

和谐号 CRH380 动车组列车车内压力测试与分析

马春生¹ 王子超²

(1. 中车长春轨道客车股份有限公司海外业务部, 130062, 长春; 2. 神州高铁技术股份有限公司, 100044, 北京//第一作者, 高级工程师)

摘要 开发了一种车载无线压力测试系统, 对和谐号 CRH380 动车组的车内空气压力进行长期跟踪, 系统地分析了该动车组在明线、隧道、会车等不同运营线路状态下的空气压力变化情况。结果表明, 动车组列车通过明线时, 车内各测点压力波动特征值变化趋势基本一致, 且车内压力波动与运营里程、镟修周期关系不大; 动车组列车以相同运行速度通过不同长度的隧道时, 车内压差和 3 s 压力变化率均满足相关气压舒适性标准的要求; 明线会车对动车组列车车内压力影响较小。

关键词 动车组列车; 车内压力; 压力测试

中图分类号 U266.2; R122.2⁺2

DOI:10.16037/j.1007-869x.2022.02.013

Test and Analysis of Internal Pressure of Harmony CRH380 EMU

MA Chunsheng, WANG Zichao

Abstract An on-board wireless pressure test system is developed to keep long-term tracking of the air pressure in Harmony CRH380 EMU train, and systematically analyze the air pressure changes of the EMU train under different operating line conditions, such as open line, tunnel and meeting. The results show that when the EMU train passes through open line, the variation trend of pressure fluctuation characteristic values at each measuring point on the train is basically the same, and that has little relationship with the operating mileage and lathing cycle; When EMU trains pass through tunnels with different lengths at the same operating speed, the internal pressure differences and the 3S pressure change rate in the train all meet the requirements of relevant air pressure comfort standards. Obviously, the open line meeting has little impact on the internal pressure of EMU train.

Key words EMU train; interior pressure; pressure test

First-author's address International Business Division, CRRC Changchun Railway Vehicles Co., Ltd., 130062, Changchun, China

本和西欧等一些国家相继围绕列车高速运行对旅客舒适度的影响展开了一系列研究。结果表明, 不合适的车内压力变化会导致旅客产生耳鸣、恶心等不舒适的症状^[1]。产生上述症状的主要原因为: 当列车在隧道内高速运行时, 交替出现的压缩波和膨胀波, 使隧道内的空气压力不断发生变化, 如果车厢气密性不良, 空气压力变化传入车内, 导致车内空气压力剧烈变化, 使旅客耳感不适, 甚至头晕、呕吐等^[2]; 其次, 进风口滤网的堵塞, 也会导致车内压力的不断变化, 使旅客产生耳鸣等症状^[3]。

和谐号 CRH380 动车组列车是我国高速铁路的主力运输车型^[4]。目前, 大量涉及高速列车压力研究的文献主要关注于高速列车压力变化对列车关键部件疲劳的影响、车外风压对行车安全的影响, 以及列车进出隧道时气压对列车气动性能的影响等^[5]。目前, 针对高速列车车内压力测试, 以及压力变化对旅客舒适性影响的研究相对欠缺, 特别是在多种运行工况下对高速列车车内压力的长期跟踪研究还十分少有。

本研究对和谐号 CRH380 动车组列车车内压力进行长期的跟踪监测, 记录和分析了线路不同运营状态下车内压力的变化趋势和规律, 为动车组列车车内压力变化对旅客乘坐品质影响的研究奠定了一定基础。本研究中动车组列车车内压力测试分析的最大特点是基于对运营高速列车的长期跟踪测试, 而不是对试验列车进行短期测试。其测试数据更具实用性, 且更贴近真实运营工况。

1 和谐号 CRH380 动车组列车车载无线压力测试系统介绍

1.1 硬件组成

为长期跟踪运营高速列车车内外压力变化情况, 需要开发适合在线长期运用的压力测试系统。为此, 开发了一种远程无线的车载压力测试系统。

自 20 世纪 60 年代日本新干线投入运行后, 日

该测试系统由无线数据采集系统、列车级检测系统、地面数据处理系统及远程监控中心系统等组成。

列车检测系统主要由采集器、交换机、车载主控电脑、3G(第三代移动通信)路由器和GPS(全球定位系统)测速模块构成。其中,车载主控电脑通过车内局域网对整个采集系统进行控制。车载主控电脑安装在CRH380动车组的头部和尾部车箱内。每节车箱都有1个独立的列车级检测系统,且每节车箱独立构成1个采集系统。采集系统通过车载主控电脑数据采集软件进行控制,从而实现数据的收集和保存。3G路由器用以实现远程操控。

