

研
究
开
发SDA₁ 型交流传动内燃机车
网络通信系统

杨德萍, 孟玉发, 廖忠文, 王 永, 韩 笑

(南车资阳机车有限公司, 四川 资阳 641301)



摘 要: 简要介绍了 SDA₁ 型交流传动内燃机车在澳大利亚的运用环境与对机车的要求、机车主要技术参数, 系统而全面地阐述了机车控制系统组成和机车微机网络通信系统设计。实际运行表明该机车微机网络通信系统稳定可靠。

关键词: SDA₁ 型机车; 交流传动; 微机; 网络通信系统; ICE; LCU; EOT; LSI

中图分类号: U262.7; TN915 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-128X(2012)02-0021-04

作者简介: 杨德萍 (1966-), 女, 主管设计师, 现从事机车网络通信系统的研究开发和机车电气系统的设计工作。

Network Communication System of SDA₁ AC-driving Diesel Locomotive

YANG De-ping, MENG Yu-fa, LIAO Zhong-wen, WANG Yong, HAN Xiao

(CSR Ziyang Locomotive Co., Ltd., Ziyang, Sichuan 641301, China)

Abstract: The requirement and main technical parameter of SDA₁ AC-driving diesel locomotive for Australia application were introduced briefly, and the control system structure and microcomputer network communication system design were expounded systematically. The practical operating validated the reliability and stability of the system.

Key words: SDA₁ locomotive; AC-driving; microcomputer; network communication system; ICE; LCU; EOT; LSI

0 引言

从1992年以来, 南车资阳机车有限公司(简称资阳公司)已经先后向越南、苏丹、纳米比亚、哈萨克斯坦、土库曼斯坦、乌兹别克斯坦等亚洲和非洲国家出口几百台内燃机车, 机车良好的牵引性能和可靠的质量赢得了用户的好评, 并受到发达国家的关注。2010年9月资阳公司与澳大利亚SCT公司签定了SDA₁型机车购买合同。SDA₁型机车是出口发达国家的交直交电传动干线重载货运内燃机车。

SDA₁型机车除了安装机车微机网络控制系统外, 还必须安装ICE系统(配置有3G、GPS/GSM、UHF等天线, 保证机车可以安全畅通地与远方控制中心和站台进行通信)、LEADER系统、事件记录仪、声音视频记录仪、列尾控制系统等, 并且机车顶部各种天线有10多根, 由此可见机车网络通信系统非常复杂, 机车控制系统采用分布式控制技术, 网络通信系统的设计关系到整车的稳定和可靠运营。只有使得机车各个控制单元之间通过网络通信系统传输的数据正确无误, 才能确保机车的各种控制功能得以正确实现。

1 SDA₁ 型机车在澳大利亚的运用环境与要求

SCT公司铁路运输业务线路主要为Melbourne-Adelaide-Perth、Melbourne-Sydney等干线和各支线铁路, 有的线路最大坡道达25‰, 有的线路处于戈壁中, 有的线路距海边不远, 空气湿度很高, 经常相对湿度高达100%; 线路所处环境由热带风暴引起的强降雨较多, 是一个有风、沙、暴雨(150 mm/h)、雪和多粉尘的地区; 海拔高度0~1 370 m; 环境温度0℃~60℃。

对机车的要求: 交流传动内燃机车, 机车两端车钩中心的距离为22 000 mm, 双司机室, 配备一个具有生化功能的厕所; 柴油机装车功率最小为3 000 kW, 并保留可在今后升级到3 300 kW的能力, 额定牵引功率至少2 830 kW(UIC条件); 机车最大速度115 km/h, 测试速度要求为127 km/h; 持续牵引力不低于520 kN; 机车符合最新的澳大利亚铁路行业安全和标准委员会(RISSB)颁布的AS标准; 机车整备质量不得超过134 t(含满燃油、滑油、水、沙等), 机车最大轴重不得超过22.33 t。

2 SDA₁ 型机车主要技术参数

SDA₁型机车主要技术参数如下:

