

350 km/h 中国标准动车组网络控制系统

王景波, 王吉松, 张 鹏

(中车唐山机车车辆有限公司 产品研发中心, 河北 唐山 063035)

摘 要: 350 km/h 中国标准动车组网络控制系统遵循 GB/T 28029.1—2011 标准, 采用 WTB 和 MVB 两级总线结构, 布设以太网来实现软件更新及数据下载。通过制定列车级及车辆级通信协议, 实现对高压、牵引等系统在内的整车逻辑控制、状态监视、故障诊断, 并满足互联互通需求。通过一系列试验证明该动车组运行安全可靠, 满足各项技术要求。

关键词: 中国标准动车组; 网络控制; 互联互通; 以太网; 冗余

中图分类号: U266.2; TP393; U292.91⁺4

文献标识码: A

doi: 10.13890/j.issn.1000-128x.2018.02.003

Network Control System of 350 km/h CEMU

WANG Jingbo, WANG Jisong, ZHANG Peng

(Product R & D Center, CRRC Tangshan Co., Ltd., Tangshan, Hebei 063035, China)

Abstract: 350 km/h CEMU network control system met the standard GB/T 28029.1—2011, and adopted the two-level structure of WTB and MVB, which implemented soft update and data download with Ethernet. By developing the train and vehicle communication protocols, the train logical control, status monitoring and fault diagnosis was achieved and satisfied the interconnection requirement. With the tests, the CEMU was validated with safety and reliability, fulfilling the technical demands.

Keywords: CEMU; network control; interconnection; Ethernet; redundancy

0 引言

350 km/h 中国标准动车组是基于中国高速动车组运用需求和现有成熟可靠技术, 采用完全国产化的列车网络控制系统开发而成的新型动车组。该动车组对保持我国高速铁路可持续发展、全面掌握动车组及关键装备的核心技术具有重要战略意义。

1 网络控制系统结构

列车网络控制系统采用两级总线式拓扑结构, 分为列车级总线 WTB 和车辆级总线 MVB, 列车级和车辆级数据转换采用 TCN 网关, TCN 网络拓扑结构如图 1 所示。通过 WTB 总线将不同牵引单元的关键数据进

行通信并传递给中央控制单元, 而 MVB 总线和输入输出模块实现关键子系统与中央控制单元之间的数据交换。列车同时布设以太网列车总线, 通过各车厢的以太网交换机与 EGWM、显示屏、无线传输装置等设备相连进行数据交换。以太网拓扑如图 2 所示。

2 网络控制系统设备

列车网络控制系统部件是动车组的指挥中枢, 实现各子系统信息传输共享, 协调中央控制系统与各子系统的控制、监视与诊断任务, 汇总各子系统工作状态和故障诊断信息, 提供信息显示和人机交互接口。列车网络控制系统部件主要包括: 中央控制单元 / 车辆控制单元、人机接口显示屏、输入输出单元、网关、中继器等。

