

doi: 10.7690/bgzd.2014.12.011

# 复合类火工品自动装配机自动控制系统

李红梅, 孙安昌, 邢康宁, 张伟, 李健, 李大海, 乔行浩  
(北方特种能源集团有限公司西安庆华公司工艺研发中心, 西安 710025)

**摘要:** 介绍了复合类火工品自动装配机自动控制系统的设计特点, 复合型火工品工艺流程、先进自动化控制技术的运用以及其创新点和难点, 目的是为了阐述复合类火工品应用复合自动装配机进行生产的设计理念、主要原理及构成。结果表明: 复合类火工品自动装配机不仅可提高生产效率、产品质量的一致性与稳定性, 而且能大幅度消减作业人员的密度, 降低制造与管理成本。

**关键词:** PROFIBUS 现场总线; PLC; 人机界面; EX500-GRP1A 隔爆型网关; 过程控制; 在线检测  
**中图分类号:** TJ450.5 **文献标志码:** A

## Automated Control System for Compound Explosive Components Assembly Machine

Li Hongmei, Sun Anchang, Xing Kangning, Zhang Wei, Li Jian, Li Dahai, Qiao Xinghao  
(Technological Equipment Research Center, Xi'an Qinghua Company,  
North Special Energy Group Co., Ltd, Xi'an 710025, China)

**Abstract:** This paper introduces the design characteristics of automatic control system of composite initiator automatic assembly, using process flow, advanced automatic control technology of composite explosive and its innovation points and difficult points, for the purpose of design, production of composite initiator compound automatic assembly machine main principle and structure. The results show that the composite initiator automatic assembly machine not only can improve the consistency and stability of production efficiency, product quality, but also can greatly reduce operating personnel density, reduce production and management costs.

**Keywords:** PROFIBUS field bus; PLC; man-machine interface; EX500-GRP1A explosion-separation gateway; process control; online detection

### 0 引言

随着自动化科学技术的飞速发展, 军用火工品制造生产模式已逐步由手工作业为主过渡到自动化、信息化和智能化生产模式。采用 PROFIBUS 总线、PLC 程序控制和隔爆型网关、触摸屏等现代控制技术在复合类火工品自动装配机上的运用, 不但实现了某些复合火工品的自动化生产, 而且提高了