收稿日期: 2011-11-03; 收修改稿日期: 2011-12-26

用途	干线货运
轨距	1 435 mm
柴油机装车功率	3 000 kW
轴式	C ₀ -C ₀
轮径	
新轮	1 067 mm
半磨耗	1 028.5 mm
全磨耗	990 mm
轴重	≤22.3 t
总质量	≤134 t
最小通过曲线半径	70 m
最大运用速度	120 km/h
持续速度	16 km/h
最大启动牵引力	600 kN
持续牵引力	520 kN
轮周电阻制动功率	3 600 kW
最大电阻制动力	325 kN

TCN 网关，实现热冗余，当其中一个 TCN 网关故障时，另外一个 TCN 网关自动接替通信管理功能。

网络转换模块主要承担通信转换功能，实现 RS485、RS422 与 MVB 通信模式的转换。

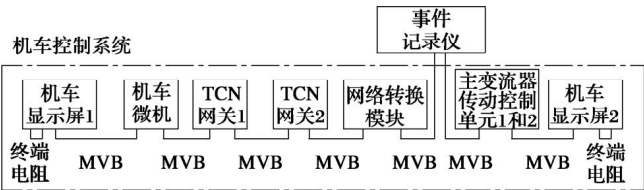


图 1 机车控制系统组成示意图

4 SDA1 型机车微机网络控制通信系统设计

SDA1 型机车微机网络控制通信系统由机车微机、机车显示屏1、机车显示屏2、TCN 网关1、TCN 网关2、网络转换模块、事件记录仪、传动控制单元1、传动控制单元2、柴油机控制系统、列尾控制系统、6 台电机控制器、制动机空气控制单元、辅交控制单元、高温水冷却风扇电机控制器、中温水冷却风扇电机控制器、牵引通风机电机控制器、空压机电机控制器、测速雷达控制器、LEADER(Locomotive Engineer Assist Display & Event Recorder)主机、LEADER 屏1、LEADER 屏2、多种网络通信线缆和多根天线组成，其工作原理框图如图 2 所示。

3 SDA1 型机车控制系统组成

SDA1 型机车控制系统主要由机车微机、主变流器传动控制单元、TCN 网关、网络转换模块及机车显示屏组成，如图 1 所示。该控制系统集机车控制、通信管理、监视和诊断功能于一体。控制系统采用分布式控制技术，控制系统各部件之间采用符合 IEC61375 标准的 MVB 总线进行通信。

机车微机负责机车级控制，主要功能包括协调机车各部分的运行、实施机车部分逻辑控制、实现柴油机调速控制、实施主发电机输出电压特性控制、调节直流辅助发电机输出电压、实现机车的牵引特性给定及柴油机恒功率控制、实现机车低速及降功模式下的重联控制等。

传动控制单元负责传动级控制，接收来自机车微机牵引力给定，同时采样中间直流环节电压、电机相电流、电机转速及 IGBT 元件的驱动反馈，利用直接力矩控制技术控制逆变器模块的 IGBT 元件开关状态，从而控制逆变器的输出电压幅值和频率，使牵引电机的输出转矩与机车微机的给定力矩一致。传动控制单元通过对牵引电动机的特性控制，最终实现机车的牵引/制动特性控制。

