

地铁车辆轴承定位销断裂原因分析及解决措施

刘志远 李 涛 薛世海 张文康 舒 友 徐 芳

(中车长春轨道客车股份有限公司, 130062, 长春//第一作者, 高级工程师)

摘 要 以某地铁车辆轴承定位销断裂故障为例, 分析了问题发生的根源, 确定了轴承外圈施加的夹紧力不足和轴承定位销强度不足是导致定位销断裂的主要影响因素。通过结构分析、试验测试, 提出轴承定位销断裂问题的解决措施为: 轴箱后盖密封垫材质采用泡沫橡胶, 从根本上解决轴承外圈轴向夹紧力不足的问题; 优化定位销的焊接方式, 采用 4 条焊缝并进行 Tig(非熔化极惰性气体保护电弧焊) 重熔焊接。试验验证表明, 改进方案能够解决车辆轴承定位销断裂问题。

关键词 地铁车辆; 轴承; 定位销; 断裂故障

中图分类号 U260.331+.2

DOI: 10.16037/j.1007-869x.2020.07.045

Fracture Failure Analysis of Metro Vehicle Bearing Positioning Pin and Solutions

LIU Zhiyuan, LI Tao, XUE Shihai, ZHANG Wenkang, SHU You, XU Fang

Abstract Based on a case of metro vehicle bearing positioning pin fracture failure, the root cause for the problem is analyzed. The insufficient clamping force from the bearing outer ring and insufficient strength of bearing positioning pin are identified as the main factors accounting for positioning pin fracture. Through structure analysis and experimental test, solutions for the positioning pin fracture failure are discussed, which propose the adoption of foam rubber for axle box back cover gasket to fundamentally solve the problem of insufficient clamping force from the bearing outer ring; and the optimization of welding method for positioning pin by using the Tig (tungsten insert gas) remelting welding of four seams. Test result indicates that the above measures can solve the problem of vehicle bearing positioning pin fracture failure.

Key words metro vehicle; bearing; positioning pin; fracture failure

Author's address CRRC Changchun Railway Vehicles Co., Ltd., 130062, Changchun, China

某地铁车辆在运营过程中出现轴端速度信号丢失现象。车辆回库后, 将轴箱端盖拆卸后发现轴

承定位销断裂, 速度传感器位置发生 180° 旋转, 速度传感器电缆被扯断, 造成轴端速度信号丢失。通过对整列车的所有车辆进行普查, 共发现 16 个轴端的轴承定位销发生断裂。

1 车辆轴承定位销断裂问题调查分析

速度传感器一端固定在轴箱上, 另一端固定在与轴承外圈相对固定的轴承密封罩上, 由于轴承外圈相对于轴箱发生了大幅度的旋转, 因此轴承外圈的旋转造成速度传感器线缆被不断拉扯, 最终被扯断, 导致轴端速度信号丢失。轴承(含定位销)及速度传感器安装结构如图 1 所示。定位销及速度传感器电缆故障前后情况如图 2 所示。

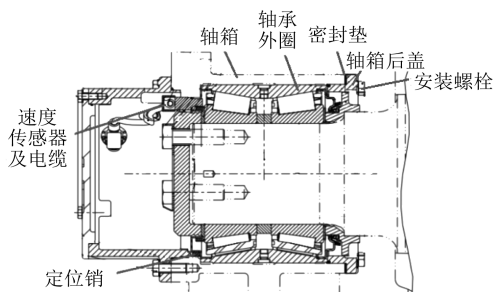


图1 轴承及速度传感器安装结构

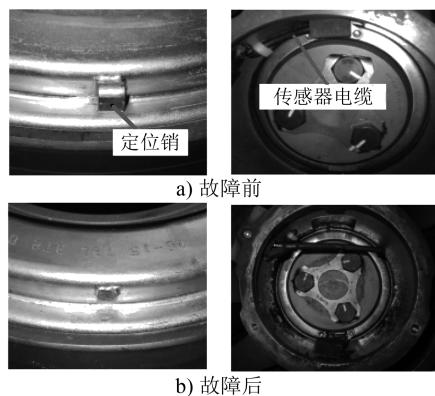


图2 定位销及传感器电缆故障前后状态

车辆运行时, 车轴带动轴承内圈旋转, 原则上轴承外圈与轴箱体之间不存在旋转, 仅有微小的相

对蠕动。但是,在轴承高速运行过程中,车辆的垂向载荷作用于轴承外圈上部约 120°的扇形区域,形成轴承的承载区;由于滚动轴承的运动特性,当滚动体进入承载区时,会产生打滑、拖拽等情况,在滚动体与滚道面的接触区域,不可避免地会有滑动的运动形式存在。因此,在滚动体与外圈滚道面之间会产生沿滚道面圆周切向方向的滑动摩擦力,该摩擦力就是驱动外圈旋转的主要因素。轴承承载区及滑动趋势示意图如图 3 所示。

