

中心销板式牵引装置的试验设计与研究

彭立群^{1,2}, 林达文^{1,2}, 陈刚^{1,2}, 王进^{1,2}

(1. 株洲时代新材料科技股份有限公司, 湖南 株洲 412007; 2. 国家轨道交通高分子材料及制品质量监督检验中心, 湖南 株洲 412007)

摘要:介绍中心销板式牵引装置的结构和原理,设计新型系统加载试验方案,研究牵引装置的纵向刚度、垂向刚度、横向刚度和耐疲劳性能,并与传统牵引橡胶堆组对试验进行分析对比。试验结果表明:试验设计与实际工况一致,系统加载试验能准确反映出牵引装置的力学性能;牵引装置的刚度小于牵引橡胶堆组对,且各项性能满足要求;试验研究成果可为牵引装置类产品的设计和试验提供参考。

关键词:销板式牵引装置;力学性能;试验设计;刚度

中图分类号: TQ330.1⁺6

文献标志码: A

文章编号: 2095-5448(2019)03-0140-06

DOI: 10.12137/j.issn.2095-5448.2019.03.0140

中心销板式牵引装置是一种新型的轨道车辆牵引减振部件,主要由橡胶件和金属杆体组成,用于连接机车车体与转向架,将轮轨间相互作用产生的牵引力或制动装置产生的制动力传递到车体,通过车钩实现列车牵引或制动^[1]。中心销板式牵引装置在装车前必须对其力学性能进行检测,尤其是刚度和耐疲劳性能的检测。为确保车辆的安全性和驾驶舒适性,需对牵引装置进行合理、全面的试验。

目前,牵引装置的试验研究大都局限于拉杆式,而销板式牵引装置的研究较少^[2-8]。受试验装置的影响,销板式牵引装置通常采用其零件进行试验,这种试验方法不仅成本高、周期长,而且无法系统表征牵引装置的力学性能。因此,本工作以国内某企业送检的中心销板式牵引装置为例,设计新型系统加载试验方案,对该牵引装置的力学性能进行研究,以期改善车辆转向架动力学性能提供参考。

1 牵引装置

牵引装置按结构主要可分为拉杆式牵引装置(见图1)和中心销板式牵引装置(见图2),其中拉

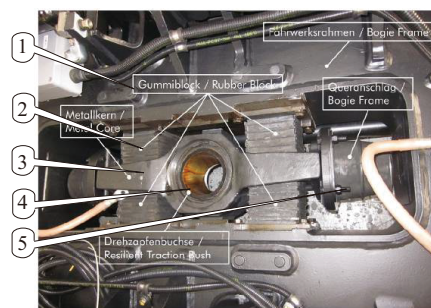


(a) 单拉杆



(b) 双拉杆

图1 拉杆式牵引装置



1—构架; 2—牵引橡胶堆; 3—中心销板; 4—橡胶球铰;
5—橡胶止档。

图2 中心销板式牵引装置

杆式包括单拉杆和双拉杆式。

(1) 单拉杆式牵引装置。由金属连杆、橡胶关

作者简介: 彭立群(1983—),男,湖南永州人,株洲时代新材料科技股份有限公司高级工程师,学士,主要从事轨道交通车辆转向架系统部件的试验设计与研究工作。

E-mail: pengliqun@csrzc.com

节和牵引座组成。这种牵引方式结构简单、占用空间小。

(2) 双拉杆式牵引装置。由左右牵引杆、中心销球铰、销座和固定座组成。这种牵引方式对中性好,转向架回转灵活,不会造成附加的横向力。

(3) 中心销板式牵引装置。安装于车辆转向架底部,通过中心销板内的锥形橡胶节点与销板连接,销板通过4个牵引橡胶堆与构架连接。该牵引装置由于在中心销板内有橡胶节点,可以缓解车体和转向架之间在车辆运行时的冲击,减少噪声的传递。中心销板不仅是承载件,还是吊装部件。这种牵引方式结构简单、质量小、安装空间小、方便装卸,具有较好的维护性。但由于牵引点较高,轴重转移较大,导致车辆粘着质量利用率较低。

