

# S7-200 PLC在伺服电机位置控制中的应用

## Application of S7-200 PLC in Position Control of Servo Motor

胡佳丽<sup>1</sup> 闫宝瑞<sup>1</sup> 张安震<sup>2</sup> 李庆春<sup>1</sup> 何亚东<sup>1</sup> 信春玲<sup>1</sup>

(北京化工大学机电学院<sup>1</sup>,北京 100029;宁波海天北化有限公司<sup>2</sup>,浙江 宁波 315821)

**摘要:** 为了探究如何更方便、准确地实现位置控制,确保其位置控制的精度,探讨了基于西门子 S7-200系列 PLC和 Copley系列伺服系统的位置控制方法。通过介绍系统软硬件构成及其特点,详细论述了 PLC系统通过高速脉冲输出、EM253位置控制模块以及自由口通信这三种方式控制伺服电机,以实现绝对运动、相对运动等;同时对它们进行了一系列的比较。实验证明,三种控制方式各有其不同的应用场合,对类似的工业控制具有一定的借鉴参考意义。

**关键词:** S7-200 位置控制 伺服系统 自由口通信 高速脉冲 EM253

**中图分类号:** TP271+.4

**文献标志码:** A

**Abstract:** In order to explore how to realize more convenient and more precise position control and to ensure the accuracy of position control, the position control method based on Siemens S7-200 PLC and Copley servo system is expounded. Through introducing the compositions and features of hardware and software of the system, three modes to control servo motor for absolute motion and relative motion implemented by PLC are described and compared, i.e., high speed pulse output, EM253 position control module, and freeport communication. The experiments prove that three control modes are respectively suitable for different applicable situations; the methods are valuable to be consulted in similar industrial process controls.

**Keywords:** S7-200 Position control Servo system Freeport communication High speed pulse EM253

## 0 引言

随着自动化水平的不断提高,越来越多的工业控制场合需要精确的位置控制。因此,如何更方便、更准确地实现位置控制是工业控制领域内的一个重要问题。位置控制的精确性主要取决于伺服驱动器和运动控制器的精度。高端的运动控制模块可以对伺服系统进行非常复杂的运动控制。但在有些需要位置控制的场合,其对位置精度的要求比较高,但运动的复杂程度不是很高,这就没有必要选择那些昂贵的高端运动控制系统。

S7-200系列 PLC是一种体积小、编程简单、控制方便的可编程控制器,它提供了多种位置控制方式可供用户选择,因此,如何利用该系列 PLC实现对伺服电机运动位置较为精准的控制是本文的研究重点。

## 1 基本控制系统

伺服系统分为液压伺服系统、电气-液压伺服系统以及电气伺服系统<sup>[1]</sup>。本文主要讨论了电气伺服系统中的交流伺服系统,其基本组成为交流伺服电机、编

码器和伺服驱动器。交流伺服系统的工作原理是伺服驱动器发送运动命令,驱动伺服电机运动,并接收来自编码器的反馈信号,然后重新计算伺服电机运动目标位置,从而达到精确控制伺服电机运动。

本伺服系统中选用 Exlar公司生产的 GSX50-0601型伺服直线电动缸。该电动缸由普通伺服电机和一个行星滚珠丝杠组成,用来实现将旋转运动转变为直线运动。此外,选用 Xenus公司生产的 Xenus<sup>TM</sup>型伺服驱动器。它可以利用 RS-232 串口通信方式和外部脉冲方式实现位置控制。

一般来说,一个伺服系统运转需要配置一个上位机,所以本系统采用西门子 S7-200 PLC作为上位机控制器。通过高速脉冲输出、EM253位置控制模块、自由口通信三种方式控制伺服电机运动。

## 2 高速脉冲输出模式

西门子 CPU224XP配置两个内置脉冲发生器,它有脉冲串输出(PTO)和脉冲宽度调制输出两种脉冲发生模式可供选择。这两个脉冲发生器的最大脉冲输出频率为 100 kHz。在脉冲串输出方式中,PLC可生成一个 50%占空比脉冲串,用于步进电机或伺服电机的速度和位置的控制<sup>[2-3]</sup>。

修改稿收到日期:2009-05-04。

第一作者胡佳丽,女,1984年生,现为北京化工大学机电工程学院机械电子专业在读硕士研究生;主要从事自动化控制系统的研究工作。

## 2.1 硬件构成

图1为高速脉冲输出方式的位置控制原理图。控制过程中,将伺服驱动器工作定义在脉冲+方向模式下, $Q_{0.0}$ 发送脉冲信号,控制电机的转速和目标位置; $Q_{0.1}$ 发送方向信号,控制电机的运动方向。伺服电动缸上带有左限位开关LM-、右限位开关LM+以及参考点位置开关REF。三个限位信号分别连接到CPU224XP的 $I_{0.0} \sim I_{0.2}$ 三个端子上,可通过软件编程,实现限位和找寻参考点。

