

广佛线列车连续“紧制”导致
牵引封锁的分析及改进

丰茂圣

(广州市地下铁道总公司 运营事业总部,
广东 广州 510380)

摘 要: 针对广佛线列车出现连续紧急制动导致牵引封锁的问题, 根据故障时的诊断记录数据, 从信号和列车控制系统方面进行调查分析, 并制定了有效避免此故障的改进措施。

关键词: 广佛地铁; 列车控制; 紧急制动; 牵引封锁
中图分类号: U231; U269.6 文献标识码: B
文章编号: 1000-128X(2015)04-0089-03
doi: 10.13890/j.issn.1000-128x.2015.04.024

1 概述

广佛线列车控制系统采用西门子公司 SIBAS-32 系统, 采用双通道冗余的 MVB 网络控制。列车和车辆控制与列车控制单元(列车中央控制单元 VCU)构成一个整体, 执行总线管理与过程数据通信以及故障监控及诊断, 且能实现牵引/制动列车保护控制等功能; 检修人员可通过 PTU 与 VCU 进行通信, 读取各功能输入输出 IO 模块的所有状态信息和故障信息, 对列车的运行状态和故障情况进行可靠的监控, 对软件问题引起的故障进行系统性的分析, 也可为查找接口方面的故障提供帮助。

2 故障现象

2014 年 3 月 16 日, 00107 次列车(GF027028)以 DTRO 模式进入魁奇路折返线时, 列车产生紧急制动(简称紧制), 信号屏显示红手掌。接车司机到 GFA027 端开钥匙后操作方向手柄, 列车紧制缓解, 车辆屏显示 4 个电机红点、常用制动不能缓解。经司机切除 ATP 并操作紧急牵引旁路后, 电机红点消失, 列车可以动车, 行调组织该车运行至魁奇路折返线 2 道退出服务。受此影响, 下行 01403 次清客, 00207 次到达魁奇路下行晚点 226 s。

从上述故障现象可以看出, 列车在 DTRO 折返时出现紧制, 信号屏显示红手掌, 说明信号设备检测到故障; 随后列车紧制缓解, 此时施加的常用制动是正常的, 但出现牵引封锁(4 个电机红点)故障, 操作紧

急牵引旁路后列车恢复正常, 车辆方面也存在问题。

3 故障分析

读取列车的 VCU 数据, 如图 1 所示。

Car	:	11027	:
CDC	:	68	: Emergency brake by ATP
Occured	:	16. 03. 2014	09:39:10
Gone	:	16. 03. 2014	09:39:12
Car	:	11027	:
CDC	:	189	: Emergency brake by master VCU
Occured	:	16. 03. 2014	09:39:10
Gone	:	16. 03. 2014	09:39:16
Car	:	12027	:
TDC	:	62	: Stand-by brake request too often A
Occured	:	16. 03. 2014	09:40:41
Gone	:	16. 03. 2014	09:44:17
Car	:	0	:
TDC	:	1370	: Prohibited change of direction
Occured	:	16. 03. 2014	09:39:09
Gone	:	16. 03. 2014	09:39:16

图 1 VCU 故障数据记录

从 VCU 数据中可看到列车以 DTRO 模式折返时出现“禁止改变方向信号(Prohibited change of direction)”、“ATP 紧制(Emergency brake by ATP)”以及“主 VCU 紧制(Emergency brake by master VCU)”等信息。

3.1 信号故障查找

列车无人折返作业(Driverless Train Reversal Operation)简称 DTRO 折返。DTRO 折返能够实现列车在终点站或其他定义区域进行折返作业时, 司机可以不跟随列车, 直接通过按压无人折返按钮来触发 DTRO, 列车自行折返换端。

在 DTRO 模式下, 司机台处于关闭状态, 两端均无法操作司控器方向手柄, 方向信号由信号系统自动给出。读取列车的深度事件记录仪中环境参数数据(见图 2), 数据显示在列车首次出现紧制故障前, 信号 ATO 模式一直是有效的, ATO 模式中断、方向信号改变和紧制故障同时出现。

