

# 基于 PLC 的轴承压入机伺服精确定位系统研制

阚菲菲, 鞠 勇, 居 荣

(南京师范大学电气与自动化工程学院, 江苏 南京 210042)

[摘要] 在原有轴承压入机的基础上, 利用伺服技术, 结合可编程控制器(PLC)控制, 研究和开发了一种新型轴承压入机系统. 系统采用闭环控制, 利用 PLC 的高速计数脉冲控制伺服系统, 通过触摸屏设定和调整参数, 实现丝杆的精确定位. 实验证明, 该款轴承压入机具有性能稳定、精度高、误差小、工作可靠、调节方便、生产噪声低等优点.

[关键词] 伺服系统, PLC, 触摸屏, 精确定位

[中图分类号] TP27 [文献标志码] A [文章编号] 1672-1292(2014)03-0015-07

## The Design of Servo Pinpoint System in Bearing Pressing Machine Based on PLC

Kan Feifei, Ju Yong, Ju Rong

(School of Electrical and Automation Engineering, Nanjing Normal University, Nanjing 210042, China)

**Abstract:** This paper, based on the theory of original bearing pressing machine, studies and develops a new kind of bearing pressing machine through utilizing the mature servo technology and PLC. The whole system adopts the closed-loop control. The accurate positioning and location display of the screw rod are achieved by employing high-speed counting pulse control of PLC servo system and by setting touch screen and adjusting parameters. The experiments show that the new bearing pressing machine has the advantages as stable performance, high precision, small error, reliable operation, convenient adjustment, intuitive display, low noise aroused in the production and so on.

**Key words:** servo system, PLC, touch screen, pinpoint

伺服控制系统是用以精确地跟随或复现某个过程的反馈控制系统. 在数控技术高速发展的大背景下, 伺服系统经历模拟到数字化的转变, 现代交流伺服系统的数字控制环已被广泛使用. 与此同时, 随着工业技术的不断成熟, 全世界在微电子和电路集成等技术方面有了飞速的发展, 受此影响, 微机控制成为交流伺服系统控制方式的主要发展方向, 软件伺服将逐渐取代硬件伺服, 未来伺服控制朝着智能化伺服方向发展成为必然<sup>[1]</sup>.

本文阐述的控制系统源于江苏某集团公司根据市场需求开发的轴承压入机项目, 可实现丝杆的精确定位和位置显示. 该控制系统由触摸屏、可编程控制器、伺服驱动器、伺服电机以及 AD/DA 转换模块等组成, 触摸屏作为上位机设定系统参数, 并对 PLC 进行操控和系统监视, PLC 发出高速脉冲控制伺服驱动器, 驱动伺服电机带动丝杆运行, 同时与伺服电机同轴相连的光电编码器将电机角位移转换成脉冲值(A、B、Z 信号)反馈给 PLC 形成闭环完成精确定位<sup>[2]</sup>. 系统具有手动控制和自动控制两种控制方式, 定位控制精度达 1  $\mu\text{m}$ , 其设计框图如图 1 所示.

## 1 系统硬件设计

### 1.1 PLC 伺服控制系统主要部件选型

根据控制系统参数要求, 综合考虑经济、便捷等因素, 选择系统各部分元器件. 选用台达 DVP-40EH

收稿日期: 2014-02-24.

通讯联系人: 鞠勇, 高级实验师, 硕士生导师, 研究方向: PLC 控制系统的研发. E-mail: juyong@njnu.edu.cn

系列 PLC (能够产生高频脉冲并满足至少 20 个输入点、10 个输出点的要求). 根据 PLC 型号选择 DVP06XA 模数转换模块(可接受外部 4 点电压或电流模拟信号的输入,并将其转换成 12 位数字信号). 伺服电机的选择需要考虑参数是否符合条件,通过计算选择台达 ECMA-C20807RS 伺服电机,相应地选择台达 ASDA-B2 伺服驱动器. 人机操作界面选用台达 DOP-A10CSTD 系列触摸屏.