生产效率、生产的本质安全性和产品质量的稳定性, 也使得火工品生产更加柔性化和人性化。基于此, 笔者对复合类火工品自动化生产线的设计和应用进行研究。

### 1 某类复合型火工品的加工工艺流程

某类复合型火工品的加工工艺流程如图 1。

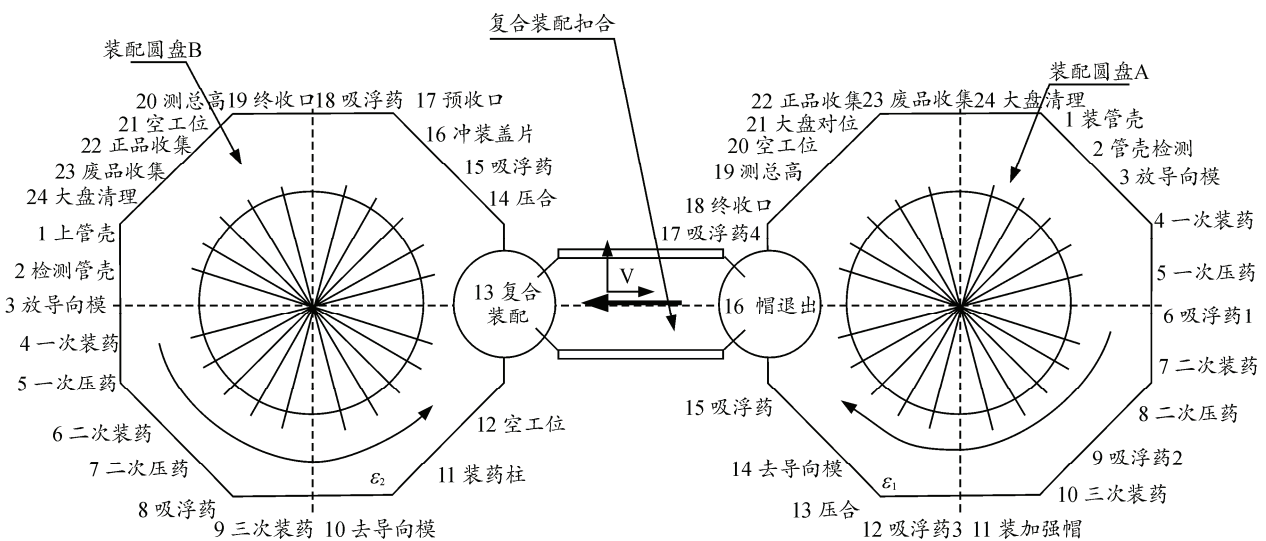


图 1 复合装配机工艺流程及工位布局

收稿日期: 2014-08-20; 修回日期: 2014-09-29

作者简介: 李红梅(1972-), 女, 陕西人, 学士, 高级工程师, 从事火工品工艺设备控制系统设计研究。

## 2 自动化控制系统

### 2.1 控制系统组成

为了完成复合型火工品的加工，笔者采用双圆盘分别加工半成品火工品 a 和火工品 b，然后再在一定工位的 2 个圆盘分别采用独立的控制系统，以

保证 2 个圆盘在独立运行时互不干涉，圆盘的控制  
系统选用德国西门子公司的 BROFIBUS 现场总线，  
集成了西门子公司的变频器 420、MP277 人机界面  
和 SMC 公司 EX500 隔爆型网关和阀岛、现场 I/O  
组件等组成了一个以 BROFIBUS 总线为基础的控制  
系统<sup>[1-2]</sup>。如图 2。

