

GMC96型钢轨打磨车牵引控制系统的设计

张世璞

中国交通建设集团有限公司轨道交通分公司

摘要: 本文在介绍GMC96型钢轨打磨车牵引系统的基础上, 针对钢轨打磨列车不同工况下的控制要求, 设计了相关硬件系统并编写相关软件。系统硬件将采用三菱FX3U系列可编程逻辑控制器, 软件使用LD语言控制发动机转速、液力传动箱换向以及静液压系统泵马达排量。同时根据操作要求, 设计了专用的人机交互系统。

关键词: 钢轨打磨车; PLC; 柴油机调速

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2023.02.069

一、前言

随着我国铁路的快速发展, 铁路速度等级也在不断

的提高, 因此钢轨的护理对确保铁路运行安全至关重要。而现在对钢轨最好的保护技术是对钢轨进行打磨。钢轨打磨是采用高速旋转圆柱形(圆盘形)砂轮端面对钢轨轨头表面进行磨削。通过取出特定部位部分金属的方式, 对钢轨轨头轮廓进行“修复”或“矫正”。以达到消除病害并修复至理想轨形。另外使用钢轨打磨会延长钢轨使用寿命。大量实践经验表明, 每年进行1到两次的钢轨打磨可以延长钢轨一倍的使用寿命。

GMC96B型钢轨打磨列车总长147米, 共7节, 分为ABC三种。其中A车为牵引车, 负责提供列车运行动力, BC车共计6节, 每节车下安装有16个打磨电机, 共计96台打磨电机。列车布局。如图1所示:

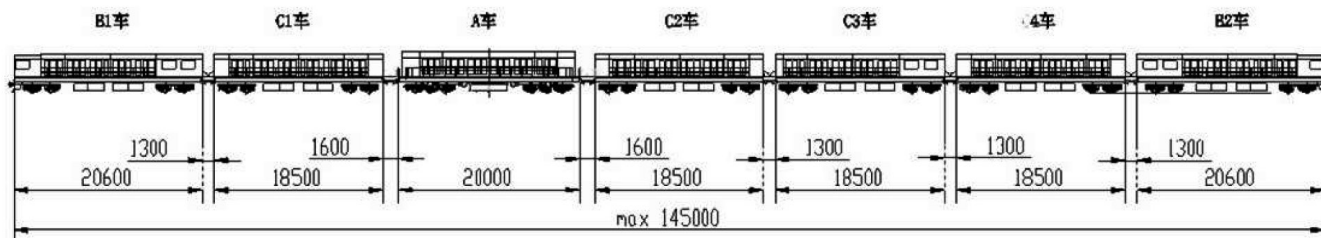


图1 钢轨打磨车示意图

A主要为列车提供恒低速打磨作业和高速运行的牵引力, 同时为整列车(包括附挂的宿营车等)提供照明、生活用电。本文所述的控制系统主要针对A车。

二、牵引系统简介

GMC96型钢轨打磨车牵引系统采用液力传动与静液压传动相结合。A车为动力车, 提供列车的牵引动力, 实现列车“运行”及“作业”双工况的牵引。A车配置有两台美国Caterpillar公司的3512B十二缸电喷柴油机, 每台柴油机配置2台并联启动电动机; 配置有两台Voith公司的L520rzU2型液力传动箱, 2#传动箱配置有Rexroth公司的低恒速液压机构及2组RC6-9型电控单元。A车配置有电器柜QG4, 其核心控制是APLC, 它与B车的B1PLC、B2PLC组成列车牵引电气控制系统的核心。

“运行”工况时, 有三套牵引动力: 1#柴油机+1#传动箱; 2#柴油机+2#传动箱; 1#柴油机+1#传动箱和2#柴油机+2#传动箱。可以根据需要, 优选1#柴油机+1#传动箱实现运行牵引。在运行牵引行走大上坡、动力不够时再同时使用两套运行牵引动力。

“作业”工况时, 只能使用2#柴油机和Rexroth公司的低恒速液压机构实现。通过B车操作及PLC控制监控, 完成低恒速合齿机构合齿后, 再进行恒速调节, 实现打磨作业。Rexroth的RC6-9型电控单元控制EP泵+EP马达, 实现3-15km/h范围内的恒速。RC6-9型电控单元与CAT柴油机实现CAN通信, 与APLC也实现CAN通信, 在作业工况, PLC的触摸屏可以实时监视恒速液压机构的有关重要参数。