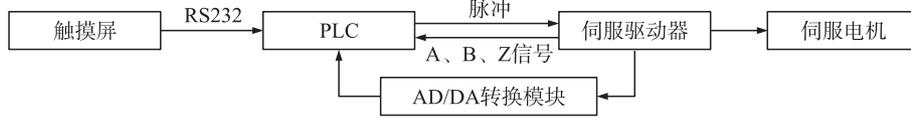


图 1 系统设计框图

Fig.1 System configuration block diagram

### 1.2 整体硬件电路设计

在系统选型的基础上完成整个系统的电路设计,系统硬件机构图如图 2 所示. 触摸屏通过 RS232 口与 PLC 编程口连接进行数据通信. 交流伺服驱动器受 PLC 发出的脉冲信号(Y0)和脉冲方向信号(Y1)驱动,同时伺服电机末端的光电编码器将丝杠的角位移和电机转速以脉冲的形式反馈至 ASDA-B2 的 CN2 口,在 ASDA-B2 中完成位置控制和速度控制<sup>[3]</sup>. 控制系统外围设备的开关量信号按设计顺序依次连接到 PLC 的 I/O 点上. 伺服驱动器 CN1 口中的 LSF、LSR 脚分别与正转行程极限信号(Y11)、反转行程极限信号(Y10)连接,用开关电源为极限开关提供 5 V 的电源;CN2 口专用于连接光电编码器,将编码器旋转产生的 A、B、Z 信号通过差分电路、光耦电路后反馈给 PLC,通过对脉冲个数计数完成伺服驱动单元的闭环位置控制,用开关电源为其提供两个不共地的 5 V 电源;CN5 与 AD/DA 转换模块 DVP-O6XA 相联,用开关电源为扩展模块提供 24 V 的电源<sup>[4]</sup>.

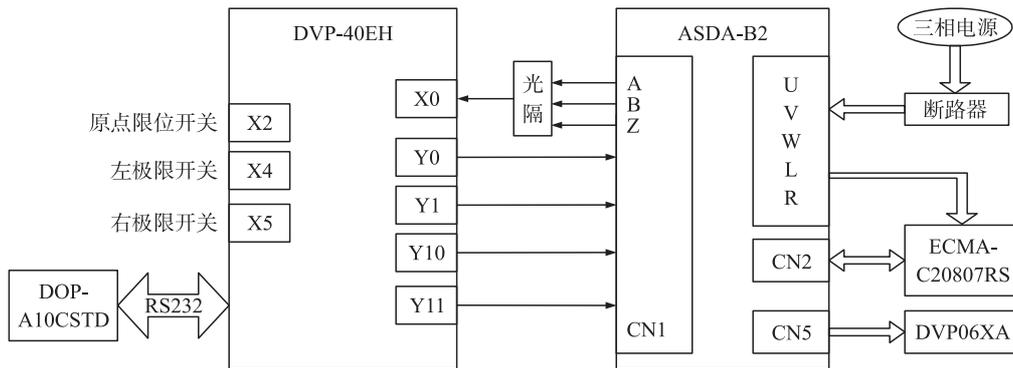


图 2 系统硬件机构图

Fig.2 System hardware institutions

### 1.3 差分信号电路设计

本文所研究精确定位系统为闭环控制,其原理是通过与伺服电机同轴相连的光电编码器将电机角位移转换成脉冲值(A、B、Z 信号)反馈给 PLC,PLC 内部的高速计数器统计收到脉冲数并与所发脉冲数相比较,从而控制丝杠的左、右移动.

伺服系统输出的 A、B、Z 为差分信号,需通过差分信号处理电路将双端输入转换成单端输出. 以 A 信号的处理电路为例,设计差分信号双端输入单端输出电路如图 3 所示,采用 MAX485 芯片. 将 +A 与 -A 信号分别接入 MAX485 的接收端,当 +A 的电平高于 -A 时,输出数据为 1;当 +A 的电平低于 -A 时,输出数据为 0. 在实现双端输入单端输出的同时将 RS-485 电平转换为 TTL 电平.