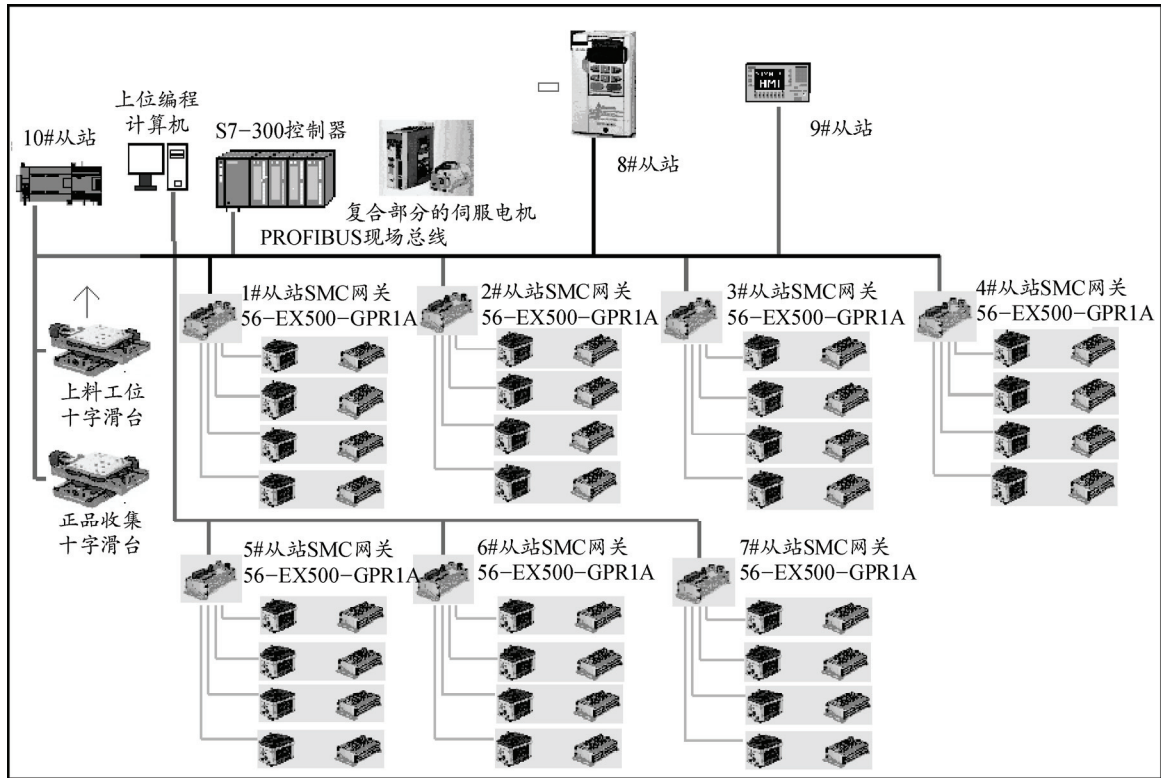


图 2 控制原理总图

主站选用西门子公司的 S7-300 控制系统，可根据用户工艺程序接收生产现场的相关信息并控制生产线安全、有序地进行自动生产。主站主要由电源单元、CPU 中央处理单元、通信单元、DI 模板、DO 模板、AI 模板等组成和伺服控制模板组成。

控制系统的计算核心选用西门子的 315-2AH14 的 CPU 作为计算处理数据的核心模块，同时带动 8 路模拟量模块和 2 路运动模块 FM353 和 FM354。模拟量模块在线检测产品的高度。收集产品时，通过运动模块将产品准确地运送到指定的存放位置。控制转盘运动电机的变频器并入 BROFIBUS 网中，使调速更加稳定，电机运转平稳，速度调节平滑。

120 多个电磁阀执行机构和 270 多个传感器经过 7 个隔爆 EX500-GPR1A 网关并入主网 PROFIBUS 中，如图 3，即用 1 根网线把现场与控制柜有机地连在一起，应用隔爆器件满足防爆要求，并在每个网关上为设备的扩展留有备用地址。

现场操作站选用西门子公司的 MP277 触摸屏，悬挂于转盘机上，可绕转盘机旋转 320°，操作屏通过 BROFIBUS 现场总线与控制柜内的系统主站相连，人机对话就是通过此屏上的操作来完成的。

### 2.2 控制与检测功能

#### 2.2.1 管壳、加强帽自动上料和自动检测

主站通过中间继电器控制振动上料盘启动，带动管壳(或加强帽)自动排序进入气缸控制的拉板内。气缸通过拉板拉管壳(或加强帽)进入指定位置，直线摆动组合气缸带动转臂及吸管运动，使吸管头部进入管壳孔内，利用吸管内的负压吸住管壳，带动管壳(或加强帽)或使其准确的进入模具孔中。与此同时，模具在转盘的带动下运动到定位板的正下方，在抬高气缸的推动下，进入定位板孔中；同时转臂另一端的吸管，重复此循环动作。

在这些自动化动作中，在线监测是否吸住和安装正确管壳(或加强帽)成为控制的难点。在吸管运

动中给吸管口部加装负压传感器，在线检测是否吸住或吸正管壳(或加强帽)，以此判断是否能装上管壳(或加强帽)，并以正废品的判断传递给下一工位，决定下一工位是否运行。同时，如果连续 3 发检测到没有吸住管壳(或加强帽)，那么设备就会报警并停机，提醒操作者排除故障<sup>[3]</sup>。

