

文章编号: 1006-1355(2014)04-0001-04+9

低地板车结构传声及车内噪声特性

张玉梅¹, 肖新标¹, 温泽峰¹, 郭涛², 张捷¹, 金学松¹

(1. 西南交通大学 牵引动力国家重点实验室, 成都 610031;

2. 唐山轨道交通客车股份有限公司, 唐山 063035)

摘要: 对我国某100%低地板车辆在60 km/h速度下进行振动噪声试验, 获得了低地板车动车、拖车, 车内及转向架噪声特性。结果表明, 车内噪声主要能量集中在400 Hz~1250 Hz, 其中400 Hz频谱能量最大。动车比拖车车内噪声高3 dB, 这是由于转向架动力源激励400 Hz中心频段结构传声和空气传声所致。控制电机振动, 能从源头上有效控制车内400 Hz中心频率结构传声。此外, 也需要从路径上控制电机激励结构传声, 即控制横向减振器和二系空簧的结构传声。相关分析结果可为低地板车振动噪声控制和低噪声设计提供参考。

关键词: 声学; 100%低地板车; 振动; 转向架; 传递路径; 结构传声

中图分类号: O42; U270.1⁶

文献标识码: A

DOI编码: 10.3969/j.issn.1006-1355.2014.04.001

Structure-borne Sound Transfer Path of a Low-floor Vehicle and Its Interior Noise Property

ZHANG Yu-mei¹, XIAO Xin-biao¹, WEN Ze-feng¹,
GUO Tao², ZHANG Jie¹, JIN Xue-song¹

(1. State Key Laboratory of Traction Power, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China;

2. Tangshan Railway Vehicle Co. Ltd., Tangshan 063035, Hebei China)

Abstract: The in-situ vibration and noise test of a domestic 100% low floor vehicle at the traveling speed of 60 km/h is carried out. The noise characteristics of the motor car, the trailer car and the bogie of the vehicle are obtained. The results show that the energy of the interior noise is mainly distributed in the frequency band of 400 Hz~1 250 Hz, in which the energy is the largest at about 400 Hz frequency. The interior noise of the motor car is at least 3 dB higher than that of the trailer car. This is mainly due to the bogie power's structure borne and air borne noises. Reduction of the motor's vibration is the best way to control the interior noise due to the structure borne with the central frequency of 400 Hz. In addition, it is necessary to control the transfer path of the structure borne due to the motor's excitation, i.e. control the sound borne by the lateral damper and the air damper. This study provides a reference for low-floor vehicle's noise and vibration control and noise reduction design.

Key words: acoustics; 100% low-floor vehicle; vibration; bogie; transfer path; structure-borne sound

低地板车具有环保节能、编组多样、运行灵活、旅客乘坐方便和与现有公交站台及路面资源共享等

诸多优点而深受各大城市轨道交通部门欢迎^[1]。而同低地板车噪声作为城市轨道交通的重要性能指标, 也受到广泛的关注。国际上, 美国交通运输研究委员会 TRB (Transportation Research Board) 对低地板车做了系统研究^[2-4]。针对噪声性能, 在文献 [4] 的表 3.1 中, 详细给出了低地板车噪声特性随车辆和轨道相关参数变化的测试结果。结果表明, 增加车内结构阻尼能有效降低车内噪声水平; 而改变车轮直径、一系悬挂刚度和二系悬挂位置等措施, 对车内噪声抑制效果不明显。国内对低地板车的研究大多关注在转向架和牵引传动系统方面^[1, 5, 6], 对其

收稿日期: 2013-10-10

基金项目: 国家科技支撑计划: (2009BAG12A01-B06);

国家 863 计划: (2011AA11A103-2-2/4-2);

教育部创新团队: (IRT1178)