1.2 测点布置

在车厢的中部及两端均匀布置3个空压差传感器,以测量客室内不同位置的压力变化。测点布置示意图如图1所示。

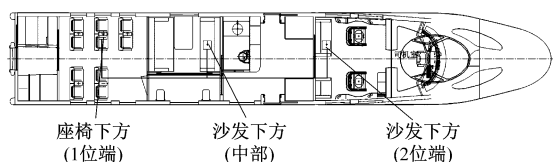


图1 CRH380 动车组列车车内空压差传感器安装示意图

Fig.1 Installation diagram of air pressure differential sensors in CRH380 EMU train

1.3 测试方法及数据处理依据

测试车内压力采用绝压传感器(型号为MPM489),量程为0.90~0.11 MPa,精度为55 Pa,响应时间<1 ms。安装时将绝压传感器直接固定在座架下,车内压力采样频率为1 250 Hz,数据处理采用20 Hz低通滤波,同时需要考虑海拔对气压的影响。针对海拔高度引起的压力波动,在海拔3 000 m以下,大气压按海拔每升高12 m而降低133 Pa处理。

对于人体舒适性,根据铁建设[2007]88号《铁路隧道设计施工有关标准补充规定》中“双线隧道时,车内压力3 s变化率<1.25 kPa”进行评判。

2 动车组列车运行时车内压力分析

2.1 动车组列车通过明线时车内压力分析

统计2013年6月3日、2013年7月3日及2013年9月12日京广铁路广州站—北京西站区间的动车组列车车内压力波动数据,以及2013年9月11日不同工况下车内压力波动数据对比。

选取动车组列车运行线路中的明线数据,统计

2013年6月到9月列车以300 km/h的运行速度通过该线路时车内的压力波动情况,包括车内压差最大值和车内压力3 s变化率最大值,分析列车通过明线时车内压力波动的影响。动车组列车通过明线时,车内各测点波动压力特征值如图2~3所示。由图2~3可知,列车通过明线时,车内压力波动与运营里程关系不大;车内压差最大值为188 Pa,3 s压力变化率最大值为33.6 Pa。图4绘制了40 s内车内各测点的压力变化情况。由图4可知,车内3个测点的压力波动特征值变化趋势基本一致。综上所述,动车组列车匀速通过明线时,车内压差及3 s压力变化率都很小,满足相关车内气压舒适性标准的要求;车内3个测点的波动压力特征值变化趋势较为一致。

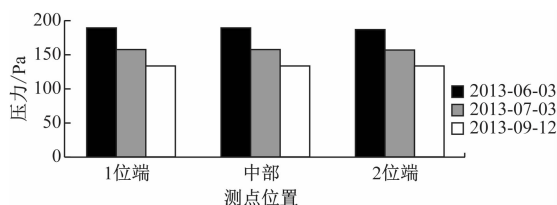


图2 动车组列车通过明线时车内压差最大值统计图

Fig.2 Statistical diagram of maximum pressure difference in the train when EMU train passes through the open line

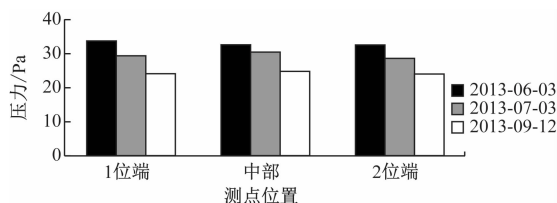


图3 动车组列车通过明线时车内压力3 s变化率最大值统计图

Fig.3 Statistical diagram of maximum value of 3 s change rate of internal pressure when EMU train passes through the open line