### 1.4 光耦隔离电路设计

光耦隔离电路主要用于隔离两部分电路使之没有电的直接连接. 通过差分电路后的 A、B、Z 信号还需经过光耦隔离电路以避免波形干扰,最后将信号送至 PLC,PLC 高速计数器通过记录 A、B、Z 信号的上升沿和下降沿实现定位.

由于本精确定位系统对传输速度要求较高,故选用高速光耦 6N137,设计光耦隔离电路如图 4 所示. 从脚 3 输入,脚 2 接高电平,脚 6 为输出端,传输过程中不改变逻辑状态. 当  $V_{cc1}$  为 5 V 时,限流电阻  $R_f$  可选 330  $\Omega$  左右. 如果不加限流电阻或者限流电阻阻值很小时,虽然 6N137 能够工作,但其发光二极管导通

电流较大,导致  $V_{cc1}$  受冲击较大.脚 6(集电极开路输出端)通常会连接一个上拉电阻  $R_L$ ,减小 6N137 的耗电量以及对电源的冲击,根据后级输入电路的需要选择阻值,一般可选 5.6 k $\Omega$ .

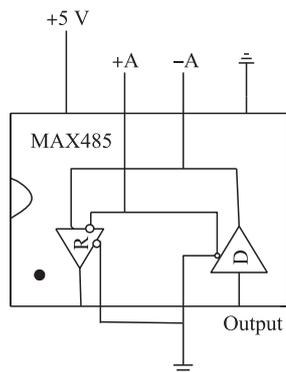


图 3 差分信号处理电路

Fig. 3 Differential signal processing circuit

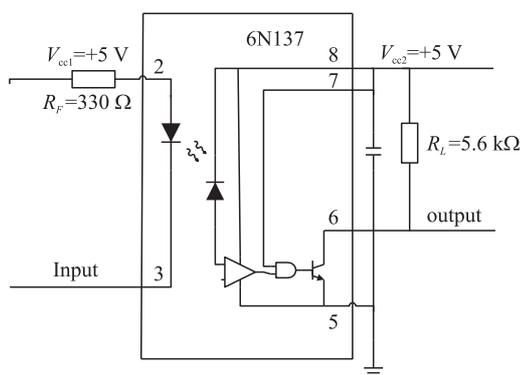


图 4 光耦隔离电路

Fig. 4 Optica isolation circuit

## 2 系统软件设计

软件设计可分为 3 个部分:伺服系统参数设置、PLC 程序设计、触摸屏画面设计。

### 2.1 伺服系统参数设置

ASDA-B2 伺服驱动器的参数定义分为 5 大群组,参数起始代码 P 后的第一字符为群组字符.参数群组定义如下:群组 0:监控参数;群组 1:基本参数;群组 2:扩充参数;群组 3:通讯参数;群组 4:诊断参数。

本课题研究的轴承压入机系统中对监控参数、基本参数中的输入输出参数、电子齿轮比等进行了设置,部分设置如表 1 所示。

### 2.2 PLC 程序设计

#### 2.2.1 限位电路程序设计

限位开关电路程序设计流程如图 5 所示.原点处限位开关输出端与 PLC 的 X2 连接,右极限处限位开关输出端与 PLC 的 X5 连接,左极限处限位开关输出端与 PLC 的 X4 连接.当丝杆运行到原点位置时,M1 断开,丝杆停止运行;当丝杆运行到左极限处时,X4 断开,伺服反转禁止,丝杆停止运行;当丝杆运行到右极限时,X5 断开,伺服正转禁止,丝杆同样停止运行。

