

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2012.01.023

# 基于 Modbus 协议的数控排钻伺服定位系统

车倍凯, 肖伸平, 曾敏, 周金峰, 邓鹏

(湖南工业大学 电气与信息工程学院, 湖南 株洲 412007)

**摘要:** 设计了基于交流伺服驱动和 Modbus 通信协议的数控排钻 PLC 控制系统。采用一体化 PC 机作上位机, 利用 VB 编程的人机界面实现基于 Modbus 协议的 PLC 通信, 完成交流伺服电机的精确定位控制; 采用防碰撞算法解决了多台伺服电机定位过程中可能发生碰撞的问题。经现场调试, 该系统达到了满意的定位控制效果。

**关键词:** 交流伺服驱动; 人机界面; Modbus 协议; 防碰撞算法

中图分类号: TP29

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2012)01-0105-04

## Positioning Servo System for Numerical Control Ranges Drill Based on Modbus Protocol

Che Beikai, Xiao Shenping, Zeng Min, Zhou Jinfeng, Deng Peng

(School of Electrical and Information Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

**Abstract:** Designed PLC control system for numerical control ranges drill on the basis of AC servo drive and Modbus communication protocol. With an integration PC as host computer, applied VB programming human-machine interface to achieve the PLC communication based on Modbus protocol and complete the precise positioning control for AC servo motor. Used anti-collision algorithm to solve the problem that multiple servo motors may arise collision during positioning. Through on-site testing the position control system achieved satisfactory effects.

**Keywords:** AC servo drive; human machine interface; Modbus protocol; anti-collision algorithm

## 0 引言

数控钻床是实现工件上各种类型孔自动定位和钻削的高精度机床, 广泛应用于工业和电子行业的零件加工, 其数控系统是机床的核心, 一般多采用伺服系统来实现精确定位。伺服系统融合了电机、计算机、电力电子、自动控制、精密机械和新材料等多种高新技术, 是装备制造、工业自动化、办公自动化和家庭生活自动化等不可缺少的重要技术<sup>[1-2]</sup>。

目前, 国内的计算机数字控制 (computer numerical control, CNC) 数控钻床大多为进口设备, 每次定位只能钻单个孔, 而木工机械行业中经常需要钻大量的排孔, 致使 CNC 数控钻床定位次数大大增加, 无法体现效率<sup>[3]</sup>, 而且其价格昂贵, 无法普及。

基于此问题, 笔者采用现代伺服系统设计了新型数控排钻。采用交流伺服驱动器与可编程逻辑控制器 (programmable logic controller, PLC) 作为控制

收稿日期: 2011-11-19

基金项目: 湖南省自然科学基金资助项目 (11JJ6098), 湖南省研究生科研创新基金资助项目 (CX2011B394)

作者简介: 车倍凯 (1984-), 男, 山西运城人, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为自动化集成技术与应用,

E-mail: cbk-1984@163.com

通信作者: 肖伸平 (1965-), 男, 湖南东安人, 湖南工业大学教授, 博士, 主要研究方向为时滞系统的鲁棒控制及智能控制,

E-mail: xsph\_519@163.com

系统的核心, 结合 VB 编程的上位人机界面, 同时使用 4 台伺服电机, 依次分布于数控排钻的运动导轨 (即  $x$  轴) 上, 每台伺服电机分别拖动 1 台钻孔定位器来实现定位。这样的设计每次最多可实现 4 个孔的同时定位, 效率较高。

### 1 系统设计

数控排钻伺服定位系统总体设计原理如图 1 所示。该系统采用 1 台触摸屏电脑作为上位机, 上位机提供 VB 程序操作界面, 并发送定位目标数据到下位机 PLC 中; PLC 根据当前位置与目标位置的关系再经过一系列计算, 把定位距离转换为精确脉冲数发送给伺服驱动器; 伺服驱动器实时响应 PLC 所发脉冲, 配合自增益调整采用 SVPWM 控制方式驱动伺服电机; 伺服电机通过蜗轮蜗杆减速器带动钻孔定位器做直线运动, 实现  $x$  轴准确定位。该定位方式具有响应速度快、定位精度高、动态特性好等优点。伺服驱动器提供位置、速度、扭矩 3 种基本控制模式<sup>[4]</sup>, 本设计采用位置模式, 脉冲列 + 方向控制方式。另外  $x$  轴运动方向上还安装了 4 个光电传感器供伺服电机做原点回归使用。PLC 一方面发送脉冲控制  $x$  轴定位; 另一方面根据数控钻床控制要求, 控制各执行继电器动作。上位机与 PLC 之间使用 RS232 接口进行通信, 采用 Modbus 通信协议。

