

研
究
开
发H X_D1B 型电力机车网络控制
系统及现场维护工具

王 汉 东

(江岸机务段, 湖北 武汉 430031)



作者简介：王汉东（1968-），男，硕士，高级工程师，长期从事机车检修生产及技术管理工作。

摘 要：从便于机车维修的角度，介绍了HX_D1B型电力机车的网络控制系统，重点是SIBAS32系统的CCU、TCU的结构和功能，并介绍了现场维护经常用到的3个工具软件。

关键词：电力机车；控制系统；SIBAS32；网络控制；工具软件

中图分类号：U264.91⁺.1；TP393 **文献标识码：**A **文章编号：**1000-128X(2012)01-0021-04

Network Control System and Field Maintain Tools of HXD1B Electric Locomotive

WANG Han-dong

(Jiang'an Locomotive Depot, Wuhan, Hubei 430031, China)

Abstract: From aspect of maintaining, network control system of HXD1B electric locomotive was introduced emphasis on structure and function of CCU and TCU of SIBAS32 system, as well as 3 kinds of usually used tool-software for field maintaining were presented.

Key words: electric locomotive; control system; SIBAS32; network control; tool-software

0 引言

HXD1B型电力机车是我国铁路干线新型的交流传动大功率客货两用电力机车，单轴功率达到1 600 kW，采用基于TCN总线的SIBAS32计算机网络控制系统，具有良好的牵引、制动性能。SIBAS32控制系统具有内置的故障诊断和存储功能，有利于检修和维护人员掌握机车的动态质量信息。

1 HXD1B 机车的网络控制系统

HXD1B型电力机车采用了基于TCN通信网络的SIBAS32控制系统，主要由中央控制单元（CCU）、牵引控制单元（TCU）、智能终端（KLIP）、人机接口（HMI）、制动控制单元（BCU）组成。TCN列车通信网络是一种分级的通信网络，它由列车总线（WTB）和车辆总线（MVB）组成。机车之间通过列车通信总线（WTB）实现重联控制，机车内部通过车辆总线（MVB）实现SIBAS32系统各个部件的通信联接，组成一个基于总线的网络。HXD1B型机车的网络控制系统结构示意图如图1。

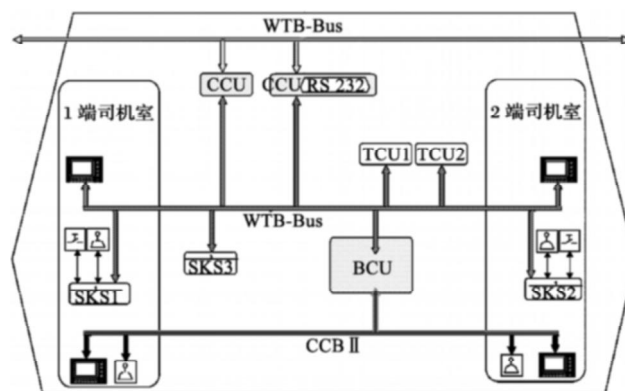


图 1 HXD1B 型机车的网络控制系统结构示意图

1.1 网络控制系统的主要部件和功能

1.1.1 机车的中央控制单元CCU

HXD1B 机车采用III 型CCU，每台机车配备有2个CCU 机箱，分别工作为主控模式和从控模式，并互为热备份。CCU负责列车级控制、机车级控制，它具有下列主要功能：机车重联控制，WTB、MVB 总线管理，机车控制逻辑的实现，机车牵引/制动特性控制，轴重转移补偿控制，自动过分相控制，自动换端控制，空电联合制动控制，通风机转速自动控制，无人警惕控制，自动轮径校正。

收稿日期：2011-09-22

HXd1B型电力机车的中央控制单元(CCU)安装在机械间低压电器柜内。每个CCU机箱有5个独立模块,分别是风扇单元组装、机箱电源模块、网关模块、电源适配模块、中央控制单元模块。

风扇单元组装:风扇单元组装安装在CCU机箱的底层,它有1个轴流风扇,可以对CCU控制单元实施强制风冷,由CCU软件监控风扇状态。风扇单元组装内部有后备电池(3.6 V),对CCU的数据提供掉电保护,电池容量可以通过软件检测。