#### 2.2.2 手动操作程序设计

当系统在手动模式时,采用点动运行方式挤压或者回程.其工作过程如图 6 所示.servo on 是系统运行的生效元,进入手动画面后,为保证安全防止误操作,首先要确保电机在运行状态才可以进行点动操作.同时,为确保动作的精确性,在确认完是否 servo on 后需进行回原点操作,回原点按钮是所有点动操作按钮的生效元.接着可以通过选择高低速按钮来确认点动的速度从而进行手动操作。

#### 2.2.3 自动操作的程序设计

当系统处于自动操作模式时,其工作流程如图 7 所示.在确定 servo on 和伺服已经回原点的情况下,只要按动触摸屏自动画面中的压入按钮,系统就开始自动压入过程.在此过程中,首先要启动高速计数器 C251,将 C251 中的数字与 5 000、10 000、15 000 进行比较,在小于 5 000 时滚珠丝杆上的滑块以  $V_1$  的速度压入到  $S_1$  位置;在 5 000 到 10 000 之间滑块以  $V_2$  的速度压入到  $S_2$  位置;在 10 000 到 15 000 时,滑块以  $V_3$  速度压入至  $S_3$ ;在大于 15 000 时,滑块以  $V_4$  的速度回程,并使 C251 清零,准备下一次压入。

### 2.3 触摸屏画面设计

根据轴承压入机的动作要求,触摸屏需设计开机画面、手动操作画面、自动运行监控画面、参数设定画

表 1 控制系统部分参数表

Table 1 Control system parameters

参数	设置值	说明
P1-00	2	外部脉冲输入形式设置为脉冲+方向
P2-13	122	当 DI4 = on 时,禁止伺服电机正方向运转
P2-14	123	当 DI5 = on 时,禁止伺服电机反方向运转
P2-15	121	当 DI6 = on 时,伺服电机紧急停止
P2-20	109	当伺服完成原点回归后,DO3 = on
P1-44	16	电子齿轮比分子
P1-45	10	电子齿轮比分母

面、高级设定画面、密码鉴定画面、报警提示画面. 人机编程软件选用台达 Screen Editor1.05.86<sup>[5]</sup>.

