

文章编号:1671-251X(2014)01-0027-04 DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2014.01.008
林福严,李骏,韩云龙.采煤机网络化远程控制试验系统设计[J].工矿自动化,2014,40(1):27-30.

采煤机网络化远程控制试验系统设计

林福严, 李骏, 韩云龙

(中国矿业大学(北京)机电与信息工程学院, 北京 100083)

摘要:针对采煤机远程控制系统在实际生产工作面上进行研究成本高、难度大等问题,提出了一种采煤机网络化远程控制试验系统的设计方案,研究了符合试验要求的采煤机内部控制结构,介绍了采煤机机载控制器和无线收发控制器、地面主机和井下主机控制软件的设计。该系统采用远程/本地控制模式搭建了采煤机远程控制系统网络,通过以太网、光纤、RS485总线、无线网络传输控制信号,实现了在地面主机(远程)、井下主机(本地)上控制采煤机动作的功能。该试验系统的搭建也为采煤机远程控制的进一步研究提供了试验平台。

关键词:采煤机;远程控制;无人工作面;无线收发控制器;Modbus协议

中图分类号:TD632 文献标志码:A 网络出版时间:2013-12-31 09:15

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/doi/10.13272/j.issn.1671-251x.2014.01.008.html>

Design of networked remote control testing system for shearer

LIN Fuyan, LI Jun, HAN Yunlong

(School of Mechanical Electronic and Information Engineering, China University of Mining and Technology (Beijing), Beijing 100083, China)

Abstract: Due to high cost and difficulty to research remote control system for shearer on actual working face, the paper proposed a design scheme of networked remote control testing system for shearer, researched internal control structure of shearer met testing requirements, and introduced design of on-board controller and wireless transceiver controller of shearer, control softwares for ground host and underground host. The system adopts a remote/local control mode to build a network of the remote control system for shearer, and transmits control signal by Ethernet, fiber, RS485 bus and wireless network, realizes remote/local control of shearer action on ground host and underground host. In addition, the testing system also provides an experimental platform for further research of remote control for shearer.

Key words: shearer; remote control; unmanned face; wireless transceiver controller; Modbus agreement

0 引言

我国的采矿技术经历了从人工炮采、机械化采煤、综合机械化采煤到电气自动化采煤历程,并研制生产了先进的大功率电牵引采煤机和液压支架电液控制设备。少人或无人的机器人化采煤是当前国内外研究的热点。国家“863”计划在矿产资源高效开

发利用领域重点提出发展地下无人采矿技术^[1],许多研究单位和大学也把机器人化采煤作为今后的重要研究方向。国内已经有部分煤矿在机器人化采煤方面做过一些试验并取得一定经验。冀中能源峰峰集团有限公司与浙江大学合作,针对薄煤层赋存地质条件,通过综合运用远程通信、设备定位、视频监控和自动化控制等技术,实现了综采数字化无人工

收稿日期:2013-08-27;修回日期:2013-11-08。

基金项目:中国矿业大学优势学科平台与211建设项目(200904)。

作者简介:林福严(1958—),男,河北献县人,教授,博士研究生导师,主要从事矿山机械方面的教学与科研工作,E-mail:linfy@cumt.edu.cn。

作面采煤^[2-3],在充分论证的基础上,在薛村矿 94702 工作面开展了薄煤层综采数字化无人工作面技术工业性试验^[4]。王刚、方新秋、谢小平等人针对某矿薄煤层保护层安全高效开采的需求,提出了薄煤层保护层无人工作面开采的设计方案;现场工业性试验结果表明,该方案可自动完成割煤、移架、推刮板输送机和顶板支护等生产流程,实现了薄煤层工作面的自动化开采^[5]。虽然上述 2 个工作面都初步实现了无人工作面自动化采煤,但主要集中在薄煤层工作面,而且对煤层地质条件的要求较高,系统的可移植性差。考虑到上述问题和在实际生产工作面上进行试验的成本很高,研究难度也很大,笔者研制了一套采煤机网络化远程控制试验系统。该试验系统采用远程/本地控制模式搭建了远程控制采煤机系统网络,采用 ATmega16 和 PIC16F876 单片机与 PT2262/PT2272 编解码芯片完成了远程控制采煤机的硬件设计,根据 Modbus 协议编写了采煤机控制指令,采用 SQL Server 建立了控制命令数据库,并用 VC++ 设计了地面主机、井下主机控制软件,实现了地面主机对采煤机动作的远程控制。该试验系统也为采煤机远程控制的进一步研究提供了试验平台。

