

doi: 10.7690/bgzd.2014.07.023

基于 PLC 控制的烟花生产线控制系统

钟顺金, 朱全松, 徐亮

(中国兵器工业第五八研究所弹药自动装药研究应用中心, 四川 绵阳 621000)

摘要: 针对现有烟花生产设备落后、劳动强度大、操作人员多和安全隐患多等问题, 提出一种以 PLC 控制器技术为核心的烟花生产控制系统, 实现烟花生产设备自动化生产、降低劳动强度、减少操作人员和安全隐患。介绍该生产线的总体设计思路, 分析其组成和特点, 通过 PLC 控制系统特有的集散控制思想对复杂控制系统进行简化。应用结果表明: 基于 PLC 控制的烟花生产控制系统能实现可靠高效连续自动化生产, 大幅度地减少在线操作人员数量, 降低劳动强度, 提高安全可靠性能。

关键词: 烟花; PLC; 自动化生产线

中图分类号: TJ510.5 **文献标志码:** A

Fireworks Product Line Control System Based on PLC

Zhong Shunjin, Zhu Quansong, Xu Liang

(Research & Application Center for Ammunition Automatic Charging & Assembly,
No. 58 Research Institute of China Ordnance Industries, Mianyang 621000, China)

Abstract: To solve the problems of backward fireworks production equipment, high labor intensity, lots of operators and hidden danger, put forward a fireworks production control which takes PLC controller technology as the core, realize fireworks production equipment automation production, reduce labor intensity, reduce the operators and security risks. This paper introduces the overall design of the production line, analyze structure and characteristics of PLC control system. Through the unique distribution control theory of PLC, complex control system is simplified. The application results show that fireworks production control system based on PLC control can realize reliable and efficient continuous automated production, greatly reduce the number of online operation, reduce labor intensity, improve the safety and reliability.

Keywords: fireworks; PLC; automatic product line

0 引言

目前的烟花生产控制系统由继电器控制回路构成, 且基本以单机为主。此类设备故障率高、维护强度大和工作效率低。专为工业环境设计的可编程逻辑控制器 (programmable logic controller, PLC) 具有功能齐全、使用方便、可靠性高、抗干扰能力强和维护方便等优点, 现已成为制造、冶金、自来水、地铁等行业实现工业自动化的主角^[1]。

由 PLC 控制器组成的烟花控制系统, 不但能采集现场生产数据, 反映现场设备的状态, 而且能够根据采集的信息实时地控制生产线自动运行, 实时有效地监控生产过程。烟花种类繁多, 不同种类的烟花工艺要求不同, 工艺流程也随之变化, 笔者以盆花工艺流程为例, 设计了一种基于 PLC 的烟花生产控制系统。

1 总体设计

为了满足双响炮装配生产线生产的需要以及用

户产品装配工艺要求, 笔者根据控制系统设计的一般准则和我单位长期从事烟花爆竹自动化生产线设计、制造、安装、调试、总结及再设计的经验, 在系统的设计中遵循“安全”、“可靠”、“先进”、“实用”的设计原则^[2]。

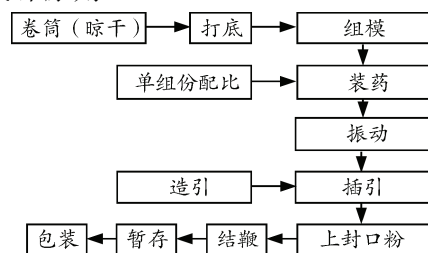


图 1 烟花生产控制系统工艺流程

即: 满足用户生产需要为最高原则, 并采用模块化、标准化原则。在设计中选择成熟先进的产品, 使系统既具有先进性, 又便于维护保养; 在充分考虑可靠性的基础上, 兼顾系统的可维护性; 考虑到设备使用环境, 重点保证安全性; 系统设计时, “保证实用性, 兼顾先进性”。笔者选用西门子公司 CPU

收稿日期: 2014-03-08; 修回日期: 2014-04-15

基金项目: 双响炮自动装药装配生产线

作者简介: 钟顺金(1983—), 男, 四川人, 大学本科, 工程师, 从事高危行业研究。

314-2PN/DP、S7-300 远程 I/O 控制站和研华工控机构成自动控制系统，辅于功能强大的 WinCC 监控软件，实现烟花生产线控制系统的各项功能和要求^[3]。烟花生产控制系统设计主要包括自动化控制系统和 WinCC 监控系统 2 部分。烟花生产控制系统工艺流程图如图 1。

