

doi: 10.7690/bgzd.2022.08.007

# 自动化控制技术在火帽柔性自动装配机中的应用

张 伟, 徐争涛, 李红梅, 李 健, 于 丽, 罗婷婷, 李宇琛, 李建平  
(西安庆华机电有限公司工艺装备技术研究所, 西安 710025)

**摘要:** 针对进口设备在火工品生产中存在工作年限长、故障率高等问题, 设计一台拥有自主知识产权的火工品自动生产线。采用人机界面编程的“全组态”技术、双触摸屏冗余技术、两屏间通讯互锁技术、本质安全性现场总线等控制技术, 实现生产线生产品种柔性化, 生产现场无人化操作, 确保生产线的安全生产。结果表明: 该生产线能提高设备生产的本质安全性、提高劳动生产率、降低生产和管理成本、提升企业的制造能力。

**关键词:** PROFIBUS; 人机界面“全组态”技术; 双屏冗余技术; 质量信息追溯

**中图分类号:** TJ450.5 **文献标志码:** A

## Application of Automatic Control Technology in Flexible Automatic Assembling Machine of Fire Cap

Zhang Wei, Xu Zhengtao, Li Hongmei, Li Jian, Yu Li, Luo Tingting, Li Yuchen, Li Jianping  
(Technological and Equipment Research Institute, Xi'an Qinghua Electromechanical Co., Ltd., Xi'an 710025, China)

**Abstract:** In view of the problems of long service life and high failure rate of imported equipment in the production of initiating explosive devices, an automatic production line of initiating explosive devices with independent intellectual property rights was designed. Control technologies such as “full configuration” technology of man-machine interface programming, redundancy technology of double touch screens, interlocking technology of communication between 2 screens and intrinsic safety field bus are adopted to realize the flexibility of production varieties in the production line and unmanned operation in the production site, so as to ensure the safe production of the production line. The results show that the production line can improve the intrinsic safety of equipment production, improve labor productivity, reduce production and management costs, and enhance the manufacturing capacity of enterprises.

**Keywords:** PROFIBUS; man-machine interface “full configuration” technology; dual screen redundancy technology; quality information traceability

### 0 引言

近年来, 火工品生产设备基本上依靠进口设备, 而大部分进口设备工作年限长、故障率高, 特别是自动化控制元器件存在频繁迭代难以购买、供货周期长等问题, 经常影响生产任务的完成; 因此, 设计和制造拥有自主知识产权的火工品自动生产线迫在眉睫。

笔者通过消化吸收<sup>[1-4]</sup>, 采用先进的控制技术, 创新设计了一台拥有自主知识产权的“火帽柔性自动装配机”的生产线。

### 1 主要用途和系统构成

#### 1.1 生产线工艺流程

根据点火方式不同, 火帽装配生产线主要用于加工撞击火帽、针刺火帽等多种产品, 产品生产工艺过程如图 1 所示。

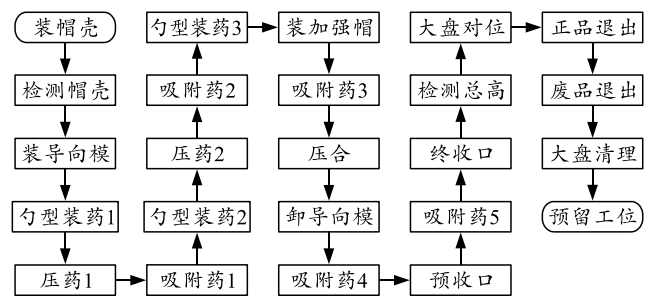


图 1 生产线工艺流程

#### 1.2 生产线主要系统构成

兼顾到各火帽产品的加工工艺要求, 工位排序如图 2 所示。

根据火帽类产品<sup>[5]</sup>生产的工艺流程和功能要求, 确定火帽柔性自动装配机工位功能<sup>[6]</sup>分为 8 个部分, 如图 3 所示。

