

# 广州轨道交通 2 号线 A5 型车异常切除电制动故障的分析与解决措施

朱嘉琪<sup>1</sup> 杨永杰<sup>2</sup> 邓钺武<sup>3</sup>

(1. 广州地铁集团有限公司, 510220, 广州; 2. 洛阳市轨道交通集团有限公司, 471023, 洛阳;  
3. 佛山市轨道交通发展有限公司, 528010, 佛山//第一作者, 工程师)

**摘 要** 针对广州轨道交通 2 号线 A5 型车在运营中频繁出现的 1 个单元或整列车异常切除电制动故障, 深入调查分析了异常电制动切除问题产生的原因。分析发现, 接触器在断电瞬间会产生反向电动势, 网关阀可能会误检测为高电平, 进而判断列车进入紧急牵引模式, 从而导致电制动异常切除。基于故障原因, 提出了改造空压机控制接触器取电点的解决措施。改造后的 A5 型车运行效果良好, 解决了电制动异常切除的问题。

**关键词** 地铁; 列车故障; 电制动切除

**中图分类号** U231.94

DOI:10.16037/j.1007-869x.2021.08.050

## Analysis and Solution of A5 Type Vehicle Abnormal Electric Brake Cut off in Guangzhou Rail Transit Line 2

ZHU Jiaqi, YANG Yongjie, DENG Yuewu

**Abstract** View of the frequent occurrence of abnormal electric brake cut off of one unit or the entire train during A5 type vehicle operation of Guangzhou Rail Transit Line 2, in-depth investigation and cause analysis of abnormal electric brake cut off problems are carried out. It is found that back electromotive force emerges at the moment of contactor breaking circuit, in which cases the gateway valve might mistakenly detect high level voltage and judge that train is entering emergency traction mode, causing the electric brake to be abnormally cut off. In response to the fault cause, solution of controlling contractor electricity detecting point by reforming air-compressor is proposed. The upgraded A5 type vehicle is functioning well, having the problem of abnormal electric brake cut off solved.

**Key words** metro; train fault; electric brake cut off

**First-author's address** Guangzhou Metro Group Co., Ltd., 510220, Guangzhou, China

广州轨道交通 2 号线(以下简为“2 号线”)A5 型车采用克诺尔公司的 EP2002 空气制动系统。整

车设计了紧急牵引功能,可直接忽略所有因检测问题或软件触发导致的牵引封锁及紧急制动。当列车进入紧急牵引模式时,车辆仅响应列车线制动指令,全车施加 100% 常用制动。此时,列车切除电制动。

2 号线曾多次出现网关阀误检测紧急牵引命令,使列车进入紧急牵引模式导致列车在进站时制动力过大,停车严重欠标,对列车的安全运营造成了极大的影响。

### 1 故障情况

自 2016 年 12 月—2018 年 12 月,2 号线 A5 型车在正线共发生了 60 次电制动异常切除故障,导致列车 1 个单元或全车异常上气制动(如表 1 所示),进站过程中列车速度异常,停车欠标严重,给列车的正线运营带来了较大影响。统计发现:该故障具有偶发性,未发现明显集中在某一车站、某一节车或某一时段的规律;故障持续时间短(仅 1 个运营区间),停车后自动消失。因此,故障查找难度较大。

表 1 异常电制动切除的种类

故障分类	现象描述	故障次数/次
故障一	车辆屏报 1 个单元电制动切除,且该单元异常上气制动,列车静止后恢复正常	44
故障二	车辆屏报 1 列车电制动切除,且整车异常上气制动,列车静止后恢复正常	16

查看故障数据发现:车辆屏报出电制动切除的时间为前一站停车时;当列车启动由牵引工况转制动工况时,制动极位为 0,2 节/4 节动车无电制动,故障单元出现 100% 常用制动;列车停稳后,现象消失,后续运行正常。