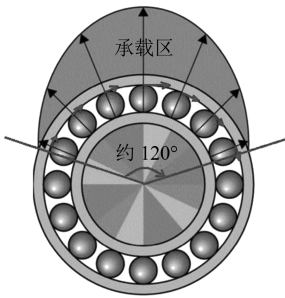


图 3 轴承承载区及滑动趋势示意图

轴箱轴承安装设计时,防止轴承外圈相对于轴箱旋转的主要考虑因素为:①车辆垂向载荷作用下轴承外圈与轴箱之间的摩擦力;②轴箱后盖安装时,螺栓紧固后对轴承外圈施加的夹紧力;③与轴承外圈相对固定的轴承密封罩上的定位销。定位销主要作用是定位速度传感器安装角度,仅在一定程度上能够起到防止轴承外圈旋转的作用。

车辆的垂向载荷由车辆质量和载客量决定,无法更改和调整,因此需要进行重点分析的因素为轴箱后盖安装螺栓紧固后对轴承外圈施加的夹紧力和轴承定位销强度。

1.1 轴承外圈夹紧力分析

轴箱后盖安装中使用 6 个 8.8 级 M12 螺栓,螺栓紧固力矩为 75 Nm,理论上能够满足夹紧力要求。导致轴承外圈夹紧力不足的因素主要有:①轴箱和轴承宽度尺寸超差,其导致螺栓拧紧后不能对轴承外圈施加足够的夹紧力;②轴箱后盖安装后,紧固螺栓拧紧力矩在运行过程中发生衰减;③轴箱后盖与轴箱之间的密封垫造成夹紧力损失。

通过对故障轴端的轴箱和轴承尺寸检查,发现其尺寸均满足设计要求,因此需要重点分析紧固力矩的衰减和损失情况。每组测试设置不同的试验条件,具体试验条件为:①密封方式:丁腈橡胶密封垫、泡沫橡胶垫、密封胶;②不同螺栓及紧固力矩:8.8 级螺栓的紧固力矩为-75 Nm,10.9 级螺栓的紧

固力矩为-90 Nm;③轴箱后盖与轴箱间隙 C_1 :1.53 mm、1.48 mm。

测试前校准测试设备及传感器组件,根据要求组装测试组件,按规定的紧固力矩拧紧螺栓,并分别在紧固后 1 h、72 h 和 168 h 进行夹紧力的测试。轴承外圈夹紧力试验结果见表 1。

表 1 轴承外圈夹紧力试验结果

试验条件			夹紧力/kN	
C_1 /mm	密封方式	螺栓等级	试验开始前	试验结束后
1.48	丁腈橡胶	8.8	0.2	0.8
		10.9	5.2	5.4
	泡沫橡胶	8.8	105	107
		10.9	120	123
	密封胶	8.8	122	122
		10.9	137	138
1.53	丁腈橡胶	8.8	25	26
		10.9	20	26
	泡沫橡胶	8.8	131	131
		10.9	131	132
	密封胶	8.8	115	115
		10.9	144	147

由表 1 可知,紧固后夹紧力在试验开始前和结束后变化很小,夹紧力随时间的变化不明显。通过统计软件对间隙 C_1 、螺栓等级和密封方式各影响因子进行方差分析,各影响因子主效应图如图 4 所示。

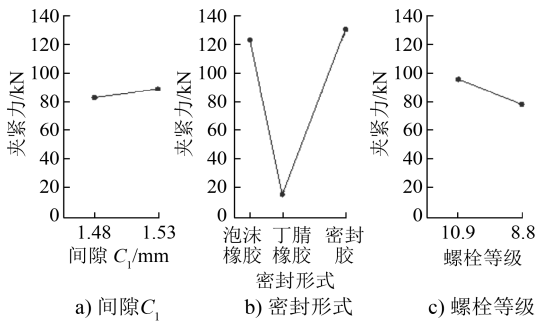


图 4 间隙 C_1 、螺栓等级和密封方式各影响因子主效应图

在表 1 的所有 12 组数据的方差中,密封垫为差异主要因素,其方差分量占总方差的 96.8%,为绝对主因。由图 4 也可以看出,密封垫的数值跨度最大;而间隙 C_1 和螺栓等级变化对夹紧力有一定的影响,但影响有限。因此,密封式则是影响轴承外圈夹紧力差异的主要因素。效果最好的密封方式是涂抹密封胶,但考虑到涂抹密封胶工艺性及质量可控性不如使用泡沫橡胶密封垫,因此优先选用泡沫橡胶密封垫方案。