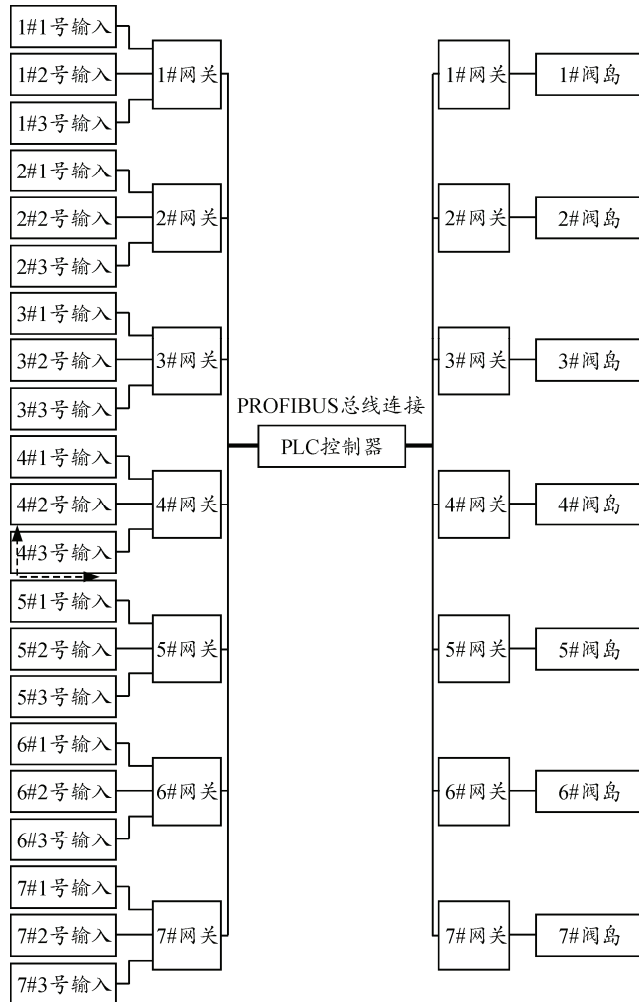


图 3 现场执行传输部分

判断是否装上管壳，这是后续工位是否继续加工产品的基础。在控制序中，对每发产品是否装上管壳并装正管壳进行标志，标志位会随着产品加工工序后移，在需要判断的工位再次进行判断，改变标志位的状态，由标志位决定正品或废品收集。

### 2.2.2 自动装药和补药

自动装药<sup>[4]</sup>和补药技术主要是通过电磁阀控制气缸采用球型和勺型装药机械动作的实现。球型装药主要是计量球的转动把定量药粉装入管壳中，勺型装药主要是勺子的盛药和倒药。控制上保证带动计量球和勺子运动的气缸每次运动到准确位置。

自动补药的信号来自各药盒上方的

WENGLOR 检测药面传感器 DX22PCT7，药位的检测控制补药器是否进行补药。药位低于测量值时，补药装置启动自动进行补药。

### 2.2.3 自动压药和在线测高检测

为了确保产品压药高度测量的稳定性，本装置在设计中通过精密测量头以及在底冲上连接的信号片，使用进口 LVDT 传感器对产品压药高度进行在线实时测量，并将测量值传输到 PLC 模拟量模块与工艺规定的标准值进行比较，间接判断装药量是否合格，判断速度迅速而准确，同时进行记忆，以便在后序的相应工位进行剔除<sup>[3]</sup>。如果连续 3 次测量值不合格，自动停车并报警。2 台圆盘的自动压药和在线测高是判别装药是否合格的重要工位，这些工位的后续工位是否需要继续加工，取决于这几个工位判别后对每发产品标志位的改变状况。

通过对产品总高进行在线检测，从而区别正废品，并自动记忆，在后续的产品收集环节将产品自动分类，从而避免了药量超差、产品尺寸超差而出现的误判现象，有效地保证了产品质量。该工序连续 3 次出现废品时，装配机自动停车并报警，以便于人工分析超差原因。根据产品工艺要求，测量系统精度为  $\pm 0.01 \text{ mm}$ 。如图 4 所示。

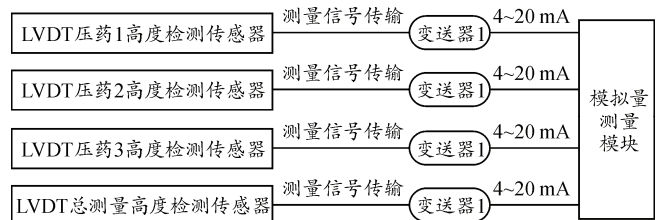


图 4 产品参数测量

### 2.2.4 复合生产中的 2 种产品扣合

圆盘 B 中扣合工位的气抓从传送带上取下运转模，放入伺服带动的周转小圆盘上，周转小圆盘带动运转模准确地转位至圆盘 B 的扣合 TOX 缸下，B 大盘控制系统发出工位动作的信号后，下压 TOX 缸从运转模中向下顶出 a 类火工品，使得 a 产品进入 b 产品之中。具体过程如图 5，完成扣合动作。

