运用检修

CRH380BL动车组受电弓压力开关存在的问题和改进措施

潘忆宁，王俊勇

（1.南京地铁集团公司南京地铁有限公司，
江苏 南京 210012；
2.西南交通大学 机械工程学院，四川 成都 610031）

摘 要：介绍了京沪高铁CRH380BL动车组受电弓的控制原理，对其在运用过程中发生的升弓故障问题进行了原因分析，并提出了有效改进措施。

关键词：受电弓；CRH380BL动车组；故障；改进措施
中图分类号：U269.6；U264.3+4 **文献标识码**：B
文章编号：1000-128X(2013)01-0097-03

1 概况

京沪高铁CRH380BL动车组受电弓具有诸多优点：良好的空气动力学性能、快速降弓保护功能、独创的先导闭环主动控制技术和控制模块与列车控制系统进行实时的MVB通信。弓头采用单滑板结构，在高速时具有良好的空气动力学特性，减小了弓头空气阻力，降低了能源消耗，同时提供稳定、良好的弓网受流。在优化高速运行空气动力学性能的同时，保证在高速振动状态下受电弓不会发生变形及破坏。采用不受电气控制的紧急降弓系统，保证了列车在运营过程中发生弓网事故时，在1 s内弓头下降200 mm以上，从而保证了列车电气部件和线路的安全。独创的先导闭环主动控制技术能够根据列车运行速度实时调节气囊压力，以保证稳定、良好的弓网接触力和受流状态。特别是在高速状态下受流能力更具有优越性。控制模块通过与列车控制系统进行MVB实时通信，实现了对受电弓的精确的主动控制和实时监测，保证了高速动车组优良的受流性能和对接触网的较小磨耗，且极大提高了受电弓运行过程中的安全性能。

CRH380BL动车组在进行调试和投入运营一段时间后，在升弓过程中时有升弓故障警示现象发生，对车辆的正常运营造成了不良影响。本文通过对高铁CRH380BL动车组受电弓控制原理的分析，对升弓故障进行了深入调查、研究和分析。

2 CRH380BL动车组受电弓控制原理

CRH380BL动车组受电弓控制模块由气路控制单元和电子控制单元构成，实现对受电弓的主动精确控制。该控制单元具有响应升弓命令、升弓速度控制、降弓速度控制、过滤气动控制单元的压力空气、在维护过程中命令受电弓升弓、在额定静力下控制气囊内压力、在运行时根据运行速度调整气囊内压力和提供受电弓升降弓信息等功能。

列车司机发出升弓指令，即传递一个高电平到达升弓电磁阀，电磁阀得电后动作，使气路沟通，列车管内的压力空气经过过滤器、升弓电磁阀、调压阀到达气囊，气囊膨胀，使受电弓升起。当气囊内压力达到设定值时，气控模块的压力开关动作，将受电弓已经升弓的状态传输给列车控制系统，显示受电弓已升起。

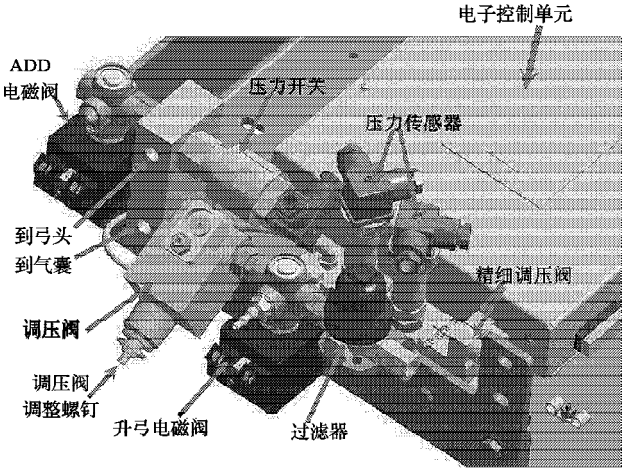

图1 控制模块组成图

当列车发出降弓指令时，即将升弓电磁阀的高电平变为低电平，电磁阀恢复原位，列车管压力空气被隔断，气囊的压力空气经升弓电磁阀排风口排空，受电弓由于重力作用自动降弓。当气囊内压力下降至设定值后，将受电弓已经降弓的状态传输给列车控制系统，显示受电弓已降弓。升降弓速度通过控制阀板自带升降弓缩堵控制（通过选取不同大小的缩堵来控制升降弓速度）。在动车组出厂前，通过调整调压阀实现额定静态接触力的调整（此静态接触力为图2 所示的速度与接触力曲线的起始点）。当动车组运行时，列车控制系统将速度信号、列车运行方向等信息传递给正在升弓使用的受电弓控制模块，控制模块根据设定曲线进行受电弓气囊压力调节。