1 系统总体结构设计

采煤机网络化远程控制试验系统主要由井上控制部分、井下主机控制部分和无线网络控制部分组成,如图 1 所示。

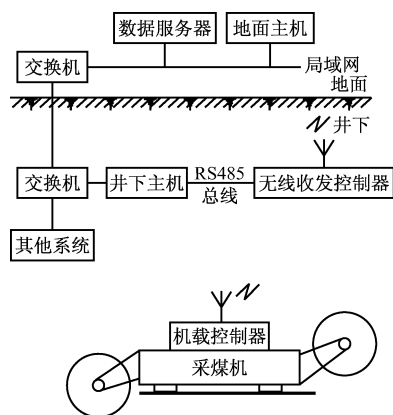


图 1 采煤机网络化远程控制试验系统总体结构

井上控制部分主要由地面主机、数据服务器和地面交换机组成,它们之间通过快速以太网连接。地面交换机和井下交换机分别负责井上和井下的数据通信,井下工作面的所有数据,包括液压支架控制

系统、三机控制系统以及其他辅助系统的控制指令和信息都要通过交换机进行传输。为了保证数据传输速度和实时性,它们之间通过光纤连网,数据传输速度可以达到 1 000 Mbit/s。

井下主机控制部分主要包括井下主机及连接网络。井下主机通过以太网和井下交换机相连,并通过 RS485 总线连接到采煤机的无线网络控制部分。

无线网络控制部分由无线收发控制器和采煤机机载控制器组成。

地面操作人员通过主机控制软件的动作按钮将控制指令写入实时数据库中,井下主机定时访问数据库,当有控制指令时,取出控制指令并发送给无线收发控制器,无线收发控制器通过无线网络把控制指令发送给机载控制器,机载控制器根据具体指令驱动相应的继电器通断,从而实现电源开关、采煤机左右行、滚筒转停、摇臂升降等动作。

2 系统硬件设计

2.1 采煤机内部控制结构

交流变频调速电牵引采煤机通过变频调速系统改变牵引电动机的转向和频率(转速),经齿轮减速装置,实现采煤机牵引速度和牵引方向的改变。2 个滚筒分别用交流电动机经摇臂来驱动。摇臂调高系统的油泵由单独的交流电动机驱动,当操纵布置在整机两端的端头控制站相应的按钮时,电磁换向阀动作,将控制油引到手液动换向阀相应控制阀口使其换向,实现摇臂升降的电液控制^[6]。

该试验系统中采煤机没有实际负载,为了节约成本,采煤机牵引方向的改变采用 2 台直流电动机,分别由各自接触器的通断控制其转动、停止,从而实现左右行车、行车停的动作,2 个接触器之间有电气互锁,以避免行车误操作。电动机的供电是由变压器将 220 V 的交流电降低为 24 V,再经过可控硅整流转换为直流电。2 个滚筒的驱动电动机也是直流电动机,由 24 V 直流电供电,接触器控制转停。摇臂的升降是通过接触器的通断来控制三位四通阀阀芯的位置而实现的。各接触器的通断是通过无线收发控制器和机载控制器实现控制的。

2.2 无线收发控制器

无线收发控制器主要是将控制信号编码,并以等幅高频信号的方式发送给机载控制器。考虑到无线收发控制器信息处理量大和处理速度快的要求,

在此选用 ATmega16 单片机作为无线发射装置的处理核心。ATmega16 是基于增强的 AVR RISC 结构的低功耗 8 位 CMOS 微控制器^[7]。无线收发模块采用 CMOS 工艺制造的低功耗低价位通用编解码芯片 PT2262/PT2272。两者结合起来组成高效、实时的无线传输系统。其硬件电路如图 2 所示。

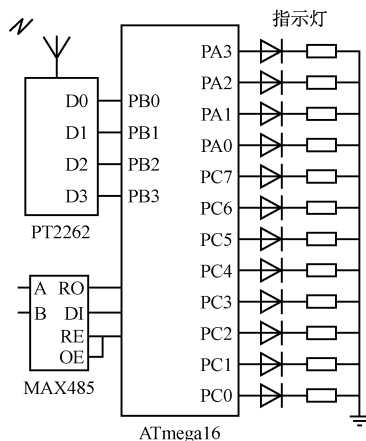


图 2 无线收发控制器硬件电路

编解码芯片 PT2262/PT2272 最多可有 12 位 (A0—A11) 三态地址端管脚 (悬空、接高电平、接低电平), 任意组合可提供 531 441 个地址码。编码芯片 PT2262 最多可有 6 位 (D0—D5) 数据端管脚, 其发出的编码信号由地址码、数据码、同步码组成, 从第 17 脚串行输出。当地面主机没有控制指令时, PT2262 不接通电源, 其第 17 脚为低电平, 所以, 315 MHz 的高频发射电路不工作; 当有控制指令时, PT2262 得电工作, 其第 17 脚输出经调制的串行数据信号。