扣合系统由伺服控制的 2 个八工位小圆盘，2 条传送带，8 个手抓组成。这些部件和编程保证了 2 个小型产品进行扣合的准确性，为产品的后续加工奠定了基础。

图 5 和图 6 分别是圆盘机构和模具传递机构的控制流程图。

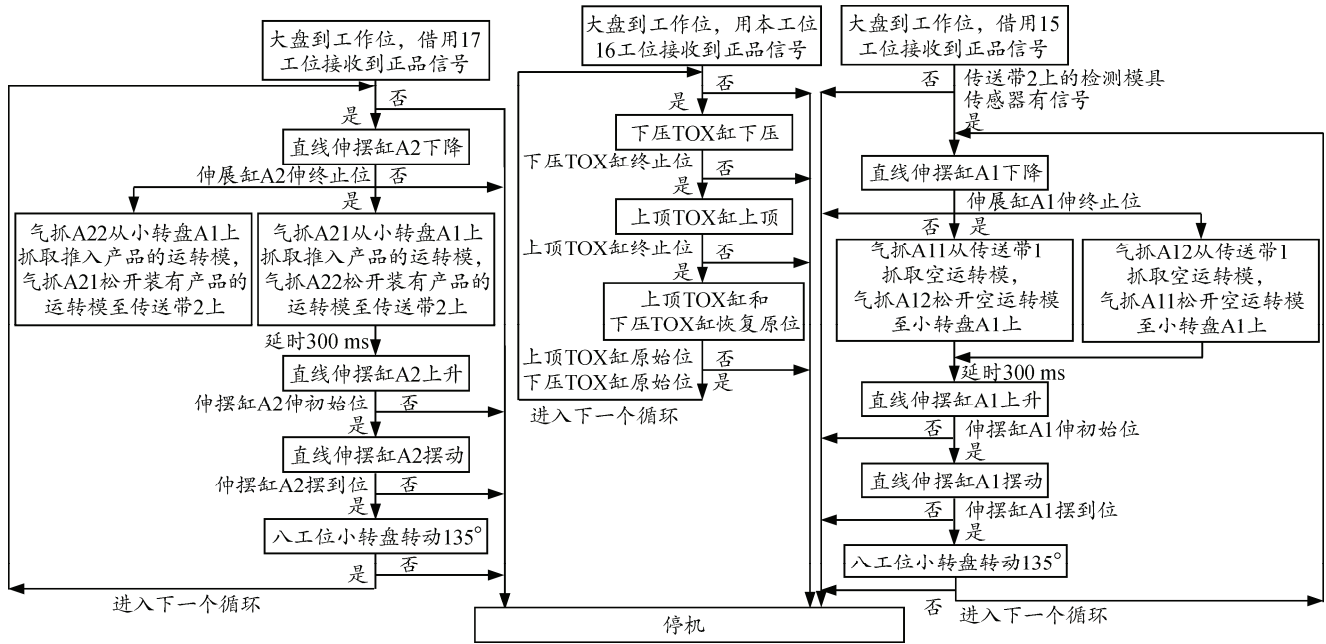


图 5 圆盘 A 处帽退出机构和模具传递机构的运动框图

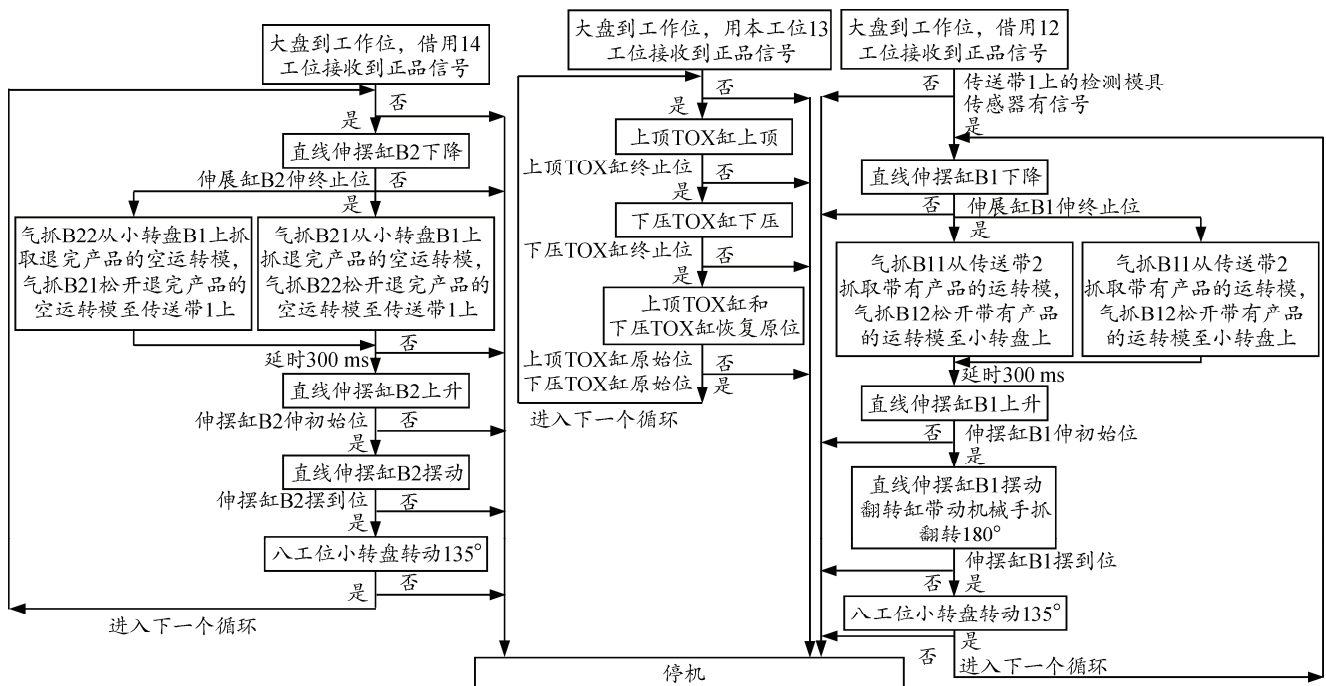


图 6 圆盘 B 处帽退出机构和模具传递机构的运动框图

### 2.2.5 正品收集和自动剔除废品

正品收集系统的主要功能是将运转到这一工位的产品，按控制系统的识别指令从大转盘的模具中取出，正确放置到正品收集盒中。当一盒收集满后，顺利将整盒成品推出。本系统采用十字滑台和正品收集手抓等组成这一系统，主要控制 2 台伺服电机组成的十字滑台的准确定位，以确保产品准确放入收集板中。这一成熟控制技术的应用，提高了

正品收集的安全性。

废品的剔除比较简单，当识别到废品指令时，废品收集的下压气缸把废品推入废品收集盒中即可。为了安全起见，每收集 30 发废品，系统就会提示更换废品收集盒。