8 个功能模块组成 24 个工位进行加工工序的排布, 在兼顾安全生产的前提下, 利用圆盘上排布的

收稿日期: 2022-04-09; 修回日期: 2022-05-28

作者简介: 张 伟(1980—), 男, 陕西人, 硕士, 高级工程师, 从事火工工艺装备技术研究及自动化研究。E-mail: 1492429788@qq.com。

24 个工位自动完成火帽类火工品的装配、机械设计  
及自动化控制部分的程序设计,均使用模块化设计。  
机械部分各工序更换简单,自动化程序模块<sup>[7]</sup>修改  
方便,快速实现不同产品的加工。

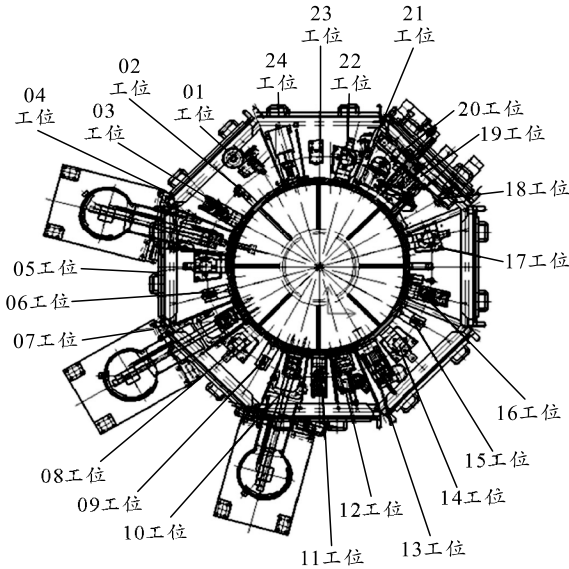


图 2 火帽柔性自动装配机总图

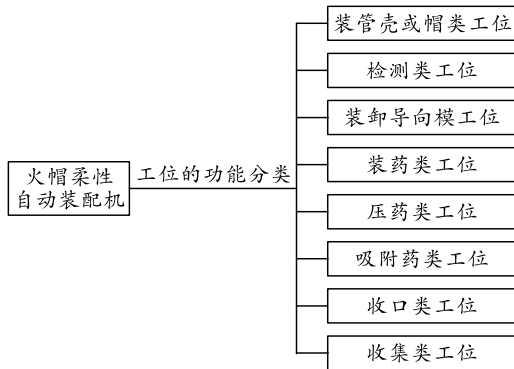


图 3 火帽柔性自动装配机功能分类

## 2 自动化控制技术研究和应用

### 2.1 生产品种的柔性化技术

生产线可以生产装配多种型号的火帽产品,模  
块化<sup>[8]</sup>的工位设计更换容易,即使不更换工位,加  
工装配产品的选择也简单。

如图 4 所示,选择某种型号的产品,产品相应  
型号和名称显示在界面中,根据产品工艺要求启动  
相应生产工位。

同时,在自动运行界面中,相应的工位也会呈  
现绿色,如图 5 所示。

通过这一功能,实现选择产品的智能化和柔性  
化生产,同时生产过程中的关键数据在图 4 界面中  
均可体现。显示界面囊括了设备的主要信息,分为  
4 部分:常用控制显示和进入部分、生产运行组态

显示、报警信息和其他信息提示、实时数据浏览部  
分。操作人员通过屏幕信息实时掌控设备的运行状  
况,当设备出现问题时根据屏幕提示信息及时采取  
措施,严格把控产品装配质量。



