

文章编号:1671-251X(2011)08-0017-05

DOI:CNKI:32-1627/TP.20110807.1119.006

新型矿用采掘设备遥控装置的设计

程玉斌, 解云松

(中煤科工集团太原研究院, 山西 太原 030006)

摘要:针对传统遥控装置存在可靠性差、通用性不强的问题,设计了一种新型矿用采掘设备遥控装置,详细介绍了该装置的组成、硬件和软件的设计。该装置采用抗干扰设计、通信差错控制、设备状态检测等技术,提高了其可靠性和通用性。实际应用表明,该装置能够满足现阶段煤矿井下大型采掘设备的控制需求。

关键词:采掘设备;采煤机;掘进机;行走支架;遥控装置;可靠性

中图分类号:TD672 文献标识码:B 网络出版时间:2011-08-07 11:19

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20110807.1119.006.html>

Design of a New Type of Remote Control Device for Mining Equipments

CHENG Yu-bin, XIE Yun-song

(Taiyuan Institute of China Coal Technology and Engineering Group Corporation,
Taiyuan 030006, China)

Abstract: In view of problems of poor reliability, weak generality existed in traditional remote control devices, the paper designed a new type of remote control device of mining equipments, and introduced composition, hardware and software design of the device in details. The device adopts technologies of anti-interference design, communication error-controlling, detection of equipment state to improve reliability and generality. The practical application showed that the device can meet with control demands of large-scale mining equipments in coal mine at present.

Key words: mining equipment, shearer, roadheader, movable support, remote control device, reliability

0 引言

许多大型矿用设备,如连续采煤机、掘进机、行走支架等,都需要遥控操作。而且这些设备工作环境恶劣、控制任务复杂、控制系统智能化程度高,需要一种可靠性高、通用性强、智能化的新型遥控装置来配套。

传统的遥控装置仅能满足矿用设备基本的控制任务,可靠性差、通用性不强,存在以下局限性:只具有单向通信能力,无反馈信息,操作人员无法直观获

得当前的通信状态和被控设备的重要信息;通信失灵;按键易损;自定义的通信协议只能为专用设备配套,无法直接集成到其它设备的控制系统中等。

因此,笔者设计了一种适用于煤矿井下工况、可靠性高、通用性强、智能化的新型矿用采掘设备遥控装置。

1 遥控装置组成

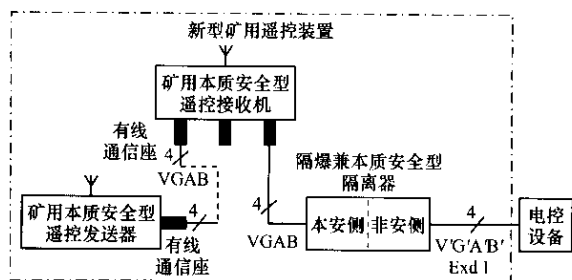
新型矿用采掘设备遥控装置由遥控发送器(以下简称发送器)、隔离器和遥控接收机3个部分组成,如图1所示。发送器、遥控接收机的防爆型式为本质安全型,隔离器的防爆型式为隔爆兼本质安全型。发送器和遥控接收机完成所有通信任务,隔离器负责供电、通信防爆型式的转换(本安/非安)任务。

新型矿用采掘设备遥控装置与传统遥控装置相

收稿日期:2011-04-13

基金项目:煤炭科学研究总院太原研究院科研项目(F2006-08)

作者简介:程玉斌(1984-),男,黑龙江鸡西人,助理工程师,现主要从事矿用设备遥控装置的研究工作。E-mail:chengyubin1984@163.com



V—电源正;G—地;A、B—通信线;4—电缆芯数

图1 新型矿用采掘设备遥控装置组成

比有如下优点:

(1) 能显著减小接收机的体积、重量,便于直接在采掘设备的各个位置安装。

(2) 方便与现有系统集成,通用性好。现有矿用采掘设备的控制核心一般都具备串行通信接口,如需增加遥控功能,不必对原系统硬件作大的改动,只需将2个部分的串行通信接口对接,且修改相应的控制软件即可。