2 故障原因分析

2.1 电制动的切除逻辑

A5 型车电制动切除逻辑有以下 4 种：

逻辑一：司机在车辆屏操作切除电制动，则车辆屏将向列车控制系统发出电制动切除请求，控制系统切除全车电制动。

逻辑二：当列车进入清扫制动模式时，则控制系统切除全车电制动。

逻辑三：在非零速、非牵引工况下，某节车的制动系统发出本节车电制动切除请求，控制系统切除本节车电制动。

逻辑四：在非零速、非牵引工况下，当 1 个单元的网关阀全部发生通信故障时，控制系统切除该单元的电制动。

分析故障数据发现：司机未操作，故排除逻辑一；数据显示未进入清扫制动模式，故排除逻辑二；制动系统未发出过电制动切除请求，故排除逻辑三。由此推断，异常电制动切除是由逻辑四控制的。制动系统申请电制动切除有 4 种情况：

- 1) 当检测到网络通信故障时，切除电制动仅响应列车线的制动指令，施加 100% 常用制动。
- 2) 当网关阀判断紧急牵引列车线为高电平时，切除电制动并进入紧急牵引模式，在制动时施加 100% 常用制动。
- 3) 施加紧急制动时，切除电制动。
- 4) 防滑保护触发时，切除电制动，但不会施加 100% 常用制动。

2.2 故障数据分析

由上述分析可知：在列车非零速、非牵引工况下，可能是某节车的制动系统发出了本节车电制动切除的请求，导致该节车电制动切除。

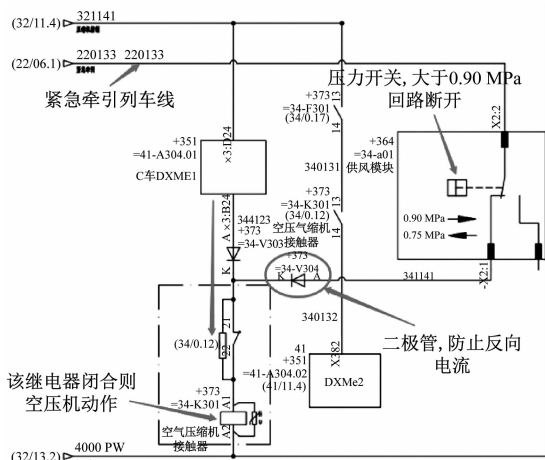
根据制动系统申请电制动切除的逻辑，列车故障数据无制动系统通信故障记录、故障时刻无紧急制动命令、无紧急牵引模式指令，且施加了 100% 常用制动，故排除第 1)、3)、4) 种情况。推测可能是网关阀误判断紧急牵引列车线为高电平，故而切除电制动并进入紧急牵引模式，制动时施加 100% 常用制动。

2.3 故障模拟

通过研究紧急牵引回路的节点，并安装多通道记录仪对紧急牵引回路进行电压监测发现，非紧急牵引模式时，紧急牵引列车线上存在电压波动，最

大波动电压约为 27 V。通过试验发现，当紧急牵引列车线电压大于 15.5 V 时，网关阀判断为高电平进入紧急牵引模式，从而切除电制动。而克诺尔公司认为，网关阀在 9 ~ 50 V 之间和负电压时不能确定状态，可能判断为高电平或低电平，无法给予解决。可见，该异常电压可能会导致网关阀误诊断。

由图 1 可知，有 2 路电源可对 34-K301 接触器（空气压缩机接触器）供电：一路为正常模式时经 DXME1（数字输入输出模块 1，在网关阀检测到主风管压力值低于 0.75 MPa 时，有 110 V 输出）、34-V303 二极管对其供电；另一路为紧急牵引模式时经紧急牵引列车线、压力开关（压力开关检测主风管气压低于 0.75 MPa 时闭合、大于 0.90 MPa 时断开）、34-V304 二极管对其供电。



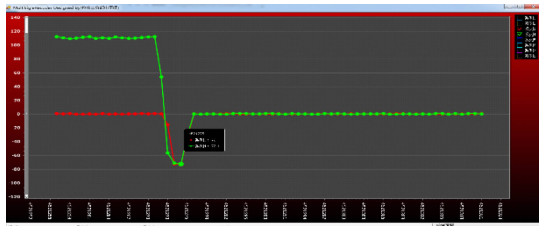


图2 34-K301 接触器断开瞬间的 34-V304 二极管正负极电压波形截图

## 2.4 故障原因分析

网关阀与压力开关对主风管压力(0.9 MPa)检测不同步,当压力开关动作较慢时,34-K301 接触器会在断电瞬间由于线圈续流作用而产生 1 个对地超过  $-70\text{ V}$  的反向电动势,经由压力开关进入紧急牵引列车线,使紧急牵引列车线的反向电压超过  $-70\text{ V}$ 。