图 4 产品选择界面

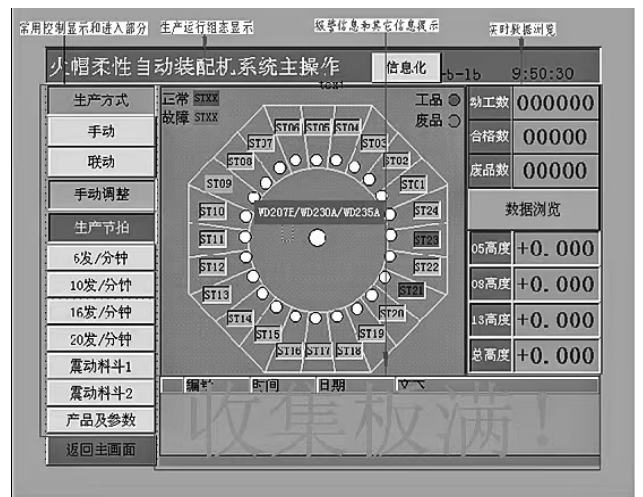


图 5 自动运行系统主操作显示界面

### 2.2 防爆型 PROFIBUS 技术

设备总体控制采用 PROFIBUS 控制方法,主站  
由 PLC 的 315-2AH14 和模拟量模块等组成计算的  
核心部件,控制协议使用现场总线的协议,通过这  
一协议统领防爆型的网关和本安的执行器件,形成  
生产线的控制网络主体。现场控制<sup>[9]</sup>如图 6 所示。

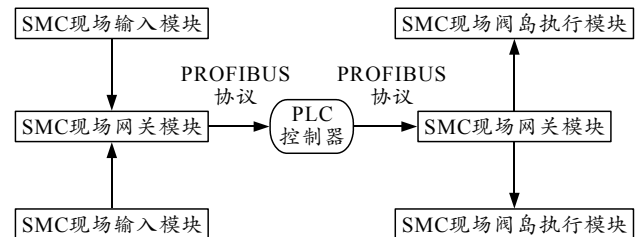


图 6 现场控制图解

现场网关部分主要包括防爆型的 SMC 网关模

块、防爆型的 SMC 现场输入模块、防爆型的 SMC 阀岛执行模块 3 部分。SMC 现场输入模块采集的传感器信号，通过 SMC 网关模块与 PLC 控制器以 PROFIBUS 通信协议传递到 PLC 控制器中，PLC 通

过程序将运行后的输出信号以 PROFIBUS 协议的格式通过网关发送给 SMC 阀岛执行模块，以控制现场各个不同电磁阀的动作来驱动气缸完成机械动作，其工作原理如图 7 所示。

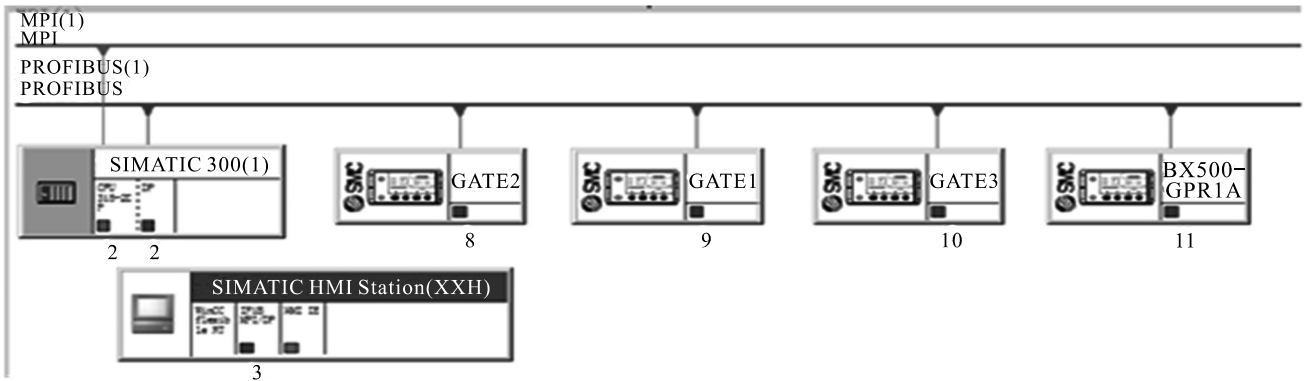


图 7 现场总线网络

### 2.3 系统软件编程采用人机界面“全组态”技术

实现生产现场“无人化”操作并及时了解生产设备现场的运行情况，人机界面编程技术研究至关重要。笔者采用界面“全组态”技术，从界面的编程画面中采集现场设备的实时运行情况，根据情况进行操作和故障处理。在人机界面程序<sup>[10]</sup>中机械部件与控制点直观对接，整个上位机实现实际生产的虚拟功能，操作人员可通过软件清晰地掌握设备运行情况。根据工位的功能具体分类如下。

