

广州地铁3号线列车网络控制
系统及其故障诊断分析

黄文灿

(广州市地下铁道总公司 运营事业总部车辆中心, 广东 广州 511430)



作者简介: 黄文灿(1985-), 男, 现从事地铁车辆的维修管理工作。

摘 要: 以广州地铁3号线为例, 分析了列车网络控制系统及其对故障的诊断方式; 通过对广州地铁3号线列车网络控制系统故障的解决及分析, 对列车网络控制系统稳定性提出更高要求。

关键词: 广州地铁3号线; 列车网络控制系统; MVB网络; VCU软件; 故障诊断

中图分类号: U269.32*2; TP212 文献标识码: A 章编号: 1000-128X(2012)06-0054-03

Train Network Control System and Its Fault Diagnosis
of Guangzhou Metro Line 3

HUANG Wen-can

(Vehicle Center of Operation Business Division, Guangzhou Metro Corporation, Guangzhou, Guangdong 511430, China)

Abstract: Taking Guangzhou metro line 3 as an example, train network control system and its diagnosis were analyzed. Based on the Guangzhou metro line 3 train network control system troubleshooting and analysis, higher requirements of the train network control system stability was put forward.

Key words: Guangzhou metro line 3; train network control system; MVB network; VCU software; fault diagnosis

0 引言

传统的城市轨道交通车辆采用有节点电路/接触器和数字总线系统控制, 现代城市轨道列车发展至今, 逐渐采用集成的电子控制设备子系统(如牵引控制系统、制动控制系统、车门控制系统、乘客信息系统等), 取代继电器、接触器、有节点电路、接线端子、车钩电气触点, 很大程度减少了独立的电气元件的使用。

通过数字总线技术构建的列车通信网络, 利用串行数据在子系统控制设备的接口中相互通信及传输, 并实现故障准确定位、获取详细故障信息和子系统状态。

1 列车网络控制理念

1.1 现代TCN网络传输主要控制信号

TCN是列车通信网络, 由物理上和逻辑上组成的冗余总线系统组成。TCN于1999年6月正式成为国际标准, 即IEC61735。该标准对列车通信网络的总体结构、连接各车辆的列车总线、连接车辆内部各智能设备的车辆总线及过程数据等内容进行了详细的规定。它包

含2级总线: WTB总线和MVB总线。

绞线式列车总线(WTB)是适用于机车车辆经常连挂和解编的列车总线。多功能车辆总线(MVB)是连接车辆内设备, 以及在固定编组的列车组中连接各车辆设备的车辆总线。MVB多功能总线被设计为在独立车辆范围内电子元件和控制系统之间数据传输, 连接至MVB网络的子系统数量在项目的设计阶段进行规定。

1.2 列车线传输必要的控制信号

部分信号采用列车线控制是必要的, 例如安全电路、车门关闭电路、紧急牵引。正常模式下, 列车上所有带MVB接口的子系统将被列车总线控制, 列车线信号只被监控(除了安全电路和车门关闭电路)。当列车线信息不同于列车总线信息, 一个故障数据将被提示在车辆显示屏上。

假如看门狗诊断出总线故障(逻辑错误或线路故障), 降级或救援模式将被激活, 然后列车线信号将被采用执行。为此, 在车辆设计前期必须定义好在降级或救援模式下所实现的列车功能。

下文以广州地铁3号线列车为例, 介绍列车网络控制系统的诊断方式, 并对列车网络控制系统故障进行诊断分析。

收稿日期: 2012-07-18

2 列车网络控制的诊断方式

2.1 数据信息的传输原则

广州地铁 3 号线列车采用德国西门子基于 TCN 通信网络开发的 SIBAS32(Siemens 32 位处理器的列车自

动系统) 控制技术 , 网络拓扑结构如图 1。车辆的每一个电子子系统(例如车门系统、制动系统等) 集成了一个电子控制单元来监测自己 , 未集成电子控制单元的其他电子子系统(例如列车线等) 则会被车辆控制单元(VCU) 进行检测。