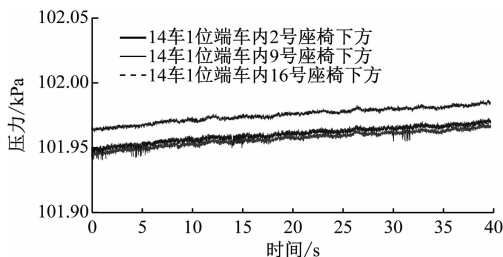


图4 动车组列车通过明线时车内压力波动图

Fig.4 Pressure fluctuation diagram in the train when the EMU train passes through the open line

2.2 动车组列车通过隧道时车内压力分析

选取京广铁路广州站—北京西站的大瑶山 3 号隧道、吊钩岭隧道及九子仙隧道,隧道基本信息见表 1。动车组列车通过上述 3 座隧道时,车内各测点压力特征值及压力时域,如图 5~10 所示。图 11 为 2013 年 9 月 11 日广州站—北京西站区间动车组列车车内压力特征值统计图。

表 1 隧道的基本信息表

Tab.1 Basic information table of tunnel

隧道名称	起点里程	中心里程	终点里程	全长/m
大瑶山 3 号隧道	DK1 924 + 578	DK1 928 + 774	DK1 932 + 970	8 391
吊钩岭隧道	DK1 827 + 842	DK1 829 + 596	DK1 831 + 350	3 508
九子仙隧道	DK1 840 + 459	DK1 841 + 823	DK1 843 + 187	2 728

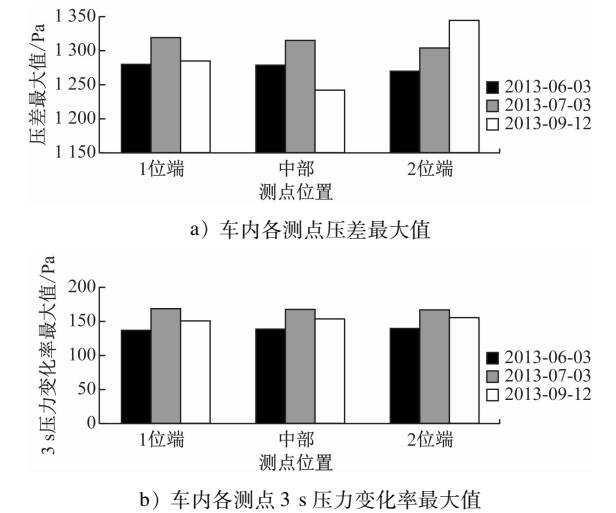


图 5 动车组列车通过大瑶山 3 号隧道时车内压力特征值统计图

Fig. 5 Statistical diagram of characteristic value of internal pressure when EMU train passes through Dayaoshan Tunnel 3

由图 5~11 可知:

1) 列车通过不同长度的隧道时,随着隧道长度的增加,3 508 m 以内压差明显增加,且 3 s 压力变化率有增大趋势;3 508 m 以后 3 s 压力变化率又有回落趋势;车内 3 个测点压差和 3 s 压力变化率变化趋势基本一致。