## 3 控制技术创新点及难点

### 3.1 在线测高

2 个圆盘复合运转时，产品需要测量 7 次高度，

重点是什么时候测量被加工半成品的高度，才能准确判断产品的合格率。在编程控制上，笔者采用下压气缸的到位传感器发出信号后给以延时控制，在延时的一个时间点采集测量的高度信号，与标准高度量值进行比较，判断出合格品还是废品，同时修改本工位对应这发产品的标志位，用以指导后续工位继续加工或停止加工。

### 3.2 复合装配中的扣合部分

2台独立运行的大圆盘生产出的火工品需要进行扣合加工。首先，2个圆盘的加工节奏要一致，如果一个圆盘出现废品，另外一个圆盘就需要停止，这样会降低生产效率。为了解决这个问题，笔者在扣合系统中使用半成品冗余设计，即a类火工品加工完成后放入传递模中，堆积在b类火工品的加工工位旁，当b类火工品加工至需要扣合的工位时，抓取并退出中转模中的a类火工品实现扣合。这部分通过控制伺服电机准确定位扣合动作的产生，使得扣合顺利完成。

### 3.3 人机界面技术

1) 为每一个具体工位制作了动态显示画面，在设备运行的任何状态下都可进入这些画面对每一工位的运行状态进行观察，结合设备报警显示发现和解决问题非常方便。图7所示是其中一个单工位的画面，每个工位都编制了这样的画面，合计48个单工位画面。

