

# 基于 PLC 和 Ethernet 的铣刨机无线测控系统设计

陈忠凯, 秋实, 胡昊, 殷亮, 刘俊鹏

(西北核技术研究所, 西安 710024)

**摘要:** 针对某铣刨机, 研制了无线测控系统, 其主要由 PLC、通信模块、继电器、触摸屏、路由设备、远程终端等组成; 在系统设计中, 基于 GE ifix 环境开发了基于 Ethernet 的测控软件, 解决了不同操作系统平台和硬件环境下的兼容问题; 提出了主机掉线 PLC 状态自保持、无线控制与本地控制冗余和控制指令优先级划分的技术思路, 实现了系统可靠运行; 该系统具备本地控制与无线遥控两种控制方式, 并已在该铣刨收机上得到应用, 实现了平台所有操作的无线遥控, 无指令丢失和误动作。

**关键词:** 铣刨机; 无线控制; PLC; Ethernet

## Wireless Control System of Milling Machine Based on PLC and Ethernet

Chen Zhongkai, Qiu Shi, Hu Hao, Yin Liang, Liu Junpeng  
(Northwest Institute of Nuclear Technology, Xi'an 710024, China)

**Abstract:** An wireless control system is researched based on a milling machine. The system consists of PLC, communications module, relay, touch screen, router and long-distance terminal. The control system, designed based on GE ifix and Ethernet, solves the compatibility problems with different operating systems and hardware environments. The ideas of PLC state of self-sustaining when host dropped, wireless control and local control redundancy, and control instructions prioritization are proposed. The system with local control and wireless control has been applied on the milling machine and the wireless remote control of all operations has been realized with no instruction lost and misused.

**Keywords:** milling machine; wireless control; PLC; Ethernet

## 0 引言

在某采矿工程中, 需要将地表约 2~5 cm 深度内的含矿砂土收集起来, 并且为了实现精确收集以减少成本, 要求对收集厚度精度能够控制在±5 mm 以内。鉴于铣刨收集适合于大面积地表砂石土壤收集作业且易于实现深度精确控制的要求, 研制了适合该工程应用的铣刨机。该铣刨机集成了铣刨收集装置与深度控制系统, 具备在野外条件下进行砂土收集实验的能力。

## 1 砂土铣刨机介绍

该铣刨机的构成按功能可以分成铣刨系统、输料系统、升降系统、液压系统、测控系统、车架系统等子系统, 其结构基本结构如图 1 所示。该机主要具有以下功能: 铣刨收集和物料输送功能; 配套接触式地貌探测器, 能按要求控制铣刨切削深度; 实时自动调控铣刨装置与深度控制系统的运行参数; 具备实时测量铣刨鼓的转速, 液压系统的油压、流量, 地貌探测器接地压力、铣刨深度、整体行进速度等数据的能力。



图 1 机械布局结构示意图

## 2 测控系统设计

铣刨机测控系统主要完成数据的采集和处理、通信、控制执行等工作, 是整个收集机械的核心。其主要由主控制系统 PLC、扩展的 PLC DI/O、AI/O 模块、各位移传感器、压力传感器、霍尔开关、触摸屏等组成。系统运行所处工况较差, 采取 PLC 与触摸屏结合的硬件控制方式。PLC 进行本地测控, 各项参数设定及人机界面由触摸屏执行。触摸屏和无线控制系统作为客户端均能对 PLC 控制参数进行修改, 具有同等优先级。触摸屏采用有线网络与 PLC 连接, 并且具有小容量数据存储功能。当无线控制系统在运行中出现无线网络故障等因素造成信号中断时, 触摸屏可以立即接管进行控制, 当无线连接正常后可以恢复控制, 无需进行停机等待。

测控系统可对铣刨机进行本地与远程无线测控, 实现的主要功能为: 1) 系统实现自动控制与手动控制相结合的方式控制机械的运行; 2) 本地控制与远程无线控制两种方式完成机械的操控; 3) 通过 TCP/IP 协议, 实现控制系统实时数据的多屏幕监视。

为实现系统功能, 该测控系统需具备以下能力: 1) 操作功能, 完成对铣刨机转向控制, 输料带控制和辅助控制。2) 本地控制功能, 即在平台上也能完成铣刨机某些功能的控制, 比如紧急停车、支腿升降等。3) 工作状态监控功能, 为操作员提供必要的工作数据, 便于操作员的正确操作和及时发现故障。4) 数据管理功能, 记录运行中传感器的数据, 为故障判断和进一步深入研究提供依据。5) 故障智能诊断及报警功能, 提醒操作员系统出现故障并提供相关故障因素, 便于操作员作出准确的判断, 及时进行维修, 并在发生重要故障时对实验平台进行保护。

