

某救护车传动系统异响及异振研究

孟国庆¹, 黄建刚¹, 张忠东^{1,2}, 吴洪亭¹, 陈恒彬^{1,2}

(1. 中通客车股份有限公司, 山东 聊城 252022; 2. 山东省新能源客车安全与节能重点实验室, 山东 聊城 252022)

摘要:针对某救护车高速行驶中整车振动异常问题,通过主观感受及数据采集、分析、排查进行问题诊断,确定其成因为发动机未按要求装配双质量飞轮。最后通过改进结构解决该问题。

关键词:救护车; 传动系统; 异常振动; 双质量飞轮

中图分类号:U463.2

文献标志码:A

文章编号:1006-3331(2023)03-0052-03

Research on Abnormal Sound and Vibration of an Ambulance Transmission System

MENG Guoqing¹, HUANG Jianguang¹, ZHANG Zhongdong^{1,2}, WU Hongting¹, CHEN Hengbin^{1,2}

(1. Zhongtong Bus Holding Co., Ltd., Liaocheng 252022, China;

2. Shandong Provincial Key Laboratory of Safety and Energy Conservation of New Energy Buses, Liaocheng 252022, China)

Abstract: Aiming at the problem of abnormal vibration of an ambulance during high-speed driving, the authors finally determine the cause of formation is that the engine did not assemble the dual-mass flywheel according to the requirement by subjective feeling and data collection, analysis, and troubleshooting. The problem is solved by improving the structure.

Key words: ambulance; transmission system; abnormal vibration; dual-mass flywheel

鉴于救护车的特殊性^[1],要求车辆在各种工作状态下均不能出现异常的振动和噪声。公司一款救护车的样车在可靠性试验中^[2],发现其在5挡加速和发动机转速在1 300~1 900 r/min范围内时,仪表台出现剧烈振动并伴有异响,对舒适性及安全性造成严重影响。本文对该问题进行排查及处理。

1 主观评价

该救护车样车配置为发动机前部纵置、后桥驱动、手动变速器,前悬架为树脂板簧结构,后悬架为多片钢板弹簧加减振器结构。

由于前期其他类似配置车辆从未出现过该问题,为了直观了解车辆问题及其严重程度,依据中通客车主观评价规范《客车振动噪声主观评价试验方法》对车辆进行主观评价^[3-4]。评价等级如下:低于6分视

为不可接受,高于6分(含6分)视为可接受,其中1~3分代表极差,4~5分代表差,6分代表可接受,7分代表一般,8~10分代表非常好。评价共邀请10位相关技术人员,其中高级工程师5人。

在试验场性能路上进行主观评价测试,最终形成统一的主观评价结果:行驶工况车内舒适度主观评价3分,属于不可接受状态。具体情况如下:

- 1) 问题在5挡加速段最为明显,4挡及6挡加速段亦存在但强度较低。
- 2) 驾驶区仪表台整体振动明显,伴有明显异响,地板振动明显,有麻脚感。
- 3) 乘员舱内亦存在与驾驶舱相同的异振、异响问题。
- 4) 初步判定该车振动激励来源于车辆传动系统,但具体位置无法判断。

收稿日期:2023-03-15

第一作者:孟国庆(1983—),男,硕士;工程师;主要从事客车动力总成系统设计开发工作。E-mail:menggq@zhongtong.com。

通讯作者:张忠东(1991—),男,硕士;主要从事客车NVH研究与性能提升工作。E-mail:zzdong1105@163.com。

2 测试及数据分析

通过上述主观评价情况 1), 认为该问题与发动机转速相关, 主要怀疑车辆传动系统, 所以重点测试发动机悬置主被动侧、变速器主被动侧、后桥桥壳、传动轴挂耳位置的振动, 同时采集车内驾驶员座椅导轨、后桥上座椅导轨的振动及驾驶员耳旁、后桥上车内的噪声。测试及分析基于 LMS 测试系统(包括 LMS Test.lab 测试分析软件及数据采集前端设备)进行^[5]。

该车发动机为 4 缸 4 冲程柴油发动机, 其点火频率为输出轴转频的 2 倍, 即发动机 2 阶^[6]频率为点火频率。计算并对比了车内各测点 5 挡加速工况瀑布图, 发现数据表现基本一致, 其中驾驶员座椅导轨处 Z 向的振动烈度瀑布图如图 1 所示。