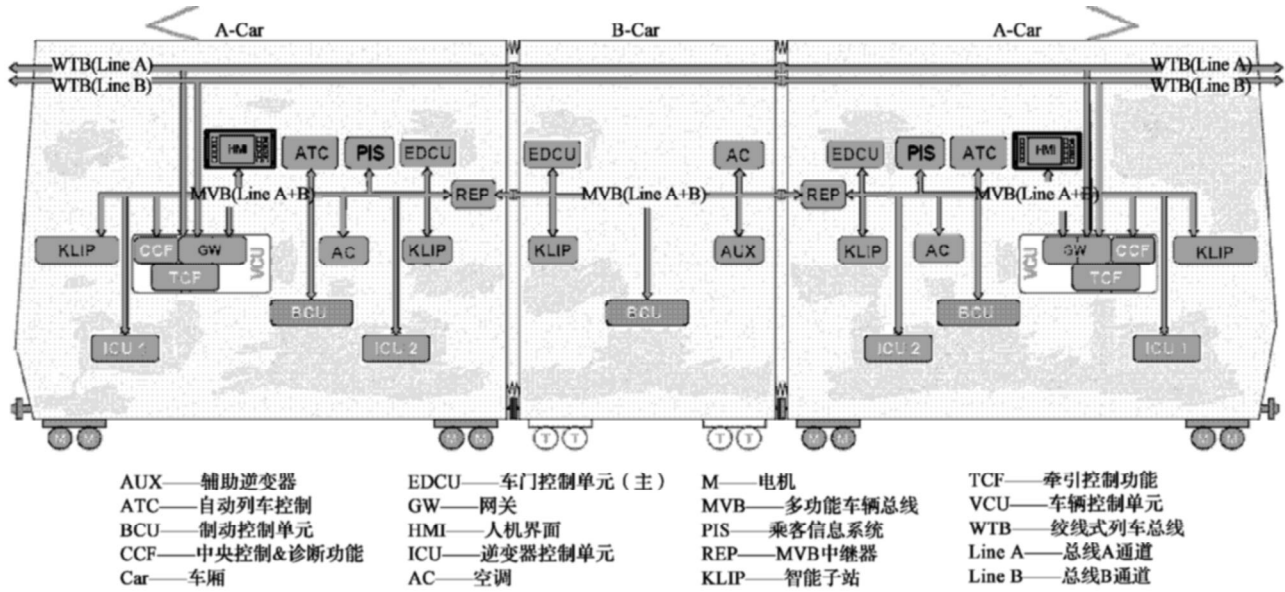


图 1 广州地铁 3 号线网络拓扑结构图

子系统的任何故障将被存储在子系统本身当中 , 每个子系统(包括 VCU) 发送它们当前评估的错误状态给主 VCU(参见图 2)。

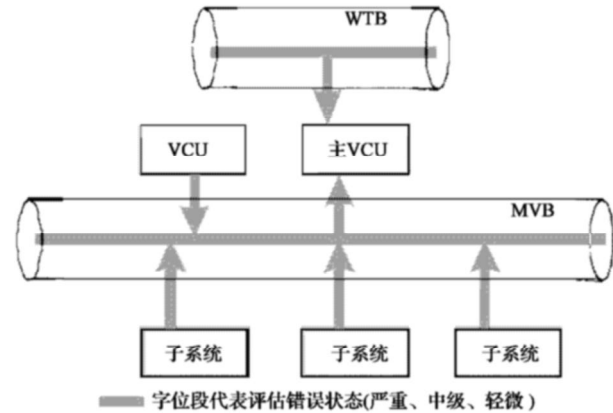


图 2 故障信息的传输原则

图 2 展现了故障信息的传输原则 , 评估故障状态从子系统到主 VCU , 从次级 VCU 到主 VCU , 子系统的一系列故障评估状态在 MVB 网络中通过位字段 , 以及通过 WTB 网络传输另一车的主 VCU。

