

doi: 10.7690/bgzdh.2017.07.026

## S7-300PLC 自动卧式螺旋装药机控制系统

李健白, 母佳庆, 孙 阳, 杨 浩, 张云贺, 洪 瑞  
(长春设备工艺研究所装药与装备技术研究室, 长春 130012)

**摘要:** 针对国内某型手动操作方式的卧式螺旋装药机存在生产现场人员众多、安全隐患大、劳动强度高的问题。设计自动卧式螺旋装药机控制系统, 以西门子工业控制器 S7-300PLC 为控制核心, 结合本质安全隔离栅等硬件模块和自动控制程序设计, 通过 S7-300PLC 自动卧式螺旋装药机的控制原理进行硬、软件设计, 实现卧式螺旋装药机自动化生产。该系统对提高卧式螺旋装药机生产效率, 满足生产环境安全要求具有实际意义。

**关键词:** S7-300PLC; 自动控制; 螺旋装药; 防爆

**中图分类号:** TJ410.5<sup>+</sup>2 **文献标志码:** A

## S7-300PLC Automatic Horizontal Spiral Charging Machine Control System

Li Jianbai, Mu Jiaqing, Sun Yang, Yang Hao, Zhang Yunhe, Hong Rui

(Explosives Charge Research Office, Research Institute of Changchun Equipment & Technology, Changchun 130012, China)

**Abstract:** Based on a certain type of Chinese manual operating mode of horizontal spiral charging machine, in order to solve these problems of the existence of a large number of production field personnel, large security hidden danger, and high labor intensity, the control system of the automatic horizontal spiral charging machine is set up. The industrial controller using Siemens S7-300 PLC as the control core, combined with the essential safety isolation gate and other hardware module and the design of the automatic control process. By the control principle, hardware and software design of S7-300PLC automatic horizontal spiral charging machine, realize automatic production of horizontal spiral charging machine. It has realistic significance for improving efficiency and satisfying producing environment safety.

**Keywords:** S7-300 PLC; automatic control; spiral charging; explosion-proof

### 0 引言

国内某型卧式螺旋装药机用于年产量很大的炮弹装药生产。目前, 该型卧式螺旋装药机只能使用人工进行空体的运输、空体定位、关闭防爆窗、螺旋装药和取走已完成品等操作, 造成生产现场操作人员数量多, 工人劳动强度大, 生产现场的炸药粉尘浓度高等问题, 存在安全隐患。

为了确保解决以上问题, 笔者采用西门子工业控制器 S7-300PLC 为控制核心, 结合本质安全隔离等硬件模块和控制程序的设计搭建自动控制系统, 以实现卧式螺旋装药机的自动化控制。

### 1 自动卧式螺旋装药机组成及工艺流程

#### 1.1 自动卧式螺旋装药机组成

卧式螺旋装药机是集机械、电气、气动、液压、数字控制、自动控制于一体的高科技自动化卧式螺旋装药设备, 以保证系列产品技术要求(满足产品的工艺参数和生产的安全性)为目标, 实现卧式螺旋装药过程的安全化、自动化。

整套设备由进出弹体输送装置、空弹体机械手、

装药弹机械手、卧式螺旋装药主机、电气控制柜、液压站和冷却机组成, 可实现多型弹体的安全化、自动化螺旋装药。整套设备的设计及配件选用均符合相关安全标准和行业标准。

控制系统采用德国西门子 S7-300 系列 PLC, 完成整套设备的过程控制及管理, 全部由计算机自动控制, 专有非标设备独立完成工艺流程<sup>[1]</sup>。每道工序动作由气缸、液压缸和防爆电机等自动实现, 设备安全、简单、可靠, 确保整套设备可靠运行。

#### 1.2 自动卧式螺旋装药机工艺流程

自动卧式螺旋装药机流程如图 1。

#### 1.3 自动卧式螺旋装药机特点

1) 可靠性: 设计中按照国家有关标准和质量控制规范, 汲取国内外先进自动化技术, 运用优质的先进技术和国内外高科技器件, 确保生产线稳定运行可靠。如: 自动控制系统采用先进的工业可编程控制器(CPU315-2DP), 实现全系统自动控制。元器件采用 SIEMENS、TURCK、施耐德等著名公司产品, 对应传感器全部性能可靠的进口器件。

