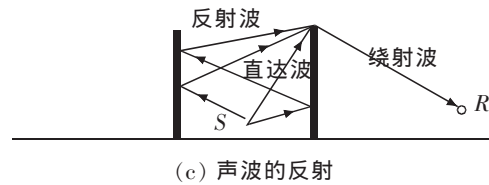
为安装声屏障后受声点处的声级, dB(A); $L_{r,b}$ 为安装声屏障前受声点处的声级, dB(A)。



(b) 声波绕射路径



(a) 声波传播路径



(c) 声波的反射

图1 声波在声屏障传播的路径图

Fig.1 Path of sound wave propagation in acoustic barrier

2 声屏障插入损失影响因素分析试验

为了保证试验测试的准确性,该试验选择在半消声室中进行,通过在半消声室中建立直立吸声型声屏障模型,然后进行声屏障插入损失的降噪分析试验。选择德国 Head 公司 DATaRec4 DIC24 数据采集仪作为本试验的数据采集处理软件。

2.1 吸声声屏障插入损失影响因素工况的选择

吸声声屏障插入损失影响因素试验工况的选择需要考虑试验测量的难易程度,吸声材料的吸声系数梯度以及面板开孔率梯度必须合理考虑,这样试验测试的结果才具有可分析性。直立吸声型声屏障模型内置吸声材料采用超细玻璃棉板,金属面板采用镀锌钢板,声屏障模型具体工况如表1所示。试验工况的安排采用控制变量法,工况一、二、三主要分析面板开孔率对吸声声屏障插入损失的影响,工况二、四、五主要分析吸音板厚度对吸声声屏障插入损失的影响,工况二、四、五主要分析吸音板密度对吸声声屏障插入损失的影响。

试验测点的布设参考《声屏障声学设计和测量规范》在声屏障后面距声屏障模型 1.67 m 和 3.3 m 处共选定 6 个点,高度分别为 0.67, 1.13 m 和 1.67 m。各测点的分布如表2所示。声源采用球形声源,其距离声屏障前侧 2.5 m,高度为 0.7 m。声屏障模型安装及测点布置如图2(a)和(b)所示。

表1 声屏障模型工况表

Tab.1 Working conditions of sound barrier model

工况项目	面板开孔率/%	吸音板厚度/mm	吸音板密度/(kg/m ³)
工况一	25	80	32
工况二	35	80	32
工况三	45	80	32
工况四	35	60	32
工况五	35	100	32
工况六	35	80	24
工况七	35	80	48

表2 声屏障模型试验测点布置表

Tab.2 Layout of measuring points for sound barrier model test

测试点	测试位置
1#	受声点一侧距声源 1.67 m, 高度 0.67 m
2#	受声点一侧距声源 1.67 m, 高度 1.13 m
3#	受声点一侧距声源 1.67 m, 高度 1.67 m
4#	受声点一侧距声源 3.3 m, 高度 0.67 m
5#	受声点一侧距声源 3.3 m, 高度 1.13 m
6#	受声点一侧距声源 3.3 m, 高度 1.67 m

2.2 面板开孔率对吸声声屏障插入损失影响的分析

面板作为直立型吸声声屏障重要的组成部分,同时也是声屏障接触到噪声最早的部分,并且声屏障面板开孔率的大小直接影响到声屏障内置吸音面板与噪声的接触面积,所以吸声声屏障面板开孔率的大小对吸声声屏障的吸隔声效果具有较大的影响。为了使试验结果更具分析性,本试验声屏障面板开孔率梯度尽可能大地选择,初步选择了3种开孔率,分别为25%,35%,45%。通过采用Header软件进行数据采集,噪声采集的频率范围为63~10 000 Hz,从而得到在这3种面板开孔率下各个测点的时间-幅值图及频谱图。

通过对测得的噪声时间-幅值图的数据处理及计算,分别得出声屏障各个测点在面板开孔率25%,35%,45%下吸声声屏障各个测点1/3倍频程的插入损失图,如图3所示。由于1~6号测点测得的结果大致相同,这里只给出了1,3,5号测点的插入损失影响图。

从图3可以看出,随着噪声频率的增加,吸声型声屏障的降噪效果越明显,并且在630~10 000 Hz频率范围中,吸声声屏障降噪效果尤为显著,降噪值大约在10~22 dB(A)。同时在100~10 000 Hz频率范围中,随着声屏障面板开孔率的增加,声屏障的插入损失依次明显提高。在1 000~10 000 Hz频率区域的插入损失梯度大于100~500 Hz频率区域的插入损失梯度。因此,在声屏障高度一定的情况下,随着声屏障面板开孔率的增加,声屏障的降噪效果越好,并且高频的降噪效果好于低频的降噪效果,说明增加声屏障面板开孔率有利于提高吸声声屏障对噪声特别是高频区域噪声的降噪效果。声型声屏障插入损失在500~1 000 Hz频率范围中,出现了空室“探底”的现象^[8],本文在分析声型声屏障插入损失影响因素未考虑空室“探底”对该频率范围的影响。