机箱电源模块 PCS 5 V/±15 V在CCU箱的位置为G047。机箱电源模块为SIBAS机箱提供电源,其主要特性是:实现电压等级的转换(额定输入电压 U_{IN} 为14.4~154 V;输出电压 U_{OUT} 为5 V/±15 V/50 W);具有电气隔离、输入极性反接保护功能。

网关模块TCN GW在CCU箱的位置为C003。TCN GW网关模块用于TCN通信协议,为WTB和MVB之间提供网关功能,由网关母板Gateway和MVB PC/104插板2个电路板组成,通过64芯母板连接器与SIBAS系统母板总线相连。网关母板Gateway由WTB发送/接收器、WTB短路检测、WTB总线信号的编码器/解码器SDSP、LED数码显示、FPGA可编程门阵列、14路数字量输入和9位数字量输入(FPGA处理)、继电器驱动电路、15 V电源监控、SAF C167微处理器、ESCC SAF 82532串行通信控制器、RAM、闪存Flash EEPROM、FRAM、7段数码显示、RS232接口、看门狗和复位电路、9路数字量输入和9位数字量输入(软件处理)、引导程序启动开关、板复位按钮和监控模式按钮等组成。MVB PC/104板包含MVBCS1控制器、线路接口、RAM。TCN网关模块软件固化在闪存EEPROM内,它集成了MVB和WTB通信协议软件、过程数据的名称分解器、过程数据的编组、消息数据的路由、列车组映射及配置、控制接口、NSDB管理、监控软件、待机功能、网络管理连接等功能。

电源适配模块APCS15在CCU箱的位置为G039,用于将来自蓄电池的电压信号从机箱前面传到机箱背面,同时将机箱背面产生的信号传送到前面。

中央处理单元模块CPU在CCU箱中的位置为C019,是SIBAS 32控制系统的处理器模块,它由1个母板和母板上的2个下插板构成。ACPU插件安装了1个AMD公司的ElanSC520嵌入式处理器,它不仅具有100 MHz clock frequency and 64 MB SDRAM,而且集成了类似PC机主板南北桥芯片的功能,类似一个片上系统(SOC),在专用操作系统的支持下,负责整个网络控制系统的调度和协调,CCU的控制程序由它执行,实现列车级和机车级控制功能;AMVB插件内置有ASIC MVBCS1芯片,负责所有MVB通信,以及作为与主机之间的接口,带有64 KB的DPRAM,符合IEC61375-1标准。

1.1.2 机车的牵引控制单元TCU

每台机车配备有2个TCU,分别控制1个转向架的

牵引和制动。通常TCU1为主TCU,当TCU1出现故障的时候,TCU2变为主TCU。CCU只发送指令(牵引/制动等)给主TCU,2个TCU都反馈信号给CCU。

TCU主要负责传动级控制功能,主要包括:牵引和电制动力的闭环控制,辅助逆变器的闭环控制,网侧参数(例如等效干扰电流、功率因数)的闭环控制,中间直流环节电压的闭环控制,产生IGBT模块脉冲信号,预充电接触器、线路接触器等部件的控制,变流器、牵引电机和其他部件的监控,防滑/防空转控制,牵引诊断数据的保存,通过MVB与CCU和其他TCU进行数据交换。TCU箱安装在变流器柜内部,每个TCU箱由以下插件构成:

①110 V/±15 V插件在TCU箱的位置为C129,计1块。其主要功能是实现DC/DC变换,把110 V的直流电压以电气隔离的方式变换为±15 V,供TCU箱使用,插件内实现了输入反极性保护功能。

②110 V/5 V插件在TCU箱的位置为C153,计1块。其主要功能是实现DC/DC变换,把110 V的直流电压以电气隔离的方式变换为5 V,供TCU箱使用,插件内实现了输入反极性保护功能。

③110 V/24 V插件在TCU箱的位置为C081、C105,计2块。其主要功能是实现DC/DC变换,把110 V的直流电压以电气隔离的方式变换为24 V,供TCU箱使用,插件内实现了输入反极性保护功能。