收稿日期: 2017-03-08; 修回日期: 2017-04-28

作者简介: 李健白(1983—), 男, 吉林人, 硕士, 工程师, 从事自动化控制技术研究。

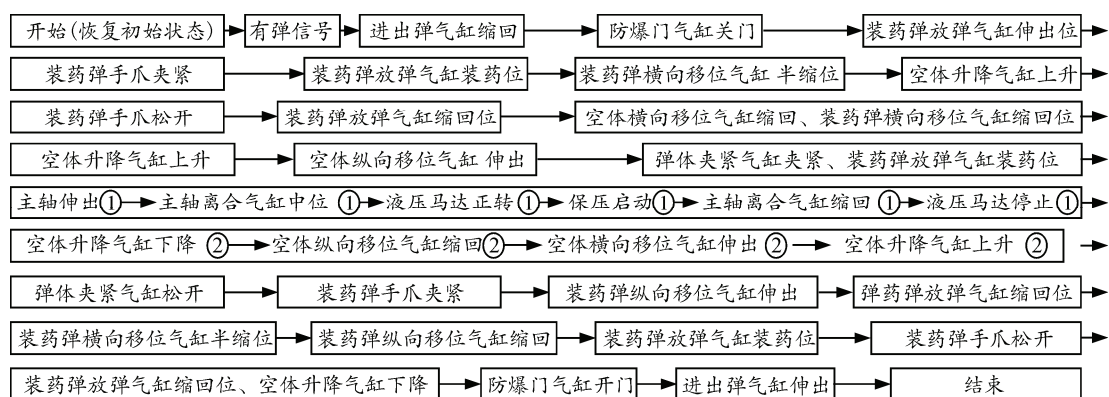


图 1 实弹运行工艺流程

2) 安全性：安全设计中，采取多种措施保证生产安全。本质安全控制方案：生产线现场电气设备均采用防爆型设备，防爆等级达到 d II BT4，生产线现场各输入信号由安全隔离栅输入到控制器，构成本质安全控制回路；泄放静电措施：整机及各部件进行导电连接，使设备各系统、各部件(零件)与接地系统统一可靠连接，无孤立导体，静电逐渐泄放；过程控制安全互锁措施：控制程序内集成了各输入、输出信号的互锁，使生产线能有效防止误动作发生，

工序动作确保可靠无误，排除整体安全隐患<sup>[2]</sup>。

## 2 自动控制系统硬件设计

### 2.1 自动控制系统硬件组成原理

控制系统硬件组成如图 2 所示。

自动卧式螺旋装药机电气自动控制系统主要由 PLC、人机操作界面、安全隔离栅、空气保护开关、24 V 电源、中间继电器、接触器、仪表、电磁阀及端子、电缆、按钮等组成自动控制系统。