2.3 吸音板厚度对吸声声屏障插入损失影响的分析

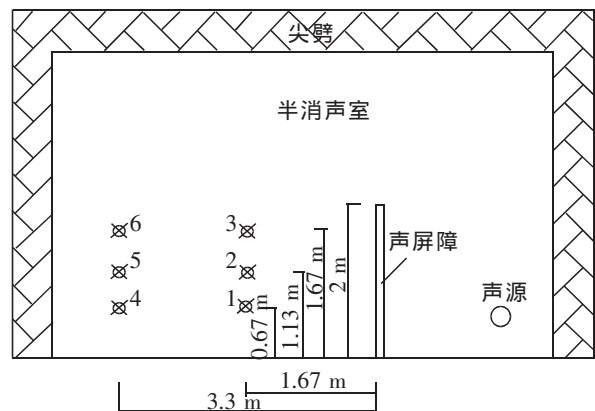
吸音板作为吸声声屏障最为核心的组成部分,其不仅要具有较好的吸音作用,同样要具有合适的厚度。吸音板厚度越大意味着噪声穿过吸声声屏障时经过吸音板的路径越长,吸音板的吸音时间也越长,所以吸



(a) 吸声声屏障模型



(b) 试验测点布置

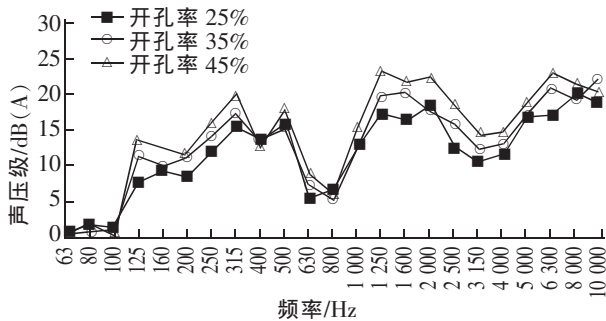


(c) 试验测点布置详图

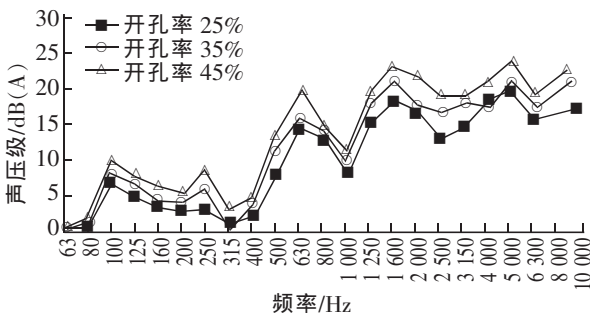
图2 吸声声屏障模型及测点布置

Fig.2 Model of sound absorption barrier and layout of measuring points

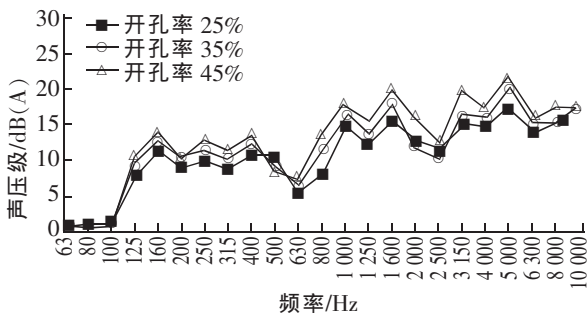
音板厚度对吸声声屏障插入损失的影响也不容小觑。试验根据实际工程所采用的吸音板厚度使用的经验,初步选择了60,80,100 mm这3种吸音板厚度,然后进行试验,从而得到在这3种吸音板厚度下各个测点的时间-幅值图及频谱图,并经过计算和处理得到各个测点1/3倍频程的插入损失图,如图4所示。