机车显示屏的主要功能是实现机车的人机交互功能。

TCN 网关的功能：控制和管理整个 MVB 网络通信系统，实现 MVB 网络的管理、数据交换。整车配备 2 个

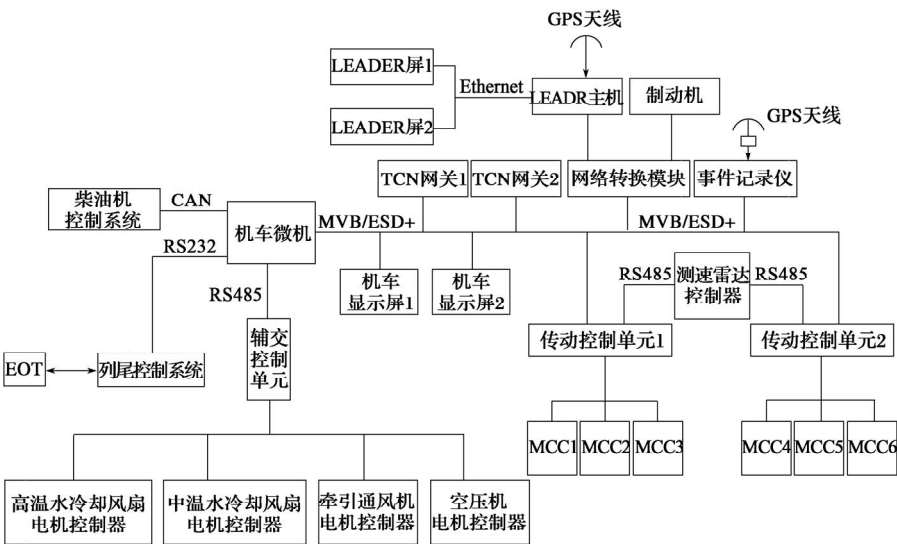


图 2 机车微机网络控制通信系统原理框图

4.1 工作原理介绍

4.1.1 机车级网络系统工作原理介绍

①机车级网络采用 MVB 总线连接各控制单元，包括机车微机、机车显示屏1、机车显示屏2、TCN 网关1、TCN 网关2、网络转换模块、事件记录仪、传动控制单元1和传动控制单元2。

②机车微机与柴油机控制系统之间采用 CAN 总线通信。柴油机控制系统通过 CAN 总线与微机通信，实时传输柴油机的工作状态参数给机车微机，然后通过 MVB 网络把柴油机工作状态参数传输到机车显示屏上进行显示，

并根据这些参数判断是否对柴油机的异常状态实施保护。

机车微机内部配置一块具有2个CAN接口的通信板; 机车微机和柴油机控制系统之间通过2个CAN接口实现链路和接口的冗余连接。

③机车微机与列尾控制系统之间的通信。列尾控制系统由机车控制单元(简称LCU)和列尾控制单元(简称EOT)组成, LCU与EOT之间通过无线网络进行双向通信, 同时机车微机和LCU之间通过RS232进行双向通信, 将LCU面板的显示及按钮操作功能集成设计到微机控制系统中, 并在机车显示屏1和机车显示屏2上进行显示和控制功能。

EOT通过无线网络将列尾车辆的列车管压力、标志灯状态、运动状态、电池电压状态、制动阀状态、通信链路状态等参数定时发送给LCU, LCU通过发送“状态更新请求”命令定时轮询EOT。当需要列尾实施紧急制动时, 通过发送紧急制动命令给机车微机, 机车微机再将命令发送给LCU, 最后发送给EOT实施列尾车辆紧急制动, EOT将执行此命令的反馈信息发送给LCU。

④辅交控制单元采用RS485总线通信。辅交控制单元通过RS485通信网络接收机车微机发送给它的数据(如机车速度、柴油机转速、柴油机高温水温度等), 并通过RS485网络将控制数据发送给辅助交流传动系统的相应的电机控制器, 从而实现对辅助交流传动系统的柴油机高温水冷却风扇、柴油机中温水冷却风扇、牵引电动机冷却风机、空气压缩机等辅助电机的控制(如电机转速和频率等), 并对各辅助交流逆变模块和各辅助电机实施保护; 同时辅交控制单元通过RS485通信网络向机车微机传输辅助交流传动系统的工作状态信息(如柴油机高低温水冷却风扇电机转速、牵引电动机冷却风机电机转速、各逆变器状态、各电机状态及各种故障信息等), 由机车微机通过MVB网络传输到显示器进行显示。

4.1.2 传动级网络系统工作原理介绍

传动级网络系统由2个传动控制单元和6个牵引电机控制器通过AMSBUS总线进行通信, 每个传动控制单元分别控制3个牵引电机控制器。传动级控制系统通过MVB接口实现与机车微机的通信; 同时传动控制单元1和传动控制单元2通过RS485总线与测速雷达控制器进行通信。

4.1.3 网络转换模块通信系统工作原理介绍

网络转换模块通过RS422总线实现与制动机空气制动单元的通信, 它将接收到的制动机参数信息(如均衡缸压力、制动管压力、制动缸压力、空气流量等)通过MVB网络传输给机车微机, 由机车微机通过MVB网络传输到显示器进行显示。

同时, 网络转换模块通过RS485总线实现与LEADER系统的通信, 它通过MVB网络接收机车微机发送的各种数据(如机车控制数据、EOT数据、制动机数据等), 然后通过RS485网络转发给LEADER主机, 由LEADER主机通过Ethernet网络传输到LEADER显示屏进行显示。

