

电动汽车电机总成振动噪声改善研究

高龙, 毛鸿锋, 刘伟良, 肖伟强, 吴佐来, 罗磊

(中车株洲电力机车研究所有限公司, 湖南 株洲 412001)

摘要: 为改善某电动汽车电机总成的振动噪声性能, 对用阻尼复合材料代替电机总成原铝材料盖板的可行性和有效性进行试验研究。结果表明, 更换阻尼复合材料盖板后, 电机总成的振动噪声问题得到明显改善, 其有效减振降噪作用频率为中低频段 1 400~2 400 Hz。

关键词: 汽车; 电动汽车; 电机总成; 振动噪声

中图分类号: U469.72

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2022)02-0005-03

汽车振动噪声控制对提高驾乘体验尤为重要。电动汽车以电驱总成代替传统发动机变速箱, 其引发的振动噪声特性完全不同于传统内燃机汽车。近年来, 国内外学者对电动汽车的振动噪声问题作了不少研究。严刚等通过某电动汽车车内振动噪声试验识别不同工况下整车噪声源, 并分析了引起车内噪声的原因。Dong L. 等分析了感应电机、开关磁阻电机和永磁同步电机的振动噪声特性, 提出电机振动噪声研究中需充分考虑电机控制方式的影响。但目前对电动汽车振动噪声的研究大都集中在振动噪声产生源头和机理等方面, 很少从传递路径方面对电动汽车振动噪声问题进行研究。

相关研究表明, 复合材料具有突出的振动噪声抑制性能, 当前在家电和船舶等行业已有大量研究与应用。李涛等对减振板材的减振降噪机理进行了深入研究, 并将减振板材成功应用于船舶的减振降噪, 取得了不错的效果。熊志远等对隔音降噪壁板的微观力学性能进行了研究, 并将其应用于汽车车身的降噪, 取得了显著效果。目前, 工程上在电动汽车减振降噪领域还未见减振降噪材料的公开研究及批量应用。该文分析电驱总成振动产生机理及传递路径, 研究某阻尼复合材料的减振降噪机理, 并将其应用于某电动汽车电驱总成上盖板, 分析其减振降噪效果。

1 噪声产生及传递机理

电动汽车电驱总成主要由电机、电机控制器、减速器组成, 其噪声是电动汽车振动噪声的主要来源。电驱总成的振动噪声主要由电机产生的电磁振动噪声、减速器产生的齿轮啮合机械噪声、电机控制器开关器件引入的开关频率电磁噪声三部分组成。其传

递途径主要有 2 条: 一条是通过电驱总成连接支架经整车悬置及车身结构件传递到车内; 另一条是振动能量通过电驱总成壳体向外辐射能量, 最终通过空气传递到车内。

电驱总成电机控制器盖板通常是电驱总成壳体最薄弱的部件, 其模态频率低, 是电驱总成对外辐射振动噪声能量的主要部件。通常电机控制器盖板采用 ADC12 材料, 其价格低廉, 但能量传递衰减小, 减振降噪效果差。随着对电驱总成振动噪声及功率密度要求的提高, 传统的 ADC12 材料越来越难以满足要求, 急需开发既重量轻又具有良好减振降噪效果的材料。

2 复合材料盖板

选用某约束阻尼复合材料制作电驱总成控制器盖板(见图 1)。阻尼复合结构板材通过阻尼材料与金属材料构成复合结构来提高整体阻尼, 一般分为自由阻尼结构和约束性阻尼结构。在振动结构表面直接附加一层损耗模量较大的阻尼材料称为自由阻尼结构, 在自由阻尼结构外面再加一层模量高的材料如钢板或铝板即构成约束阻尼结构。阻尼复合结构板材见图 2。



图 1 复合材料盖板

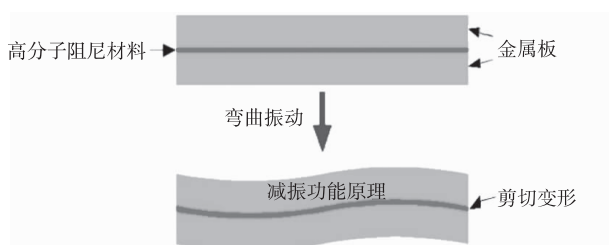


图2 阻尼复合结构板材示意图

振动物体发生弯曲振动时,其能量迅速传递给紧密贴涂在其表面的阻尼材料,引起基体和阻尼材料之间相互摩擦和错动,阻尼材料时而被拉伸时而被压缩。由于阻尼材料的内损耗大,基体有相当一部分振动能量转化为热能释放,从而减弱板材的弯曲振动。同时,约束阻尼结构在受到振动时,约束层和阻尼层会伸长,但约束层的伸长远小于阻尼层的伸长,因而约束层会阻止阻尼层的伸长,当阻尼层压缩时,约束层又会阻止阻尼层的压缩变形,从而形成除拉伸压缩变形之外的剪切变形,增大振动能量的耗散,达到减振效果。同等条件下,约束阻尼复合结构的减振降噪效果比传统金属材料更好。