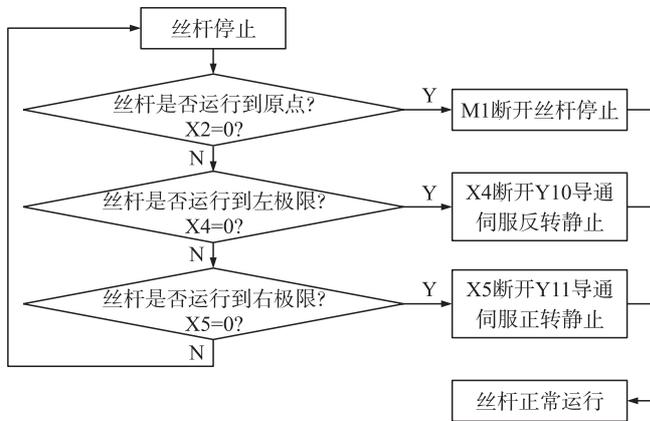


图 5 限位开关电路程序设计流程图

Fig. 5 Flow chart of PLC program in limiting displacement switch circuit

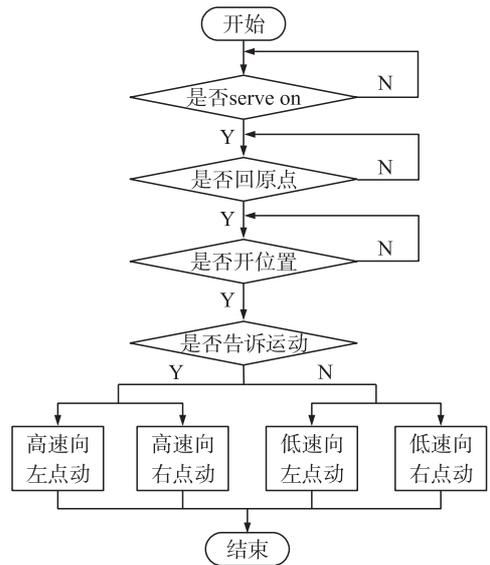


图 6 手动操作程序设计流程图

Fig. 6 Flow chart of PLC program in manual operation

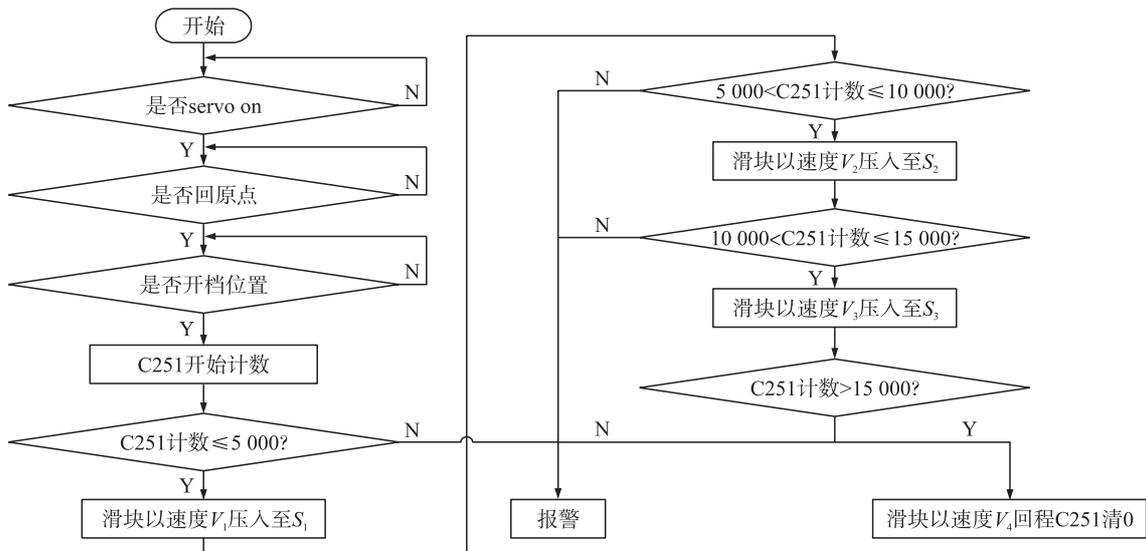


图 7 自动操作程序设计流程图

Fig. 7 Flow chart of PLC program in automatic operation

2.3.1 开机画面

触摸屏上电之后,出现开机画面显示欢迎词,如图 8 所示.

2.3.2 手动操作画面

进入手动画面后,可以进行伺服回原点和利用手动实现电机的点动模式,如图 9 所示. 运转准备按钮用于启动伺服电机,表示可以对伺服电机进行操作,其余按钮均当且仅当按下该按钮时有效. 左行、右行两功能键用于更换夹具时手动调节伺服电机,从而确定轴承的尺寸. 按下低速按钮时,左行和右行的速度变慢.

2.3.3 参数设定画面

当需要对压入力大小及两轴承间距离大小等进行判定设定时,可以进入参数设定画面,如图 10 所示. 设定按钮是所有设定的总开关,只有按下此按钮,当其显示为“可设定”时,各类参数才能设置. A 不判定按钮用于设置在自动模式下是否判定 A 尺寸的大小,需设置为“A 判定”. 力不判定按钮用于设置在自动模式下是否判定压入力的大小,需设置为“力判定”. 数值输入框中可输入压入力、A 上限等数值.

### 2.3.4 高级设定画面

在参数设定画面中按高级设定按钮可切换至高级设定画面,在该画面中可以设定电机运行中的压入速度和回程速度,如图 11 所示.前进 1 段速度用于设置在从原点到开档位置的速度;前进 2、3、4 段速度用于设置在自动模式下压轴的速度;回程速度用于设置在自动模式下压轴完成后返回到开档位置的速度.各段速度按钮下方均为数值输入框.按返回按钮可返回到参数设定画面.