控制过程：当受电弓升弓，列车以一定速度运行的情况下，控制模块根据动车组运行速度发出命令给气囊提供一定压力空气，气囊内压力向理论值的方向如图2 给定曲线调整。这一调整经常会超过一点理论值，压力传感器能够检测出压力的细微差别，并将其信号传送给电子控制模块，控制模块再发出命令，使精细调压阀排气将压力调回到设定值。气囊压力的调整采用以速度与接触力关系设定曲线为基准的闭环控制，保证了受电弓与接触网直接的接触力始终处在比较理想的范围内，保证了受电弓很好的受流性能和使

收稿日期：2012-10-29
基金项目：国家科技支撑计划项目（2009BAG12A05）

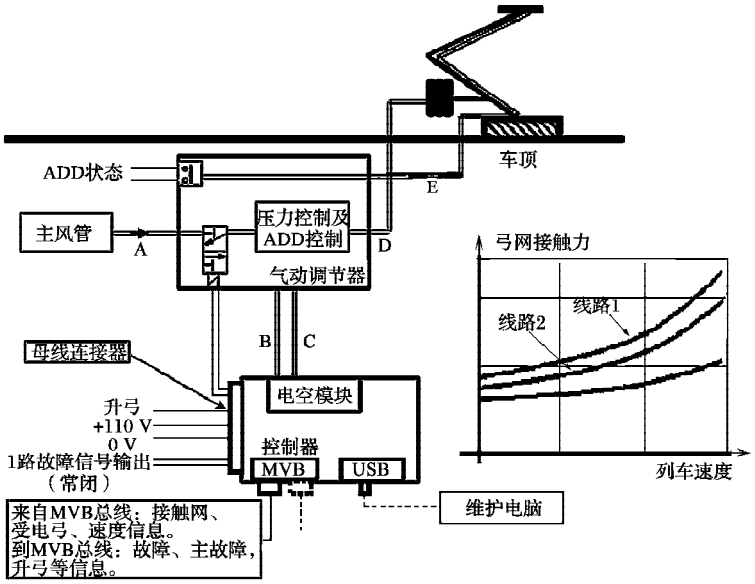

图 2　控制模块控制原理图

用寿命，并尽可能降低磨耗。

3　CRH380BL 动车组升弓故障原因分析

3.1　CRH380BL 动车组升弓故障现象

CRH380BL动车组受电弓进行调试和投入运营一段时间后，在升弓过程中时有发生升弓故障警示，造成受电弓无法升起，对动车组的正常运营产生了不良影响。经现场调查和统计，升弓故障警示均发生在列车初次升弓或换端后升弓过程中。动车组控制系统发出升弓命令后，受电弓升弓电磁阀动作，将压力空气沟通至气囊，受电弓开始动作向上升起，约2~3 s后，受电弓控制模块发出升弓故障警示，动车组控制模块根据此故障警示，取消升弓命令，受电弓升弓电磁阀失电，列车管压力空气被隔断，气囊的压力空气经升弓电磁阀排风口排空，受电弓由于重力作用自动降弓。

发生升弓故障警示后，受电弓无法正常升起，会导致动车组无法正常运营。特别是当动车组在运营过程中需要进行换端时，如果受电弓发生升弓故障，将导致动车组车顶高压受流设备无法受流，使动车组失去动力，需要等待救援，将造成线路阻塞或线路无法按计划进行列车调度。