2.2 数据信息的传输类型

列车通信网络传输过程、消息和监视 3 种类型的数据 , 数据内容和发送时间如表 1。

表 1 数据信息的传输类型

传输类型	信息内容	发送时间
过程数据	运行速度、牵引力、载荷	周期性发送
消息数据	诊断信息、操作事件、冻结记录	按需发送
监视数据	设备自检、事件仲裁、节点初运行	周期性发送或按需发送

3 列车网络控制系统故障诊断分析

采用基于 TCN 网络的控制系统的好处是不运行错误的信息(不论信息是否有效)。对于列车出现故障时 , 司机通过故障提示响应正确故障处理 , 车辆检修人员利用维护软件下载表 1 所述的 VCU 存储数据信息 , 再根据逻辑设计原理迅速进行故障排查。

相反地 , 列车线控制系统无效信息将不能被诊断。对于类似列车线有节点松动、虚接 , 继电器触头氧化、虚焊等电气部件隐患问题导致的短暂性故障 , 无法排查到最小故障点。

3.1 MVB 总线通信网络中断

正常的 MVB 通信 , 每一个成员都在网络中得到定义好的地址 , 例如乘客信息系统(PIS) 地址为 38、车门系统(EDCU) 地址为 484 , 并通过令牌传递总线访问控制方式对整个通信网络的 A/B 通道进行循环 , 确保通信网络的畅通。

图 3 为利用 MVB 总线测试器对广州地铁 3 号线列车通信网络的检查情况 , 结果显示其中网络 B 通道断开 , 列车的故障表现为车门控制单元无法连接上 MVB 通信网络 , 同时无法设置乘客信息系统的广播路径。故障原因为 EDCU 的 MVB 插头针脚损坏。

3.2 总线 / 列车线信号检测时间的限制

西门子 SIBAS32 列车网络控制系统需要对列车线信号和总线信号的反馈进行检测 , 如机械制动缓解状态、车门关闭状态等 , 诊断异常后触发牵引封锁作为安全保护。广州地铁 3 号线列车正线运营时“ 牵引封

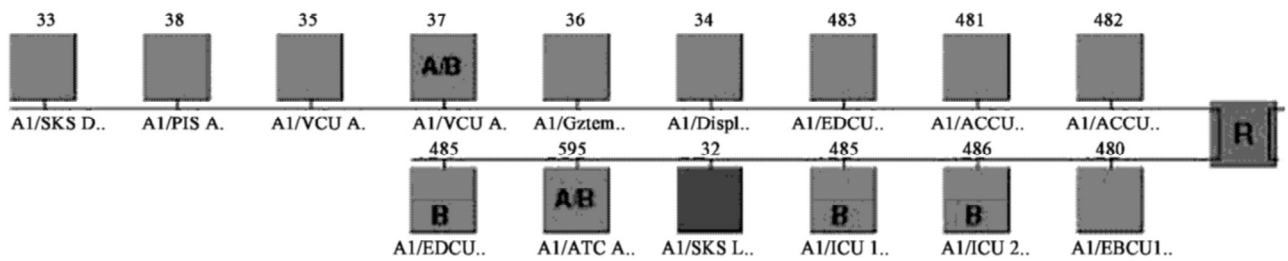


图3 令牌传递总线访问控制

锁/激活故障”多出现进站台中部,此时列车电制动力不足需要由机械制动补充;另一情况出现的频率较低,是在列车出站启动时。

列车VCU发出牵引命令或制动过程中气制动退出时,网关机或智能阀控制相应制动夹钳缓解机械制动,同时将制动缓解信号通过MVB总线反馈给VCU。制动夹钳完全缓解机械制动后,阀内压力开关控制继电器动作,作为执行单元缓解机械制动的列车线反馈信号。

VCU监控机械制动缓解的总线信号和列车线信号,在3.5 s的检测时间内允许不同步,一旦信号不同步>3.5 s后,VCU判断列车机械制动未完全缓解,发出牵引封锁命令进行保护,信号逻辑判断如图4所示。