2) 车内 3 个测点压力特征值变化趋势基本一致;车内压力波动与运营里程、镟修周期关系不大;车内压差最大值为 1 344.5 Pa,3 s 压力变化率最大

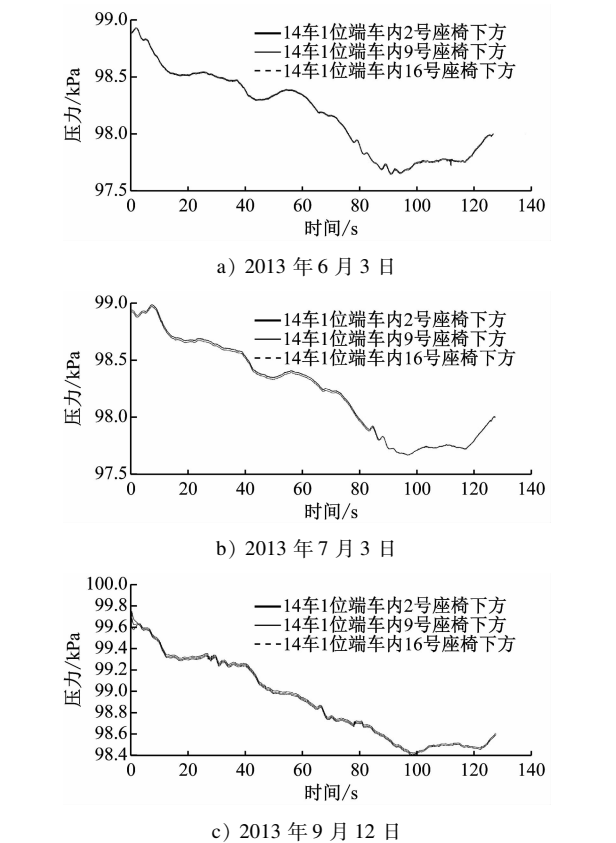


图 6 动车组列车通过大瑶山 3 号隧道时车内压力时域图

Fig. 6 Time domain diagram of internal pressure of of EMU train passing through Dayaoshan Tunnel 3

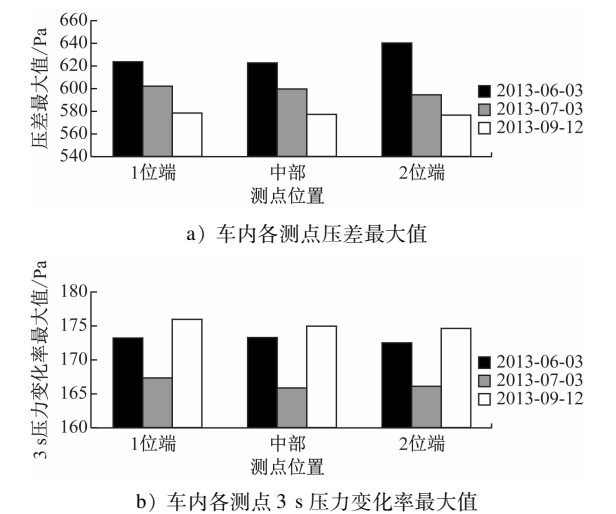


图 7 动车组列车通过吊钩岭隧道时车内压力特征值统计图

Fig. 7 Statistical diagram of characteristic value of internal pressure when EMU train passes through Diaogouling Tunnel

值为 247.9 Pa,均小于 1.25 kPa,满足相关气压舒适性标准的要求。

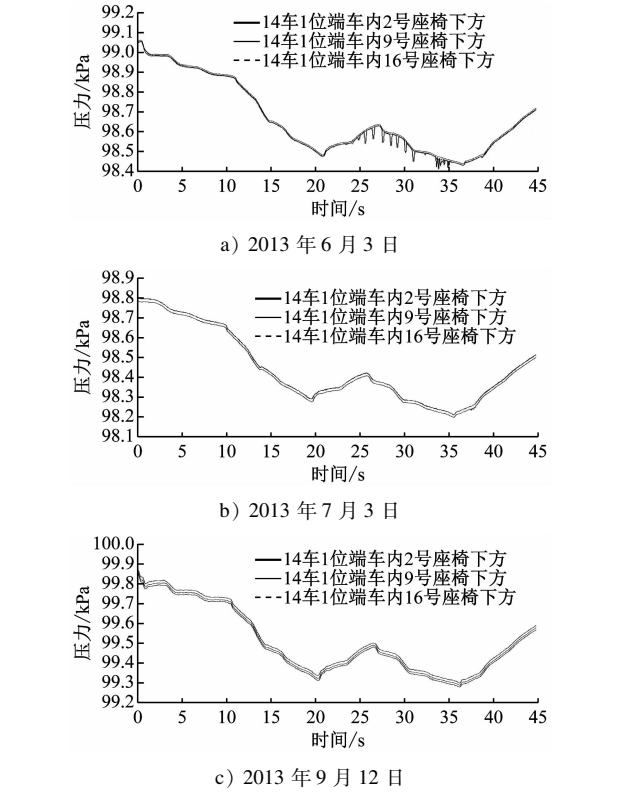


图8 动车组列车通过吊钩岭隧道时车内压力时域图

Fig. 8 Time domain diagram of internal pressure of EMU train passing through Diaogouling Tunnel

