

轨道车辆转向架连杆组件试验设计与研究

刘国钧^{1,2}

(1 株洲时代新材料科技股份有限公司 湖南 株洲 412007;
2 株洲轨道交通高分子材料及制品质量检验检测中心 湖南 株洲 412007)

摘要: 对连杆组件进行力学性能试验是改善转向架动力学性能的重要手段。本文分析了两种不同结构的连杆组件,设计了一种新型的连杆组件垂向与横向双向加载试验方案,并与传统的单向加载、导柱式、导轨式和弧线加载试验方案进行分析对比,重点通过新型方案研究了不同横向位移、垂向动载、环境温度对连杆组件承载性能的影响。结果表明:试验设计与实际工况一致,新型方案更能准确反映出连杆组件的力学性能,牵引组件在不同试验工况下均具有较好的承载性能。

关键词: 轨道车辆; 连杆组件; 力学性能; 试验研究

0 引言

在转向架二系悬挂中安装抗侧滚扭杆是解决车体侧滚振动问题的措施之一。连杆组件是动车组转向架抗侧滚扭杆中的重要部件,它将车体和安装在转向架上的抗侧滚扭杆联系在一起,传递车体侧滚运动产生的作用力与反作用力,连杆组件的力学性能对整车的运行品质具有重要意义^[1-4]。连杆组件在装车前必须对其力学性能进行检测,尤其是疲劳性能,为确保车辆的舒适性和安全性,更需要对其进行合理、全面的试验。

连杆组件是一种既承受垂向载荷,又承受横向位移的系统部件,对其进行疲劳试验,试验设计必须要同时满足垂向和横向双向动态加载的要求。目前大都采用单一垂向加载或安装于抗侧滚扭杆中作为系统进行疲劳试验,其中单一垂向加载试验无法准确表征疲劳性能,而系统疲劳试验成本高、开发周期长。文章应国内某公司送检的某型号连杆组件快速研发项目的要求,不仅设计了一种新型的连杆组件双向加载试验方案,而且研究了不同横向位移、垂向动载、环境温度对连杆组件疲劳性能的影响,为改善转向架动力学性能提供参考。

1 二系悬挂及连杆组件

抗侧滚扭杆通过连杆实现车体与转向架连接,同时与空气弹簧配合形成转向架二系悬挂最重的减振系统,克服空气弹簧垂向刚度少导致侧滚角增加的缺点,约束车辆车体相对于转向架的侧滚(图1)。

连杆组件按结构分为橡胶节点类和金属关节类型

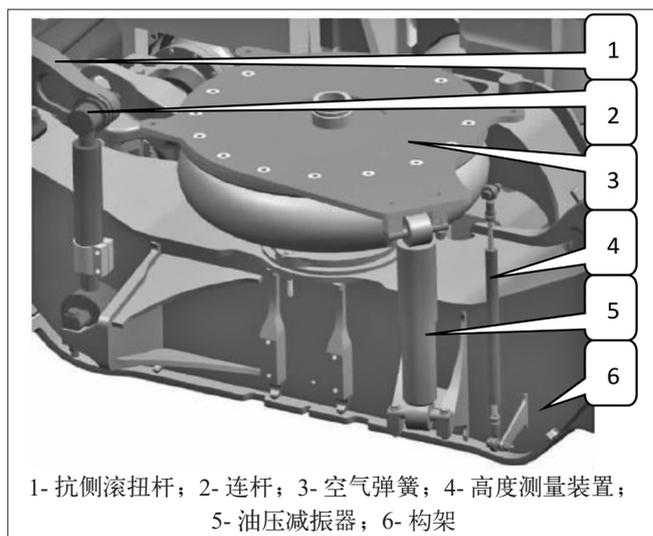


图1 转向架二系悬挂

两种,分别如图2和图3所示。其中橡胶节点类连杆组件主要由橡胶球铰和杆体组成,杆体一般为整体铸造,在两端压装橡胶球铰,这种方式结构简单,不仅可以传递载荷,而且具有一定的减振作用,主要应用于对振动和噪声有较高要求的车辆转向架。

金属关节类连杆组件主要由关节轴承、防尘罩、球头、杆体和锥销组成,这种方式装配复杂,但连杆具有较大的自由偏转角度,转向性能好,且为刚性连接在载荷传递过程中无位移损耗,主要应用于系列动车组转向架,下面将重点介绍金属关节类连杆。