④CPU插件在TCU箱的位置为G011,它与CCU控制箱内的CPU板在硬件功能上是相同的。

⑤输入电压/频率转换插件IVF在TCU箱的位置为C019、C027、C035、C043、C051,分别对应VQC、PWIA、PWIB、PWIC、PWIH装置的采样,计5块。INF插件输入7个模拟电压信号、5个二进制控制信号,输出未经转换的7个模拟电压信号、7个转换后的频率信号和1个基准频率信号。

⑥输入变流器110 V二进制信号输入插件ICBP 110 V在TCU箱的位置为G119、G127,计2块。ICBP 110 V插件有12个信道输入,每个输入信道有2个极,电平的确定原则为:大于63 V为高电平,小于15 V为低电平。

⑦二进制输出接触器驱动110 V插件BOCD 110 V在TCU箱的位置为G135、G143,计2块。BOCD 110 V插件可以实现8个相互分离的输出通道,每个通道的输出通过MOSFET开关实现,根据输入的二进制数据,相应的MOSFET关断,实现110 V或24 V的输出。

⑧电源启动插件PSU 110 V在TCU箱的位置为G163,计1块。PSU 110 V插件的主要功能是实现一次和二次电源电压的低电压监控,并控制系统的接入和断开。设定的接入条件是:66~137.5 V。

⑨输入输出模拟IOA在TCU箱的位置为L079、L087,计2块。其主要功能如下:5个增益和延迟可调的差分放大器,用于模拟信号的检测转换;1个用于2个

模拟电压的最小值选择器;2 个绝对值生成器(负电压);2 个电压/恒流转换的变压器输出;2 个电压/电压转换的变压器输出;1 个正的加法放大器;2 个 100 mA 电流输出(带短路保护),用于转速检测及信号生成;4 个用于速度测量的可跟随的数字信号;2 路电气隔离的输出;6 路负载电阻用于测量传感信号;2 个带反正和反负的阻断二极管的导线联接。

⑩脉冲放大器插件 OPA 40 mA 在 TCU 箱的位置为 L095、L103、L111、L119,分别对应 PWIA、B、C、H4 个逆变单元,计 4 块。OPA 40 mA 插件用于输出以电流信号为输出形式的电力半导体的触发脉冲,还接收来自控制级的触发应答信号,它有 9 个相同的控制通道;通过低电平有效控制触发;通过阻断输入端的单个触发阻断(低有效)触发;每个通道有 2 个 40 mA 的电流输出端。

⑪信号处理单元插件 SPU 在 TCU 箱的位置为 G019、G027、G035、G043、G051,分别对应 VQC、PWIA、PWIB、PWIC、PWIH 的控制,计 5 块。SPU 插件内置了 DSP56K 系的数字信号处理器,是交流传动控制的核心部件。

⑫变流器监视插件 INVM 在 TCU 箱的位置为 G079、G087、G095、G103、G111,分别对应 VQC、PWIA、PWIB、PWIC、PWIH 的监视,计 5 块。INVM 插件具有以下功能:监视 4 个象限的峰值电流、峰值电压、开关频率、通断时间等关系变流器安全运行的参数。

⑬同步插件 SYN 在 TCU 箱的位置为 L135。SYN 插件用于给 2 个牵引控制单元发送同步脉冲。

⑭输入温度传感插件 ITS 在 TCU 箱的位置为 L143。ITS 插件用于获取温度,它采用铂电阻(PT100),有以下特点:8 个测量通道;采用 4 线原则,例如,电流线与测量线是单独的;最大测量电阻 500 Ω ;温度测量值对应电压范围 ± 10 V。

为便于检测、维护、性能调试,TCU 箱还预留了供调试用的插槽,在此不作介绍。

1.1.3 SIBAS KLIP

为了实现机车电气线路与计算机网络信息的交换,SIBAS 32 系统提供了 SIBAS KLIP 输入/输出设备,通过 KLIP 相关电路的信号(接触器,开关等)读入到 SIBAS KLIP I/O 模块,经通信模块可以方便实现电气线路的状态信息与计算机网络信息交换,信息传输通过 MVB 总线完成。SIBAS KLIP 分为 Compact I/O 和 KLIP STATION 两类。