(3) 矿用采掘设备的运行最终由设备本身的控制核心来控制,可以有效地避免操作中发生的冲突,同时便于设备监控。

(4) 遥控功能更加灵活、丰富。借助设备控制核心控制逻辑的变化,使用者可以根据实际需要变更各种操作键的控制功能。

2 遥控装置硬件设计

新型矿用采掘设备遥控装置的设计初衷是为了提高传统遥控装置的可靠性和通用性,所以在硬件设计方面主要是针对可靠性和通用性来设计的。

2.1 发送器硬件设计

发送器硬件电路主要由CPU、电源、键盘、显示、无线通信、有线通信、看门狗、电量检测、通信地址编码开关等功能模块组成,如图2所示。

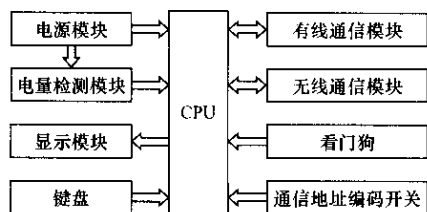


图2 发送器硬件电路组成

(1) CPU。CPU是整个电路的核心,负责完成开关信号采集、模拟量采集、显示控制、通信、检测等任务。CPU采用的是美国TI公司生产的MSP430系列单片机,该系列单片机全部为工业级产品,具有工作电压低、功耗低、处理能力强、工作稳定、调试方便等优点^[1]。

(2) 电源模块。发送器(与接收机相同)作为本安设备,需要对电源部分做本安处理,具体处理措施如下:

- ① 电源模块整体浇封;
- ② 限流电阻限制电源模块的最大输出电流;
- ③ 防倒流二极管保证发送器负载不会破坏供电设备的本安特性;
- ④ 稳压管限制电源模块的最高输出电压;
- ⑤ 由半导体元件实施的保护双重化。

(3) 显示模块。发送器上的每个按键都对应一个发光管,用来指示当前设备的动作。采用“数据确认”机制,要求按键按下且确认PLC已经动作才让指示灯常亮,两者缺一不可都为闪烁。每一个设备动作信息都对应一个指示灯,这样通过观察指示灯状态就可将设备动作的信息显示出来。

(4) 键盘。发送器上的操作部件均采用自复位按钮,只有按住不放才有效,松手则立即失效,操作起来直观简便。采用自锁型开关容易带来安全隐患,一旦某个操作部件按下忘记解除,则重新上电时会出现意外动作。

发送器设置急停按钮,以备在特殊的情况下紧急停机使用。一旦进入急停状态,发送器所有寄存器立即清零,提示PLC停止所有动作。若要解除急停状态必须给发送器重新上电。

对于那些可能会对设备周围的操作人员的人身造成危险的操作,如启动掘进机截割头、输送机,或者掘进机、连续采煤机、行走支架机身移动等,均使用组合键,以避免发生误操作。

(5) 有线、无线通信模块。它们是发送器在有线、无线2种控制方式时起关键作用的部分,分别通过RS485通信芯片和无线数传模块发送和接收控制信息、反馈信息。

(6) 看门狗。它时刻“盯”着通信过程,如果在规定的时间内通信过程均告失败(对于主设备来说,没有接收到正确的应答报文;对于从设备来说,没有收到正确的请求报文),那么就强迫单片机系统复位。如接收机不工作,此时发射机一直处于复位状态。看门狗只负责与通信过程相关的程序,对其它程序不起作用。

(7) 电量检测模块。发送器在无线控制时依靠电池供电,电量检测模块可实时显示电池剩余电量,避免电量不足带来的各种隐患。

(8) 通信地址编码开关。与接收机的地址编码开关配合使用,用于1台发送器控制多台接收机。

2.2 接收机硬件设计

接收机硬件电路主要由 CPU、电源、有线检测、通信指示、无线通信、有线通信、看门狗、通信地址编码开关等功能模块组成,如图 3 所示。其大部分功能电路与发送器相同,不再赘述。这里只介绍有线检测功能电路以及遥控装置抗电磁干扰的设计。

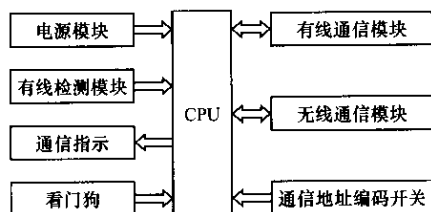


图3 接收机硬件电路组成

(1) 有线检测模块。用于检测遥控装置工作方式。遥控装置具备无线和有线 2 种工作模式,采用有线通信方式时,有线电缆代替了发送器与接收机的无线连接。此时接收机进入休眠,一旦遥控装置恢复无线通信,则接收机立即被“唤醒”进入工作状态^[2]。