2 试验

2.1 试验标准

目前有关动车组连杆组件试验的标准有中国铁路

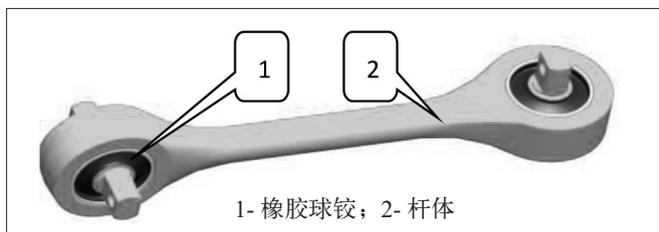


图2 橡胶节点连杆组件

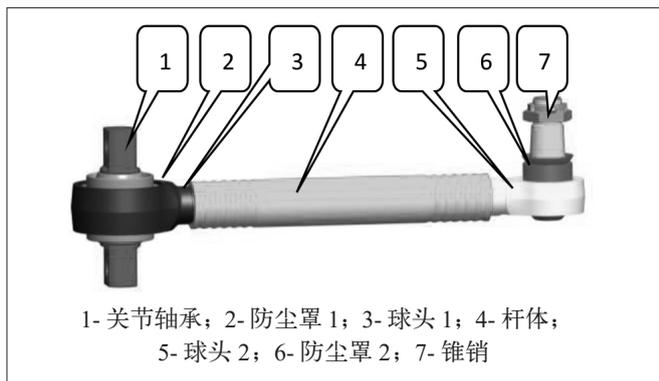


图3 金属关节类连杆组件

总公司标准 TJ/CL 282-2013《动车组连杆组件组成》、TJ/CL 278-2013《动车组抗侧滚扭杆》、TJ/CL 290-2013《轴箱定位节点》、欧洲标准 BS EN 13913-2003《铁路用橡胶牵引杆—基于弹性体的机械部件》、日本工业标准 JIS E 4710-1995《铁道机车车辆橡胶隔振器通则》等，具体试验按《动车组连杆组件试验大纲》执行。

2.2 试验方案

连杆组件力学性能主要包括静态和疲劳试验。

单向加载试验：设计专用的上、下端固定座，其中下端固定于试验机平台，上端与试验机垂向油缸连接，施加单一的垂向动载对连杆组件进行疲劳试验，如图4所示。这种方式结构简单，试验成本低，但无法施加横向载荷，也是国内试验室目前最常用的技术手段。

导柱式：装置由连接座、安装座、侧拉杆、导向座、导柱、滑动轴承、连接块组成，如图5所示。所述的导柱放置于安装座内且两端设计有滑动轴承，这种结构不仅能施加垂向拉压动载，而且可以施加横向位移，满足了双向加载试验的要求。

导轨式：装置由连接座、连杆组件、安装座、平台、导轨、底板组成，如图6所示。试验原理与导柱式基本一致，设计两条直线导轨来代替原有的导柱，达到双向加载试验的要求，这种方式结构简单，操作方便，但导轨承受拉伸动载的能力较差，适用于垂向压缩动载与横向双向加载的疲劳试验。

