

## 城市轨道交通

广州地铁5号线车辆EP2002  
制动系统故障分析及改进

何 晔, 罗 庆

(广州地铁车辆中心, 广东 广州 510380)

**摘 要:** 分析了广州地铁5号线车辆试运营初期EP2002制动系统内部“制动施加继电器状态错误”的故障现象及原因, 详细介绍了针对该故障的改进方案。

**关键词:** 地铁车辆; 继电器; EP2002制动系统

中图分类号: U231; U260.35

文献标识码: B

文章编号: 1000-128X(2011)04-0050-02

广州地铁5号线车辆的制动系统采用克诺尔公司生产的EP2002架控式制动系统。EP2002制动系统将制动控制和制动管理的电子装置与用于常用制动、紧急制动和车轮防滑装置的气动阀集成在EP2002阀内。EP2002阀分2种, 一种是网关阀(Gate Valve), 另外一种智能阀(Smart Valve)每个EP2002阀负责各自转向架的制动控制。EP2002阀高度集成, 在出现故障后整体更换即可, 广州地铁3号线及4号线车辆均采用此套系统, 其在运营过程中具有制动精度高、故障率低、维护工作量小等优点。但广州地铁5号线列车自开通试运营后, 列车在正线运营过程中TMS(列车管理系统)显示屏上频繁出现ECU(电子控制单元)严重故障, 导致司机无法判断列车的制动状态, 需切除故障转向架空气制动后才能运营到终点站退出服务, 严重影响了5号线列车的运营质量。

## 1 故障调查

EP2002阀内部控制如图1所示, 其内部有一个压力开关用于检测所负责转向架两根轴的制动施加、缓解情况。在制动缸压力小于25 kPa的状态下断开, 在制动缸压力大于40 kPa的状态下闭合。压力开关闭合时, 制动施加继电器线圈通电, 制动施加继电器有3个触点, 其中触点①和触点②为监测触点, 正常功能下为常闭和常开, 通电电压为24 V, 在制动施加及缓解状态下2个触点以相反的开闭转换状况来回动作, EP2002阀内部软件检测继电器的动作且向TMS提供指示信号, 并将结果直接显示在司机显示屏上; 触点③为控制触点, 正常功能下为常开, 通电电压为110 V, 整列车所有EP2002阀内触点③相连后串联成整列车的制动检测列车线(见图2), 当所有转向架的空气制动均施加后, 所

有触点③导通, 驾驶室内司机台指示灯亮。

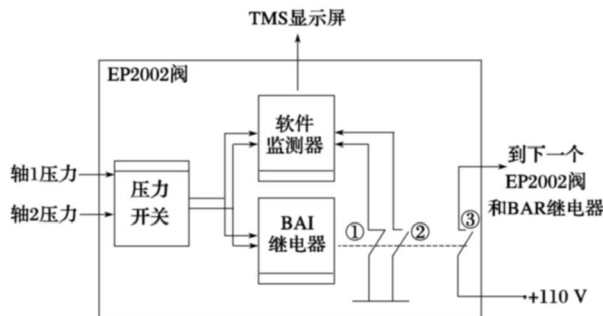


图1 EP2002阀制动施加与缓解检测原理图

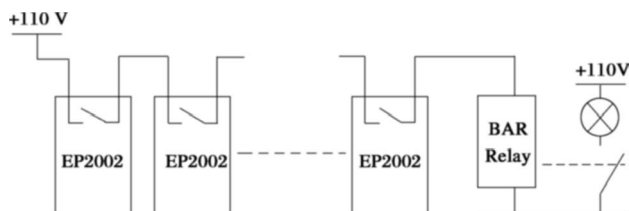


图2 整车制动施加与缓解检测原理图

ECU严重故障出现初期, 司机在正线运营过程中均切除故障转向架的空气制动, 列车回库后检修人员发现制动压力实际数值均正常, 故障原因仅表现为TMS显示的转向架制动状态与实际情况不符。2010年1月19日, 广州地铁组织克诺尔赴现场调查, 在5号线031032车上更换一个故障S阀进行试验(该阀在前一周运营过程中出现“制动施加状态继电器错误”), 通电后发现司机显示屏的制动指示灯能正确反映车辆的制动状况, 说明触点③工作正常。进一步用维护软件监测故障发生时触点①和触点②的状态, 发现2个触点均存在闭合后不能导通的情况, 鉴于此, 确定故障点为触点①和触点②。

## 2 故障原因分析

为进一步分析触点继电器故障原因, 故障件被送往欧洲专业实验室进行深入分析, 在光学显微镜下对其内部结构进行高度放大检查, 发现继电器触点表面存在直径约为数十微米大小的松散微粒。继电器本身处于密封状态, 可以排除在使用过程中外部灰尘进入, 进一步在实验台上模拟列车正常运营工作环境下继电器的振动, 并用照片记录振动前后触点上微粒的运动情况, 发现松散微粒在继电器内移动。根据试验分析, 在24 V电压等级下, 直径大于30 μm的微粒会导致触点闭合。触点③通电电压为110 V, 未受影响, 而触点①和触点②通电电压为24 V, 微粒直径过大影响了触点闭合的间断性。