#### 2.3.1 装管壳和帽类工位

如图 8 所示，设备正常运行通过按钮选择进入此画面，工位中拉帽气缸拉帽动作、顶模气缸上顶、旋转气缸的旋转等动作在图中的右半部分清晰可见；同时，检测各个气缸的位置传感器通过红绿颜色的改变显示着气缸是否运行到位，为操作者传递设备运行的准确信号。

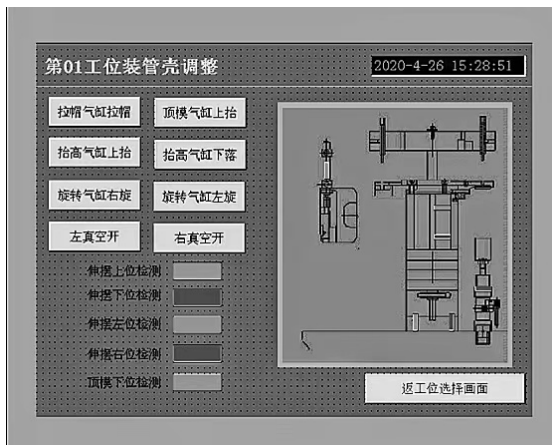


图 8 装管壳和帽类工位

#### 2.3.2 取卸导向模工位

装导向模工位如图 9 所示。装卸导向模子程序信号发出后，判断各个传感器是否在正常位，如果不在正常位则提示故障。排除故障后，各传感器在正常位等待大盘到位信号，大盘到位后延时由检测导向模的激光传感器进行检测，如果没有检测到导向模则产生报警提示并停止圆盘机运转；如果激光传感器检测到导向模则延时，延时时间到抬高气缸上升，抬高气缸到位并延时到后，旋转气缸旋转，旋转到位后延时到后，抬高气缸<sup>[11]</sup>下落，下落到位后并延时到清除中间变量完毕，子程序结束。

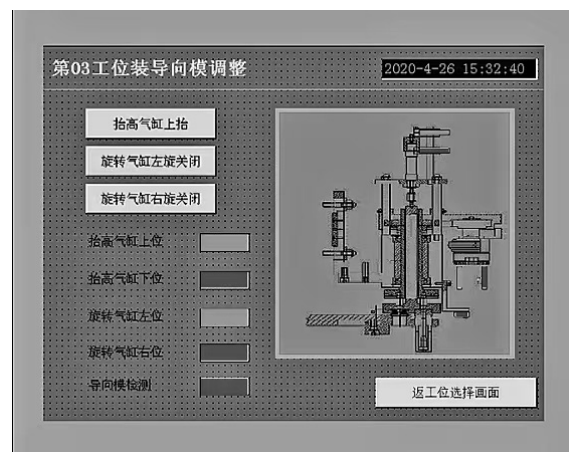


图 9 装导向模工位

#### 2.3.3 装药类工位

勺型装药类工位如图 10 所示。在装药类工位，程序接收到开始信号，检测各个传感器位置是否到位，如果没有到位会有报警提示，解决故障使各个传感器到正常位，旋转气缸进行挖药操作，挖药位

到达并延时 50 ms 后，伸出气缸缩回，缩回到装药位后，旋转气缸旋转至倒药位，倒药位到达并延时 50 ms 后开启震动，震动持续 300 ms，震动完成后，气缸伸出，待伸出到位后一次装药结束，并清除中间变量，置完成位，装药子程序结束。