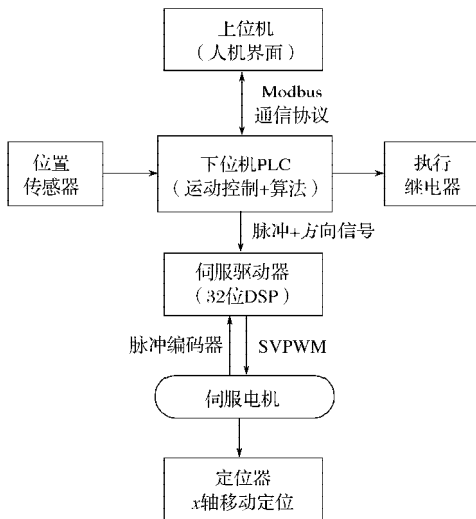


图1 数控排钻伺服定位系统总体设计框图

Fig. 1 The design schematics of positioning servo system for numerical control ranges drill

#### 1.1 硬件设计

1) 上位机。上位机采用宇联公司 QC-156 工业级触摸屏电脑, 操作界面采用 VB 编程语言编写。VB 是一种结构化面向对象的程序设计语言, 采用事件驱动的程序机制, 可高效、快速地开发 Windows 环境

下功能强大、图形界面丰富的应用软件系统。上位机主要为用户提供人性化操作界面, 设定各种运行参数, 实时显示钻孔定位器的位置与运行速度, 接收定位目标位置并发送给 PLC。

2) 下位机。下位机采用台达 DVP-40EH 型 PLC, 可同时支持 2 组 AB 相 200 kHz 脉冲输出 (Y0, Y1) (Y2, Y3), 与 2 点 200 kHz 脉冲输出 (Y4, Y6)。内置 RS-232 与 RS-485 通讯端口, 兼容 Modbus ASCII / RTU 通讯协议, 且内置 4 组硬件高速计数器, 可同时控制 4 台伺服电机实现定位。

3) 伺服驱动器。采用台达 ASDA-B2 型伺服驱动器, 内置高性能 32 位 DSP 芯片, 配合增益自动调整技术, 对伺服电机进行闭环控制, 对其各种信息做出快速、准确反应, 处理随时变化的信号。

4) 台达伺服电机。本设计要求快速、准确地实现控制目标, 决定配套采用台达 ECMA C20807 系列交流伺服系统。此系列伺服电机配合台达 B2 型伺服驱动器组成的伺服系统, 已广泛应用于数控机床、机器人、自动化生产线等各种有精确调速、定位要求的场合。

#### 1.2 伺服系统接线

伺服驱动器的位置控制指令脉冲有 3 种类型, 分别是: 正向脉冲 + 反向脉冲, 脉冲 + 方向, 相位相差 90° 的 AB 两相脉冲<sup>[5]</sup>。本文选用脉冲 + 方向方式, 伺服驱动器的 CN1 接口中的 Pulse 41 号引脚接收 PLC 的脉冲信号, Sign 37 号引脚接收方向信号。PLC 的输出端口 Y0, Y1 构成一组脉冲控制信号, 总共 4 组, 分别控制 4 台伺服电机运行。伺服电机的转速由 Y0 口脉冲发送频率决定, 移动距离由 Y0 口发送脉冲的个数决定。每个伺服驱动器控制 1 台伺服电机, 伺服驱动器与 PLC 之间的接线如图 2 所示。

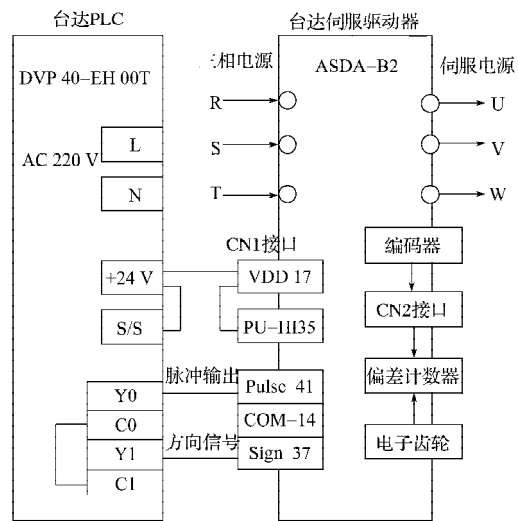


图2 PLC 与伺服驱动器接线图

Fig. 2 The wiring diagram of PLC and servo drive

伺服电机的脉冲与转速关系由式 (1) 设定,

$$f_0(N/M) = p_f \times v_t, \quad (1)$$

式中:  $f_0$  为 PLC 脉冲发送频率;