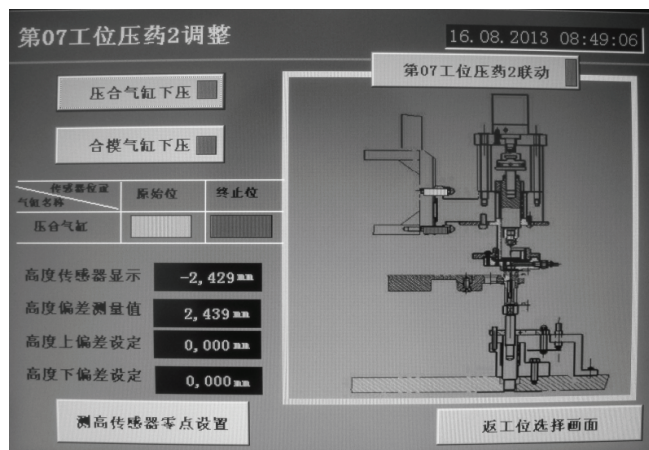


图7 7工位详细画面

2) 自动运行画面中囊括了需要现场观察的大部分信息，主要有设备运行的速度、报警信息和故障提示、设备现场生产状态，高度测量的测量值显示，每个工位加工产品的具体情况，各个工位的运行状态等内容，使得操作简单、直观<sup>[5]</sup>，如图8。

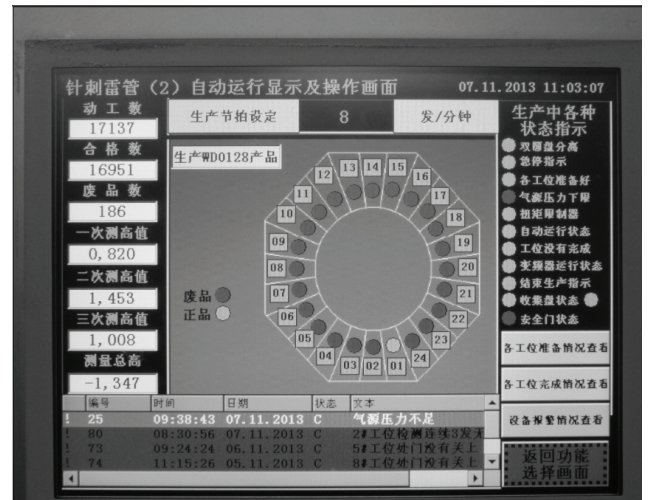


图8 自动运行画面

3) 单工位循环运行程序的设计，模拟了大盘高速运行时各个工位运行的具体情况，为某个工位故障维修后单工位的试运行提供了方便。

4) 建立生产产品数据库，高度测量数据库并保存记录在线数据，随时上传数据至公司局域网，更利于公司高层和生产管理部门对现场生产情况进行统筹管理。

### 3.4 装药及补药技术

自动压药及压药压力自动检测技术，产品高度自动检测技术及正废品自动分离技术，生产过程自动清理浮药技术以及连锁互锁技术等。各个工位起始加工条件和完成加工情况的互锁连锁，设备运行情况和安全防护门之间的互锁，以及出现故障提示和设备运行情况的互锁，各个伺服电机运行出现异常和大盘电机运行之间的互锁等等，在编程控制上确保生产线的自动化安全生产。这些自动操作、控制、连锁技术的应用，实现了整个生产过程的自动化，从根本上排除了生产过程对人员的伤害隐患，最大限度确保了人员的安全。

### 3.5 监控技术为安全生产创造条件

为了安全生产和真实地记录生产设备的实际运行情况，使用14个防爆摄像头分别对现场的重要危险和易爆工位进行监控和实时记录，以便在出现异常情况时，根据监控记录的内容分析出现这些情况的原因。

### 3.6 隔离防爆安全防护及连锁互锁技术

复合装配机的安全防护措施和隔爆系统设计是整机设计的关键环节，要达到人机分离、自动化生产，装药工位有隔爆装置，整个护罩有泄爆方向，

从而提高生产线的本质安全度，最大限度保证人员和设备安全。

### 4 结束语

复合类火工品自动化生产线的设计和应用，不但提高了生产效率、产品质量的一致性与稳定性，而且大幅度消减了作业人员的密度，有效地降低了制造与管理成本，同时更好地适应了现代火工品多品种、小批量的生产现状，可为火工品行业的工艺装备研发提供参考。

\*\*\*\*\*

(上接第 34 页)