三、控制系统硬件

可编程控制器(Programmable Logic Controller)简称PC或PLC是一种数字运算操作的电子系统, 专门在工业环境下应用而设计。它采用可以编制程序的存储器, 用来在执行存储逻辑运算和顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令, 并通过数字或模拟的输入(I)和输出(O)接口, 控制各种类型的机械设备或生产过程。可编程控制器是在电器控制技术和计算机技术的基础上开发出来的, 并逐渐发展成为以微处理器为核心的, 把自动化技术、计算机技术、通讯技术融为一体的新型工业控制装置。PLC已被广泛应用于各种生产机械和生产过程的自动控制中, 成为一种最重要、最普及、应用场合最多的工业控制装置。本位所述系统采用采用三菱可编程逻辑控制器(PLC)。触摸屏(HMI)采用日本三菱GT1175-VNBD型触摸屏, DC24V供电。三台PLC分别安装在B1, A, B2车, 称为B1PLC, APLC, B2PLC, 其中APLC为主机。B1PLC(B2PLC)接收操纵台司控器换向调速指令、控权转换指令、牵引与作业转换、速度给定信号、紧急制动等信号, 通过网络传递至APLC, 实现牵引柴油机与传动箱控制、低恒速控制、辅助发电机组与作业发电机组状态监视等功能, 并实现网络通信与数据传输功能, 对柴油机系统及传动箱系统等进行诊断, 实施卸载、降速及停机保护; 同时也根据采集的电气系统信号完成故障诊断和保护。整车参数与报警信号由B1、B2PLC触摸显示屏显示。微机系统同时实现控制权转换的控制。系统连接如图1所示:

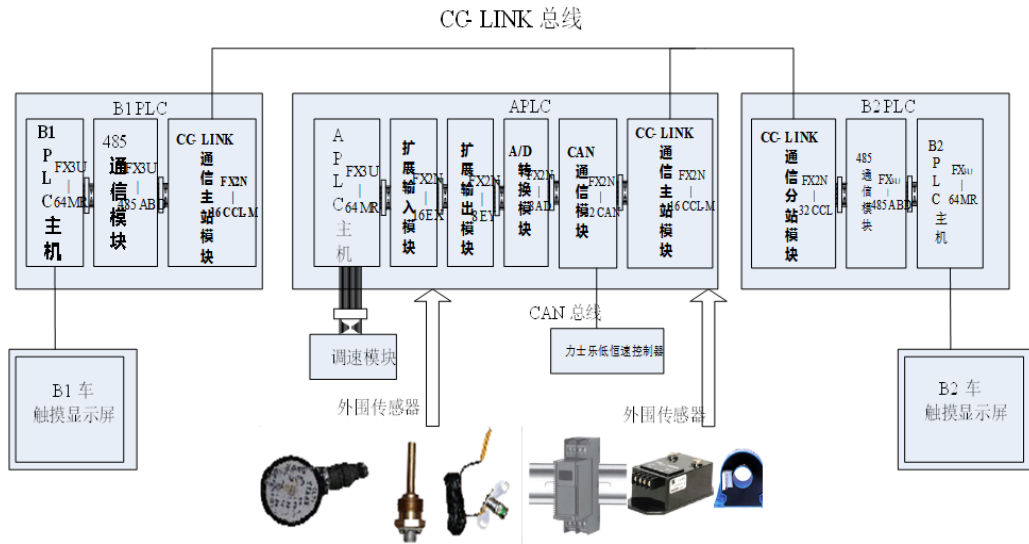


图1 打磨车PLC控制系统示意图

四、控制系统基本功能与软件设计

(一) 整车网络通信与数据传输

GMC96型钢轨打磨车总长将近150米，其中司机室位于两端B1B2车，而牵引系统的主要执行机构位于中部A车。因此采用CC-LINK通信将两端司机室的控制信号传递至APLC，由APLC执行对A车执行机构的控制。CC-LINK通信是三菱公司针对旗下PLC开发的通讯协议。采用主从式结构，一个主站可以带多个从站。在打磨车PLC系统的设计中，APLC作为主站，B1，B2PLC作为分站。其中为了扩大通信容量，每个分站占用四个站点。因此主站与分站的内部数据寄存器与远程输入输出的共享分配地址如图2、3所示。