作者简介: 张玉梅 (1987-), 女, 四川眉山人, 博士研究生, 目前从事铁路振动噪声控制研究。

E-mail: 15928041123@163.com

通信作者: 金学松, 男, 教授, 博士生导师。

E-mail: xsjin@home.swjtu.edu.cn

振动噪声特性的研究很少。高速动车组悬挂刚度等研究结果表明^[7,8],不同悬挂参数和连接方式会影响车辆平稳性和整车模态。

为了解100%低地板车结构传声和车内噪声特性,以便指导100%低地板车低噪声设计和在噪声超标情况下制订减振降噪措施。采用试验方法,对我国某型100%低地板车进行振动噪声特性测试,分析其车内噪声特性、声源机理和结构传声路径。

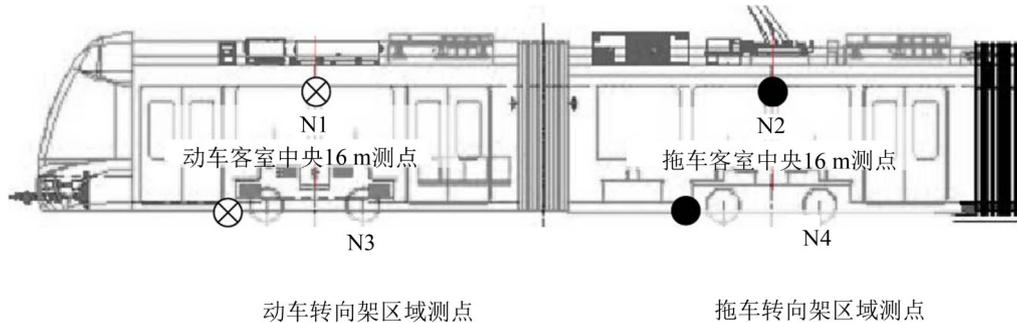


图1 噪声测点

表1 振动测点编号及位置

测点编号	位置	测点编号	位置
A1	轴桥	A6	二系上方车体
A2	构架	A7	牵引拉杆上方车体
A3	电机	A8	防侧滚扭杆上方车体
A4	齿轮箱	A9	车内地板
A5	横向减振器上方车体		

2 试验结果

2.1 振动噪声特性分析

图2给出了60 km/h匀速运行条件下,动车、拖车客室中央和相应车厢外转向架区域的噪声A计权频谱特性。

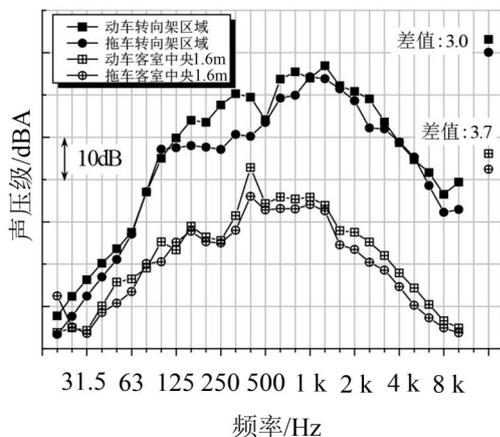


图2 噪声特性(60 km/h)

由图可见:

(1) 车内噪声主要能量集中在400 Hz~1250 Hz,其中以400 Hz最为显著;

1 试验内容及测点布置

测试车辆为国产某型4节编组的100%低地板车,设计速度60 km/h。测试条件根据国际标准ISO 3381-2005相关规定要求实施。

测试内容主要包括噪声和振动两大部分。噪声为拖车和动车的车内噪声及转向架区域噪声,测点及编号如图1所示,由“⊗”符号标记。表1给出了振动测点的具体描述。

(2) 动车客室中央总声压级比拖车的高3.7 dB,主要体现400 Hz频率区段,两者差值为6.8 dB;

(3) 与客室中央位置相对应的车厢外转向架区域噪声主要能量集中在125 Hz~4 000 Hz,其中以1 000 Hz和1 250 Hz最为显著;

(4) 动车转向架区域总声压级要比拖车的高3.0 dB,主要体现在125 Hz~1 250 Hz频率区段,且以250 Hz~400 Hz最为显著,两者差值约有10 dB。