进一步对继电器触点上的微粒进行冲刷检验并进行化学分析, 继电器内部材料成分主要是铁氧化镍, 铜硫化物, 且全新的继电器上同样存在类似微粒。

### 3 故障改进措施

专业实验室抽检一定数量的继电器后发现其符合生产标准并通过了检测,继电器表面微粒是内部正常磨损的产物,且随着运营工作时间的延长,微粒会逐渐地增加,因此,通过更换继电器并不能彻底解决问题。同时软件监测继电器相关的安全应用程序在车辆控制上是常见的,EP2002制动系统对列车线路(BAR继电器)和监测线路的设计符合继电器本身规格,原有的监控软件在标准上过于严格,没有考虑到继电器正常工作和常用磨损下的多种影响。考虑到从硬件角度上无法彻底解决该问题,只能在控制逻辑上进行更改,广州地铁与克诺尔就继电器的监控应用软件更改问题进行数次探讨,最终在不影响制动系统的情况下将监测继电器触点和触点 来回交替开闭转换改为直接监测压力开关的开闭情况。2010年3月24日5号线更改3列车制动管理软件进行正线试验,运营情况良

好。2010年4月5日,5号线所有列车完成制动管理软件更改,经过近一年时间的运营跟踪,正线运营过程中未再次出现ECU严重故障。

### 4 结语

广州地铁5号线列车ECU严重故障的根本原因是继电器中部分低电压的触点的导通能力受到了表面金属微粒的影响,进而导致制动管理软件未能监测到实际制动情况。监测应用软件的更改有效地解决了此故障,生产厂家亦将制动管理软件直接监控压力这种控制逻辑作为标准逻辑应用在以后生产过程中。

#### 参考文献:

- [1] 南车青岛四方机车车辆股份有限公司. 广州地铁四、五号线技术文件[S]. 青岛:南车青岛四方机车车辆股份有限公司,2008.
- [2] 匡如华. EP2002制动系统及其在城轨车上的应用[J]. 机电传动,2009(3).

(上接第49页)控制线圈得电吸合后,在额定电压下突然断开控制电源,计算机记录从线圈失电到主触头断开的的时间,此时间即为断路器的固有释放时间。

#### 4.5 高速断路器最低吸合电压测试

接通控制线圈,控制电压从零升高,直到断路器刚好吸合,计算机记录此电压值,此电压值就是断路器的最低吸合电压值。

#### 4.6 高速断路器过压释放电压测试

将通电吸合后的断路器线圈电压继续上调,直至断路器释放,计算机记录此电压值,此电压值为断路器的过压释放电压值<sup>[3-5]</sup>。

### 5 结语

本文重点研究了城市轨道交通车辆直流高速断路

器的工作原理,通过对断路器性能参数的分析,设计出高速断路器试验系统,编写计算机软件程序完成高速断路器性能参数的测试,从而评定断路器是否满足使用要求,进而确保城市轨道交通车辆的安全运营。

#### 参考文献:

- [1] 秦 峰. 轨道交通直流供电系统的开关设备[J]. 电气时代,2010(1):80-82.
- [2] 杨北辉,刘爱平,麦宝钧. 轻轨用直流高速断路器试验装置[J]. 开关电气,2008(2):41-43.
- [3] 包建伟. 断路器分、合闸故障的判断与处理[J]. 新疆电力技术,2009(2):21-23.
- [4] 韦宝泉,陈忠斌,曾建军. 基于PC104总线便携式断路器检测仪的研制[J]. 自动化与仪表,2010(3):20-23.
- [5] 范巧莲. 主断路器分合闸速度信号采集系统的设计[J]. 电力机车与城轨车辆,2005(4):49-50.

## 动态消息

### 由我国主导起草的复合绝缘子 国际标准正式发布

根据IEC网站的国际标准发布信息,由南车株洲电力机车研究所有限公司负责起草的国际标准IEC62621《轨道交通地面装置 电力牵引 架空接触网用复合绝缘子的特殊要求》于2011年6月29日正式发布,这标志着轨道交通领域第一由中国主导起草的国际标准诞生了。

自2009年6月我国争取到该标准的主导起草权以来,为

了按时高质量完成该项国际标准的起草,在国内推行了国际标准影子工作组工作模式,成立了以王进博士为主的复合绝缘子国内影子工作组团队。2年内,组织国外技术专家召开了3次工作组会议,最终于2010年底完成了IEC62621的最终国际标准草案(FDIS)并提交IEC中央办公室发给各个国家委员会进行投票。

IEC62621:2011《轨道交通 地面装置 电力牵引 架空接触网用复合绝缘子的特殊要求》规定了轨道交通架空接触网用复合绝缘子的特性参数、试验方法和验收准则。这些复合绝缘子主要用于交流标称电压大于等于1 000 V或直流电压大于等于1 500 V的牵引供电接触网。(刘 贵)