4.2 机车微机网络控制通信系统设计

4.2.1 机车微机网络控制通信系统方案设计

①机车级网络采用MVB总线。采用MVB总线连接的控制单元有: 机车微机、机车显示屏1、机车显示屏2、TCN网关1、TCN网关2、网络转换模块、事件记录仪、传动控制单元1和传动控制单元2。

②由于制动机空气控制单元、LEADER系统、列尾控制系统、柴油机控制系统等属于国外产品, 这些控制器不提供MVB接口, 所以网络方案设计必须考虑与对方提供的通信接口进行匹配, 同时通信协议也要达成共识, 其他网络方案设计如下:

a. 机车微机与德国MTU公司柴油机控制系统之间的通信接口是2个CAN接口, 通信协议是CANOPEN协议。一方面开发具有2个CAN接口的通信板插在机车微机上, 同时新开发支持CANOPEN通信协议的软件。

b. 机车微机与列尾控制系统LCU之间通信接口是RS232, 由于机车微机内置的RS232接口未采取内部隔离, 所以新开发机车微机RS485转RS232接口板, 一方面实现与LCU之间的通信, 另一方面确保机车微机的安全可靠。

c. 机车微机与制动机之间的通信方案: 由于制动机是采用美国Wabtec公司的FastBrake电空制动机, 制动机空气控制单元只提供带有同步时钟信号的9线制的RS422接口, 而机车微机没有RS422接口, 只有通过网络转换模块进行RS422通信再将信息转发给机车微机, 并且由于网络转换模块不支持带有同步时钟信号的9线制RS422通信, 因此确定网络转换模块与制动机空气控制单元之间采用5线制(信号: TXDA、TXDB、RXDA、RXDB和信号地) RS422总线进行通信, 通信协议为LSI协议。

4.2.2 机车微机网络通信系统EMC设计

由于交流传动机车的电磁干扰强, 因此如何增强通信系统电磁兼容能力, 使通信信号不受干扰, 使机车各单元节点之间的网络通信信号传输正确可靠, 必须做好下列几方面的EMC设计工作: 机车电气设备设计、机车布线设计、机车接地设计和网络通信系统EMC设计。

1) 机车电气设备EMC设计

既要充分考虑机车内部设备的抗电磁干扰能力, 又要避免这些设备对其他设备造成电磁干扰。首先要外购的所有电气设备必须满足EMC设计要求, 尤其是机车关键电气部件(如主变流柜、辅助变流柜、电阻制动柜、微机网络控制系统)。

2) 屏蔽及布线设计

各类设备采用的线缆选择不含PVC、尼龙的低烟、阻燃、无卤、无毒的高性能机车屏蔽电缆线缆; 机车布线为直流线、交流线分开, 动力线和控制线分开。

3) 接地设计

在以往的机车设计中都未考虑整车接地方案, 但为防患于未然, 此车采用整车接地方案。

4) 网络通信系统EMC 设计

从I 端到II 端通信数据线缆单独走一个钢管, 对不便穿钢管处的通信线缆采用穿防护软管。通信线缆采用进口的EMC 屏蔽网络专用线缆, 通信插头也选用屏蔽效果好的进口件, 对于DB9 等通信插头的压接采用全屏蔽层压接方式。严格按照标准设计电缆的走线方式和防护方法, 把电磁干扰减少到最低程度。

5) 网络总线信号地连接设计

以前在组建机车网络(例如RS485、RS422 和CAN) 时都只接2 根线(RS485 总线: A 线和B 线; CAN 总线: CAN-H 和CAN-L) 或4 根线(TXDA、TXDB、RXDA、RXDB), 从未考虑接信号地。这种接线方式通常在直流传动机车上能正常工作, 但在交流传动机车上可能存在下列安全隐患, 导致网络信号不稳定:

- ①若不接信号地, 当网络线路中的共模电压超出规定的范围时就会影响通信的稳定可靠。
- ②EMI 问题: 发送驱动器输出信号中的共模部分需要一个返回通路, 若不接信号地, 它可能会以辐射的形式返回源端, 整个总线可能会向外辐射电磁波。