图3示出了两种不同结构中心销板式牵引装置。图4示出了两种不同结构中心销板式牵引装置的减振件。其中,锥形橡胶节点是一种由金属外套、内套、橡胶复合而成的弹性体;牵引橡胶堆是由金属端板、隔板、橡胶复合而成的弹性体。

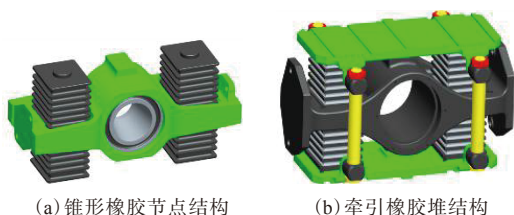


图3 两种不同结构中心销板式牵引装置

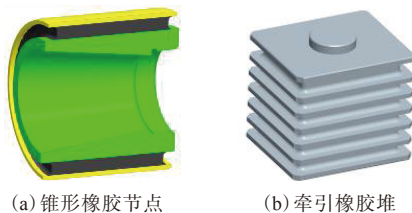


图4 两种不同结构中心销板式牵引装置的减振件

2 实验

2.1 试验标准

目前,有关中心销板式牵引装置试验的标准包括TB/T 2843—2015《机车车辆用橡胶弹性元件通用技术条件》、EN 13913—2003《铁路应用 橡胶悬挂元件 弹性体机械部件》、JIS E 4710—1995《铁道机车车辆橡胶隔振器通则》等,其具体试验

按《中心销板式牵引装置试验大纲》执行。

2.2 试验方案

试验方案主要为零件试验和部件试验,其中零件试验指将牵引装置拆成零件分别进行试验;部件试验指将铰接装置作为一个系统进行试验,包括纵向性能、垂向性能和横向性能试验。

2.2.1 零件试验

将牵引装置拆成中心销球铰和牵引橡胶堆分别进行刚度试验(见图5)。中心销球铰的刚度试验包括径向和轴向刚度,牵引橡胶堆的刚度试验包括垂向、横向和纵向刚度。这种试验方式结构简单,但试验成本高、周期长,且不能反映整个牵引装置的刚度性能。

2.2.2 部件试验

(1) 纵向性能试验(见图6)。包括牵引橡胶堆和牵引装置试验。

牵引橡胶堆试验是指设计专用试验工装实现

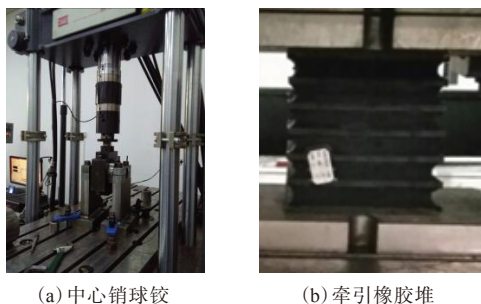
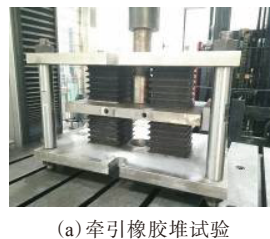


图5 零件的刚度试验



(a) 牵引橡胶堆试验



纵向刚度试验



纵向疲劳试验

(b) 牵引装置试验

图6 部件纵向性能试验

4个橡胶堆组对垂向预压缩,再施加垂向载荷,测试橡胶堆组对的纵向刚度。这种试验方式结构简单、安装方便,但不能反映牵引装置的纵向刚度。

牵引装置试验分为纵向刚度和纵向疲劳试验。纵向刚度试验指设计将中心销球铰压装于中心销板内,然后与橡胶堆组对安装形成一个模拟牵引装置,通过预压锁紧装置实现垂向预压缩,然后通过电子万能试验机对中心销芯轴施加拉压静载荷,测试整个牵引装置的刚度性能。这种试验方式结构相对复杂,但能反映牵引装置的纵向刚度性能。纵向疲劳试验原理与纵向刚度试验一致,其差别为纵向疲劳试验采用液压缸对中心销芯轴施加一定频率的动态载荷,测试牵引装置的耐久性能。

