

城市轨道交通车辆

西安地铁 2 号线地铁车辆
制动力异常分析

滕 聪

(西安市地下铁道有限责任公司 运营分公司 车辆部,
陕西 西安 710016)

摘 要: 针对西安地铁 2 号线地铁车辆在综合联调及试运行过程中发生部分列车轮对踏面发生异常磨耗的现象, 经过分析认为产生此现象是由于 BECU 与 VVVF 之间通信异常导致, 然后着重介绍 BECU 与 VVVF 之间通信异常的原因及解决办法, 有效防止了列车轮对踏面发生异常磨耗的再次发生。

关键词: HRA 制动装置; 异常磨耗; 制动控制单元; VVVF; 地铁车辆; 西安地铁 2 号线

中图分类号: U231 ; U260.35 文献标识码: B
文章编号: 1000-128X(2012)06-0057-02

西安地铁 2 号线地铁车辆为中国北车集团长春轨道客车股份有限公司生产的 B 2 型车, 采用 Tc-Mp-M-T-Mp-Tc 3 动 3 拖的编组形式, 车辆的空气制动系统为日本 NABTESCO 公司生产的 HRA 制动装置, 采用车控方式, 1 动 1 拖为 1 个制动单元。

1 存在的问题

西安地铁 2 号线试运行期间, 检修人员对调试列车进行日检作业时, 发现部分列车轮对踏面发生异常磨耗, 用手触摸, 踏面棱感明显, 用点温枪测量轮对踏面、轴箱温度, 均比正常温度高, 将闸瓦拆下, 闸瓦与轮对的接触面有横向裂纹。

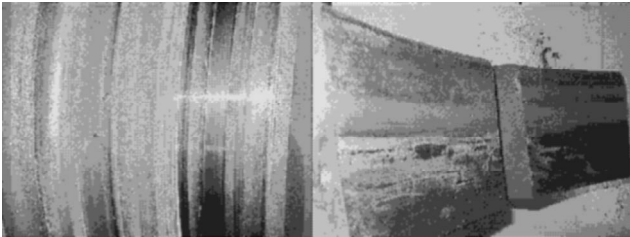


图 1 轮对踏面异常磨耗与闸瓦裂纹

从列车监控系统下载的当日列车运行记录(见表 1)来看, 发现轮对异常磨耗单车在施加制动时, 制动缸压力较其余 5 节车高很多, 例如, 在 4 级常用制动时, 由于电气制动优先施加, 此时制动缸的压力应该为 30 kPa 左右(此压力为预控制压力, 作用是预先使闸瓦与轮对踏面轻微接触, 当电制动失效时, 空气制动能

快速补充上去), 而某节车的 BC 压力达到 120 kPa, 存在异常。

表 1 某轮对异常磨耗列车当日运行记录片段

制动级位	速度 / $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$	各车的 BC 压力 / kPa					
		Tc	Mp	M	T	Mp	Tc
B3	20	30	30	30	60	30	30
B3	19.5	35	30	30	60	30	30
B3	19	40	30	30	80	30	35
B3	19	35	30	30	85	30	35
B4	18.5	35	30	30	85	30	35
B4	18	30	30	30	90	30	35
B4	17	30	30	30	115	30	35
B4	16.5	30	30	30	120	30	35

2 原因分析与问题处理

从列车监控系统下载的列车当日运行记录可初步判定为单节车制动时空气制动力过大, 闸瓦对轮对踏面施加过大的压力, 造成轮对异常磨耗。经过分析, 造成制动时空气制动过大的原因有以下几种情况, 相应地给出了处理方法。

2.1 单节车本身的空气制动存在异常

列车在正常运行过程中, 为使其减速或停车, 施加常用制动的过程中必然有电制动的参与, 所以判断是否是单节车本身的空气制动存在异常, 可以在切除电制动的情况下测试该车的制动功能, 若此时各级常用制动的 BC 压力(制动缸压力)不在规定的标准范围内, 可以确定是单节车本身的空气制动存在异常。