(a) 1# 测点面板开孔率对声屏障插入损失影响



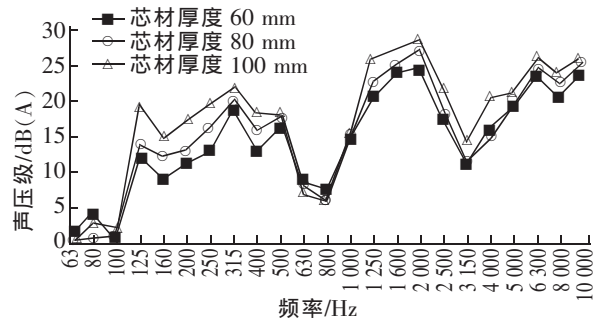
(b) 3# 测点面板开孔率对声屏障插入损失影响



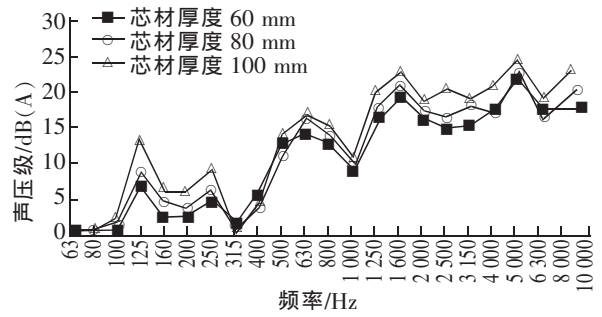
(c) 5# 测点面板开孔率对声屏障插入损失影响

图3 面板开孔率在各个测点1/3倍频程插入损失

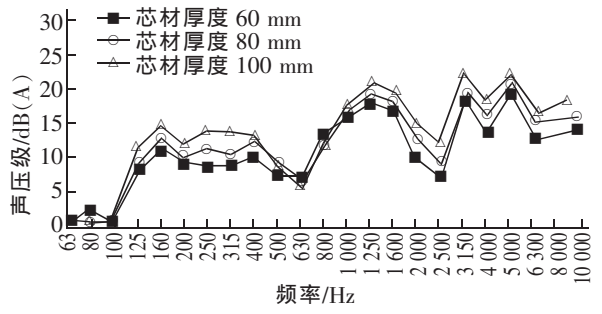
Fig.3 The insertion loss figure of panel aperture rate at each measuring point 1/3 octave



(a) 1# 测点吸音板厚度对声屏障插入损失影响



(b) 3# 测点吸音板厚度对声屏障插入损失影响



(c) 5# 测点吸音板厚度对声屏障插入损失影响

图4 吸音板厚度在各个测点1/3倍频程插入损失图

Fig.4 The insertion loss figure of sound-absorbing plate thickness at each measuring point 1/3 octave

从图4可以看出:随着噪声频率的增加,吸声型声屏障的降噪效果也越明显,并且随着芯材厚度的增加,声屏障的的降噪效果越显著,并且在100~500 Hz频率区域的插入损失梯度大于1000~10000 Hz频率区域的插入损失梯度,说明增加芯材厚度有利于提高声屏障对噪声特别是对低频噪声的降噪效果。

2.4 吸音板密度对吸声声屏障插入损失影响的分析

根据文献[9],吸音板的密度直接影响到吸音板的孔隙率以及孔径,从而影响到吸音板的吸声系数,所以吸音板的密度对吸声声屏障插入损失的影响也很大。试验初步选择了24,32,48 kg/m³这3种吸音板密度,然后进行试验,从而得到在这3种吸音板密度下各个测点的时间-幅值图及频谱图,并经过计算和处理得到各个测点1/3倍频程的插入损失图,如图5所示。

从图5还可以看出:随着芯材密度的减小,声屏障的降噪效果也越显著,并且在1000~10000 Hz频率区域的插入损失梯度大于100~500 Hz频率区域的插入损失梯度,说明降低芯材密度有利于提高声屏障对噪声特别是对低频噪声的降噪效果。

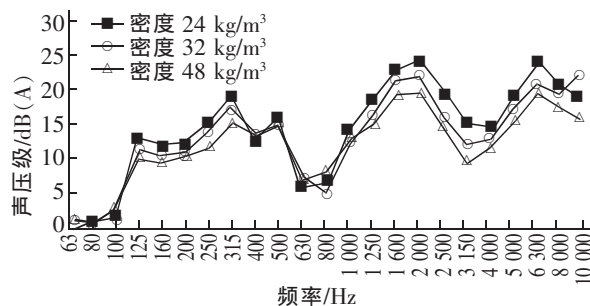
综合分析,我们在高速铁路工程中,如果想用吸声声屏障尽可能地降低铁路环境噪声,需尽可能选择开口率大的面板,以及芯材厚度大且密度小的吸音板作为吸声声屏障的材料;如果想尽可能地降低低频噪声,则需要选择需尽可能选择开口率小的面板,以及芯材厚度大且密度小的吸音板作为吸声声屏障的材料,反之如果想尽可能地降低高频噪声,则需要选择需尽可能选择开口率大的面板以及芯材厚度小且密度大的吸音板作为吸声声屏障的材料。

3 结论

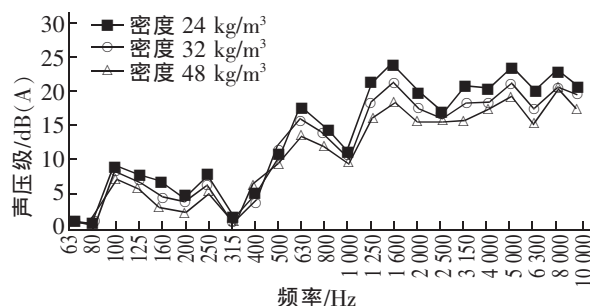
1) 在声屏障高度一定的情况下,随着声屏障面板开孔率的增加,声屏障的降噪效果越来越显著,说明增加声屏障面板开孔率有利于提高声屏障的降噪效果。

