

城市轨道交通

广州地铁4号线电机悬挂组件失效分析及改造

孙正士

(广州市地下铁道总公司 运营事业总部,
广东 广州 510710)

摘 要: 针对广州地铁4号线直线电机悬挂组件惯性失效问题,从转向架设计及正线运行因素两方面进行了分析并提出了改造方案。实践证明,改造方案的实施有效地解决了电机悬挂组件惯性故障问题,改善了车辆运行品质的同时降低了车辆运行风险。

关键词: 广州地铁4号线; 直线电机车辆; 转向架; 电机悬挂组件; 改造方案

中图分类号: U231; U269.6 文献标识码: B

文章编号: 1000-128X(2014)01-0084-02

1 直线电机悬挂组件失效问题的提出

广州地铁4号线(简称4号线)是国内首次采用直线电机车辆的城市轨道交通系统,该线路直线电机车辆采用了庞巴迪公司的BM-3000柔性转向架(如图1)。其转向架独立设计直线电机悬挂组件机构(如图2),运行过程中该机构起到支撑直线电机自身重量及承载运行过程中垂向及水平振动冲击的作用。

该线路于2005年正式开通运营,在正线运行及架、大修拆检检查过程中发现多例电机悬挂组件(如图2)松动现象,由于该故

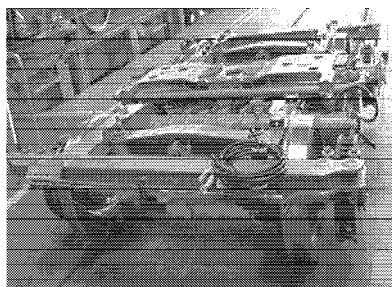


图1 BM-3000 柔性转向架



图2 电机悬挂组件机构

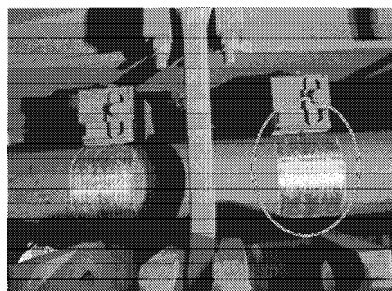


图3 电机下沉导致安全鼻刮伤车轴

障长时间未得到处理,电机悬挂组件将随着走行部高水平振动逐渐下沉,直线电机与感应板间隙逐渐减小,最终引发多例直线电机安全鼻刮伤车轴和直线电机刮伤感

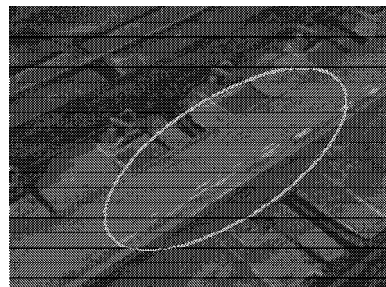


图4 电机下沉刮伤感应板

应板等严重故障(如图3、图4),严重影响车辆的安全运营。

2 直线电机悬挂组件失效原因分析及改造方案

2.1 直线电机悬挂组件失效原因分析

电机悬挂组件由悬挂梁、支撑橡胶、弹簧套管、止动挡圈、调节套筒、双头螺柱等主要部件组成,其在转向架整件中安装位置及结构如图5所示。针对电机悬挂组件中的各部件结构及车辆运行过程中的受力特点,造成电机悬挂组件失效的原因有以下4个方面。

1) 轮轨关系差,走行部整体振动水平高

4号线直线电机车辆运行使用过程中由于存在轮轨硬度匹配不合理、运行曲线多小半径弯道、轨道不平顺、轨道与车轮振动匹配引起共振等问题导致车轮出现九边形异常磨耗,车轮踏面圆跳动扩展较快,整体轮轨配合关系较差,车辆走行部长期处于高水平振动状态,从而导致直线电机悬挂组件失效。