本文中将 PT2262/PT2272 芯片的第 1—8 脚设为地址脚, 并采用 4 位数据码通信。地址编码采用焊锡搭焊的方式, 此处将第 3、4 脚连接正电源 H。当发射端 PT2262 和接收端 PT2272 的地址编码完全相同时, PT2272 的 VT 端输出解码有效高电平信号, 同时相对应的 D0—D3 端管脚输出约 4 V 互锁高电平控制信号。

2.3 机载控制器

机载控制器主要是接收 PT2262 的高频信号并解码, 再将解码后的数据信号传给单片机。考虑到机载控制器以后功能扩展的要求, 在此选用 PIC16F876 单片机作为无线接收装置的处理核心, 该单片机具有功耗低、在线串行编程 (ICSP)、可编程的代码保护、中断能力强 (14 个中断源)、存储能力强等特点。其 RB0—RB4 端口分别与 PT2272 的

VT 端和 D0—D3 端相连, 从而接收中断和数据信号, 处理 4 位数据信号得到操作指令, 再根据操作指令经晶体管放大器驱动相应的继电器, 继电器通过接触器控制电源通断、左右行走电动机、左右摇臂升降电磁阀、前后滚筒旋转电动机等。其中摇臂的升降是通过单片机 RC0、RC1、RC2、RC3 端口输出持续的高电平控制的, 而电源通断、左右行车启停、滚筒旋转启停是通过 RA0、RA1、RA2、RA3、RA4、RC4、RC5、RC6 端口输出的脉冲信号控制的。机载控制器控制原理如图 3 所示。

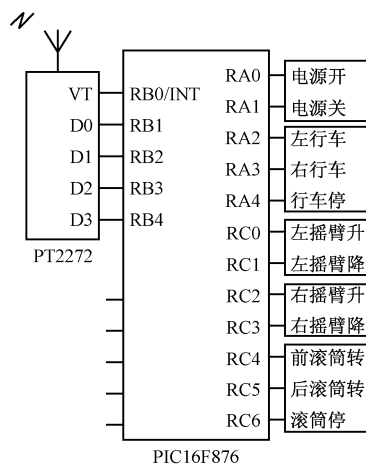


图 3 机载控制器控制原理

3 系统软件设计

3.1 通信协议

井下主机与无线收发控制器的通信采用 Modbus 协议的 RTU 模式, 采煤机操作指令的书写对应于 Modbus 协议中的写操作。由于本试验中采煤机动作较为简单, 所以, 数据库中控制命令表主要由命令字和一个保留字组成。为了简单起见, 采煤机的电源开、电源关、左行车、右行车、行车停、前滚筒转、后滚筒转、滚筒停、左摇臂升、左摇臂降、右摇臂升、右摇臂降等动作分别对应于十进制的 1—12。

3.2 地面、井下主机控制软件设计

地面主机控制软件采用 VC++ 设计。控制界面用 VC++ 中的基于对话框方式设计, 访问数据库采用 ADO 的方式, 地面主机与数据库的通信主要分为查询记录和插入记录 2 个部分, 其程序主要步骤为初始化 OLE/COM 库环境、建立 SQL 语言 (查询/插入记录)、创建 Connection 对象、创建记录集对象、取得表中的记录、捕捉异常、抛出异常^[8]。各动作控制按钮关联的程序分为 2 个部分: ① 调用

查询记录函数检查数据库中是否有命令,有命令则删除;② 调用插入记录函数向数据库中写入操作命令。

井下主机控制软件也采用 VC++ 设计,其主要功能:一是用定时器 SetTimer 定时调用查询记录函数检查数据库中有无命令,一旦有命令则取出命令传给无线收发控制器;二是在本地直接通过控制按钮操作采煤机动作,其控制优先级高于地面主机。