2 控制系统结构

本控制系统采用 PLC 进行整个系统的逻辑控制，按照工艺要求完成烟花爆竹的自动混装药；采用研华工控机进行人机交互，实现参数设置、参数及产量显示、故障提示等功能；用防爆步进电机、粉尘防爆异步电机、气缸等作为现场执行机构；通过磁接近开关、光纤传感器来触发到位信号。中央控制室由操作台、操作面板、工控机、网卡、开关电源和电缆等组成。

现场控制柜由控制柜、控制面板、PLC、检测传感器、开关电源、变频器、步进电机、变压器、插头座和电缆等组成。其中 PLC 包括电源模块、中央处理单元、数字量继电器输出模块、模拟量输入/输出模块等组成。其系统控制框图如图 2 所示。

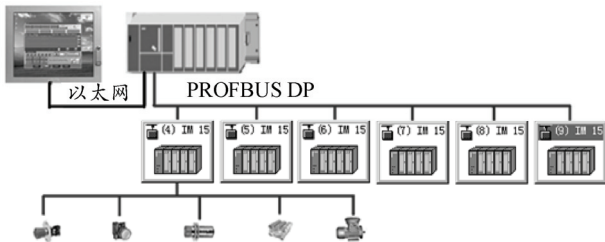


图 2 控制系统结构框图

2.1 上位机的组成和功能

上位机由西门子 X204 工业交换机、触摸屏、1 台工控机操作员站和 1 台工程师站组成。实现功能人机交互、过程控制和管理、故障自诊断、程序框图、通讯。

2.2 下位机 PLC

下位机 PLC 由 1 块西门子 S7-300 系列 5 块开关电源、1 块中央控制器 CPU、6 块远程通讯模块 ET200、13 块数字量输入模块、8 块数字量输出模块和模拟量输入模块等组成。

开关电源是为 PLC 控制系统提供可靠稳定的 24 V 电源，满足系统供电需求。

中央控制器 CPU 及其存储卡用于存储程序逻辑控制，通过以太网协议和上位机实时通讯；通过 PROFBUS DP 协议和 ET200 组成集散控制系统。

数字量输入模块用于采集现场传感器信号，信息汇总给 CPU 使用。

数字量输出模块用于 CPU 输出控制现场电磁阀、电机等动作，实现需要的生产。

2.3 执行部件

根据设备现场需要，由电磁阀，电动机和四种检测传感器，即物料(金属)有无检测、气缸动作到位检测和药剂料位检测组成^[4]。

2.4 防炸和安全设计

由于设备现场在工作时可能构成对明火或电火花敏感的易燃粉尘环境，所以选用具有火花抑制能力或有防尘设计的器件。如安装在现场的电磁阀线圈、磁性开关选用具有隔爆设计的型号和本安型接近开关，以将电火花与周围危险环境隔离。

3 控制系统工作过程

控制系统是烟花生产线实现自动控制的核心，读入各专机的各种检测信息和来自人机交互系统的各种控制信息，通过系统的处理器进行数据处理和运算，并根据运算结果和控制要求向各专机及其他设备输出相应的控制动作，确保自动检测生产线的可靠正常地运行；向人机交互系统传送处理结果信息，供操作员实时监测自动检测生产线的运行。整个系统设有独立的控制间，与现场设备隔离，更安全可靠，在控制柜上实现全线的启停，过程监控。控制柜上的操作面板示意图如图 3。

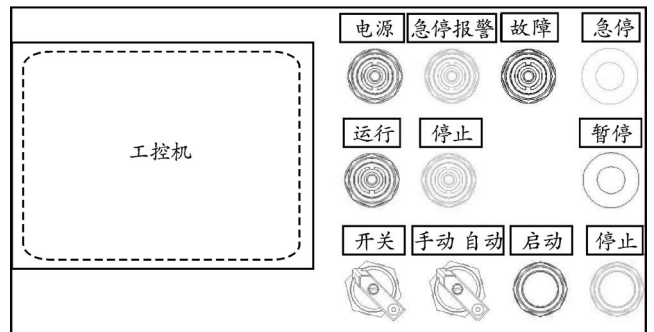


图 3 操作面板示意图

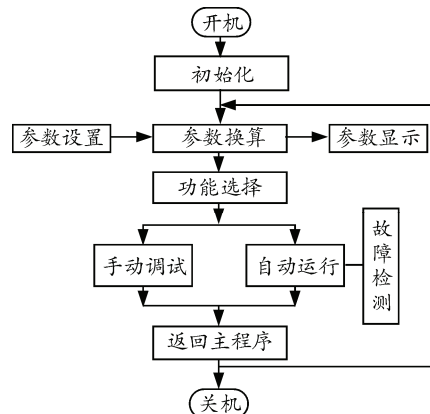


图 4 程序流程示意图

采用 PLC 编程软件编辑梯形图, 实现本系统的逻辑控制, 程序简洁、清晰、严谨, 具有自锁、互锁功能。其程序流程图如图 4。

4 系统基本功能

控制系统的基本功能包括:

