

试
验
检
测

机车车辆用金属橡胶关节试验研究

彭立群, 林达文, 李 心, 张志强, 王 进

(株洲时代新材料科技股份有限公司, 湖南 株洲 412007)



摘 要:为解决机车车辆用金属橡胶关节研发中试验工装快速准备和大量重复性检测试验的技术难题,提出了一种基于PROE/EXCEL的工装模块化参数设计方法,设计了模块化试验工装并对多种不同结构产品进行了试验,实现了工装快速设计与装配,工作效率提高了35%,加工成本降低了30%,运用有限元分析与试验相结合的研究方法,总结出了影响产品刚度性能的主要因素,并对试验结果进行了验证,结果表明,计算结果与试验结果一致,分析结果可指导产品的设计与开发,达到了降低试验成本的目的。

关键词: 机车车辆; 金属橡胶关节; 试验研究; 模块化

中图分类号: U260.331⁺.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-128X(2012)05-0090-03

作者简介: 彭立群 (1983-), 男, 工程师, 长期从事机车车辆橡胶弹性元件试验研究及工装模块化设计工作。

Metal-rubber Bushing Test Research for Railway Vehicle

PENG Li-qun, LIN Da-wen, LI Xin, ZHANG Zhi-qiang, WANG Jin

(Zhuzhou Times New Material Technology Co., Ltd., Zhuzhou, Hunan 412007, China)

Abstract: To settle the hard technical problem of test device rapid preparation and a mass of repeated detecting tests in metal-rubber bushing R&D for railway vehicle, a modular test device parameter design method based on PROE/EXCEL was presented. Modular test device was designed to test different structure product, which realized rapid design and assemblage with improving work efficiency for 35%, decreasing cost for 30%. With combination study of finite-element analysis and test, main factor affecting product stiffness was summarized and test results were validated consistent with calculation. The analysis result could guide product design and development to reduce test cost.

Key words: railway vehicle; metal-rubber bushing; test study; modular

0 引言

金属橡胶关节是由橡胶和金属件硫化而成的弹性体,具有柔性连接、缓冲振动冲击的作用,故能同时承受径向、轴向、偏转等多向载荷,以达到减振降噪的目的,因此在机车车辆中广泛应用^[1-6]。在金属橡胶关节的研发过程中,试验工装的快速准备和大量重复性检测试验是一个技术难题。

1 橡胶关节结构及特点

橡胶关节主要由外套、橡胶层、内套3部分组成,见图1。它主要安装于机车车辆转向架,起牵引、悬挂、减振作用。

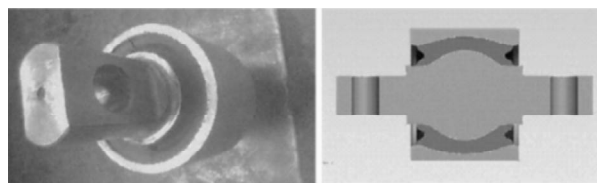


图1 金属橡胶关节结构

2 试验工装模块化设计

由于不同机车车辆上使用的橡胶关节都不一样,但大致结构和试验项目都一致,为提高装配效率和降低成本,可以对工装进行模块化设计。

为方便对工装进行模块化设计,提出了一种基于PROE/EXCLE的工装模块化参数设计方法,即在三维数字化环境下,利用三维设计软件建立零件标准模型,设计数据库和检索窗口,将标准模型特征尺寸参数化并

收稿日期: 2012-02-03; 收修稿日期: 2012-07-06

导入EXCEL。在设计新工装时, 只需输入设计参数, 即可输出新的工装模型和对应的工程图, 同时将试样模型在工装模型上进行数字化预装配, 检查定位与安装中的干涉现象, 进行模拟仿真装配, 继续完善工装模型。