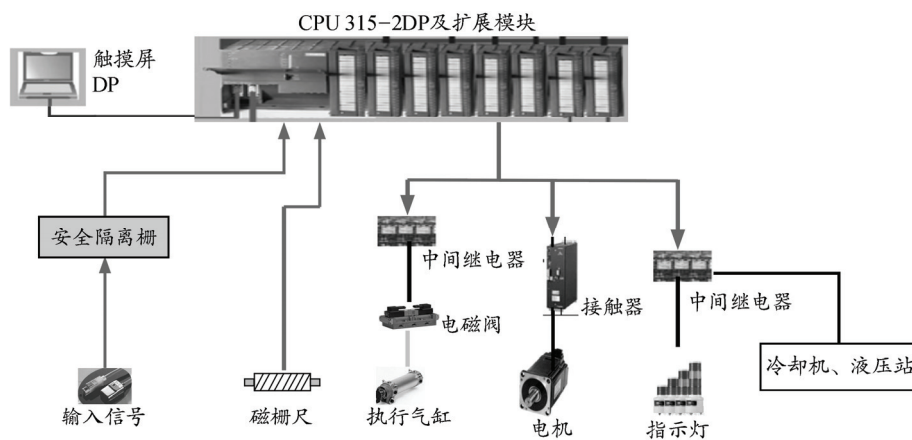


图 2 控制系统硬件组成原理

### 2.2 PLC

西门子 S7-300 系列标准型 CPU315-2DP 具有可靠性好、抗干扰能力高、运算能力强、有联网功能和免维护等优点。由于数据计算量与输入元件的数量成正比，所以笔者需要对输入开关的通断数据，通过执行控制程序计算，得出相应的控制动作，输出到执行元件进行精确控制。为实现这种精确控制，保证各工位执行机构的快速响应，就需要所使用的 PLC 能进行数据的存储及数据的高速运算<sup>[3-4]</sup>。

### 2.3 人机界面

笔者采用西门子 MP-277 触摸屏人机交互界面，与 PLC 通信运用 DP 网络连接，其抗干扰能力相比 RS232、RS485 等通信方式具有一定优势。数据交换速度最快可达到 100 Mbit/s。其设备性能稳定，界面智能，操作简易易懂，具有现场监控、故障报警等功能，实用性较高。

### 2.4 隔离栅

IM 系列安全栅是图尔克公司研发的新生代，具

有功能多、一体化特性，范围从隔离开关到继电器耦合器。该系列产品采用统一的导轨安装，实用性较强，其深为 110 mm，宽为 18 mm 或 27 mm，使用专用可插拔接线端子，通用电源供电，极大方便使用者统一安装。笔者采用图尔克 IM 系列安全栅，在简化过程控制设计的同时，设备也适合爆炸危险区进行安装，变送器供电的同时将电流信号转换。HART-R 协议设备进行双向通信。

### 3 程序设计及流程

#### 3.1 程序设计

本控制系统实现的功能主要有伸出、缩回、伸出中位、缩回中位等动作，并且使这些动作按照工艺流程的顺序依次执行，以此来实现各设备元件抓弹、放弹、弹药移位和装药等工艺动作。为确保本系统的精确性，各设备元件通过防爆接近开关和防爆磁性开关检测工艺动作执行的情况，笔者对整套设备的自动装药过程进行闭环控制<sup>[5]</sup>。

首先使用人机界面输入生产参数并传入 PLC 存储器，运行程序进行运算通过 PLC 数字量输入通道进行现场各开关数字信号采集，通过已编写程序输出相应数字信号、数字量传输方式，输出运行自动控制系统执行所对应功能。

此程序组成由 SIMATIC STEP 7 v5.3 和 WinCC flexible2008 完成。主要控制重点在于：

- 1) 对设备执行元件中，带中位功能的气缸由 2 个首尾联结的气缸共同组成，3 种控制动作如下：
  - ① 当后部气缸不动作时，前部气缸的伸出或缩回会使整个气缸的缸杆伸出或缩回最大位置；
  - ② 当后部气缸伸出时，前部气缸的伸出会使整个气缸的缸杆伸出到最大位置，而前部气缸的缩回会使整个气缸的缸杆只缩回到中间位置；
  - ③ 当整个气缸的缸杆在中间位置时，控制后部气缸缩回，整个气缸的缸杆才能缩回到最大位置。

难点在于，虽然前部气缸和后部气缸各有 2 个防爆磁性开关，检测前部气缸和后部气缸的伸出或缩回到位的位置；但是当整个气缸的缸杆在中间位置时，气缸内部的磁环并不处于上述 4 个开关的位置上，也就是说此时通过防爆磁性开关检测不到整个气缸的运行状态。在自动控制系统的程序设计过程中，要通过程序内计时器的运用来控制带中位气缸的动作。以装药弹机械手为例设计，程序如图 3 一图 4 所示(装药弹放弹气缸为前部气缸，加气缸为后部气缸)。