由于西安地铁 2 号线常用制动的各级制动压力是通过软件进行控制调整的, 单节车本身的空气制动存在异常, 可以通过刷新制动系统软件或更换制动控制单元 BECU 解决该问题。

2.2 单节车本身的空气制动不存在问题

在电空混合制动时, 电制动力未发挥或未完全发挥, 制动力全部或大部分由空气制动力承担。

图 2 为西安地铁 2 号线车辆制动系统制动力计算分配示意图。

西安地铁 2 号线车辆的编组形式为 Tc-Mp-M-T-Mp-Tc, 制动系统以 1 动 1 拖为 1 个单元, 车辆在进行制动时, 优先使用具有高粘着特性的电气制动, 通过以 M-T 为一个单位进行电空运算控制, 用空气制动力补充相对于制动指令而不足的制动力。

制动控制单元 BECU 负责制动力的计算, 其在接收从牵引逆变器 VVVF 装置发出的电气制动有效信号期间, 进行电气制动与空气制动的电空协调。1 动 1 拖 1 个单元内, 制动力的补充运算包括以下几种情况:

1) 电气制动力 > M 车所需制动力时

M 车全部采用电制动, 空气制动的补充制动力为“0”, 但是, 为了缩短电气制动失效时空气制动的响应时间, 会保持一定量的 BC 压力作为初始压力, 同时将

“(电气制动力)-(M车所需制动力)”部分的制动力作为空气制动减法运算指令输出至T车中,而T车由空气制动补充“(T车必要的制动力)-(空气制动减法运算指令)”部分的制动力。

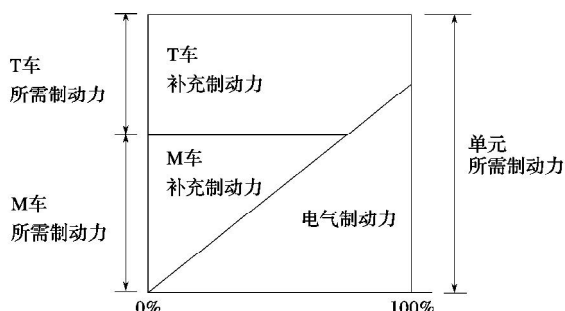
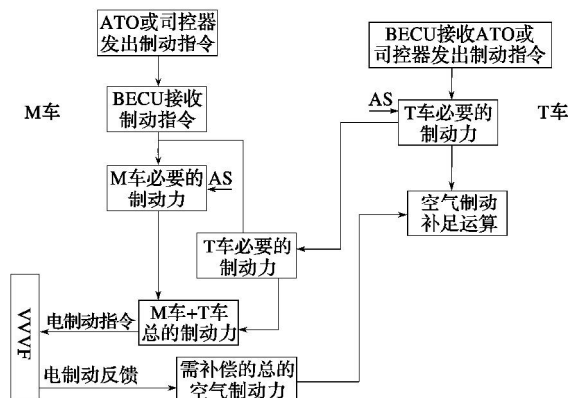


图 2 制动力计算分配示意图

2) 电气制动力 $\leq M$ 车所需制动力时

M车由空气制动补充“(M车所需制动力)-(电气制动力)”部分的制动力,同时使输入到T车的空气运算减法指令为“0”。而T车所需的制动力全部由空气制动补充。如果M车故障,不能施加电气制动,那么所有的制动力由空气制动补充。