由于动车车内噪声和转向架区域噪声均大于拖车,尤其是以400 Hz频率区段,该频率的噪声一般以结构声主导,因此,为明确动车车内噪声的产生机理,对60 km/h匀速运行下动车的结构传声特性进行深入分析,结果如图3所示。

图3(a)给出了60 km/h速度下,动车转向架上方内地板的振动频谱特性。由图可见,内地板在380 Hz~420 Hz频段区段的振动能量非常显著,要比其他频率范围对应的振动能量高出10 dB左右。整体上,对所有振动测点,其振动能量显著的主要频率区段均在200 Hz~500 Hz频率区段,为此,后续结果分析主要以此频率区段为主。

图3(b)给出了动车转向架构架振动和主要激励

源振动:轴桥(轮轨激励)与电机(动车转向架动力源激励)的频谱特性。

由图可见:

(1) 整体上,轴桥振动能量最大,电机的其次,构架的相对最小;

(2) 400 Hz 1/3 倍频程频率区段,电机的振动能量与轴桥的相当,均远大于构架在该频率区段的振动能量;

(3) 构架在 400 Hz 1/3 倍频程频率区段也存在显著峰值;

(4) 电机振动有显著的谐频,且其与列车运行速度相关,对 60 km/h 速度,谐频频率约 60 Hz。

以上对低地板车振动噪声特性的分析表明,动车车内振动、噪声在 400 Hz 频段峰值显著,导致动车车内噪声水平比拖车高 3.7 dB。在对车内噪声进行控制前,需明确车内振动显著频率激励源,从振源上控制振动噪声;其次是找到车内振动噪声的传递路径,从关键结构传声部件上有效控制能量的传递,下面分别对两者进行详细分析。

2.2 振动显著频率激励源分析

有无转向架动力源(电机)是动车、拖车转向架

的主要区别。通过切除电机前、后,关键部件振动特性测试对比,研究 400 Hz 峰值频率的激励源,为车内振动噪声控制提供依据。

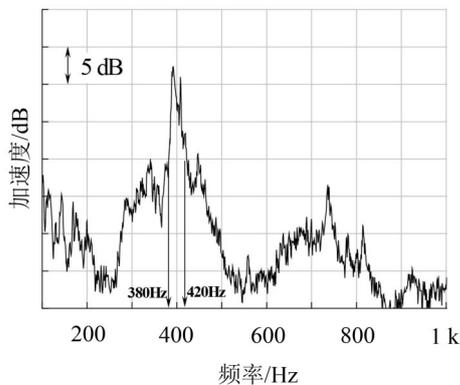
图 4(a)、(b)分别给出了 200(4) 动车转向架区域总声压级要比拖车的高 3.0 dB,主要体现在 125 Hz~1 250 Hz 频率区段,且 500 Hz 频段,电机切除前、后各电机、齿轮箱、构架、车体内地板振动。由图可见,电机切除后,各部件在 400 Hz 频率区段显著峰值明显降低,但在 400 Hz 附近仍有局部峰值,可能是电机的固有悬挂频率,有待进一步研究。

图 5(a)、(b)是电机切除前、后,电机振动和齿轮箱的振动特性。由图可见,电机切除后,400 Hz 频率区段,电机振动峰值降低了 10 dB;齿轮箱振动降低了 5 dB。这一结果表明,400 Hz 激振频率主要来自电机。因此,从源头上降低车内 400 Hz 振动噪声,需要对电机振动噪声进行治理和控制。