运用该方法设计的产品刚度和疲劳试验工装分别如图2、图3所示, 这些工装可满足不同种类橡胶关节产品的试验要求。

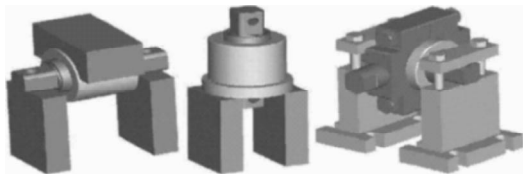


图2 三向刚度试验工装

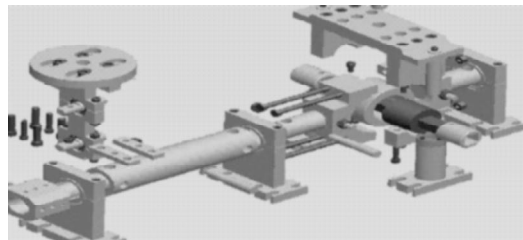


图3 复合加载疲劳试验工装

3 试验研究

3.1 刚度试验

径向加载70 kN, 计算0~70 kN间的刚度; 轴向加载使之轴向变形2 mm, 计算0~2 mm间的刚度; 偏转2°, 计算0~2°间刚度。

3.2 疲劳试验

径向加载40 kN, 频率2 Hz, 偏转±5°, 频率2 Hz, 循环加载100万次。

3.3 试验结果

该橡胶关节参数如下: 橡胶硬度55, 厚度9.06 mm, 自由面倒角R2, 芯轴凸圆弧R28。将上述试验参数建立有限元模型结合试验来分析影响产品性能的因素。试验得出径向刚度为35.13 kN/mm, 轴向刚度为3.50 kN/mm, 偏转刚度为30.56 N·m/(°), 100万次疲劳试验后, 各项刚度变化率均小于15%。

3.4 结果分析及讨论

3.4.1 建立分析模型

橡胶金属关节1/2有限元模型及网格划分见图4。

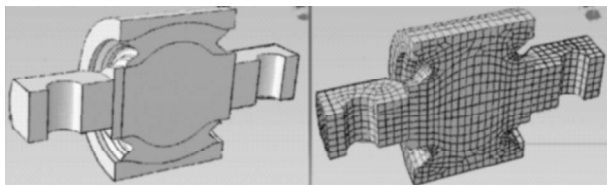


图4 橡胶金属关节1/2有限元分析模型

金属材料弹性模量为2.1e5 MPa, 泊松比0.3, 橡胶的硬度为65° sha, 橡胶材料仿真分析参数 $C_{10}=0.47$, $C_{01}=0.12$, $D_1=0.0001$ 。

3.4.2 径向刚度性能

径向加载70 kN, 计算0~70 kN的区间刚度为32.31 kN/mm, 橡胶层最大应力出现圆弧顶点处, 通过分析不同结构的橡胶关节得出: 在一定载荷、相同胶料硬度下, 橡胶层越厚, 绝对变形越大, 刚度就越小。

径向性能分析图见图5, 径向刚度试验曲线与FEA曲线比对见图6。

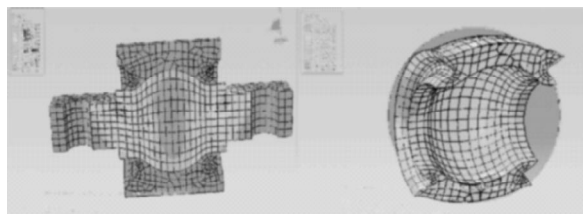


图5 径向性能分析图

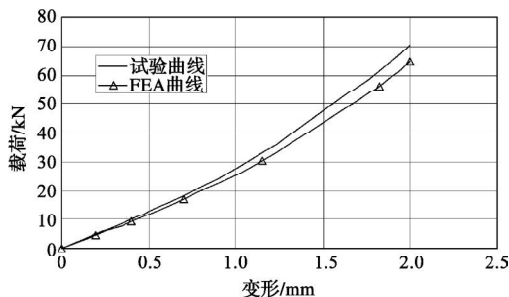


图6 径向刚度试验曲线与FEA曲线比对

3.4.3 轴向刚度性能

轴向加载使之变形2 mm, 计算0~2 mm区间的刚度为3.22 kN/mm, 影响产品轴向刚度的因素除橡胶层厚度外, 芯轴中部的凸圆弧设计也是主要因素。研究表明: 凸圆弧越大, 其轴向可缩量就越小, 刚度就越大。轴向性能分析图见图7, 轴向刚度试验曲线与FEA曲线比对见图8。