(2)垂向性能试验(见图7)。包括橡胶堆试验和系统试验。

橡胶堆试验利用组合加载试验台垂向油缸对橡胶堆施加垂向预载并保持不变,然后沿橡胶堆短边方向施加水平剪切位移,测试橡胶堆的垂向刚度。这种试验方式结构简单,但不能反映牵引装置的垂向刚度。

系统试验将整个模拟牵引装置安装于试验机中心,首先施加垂向预载,然后沿中心销芯轴施加水平剪切位移,测试牵引装置垂向刚度。这种试验方式符合实际装车工况,测试的垂向刚度数据更为准确。



(a) 橡胶堆试验



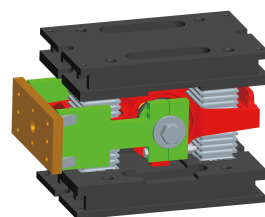
(b) 系统试验

图7 部件垂向性能试验

(3)横向性能试验(见图8)。包括橡胶堆试验和系统试验。



(a) 橡胶堆试验



(b) 系统试验

图8 部件横向性能试验

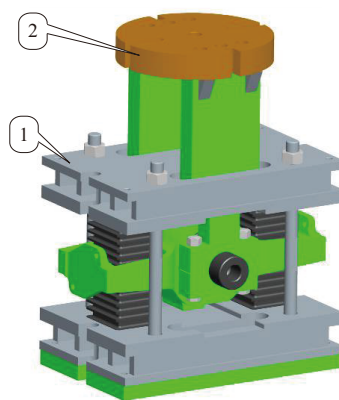
橡胶堆试验对橡胶堆施加垂向预载,保持不变,然后沿橡胶堆长边方向施加水平剪切位移,测试橡胶堆的横向刚度。这种试验方式结构简单,但不能反映牵引装置的横向刚度。

系统试验将整个模拟牵引装置安装于试验机中心,首先施加垂向预载,然后沿中心销板长边施加水平剪切位移,测试牵引装置的横向刚度。

2.3 试验装置

试验装置(见图9)由预压装置和加力装置组成,为模块化、标准化结构,方便组装和拆卸。

(1)预压装置(见图10)。由上固定板、牵引橡胶堆、中心销板、中心销球铰、锁紧螺栓、下固定板



1—预压装置;2—加力装置。

图9 试验装置示意

组成,是试验装置核心部件,其作用是实现牵引橡胶堆的预压缩,完成中心销球铰的安装,构成一个模拟牵引装置。

(2) 加力装置(见图11)。由加力圆盘、侧支撑、锁紧螺栓、锥形芯轴组成,其作用是将垂向油缸的载荷通过锥形芯轴传递给牵引装置,模拟车辆的纵向牵引力。

2.4 强度计算

利用有限元分析软件ABAQUS对工装关键承载件和橡胶件的静态特性求解。金属材料弹性模量为 2.1×10^5 MPa,泊松比为0.3,橡胶材料的邵尔A型硬度为65度,本构模型参数 $C_{10}=0.47$, $C_{01}=0.12$, $D_1=0.0001$ 。

将PROE5.0三维模型导入ABAQUS PART模块得到计算模型,在load模块施加载荷,得出牵引装置轴箱(应力云图如图12所示)的最大应力为75 MPa,发生于销体两侧对称处;橡胶堆(应力云图如图13所示)的最大应力为10 MPa;加力架(应力云图如图14所示)的最大应力为173 MPa,发生于侧