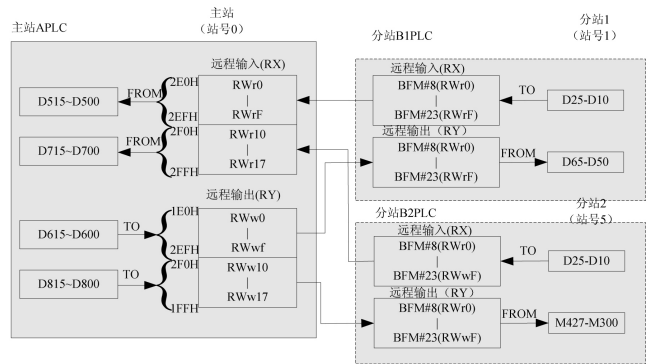


图3: CCLINK总线远程寄存器地址分配

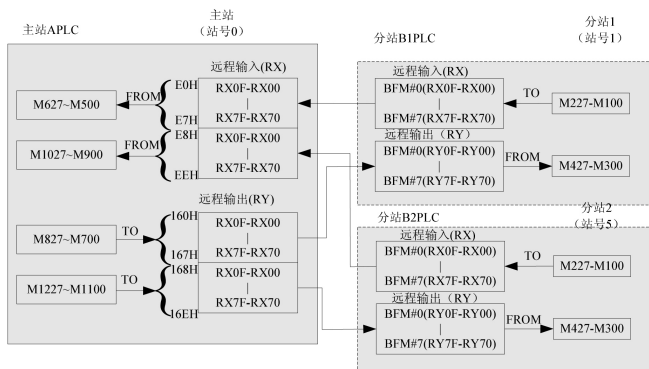


图2: CCLINK总线远程输入与远程输出地址分配

由于整车需要传送的数据量比较大，采用数据传输分级制度。对实时要求较高的信息，如紧急信号、发动机转速等采用实时传送，在每个软件循环周期均刷新数据，而对实时性要求较低的数据，如累计信息，累计里程等每3秒刷新1次数据。通过该方式可以有效提高总线的利用效率。

(二) 与下位机的通讯网络

PLC控制系统通过FX2N-CAN通信模块实现与力士乐

液压控制器的CAN通信。力士乐液压控制器将液压系统运行情况以及CAT柴油机相关数据传递至APLC。PLC控制系统通过FX2N-485BP模块实现与作业发电机组的RS485通信，将作业发电机组状态信息显示并执行相关的保护。

其中远程输入与远程输出传递开关信号，如操纵台司控器信号、牵引/作业转换信号、空压机手动/自动信号等；远程寄存器传递数据信息，如柴油机水温、柴油机转速、辅助发电机组电压、电流、运行里程、速度等。每个寄存器为16位，其中首位为0表示负数，首位为1表示正数，因此每个寄存器显示范围为-32768~+32768。

(三) 柴油机与液力传动箱控制

牵引时通过司控器调速，作业时司控器的档位信号不起作用，柴油机转速恒定（1500rpm），机车速度调节靠低恒速控制器实现。

柴油机在网络正常情况下的牵引调速：首先判断操作控制权在B1还是B2车，然后司机操纵司控器，该信号输入至B1PLC（或B2PLC）分机，分机将档位与方向信号通过网络传给APLC，输出PWM调速信号至柴油机。司机室位于两端，规定A车为前方，因此B2操作时司控器的

前位为实际行驶方向的后。

柴油机在网络故障下的牵引调速：司控器的方向信号和2-4档的档位信号通过硬线连接至APLC，在正常情况下PLC屏蔽该信号。当APLC检测到通讯故障后，首先将控制权设在B1车，然后根据硬线的档位与方向信号实现柴油机调速。两台柴油机同时工作时，使用同一路调速信号。当两台发动机转速误差超过80r/min时，控制系统将报警提示操作人员检查。

传动箱控制由PLC输出直接控制传动箱电空阀。传动箱电空阀共有4个：前进电空阀（EPF）、后退电空阀（EPR）、静止传感器电空阀（EPS）、充油电空阀（EPT）。传动箱带有机械换向装置，保证在换向过程中不能充油。司控器的换向手柄有前牵，前，零位，后，后牵。传动箱充油由司控器控制，在换向手柄前（后）位时传动箱不充油，柴油机可以空载调速。换向手柄在前牵（后牵）位，调速手柄非零时，传动箱充油。在通信失败时，无空载调速功能。传动箱保护有油温过热、换向开关脱位、信号线断开、滑套离开工作位与紧急卸载。PLC接收保护信号以后，传动箱卸载。

（四）百叶窗、空压机与制动系统

百叶窗和柴油机冷却通风机有自动/手动控制。在自动时PLC通过1939通信采集柴油机水温实现自动控制，手动档时直接打开百叶窗与通风机。通讯故障时APLC默认百叶窗为自动。空压机在自动档下通过压力继电器信号实现自动打风，在手动档下直接打风。在通讯故障时，APLC默认空压机的方式为自动。