Compact I/O。每个司机室副台下安装了 1 个 Compact I/O,在电路图上,1 端司机室中的代号为 SKS1,2 端司机室中的代号为 SKS2,用于读取司机指令(升/降弓、分/断主断、无人警惕装置信号等),也读取主司机控制器的格雷码信号(牵引/制动给定,速度给定)。

KLIP STATION。KLIP STATION 在电路图上代号为 SKS3,它安装在机械室低压柜。通过 SKS3 可以迅速地综合信息和控制指令,由 AS318 模块发送到 MVB 总线,

可以大量简化机车布线。

1.1.4 HMI(人机接口)

HMI 是一个基于 PC104 的工控计算机,每个司机室设置一个,主要功能是显示机车的列车级、机车级运行状态数据和故障信息,实现机车部分参数的设定和集成部分机车控制按钮;在维护界面可以对部分机车设备进行检查;HMI 通过 MVB 总线与 CCU 通信。

1.1.5 BCU(CCB II 空气制动系统与 CCU 的界面)

CCB II 由以下 5 部分组成:电气控制单元(EPCU)、中央处理模块(M-IPM)、电子制动阀(EBV)、继电器中继模块(RIM)、机车司机室显示模块(LCDM) 2 个。中央处理模块(M-IPM)内置车辆总线(MVB)和 LONWORKS 网络,CCB II 空气制动系统通过 MVB 与 CCU 通信,在 CCB II 空气制动系统内部则通过 LONWORKS 网络通信。在机车安装 LOCOTROL 时,M-IPM 集成 LOCOTROL 控制功能。

1.2 HX_D1B 型机车上的 TCN 网络

TCN 列车控制网络由两级总线 WTB 和 MVB 组成。HX_D1B 型机车的 WTB 具有以下特点:

①HX_D1B 机车最大可以实现 3 台机车为重联,为了实现机车重联运行时有效地对列车控制,WTB 总线传递 2 种报文数据:R1-报文数据由主控车辆传输至所有从控车辆(控制数据);R2-报文数据由所有从控车辆传输至主控车辆(状态数据)。网关实现车辆信号向列车总线的转换。系统采用“忙”位监控数据的正确传输。

②HX_D1B 机车平常处于单机牵引模式,当需要多机重联运行时,可通过车端的连接器将 2 台至 3 台机车连接在一起,组成多机牵引模式。在重联模式下,主控机车与从控车是有级别区分的。操作钥匙开关处于 1 位的机车总是被认为是主控机车,所有其他机车被认为是从控车。在所有电气连接的机车组中,其处于 1 位的操作钥匙开关多于 1 个,则机车组不能运行。此时,状态显示为主控冲突。

③中央控制单元 CCU1 和 CCU2 以及牵引控制单元(TCU1 和 TCU2)是整个控制系统的核心。主控 CCU 作为车辆总线 MVB 的总管,其余为总线成员。MVB 总线上的每个设备被赋予唯一的地址,每个设备有不同的传输及数据响应要求,系统可以通过配置 NSDB(节点监视数据库)实现。

2 HX_D1B 型机车网络控制系统的现场维护工具

HX_D1B 机车实现了列车控制、机车控制、传动控制的网络集成。SIBAS32 控制系统具有自诊断功能,自诊断信息可在微机显示器上进行显示,机车乘务员和维护人员可以方便掌握机车的动态质量信息;CCU 和 TCU 具有故障诊断和故障储存功能,机车运行中发生故障时,系统会实时在 HMI 上提示,乘务员可以查询提示信息并以此作为处置故障的依据,这对列车的运