3.2　CRH380BL动车组升弓故障发生过程分析

通过对受电弓控制原理的分析和控制模块内监控软件的实时监控，发现发生升弓故障的受电弓升弓压力曲线和压力开关状态出现异常状况（见图3和图4）。

由图3的受电弓气囊内压力曲线和压力开关状态可知，当动车组发出升弓命令后，升弓电磁阀动作，使列车管内的压力空气经过调压阀后到达气囊，当气囊内压力空气压力达到设定值后，压力开关动作，由低电平转变为高电平，此时列车控制系统会显示受电弓已升起。随后，气囊内压力空气压力出现波动，使压力开关状态再次发生改变，受电弓报出升弓故障，随后气囊内压力空气迅速排空，此时列车控制系统取消升弓命令，受电弓自动降弓。

为研究在升弓过程中受电弓气囊内压力空气的压力变化，在升弓时使用硬线升弓，即始终保持升弓电磁阀得电，列车管压力空气经调压阀后与气囊一直沟通。监控曲线见图4。

由图4的受电弓气囊内压力曲线和压力开关状态可知，当通过列车硬线发出升弓命令后，升弓电磁阀动作，使列车管内的压力空气经过调压阀后到达气囊，当气囊内压力空气压力达到设定值后，压力开关动作，状态改变，使列车控制系统接收到受电弓已升起的信号。随后，又由于气囊内压力空气的压力发生波动，压力开关状态发生再次变化，使列车控制系统收到受电弓已降弓的信号，列车控制系统收到升弓故障警示。最终，随着气囊内压力空气的压力再次变大并趋于稳定，压力开关状态变化为高电平，使列车控制系统收到受电弓升起的信号。

由图3和图4气囊内压力曲线和压力开关状态变化

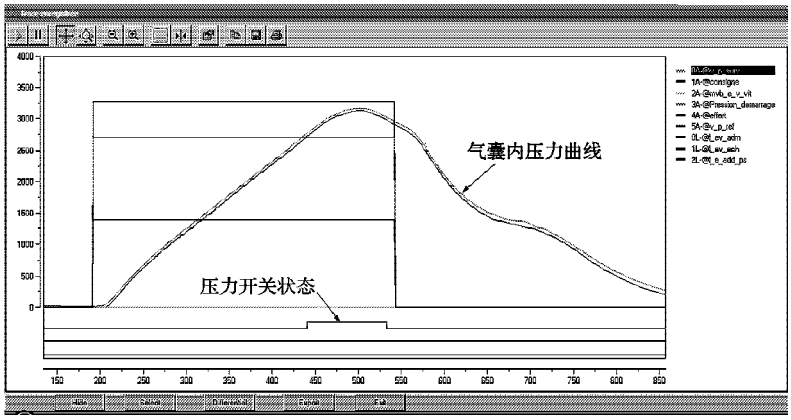

图 3　MVB 信号升弓状态下升弓故障时的监控曲线

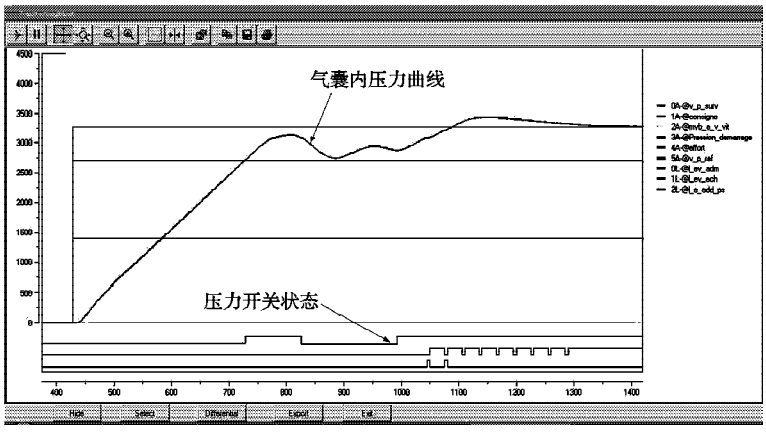

图 4　硬线升弓状态下升弓故障时的监控曲线

曲线分析，结合受电弓控制原理，升弓故障的发生是由于压力开关在升弓初期的两次动作所致。

4　CRH380BL 动车组受电弓改进措施

受电弓由于机械结构的设计和升弓过程中运动速度和轨迹的非线性，会使气囊内压力空气在升弓初期出现压力跳动现象，这是受电弓固有的机械性能。如果对受电弓机械结构进行变更，则可能会对已经经过大量风洞试验，具有良好的空气动力学性能的受电弓产生不良影响。因此，针对受电弓在升弓初期发生的升弓故障，提出2种不涉及机械结构变更的改进措施。