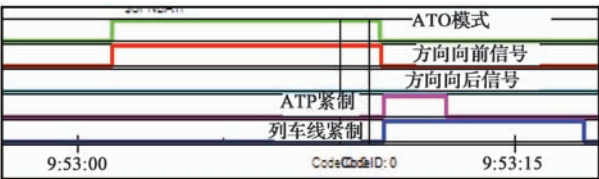


图 2 深度事件记录仪数据

所以出现“ATP 紧制”、“方向信号改变”和“主 VCU 紧制”等故障信息, 最直接的原因可能是由信号系统本身故障或信号检测到影响列车安全运营的故障引起。

读取故障时的信号数据, 通过分析数据发现, 列车在 DTRO 折返过程中, 信号设备检测到魁奇路下行站台某个屏蔽门打开的故障信息, 因此列车被施加了“ATP 紧制”, 中央显示屏上也显示 0107 次 GF027028 车在魁奇路下行出站后显示屏蔽门打开信息。

屏蔽门的状态通过 ATP 报文传输给列车, ATP 子系统在屏蔽门打开情况下监督列车的移动, 当列车制动距离大于列车与安全停车点的接近距离时, 车载 ATP 设备将对列车实施紧急制动, 控制列车导向安全, 防

止危及乘客的安全。

屏蔽门打开后, ATP 子系统检测到列车制动距离超过列车的安全停车点距离, 因此车载 ATP 设备对列车实施了紧制, 列车 DTRO 折返模式失效。在司机台没有激活的情况下, 车辆不会给出方向信号, 因此出现了“ATP 紧制”、“禁止方向信号改变”、“主 VCU 紧制”等故障信息。由此可以确定, 故障由屏蔽门打开引起, 列车信号系统正常。但列车出现 4 个电机红点(牵引封锁)、常用制动不能缓解等故障, 需对车辆方面做进一步查找分析。

3.2 车辆紧制原因调查

根据广佛线列车的电路原理图, 信号系统有效的情况下通过 ARR 折返继电器得电常开触点闭合, 使紧制控制回路接通得电, 紧制缓解。屏蔽门打开触发了“ATP 紧制”, 信号 DTRO 自动折返失效, ARR 折返继电器失电, 车辆施加紧制。直至停稳后 ATP 紧制消失, 2KA21 零速环路继电器得电, 但因此时列车司机台没有激活, 方向手柄处于零位, 车辆紧制依然存在, 如图 3 所示。

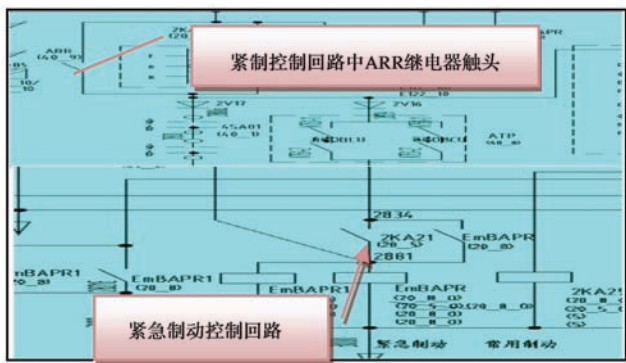


图 3 列车紧制控制回路

故接车司机到前端(GFA027 车)激活司机台后, 此时列车出现紧制为正常现象, 向前后推司控器方向手柄, 紧制控制回路再次接通得电, 紧制即可缓解。

信号有效模式下, 因屏蔽门打开引起列车产生“ATP 紧制”, 列车停稳且屏蔽门关闭后, 无论继续 ATO 模式驾驶还是司机人工驾驶均可以对列车进行牵引, 为何会出现 4 个电机全部红点, 致使列车牵引封锁, 需进一步调查。