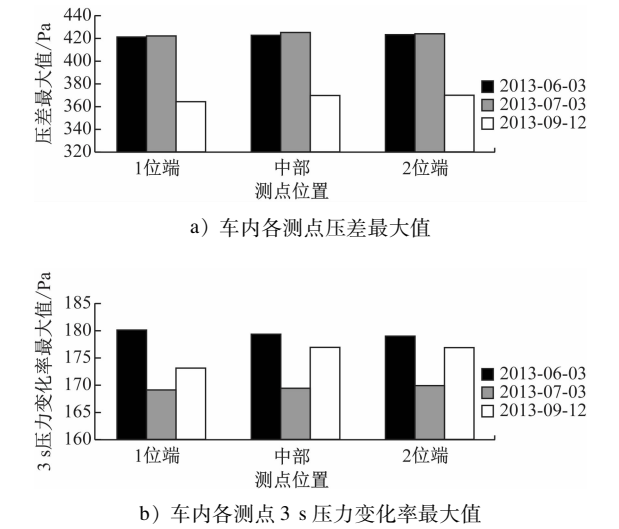


图9 动车组列车通过九子仙隧道时车内压力特征值统计图

Fig. 9 Statistical diagram of characteristic value of pressure in the train when EMU train passes through jiuzixian Tunnel

2.3 在明线会车时动车组列车车内压力分析

选取2013年6月3日上行明线会车和2013年9月11日下行明线会车数据,统计明线会车时动车

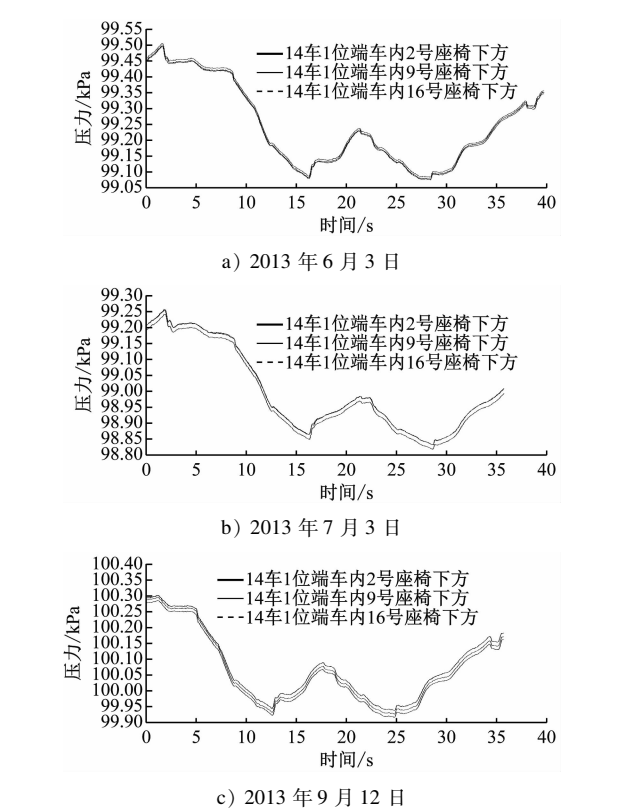


图10 动车组列车通过九子仙隧道时车内压力时域图

Fig. 10 Time domain diagram of internal pressure of EMU train passing through jiuzixian Tunnel

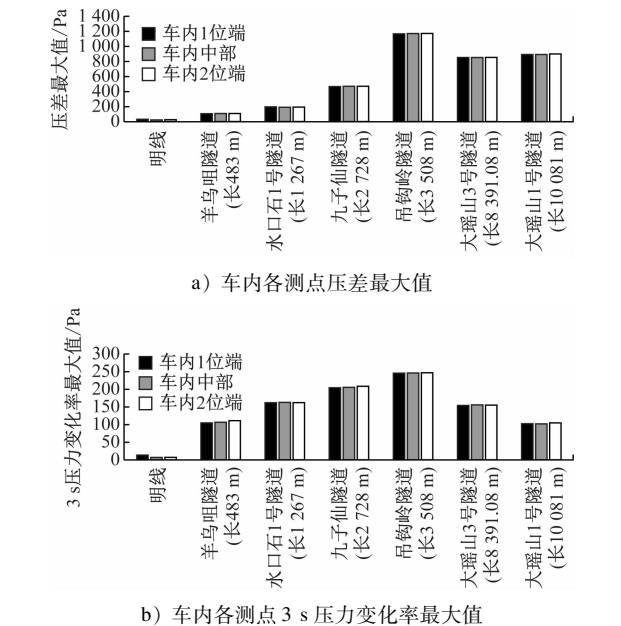


图11 动车组列车以300 km/h的速度运行时车内压力特征值统计图

Fig. 11 Statistical diagram of characteristic value of pressure in EMU train when running at the speed of 300 km/h