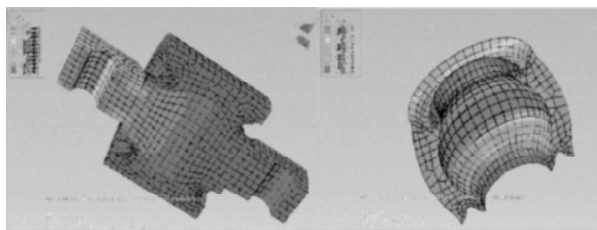


图7 轴向性能分析

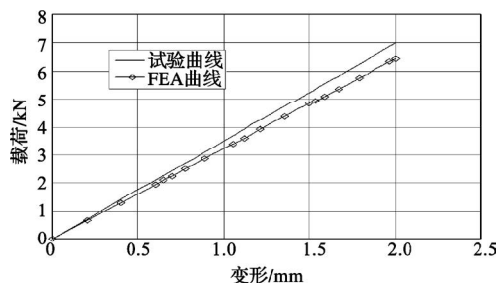


图8 轴向刚度试验曲线与FEA曲线比对

3.4.4 偏转刚度性能

偏转2°, 计算0~2°区间的刚度为28.14 N·m/(°), 影响偏转刚度的主要因素是橡胶自由端面结构。研究

表明：橡胶自由端面倒角越大，其偏转变形就越大，刚度就越小。偏转性能分析见图9，偏转刚度试验曲线与FEA曲线比对见图10。

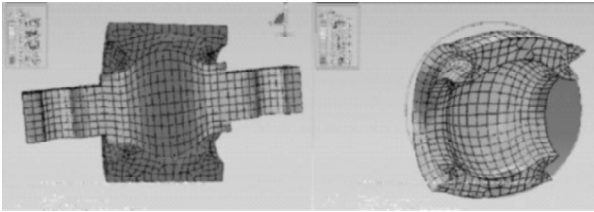


图9 偏转性能分析图

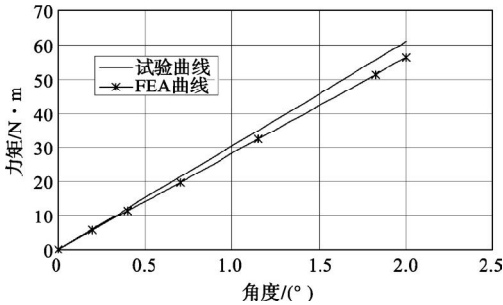


图10 偏转刚度试验曲线与 FEA 曲线比对

3.4.5 结果分析

FEA 分析结果与试验结果比对见表1。由表1可知，FEA 分析结果与试验结果尽管存在一定误差，但其误差在允许范围内，其主要原因有：①分析模型是将产品处于理想状态，没有考虑产品的缺陷、预加载、安装位置偏差等因素，从而产生一定的误差。②由于 Mullins 效应的存在，橡胶材料会出现应力软化现象，对径向刚度分析结果影响较大^[2]。③选择用不同的本构模型和橡胶材料仿真分析参数，对分析结果也会产

生一定的误差。

表1 FEA分析结果与试验结果比对

项目	FEA 分析结果	试验结果
径向刚度 / $\text{kN}\cdot\text{mm}^{-1}$	32.31	35.13
轴向刚度 / $\text{kN}\cdot\text{mm}^{-1}$	3.22	3.50
偏转刚度 / $\text{N}\cdot\text{m}(\text{ }^{\circ})^{-1}$	28.14	30.56