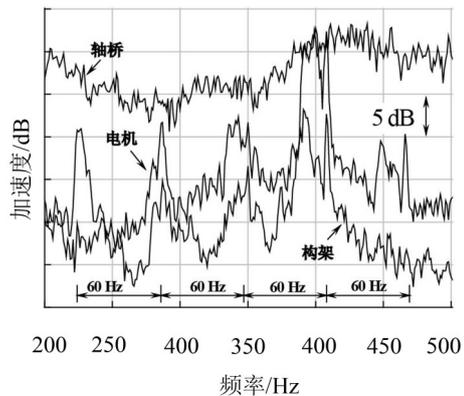
2.3 振动传递路径分析

识别出结构传声关键部件,从路径上控制振动传递,也能有效控制车内振动噪声。

转向架与车体相连接的各个部件向车内传递振动能量大小不同。图 6 是转向架动力源激励传递路

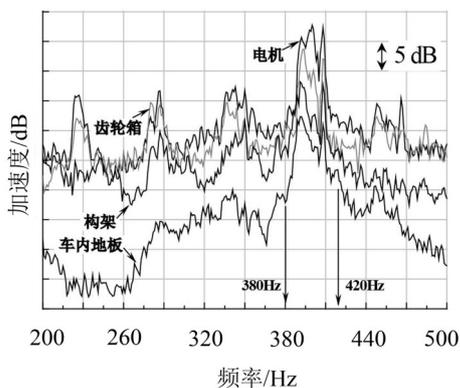


(a) 地板振动

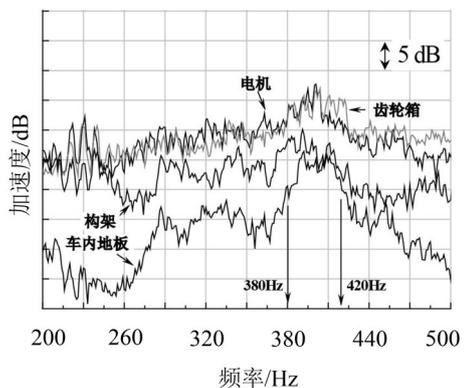


(b) 转向架关键部件振动

图 3 动车振动特性(60 km/h 匀速运行)



(a) 不切电机



(b) 切电机

图 4 电机切除前后各部件振动特性(200 Hz~500 Hz)

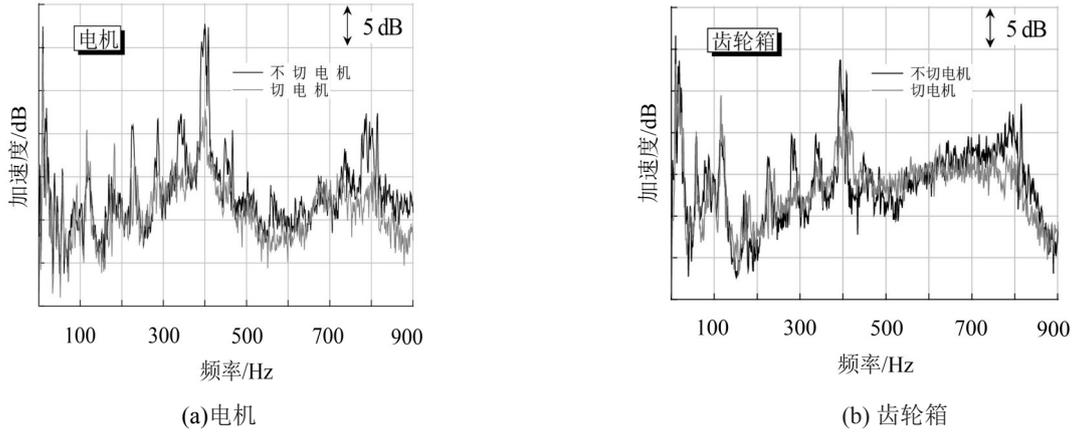


图5 电机切除前后电机和齿轮箱振动特性(0~900 Hz)