因网关阀对反向电压未定义,故会随机判断该电压为高电平或低电平。若某个网关阀判断为高电平,则该单元报出电制动切除信息。若 2 个单元均有网关阀判断为高电平,则全车电制动切除。

## 3 解决措施

基于上述分析的故障原因,本文提出解决措施为:修改 34-K301 接触器的取电点,防止反向电动势通过压力开关串入紧急牵引列车线,导致网关阀误检测而进入紧急牵引模式切除电制动。

根据 2 号线的实际运行情况,将紧急牵引工况下空压机控制接触器取电由原紧急牵引列车线取电改为压缩机控制处取电。保持原有空压机控制逻辑不变,将压力开关整定值由 0.75 MPa 调整为 0.68 MPa。

## 4 效果验证

### 4.1 对紧急牵引回路的影响

34-K301 接触器由紧急牵引列车线取电是为了满足列车在网络失效时,启动空压机控制的要求。因此,取消原来的压力开关取电点对紧急牵引功能

无影响。

### 4.2 对空压机控制回路的影响

新的取电点的微动开关电流为 6 A,容量满足要求,不受网络失效影响。列车激活后就有 110 V 电源供给,能保证紧急牵引模式时对空压机的控制。

列车正常运行时通过网络来控制空压机进行单个启动。当压力低于 0.68 MPa 时,则列车线和网络同时控制两端空压机启动,不改变原有控制逻辑。

改造后的 A5 型车运行了 12 个月,期间未再发生电制动异常切除故障。这证明,该硬件改造方案能有效解决电制动异常切除问题,且对列车本身功能无不良影响,可以推广使用。

## 5 结语

A5 型车在 2 号线正线运营时频繁出现 1 个单元或整列车异常切除电制动的现象。经分析,接触器在断电瞬间会产生 1 个对地超过  $-70\text{ V}$  的反向电动势,而网关阀有可能会误判断该电压为高电平,进而切除电制动。对此,本文提出了改造空压机控制接触器取电点的解决措施,杜绝了反向电动势引起的网关阀误诊断问题。

目前,2 号线 A5 型车已全部完成了电路改造。改造后类似故障未再发生,验证了解决措施的有效性。运营部门在与车辆供货商进行设计联络与审查时,要关注反向电动势对列车其他系统的影响,也要注意列车设备对高低电平电压的定义,对各项参数、电路设计必须严格规范。

## 参考文献

- [1] 朱士友. 车辆检修工[M]. 北京:中国劳动社会保障出版社,2009.
- [2] 南车株洲电力机车有限公司. GML1&2&8 电动车组维修手册[Z]. 株洲:南车株洲电力机车有限公司,2009.
- [3] 南车株洲电力机车有限公司. GML1&2&8 电气原理图[Z]. 株洲:南车株洲电力机车有限公司,2009.

(收稿日期:2019-11-28)

(上接第 208 页)

- [16] 中华人民共和国建设部,中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 地铁运营安全评价标准:GB/T 50438—2007[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2007.
- [17] 中华人民共和国国务院. 生产安全事故报告和调查处理条例:国务院令 493 号[S]. 北京:中华人民共和国国务院,2007.
- [18] 北京市地铁运营有限公司. 运营事故处理规则[A]. 北京:

北京市地铁运营有限公司,2009.

- [19] 北京市质量技术监督局. 城市轨道交通运营安全管理规范:DB 11/T 1166—2015[S/OL]. 2015[2019-09-02]. <https://max.book118.com/html/2021/0116/5002224144003111.shtml>
- [20] 北京市交通委员会. 北京市交通委员会关于印发北京市轨道交通设备设施故障管理办法(试行)的通知:京交轨道发[2017]136 号[A]. 北京:北京市交通委员会,2017.

(收稿日期:2019-09-02)