施加常用制动时,T车(拖车)的压力传感器采集本车空气弹簧的载荷压力信息,并将载荷压力的气压信号转化为电信号传送给本车的制动控制单元BECU,BECU根据载荷信息计算出T车所需必要的制动力,并通过RS485线将T车所需必要的制动力信息传递给与其在同一单元内的M车(动车)。M车的BECU除接收本车的载荷信息计算出本车所需必要的制动力外,还接受与其在同一单元内的T车的制动力信息,并计算出M车与T车所需要的总的制动力大小。M车的BECU计算出一个单元所需要的总的制动力大小后,通过2420线、2421线向本车的牵引逆变器VVVF发出电制动的指令,VVVF接收到BECU的电制动指令后,对列车施加电制动并通过2424线、2425线将电制动信息反馈给M车的BECU,M车的BECU进行电空混合制动的减法运算,算出还需补充的空气制动力的大小,并通过RS485线传递T车需要补充空气制动力大小的指令,由T车施加空气制动。

图3为M车的制动控制单元BECU与牵引逆变器VVVF之间通信电路图。

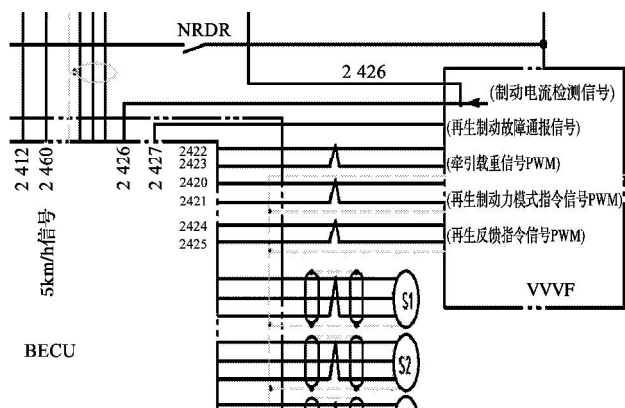


图3 BECU与VVVF之间通信电路图

通过以上分析,造成单节T车制动力异常的原因有可能为与其在一个单元内的M车的VVVF未接收到本车BECU令其施加电制动的指令,亦或M车的VVVF接收到本车BECU的电制动指令并施加电制动,但本车的BECU并未接收到电制动反馈信息。以上2种情况均会造成M车的BECU收不到VVVF反馈的电制动信息,那么动车的BECU默认为电制动力施加为0,BECU经过计算,所有的制动力都由单元内的T车的空气制动力承担,其结果就造成T车的电制动力与空气制动力叠加,制动力过大造成轮对踏面出现异常磨耗。而造成BECU与VVVF之间通信异常,一般分以下几种情况。

VVVF内部BUF印刷电路板故障

BUF印刷电路板是VVVF内部负责与BECU进行制动指令接收与反馈的通信板,负责模拟信号的传输。检查ATI维修-制动系统界面,查看电制动指令与电制动等价信号,若无电制动指令与电制动等价信号(显示0V),基本可以确认为BUF印刷电路板故障。该故障可以通过更换BUF印刷电路板解决。

BECU内部负责与VVVF通信模块故障

如果BECU内部负责与VVVF通信模块故障,那么通过查看ATI维修-制动系统界面,电制动指令与电制动等价信号是正常的,此时VVVF能够正常接收BECU发出的电制动指令,能够将电制动反馈信息发给M车的BECU,但是BECU接收不到VVVF发出的电制动反馈信息。BECU内部负责与VVVF通信模块故障,可以通过更换BECU模块进行处理。

2.3 制动控制单元 BECU 未收到信息

制动控制单元BECU未收到VVVF发出的电制动电流信息,默认为电制动未施加,全部制动力由拖车的空气制动力补充。

从BECU与VVVF之间通信电路图中可以看出, VVVF对列车施加电制动时, 会检测出电制动电流的大小并将电制动电流信息通过2426线(电制动电流检测信号线)传递给本车的BECU及处于同一制动单元的M车的BECU, 然后由M车的BECU进行电空混合制动的

(下转第73页)