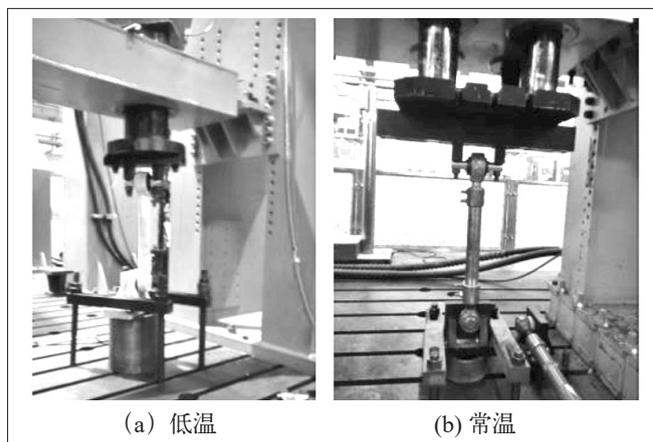


图4 单向加载试验装置

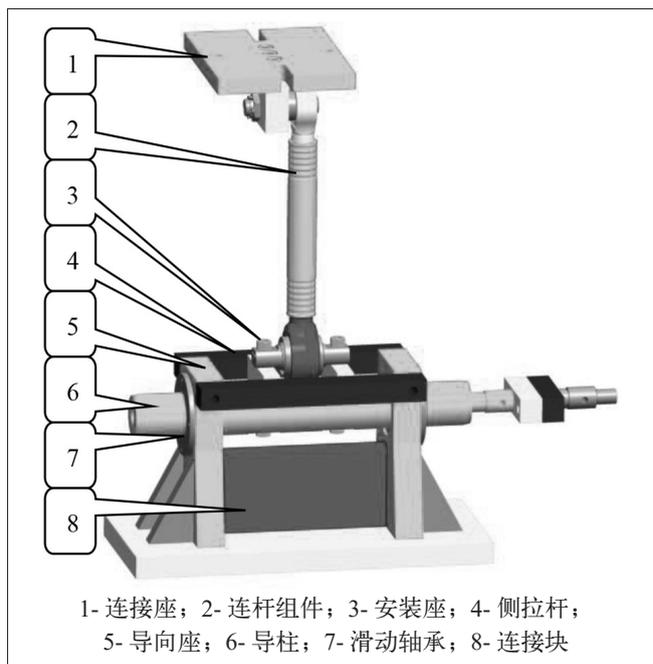


图5 导柱式试验装置

弧线式：装置由连接座、安装座、弧形台、滚柱、芯轴、加力架组成，如图7所示。连杆组件安装于滑台弧形台上，上球头转动中心与滑圆弧中心一致，在凹凸弧形块之间安装滚柱，通过滚柱的滚动摩擦实现垂向与偏摆双向加载试验。

滑台式：试验设计一种新型的双层滑台实现双向加载试验，所述的双层滑台主要由下置滚棒装置和上置侧滚棒装置组成，中间滑板被夹持在上下滚棒之间，不仅可以实现垂向拉压，而且可以实现水平推拉，如图8所示。