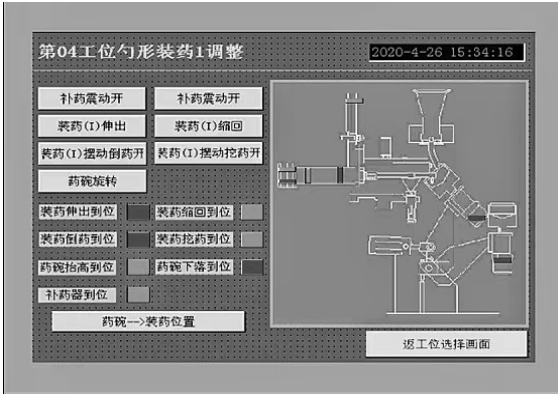


图 10 勺型装药类工位

### 2.3.4 压药类工位

压药类工位如图 11 所示。气缸向装入产品的药面上方加一定的压力后，测量药面的高度，使其达到产品的工艺要求。该工序加工动作简单，程序的模拟采集和运算步骤多。HMI 画面中显示实时值并进行记录。

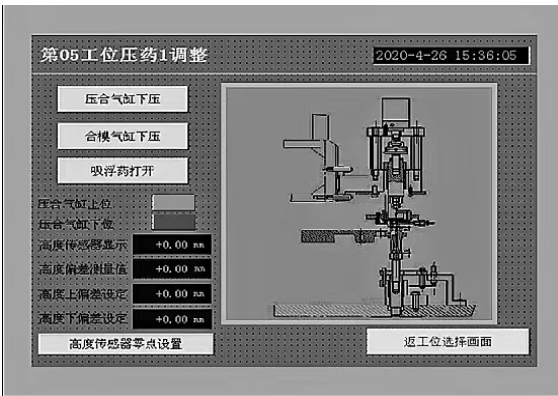


图 11 压药类工位

收口类工位首先接受到开始信号，检测各个传感器位置是否到位，如果没有到位会有报警提示，解决故障使各个传感器到正常位。传感器位置正常后首先 TOX 缸下压，下压到位并延时后压力高度检测并判断产品正废，同时置检测标志位，完成判断产品正废后保压并延时，延时到后 TOX 气缸上升到位后，清除子程序中间变量，一次收口程序结束，置子程序结束标志位，等待进入下一个循环。

收集类工位如图 12 所示。正品收集工位程序接收到开始信号，检测各个传感器位置是否到位，如果没有到位会有报警提示，解决故障使各个传感器

到正常位。传感器位置正常后首先 TOX 缸上顶，上顶到位并延时 50 ms 后，手指夹紧，TOX 缸下落到位同时直线缸伸出，伸出到位后 50 ms 延时手指松开，延时 150 ms 发送伺服滑台点动信号，同时延时 100 ms 支线缸缩回，直线缸缩回到位后清除中间变量，合格品数量+1，并设置完成信号，正品收集完成一次动作，等待下一个循环。

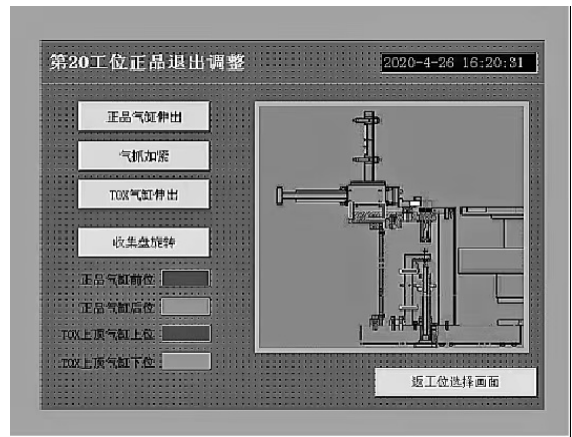


图 12 收集类工位

HMI 的编程方法在技术上超越了进口设备，更加贴合火工品的自动化生产，符合操作人员的生产规范。

### 2.4 双触摸屏采用冗余技术并两屏之间互锁技术

为了满足生产现场无人化操作，兼顾设备维修维护方便，设计安装功能相同的 2 台触摸屏。当一台触摸屏出现故障时，开启另外一台触摸屏，自动通讯成功，继续原来的功能使用。这一储备技术的运用，提高了设备运行的高可靠性。