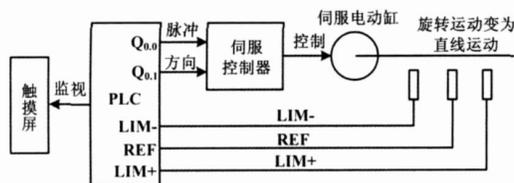


图1 位置控制原理图

Fig 1 Schematic diagram of position control

## 2.2 程序设计

高速脉冲串输出(PTO)可以通过Step 7-Micro/WIN的位置控制向导进行组态,也可通过软件编程实现控制<sup>[2]</sup>。PTO输出方式没有专门的位置控制指令,只有一条脉冲串输出指令,而且在脉冲发送过程中不能停止,也不能修改参数。为解决以上问题,可以设置脉冲计数值等于10(或更小),并能使脉冲发送指令PLS处于激活状态。这样,就可以在任一脉冲串发送完之后修改脉冲周期。

图2为高速脉冲输出方式位置控制流程图。控制思路为:通过PTO模式输出,可以控制脉冲的周期和个数;通过启用高速计数器HSC,对输出脉冲进行实时计数和定位控制,以控制伺服电机的运动过程。

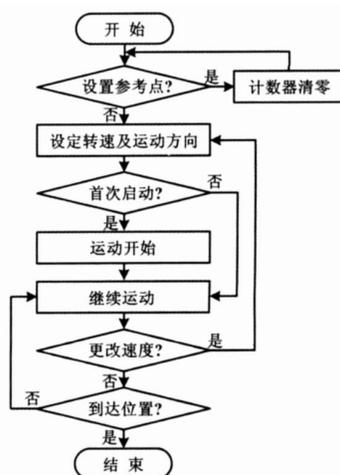


图2 位置控制流程图

Fig 2 Flowchart of position control

## 3 EM253位置控制模块

EM253位置控制模块是西门子S7-200的特殊功能位置控制模块,它能够产生脉冲串用于步进电机与伺服电机的速度和位置的开环控制<sup>[4]</sup>。

### 3.1 硬件构成

如图3所示为EM253位置控制原理图,定义伺服驱动器工作在脉冲+方向模式下。 $P_0$ 口发送脉冲, $P_1$ 口发送方向,DIS端硬件使能放大器,并同时清除放大器错误,LM-、LM+、REF分别为电机左限位、右限位以及参考点。

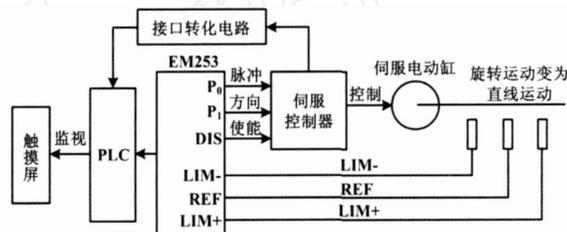


图3 EM253位置控制原理图

Fig 3 Principle diagram of EM253 position control

### 3.2 程序设计

EM253位置控制模块可以通过Step 7-Micro/WIN进行向导配置,配置完成后系统将自动生成子程序,编程简单、可轻松实现手动、自动、轨迹运行模式<sup>[4]</sup>。由于EM253属于开环控制,不能很好地反馈电机实际运动情况。因此,利用伺服驱动器本身的差分输出信号,通过伺服驱动器软件设置,反馈给PLC,实现闭环位置控制。但由于直线伺服电动缸与PLC可允许发送接收信号存在一定差别<sup>[5]</sup>,因此,需要对输入到PLC的信号进行电平的转化以及降低伺服驱动器发送的反馈脉冲频率。PLC对输入脉冲进行累加,从而得到电机的实际运转位置与运转速度,其脉冲计数程序如下。

#### 计数器初始化程序

```
LD      SM0.1          首次扫描时
MOVB   16#FC, SMB47
        SMB47 = 16#F4, SMB47为高速计数器1的控制字节
HDEF   1, 9
        将HSC1配置为正交模式
MOVD   0, SMD48
        设置HSC1的新初始值为0
MOVD   20000, SMD52
        设置HSC1的新预设值为20000
HSC    1                激活高速计数器1
```

#### 脉冲计数程序

```
LD      SM0.0
```

```

MOVD   HC1, VD600
      将高速计数器 1所记数值存储在 VD600中
DTR    VD600, VD610
      VD600中的整数转化为实数,存入 VD6100
/ R    5000, VD610
      VD610除以 5000存入 VD610,
      5000为电机旋转一周编码器发送脉冲数
* R    2 54, VD610
      VD610乘以 2 54存入 VD610,
      2 54为电机旋转一周移动的距离
    
```