3.3 控制器程序设计

无线收发控制器的程序设计主要是 ATmega16 单片机的程序编写,本文采用 ICCAVR 集成开发环境进行程序的编写、调试。考虑到实时性、CPU 资源占用、能耗等方面的要求,信号接收采用中断的方式。其主程序的功能是完成对 ATmega16 单片机及串口通信的初始化、打开中断、进入省电模式、等待信号接收中断。一旦产生中断,CPU 被唤醒,进入工作模式,调用相应的中断服务子程序进行中断处理,中断处理完后,再进入省电模式,如此循环。主程序及中断服务子程序流程如图 4、图 5 所示。

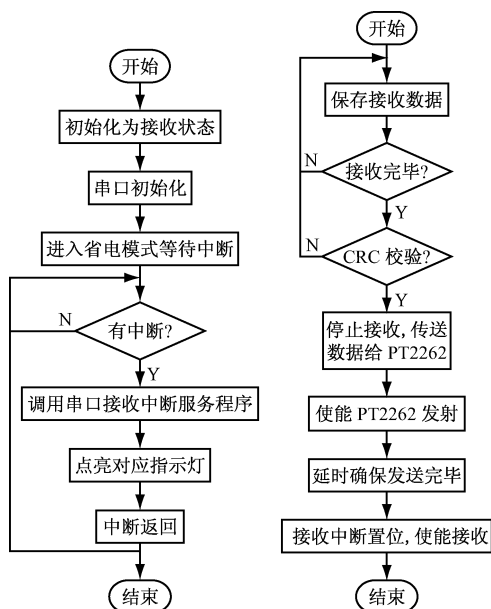


图 4 无线收发控制器 主程序流程

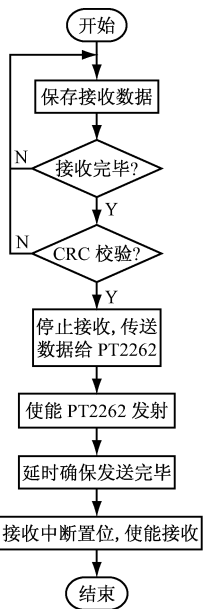


图 5 无线收发控制器 中断程序流程

机载控制器的程序设计即 PIC16F876 单片机的程序设计,本文采用 MPLAB ide 软件进行开发,信号处理也采用中断的方式,主要程序流程如图 6 所示。

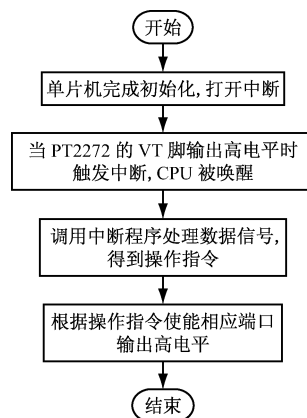


图 6 机载控制器主要程序流程

4 结语

以采煤机为被控对象,设计了采煤机网络化远程控制试验系统,采用远程/本地 2 级控制,提高了系统的稳定性;采用无线网络传输控制信号,避免了通过供电电缆的控制芯线或先导芯线传输存在的干扰大、电缆易损坏等问题。该试验系统为实现少人或无人综采工作面提供了一种解决方案,并为采煤机远程控制的进一步研究提供了平台。但鉴于实际煤矿井下采煤机控制的复杂性和远程控制实时性等特点,本系统还有待进一步改进。

参考文献:

- [1] 方新秋,何杰,郭敏江,等. 煤矿无人工作面开采技术研究[J]. 科技导报,2008,26(9):56-61.
- [2] 朱广军,岳昌华,马小刚. 数字化综采无人工作面系统的应用[J]. 煤矿机械,2012,33(1):205-206.
- [3] 杨玉成. 综合自动化无人工作面开采薄煤层[J]. 矿业快报,2004(3):33-34.
- [4] 王巨光. 薄煤层综采数字化无人工作面技术研究与应用[J]. 煤炭科学技术,2012,40(7):72-75.
- [5] 王刚,方新秋,谢小平,等. 薄煤层无人工作面自动化开采技术应用[J]. 工矿自动化,2013,39(8):9-13.
- [6] 朱真才,韩振铎. 采掘机械与液压传动[M]. 2 版. 徐州:中国矿业大学出版社,2005.
- [7] 林福严,王朋. 基于 ATmega16 的支护机器人控制器设计[C]//中国矿业大学(北京). 中央高校基本科研业务费项目研究成果学术交流会论文集. 北京:煤炭工业出版社,2011.
- [8] 范晓平. 跟着实例学 Visual C++ 6.0 访问数据库·绘图·制表[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2003.