组列车车内压力波动特征值,包括车内压差和3 s

压力变化率最大值(见图 12~13),分析明线会车对动车组列车车内压力波动的影响。

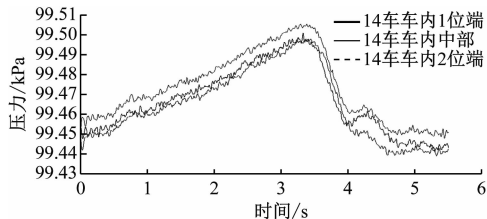


图 12 在上行明线会车时动车组列车车内压力波动时域图
Fig. 12 Time domain diagram of pressure fluctuation in EMU train when the upward open line meets

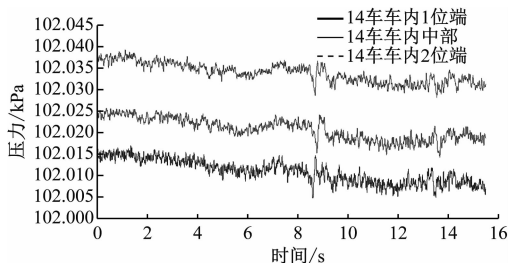


图 13 在下行明线会车时动车组列车车内压力波动时域图
Fig. 13 Time domain diagram of pressure fluctuation in EMU train when the downward open line meets

由图 12~13 可知,在明线会车对动车组列车车内压力影响较小,且其压力波动幅值和列车通过明线时在一个压力水平,压力差不超过 0.4 kPa,且上、下行线路规律基本一致。

3 结论

1) 车内 3 个测点压力波动特征值变化趋势基本一致,且车内压力波动与运营里程、镟修周期关系不大。

2) 动车组列车以相同运行速度通过不同长度的隧道,隧道长度在 3 508 m 以内时,车内压差明显增加,3 s 压力变化率呈增大趋势;隧道长度在 3 508

m 以上时,3 s 压力变化率有回落趋势,压差变化不大;车内压差最大值为 1 344.5 Pa,3 s 压力变化率最大值为 247.9 Pa,均小于 1.25 kPa,满足相关气压舒适性标准的要求。

3) 在明线会车对动车组列车车内压力影响较小,可忽略不计,说明动车组气密性较好。

参考文献

- [1] 王伟,祝巍. 高速列车整备车体工作模式测试与分析[J]. 国防交通工程与技术, 2017(2):4.
WANG Wei, ZHU Wei. Testing and analysis of work modal for the servicing body of a high-speed train[J]. National Defense Transportation Engineering and Technology, 2017(2):4.
- [2] 刘堂红,田红旗,金学松. 隧道空气动力学实车试验研究[J]. 空气动力学学报, 2008(1):5.
LIU Tanghong, TIAN Hongqi, JIN Xuesong. Experimental study of full-scale train on aerodynamics in tunnel[J]. Journal of Aerodynamics, 2008(1):5.
- [3] 蔡国华. 高速客车模型气动特性实验研究[J]. 实验流体力学, 2007(4):5.
CAI Guohua. An experimental research on aerodynamic characteristics of the high-speed passenger train model[J]. Journal of Experiments in Fluid Mechanics, 2007(4):5.
- [4] 田红旗. 列车空气动力学[M]. 北京:中国铁道出版社, 2007.
TIAN Hongqi. Train aerodynamics[M]. Beijing: China Railway Publishing House, 2007.
- [5] 刘加利. 高速列车气动噪声特性分析与降噪研究[D]. 成都:西南交通大学, 2013.
LIU Jiali. Study on characteristics analysis and control of aeroacoustics of high-speed trains[D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2013.
- [6] 吴东阁. 高速列车碰撞条件下的乘客安全性分析[D]. 成都:西南交通大学, 2015.
WU Dongge. Research on crashworthy passenger safety for high-speed trains[D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2015.

(收稿日期:2021-08-25)

欢迎投稿《城市轨道交通研究》

投稿网址:tougao. umt1998. com