- 1) 可通过工控机实现专机的参数设置和显示;
- 2) 能自动对各专机的初始状态进行检测, 自动检测工作中出现的故障, 并能报警显示;
- 3) 能自动完成各专机的工作流程;
- 4) 能实时显示工况信息;
- 5) 具有系统试运行功能;
- 6) 具有系统生产运行功能;
- 7) 具有手动/自动切换功能;
- 8) 具有故障自诊断和报警功能。

5 控制系统计算

1) PLC 系统模块负荷计算。

PLC 系统模块负荷计算结果见表 1。

表 1 PLC 及模块负荷计算

模块名称	消耗功率/W	数量
CPU	14	1
触摸屏	8	1
16 点 DO 模块	3	2
32 点 DO 模块	4	6
16 点 DI 模块	3	3
32 点 DI 模块	4	10
8 点 AI 模块	4	1

PLC 及模块负荷为 115 W, 计算采用转换效率为 0.87, 输入电源为 AC 220 V 开关电源供电, 则需要输入电流为 I , 其计算公式为:

$$I = \frac{P}{U\eta} \quad (1)$$

根据公式 (1) 可得, $I = \frac{115.00}{220 \times 0.87} = 0.601 \text{ A}$ 。

2) PLC 模块负载负荷计算。

PLC 模块负载负荷计算如表 2。

表 2 PLC 模块负载总负荷计算

模块名称	消耗功率/W	数量
电磁阀	4.3	96
直流控制接触器	5.4	6
开关量隔离栅	1.5	100
模拟量隔离栅	2.5	4
指示灯	5	6
检测输入点	0.268	264

PLC 模块负载总负荷为 711.06 W, 采用转换效率为 0.89, 输入电源为 AC 220 V 开关电源供电, 则需要交流输入电流 3.623 2 A。

3) 控制器系统总负荷计算。

控制器系统总负荷由上述 2 项之和组成。在采用 AC 220 V 输入时, 换算成输入电流为: $0.601 + 3.632 = 4.233 \text{ A}$ 。

4) 电机负荷计算。

本设备拟采用 25 台三相交流异步电机提供运行动力, 在此分别对其输入功率进行计算。

$$\sqrt{3}UI\eta \cos \varphi = P \quad (2)$$

由公式 (2), 得出:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}U\eta \cos \varphi} \quad (3)$$

已知, 所有 25 台电机的输出功率都不大于 4 kW。根据经验, η 取 0.9, 功率因数 $\cos \varphi$ 取 0.85。同时, 考虑到不大于 4 kW 的异步电机采用星型接法, 则 (线圈) 输入电压 U 为 220 V。则有:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.9 \times 0.85} = P/291.5 \quad (4)$$

由公式 (4), 电机负载所需输入电流计算如下: 电机输出功率为 0.75 kW, 即 $P=750 \text{ W}$, $I=2.57 \text{ A}$;

则有动力系统总负荷电流 (三相交流) 为: $2.57 \times 25 = 64.253 \text{ A}$ 。

5) 系统总负荷计算。

系统总负荷电流为控制系统总负荷与动力系统负荷之和, 即为: $4.233 + 64.253 = 68.486 \text{ A}$ 。

6 结束语

在现有盘花工艺流程和工艺要求的基础上, 笔者设计的该烟花生产控制系统结合了先进的 PLC 控制器、光电检测、在线监控系统等技术, 集成创新地实现了生产线自动化生产。该系统已成功应用于湖南某项目, 在实际生产中大幅度降低了在线操作人员和易燃易爆粉尘环境作业次数, 提高了生产效率, 实现了可靠、高速、全自动化生产^[5]。该系统达到了烟花行业特殊控制性能要求, 安全、可靠、高效, 可以推广到烟花行业其他品种生产线上使用。

参考文献:

- [1] 李锦, 黄权, 虞波. 大口径枪弹装配生产线的集成化设计[J]. 兵工自动化, 2009, 28(增刊): 34-35.
- [2] 成大先. 机械设计手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 1.
- [3] SIEMENS S7-300 可编程控制器硬件和安装手册[S]. 西门子, 2003: 12-17.
- [4] 高晓非, 张德严, 孟凡军, 等. 起爆药化合及水洗系统自动化生产线[J]. 兵工自动化, 2012, 31(5): 53-54.
- [5] 李文宇, 崔岩, 陈凌云. 炮弹螺装生产线控制系统设计与 CC-Link 应用[J]. 兵工自动化, 2012, 31(9): 65-66.