图12 轴箱应力云图

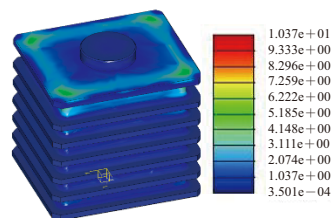


图13 橡胶堆应力云图

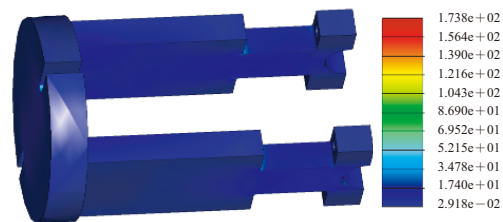


图14 加力架应力云图

板中间处。金属件最大应力均小于材料应力要求值,满足试验要求。橡胶件最大应力在允许范围内,满足使用要求。

3 结果与讨论

3.1 纵向刚度试验

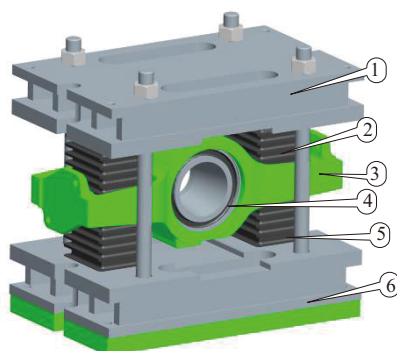
3.1.1 试验方法

预加载,首先施加预压载荷使橡胶堆处于240 mm工作高度,纵向以 $120 \text{ kN} \cdot \text{min}^{-1}$ 的速度加载到120 kN,连续加载3次,间隔2 min,正式加载1次,记录载荷与变形曲线,计算1~120 kN区间的刚度。

3.1.2 结果分析

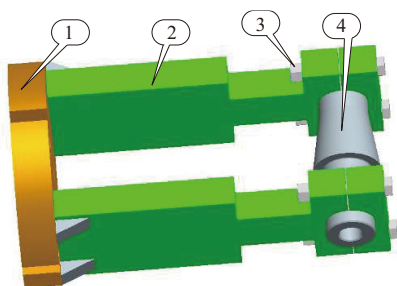
纵向刚度对应中心销球铰的径向刚度和牵引橡胶堆的垂向刚度。牵引装置和牵引橡胶堆组对的纵向刚度曲线如图15所示,纵向刚度分别为12.83和13.52 $\text{kN} \cdot \text{mm}^{-1}$ 。

(1) 刚度特性。纵向刚度分为区间刚度和切线刚度,牵引装置一般计算区间刚度。由图15可知,牵引橡胶堆组对纵向刚度大于牵引装置纵向刚度,这是由于牵引装置在牵引橡胶堆的基础上增加了中心销球铰,而中心销球铰的径向刚度一



1—上固定板;2—牵引橡胶堆;3—中心销板;4—中心销球铰;
5—锁紧螺栓;6—下固定板。

图10 预压装置示意



1—加力圆盘;2—侧支撑;3—锁紧螺栓;4—锥形芯轴。

图11 加力装置示意

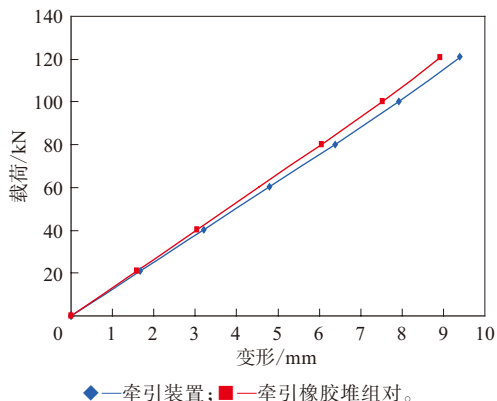


图15 牵引装置和牵引橡胶堆组对的纵向刚度曲线

般小于橡胶堆垂向刚度,在同等载荷条件下,牵引装置的变形大于橡胶堆变形,因此其刚度较小。

(2) 线性关系。表示产品纵向载荷与变形关系的重要参数。由图15可知,牵引装置和牵引橡胶堆组对的纵向刚度曲线光滑无异常,且变形均随载荷的增大而增大,这表明牵引装置为线性减振件。