### 2.1 测控系统设计组成

测控系统采用模块化设计, 其硬件结构图如图 2 所示。

收稿日期: 2014-03-25; 修回日期: 2014-05-12。

作者简介: 陈忠凯 (1989-), 男, 山东济宁人, 硕士研究生, 工程师, 主要从事智能化机械与微系统方向的研究。

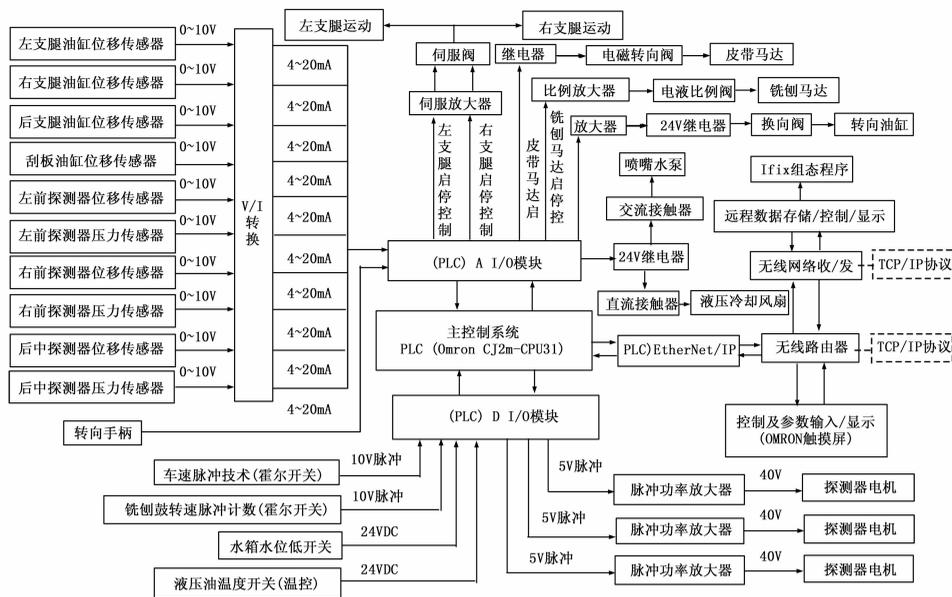


图 2 测控系统硬件结构图

主控制系统采用 Omron PLC 对数据进行处理, PLC 扩展的 AI/O、DI/O 模块与其他模块的通信通过总线进行, 数据传输速度快、可靠性高。在 PLC 与人机界面 (Omron 触摸屏) 通信中采用 TCP/IP 协议, 通过有线网络实现数据传输, 保证了传输的高速与可靠性。传感器模块中采用 V/I 电路将位移、压力传感器检测的电压转化为 4~20 mA 的电流, 输入到 AI/O 模块。同时, AI/O 模块输出信号通过放大等电路控制主要执行机构的运动。DI/O 接口模块主要负责数字脉冲信号和开关信号的通信, 检测车速、铣刨鼓转速以及水位、温度, 以及控制探测器电机的运动。另外, 主控制系统 PLC 通过 Ethernet/IP 接口与无线测控系统进行通信, 从而实现计算机的远程控制。

铣刨机测控系统中包含交、直流发电机系统, 为防止电磁干扰过大影响测控系统精度, 在测控系统设计时要重点考虑信号干扰, 传感器输出为弱电压信号时, 需转换为电流信号以加强抗干扰能力。同时, 经过交流电源、线缆附近的输入/输出信号线使用屏蔽电缆。

## 2.2 无线测控系统设计

OMRON PLC 的网络分为三层: Ethernet 网、Controller Link 控制器网、Compo BUS/D 与 Compo BUS/S 元器件网。Ethernet 网络即所说的以太网, 它是自动化领域用于信息管理层的网络, 它的通信速率高, 可达 100 Mbps, 以太网模块使 PLC 可以作为工控局域网的一个节点, 网络上的任何一台计算机都可以实现对它的控制。在连接到 Ethernet 网络的计算机上运行 CX-Programmer 或组态软件可以对所有连接的 Ethernet 网络上的 PLC 进行编程和监控。