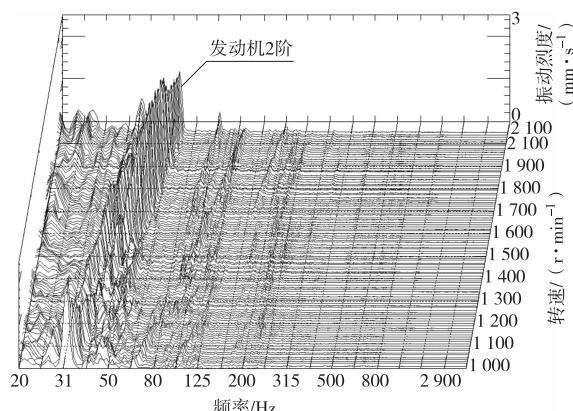


图 1 5 挡驾驶员座椅导轨处振动烈度瀑布图

从图 1 可以看出, 驾驶员座椅导轨的振动以发动机 2 阶频率为主, 其中 45~60 Hz 段的振动烈度尤为突出, 对应的发动机转速段为 1 350~1 800 r/min, 与问题转速段吻合。根据以上分析可确定问题原因有如下可能:

- 1) 发动机悬置失效导致发动机振动直接传递至车身。
- 2) 传动系统部件可能存在 52 Hz 左右的共振模态, 并将该振动由动力系统传至车身, 进而传至车内部件。
- 3) 5 挡为直接挡, 即变速器输入轴与输出轴转速比为 1, 传动轴如果存在扭转模态, 可能发生扭振, 并将发动机点火激励放大后通过传动系统与车身连接点传递至车身, 进而传至车内部件。

4) 考虑到问题主要表现为发动机点火激励大, 经验判断可能是发动机输出扭矩、转速波动大导致振动激励大。

下面依次进行排查。

1) 首先根据测试数据计算发动机悬置隔振率, 隔振率曲线如图 2 所示。从图中可看出, 在 5 挡加速过程中, 发动机在 1 000~1 900 r/min 转速段的 2 阶频率对应的隔振率均在 12 dB 以上, 在问题段并没有出现失效问题。因此可排除发动机悬置失效的可能。

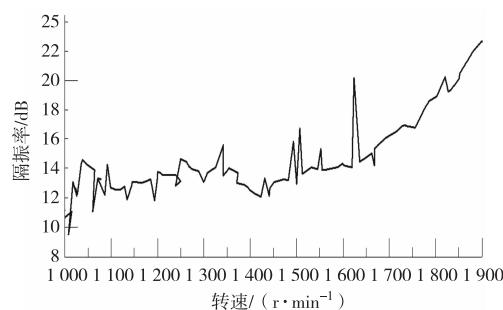


图 2 发动机 2 阶频率对应的隔振率曲线

2) 变速器端悬置隔振率及主被动侧加速度变化曲线如图 3 所示。图中左侧纵坐标为悬置主被动侧加速度(以 dB 形式显示), 右侧为悬置隔振率, 即主被动侧加速度(dB 形式)之差。从图中可看出, 变速器隔振率在 1 275 r/min 和 1 600 r/min 2 个转速附近低, 对比主被动侧加速度曲线可确定该问题是由于主动侧加速度突变引起, 即传动系统确实存在异常振动并导致了变速器位置的振动异常, 但变速器悬置并不是引起车内异常的原因。