2) 在声屏障高度一定的情况下,随着芯材厚度的增加以及芯材密度的减小,声屏障的降噪效果也越显著,说明提高芯材厚度以及降低芯材密度也有利于提高声屏障的降噪效果。

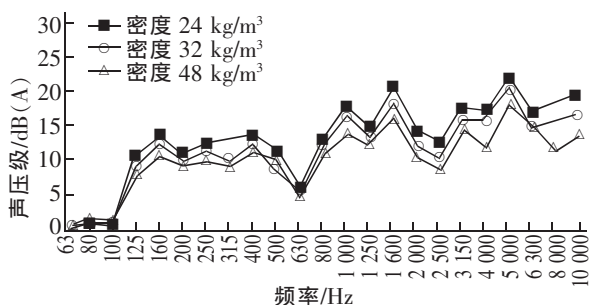
3) 随着噪声频率的增加,吸声型声屏障的降噪效果越明显,并且在630~10000 Hz频率范围内,吸声声屏障降噪效果尤为显著,降噪值大约在10~22 dB(A)。



(a) 1# 测点吸音板密度对声屏障插入损失影响



(b) 3# 测点吸音板密度对声屏障插入损失影响



(c) 5# 测点吸音板密度对声屏障插入损失影响

图5 吸音板密度在各个测点1/3倍频程插入损失图
Fig.5 The insertion loss figure of sound-absorbing board density at each measuring point 1/3 octave

参考文献:

- [1] 张增海,王重实,无限长声屏障对运行列车噪声降噪模型研究[J]. 噪声与振动控制,2002(1):12-14.
- [2] KAORU MURATA,佐川明朗. 日本高速铁路的环境对策-噪声对策[C]//北京:中日高速铁路环境技术交流会,2008.
- [3] L GODINHO,J ANTONIO,A TADEU. The scattering of 3D sound sources by rigid barriers in the vicinity of tall buildings[J]. Engineering Analysis with Boundary Elements,2002,26:781-787.
- [4] LUIS GODINHO,JULIETA ANONIO,Anonio tadeu,sound propagation around rigid barriers laterally confined by tall buildings[J]. Applied Acoustics,2002,63:595-609.
- [5] 罗银,雷晓燕. 铁路声屏障降噪效果影响因素分析[J]. 噪声与振动控制,2008,28(5):142-146.
- [6] 马筠. 对高速铁路声屏障降噪效果影响因素的探讨[J]. 铁道劳动安全卫生与环保,2008,35(1):5-8.
- [7] 国家环境保护总局. HJ/T90-2004. 声屏障声学设计和测量规范[S]. 北京:中国环境科学出版社,2004.

- [8] 董华新,刘岩. 降噪声屏障及其缩尺模型相关性研究[D]. 大连:大连交通大学,2011.
- [9] 苏卫青,潘晓岩. 高速铁路声屏障材料的选择及安装[J]. 铁道技术监督,2009,37(5):37-38.

Analysis on Influence Factors of Insertion Loss of Sound Absorption Noise Barrier in High-speed Railway

Luo Wenjun, Xu Haifei

(Engineering Research Center of Railway Environmental Vibration and Noise of the Ministry of Education, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: In the semi-anechoic chamber, a vertical scale model of the sound absorption noise barrier was established in this study to explore influence factors including the thickness and density of different sound absorption material and the aperture ratio of different sound barrier panels. Based on German Head company's DATaRec4 DIC24 data acquisition instrument and ArtemiS data analysis software, it tested the noise reduction effects of sound absorption noise barriers respectively for acoustic panels in 25,35,45% panel aperture ratio and 60,80,100 mm thickness and 24,32,48 kg/m³ density, so as to analyze the influence of parameters on the insertion loss of acoustic barriers in high-speed railway. The results showed that with the increase of the aperture ratio of the noise barriers, the noise reduction effect of the noise barrier becomes more and more obvious under the condition of a certain height of the noise barrier, which supports that increasing the aperture ratio of the noise barrier panel is helpful for improving the noise reduction effect of the noise barrier; meanwhile, with the increase of the thickness of core material and the decrease of core material density, the noise reduction effect of the noise barrier is more significant, which indicates that increasing the thickness of core material and reducing the density of core material may improve the noise reduction effect of noise barriers.

Key words: high-speed railway; sound absorption noise barrier; insertion loss; influence factors

(责任编辑 王建华)