通信方式切换原理:有线通信时,发送器由隔离器供电,供电线路有一部分要经过接收机内部。在接收机电源线上设置一个取样电阻,如果发送器通过有线电缆与接收机通信,那么取样电阻上流过的电流值就会发生变化,会触发接收机进入休眠状态,发送器与控制设备直接进行有线通信。反之,当发送器与接收机进行无线通信时,电流值不会到达设定的阈值,就不会触发接收机进入休眠状态,接收机执行正常的通信程序。

(2) 抗电磁干扰。由于遥控装置是配合采煤机在井下工作,周围存在着大量的电磁干扰,如电动机的滑动接触噪声、开关电源、电力干扰等,都会严重影响遥控装置的正常工作。为了提高可靠性,硬件设计方面就必须采取一些抗电磁干扰措施^[3],为遥控装置提供一个相对“干净”的工作环境。具体措施如下:

① 电源进线端加装高品质的共模、差模滤波器,通信线入口加装铁氧体磁珠,将可能来自外部的传导干扰全部滤除。

② 不同功能模块电源入口处加装铁氧体磁珠和旁路电容共同构成的低通滤波。

③ 在满足功能要求的前提下选择逻辑状态变化时输入电流小、边沿速率慢的芯片。

④ 最大限度地使电路板接地镜像面完整连续。

⑤ 同样功能的器件要选择 CMOS 工艺的。

⑥ 芯片或模块尽量选择工作电压低的。

⑦ 模拟电路与数字电路分开布置。

2.3 隔离器硬件设计

隔离器用于 RS485 通信信号的本安—非安转换,并为装置中的本安设备供电,其电气原理如图 4 所示。

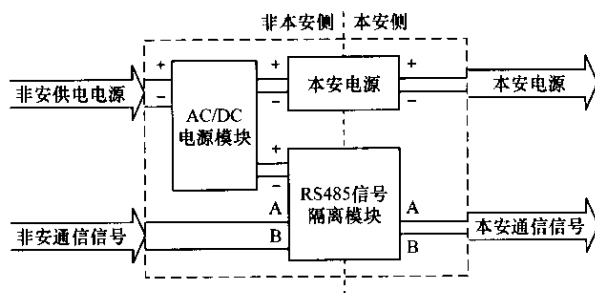


图4 隔离器电气原理

隔离器的防爆壳体设计为单腔结构。隔离器本安供电能力为 12 V/1.3 A;RS485 信号隔离模块设计能力为自适应 1 200~19 200 bit/s 波特率传输,传输距离不小于 1 000 m;收发自动换向;具有 2 个非安接口、3 个本安接口,均可进行级联;预设终端匹配电阻;隔离模块具备标准的 RS485 电气接口,带载能力强。

现在井下用于测控的本安 RS485 通信产品非常多,利用隔离器能够极大地扩展电控箱功能,它能够完成一个基本本安测控网络的供电和通信隔离,降低电控箱的负担。

3 遥控装置软件设计

遥控装置软件使用汇编语言进行模块化编程,这样大大提高了指令的执行效率。

遥控装置的通信过程采用 Modbus^[1] 协议。Modbus 协议是一种现代工业控制领域中最通用、最开放的基于 RS485 的标准主从通信协议,多数 PLC 都集成了这一协议。因此,选择这一协议将会使遥控装置具有更好的通用性、适用性和便利性。

发送器(主站)采用定时发送,每隔一定时间就与接收机(从站)通信一次。操作指令(功能码 16)和读状态信息指令(功能码 03)循环发送。通信编程主要包括报文的打包解包和通信行为的约束。一个完整的 Modbus 报文通信过程如图 5 所示。发送、接收、主从站对应答报文的判断均由单片机硬件实现;主站组织查询报文、从站组织响应报文、错误处理由单片机软件实现。