4.1　压力开关参数调整

分析图3和图4的受电弓气囊内压力曲线，在升弓初期气囊内压力会出现跳动现象。可采集足够数量的受电弓升弓气囊内压力数据，根据大量的数据分析，找出受电弓升弓过程中，气囊内压力出现波动时的最小压力值，将压力开关状态发生变化时的参数调整至小于该最小压力值，则可避免压力开关的二次动作现象的发生，消除升弓故障。

4.2　升级受电弓控制软件

由于升弓故障仅发生在受电弓升弓初期，且对受电弓升起后的其他机械和电气性能没有影响，因此可对受电弓控制软件进行升级，列车控制系统在发出升弓命令10 s内，不判断受电弓是处于升弓或降弓状态，即不检测压力开关的输出信号和状态。10 s后再检测压力开关是否动作，对受电弓升降弓状态进行判断。

5　结束语

通过对运用过程中发生的升弓故障问题的分析，提出了2种改进措施。

如果采用调整压力开关参数，需要采集很大数量的数据，并根据采集的统计数值，得出压力波动最小值。并根据该数值，对所有压力开关进行机械调整或更换新参数的压力开关。

如果按照上述方案二实施，则不需要对受电弓的任何部件进行调整或更换，就可以有效消除由于压力开关误动作产生的控制信号干扰。

本文提出的2种改进措施，可以提高列车运用的稳定性，降低列车故障的发生频率，对CRH380BL动车组受电弓的安全运用和改进具有重要参考价值。

参考文献：

[1] 张卫华，黄　标，梅桂明. 基于虚拟样机技术的高速弓网系统研究[J]. 铁道学报，2005(4).
[2] 吴学杰，张卫华，梅桂明. 接触网－受电弓振动主动控制问题的研究[J]. 振动工程学报，2002，15(1).
[3] 郭京波，杨绍普，高国生. 高速列车受电弓非线性控制研究[J]. 北京交通大学学报，2005(1).
[4] 马果垒，张卫华，梅桂明. 高速受电弓整体结构特性分析[J]. 机械强度，2010(1).

广告索引

成都主导科技有限责任公司（封 2）
烟台民士达特种纸业股份有限公司（前插 1）
西安伟健电子有限责任公司（前插 2）
浩亭（珠海）有限公司上海分公司（前插 3）
上海中电罗莱数码技术有限公司（前插 4）
上海壬丰复合材料有限公司（前插 5）
株洲丰达电力机车配件实业有限责任公司（前插 6）
厦门唯恩电气有限公司（前插 7）
北京铁道工程机电技术研究所有限公司（前插 8、9）
苏州康开电气有限公司（前插 10）
汕头华兴冶金设备股份有限公司（前插 11）
宁夏银利电器制造有限公司（前插 12）
株洲南车时代电气股份有限公司营销中心（中插 1）
株洲南车时代电气股份有限公司电力电子事业部（中插 2）
株洲南车时代电气股份有限公司安全装备事业部（中插 3）
株洲南车时代电气股份有限公司印制电路事业部（中插 4）
宁波南车时代传感技术有限公司（中插 5）
宝鸡南车时代工程机械有限公司（中插 6）
株洲时代电气绝缘有限责任公司（中插 7）
株洲时代装备技术有限责任公司（中插 8、9）
襄阳南车电机技术有限公司（中插10、11）
铁道部产品质量监督检验中心牵引电气设备检验站（中插12、13）
北京南车时代机车车辆机械有限公司（中插 14、15）
株洲时代电子技术有限公司（中插 16）
北京成华助友科技发展有限公司（后插 1）
株洲市达能科技有限公司（后插 2）
南京高华科技有限公司（后插 3）
2013 第三届中国国际轨道交通技术展览会（后插 4）
深圳意杰（EBG）有限公司（后插 5）
贵州航天电器股份有限公司（后插 6）
南通海立电子有限公司（后插 7）
2013 中国国际轨道交通展览会（后插 8）
株洲时代新材料科技股份有限公司（封 3）
北京新雷能科技股份有限公司（封 4）
珠海金电电源工业有限公司（黑白末页）