(3) 产品外观。评判产品性能最直接的方法。由图15可知,两种加载曲线在加载过程中未出现载荷或位移突变等异常,且产品金属件未出现开裂或断裂现象,橡胶件未出现金属与橡胶开裂、粘合失效等异常。这表明牵引装置具有较好的纵向性能。

3.2 横向刚度试验

3.2.1 试验方法

预加载,首先施加预压载荷使橡胶堆处于240 mm工作高度,横向以 $60 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ 的速度加载 $\pm 60 \text{ mm}$,连续加载3次,间隔2 min,正式加载1次,记录载荷与变形曲线,计算10~40 mm区间的刚度。

3.2.2 结果分析

横向刚度对应牵引装置中心销球铰的径向刚度和牵引橡胶堆的横向刚度。牵引装置和牵引橡胶堆的横向刚度曲线如图16所示,横向刚度分别为 0.20 和 $0.21 \text{ kN} \cdot \text{mm}^{-1}$ 。

(1) 刚度特性。由图16可知,牵引橡胶堆横向刚度大于牵引装置横向刚度,这是由于牵引装置在牵引橡胶堆的基础上增加了中心销球铰,而中心销球铰的轴向刚度一般小于橡胶堆横向刚度,在同等载荷条件下,牵引装置的变形大于橡胶

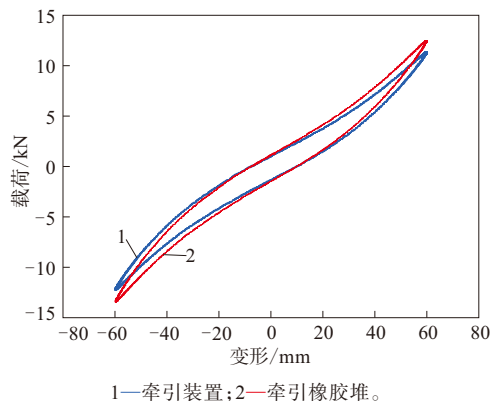


图16 牵引装置和牵引橡胶堆的横向刚度曲线

堆变形,因此其刚度减小。

(2) 线性关系。由图16可知,牵引装置和牵引橡胶堆的横向变形均随载荷增大呈非线性增大,当变形大于40 mm后增幅减小,这表明横向刚度呈非线性,在不同变形区间表现出变刚度。

(3) 产品外观。由图16可知,两种加载曲线在加载过程中均未出现异常,在实际加载过程中产品橡胶件最大变形达60 mm,但产品金属件未出现开裂或断裂现象,橡胶件未出现金属与橡胶开裂、粘合失效等异常。这表明牵引装置横向性能满足要求。

3.3 垂向刚度试验

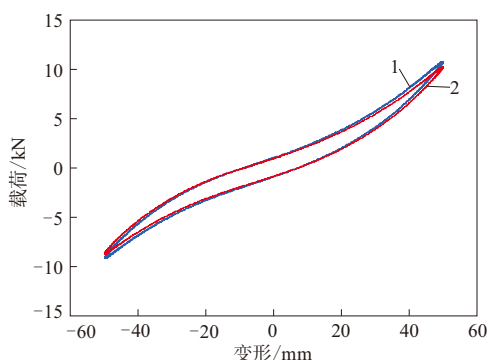
3.3.1 试验方法

预加载,首先施加预压载荷使橡胶堆处于240 mm工作高度,垂向以 $50 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ 的速度加载 $\pm 50 \text{ mm}$,连续加载3次,间隔2 min,正式加载1次,记录载荷与变形曲线,计算10~40 mm区间的刚度。