3 试验研究

选取一款正在研究开发中的电动汽车电机总成作为研究对象,该电机总成最大功率为120 kW,采用8极48槽永磁同步电机。把该电机总成安装在测功机上,在总成控制器盖板上安装三向振动加速度传感器采集振动信号,在总成控制器盖板前方安装麦克风采集总成对外辐射的声音信号。电机总成台架安装见图3。

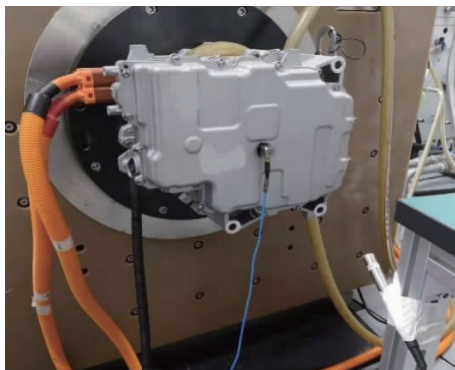


图3 电机总成安装图

采用台架上测试极端工况中满扭矩升速工况模拟整车全油门加速工况,分别测试采用原盖板和新盖板的电机总成各3组数据,选取外界干扰较小的测试数据各1组进行对比分析,评价电机总成的

NVH(噪声、振动与声振粗糙度)性能。原盖板、新盖板台架测试噪声频谱分别见图4、图5。

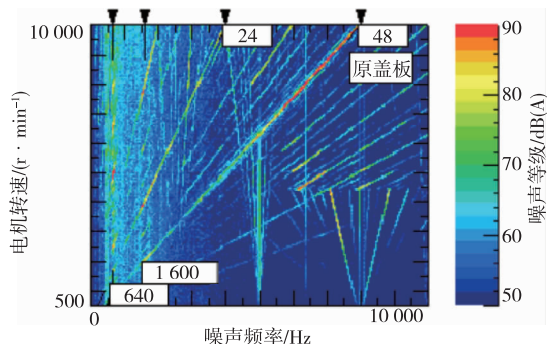


图4 原盖板噪声频谱图

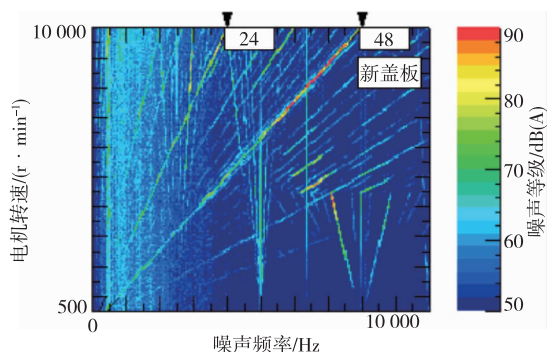


图5 新盖板噪声频谱图

从图4可看出:采用原盖板时,在640、1 600 Hz频率附近存在2个明显的共振带。电机总成24阶噪声量级在中速段3 500~6 000 r/min较大,对应频率为1 400~2 400 Hz;电机总成48阶噪声量级在低速段1 750~3 000 r/min较大,对应频率为1 400~2 400 Hz;电机总成48阶噪声量级在高速段6 000~10 000 r/min较大,对应频率为4 800~8 000 Hz。

从图5可看出:采用新盖板时,640、1 600 Hz附近共振带消失。电机总成24阶噪声量级在中速段3 500~6 000 r/min较原盖板有所改善;电机总成48阶噪声量级在低速段1 750~3 000 r/min较原盖板明显改善;电机总成48阶噪声量级在高速段6 000~10 000 r/min依然较大,无明显改善。

为更直观地比较采用不同盖板时电机总成的NVH性能,将2种盖板频谱图中电机总成24阶、48阶噪声作阶次切片进行比较(见图6、图7)。

从图6可看出:采用原盖板时电机总成对外辐射的24阶噪声在3 500~6 000 r/min转速段的信噪比RMS达到83 dB(A),采用新盖板时为72 dB(A),比采用原盖板时减少11 dB(A),降噪效果明显。但采用新盖板时24阶噪声在6 000 r/min以

上转速段较采用原盖板时无明显改善。新盖板 24 阶噪声在 1 640 r/min 转速时的 RMS 值为 58 dB(A),较原盖板的 81 dB(A)减少 23 dB(A)。这主要是因为电机 24 阶 1 640 r/min 对应的频率为 656 Hz,换新盖板后,640 Hz 附近的共振带消失,振动减弱,进而对外辐射噪声减小。