所以在SDA1 型机车上通过RS485、RS422 和CAN 总线进行通信的控制器之间都连接了信号地。

4.2.3 通信协议的设计

编制机车控制系统各控制单元节点之间的MVB 通信协议。由于该机车网络系统复杂, 所以必须正确制定每个MVB 端口的通信周期。

机车微机与事件记录仪之间通信协议的设计: 通过了解机车技术规范中对事件记录仪部分的要求, 查询“AS 7527 1 铁路车辆 - 事件记录仪 - 第1 部分—机车事件记录仪”的标准要求, 并根据用户提供的事件记录仪

分析软件中的数据进行比较, 提炼出需记录的数据, 编制机车微机与事件记录仪之间的通信协议。事件记录仪将日期时间等信息发送给机车微机, 同时机车微机把来自机车控制、制动机和列尾制动系统单元需要记录的数十个模拟量和开关量信息发送给事件记录仪。

4.2.4 机车微机与LCU之间基于LSI协议进行通信的研究

LCU 是美国Wabtec 公司提供的, 而此产品首次在中国制造的机车上使用, 并且要将它的所有功能集成到机车微机控制系统中。LCU 集成设计在EMD 机车上已经实现, 但要在SDA1 型机车上实现LCU 集成设计难度非常大, 因为美国Wabtec 公司只提供了一个1996 年发布的AAR LSI 通信协议(LOCOMOTIVE SYSTEM INTEGRATION COMMUNICATIONS SPECIFICATION), 而不提供技术支持。鉴于这些原因, 主要进行了下列几项研究工作: ①EOT 列尾装置研究; ②列尾装置非集成控制系统的LCU 功能研究; ③列尾装置集成控制系统的机车微机与LCU 之间基于LSI 协议的通信研究。

最终在机车显示屏、机车微机、LCU 和EOT 之间实现了联合通信调试并且功能完全正确。

5 结语

SDA1 型机车在资阳公司经过了4 个多月的调试试验, 机车微机网络控制通信系统已经通过厂线和正线试运验证, 证明该系统通信数据完全正确, 系统运行稳定可靠。该批机车于2011 年底从资阳公司向澳大利亚发运。

参考文献:

[1] AS 7527 1, 铁路车辆 - 事件记录仪 - 第1 部分 - 机车事件记录仪 [S].

(上接第20 页)

表6 新老结构疲劳试验考核结果对比

疲劳条件及刚度外观变化		新结构	老结构
疲劳条件	横 向	± 7.5mm, 4Hz, 300 万次	± 7.5 mm, 4Hz, 200 万次
	纵 向	± 0.9mm, 4Hz, 300 万次	± 0.9 mm, 4Hz, 200 万次
横向疲劳前后刚度及变化率	疲劳前 / kN · mm ⁻¹	3.57	0.83
	疲劳后 /kN · mm ⁻¹	3.22	0.70
	变化率	-9.8%	-15.6%
纵向疲劳前后刚度及变化率	疲劳前 /kN · mm ⁻¹	20.7	15.7
	疲劳后 /kN · mm ⁻¹	19.1	13.1
	变化率	-7.7%	-16.6%
疲劳后外观		外观良好, 橡胶垫与拉杆组件均无橡胶与金属剥离、橡胶发粘及橡胶本体开裂等现象	橡胶垫与拉杆组件均无橡胶与金属剥离和橡胶本体开裂的现象, 但橡胶明显发粘

8 结语

该轴箱拉杆新结构产品自2005 年开发成功以来, 已累计批量装车142 台6 800 余件, 使用时间最长超过5 年, 目前运行状态良好。新研制的SS7E 轴箱拉杆性能已经完全满足新的技术参数要求。

有限元分析、疲劳试验和装车运用情况表明, 新

研制的轴箱拉杆较老结构具有更好的疲劳性能和使用可靠性。

参考文献:

[1] 张红军, 孙永鹏. 双拉杆式机车转向架轴箱定位刚度分析 [J]. 机车电传动, 2004(5).
[2] 米立柱, 封全保. SS7E 型电力机车平稳性问题的分析及改善 [J]. 铁道机车车辆, 2007, 27(S1).