### 3.3 人机交互技术

数据应用处理角度、层次不同会对最后结果产生影响。需要人机交互系统把这些分析得到的结果表达出来，用形式化的设计语言来分析和表达用户任务及用户和系统之间的交互情况，这里主要建立行为模型。行为模型的研究内容为获取用户的需求后，结合领域专家的意见和指导，获取系统中需要完成的任务，对任务的主要因素进行详细地分析。采用的模型主要包括 COMS、UAN 及 LOTOS 模型。主要通过采用图表、分析报告等形式表达出分析结果。这里还是以舰炮装备故障分析举例，对舰炮武器的基本信息、故障信息进行分析，采用 COMS 模型，最后生成相关故障分析报告，如图 3。通过分析报告，可以更直观获取装备故障的主要地点和主要故障时间段，并且对感兴趣的方面可再进行挖掘分析，提高故障分析水平，从而进一步提高装备保障能力<sup>[9]</sup>。

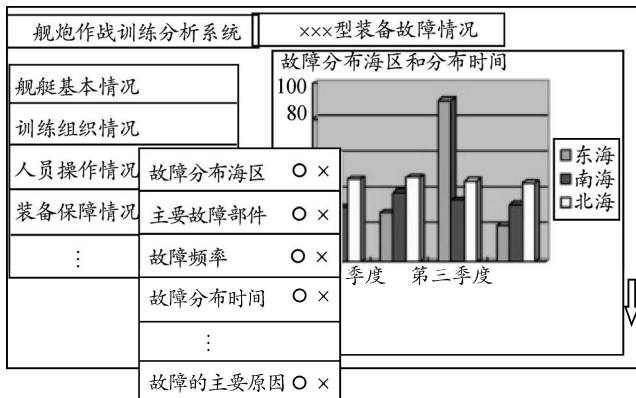


图 3 ×××型装备故障情况

### 参考文献:

[1] 催坚. 西门子工业网络通信指南[S]. 北京: 机械工业出版社, 2005: 108-233.  
 [2] 西门子公司. 《SIMATIC STEP7 V5.4 编程》使用手册[S]. 西门子公司: 2010: 526-588.  
 [3] 廖常初. S7-300/400 PLC 应用技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005: 132-144.  
 [4] 沈谦, 朱全松, 王雪晶, 等. 火工品小群模自动安全高效装药技术研究[J]. 兵工自动化, 2013, 32(1): 39-41.  
 [5] 廖常初. 西门子人机界面组态与应用技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2008: 201-288.

### 4 结束语

为打赢未来战争，不仅要提高武器装备水平，也要提高武器装备作战训练水平。笔者构建的舰炮作战训练数据录入与分析系统，通过电子化、规范化的舰炮作战训练数据录入，并利用数据库等技术对数据进行分析处理，从而实现舰炮作战训练数据的有效挖掘。通过构建不同系统功能模组，实现不同的功能，使数据得到有效利用，能够更方便地运用这个综合性的决策支持环境，辅助做出有利于装备发展、舰炮作战训练水平提高的决策，最终提高舰炮作战训练整体水平。

### 参考文献:

[1] 朱建冲. 海军装备技术基础[M]. 北京: 海潮出版社, 2006: 4-5.  
 [2] 张威. 舰炮武器系统维修性试验方法研究[J]. 指挥控制与仿真, 2010, 32(2): 122-124.  
 [3] 肖林, 张可佳. 舰炮制导弹药保障性及其参数分析[J]. 四川兵工学报, 2013, 34(1): 76-79.  
 [4] 韩峻. 某型舰炮采集记录检测系统设计[J]. 船电技术, 2012, 32(8): 4-7.  
 [5] 李永杰. 舰艇装备维修信息数据仓库的建立与数据挖掘[J]. 计算机与数字工程, 2010, 38(10): 68-71.  
 [6] 王净. 数据仓库在装备维修信息系统中的应用[J]. 舰船电子工程, 2008, 28(8): 120-123.  
 [7] 刘义乐. 基于数据仓库技术的维修信息系统设计[J]. 计算机与数字工程, 2003, 29(4): 171-172.  
 [8] 刁爱民. 数据仓库技术在装备维修管理中的应用[J]. 中国修船, 2006, 19(5): 44-46.  
 [9] 汪江川. 舰炮武器系统人机界面发展综述[J]. 指挥控制与仿真, 2012, 34(2): 1-4.