铣刨机无线测控系统使用 Omron PLC CJ2m-CPU31 的 Ethernet/IP 接口来实现, 使用无线路由器进行互联, 然后通过无线收发设备远程传输数据, 利用远程计算机来实现铣刨机的控制与数据处理。

本系统设计采用无线路由器进行数据中继的方式。随着互联网软硬件及 PLC 的发展, 目前可以通过 TCP/IP 协议在不同的操作系统以及网络软硬件环境下进行数据互联, 铣刨机可

扩展为无线可视化操控。

考虑到系统运行的安全及可靠性等因素, 远程无线测控系统设计为客户-服务器 (C-S) 模式。无线测控系统方案如图 3 所示, 由 Omron CJ2M-CPU31 PLC、DI/O 模块、AI/O 模块、Omron 触摸屏、无线路由器、无线网卡、调制解调设备、远程计算机等组成。

无线测控系统的本地执行和控制由 PLC 实现, 本地操作由触摸屏实现。PLC 通过 Ethernet/IP 采用 TCP/IP 协议经无线路由器与远程计算机联接, 远程计算机采用 Ifix 组态软件编写数据存储、处理与控制程序。在 PLC 与远程计算机之间发送 FINS 信息, 使用 Ethernet Fins Gateway 能够不必编写 FINS 指令程序而直接管理信息。

配置 Omron PLC EtherNet/IP 的 IP 为 192.168.250.1, 子网掩码: 255.255.255.0, 网关: 192.168.250.2。PLC 通过网线接入无线路由器 (路由器 IP 地址 192.168.250.2); 本地操作屏 (触摸屏) 通过双绞线与无线路由器连接 (IP: 192.168.250.101, 子网掩码: 255.255.255.0, 网关: 192.168.250.2); 计算机无线网络 IP: 192.168.250.100, 子网掩码: 255.255.255.0, 网关: 192.168.250.2。

远程计算机控制程序采用支持 TCP/IP 的 GE ifix5.0 组态软件编写。Ifix 通过通信软件 Fins Gateway、Omron OMS 驱动、无线网卡与 PLC 联接。经过实验测试, 铣刨系统遥控能在 100 m 距离 (空旷场地) 联接可靠, 控制指令以及数据传输可靠, 无线控制实验完成了铣刨机本地和远程操作的功能。

## 3 软件设计

该系统要求实现的功能如下: 手动/自动模式切换; 日期、时间显示; 3 个支腿及尾门油缸位移显示; 深度传感器压力及位移显示; 铣刨鼓转速显示; 平台行进速度显示; 3 个支腿运动操作; 尾门油缸运动操作; 铣刨鼓、皮带马达启停; 电磁溢流阀、电磁换向阀操作; 深度传感器电机上下运动操作; 散热风扇操作; 喷淋水泵操作; 深度传感器接地压力、手动运动位移、自动运行接地压力浮动值设定; 铣刨鼓转速设定; 支腿油

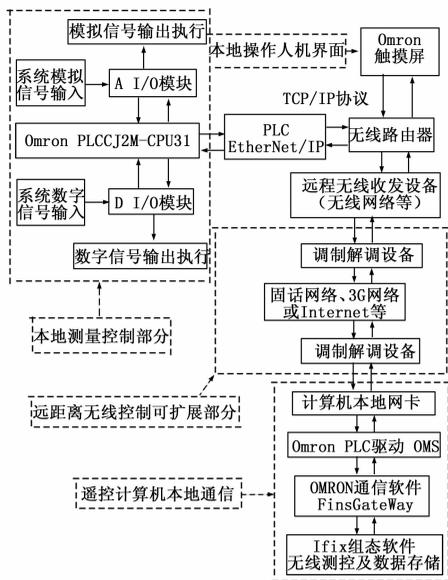


图 3 无线测控系统方案图

缸手动速度设定；支腿调节深度传感器接地压力的 PID 参数设定；其它探测器 PID 参数设定。

由于系统主要控制铣刨鼓转速以及铣刨鼓两侧支腿上下运动（铣刨鼓切深由支腿升降来控制）。因此，系统控制方案设计为：缩短支腿，使铣刨鼓刀尖接地，此时记为铣刨零位。开启铣刨鼓和皮带马达，继续下降铣刨鼓  $H_0$ （规定的铣刨深度）。下放深度传感器使其接地压力达到恒定值  $F_0$ ，然后系统自动运行。