3.3.2 结果分析

垂向刚度对应牵引装置中心销球铰的径向刚度和牵引橡胶堆的横向刚度。牵引装置和牵引橡胶堆的垂向刚度曲线如图17所示,垂向刚度分别为 0.15 和 $0.16 \text{ kN} \cdot \text{mm}^{-1}$ 。

由图17可知,相比于横向和纵向刚度,垂向刚度较小,这是因为在车辆一系悬挂中垂向载荷主要由一系钢弹簧承担,轴箱垂向刚度为辅助定位作用。同时,垂向变形随载荷增大呈非线性增大,这表明垂向刚度呈非线性,在载荷区间内表现出变刚度。



注同图16。

图17 牵引装置和牵引橡胶堆的垂向刚度曲线

3.4 纵向疲劳试验

3.4.1 试验方法

施加预压载荷使橡胶堆处于240 mm工作高度,纵向施加 ± 100 kN载荷,频率为1 Hz,循环加载100万次。

3.4.2 结果分析

纵向疲劳试验后纵向刚度变化率为10.2%,橡胶件和金属件均未破坏或出现异常,这表明中心销板式结构牵引装置具有较好的纵向耐久性能,满足车辆牵引和制动工况的要求。

4 结语

(1)通过对中心销板式牵引装置的结构和原

理分析,设计牵引装置与牵引橡胶堆2种试验方案,为牵引装置类产品的试验设计提供参考。

(2)中心销板式牵引装置的纵向刚度呈线性,垂向刚度和横向刚度呈非线性,耐纵向疲劳性能满足要求,其中牵引装置的刚度均小于牵引橡胶堆。

(3)该试验设计方案能够模拟实际工况进行试验,达到预期目的,具有一定的推广应用价值。

参考文献:

- [1] 安琪,李芾.我国机车牵引装置模式研究[J].电力机车与城轨车辆,2006,29(4):11-13.
- [2] 周立秋,颜志军.地铁转向架牵引装置设计探讨[J].现代机械,2013(1):33-35.
- [3] 彭立群,王进,林达文.一种轨道车辆牵引拉杆组合加载试验方法及装置[P].中国:CN 103698121B,2015-11-04.
- [4] 彭立群,林达文.双层动车组转向架扭杆弹性元件试验设计与研究[J].铁道机车车辆,2015,35(2):51-53.
- [5] 彭立群,林达文.EMU250转向架一系悬挂试验设计与研究[J].铁道机车车辆,2014,34(6):45-47.
- [6] 彭立群,林达文.跨坐式单轨车转向架牵引机构试验设计与研究[J].铁道机车车辆,2014,34(2):70-73.
- [7] 彭立群,林达文.轨道车辆抗侧滚扭杆系统3点协调加载试验研究[J].铁道机车车辆,2013,33(3):41-43.
- [8] 王进,谭帅霞,林达文.轨道交通橡胶弹性元件配方分析和性能试验技术[M].北京:中国铁道出版社,2013.

收稿日期:2018-10-16

Experimental Design and Research of Center Pinned Plate Type Traction Device

PENG Liqun^{1,2}, LIN Dawen^{1,2}, CHEN Gang^{1,2}, WANG Jin^{1,2}

(1. Zhuzhou Times New Material Technology Co., Ltd., Zhuzhou 412007, China; 2. National Rail Transit Polymer Materials and Products Quality Supervision and Inspection Center, Zhuzhou 412007, China)

Abstract: In this paper, the structure and principle of the center pinned plate type traction device were presented, a new system loading test plan was designed, the longitudinal stiffness, vertical stiffness, lateral stiffness and fatigue resistance of the traction device were studied, and the test results were compared with the traditional rubber pile traction device. The test results showed that the test design was consistent with the actual working conditions. The system loading test could accurately examine the mechanical properties of the traction device. It was found that the stiffness of the traction device was smaller than that of the rubber pile traction device, and the performance met the requirements. The experimental research results provided valuable reference for the design and testing of traction products.

Key words: pinned plate type traction device; mechanical properties; experimental design; stiffness