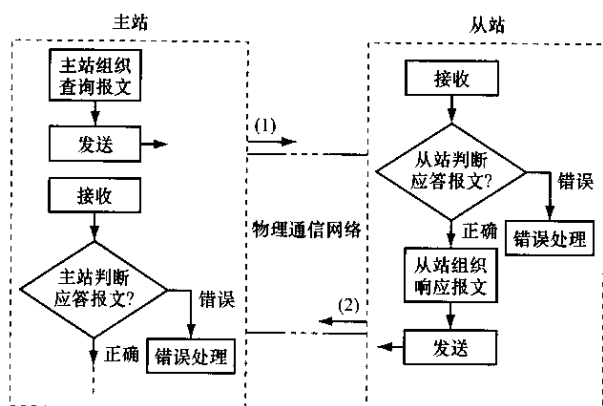


图5 遥控装置 Modbus 报文通信过程

3.1 发送器程序

发送器主程序的主要功能是根据各功能标志位的变化来调用各子程序模块,使发送器能够正常发送控制信息和显示反馈信息。一次完整的主程序通信过程如图6所示^[5]。

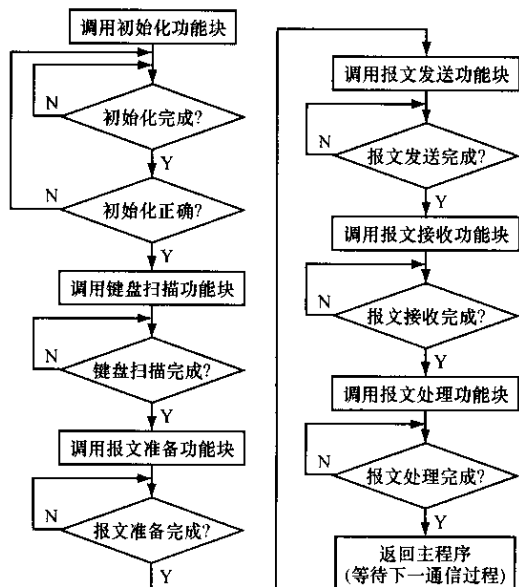


图6 发送器主程序通信过程

(1) 初始化:主要包括看门狗初始化、基本时钟初始化、定时器初始化、扫描初始化、通信初始化。

(2) 键盘扫描:不断地采集数字量和模拟量的信息,经过转换后放入发送缓冲区。

(3) 报文准备:将发送缓冲区的待发数据加入地址码、功能码、校验字节,整理打包成完整的报文待发。

(4) 报文发送:将整理好的报文逐字节的发送出去,发送完毕后将相应标志位清零,同时将接收标志位置位,等待接收应答报文。

(5) 报文处理:将接收到的回应报文解包,提取显示信息后,送到显示寄存器,将反馈信息显示到发送器上。

3.2 接收机程序

接收机主程序的主要功能是接收发送器的控制信息与电控设备的反馈信息,并存储在相应的缓冲区内,然后将两组数据整理对调,以供发送器与电控设备读取。

接收机初始化程序与发送器大体一致。初始化完成后进入主程序,完整的主程序通信过程如图7所示。

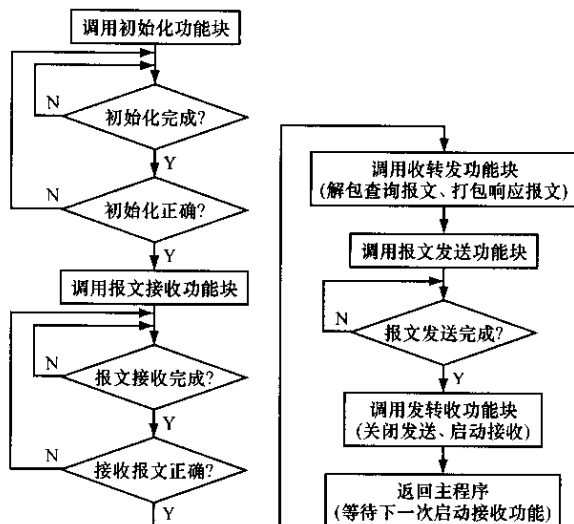


图7 接收机主程序通信过程

(1) 接收报文

在接收过程中,接收机接收所有报文,直到收到查询自己的报文后为止,当确定接收完一个完整报文后判断从站是否应该接收该报文。判断项目包括地址码、功能码、校验字节。如果是,则在该过程最后置标志位,提示CPU进入“收转发”过程,否则仍然保持接收状态,继续接收随后的报文。

(2) 收转发

从站提取主站需要的数据,按照相应报文格式组织报文,存放于发送缓冲区中。为了减少中断对CPU的占用,将收转发的切换过程编制为一个子程序,由“收转发”标志来决定是否调用程序。