（五）软件流程

软件结构大致分为主程序、牵引控制子程序、低恒速作业控制子程序、通讯网络故障下的控制子程序、机车保护控制子程序。其主程序流程图如图4所示：

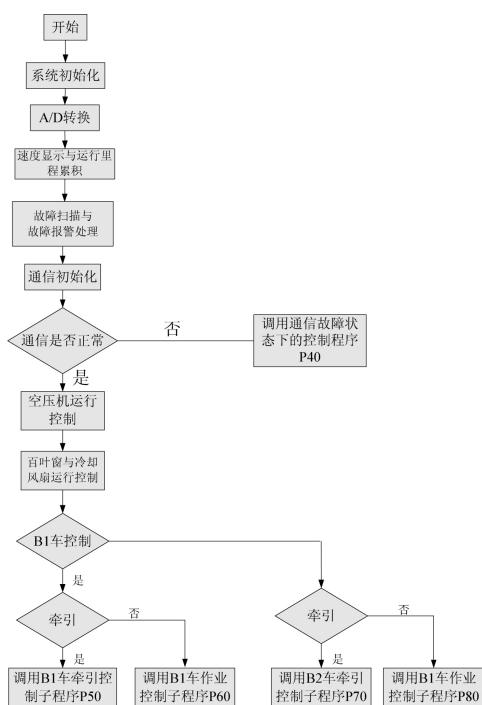


图4 主程序流程图

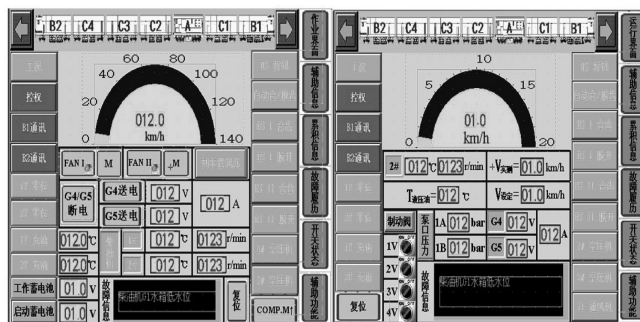
（六）故障状态下的紧急运行

当出现B2通讯故障，B1通讯正常时，须保证控制权在B1。在这种情况下，B1车显示内容正确，B2不能显示实时信息；所有操作均可通过B1司机室进行操作。当出现B1通讯故障时，首先须保证控制权在B1，APLC自动实现空压机、百叶窗运行以及相关保护功能。在通讯故障时列车仍能完成运行与打磨作业。但由于触摸屏不能正常显示实时数据，故障隐患多，因此建议及时收车维修。

当APLC故障时，将A车QG4电器柜内的APLC电源自动开关F9断开，将AFPLC电源及F10和输出信号电源F17的自动开关闭合，AFPLC通电工作。在这种工况下，只能完成运行，且最高车速不超过80km/

五、人机交互界面

人机交互界面选用三菱GT系列触摸显示屏，主要界面由运行界面、作业界面、辅助信息页面、故障履历页面等组成。其中运行界面与作业界面为主页面。在列车高速运行时，操作者实时关注运行页面信息。包括运行方向、传动箱状态、空压机运行状态、发动机转速、车齿箱脱合齿状态等信息。而在打磨时，操作人员需实时关注作业页面。由于在打磨时，列车动力切换为泵马达组成的静液压系统，因此在本页面增加了泵口压力显示、马达转速及各种开关电磁阀的状态信息。运行页面与作业页面如下图所示：



六、工作展望与设计改进

目前GMC96型钢轨打磨车PLC控制系统软件大部分已经完成，正在进行紧张的调试与修改。在设计过程中存在许多不足期待将来的改进。由于PLC硬件的限制，目前许多PLC厂家都没有CAN通信模块，而三菱的CAN通信模块不支持CAT柴油机的1939协议。如果能通过485与CAN通信转换模块实现与CAT柴油机的接口不仅可以省去大量的传感器，而且能够直接通过通信实现柴油机调速与保护控制。

参考文献

- [1] 吴军辉, 林开颜, 徐立鸿. RS485总线通信规避及其多主发送的研究[J]. 测控技术. 2002, (8). 41-43.
- [2] 陈铁军, 谢春萍. PC机与RS 485总线多机串行通信的软硬件设计[J]. 现代电子技术, 2007, 30(5): 103-105.