2.3 试验装置

设计在16通道组合加载试验台上进行试验，其中垂向最大载荷 $\pm 300\text{kN}$ ，最大位移 $\pm 100\text{mm}$ ，精度

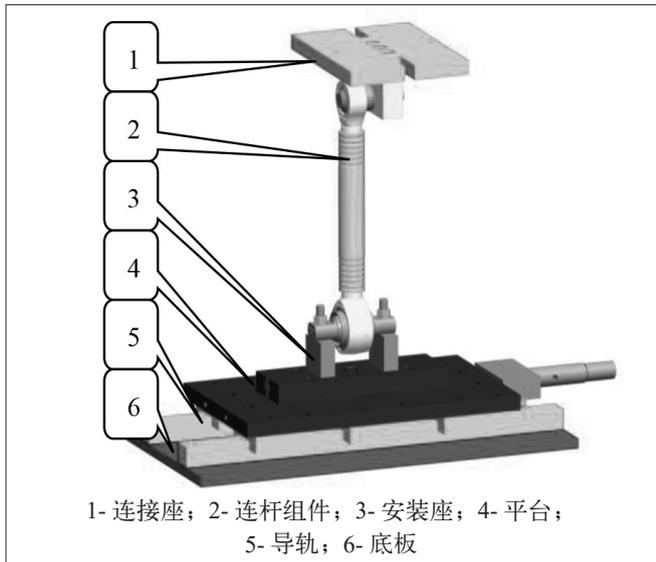


图6 导轨式试验装置

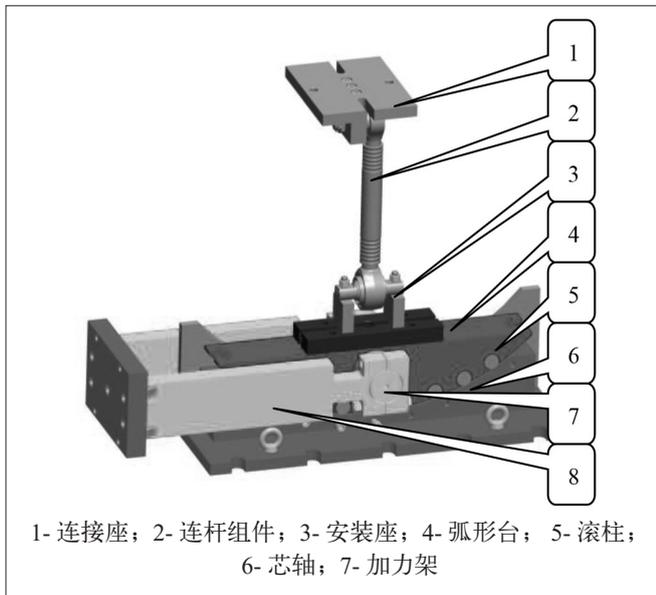


图7 弧线式试验装置

$\pm 0.5\%$ ，水平最大载荷 $\pm 100\text{kN}$ ，最大位移 $\pm 200\text{mm}$ ，精度 $\pm 0.5\%$ 。试验工装设计成模块化、标准化结构，满足不同连杆组件双向加载试验要求（图9）。

滑台装置由连接座、安装座、导向板、侧板、垂向滚柱、中间滑板、限位块、侧滚柱组成，是一种具有上下两层滚棒结构的双层滑台（图10）。相比导柱式和导轨式，该结构滑台垂向承载更大，横向摩擦力小，可同时承受较大的垂向动载和横向大位移。

3 结果与讨论

3.1 不同横向位移对承载性能的影响

3.1.1 试验方法

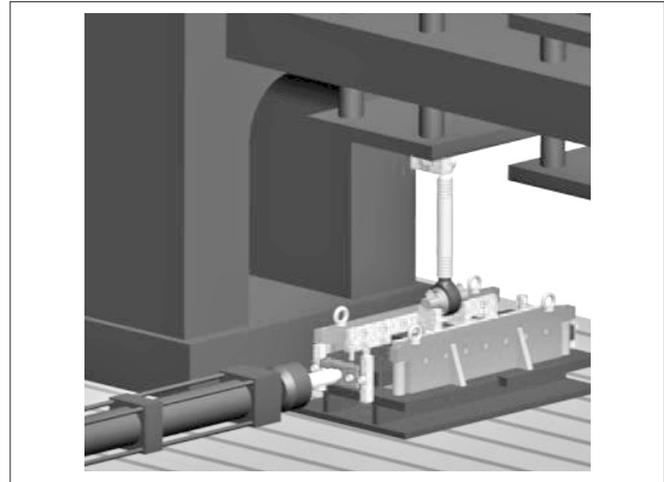


图8 滑台式试验装置

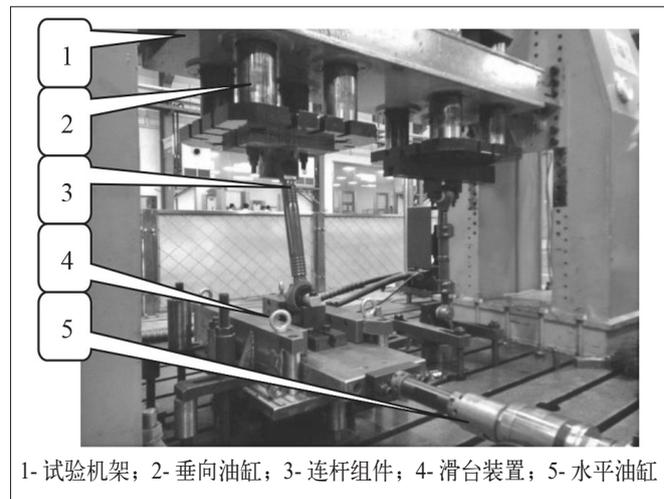


图9 试验方案

垂向加载 $\pm 15\text{kN}$ ，频率 0.5Hz ，横向按表1施加不同位移，频率 0.5Hz ，要求垂向和横向同时达到最大值，每种工况加载10万次。

3.1.2 试验结果

试验过程中，垂向位移随横向位移变大而递增，连杆组件的杆体和金属件均未破坏，无异常。

3.1.3 结果分析

在垂向动态载荷不变的情况，增加横向动态位移，是验证连杆组件在车体载重不变，车辆横向位移变大时的承载特性。每个工况连杆组件分别处于横向正向最大值、中间和反向最大值三种工况，其中正反最大值对应关节轴承偏转角度最大，此时连杆已处于斜拉或斜压两种不稳定承载条件，相比传统的单向加载试验，试验工况更为恶劣。从表1和试验结果分析得知，该结构连杆组件不仅具有较好的垂直承载特性，而且还具有较好的斜向承载性能，但