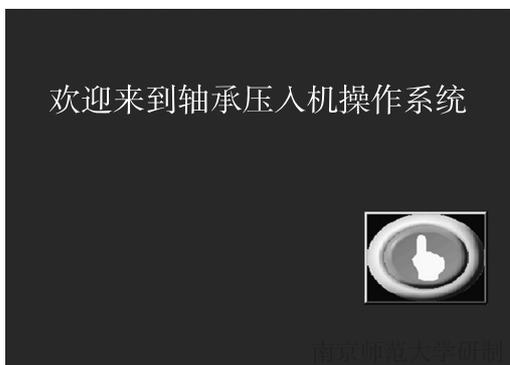


图 8 开机画面  
Fig.8 Boot screen

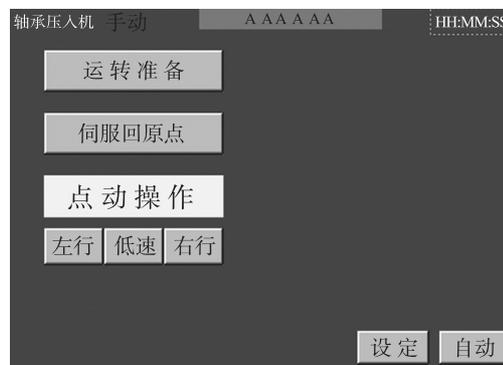


图 9 手动操作设定画面  
Fig.9 Manual operation setting screen

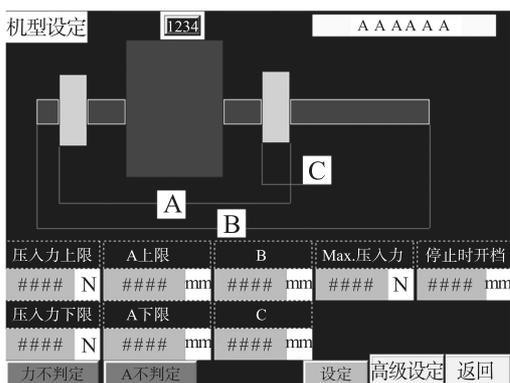


图 10 参数设定画面  
Fig.10 Parameters setting screen



图 11 高级设定画面  
Fig.11 Senior setting screen

### 2.3.5 自动运行监测画面

图 12 是系统的自动运行状态下的监控界面.画面中的压入力是通过伺服驱动器 CN5 口反馈回来的模拟信号,通过 PLC 的数模转换模块显示在触摸屏上.当压入力大小在其下方的数值范围外的時候,产品将会视为不合格,同时不良产品数会加 1;当其在设定范围内时良品数将会加 1.同理,压入速度的监控也可起到相同的效果.在生产加工过程中,系统将会自动计算产品的合格率.计数复位按钮可以清除生产数、良品数、不良品数以及不良率.手动按钮可以切换回手动界面.

### 2.3.6 报警画面

报警功能是本套系统最重要的部分之一,如图 13 所示.触摸屏上的报警分为 3 个部分,分别为历史警报表、当前警报表、警报频次表.点击清除缓冲区可以清除历史报警区中的内容,点击清除频次可以清除警报频次表中的频次个数.

## 3 系统调试

为确保该款轴承压入机能够满足生产线运行要求,需要对其进行安装与调试<sup>[6]</sup>.系统调试过程包括各模块软硬件调试及最终安装完成后的总体调试.

### 3.1 模块调试

使用 altium designer 软件对已设计好的电路进行仿真,以验证电路设计的可行性.差分信号处理电路绘制及仿真图如图 14、15 所示.