行安全是有益的。机车回段后,维修人员还可以借助有关工具软件对故障进行详细分析,并借助这些工具软件排除故障。

1) Expert2

Expert2 是机车运用现场使用最多的工具软件,软件由西门子售后服务提供。维修人员可将下载的机车诊断数据借助 Expert2 打开,Expert2 软件将机车诊断的故障数据和日志数据按时间顺序和故障发生的逻辑顺序一一呈现。由于 Expert2 软件包是基于开源软件 GNU (General Public License) 许可的 GCC 库,开发工具采用了 Nokia 的 QT4.5 针对 Windows XP 专业版跨平台开发,因此,Expert2 软件需要 Windows XP 专业版的支持。发挥 Expert2 软件的功能有以下小技巧:机车上的数据要定期采取删除方式下载,以保证数据文件不大,实践证明,过大的数据文件很消耗计算机的资源;对机车经常出现的故障代码设置过滤检索,这样可以提高检索效率,当过滤设置好后,通过勾选激活过滤还可实现定位功能。

2) Monitor

Monitor 具有实时诊断的功能,它是现场维修人员的专业工具。Monitor 运行在与 IBM AT PC 兼容的计算机上,需要 Windows 95/98/NT/2000/XP 的支持,在 PC 机的串口和 CCU 的 CPU 板的串口之间,可以通过一条通信电缆连接,示意图如图 2。

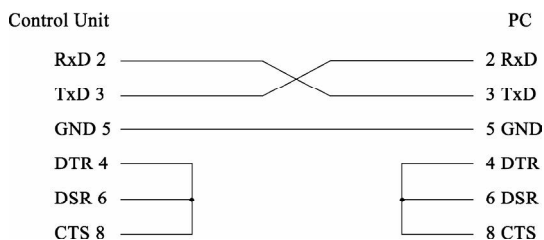


图 2 Monitor 与 CCU 通信连接的示意图

Monitor 软件包在现场可以发挥以下作用:修改 SIBAS 32 控制系统的有关参数、对有关控制关系和逻辑进行修改、解除 BRAM 存储的故障锁定、访问有关硬件的配置、存储器的诊断、维护(删除或装入)器件的操作系统及其上驱动软件和应用软件;借助测量用的专用板卡,如瞬时记录板、干扰电流监视板可以实时地掌握系统运行的动态信息,这对新软件开发、调试、运行环境测试很有意义。Monitor 软件包需要西门子公

司售后服务授权提供使用。

3) SIBAS G

SIBAS G 是西门子公司提供的图形化开发工具,它对现场维修人员的最大意义是通过装入 HXD1B 机车 CCU、TCU 项目软件包,可以看到 SIBAS 32 控制系统的逻辑关系图,借助 Expert2 提供的故障诊断代码,可以查找到故障的逻辑关系,从而推断出故障点,提高查找故障的效率;现场维修人员通过机车的故障分析、故障逻辑关系、机车运用环境也可提出对项目软件包改进的建议,它是维修与设计人员进行沟通的很好桥梁。SIBAS G 和 CCU、TCU 的项目软件包一般仅限西门子公司售后服务人员使用,其他人员使用需要西门子公司授权。

3 结语

2 年多的运用实践表明, HXD1B 机车具有优良的牵引、制动性能:机车可以单机牵引 6 000 t 的货物列车从平顶山站直达武汉北,对于 6% 的限制坡道,机车不需要补机推送,机车总功率大,恒功率速度高,加速性能好,具有较高的运输效率;机车的控制系统由于采用分级控制、网络连接的智能方式,控制系统的有触点电路减少,整个机车控制系统可靠性较高,故障率极低;由于引入软件技术,实现了人/机智能化交互,机车操纵更简化明了;由于系统植入了自检和诊断功能,机车故障处理更方便直观;由于系统将牵引、电制动、空气制动集成在一起,对于列车的运行安全更有技术保障。

和传统的交直流传动机车以及其他的交流传动机车相比, HXD1B 机车具有较高的智能化,网络控制系统的维护必须借助相应的工具软件才能完成,这是新型机车维护方式的一个特点,建议有关的工具软件能通过合法的授权交付机务段使用,以利于机车日常维护及质量管理水平的提高。

参考文献:

- [1] Siemens. Sibas 32 Equipment Control Unit [M]. Germany: Siemens, 2009.
- [2] Siemens. Sibas 32 Exper2 Viewer [M]. Germany: Siemens, 2009.
- [3] Siemens. Sibas 32 Monitor 4.2 Operating Instructions [M]. Germany: Siemens, 2007.