根据以上步骤及需要实现的功能，系统软件分为 PLC 程序与触摸屏程序。

PLC 程序采用 CX-Programmer9.03 编写，部分程序梯形图（主马达正/反启停）如图 4 所示。

Omron 触摸屏程序采用组态软件 CX-Designer 设计，开发测控系统的操作控制界面。

### 4 实验结果

为了对该铣刨机进行实验和性能评估，利用松散砂土作为实验散料，开展了一系列地表砂土铣刨收集实验。图 5 为一次铣刨收集后的地表砂土形貌。实验实现了本地与无线遥控两种控制方式，其中无线遥控系统的数据传输速率 100 Mb/s，有效控制距离 100 m，平台所有操作的无线遥控实现了无指令丢失和误动作。实验表明，该测控系统较好地满足了砂土铣刨收集机械的要求，具有可靠的性能。同时也验证了该铣刨机具备在野外条件下进行砂土收集实验的能力。

### 5 结束语

通过实验表明，系统较好地实现了砂土铣刨收集机械的测控，自动控制与手动控制相结合，实现了本地与无线遥控两种控制方式，提出控制终端掉线主机 PLC 状态自保持、无线遥控和本地控制冗余的技术思路，解决了控制系统安全、可靠运行的问题；采用 C-S 技术和 TCP/IP 协议，解决了控制系统在不同操作系统、不同网络软硬件环境下数据交互兼容的技术问题。

利用该测控系统开展了砂土铣刨收集机械铣刨收集等实验。实验表明，该砂土铣刨机具备在野外条件下进行砂土收集实验的能力。

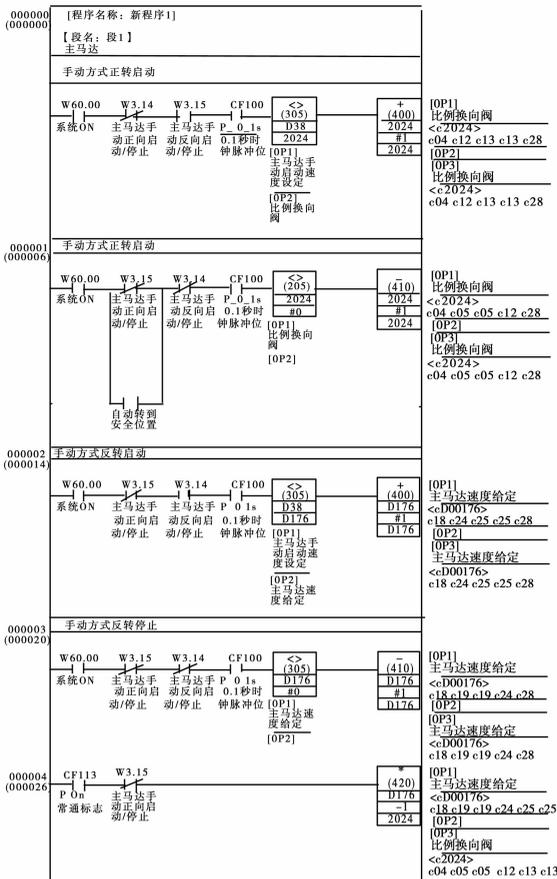


图 4 系统 PLC 的部分程序梯形图



图 5 一次铣刨收集后的地表砂土形貌

### 参考文献:

- [1] 李文杰, 曾庆良, 沈志康, 等. 地表污染土壤清除机械的方案设计及选型 [J]. 矿山机械, 2010, 38 (16): 70-74.
- [2] 李文杰, 曾庆良, 秋实, 等. 路面铣刨机对戈壁地表砂土收集能力试验研究 [J]. 筑路机械与施工机械化, 2011, 28 (10): 86-89.
- [3] 秋实, 胡昊, 刘俊鹏, 等. 一种用于松散砂土铣刨收集机械的地形探测器 [A]. ICADME 国际会议 [C]. 广州, 2011.
- [4] GE Fanuc, GE Fame. International [M/OL]. Beijing: GE Fanuc, 2003.
- [5] 孟建军, 殷红. 面向对象的测控系统软件设计 [M]. 西安: 西安电子科技大学出版, 2008.
- [6] 杨鹏, 等. 工业以太网的发展及其技术特点, 微计算机信息 [J]. 2006, 22 (4): 32-24.
- [7] 陈宇红, 胡浩天, 等. 基于 PLC 的 HL-2A 装置大功率电源监控系统 [J]. 控制工程, 2009, 16 (1): 95-99.