2) 支撑橡胶在疲劳载荷下出现疲劳失效

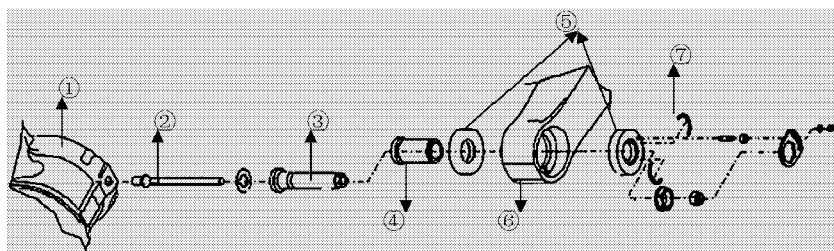
电机悬挂组件支撑橡胶分为上、下两件,两支撑橡胶与弹簧套管、止动挡圈配合通过压装方式固定于直线电机悬挂梁上,运行过程中起到支撑直线电机、缓和走行部垂向与水平振动冲击的作用。由于4号线直线电机走行部长期处于高水平振动状态,支撑橡胶因长期承受载荷出现受力疲劳,橡胶件发生蠕变引起支撑橡胶压装预紧力丧失,支撑橡胶出现松动导致直线电机悬挂组件失效。

3) 悬挂梁端零部件之间缺少机械锁紧防护

支撑橡胶松动故障产生后,支撑橡胶压装预紧力丧失,在高水平振动状态下弹簧套管相对于支撑橡胶、电机悬挂梁出现转动,直线电机支撑高度随弹簧套管与调节套筒相对转动发生变化,电机悬挂组件失效。

4) 轴箱端零部件之间缺少机械锁紧防护

直线电机悬挂梁通过双头螺柱安装在轴箱上部(如图2所示),走行部在运行过程中的振动均通过双头螺柱传递给悬挂梁,因此双头螺柱与轴箱连接处水平振动较高。双头螺柱通过螺纹套过渡安装在轴箱体上,由于双头螺柱、轴箱体间未设置机械锁闭保护,在高水平振动状态下双头螺柱与螺纹套或螺纹套与轴箱体间出现相对转动,最终引起双头螺柱松动或螺纹套相



①——轴箱体；②——双头螺柱；③——调节套筒；④——弹簧套管；
⑤——支撑橡胶；⑥——悬挂梁；⑦——止动挡圈

图5 电机悬挂组件结构图

对于轴箱体松脱故障,导致电机悬挂组件失效。

2.2 直线电机悬挂组件升级改造方案

为解决电机悬挂组件惯性失效问题,车辆生产厂家针对4号线走行部惯性问题提出改造方案,4号线、5号线直线电机车辆于2012年开始按照改造方案对走行部进行改造,通过改变车轮材质、轴身直径等方法改善轮轨关系,控制车轮圆跳动,降低走行部振动水平,同时为保证电机悬挂组件中零部件之间的连接可靠性,电机悬挂各组件增加机械锁闭装置,主要改造部分如下:

1) 改善轮轨关系,降低走行部水平振动

4号线车轮材质硬度由ER8升级为ER9,同时车轴直径由135 mm加粗至155 mm。改造后的车轮九边形异常磨损得到较好的解决,车轮圆跳动扩展也得到很好的控制,走行部水平振动明显降低。

2) 改善支撑橡胶材质

橡胶材质的改善将提高支撑橡胶疲劳寿命,全寿命蠕变量相比原支撑橡胶减小,预压缩量增大。

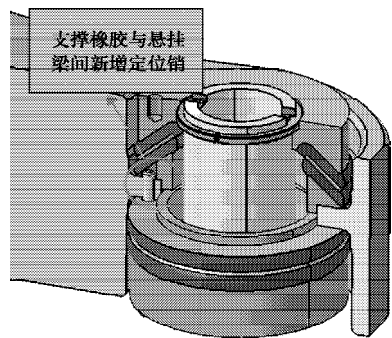


图6 支撑橡胶与悬挂梁件增加定位销

3) 支撑橡胶与悬挂梁间增加机械锁闭

上、下支撑橡胶与悬挂梁接合面端增加销孔,如图6所示,悬挂梁增加销孔并加装弹性销如图7所示,使支撑橡胶与悬挂梁仅依靠压装预紧力配合的方式升级为预紧力与弹性销限位共同作用的配合方式,消除支撑橡胶相对于悬挂梁圆周方向转动的可能性。