$p_f$  为伺服电机编码器反馈脉冲, 台达 ECMA 系列电机此值为 160 000 脉冲/转;

$v_t$  为伺服电机转速, 最高转速为 3 000 r/min;

$N/M$  为伺服驱动器电子齿轮比设定值, 式中设定为 40。

数控钻床  $x$  轴定位器移动速率由式 (2) 得出,

$$v = d \cdot f / n, \quad (2)$$

式中:  $d$  为每圈距离, 测得其值为 3.412 mm;

$f$  为脉冲频率, 其值为 200 kHz;

$n$  为每圈脉冲数, 其值为 4 000。

因此,  $x$  轴定位器速率最大为 10.2 m/min, 满足设计要求。

## 2 上位机与 PLC 之间的通信实现

上位机与台达 PLC 之间采用 Modbus 通信协议。Modbus 协议具有以下优点: 开放性好、易实现、扩展性好、帧格式简单、可靠性高, 可支持多种电气接口, 可在各种介质上传送, 如双绞线、光纤、无线等<sup>[6]</sup>, 因而具有广阔的应用前景, 被越来越多的设备厂商所支持。不同厂商生产的控制设备可以连成 Modbus 工业网络。

Modbus 的实质是一种主从应答的通讯协议, 其通讯遵循以下过程: 主机准备请求并向从机发送请求; 从机接收主机请求后进行校验, 然后处理, 并向主机发送回复; 如果出现差错, 从机将返回一个异常的功能码<sup>[7]</sup>。

在 Modbus 系统中有 2 种传输模式可选择, 一种是美国信息交换码 (ASCII), 另一种是远程终端单元 (remote terminal unit, RTU)。ASCII 采用的格式和校验相对简单, 本设计采用 ASCII 格式, LRC 校验。

VB 与台达 PLC 通讯的基本流程, 如图 3 所示。上位机读 PLC 中相应数据寄存器的数值时, 应输入正确的寄存器号, 并按照通讯协议生成正确的发送字符串, 触发 MComm 控件, 在其 OnComm 事件中调用公用模块中的 Public Sub MComm1\_OnComm1() 过程, 对所获取字符串进行处理及显示。向 PLC 中的数据寄存器写入数值操作时, 应输入正确的寄存器号与数值, 生成发送字符串后触发 MComm 控件的 OnComm 事件, 向 PLC 中写入数值。

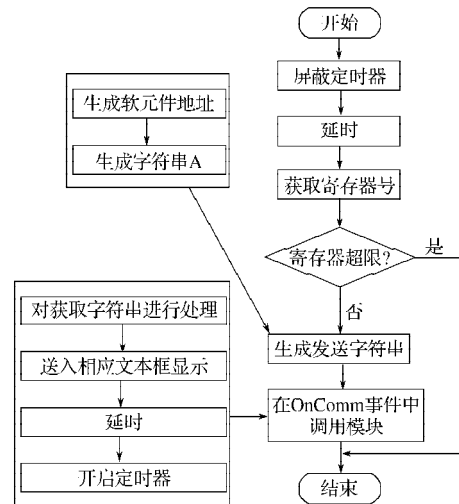


图3 上位机与 PLC 通讯基本流程图

Fig. 3 Flow chart of communication between PC and PLC

## 3 防碰撞算法

由于 4 个伺服定位器在数控钻床  $x$  轴方向上依次分布, 运动过程中要防止它们相互间的碰撞。所以在设计过程中采取了防碰撞保护措施。首先, 在  $x$  轴导轨的下方依次安装 4 个光电接近传感器做定位校准使用, 将这 4 个光电传感器依次接到 PLC 的 4 个输入点上, 作为伺服定位系统的零点传感器。当伺服系统每次开机运行时, 使用 dzrn 指令可使 4 台伺服定位器分别移动到 4 个光电传感器的位置, 然后把此位置换算成脉冲数, 赋给伺服驱动器里的脉冲计数器作为定位初值。当伺服定位器移动时, 脉冲计数器会根据 PLC 所发脉冲数自动增减。根据脉冲计数器的数值即可知道伺服定位器的精确位置, 再将 4 个脉冲计数器的数值经过一定的换算关系, 转换为  $x$  轴导轨上 4 个伺服定位器的实际位置, 即可在运行过程中不断监视 4 个定位器的位置差。在程序中设定 4 台伺服定位器的防碰撞安全距离, 一旦监视到伺服定位器之间的距离差小于或等于防碰撞安全距离, 则立即停止 PLC 脉冲输出, 使伺服电机停止转动, 从而防止碰撞发生。