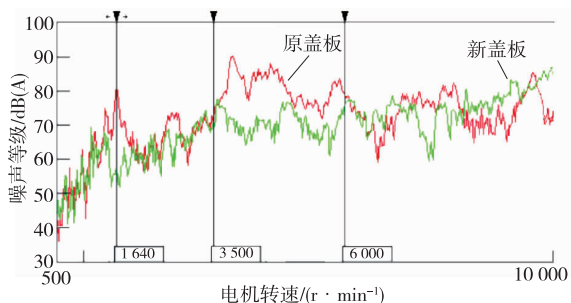


图 6 采用不同盖板时电机总成 24 阶噪声对比

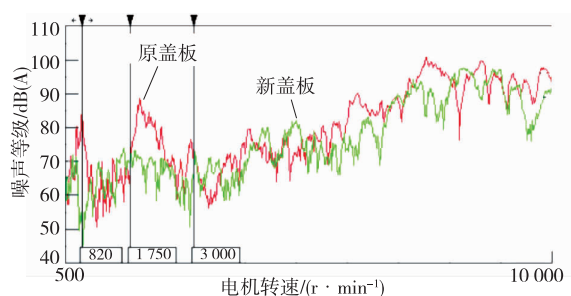


图 7 采用不同盖板时电机总成 48 阶噪声对比

从图 7 可看出:采用原盖板时电机总成对外辐射的 48 阶噪声在 1 750~3 000 r/min 转速段的 RMS 值为 80 dB(A),采用新盖板时为 68 dB(A),较原盖板减少 12 dB(A),降噪明显。但采用新盖板时电机总成 48 阶噪声在 3 000 r/min 以上转速段较原盖板无明显改善。新盖板 48 阶噪声在 820 r/min 转速时的噪声为 51 dB(A),较原盖板的 85 dB(A)减少 34 dB(A)。这主要是因为电机 48 阶噪声在

820 r/min 转速时对应的频率为 656 Hz,换新盖板后,640 Hz 附近的共振带消失,振动减弱,进而对外辐射噪声减小。

综上,新盖板对电机总成有较好的减振降噪效果,其有效减振降噪作用频率为中低频段 1 400~2 400 Hz。

4 结论

针对一款研发中电机总成的 NVH 问题,从降低噪声辐射传递的角度,选用一款新型阻尼复合材料盖板代替原铝盖板。试验研究表明:新盖板在中低频段对降低电机噪声辐射效果显著,24 阶噪声在该频段降低 11 dB(A),48 阶噪声在该频段降低 12 dB(A),且由于盖板模态的改变,原盖板 640 Hz 附近的共振带消失,进而使 640 Hz 附近的噪声明显减小。采用该复合材料能显著降低电机总成的振动噪声,该研究可为电机总成的振动噪声改善提供一种新思路。

参考文献:

- [1] 严刚,夏顺礼,张欢欢,等.某纯电动车车内噪声试验分析与识别[J].合肥工业大学学报(自然科学版),2011,34(9):1298—1301.
- [2] GUO J P,DONG L L.Sliding mode based load frequency control for a two-area interconnected power system[J].International Journal of Intelligent Control and Systems,2015,20(1):16—25.
- [3] 李涛,曲艳双,周秀燕,等.复合材料老化性能影响因素的研究[J].纤维复合材料,2015,22(2):22—25.
- [4] 熊志远,王士军,张龙,等.阻尼结构减振性能的测试及分析[J].机械设计与制造,2020(8):64—67.

收稿日期:2021—09—25

(上接第 4 页)

- [12] 纪绪北,雷发荣,潘亚南,等.客车侧翻仿真与试验分析[J].客车技术与研究,2019(4):16—18.
- [13] 郝海舟,符志.某客车侧翻的计算机模拟测试[J].客车技术与研究,2015(1):23—25.
- [14] 杨瑞峰,樊江顺,崔海涛,等.基于 ECE R66 法规的某大客车上部结构强度[J].公路交通科技,2011,28(10):136—140.
- [15] 全国汽车标准化技术委员会.客车上部结构强度要求及试验方法:GB 17578—2013[S].北京:中国标准出版社,2013.

- [16] 元文果.基于 ECE R66 法规的客车侧翻碰撞安全性能的仿真与优化[J].汽车工程,2010,32(12):1042—1046.
- [17] 杨伯源.材料力学[M].北京:机械工业出版社,2002.
- [18] 邵毅明,司红建,查官飞.大客车侧翻安全性仿真分析[J].重庆理工大学学报(自然科学),2013,27(2):6—12.
- [19] 周鑫美.基于侧翻安全性的客车骨架设计研究[D].广州:华南理工大学,2010.
- [20] 申福林,胡选儒.客车新技术与新结构[M].北京:人民交通出版社股份有限公司,2016.

收稿日期:2021—07—14