馈的精度.要处理差分信号,首先应将差分信号通过 MAX485 芯片实现单端输出,差分信号经过 MAX485 后的波形图如图 17 所示.可以看出,通过 MAX485 后的脉冲波形依然存在很多瑕疵.因此,将此单端输出信号通过 6N137 光耦隔离电路,观察示波器的波形如图 18 所示.可以看出,经过光耦隔离后的脉冲波形基本没有瑕疵,将此脉冲信号送至 PLC 高速计数器进行计数,由此实现定位功能.

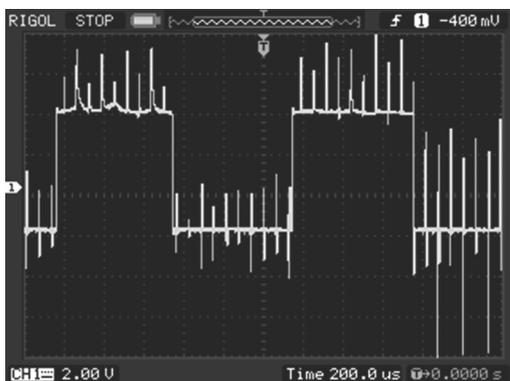


图 16 A、B 相脉冲波形图

Fig. 16 The figure of A,B phases pulse

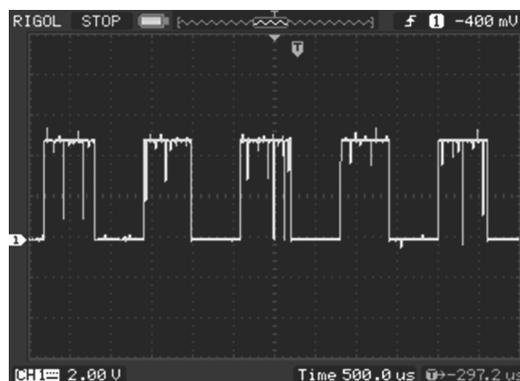


图 17 差分信号单端输出波形图

Fig. 17 The output figure of differential signal circuit

### 3.2 总体安装与调试

完成各模块的软硬件调试后,需对系统各模块进行整合、组装,并在组装完成后进行系统调试并完成试运行.安装好的基于 PLC 的轴承压入机伺服精确定位系统如图 19 所示.

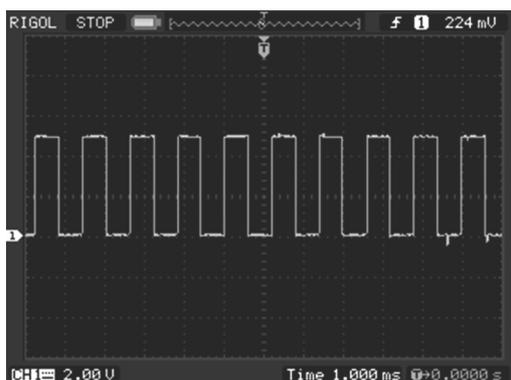


图 18 光耦隔离电路输出波形图

Fig. 18 The output figure of optical coupling isolation circuit

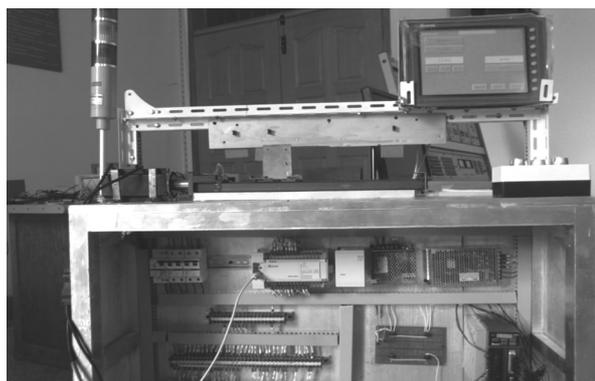


图 19 组装完成的轴承压入机

Fig. 19 The figure of bearing indentation machine

## 4 结语

本文根据轴承压入机的市场需求,针对其机械特点和工作特点,将 PLC 控制伺服运动系统应用于轴承压入控制中,研究并开发了一种新型轴承压入机.通过试运行,证明该系统完全符合压入转子轴承的工艺要求,并可实现丝杆的 4 段速度运行及丝杆精确定位和位置显示.除此之外,该轴承压入机还具有操作简单、工作噪声低、摩擦小、灵敏度高明显优点.