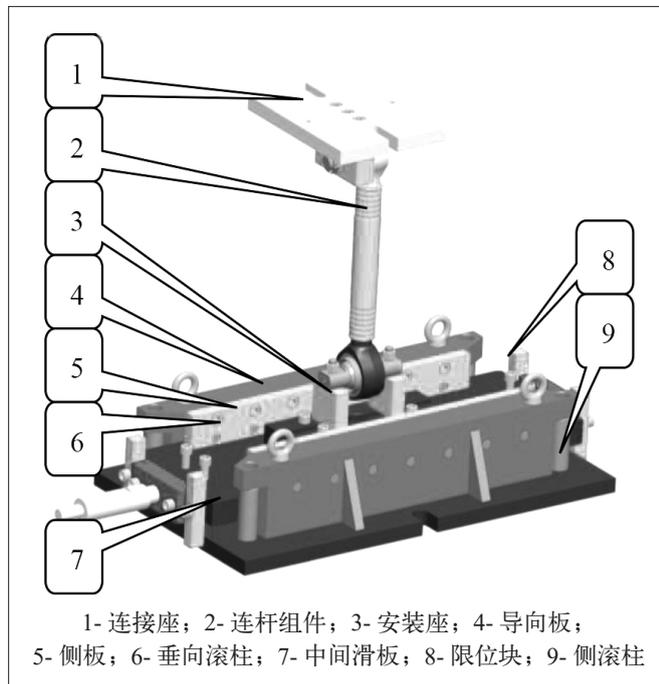


图10 试验装置

表1 试验参数

工况	垂向载荷/kN	横向位移/mm	频率/Hz
1	±15	±20	0.5
2	±15	±25	0.5
3	±15	±30	0.5

过大的横向位移会导致连杆组件失稳。

3.2 不同垂向动载对承载性能的影响

3.2.1 试验方法

垂向按表2加载不同载荷，频率0.5Hz，横向加载±30mm，频率0.5Hz，要求垂向和横向同时达到最大值，每种工况加载10万次。

表2 试验参数

工况	垂向载荷/kN	横向位移/mm	频率/Hz
1	±16	±30	0.5
2	±18	±30	0.5
3	±20	±30	0.5

3.2.2 试验结果

试验过程中，连杆组件的杆体和金属件均未破坏，无异常。

3.2.3 结果分析

在横向动态位移不变的情况，增加垂向载荷，使验证连杆组件在车辆横向位移不变，垂向载荷变大时的承载特性。结果表明：连杆组件仍具有较好的承载特性，未出现失稳现象。

3.3 不同环境温度对承载性能的影响

3.3.1 试验方法

连杆组件分别在23℃、-50℃放置72h，取出后按图10安装，垂向以25kN/min的加载速度加载至25kN，观察样品是否破坏或出现其他异常。

3.3.2 试验结果

试验数据见表3。

表3 试验数据

温度/℃	垂向载荷/kN	加载速度/(kN/min)	状态
23	±25	25	无破坏
-50	±25	25	无破坏

3.3.3 结果分析

低温试验是验证连杆安装于高寒动车组在低温运营条件下的承载特性。从试验结果来分析，橡胶件没有因为低温出现较大的收缩变形，失去动态密封作用，金属件没有出现断裂及异常，这表明连杆组件具有较好的低温承载特性。

4 结语

(1) 不同横向位移、垂向动载对承载性能的影响：在设计要求范围内，垂向位移随横向位移增加而变大，相比垂向动载，横向大位移对疲劳性能更为明显。

(2) 不同环境温度对承载性能的影响：垂向±25kN，温度23~-50℃，对连杆组件的承载性能无影响。

(3) 研究表明：新型试验设计与实际工况一致，试验优先滑台式双向加载方案，研究成果为连杆组件的试验和研发起一定指导作用。

参考文献：

- [1] 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.
- [2] 刘文松, 倪世锋. 某型低地板车辆二系牵引装置的研制[J]. 机械工程师, 2012(6): 24-26.
- [3] 林达文, 王进. 轨道交通用橡胶弹性元件可靠性试验台[J]. 机车电传动, 2012(6): 74-76.
- [4] 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.

作者简介: 刘国钧(1970.09-), 女, 汉族, 湖南益阳人, 本科, 高级工程师, 研究方向: 高分子材料及制品检测分析。