泡沫橡胶垫的材质符合 ASTM D 1056 标准中的要求,安装后的效果如图 5 所示。



图5 发泡橡胶垫安装效果图

1.2 定位销强度分析

轴承密封罩上的定位销尺寸为 $10\text{ mm} \times 6\text{ mm} \times 6\text{ mm}$ 的长方体,原结构采用 3 条焊缝的焊接结构(见图 6),经测试,该焊接方案的定位销能够承受最大 6.7 kN 作用力。为了加强定位块强度,将 3 条焊缝改为 4 条焊缝并进行 Tig(非熔化极惰性气体保护电弧焊)重熔焊接。对 15 个 4 条边焊缝的定位销进行强度测试。结果表明,改进后的定位块能承受 17.7 kN 作用力,改进焊接方式的定位销强度比原方案定位销强度增加近 3 倍。

2 车辆轴承定位销断裂问题解决措施

根据分析可以确定:由于轴承外圈施加的轴向夹紧力不足而使轴承外圈与轴箱之间发生了转动,这是导致轴承定位销断裂的主要原因;定位销焊接

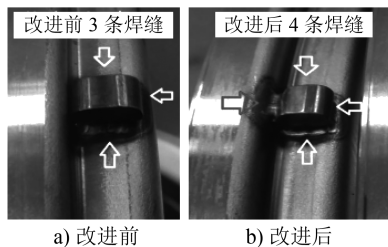


图6 定位销焊接方式改进前后方案

强度不足是导致轴承定位销断裂的另一因素。根据试验结果的对比分析可知:将轴箱后盖密封垫材质由丁腈橡胶改为泡沫橡胶能够从根本上解决轴承外圈轴向夹紧力不足的问题;优化定位销焊接质量能够进一步提高定位销强度,从而能够防止轴承外圈相对于轴箱发生转动。改进后的方案经过装车验证及批量整改后,未再发生一起定位销断裂事故。因此采用本文提出的改进方案可解决车辆轴承定位销断裂问题。

参考文献

- [1] 严隽堯.车辆工程[M].3版.北京:中国铁道出版社,2007.
- [2] 濮良贵,纪名刚.机械设计[M].7版.北京:高等教育出版社,2001.
- [3] 梁云,夏春晶.高速客车转向架轴箱轴承选型设计[J].铁道机车与动车,2015(7):2.

(收稿日期:2019-01-13)

(上接第 203 页)

- [4] 韩志彬,李芾,黄运华.我国有轨电车的发展现状与应用前景[J].机电转动,2018(2):7.
- [5] 钱广民,温兆鹏.现代有轨电车系统发展展望与思考[J].现代城市轨道交通,2016(5):74.
- [6] 刘新平.新型有轨电车信号系统方案研究[J].城市轨道交通研究,2012(5):50.
- [7] 张海军.对我国现代有轨电车发展应用的思考[J].城市轨道交通研究,2015(7):119.
- [8] 肖宝弟,王珩,徐意,等.现代有轨电车信号系统方案与自主化策略研究[J].现代城市轨道交通,2014(2):1.
- [9] 中国铁道科学研究院通信信号研究所.城市有轨电车信号控制系统研究报告[R].北京:中国铁道科学研究院通信信号研究所,2016:2.
- [10] 唐世军,张雪松,白雪.有轨电车综合调度系统建设方案研究[J].铁路计算机应用,2016(1):55.
- [11] 吴汶麒.城市轨道交通信号与通信系统[M].北京:中国铁道出版社,1998:30.
- [12] 中国铁路总公司.计算机联锁系统[M].北京:中国铁道出版

社,2015:5.