两屏之间的互锁技术为一台放置在操作间，设备正常运转时进行操作和显示，另外一台放置在设备现场，如图 13、14 所示。该技术有 2 方面的作用：1) 为功能冗余做好准备；2) 当设备出现故障时，在现场维修设备时方便操作。



图 13 现场触摸屏



图 14 操作间触摸屏

### 2.5 质量信息形成可追溯性文件的数据库建立和存储技术

精益生产线信息化详细记录了操作员的登陆状态、设备 OEE 指标、生产计划及完成情况的显示和记录。操作界面下方有操作员注销按钮和各种生产数据清零按钮，非常方便操作和观察设备的具体生产状况。同时兼顾记录和存档，以便产品质量的追溯，如图 15、16 所示。

各压药工位产品质量信息统计					
项目\工位	第05工位压药	第08工位压药	第13工位压药	第19工位压药	
超高数	0	0	29	0	
超低数	1	0	47	0	
废品数	1	0	76	0	
高度值	+0,017	+0,052	+0,391	-0,043	
动工数	2221	合格数	2069	废品数	77
数据清零					
编号	时间	日期	文本		
29	18:05:40	02/08/2008	第13工位网络药机压药设备故障		
306	00:13:35	30/07/2008	气源开关未打开		
0	23:45:45	28/07/2008	第5工位第一压药工位未成功		
返回主画面					

图 15 数据记录类图示

### 3 结束语

设备通过以上技术设计和应用，特别是防爆总线控制技术和“全组态”触屏技术，操作人员在控制室就可轻松掌控现场运行情况，从根本上解决产品生产中的安全问题，提高设备生产的本质安全性；降低操作者的劳动强度，减少操作人员的数量，提高劳动生产率，有效地降低了产品制造过程中的劳动和管理成本，实现了火帽类产品的柔性化自动生产，提升了企业此类产品的制造能力和核心竞争力。



图 16 精益生产图示

通过以上先进自动化控制技术的设计和应用，积累设计经验，提高火工类设备的自动化设计水平，为火工装备更好地服务国防生产提供技术支持。

### 参考文献：

- [1] 廖芸, 周丽娟, 胡阳. 基于 PROFINET 总线的高精度安全型火工品压药控制系统[J]. 兵工自动化, 2020, 39(6): 79-81.
- [2] 杨何, 黄盛, 陈海峰, 等. 基于火工品装药机的倒余药机构控制系统分析[J]. 兵工自动化, 2021, 40(9): 88-91.
- [3] 梁海洋, 张瀚铭, 孙科星. 基于工业互联网的高危产品装配生产线智能管控平台设计[J]. 兵工自动化, 2021, 40(12): 24-28.
- [4] 金翰林, 李锦, 谷岩波. 某枪弹装配系统的控制系统设计[J]. 兵工自动化, 2020, 39(6): 27-29.
- [5] 王凯民, 温玉成. 军用工工品设计技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2006.
- [6] 闻邦椿. 机械设计手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [7] 陈瑞阳. 工业自动化技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.
- [8] 闻邦椿. 机电一体化设计手册编委会. 机电一体化手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2020.
- [9] 崔坚, 李佳. 西门子工业网络通信指南[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [10] 黄超, 陈韶东, 何龙日. 浅析电气设备自动控制系统的 PLC 技术运用[J]. 科技风, 2019(21): 94-96.
- [11] 陆鑫盛, 周洪. 气动自动化系统的优化设计[M]. 上海: 科学技术出版社, 2000.