4 结论

通过对多种不同种类的橡胶关节进行试验和分析比较，总结出橡胶层厚度、内部结构、橡胶自由面倒角是影响产品刚度性能的主要因素，分析结果与试验结果一致，相应的试验方法和分析结果，可为橡胶关节类产品开发和试验起一定指导作用。模块化试验工装通用性强、装配方便、工作效率提高了35%、加工成本降低了30%，达到了降本增效的目的，该设计理念可为试验室同类试验方案的设计起指导作用。

参考文献：

[1] 王 进, 彭立群. 轨道交通用橡胶关节的结构与特性 [J]. 世界橡胶工业, 2006, 33(8): 22-25.
[2] 卜继玲, 黄友剑. 轨道车辆橡胶弹性元件设计计算方法 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 2010.
[3] 李 心, 付茂海, 林达文, 王 进. 电机传动工况下吊杆球铰试验载荷分析 [J]. 机车电传动, 2011(3): 65-67.
[4] 张春良, 许呈祥, 唐先贺. SS7E 机车新轴箱拉杆设计 [J]. 机车电传动, 2012(2): 18-20.
[5] 董黎生, 雷 成. 提速车辆转向架橡胶金属关节刚度分析 [J]. 铁道车辆, 2008, 46(10): 4-7.
[6] 王 进, 彭立群. 机车车辆用轴箱弹簧 [J]. 铁道机车车辆, 2008, 28(6): 41-42.

(上接第89页)

3 结语

文中给出了一种基于SIFT特征点检测实现高速列车车顶瓷瓶识别的方法。该方法能够实现瓷瓶定位的准确度要求，节约了整个瓷瓶识别过程的时间，为高速列车瓷瓶识别提供了一种新的途径，具有可行性和有效性。该方法具有如下特点：采用对数图像增强法，提高了检测瓷瓶的环境适应能力；采用SIFT特征点识别瓷瓶具有尺度不变性，降低了瓷瓶识别的误差率。对采集图像数据库中大量车顶瓷瓶图像进行检测，对大多数试验都能达到预期效果，特征点检测大多聚集在瓷瓶上。对于拍摄效果良好、瓷瓶外观标准的图像，系统能很好地检测并得到结果；在存在泥沙等噪声干扰时效果较好，在拍摄光线不佳时，效果一般，而在瓷瓶表面不平整、釉层不均匀时检测效果相对较差。总体来说，通过对瓷瓶图像进行实际SIFT特征点检测结果统计，该方法可以实现列车车顶瓷瓶识别，具有实用性。

参考文献：

[1] 王立新, 卫志刚, 孙丙新, 等. 变电站支柱绝缘子超声波检测工艺方法的选择和试验分析 [J]. 无损检测, 2006, 28(12): 636-640.
[2] David G Lowe. Object recognition from local scale-invariant features [J]. Proceedings of the International Conference on Computer Vision, 1999, 2: 1150-1157.
[3] David G Lowe. Distinctive Image Features from Scale-Invariant Key points [J]. International Journal of Computer Vision, 2004, 60(2): 91-110.
[4] Brown M, Lowe D G. Invariant features from interest point groups [M]. Cardiff, Wales: British Machine Vision Conference, 2002: 656-665.
[5] Matthew Toews, William M Wells III, D Louis Collins. Feature-based Morphometry: Discovering Group-related Anatomical Patterns [J]. NeuroImage, 2009, 49 (3): 2318-2327. doi:10.1016/j.neuroimage.2009.10.032. PMID 19853047.
[6] Mikolajczyk K, Schmid C. A performance evaluation of local descriptors [J], IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2005, 10(27): 1615-1630.
[7] 康燕妮, 黄 欢, 朱玉艳, 来沛剑. 基于SIFT的超分辨率图像配准及MATLAB实现 [J]. 电脑知识与技术, 2009, 5(28): 8031-8033.