2) 在自动控制系统的运行过程中，自行判断各设备执行元件的位置，防止设备运行的过程产生执行元件的干涉，损坏设备，形成安全隐患。

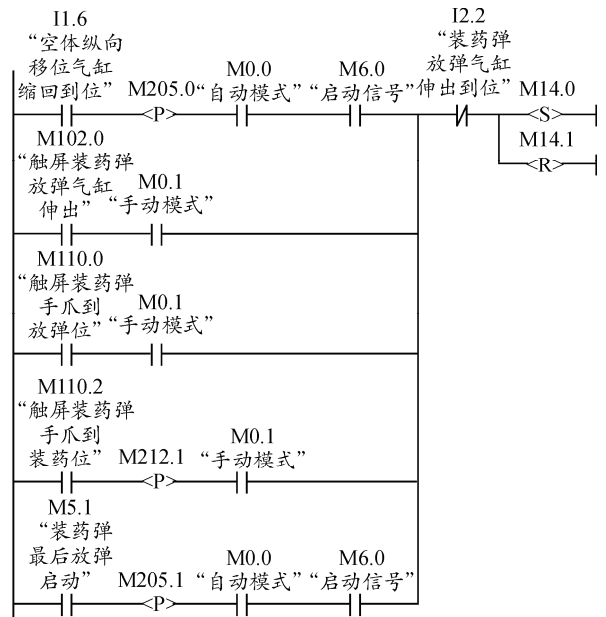


图 3 装药弹机械手程序-1

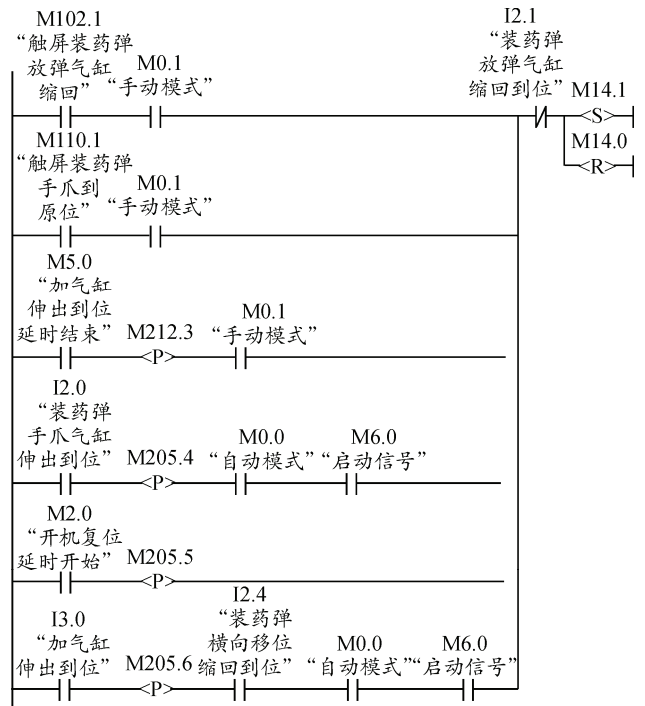


图 4 装药弹机械手程序-2

#### 3.2 人机界面

系统人机操作界面由 4 个界面组成：自动操作界面如图 5、自动参数界面如图 6、手动界面如图 7 和图 8。操作方式选择，进行手动/自动操作模式的切换；自动操作界面，进行自动控制模式下启动、

停止、空弹实弹运行选择等功能；自动参数界面，操作主要包括了生产参数的输入，系统显示各执行元件运行状态；手动界面，主要功能为单步调整或程序由于突然断电等意外因素停止时需要手动复位。各界面间可以随意切换，并具有急停和暂停功能，用于调试及故障处理。

人机操作界面使用 DP 网络通信协议进行 PLC 通信，控制系统将控制数据存入，随时对自动卧式螺旋装药机进行在线调试、试制等一系列在线功能，通过操作界面对系统运行实时监控，对运行过程中出现的各种故障在线报警。