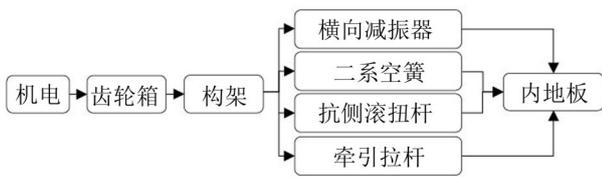


图6 转向架动力源激励传递路径

径。400 Hz附近峰值激励主要通过4个关键部件传至车体内地板,分别为横向减振器、二系、抗侧滚扭杆、牵引拉杆。

相干功率谱是结构间能量传递的一个重要指标,图7给出了电机切除前、后,转向架关键连接部件上方外地板与车体内地板振动相干功率谱。

对380 Hz~420 Hz频段进行相干功率谱能量求和,评价400 Hz频率区段各个外地板位置与车内振动的相干能量大小,如表2所示。可见,电机切除前,横向减振器上方地板与车内地板振动相干功率谱能量最大,其次是二系。电机切除后,对应的相干功率谱能量分别降低了4.2 dB和5.6 dB。

因此,需优先控制横向减振器和二系在400 Hz由构架传递到车体内部的能量。

3 结语

通过对国产某100%低地板车辆线路试验,得到了该车60 km/h速度下的振动噪声特性。明确了

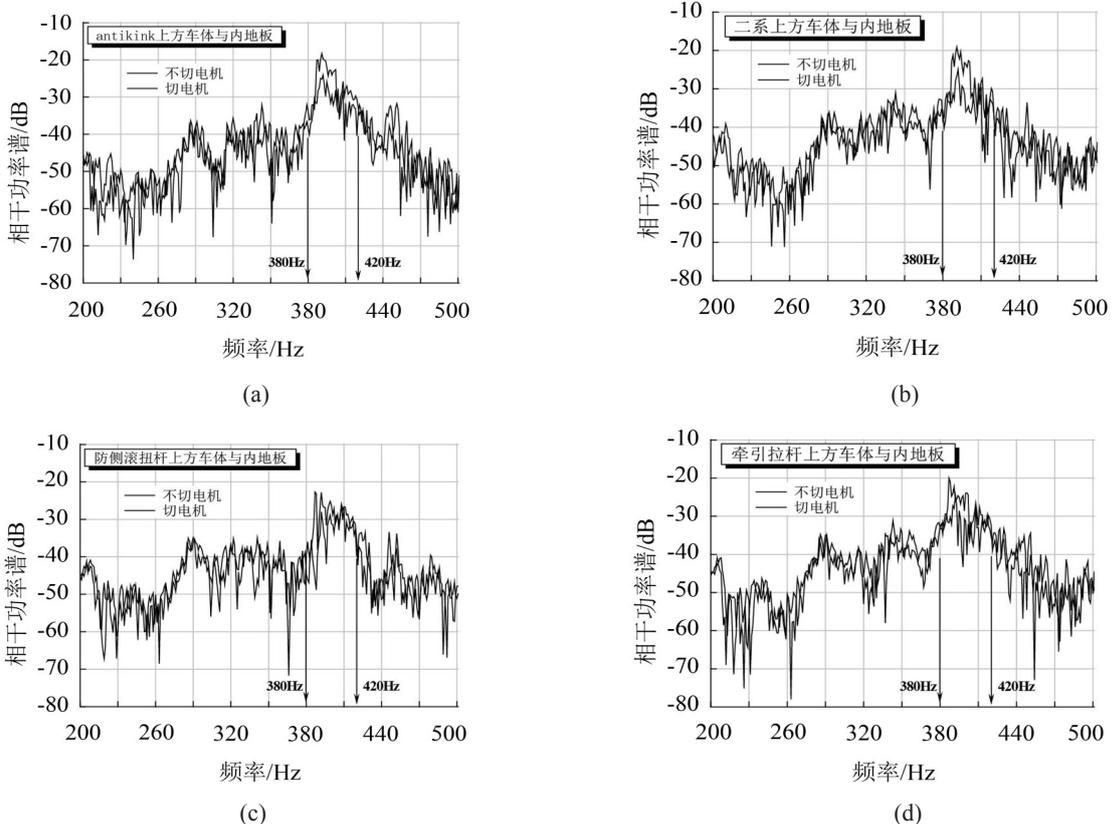


图7 转向架关键连接部件上方外地板与车体内地板振动相干功率谱