#### 4 RS-232串口通信方式

##### 4.1 硬件构成

西门子 CPU224XP支持无协议通信,即用户仅需要对数据格式、传输速率、起始/停止码等进行简单设定,PLC与外部设备间就可进行直接数据发送与接收的一种通信方式<sup>[4,6]</sup>。伺服系统和 PLC分别作为系统的主从站。PLC控制器通过该通信功能可实现对伺服驱动器进行运行控制、参数读取、伺服驱动器当前运动状态的读取等操作。

当 S7-200系列 PLC工作在自由口通信模式下时,一般通过 CPU 模块的集成接口进行通信。CPU 集成接口采用了 PPI硬件规范,其接口为 RS-485 串口,因此,当 S7-200系列 PLC的 CPU与带有 RS-232标准接口的计算机或伺服驱动器连接时,需要配套选用 S7-200 PLC的 PC/PPi转换电缆或一个 RS-232/RS-485转换器<sup>[7]</sup>。

##### 4.2 PLC与伺服系统通信

###### 4.2.1 报文构成

S7-200 PLC在无协议通信方式工作时,不需要任何通信协议,通信参数需要根据与其进行通信的伺服驱动器的通信格式进行设定。本伺服系统选用的 Xenus伺服驱动器可通过 RS-232与 PLC利用 ASCII码进行通信,其 ASCII码消息命令格式如下:

<命令代码> <命令具体参数> <CR>

其中:<命令代码>为一个单字母代码;<命令具体参数>表示电机所要执行的任务;<CR>为一个回车返回字符,表示命令结束。如: s r0x24 21 <CR>表示设置伺服控制器工作在可编程控制模式。

###### 4.2.2 程序设计

程序设计时,将伺服驱动器工作定义在可编程位置模式。该模式支持实时更改伺服电机的运动速度、位置,通过 RS-232接收来自 PLC的 ASCII码命令,执行运动。部分程序如下:

```

      初始化程序
LD     SM0.1          首次扫描
MOVB   9, SMB30
    
```

```

      设置自由端口 0
      通信方式 SMB30 = 9, 8位数据位、9600、PPI
MOVB   188, SMB87
      设置自由端口 0接收信息控制 SMB87 = 188
MOVB   13, SMB89
      设置自由端口 0
      结束字符 SMB89 = 13,即结束字符 = <CR >
MOVW   0, SMW90
      设置自由端口 0
      空闲超时 SMB90 = 0,信息接收始终处于有效
MOVW   200, SMW92
      设置自由端口 0信息超时 SMB92 = 200 ms
MOVB   255, SMB94
      设置自由端口 0接收字符最大数 SMB94 = 255
ATCH   NT_0, 9
      发送完成触发中断事件 0
ENI
      允许中断
      发送信息程序
LDN    VD3501.1
      VD3501.1为接收延迟,
      自由端口 0没有处于接收延迟时
A      SM4.5
      自由端口 0处于空闲状态, SM4.5 = 1
AB =   VB18, 7
      命令字节 VB18 = 7,即要求设置运动目标位置
SCPY   " s r0xca ", VB3100
      " s r0xca 复制到 VB3100,
      " s r0xca 为设置运动目标位置命令
SCAT   VB3600, VB3100
      VB3600内的目标位置值连接到设置目标位置命令后
SCAT   VB3190, VB3100
      VB3190内的结束字节连接到 VB3100后;
XMT    VB3100, 0
      通过自由端口 0发送命令至伺服驱动器
      发送完成中断程序 (接收信息)
LD     SM0.0          SM0.0总是为 1
S      SM87.7, 1
      置 SM87.7 = 1, SM87.7为允许接收信息位
RCV    VB3200, 0
      通过自由端口 0接收信息至 VB3200
    
```

#### 5 三种控制方式的分析比较

上文分别从硬件结构与软件编程等方面,详细介绍了三种伺服电机位置控制方式。为了更好地理解这三种方式的差异,我们从软件与控制结果的角度作如下分析比较。

##### 软件编程

脉冲串输出方式可以轻松实现一些简单的位置与速度控制,具有硬件要求简单、可取代 EM253并节省系

软硬件配置等功能。但在编写较为复杂的运动程序时(如绝对运动需要确定电机运动的原点位置),由于步骤繁琐,故不能采用该方法加以实现。

#### 控制精度

高速脉冲输出方式和 EM253 位置控制方式均属于开环位置控制,它们只负责发送脉冲,但当伺服电机或伺服驱动器出现故障时,PLC 或 EM253 都没得到相应的反馈信息,仍然在不断向外发送脉冲;而采用通信控制方式则是在每次发送命令结束时,伺服驱动器均会对发送的命令做出应答。