PLC 防撞的部分程序如下:

```
LD M1000
DFLT D1336 D336
DEDIV D336 D284 D180
DINT D180 D148
DADD D148 D222 D238
LD M1000
DSUB D232 D238 D140
LD M31
```

```

DAND> D140 K10
DAND< D140 D260
LD M91
OR M92
ANB
SET M21
SET M22
SET M26
LDI X16
OR M85
ANB
ANI M122
ANI M21
DAND<> D30 D100
DDRVI D10 D300 Y0 Y1
OUT M85
AND M1029
DMOV D30 D100
RST M1029

```

伺服定位系统的流程如图4所示。

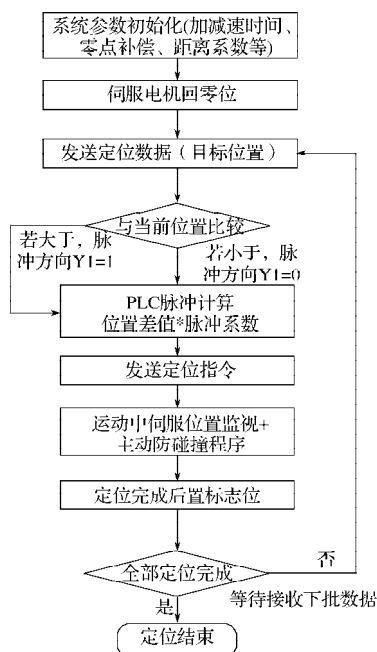


图4 伺服系统定位流程图

Fig. 4 Positioning flow chart of servo system

## 4 结语

本文通过台达交流伺服控制器、PLC 及其上位机的组合来完成一个数控排钻的运动控制实现, 上位机与 PLC 采用基于 Modbus 协议的串口通信实现。由

于采用了 PLC 与上位机人机界面, 可采用不同的控制算法, 对系统采用不同的控制方式, 控制实现上有一定的灵活性。

经过一段时间的使用, 该数控排钻伺服定位系统运行良好, 在定位精度、控制可靠性、运行稳定性方面效果较好。

## 参考文献:

- [1] 舒志兵. 交流伺服运动控制系统[M]. 2版. 北京: 清华大学出版社, 2006: 8-9.  
Shu Zhibing. AC Servo Motion Control System[M]. 2nd ed. Beijing: Tsinghua University Press, 2006: 8-9.
- [2] 许家忠, 王东野, 温武, 等. 基于嵌入式运动控制器的钻床控制系统[J]. 自动化技术与应用, 2010, 29(10): 19-21.  
Xu Jiazhong, Wang Dongye, Wen Wu, et al. Drilling Machine Control System Based on Embedded Motion Controller[J]. Techniques of Automation and Applications, 2010, 29(10): 19-21.
- [3] 曹娜, 汪永超, 刘云峰, 等. 一种多工位专用数控钻床的设计研究[J]. 机械设计与制造, 2009(9): 143-145.  
Cao Na, Wang Yongchao, Liu Yunfeng, et al. A Special Multi-CNC Drilling Machine's Design[J]. Machinery Design & Manufacture, 2009(9): 143-145.
- [4] 中达电通股份有限公司. ASDA-B2伺服驱动应用技术手册[S]. [出版地不详]: 中达电通股份有限公司, 2010: 61-63.  
Delta Greentech(China) Co., Ltd. Technical Manual for ASDA-B2 Servo Drive Applications[S]. [S. l.]: Delta Greentech(China) Co., Ltd., 2010: 61-63.
- [5] 胡佑德, 马东升, 张莉松. 伺服系统原理与设计[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1999: 2-6.  
Hu Youde, Ma dongsheng, Zhang Lisong. Principle and Design of Servo System[M]. Beijing: Beijing University of Technology Press, 1999: 2-6.
- [6] 郭世钢. PLC的人机接口与编程[J]. 微计算机信息, 2006, 22(19): 42-44.  
Guo Shigang. The Interface between the Human and the Machine and the Programming for PLC[J]. Microcomputer Information, 2006, 22(19): 42-44.
- [7] 刘炳文. Visual Basic程序设计教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2006: 71-72.  
Liu Bingwen. Visual Basic Programming Course[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2006: 71-72.

(责任编辑: 邓光辉)