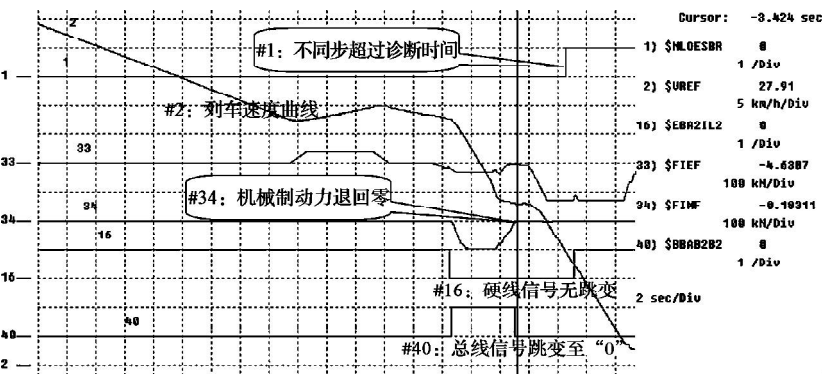


图4 机械制动未缓解>3.5 s信号逻辑判断图

地铁检修人员对此问题做进一步验证,即在VCU软件中将机械制动缓解状态的检测时间缩短到1.5 s后,列车“牵引封锁/激活故障”不断发生。最终,车辆供货商西门子将检测时间延长到5.0 s后,解决列车“牵引封锁/激活故障”。

3.3 软件设计缺陷

列车网络控制系统故障普遍是由VCU软件设计缺陷所致,特别是在项目重大改造后暴露出的设计缺陷,包括列车参数偏差、控制命令传输或分配不同步、故障管理级别定义缺失。

VCU软件作为列车网络控制的核心软件,其设计缺陷必然导致列车所属子系统出现问题。表2举例了广州地铁3号线列车,由于VCU软件设计缺陷,尤其是在

2009年广州地铁3号线列车重联之后,运营时出现的一系列问题。

表2 广州地铁3号线VCU软件设计缺陷

VCU 软件设计缺陷	所属系统	故障原因	故障影响	修改软件内容
牵引封锁/无目标速度	牵引系统	列车重联	列车晚点	牵引封锁指令
后3节车无法开门故障	车门系统	列车重联	列车晚点	零速信号定义范围
空压机泵风启动管理	制动系统	列车重联	设备寿命下降	空压机启动时序
空调通风模式请求	空调系统	辅助逆变器过载	车厢闷热	空调启动时序
停车对标精准度	车辆与信号接口	气制动响应不足	列车晚点	电-空制动转换时间

4 结语

随着社会的发展,地铁运行的稳定性、可靠性和舒适性越来越受到旅客的关注,人们对列车网络控制系统也提出了更高的要求。

城市轨道交通列车网络控制系统在保证优化传统的有节点控制电路的同时,除了在数据传输速率、监控及控制范围等系统安全完整性方面升级外,同时必须提高列车运用的稳定性及可靠性。因此,运用部门在与车辆供货商进行设计联络与审查时,列车功能等参数设定、控制命令传输或分配、故障管理级别、接口条件等网络控制标准,必须严格规范。

机车车辆厂在整车下线后所进行的列车功能调试,进一步验证列车网络控制系统稳定运行。同时车辆供货商对于既有项目出现的问题,应该极力避免在新项目中出现。

参考文献:

[1] 西门子(中国)有限公司. 广州地铁3号线列车控制理念[M]北京:西门子(中国)有限公司,2003.
[2] 西门子(中国)有限公司. SIBAS-G-Reader逻辑功能描述[M]北京:西门子(中国)有限公司,2006.
[3] 朱士友,吕劲松. 车辆检修工[M]北京:中国劳动社会保障出版社,2009.
[4] 宁寿辉,李常贤,王杰. TCN列车网络管理的研究与实现[J]机车电传动,2007(5).