收稿日期: 2017-05-06; 修回日期: 2017-11-17

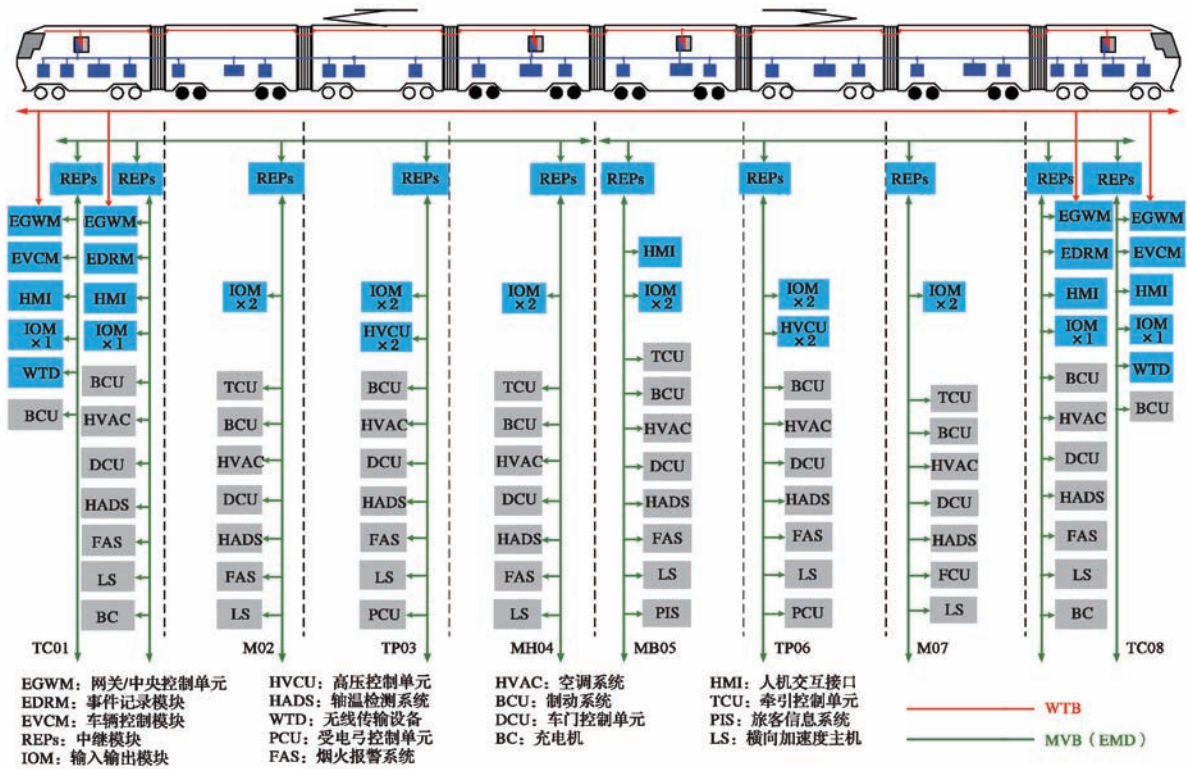


图 1 TCN 网络拓扑结构图

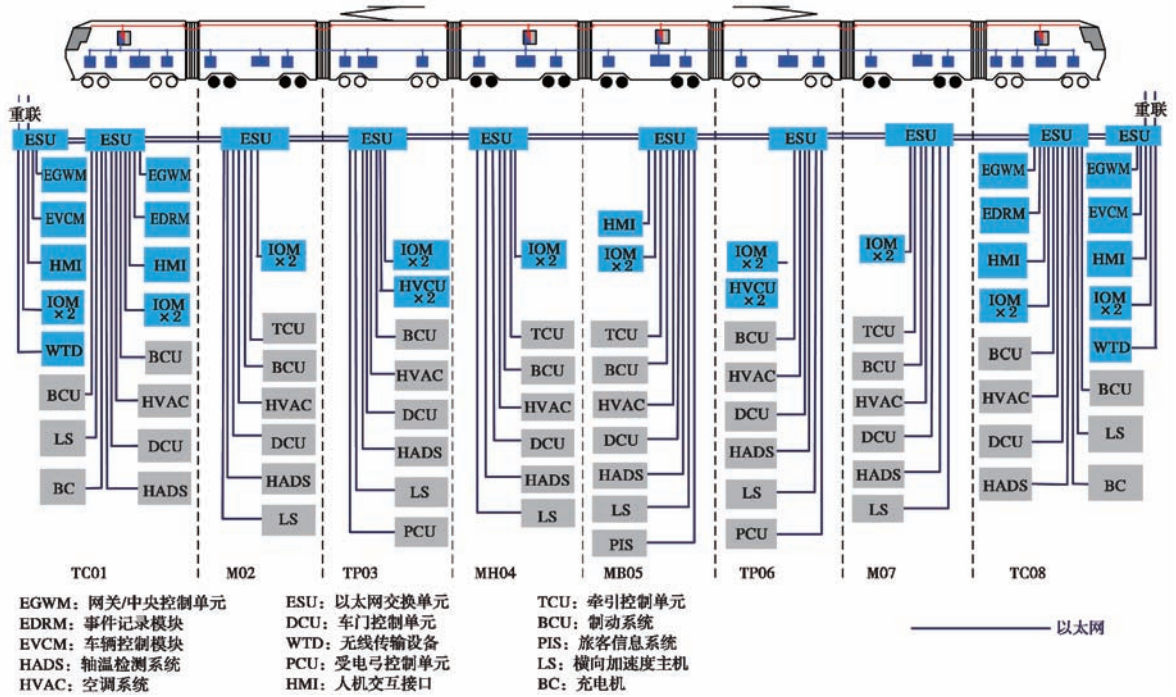


图 2 以太网拓扑图

其中网关 / 中央控制单元是列车的核心部件, 主要由 EGWM 模块、EDRM 模块和 EVCM 模块组成。下面分别介绍各网络部件的主要功能。

2.1 EGWM 模块

EGWM 模块主要提供列车总线 (WTB)、车辆总线 (MVB) 和以太网交换机 (ETH) 的网关通道, 其功能如下:

①实时可靠地传输列车总线和车辆总线的双向数据;

②与应用有关的数据进行通信和协议转换;

③实现 MVB 协议和 WTB 协议之间相互转换, 通过 WTB 总线进行通信;

④实现列车重联运行。

2.2 EDRM 模块

EDRM 模块主要完成事件的记录与存储, 在 ERM 的基础上提高故障记录功能的灵活性, 满足各种车辆的故障记录要求, 并提高模块的安全性和保密性。其功能如下:

- ① 1 个快速以太网接口, 支持实时以太网通信;
- ② 具有 MVB 总线 EMD 接口通信能力;
- ③ 1 路 CAN 通信电路, 可以接入 CAN 总线参与相关工作;
- ④ 1 路 RS485(RS422 复用) 通信电路;
- ⑤ 1 路分别用于通信和调试的 RS232 接口;
- ⑥ 大容量存储能力 (8 GB), 能满足各种车辆的故障记录要求。

2.3 EVCM 模块

EVCM 模块主要用于以太网数据处理和车辆控制功能实现, 以及列车各设备之间的以太网通信, 其功能如下:

- ① MVB 数据与 ETB 数据协议切换;
- ② 接收 MVB 数据并转发到以太网设备;
- ③ 将以太网的设备转发至 MVB 网络;
- ④ 连接各车厢的以太网和车辆上的各控制设备以太网接口。

2.4 REPs 模块

REPs 模块作为 MVB 中继器主要完成 MVB 列车总线或 MVB 车辆总线的中转、MVB 信号整形再生功能, 通过中继器可将车辆总线分为若干网段, 当某个网段故障时不应影响其他部分车辆总线的工作。

2.5 人机接口 HMI

人机接口 HMI 采用的是 30.73 cm (12.1 英寸) 的触摸和按键两用的彩色显示器, 如图 3 所示。HMI 是人机交互设备, 是列车司机、乘务员和其他工作人员与列车交互的主要界面, 而且是列车诊断系统的重要组成部分。其功能如下:

- ① 运行状态显示;
- ② 故障数据记录;
- ③ 数据设置;
- ④ 模式控制。



图 3 HMI 模块

2.6 无线传输装置 WTD

无线传输装置 WTD 主要获取列车实时的运行状态信息和故障信息, 利用 MVB 网络技术、以太网技术、GSM 无线传输技术、WLAN 无线局域网技术, 能够采

集 MVB 车辆总线和以太网总线的的数据, 对指定的端口数据接收后进行重新整理、解析、存储, 将车辆信息分类为实时运行数据、实时故障数据、非实时运用数据等等, 并且能够提供本地数据下载功能, 也能通过无线传输技术将本地数据发往地面服务器, 从而达到对列车状态进行动态跟踪监控, 并根据所采集的数据对运行列车上的各设备提供诊断、指导检修的目的。主要功能如下:

- ① 运行状态数据整理存储;
- ② 数据本地下载;
- ③ 数据远程下载。

3 网络控制系统功能

3.1 列车级控制

列车级控制与管理功能主要有 TCN 初运行、司机室激活、方向设定、换端模式、恒速控制、时间设置、列车控制线、安全回路、网络复位等。

3.2 高压系统监控

高压系统监控主要是对受电弓、主断路器、车顶隔离开关及牵引变压器等的控制。

受电弓控制主要实现受电弓升降弓、受电弓选择、受电弓切除恢复、ADD 自动降弓、紧急断电列车线、受电弓互锁等功能。

主断路器控制主要实现牵引主单元的闭合断开请求、无高压状态下的主断保护及锁闭、主断释放环路及状态判断。

车顶隔离开关控制主要实现闭合断开控制、开关状态检测以及开关切除恢复的联锁。

其他高压控制如变压器的保护及锁闭控制, 自动过分相和手动过分相控制等功能。

3.3 牵引系统监控

网络控制系统具备对牵引系统的控制功能与接口。在正常牵引模式、恒速控制模式、紧急牵引模式下牵引力控制指令的生成和分配, 同时根据对整车运行情况的监视, 采用牵引封锁、限速管理等控制策略实现对以上模式的牵引系统部件保护。列车对牵引功能的控制如下:

① 网络控制系统与 TCU 直接相关的控制逻辑和诊断, 如对牵引变流器及其冷却风扇控制、牵引电机冷却管理等。

② 网络控制系统对列车方向的控制逻辑与诊断, 如在紧急牵引模式下的控制等。

3.4 制动系统监控

网络控制系统关于制动系统监控主要实现了 CCU 制动干预和相关诊断, 制动系统可连续监测和诊断制动系统的主要零部件和信号状态, 可以接收和发送数据给相关诊断系统。制动系统具备自诊断及数据存储和读取功能, 能够监控制动设备的状态, 在故障发生