3.3 牵引封锁(4 个电机红点)调查

SIBAS-32 系统中定义列车 4 个电机红点为牵引系统严重故障, 根据图 1 中 VCU 的故障记录, 电机红点出现时有“Stand-by brake request too often (制动待命请求太频繁)”故障数据, 查看 SIBAS-G (SIBAS-32 的图形化软件)发现该数据是导致 4 个电机图标红点(逻辑中对应的 Traction system serious fault 信息)的直接原因, 如图 4 所示。

进一步查看“制动待命请求太频繁”的逻辑图, 触发条件为 5 min 内至少出现 5 次制动待命请求信号

\$SAFEBA, 如图 5 所示。

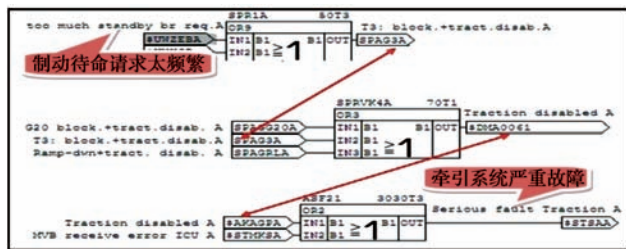


图 4 牵引系统严重故障逻辑图

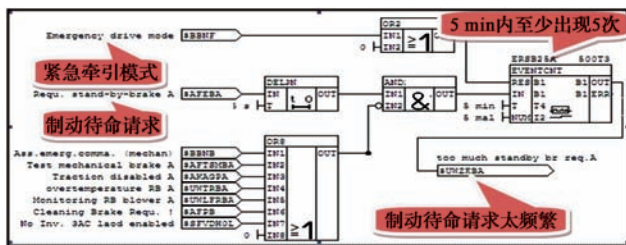


图 5 “制动待命请求太频繁”逻辑图

仅在当前的制动命令情况下, 可以导致制动待命请求的条件有: ①列车速度大于停车制动的速度; ②列车牵引/制动使能; ③列车评估制动命令。首次屏蔽门打开引起 ATP 紧制后, 制动待命请求信号 \$SAFEBA 变为 1 (代表有效), 并且持续保持为 1。查看列车故障时的监控视频发现, 司机在发现屏蔽门打开引起的紧制停车后, 到达 GFA027 车司机室激活司机台, 2 min 时间内连续 4 次快速操作方向手柄, 查看列车的紧制施加、缓解是否正常, 从而人为制造了 4 次紧制, 即导致了 4 次制动待命请求信号 \$SAFEBA 的出现。加上首次屏蔽门打开引起的 ATP 紧制, 达到 5 min 内至少出现 5 次制动待命请求信号 \$SAFEBA 的所需条件, 从而触发了“制动待命请求太频繁(Stand-by brake request too often)”的相关逻辑, 列车封锁牵引。

后经试车线对故障进行模拟, 并对相关信号进行监测(图 6), 当首次紧制触发制动待命请求信号, 制动待命请求信号 \$SAFEBA 变为 1 并且保持为 1。然后短时间内操作 4 次方向手柄施加、缓解紧制, 触发车辆 SIBAS-32 软件中牵引封锁逻辑, “制动待命请求太频繁”故障重现, 4 个电机红点, 故障模拟的结果与正线出现的故障完全相同。

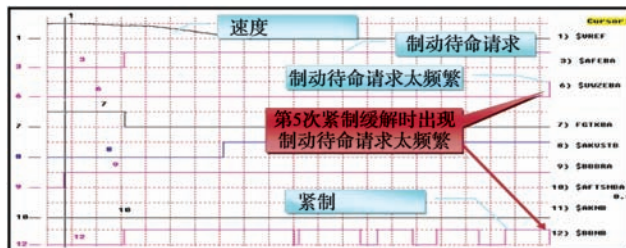


图 6 试车线模拟故障数据

此时, 通过操作紧急牵引模式可以复位(RES)此故障(见图 5 所示)。实际上, 司机在操作了紧急牵引模式(Emergency drive mode)后, 也证实列车解除牵引封锁, 可再次投入使用。