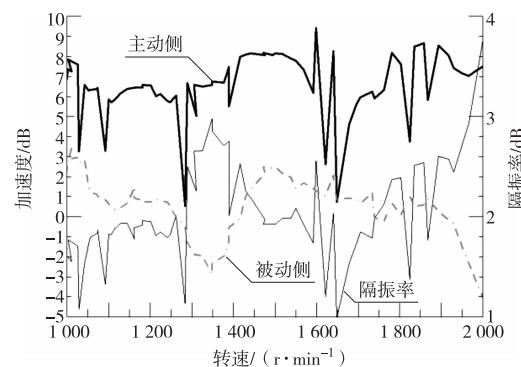


图 3 变速器侧悬置主被动侧对比

3) 6 挡加速工况, 驾驶员座椅导轨处的振动烈度瀑布图如图 4 所示, 与图 1 中 5 挡加速工况表现一

致,依然为发动机2阶突出,并未因变速器挡位(速比)变化发生偏移,即该振动主要为发动机激励导致,与变速器及后续传动系统无关。

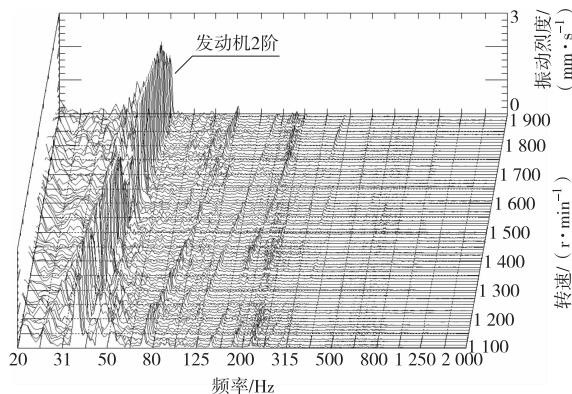


图4 6挡驾驶员座椅导轨处振动烈度瀑布图

4) 与配置该套传动系统的其他车辆相比,仅发动机排放要求不同,且问题的激励源同样是发动机,发动机输出扭矩、转速波动大是造成该车辆问题的可能性极大。为验证该问题,通过刷写控制程序进行试验。对加速扭矩进行限扭,实车试验结果表明振动强度降低,但依然存在。

基于上述结论,判断该车辆问题表现符合受迫振动^[7]特征,即传动系统、车身及车内部件振动均是因发动机激励过大造成。为确定具体原因,经评审决定对动力总成进行拆卸检查。拆卸后发现该发动机配置的是单质量飞轮,而非技术协议里要求的双质量飞轮^[8-9]。双质量飞轮为降低发动机旋转不均衡性的重要部件,对避免造成传动系统扭转振动有着重大意义。至此可确定该车辆异振问题是因供应商未按技术要求配置双质量飞轮,导致发动机输出轴扭振激励过大引起的。发动机激励过大且减振部件缺失,致使整个传动系统产生受迫振动,进而传递到车身引起车内部件异振及异响。

3 改进措施及效果

3.1 改进措施

一种方案是要求供应商按技术协议整改,将单质量飞轮更换为双质量飞轮;另一种方案是在传动轴与

后桥主减速器间增加扭转减振器^[9]。

3.2 试验验证

将2种方案进行实车验证,问题均可得到解决。再次邀请之前参与主观评价的10位技术人员进行感受并打分,结果如下:加装扭转减振器的车辆得分为7分;更换双质量飞轮的车辆得分为8分。

由于救护车服务对象为伤病者,而更换双质量飞轮较增加扭转减振器能提供更好的驾乘体验,而且该问题是由于供应商未按技术协议供货造成的,最终采用将发动机单质量飞轮更换为双质量飞轮的方案解决该问题。

4 结束语

针对某救护车高速行驶过程中整车振动异常问题,通过主观感受及评价方法对问题进行了初步诊断后,基于LMS测试系统进行数据采集、分析、排查,最终解决了该问题。

参考文献:

- [1] 王亮. 基于减速带与路面作用救护车平顺性仿真与多目标优化[D]. 长春:吉林大学,2017.
- [2] 李晶宇. 车辆可靠性试验的影响因素及改进措施[J]. 汽车博览,2022(3):145-147.
- [3] 张义博,李腾. 纯电动乘用车NVH主观评价分析及建模[J]. 汽车科技,2022(5):23-28.
- [4] 潘公宇,王功强,陈清爽,等. 基于TPA的发动机悬置系统开发及其主观评价[J]. 江苏大学学报(自然科学版),2022,43(2):125-130.
- [5] 张忠东,王珂,刘鑫明. 客车外后视镜振动研究与改进[J]. 客车技术与研究,2022,44(6):38-40.
- [6] 谭祥军. 从这里学NVH:旋转机械NVH分析与TPA分析[M]. 北京:机械工业出版社,2021:5-16.
- [7] 刘习军,贾启芬,张文德. 工程振动与测试技术[M]. 天津:天津大学出版社,1999:33-40.
- [8] 叶雄. 某载货汽车动力传动系统扭振异响研究[D]. 长春:吉林大学,2018.
- [9] 徐健. 曲轴扭转减振器的性能分析及实验研究[D]. 天津:河北工业大学,2020.