### [参考文献](References)

- [1] 梁峰. 浅谈伺服系统[J]. 工业技术,2012(7):66-67.  
Liang Feng. Brief talk on servo system[J]. Industrial Technology,2012(7):66-67. (in Chinese)
- [2] 李慧. 如何采用 PLC 控制伺服电机的精确定位[J]. 企业技术开发,2010,29(8):101-102.  
Li Hui. How to use PLC to control servomotor to achieve pinpoint control[J]. Enterprise's Technology Development,2010,29(8):101-102. (in Chinese)

(下转第 27 页)

- Ma Xiujun, Sun Shiming, Wu Juan, et al. Design of field powerless electronic secure code lock based on SCM[J]. Modern Electronic Technology, 2010(9):177-179. (in Chinese)
- [5] Microchip Technology Inc. PIC18F46J50 family data sheet[R]. Chandler: Microchip Technology Inc, 2011.
- [6] Catalyst Semiconductor Inc. CAT24WC256 data sheet[R]. Chandler: Catalyst Semiconductor Inc, 2004.
- [7] 姚德法, 张洪林. 串行时钟芯片 DS1302 的原理与使用[J]. 信息技术与信息化, 2006(1):92-94.  
Yao Defa, Zhang Honglin. How to use the trickle charge timekeeping chip DS1302 [J]. Information Technology and Informatization, 2006(1):92-94. (in Chinese)
- [8] 冯立营, 马永强, 霍振宇, 等. 锂电池线性充电芯片 CN3051A/CN3052A 及其应用[J]. 科技情报开发与经济, 2006, 16(20):146-147.  
Feng Liying, Ma Yongqiang, Huo Zhenyu, et al. Linear-charging chip CN3051A/CN3052A of Lithium battery and its application[J]. Sci-Tech Information Development and Economy, 2006, 16(20):146-147. (in Chinese)
- [9] Maxim Integrated Products Inc. MAX803/MAX809/MAX810 microprocessor reset circuits[R]. Sam Jose: Maxim Integrated Products Inc, 2012.
- [10] Microchip Technology Inc. PIC12F1822/LF1822/PIC16F/LF1832 data sheet [R]. Chandler: Microchip Technology Inc, 2009.
- [11] 后闲哲也. PIC 单片机 C 程序设计与实践[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2008.  
Houxian Zheye. C Programming and Practice of PIC Microcontroller [M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 2008. (in Chinese)
- [12] 张银霞. Visual Basic 程序设计[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2012.  
Zhang Yinxia. Visual Basic Programming [M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 2012. (in Chinese)

[责任编辑:严海琳]

(上接第 21 页)

- [3] 尚学彬. PLC 控制伺服精确定位的设计及应用[J]. 科技天地, 2012(12):60-61.  
Shang Xuebin. The design and application of servo pinpoint system controlled by PLC[J]. The Heaven and Earth of Science and Technology, 2012(12):60-61. (in Chinese)
- [4] Xiao Yanjun, Guan Yuming. Servo motor control system based on free communication port[J]. IEEE, 2011, 49:2-8.
- [5] 杨玉琴, 李亚宁. 触摸屏技术研究及市场进展[J]. 信息记录材料, 2012, 13(1):35-46.  
Yang Yuqin, Li Yaning. Study and market process on touch screen technology[J]. Information Record Material, 2012, 13(1):35-46. (in Chinese)
- [6] 孙靖新. 用导向压入法装配轴承[J]. 机械工程, 2011(7):52-57.  
Sun Jingxin. Use guidance indentation to assembly bearings[J]. Mechanical Engineering, 2011(7):52-57. (in Chinese)

[责任编辑:严海琳]