内,则进行温度状态的判断。任何一个轴承温度超过 120°C ,或者同一转向架内4个轴端(8个温度传感器,内部通信故障时只判断本机的4个温度传感器)的温度差值在 40°C 以上,或者任何一个轴承温度的温升超过环境温度 80°C 以上时,给出温度预警信息;任何一个轴承温度超过 140°C ,或者同一转向架内4个轴端(8个温度传感器)的温度差值在 65°C 以上,或者任何一个轴承温度的温升超过环境温度 100°C 以上时,给出温度报警信息。齿轮箱内大小齿轮任何一个温度传感器温度超过 120°C ,或者任何一个齿轮温度超过环境温度 80°C 以上时,给出温度预警信息;齿轮箱内大小齿轮任何一个温度传感器温度超过 120°C ,或者任何一个齿轮温度超过环境温度 80°C 以上时,给出温度报警信息。当传感器发生故障或者温度预警、报警时,自动给出声光报警信号、数字输出信号和LED状态显示。

5 系统的抗干扰设计

现代高速动车组集高压、变频、网络通信、计算机控制于一体,系统复杂,内部集中了多种电子设备和电缆线束,既有大功率的辐射信号源又有高灵敏度的传感器和通信设备,强电弱电信号交织在一个有限的面积和空间内,这对高速动车组的电磁兼容性提出了更高的要求。

5.1 电源的抗干扰设计

系统电源根据电磁兼容抗干扰设计的要求进行了专门设计。电源的输入端和输出端配有参数合理的电磁干扰(EMI)抑制器件来吸收和抑制电磁干扰,并且输入端加有自恢复保险、压敏电阻和TVS管等器件,减

弱干扰。

5.2 系统硬件的抗干扰设计

主电路板电源线和地线加粗,并使地线完全有效接地,可以使瞬态干扰的能量能够迅速释放。除机壳有效屏蔽外,主电路板的屏蔽层通过机械方式与机壳有效连接。供电电源和Pt100输入使用弹簧压力连接器的连接器,减少因列车振动造成的信号干扰。

5.3 系统软件的抗干扰设计

系统软件有看门狗电路,当系统受到强干扰导致时序混乱时,能够自动重启复位。系统软件对采集到的温度信号进行有效值处理和数字滤波处理,以保证采集数据的可靠性。

6 结语

本文针对当前轴温监测系统构成复杂、传感器连线太多、后续信号处理繁琐、系统的精度低、可靠性差的不足,采用DSP + FPGA架构的控制系统。研制开发的新一代高速动车组轴温监测系统具有测量精度高、抗干扰能力强、工作稳定可靠的特点,满足了高速动车组的需要。

参考文献:

- [1] 杨四清. 机车报警装置及其抗干扰设计[J]. 机车电传动, 2005(6): 47-50.
- [2] Xilinx公司. Spartan-3 FPGA Family: Complete Data Sheet[M]. 美国: 赛灵思公司, 2004.
- [3] 党瑞荣. TMS320C3X系列DSP原理与开发技术[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2011.
- [4] TB/T 3034—2002, 机车车辆电气设备电气兼容性试验及其限制[S].

(上接第58页)

制动力计算及分配。也就是说一个单元内的M车和T车的BECU接收到VVVF传输的电制动电流信号是进行下一步电空混合制动的前提。运行的列车施加常用制动的过程中,在ATI维修—牵引系统界面中观察电制动电流的大小,可以判断出电制动检测电流是否正常。若电制动电流异常,需要使用万用表测量故障单元电制动电流检测线导通情况。

3 结语

制动系统是地铁车辆关键组成部分。造成制动系

统异常的原因很多,作为运营检修人员要根据故障现象快速判断出故障点,及时解决问题。同时在各级修程中,做好关键部件的检查工作是预防各类故障的有效手段。

参考文献:

- [1] 王伟波,胡跃文,蒋廉华. Nabtesco 地铁车辆制动系统概述[J]. 电力机车与城轨车辆, 2009(3).
- [2] 福下宏明. 500型地铁车辆HRDA-1制动装置[J]. 国外铁道车辆, 2002, 39(2).