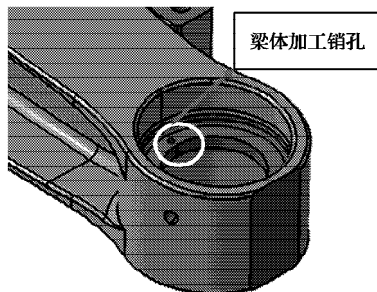


图7 悬挂梁加工销孔

4) 双头螺柱与轴箱体间新增装齿形板机械锁闭

双头螺柱与轴箱连接端部改为六角面结构,如图

8所示,加装与六角面相匹配的齿形板,轴箱双头螺柱安装孔旁加装定位销,如图9所示,通过齿形板、轴箱定位销、双头螺柱端部六角面的机械锁闭消除双头螺柱对于轴箱安装孔转动的可能性。

5) 弹簧套管与支撑橡胶之间新增锁紧板,调节套筒加改倒角适应双头螺柱六角面结构的变更

弹簧套管上下两端开槽并增加与槽口相匹配的锁紧片,如图10所示,消除弹簧套管圆周方向转动的可能性,保证锁紧情况下弹簧套管与调节套筒螺纹连接的可靠性。此外为配合双头螺柱端部改变,调节套筒与双头螺柱端部配合面进行倒角改造如图11所示,保证调节套筒与双头螺柱能合理配合,降低因走行部振动产生的对双头螺柱的冲击。

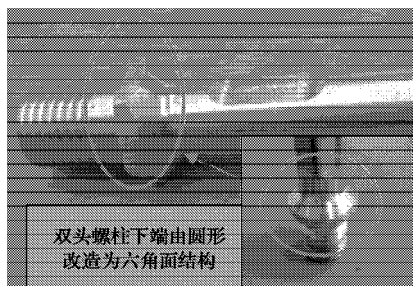


图8 双头螺柱端部改造为六角面设计

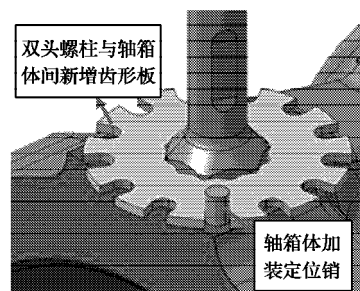


图9 双头螺柱与轴箱体连接处增加机械锁闭

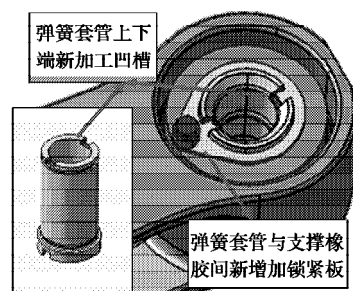


图10 弹簧套管与支撑橡胶间新增机械锁闭

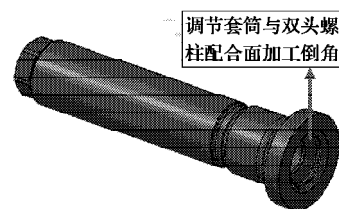


图11 调节套筒新增倒角

3 改造方案的应用

该电机悬挂组件改造方案已在2012年开始在4号线、5号线、6号线中车辆中应用,截至2013年6月,4号线结合架修共实施改造224处,5号线电机悬挂组件共实施改造1440处,6号线作为4、5号线升级车型,新车设计时电机悬挂组件共960处全部按照改造方案执行。截至目前统计数据,经改造的4、5、6号线车辆电机悬挂组件未发现一例松动失效现象。

(下转第89页)