图 5 系统自动操作界面



图 6 系统自动参数界面



图 7 系统手动界面 1



图 8 系统手动界面 2

### 4 结束语

笔者全面细致讨论了基于西门子 S7-300PLC 的自动卧式螺旋装药机自动控制原理、系统内硬件组成与设计原理、系统程序原理与设计。本控制系统通过验证,运行性能稳定可靠,性能优良。自动化设备在保证产品质量的同时,确保了危险工作环境下的生产安全,减少工作人员直接参与,节约了生产劳动成本,提高了生产效率。企业通过使用自动化设备提升产品质量的同时,也为企业实现增效做出贡献。

\*\*\*\*\*

(上接第 79 页)

导向杆同样采用抗扭转设计,防止接线头的转动。接线头采用弹簧控制接线的压紧力,保证接线平稳可靠。接线从绝缘座两边的挡板现场打的穿线孔中伸出来,并在挡板上焊接防爆线缆密封接头或防爆活接头。为满足工艺要求,接线柱采用紫铜材质,并在接触圆弧面上镀银层。

#### 2.5 气动拉车装置

气动拉车装置由导轨、无杆气缸及滑座构成。导轨由槽钢焊接而成,栓接于抗爆间地面预埋钢板上。无杆气缸选用行程为 2 m 的大型气缸,固定在轨道两侧,滑座栓接在气缸的滑台上。滑座上安装一个油压缓冲器,并在滑座与运送车的推拉装置相互接触的一面栓接橡胶板,且在运送车相应位置也安装油压缓冲器,栓接橡胶板,使无杆气缸在推动运送车进出抗爆间的接触瞬间能够平稳缓和,减小冲击力。

#### 2.6 抗推力装置

抗推力装置由抗推力座和铜套构成,安装在检测弹的头部位置,在检测弹意外触发后,能够防止火箭的推力,将弹体限制在原位置。铜套与抗推力座采用过盈配合,嵌入抗推力座的定位座中。铜套内里加工成 10°的锥度,与弹体的锥度相同,能够起到很好的固定作用。

### 参考文献:

[1] 西门子(中国)有限公司,自动化与驱动集团.深入浅出西门子 S7-300 PLC[M].北京:北京航空航天大学出版社,2004:12-17.  
 [2] 沈安俊.电气自动控制[M].北京:机械工业出版社,1986:22-25.  
 [3] 廖晓钟,刘向东.自动控制系统[M].北京:北京理工大学出版社,2005:15-17.  
 [4] 王秋雨,赵国伟,孙家利,等.大口径炮弹先进制造技术标准制定[J].兵工自动化,2015,34(4):75-77.  
 [5] 陈国光.弹药制造工艺学[M].北京:北京理工大学出版社,2004:23-25.

### 2.7 控制监视系统

系统由控制部分和监视部分组成。控制系统主要完成检测装置的动作控制和电阻检测值的读取及存储。通过 HMI 可以对整个批次的产品进行阻值分析曲线显示。同时,生产数据库预留数字化工厂采集接口。防爆监视系统可实现对人员操作和检测过程的全程实时记录,并设有存储不小于 90 d 的影像存储数据区,预留远程监视的接口。监视系统还具有循环自动录像功能,便于以后查询。

### 3 结束语

火箭弹全弹电阻检测监视系统投入生产以来,工作正常,各部分连锁装置稳定可靠、各部件运动自如,无卡滞现象,检测的电阻值有效率高达 99%,不仅保证了操作人员的人身安全,也满足了生产效率的节拍要求,提高了电阻检测的工厂数字化能力。

### 参考文献:

[1] 王焯,张春成,刘女,等.火箭弹尾焰对炮尾点火触点的烧蚀与防护分析[J].兵工自动化,2015,34(1):36-39.  
 [2] 雷凌毅,张毅,魏正兵,等.某型车载炮电气检测系统[J].兵工自动化,2015,34(9):66-68.  
 [3] 吴金才,张辛,吴勇军,等.一种复杂测试系统的等效检测设备[J].兵工自动化,2015,34(11):66-69.  
 [4] 田海燕,李清.基于 ADC121C021 数模转换器的电源检测模块的设计[J].兵工自动化,2015,34(11):70-73.  
 [5] 刘春晓,胡鹏,常祖鹏.某型侦察车伺服精度的数字化检测设计[J].兵工自动化,2015,34(10):15-17.