- [13] 王成志,张锐.基于“二取二”结构的有轨电车正线道岔控制模块的研究[J].铁路计算机应用,2017(9):54.
- [14] 赵晓春,陈光武.现代有轨电车正线道岔控制系统的研究[J].城市轨道交通研究,2017(3):100.
- [15] 代磊磊,何广进,刘东波,等.基于信息实时交互的现代有轨电车信号优先控制研究[J].城市轨道交通研究,2018(1):87.
- [16] 孙永梅,王富章.基于 GPS/DR 的现代有轨电车定位方法研究[J].铁道标准设计,2016(9):137.
- [17] 薛洪峰.现代有轨电车信号控制关键技术研究[D].北京:北京交通大学,2013:15.
- [18] 张志恒,李丽兰.现代有轨电车全电子道岔模块设计[J].电子技术与软件工程,2014(4):142.
- [19] 中国铁道科学研究院通信信号研究所.城市有轨电车信号控制系统测试报告[R].北京:中国铁道科学研究院通信信号研究所,2016:15.

(收稿日期:2018-08-20)

广州地铁2号线列车电制动管理优化设计

黎 澍

(广州地铁集团有限公司运营一中心, 510330, 广州//工程师)

摘 要 介绍了广州地铁2号线电制动管理方式。对列车的电制动管理进行了优化设计,对比分析了BCU(制动控制单元)电制动管理试验和VCM(车辆中央控制模块)电制动管理试验,发现采用VCM电制动管理后,减少了列车闸瓦磨耗,节约了经济成本。

关键词 地铁列车;电制动;制动控制单元;车辆中央控制模块;闸瓦磨耗

中图分类号 U270.352

DOI:10.16037/j.1007-869x.2020.07.046

Optimization of Electric Braking Management for Metro Train on Guangzhou Metro Line 2

LI Shu

Abstract With an introduction of the train electric braking management on Guangzhou metro Line 2, an optimization scheme is proposed. The management tests of BCU (brake control unit) and VCM (vehicle central control module) electric braking are comparatively analyzed, it is found that after the adoption of VCM electric braking management, the wear of train brake shoes is reduced and the economic cost is saved.

Key words metro train; electric brake; BCU; VCM; brake shoe wear

Author's address Operation Center 1 of Guangzhou Metro Group Co., Ltd., 510330, Guangzhou, China

目前,地铁列车的机械制动基本采用闸瓦制动,但闸瓦制动摩擦产生的热量会导致温度急剧升高,严重时容易造成闸瓦熔化或者踏面灼伤。同时,频繁和过量使用摩擦制动,将使闸瓦更换频繁,加大车辆维修工作量和增加经济成本。为了减少列车闸瓦磨耗,一般列车会采用电制动。而广州地铁2号线列车因电制动指令传输延时导致电制动响应缓慢,进而列车在制动过程中经常会有气制动补充,最终导致列车闸瓦磨耗增加。因而,列车电制动管理的优化对节约列车运营成本起着十分重要的作用。

本文主要介绍如何优化广州地铁2号线列车电制动管理,以提高列车电制动的响应速度,以及减少闸瓦因气制动的补充而导致的磨耗。

1 列车电制动的工作原理

列车电气制动分为再生制动和电阻制动。再生制动是在制动时把车辆的动能转化电能馈送电网或储存起来。列车在进行电制动时,电动机的工作方式从原来的受电转动转变为轮对带动电动机转动而发电,此时电动机等效于发电机,把车辆的动能转成电能储存起来或透过电网馈送出去,再生循环使用。再生制动产生的能量不断地增加,把电网的电压抬高,当超出一定范围时,为了保证设备的正常使用,就必须要进行强制降压,因此就出现了利用电阻来消耗过多的能量。

再生制动与电阻制动间的转换由电机逆变器控制,能保证它们连续交替使用、转换平滑,且变化率不能为人所感受到。当列车高速运行时,动车采用再生制动,将列车动能转换成电能;当再生电能无法再回收时,再生制动能够平滑地过渡到电阻制动。

2 广州地铁2号线电制动管理方式

目前,广州地铁2号线列车采用制动控制单元(BCU)管理电制动的方式。当列车施加电制动时,先将制动级位传输给车辆中央控制模块(VCM),再由VCM传输给BCU,并通过BCU计算所需制动力大小。BCU完成电制动力所需值计算后,则会向VCM请求施加电制动,再通过VCM传输电制动请求命令给牵引系统的驱动控制装置(DCU)。DCU完成电制动发挥并将电制动实际施加值反馈VCM,再由VCM将电制动实际施加值传输给BCU。若列车电制动力响应过慢,则BCU会进行补充气制动。

广州地铁2号线列车采用BCU管理电制动的方式时,列车电制动力的计算传输均会有一定的网络延迟。列车BCU电制动管理流程如图1所示。