在该过程中要把从站地址、功能码、主站需要的寄存器数据、校验码等一起打包,生成从站响应报文。在该过程的最后开发送中断,CPU进入发送报文过程。

(3) 发送报文

发送器把响应报文逐字节发送出去,发完即转向下一通信过程。

该过程以中断方式按字节发送数据,直到缓冲区中报文全部发送完为止,然后关发送中断,置“发转收”标志位,提示CPU进入“发转收”过程。

(4) 发转收过程

确认报文发送完毕后返回接收状态,为接收新报文做好准备。

由“发转收”标志位来决定是否执行该段程序。如果确定报文最后一个字节发完,则开接收中断,CPU自动返回通信的初始状态。

上述4个过程通过标志位和内部中断串联到一起,组成一个有机整体。整个通信过程中以查表的方式实现CRC校验。

3.3 可靠性程序

为了增强遥控装置的可靠性,不单在硬件方面做了相应处理,在软件方面也采取了以下措施:

(1) 通信差错控制

在数字通信中,不管是无线信道还是无线信道,由于受信道分布参数的影响或者信道受到干扰,数据在传输时总会产生误码。为了保证信息传输的正确性,防止设备误动作,通常要采用信道编码进行纠错和检错处理。

在无线通信中采用前向纠错(FEC)技术对误码进行纠错,这一技术可以纠正错误位数比较少的误码,不仅有助于提高装置的可靠性,还能提高通信的成功率以及效率。

在RS485通信过程中采用循环冗余检验码(CRC码)对通信报文进行检错,一旦发现误码就剔除这一错误报文,避免了错误的操作指令使机器执行错误的动作。

(2) 报文的时效性

在每接收到一条发送器发送来的报文后,接收机都要对该报文规定一个有效时间,在有效时间内,接收机向电控设备传送的该报文是有效的,一旦超出了这一有效时间,接收机再向电控设备传送该报文将被视为无效。

如果要求一条报文持续有效,发送器就必须重复不断地向接收机发送这一报文(接收机每收到一次,就相当于重新设定一次报文的有效时间)。假设发送器发送报文的周期是50 ms,报文的时效是200 ms,那么,接收机如果在连续的4个周期中没有接到其中一条报文(该报文此前有效),它将会自动让该报文无效。

规定报文时效的主要目的是为了解决漏检的错误报文所造成的错误控制问题。无论采取怎样的措施,通信错误的可能性是无法彻底消除的,而这些错

误报文将会导致设备执行错误动作,从而给使用者带来危险。所以,解决这些错误的最可行的办法就是尽量减少错误造成的危害,而最有效的手段之一就是尽可能地缩短错误动作的时间。

(3) 上电初始状态检测

从使用者安全的方面来考虑,发送器上电或复位后的状态检测是不能忽视的问题,尤其是操作机构的初始状态。

在现有的煤矿井下工作环境下,发送器上的操作机构很可能不是在预先设定好的初始状态下,比如操作机构被物体压住、触点由于各种情况短路等情况。如果将这些状态发送出去,会使设备产生误动作,甚至还会危及使用者的生命安全。

因此,需要在发送器每次上电或复位后检测各操作机构是否在预先设定好的初始状态上,只有经过检测确认所有状态均为正常的情况下,才允许发送器工作。

4 结语

新型矿用采掘设备遥控装置采用抗干扰设计、通信差错控制、设备状态检测等技术,大大增强了它在与煤矿机械配套时的可靠性和通用性。该遥控装置与行走支架配套使用且在井下工业性试验的结果表明,在煤矿井下复杂的环境下,遥控装置能够满足行走支架的控制要求,工作稳定可靠,整体效果良好,无误动作现象发生,完全可以替代国外同类产品,降低了整机成本,提高了经济效益,具有十分广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] 魏小龙. MSP430系列单片机接口技术及系统设计实例[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2002.
- [2] 金江,侯林,呼守信,等. 基于Modbus协议的S7-200 PLC与矿用智能遥控接收机的通信[J]. 工矿自动化,2007(4):83-86.
- [3] 吕文红,郭银景,唐富华,等. 电磁兼容原理及应用教程[M]. 2版. 北京:清华大学出版社,2008.
- [4] Modicon公司. Modicon Modbus Protocol Reference Guide[EB/OL]. [2011-02-05]. <http://www.download.csdn.net/source/2320569>.
- [5] CAMPBELL J. 串行通信C程序员指南[M]. 徐国定,廖卫东,译. 北京:清华大学出版社,1990.