#### 位置控制结果

伺服电机的速度等于 PLC 或 EM253 的输出脉冲频率/电机每转一圈发送的脉冲数,或直接通过 RS-232 串口发送 ASCII 码控制。由于 S7-200 系列 PLC (除 CPU224XP) 高速脉冲输出口的最高频率为 20 kHz, EM253 的最高输出频率为 200 kHz, RS-232 串口通信控制方式则是发送 ASCII 码设定运动速度。因此,对于要求高速运动,或高控制精度的伺服驱动器系统,RS-232 串口通信控制方式最优,而高速脉冲输出方式则不能满足要求。

采用高速脉冲输出控制和 EM253 位置控制方式时,伺服驱动器工作在脉冲+方向模式下,而处于通信控制方式时,伺服驱动器工作在可编程位置控制模式下。高速脉冲输出方式不能根据实际状况实时更改伺服电机运动速度与目标位置,EM253 位置控制方式只能在手动模式下实时更改速度,采用通信控制方式时,当伺服驱动器设置电机在可编程位置控制模式下运动时,可通过 RS-232 串口发送 ASCII 码命令,实时更改速度和目标位置。

## 6 结束语

高速脉冲输出方式主要应用于对速度及位置控制

精度要求均不高的简单位置控制中,从而节省硬件资源。EM253 位置控制方式编程简单,它支持高速脉冲输出、支持线性的加减速功能、提供可组态的测量系统,可以使用工程单位如毫米,支持绝对、相对和手动的位控方式,提供连续操作。RS-232 串口通信方式在三种位置控制方式中最具优势,它支持闭环控制,可实时调节速度、位置等;但由于伺服驱动器型号的不同,所以并不是所有的伺服驱动器都支持串口通信方式。

在实际应用中,将 EM253 位置控制方式应用于注塑机注气系统中,经过反复实验,可实现手动控制、半自动控制、全自动控制等三种控制方式,编程简单。触摸屏操作界面简洁、操作灵活、工作可靠稳定。

经过详细介绍与分析比较,三种位置控制方式各有优缺点,各有其自身所适合的应用场合,这为今后类似的位置控制提供了一定的参考价值。

#### 参考文献

- [1] 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: 15.
- [2] 蔡行健. 深入浅出西门子 S7-200 PLC [M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2005: 138 - 146.
- [3] 王翔. S7-200 PLC在数字伺服电机控制中的应用 [J]. 自动化技术与应用,2006,25(6): 29 - 31.
- [4] 龚仲华. S7-200/300/400 PLC应用技术——提高篇 [M]. 北京:人民邮电出版社,2008: 43 - 75.
- [5] 黄修力,李军,陆泉森. 一种直线伺服电机与 PLC接口转换电路设计 [J]. 仪表技术与传感器,2008(9): 32 - 34.
- [6] 王三秀,蒋胜韬. S7-200系列 PLC与 PC间基于自由口通信的实现 [J]. 科学技术与工程,2008,8(23): 6537 - 6539.
- [7] 廖常初. PLC编程及应用 [M]. 北京:机械工业出版社,2006: 125 - 147.

(上接第 37 页)

控制的效率,同时也给用户带来了方便。试验结果证明,该系统运行稳定,且数据实时性强,现场画面清晰。该技术方案在充分利用工厂原有设备的基础上,为设计基于工业以太网的智能低压电器控制器及构建网络测控系统提供了良好的示范作用。

#### 参考文献

- [1] 陈维刚,费敏锐,边宁宁. 一种工业以太网与现场总线协议转换器的研制 [J]. 仪器仪表学报,2005,26(5): 497 - 501.
- [2] 陈维刚,费敏锐. 工业控制系统的网络化发展 [J]. 工业仪表与自动化装置,2004(1): 10 - 13.
- [3] 焦海波,刘健康. 嵌入式网络系统设计 [M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2008.

- [4] 张代芹,黄慎之,王海宽. 低压电器工业以太网通信模块设计 [J]. 低压电器,2009(1): 32 - 34.
- [5] 崔森,郑雪峰. Modbus与 TCP/IP协议转换器的设计 [J]. 电子技术应用,2006,32(5): 141 - 143.
- [6] Modbus-DA. Modbus application protocol specification V1.1b [EB/OL]. [2006 - 12 - 28]. <http://www.Modbus-DA.org/docs/Modbus-Application-Protocol-v1.1b.pdf>
- [7] Modbus-DA. Modbus messaging on TCP/IP implementation guide V1.0b [EB/OL]. [2006 - 10 - 24]. <http://www.Modbus-DA.org>
- [8] Li Hongyan Web-based remote monitoring and control for process plants [C]. Proceedings of 2005 International Conference on Machine Learning and Cybernetics, 2005: 936 - 941.