瞬间保存当前故障及故障前后的历史数据, 可允许维护人员读取和下载故障数据。

4 网络控制系统特点

4.1 总线冗余设计

通过采用冗余的配置方案和完善的信息检错功能, 提供高安全性、高可靠性的数据传输, 保证信息传输的实时性。

① WTB 总线冗余: 列车总线 WTB 物理层上采用 2 根双绞线 (A 线和 B 线) 连接的冗余结构, 一条线定义为信任线, 另一条线定义为监视线。

② MVB 总线冗余: 车辆总线 MVB 采用 MVB EMD 电缆, 具有冗余结构, 有线路 A、线路 B 两路通道。

③ 以太网总线冗余: 以太网总线主干线路采用总线型拓扑结构, 两路以太网总线实现冗余传输。

4.2 设备冗余设计

设备采用热备冗余方案, 当某系统发生故障时, 冗余配置的设备介入并承担故障设备的工作, 由此减少系统的故障时间。

① 中央控制单元冗余: 每一个牵引单元有 2 个互为冗余的、具有工业以太网接口的中央控制单元 (CCU), 它们共同负责对本单元车辆的控制、监视和诊断。2 个 CCU 间通过硬线 IO 信号和 MVB 总线中的特定端口 2 种方式相互通信, 检测对方的状态, 以热备冗余的方式工作。

② 网关冗余: 每一个牵引单元有冗余的 WTB/MVB 网关, 负责 2 个牵引单元之间及重联时列车之间数据的交换。每半列车有 2 个互为冗余 WTB 网关, 一台为主设备, 另一台为从设备。2 个 WTB 网关间通过总线相互通信, 判断对方的状态, 实现热备冗余的工作模式。

③ 输入输出模块冗余: 采用冗余的输入输出模块对关键的 I/O 信号同时进行采集, 并发送给 CCU, CCU 再对接收到的信号进行逻辑处理, 属于热备冗余的工作方式。

④ 人机接口显示屏冗余: 2 个头车的司机台上各有 2 个显示屏, 一个作为主显示屏, 另一个作为诊断显示屏, 2 个显示屏的显示内容可以相互切换, 用于显示列车状态、故障诊断信息。

⑤ 高压控制单元冗余: 采用冗余的高压控制单元对网压、网流、变压器油温等模拟量信号同时进行采集, 发送给 CCU, CCU 再对接收到的信号进行逻辑处理, 属于热备冗余的工作方式。

⑥ 中继器冗余: 每个中继器内含 2 个信号处理模块, 互为冗余, 对 MVB 信号进行中继和放大。

⑦ 无线传输装置冗余: 每个牵引单元各有一台无线

传输装置, 均能够接收列车级信息、本单元的本地信息和另一单元的本地信息, 并将其发送至地面服务器。

⑧ 车辆间 MVB 连接器冗余: 车辆间 MVB 总线通过 2 个连接器连接至相邻车辆, 其中一个连接器用于连接 MVB 的 A 线路, 另一个用于连接 MVB 的 B 线路。

4.3 设备模块化设计

网络控制系统核心部件均采用最小单元的模块化设计, 具有体积小, 安装布置方便灵活, 电气柜内空间利用率高等特点。每个模块都有独立的供电系统, 不会因为一条供电线路问题导致控制系统故障, 大大降低了故障率。处理模块和采集模块与设备布置较近, 可以有效地减小信号传输距离, 提高了信号传输品质。

5 实际应用情况

350 km/h 中国标准动车组通过厂内例行试验, 中国铁道科学研究院组织的型式试验, 以及在大西高速铁路试验线进行的互联互通试验、后续的正线运营考核等一系列试验验证, 保证了列车的运行安全性及可靠性。

6 结语

350 km/h 中国标准动车组是贯彻国家创新驱动发展战略, 根据中国铁路自身发展需求和“走出去”战略要求决定实施的一项铁路重大装备工程, 以自主化、可靠性、先进性等为设计原则, 关键系统、部件自主开发, 打破垄断, 摆脱技术依赖, 通过自主创新, 深度消化吸收关键核心技术, 打造具有完全自主知识产权的中国标准动车组。该动车组以降低运用维护成本, 提升产品的运用经济性为目标, 实现了动车组互联互通及零部件的统型。

参考文献:

- [1] 国际电工委员会. 铁路电子设备—列车通信网络 (TCN)—第 1 部分: 通用架构: IEC 61375-1—2012 [S].
- [2] 国际电工委员会. 铁路电子设备—列车通信网络 (TCN)—第 2-1 部分: 绞线式列车总线 (WTB): IEC 61375-2-1—2012-06 [S].
- [3] 国际电工委员会. 铁路电子设备—列车通信网络 (TCN)—第 3-1 部分: 绞线式列车总线 (MVB): IEC 61375-3-1—2012-06 [S].
- [4] 倪文波, 王雪梅. 高速列车网络与控制技术 [M]. 2 版. 成都: 西南交通大学出版社, 2010.
- [5] 龚利. 铁路机车远程监测与故障诊断系统设计 [J]. 计算机工程, 2012, 38(4): 227-229.
- [6] 路向阳. 我国列车通信网络的发展与应用 [J]. 机车电传动, 2001(6): 1-5.

作者简介: 王景波 (1985—), 男, 硕士, 工程师, 现从事高速列车及城际列车的网络控制开发工作。