

# 自动化场景下的火工品电性能检测装置设计

徐晔玫

(江苏自动化研究所, 江苏 连云港 222000)

**摘要:**针对火工品领域传统的人工电性能检测方式易出错、检测效率低下、存在较多安全隐患等问题, 该文设计了一种火工品电性能自动检测装置, 主要包含上料单元、测试单元、防护支撑单元、控制单元等, 使用继电器模组和基于 PLC 控制理论与集成技术的高精度电性能检测系统, 实现对火工产品的自动送检、多种电性能指标的自动检测以及检测过程中的安全支撑与防护, 能够满足现代工业的信息化、智能化需求, 具有结构简单、检测效率高、测量产品种类多、全自动检测、记录、反馈数据等优越性。

**关键词:**继电器模组; PLC; 自动检测; 火工品

中图分类号: TP23

文章编号: 1000-0682(2024)04-0017-05

文献标识码: B

DOI: 10.19950/j.cnki.CN61-1121/TH.2024.04.004

## Design of electrical performance testing device for pyrotechnic devices in automation scenarios

XU Yemei

(Jiangsu Institute of Automation, Jiangsu Lianyungang 222000, China)

**Abstract:** In order to solve the problems of error prone, low testing efficiency, and safety hazards in manual electrical performance testing methods in the field of pyrotechnic devices, this paper proposed an automatic detection device, which used relay modules and a high-precision electrical performance detection system based on PLC theory and integration technology to realize automatic inspection of pyrotechnic products, automatic detection of various electrical performance indicators, and safety support and protection during the inspection process. The device can meet the information-based and intelligent needs of modern industry. Also, it has advantages such as simple structure, high efficiency, multiple types of measured parameters, fully automatic function.

**Keywords:** relay modules; PLC; automatic detection; pyrotechnic devices

## 0 引言

在修路筑桥等土木建设领域, 常需要使用爆破装置对山体或路面进行爆破工作。作为工程应用产品上点火或引爆控制模块的核心部件, 火工品的可靠性直接影响工程应用的安全及效能, 其电性能检测是一个重要环节<sup>[1-2]</sup>。在传统的基于人力的火工品电性能测试过程中, 人工需将产品与检测仪连接, 形成单检测回路, 具体包括变换量程、校准、测试、记

录等相关环节, 整个过程繁琐, 工作效率低, 容易出现人为差错, 并且不规范的操作可能引发爆炸、火灾等安全事故。

针对上述人工检测弊端, 该文基于火工品电性能检测流程、重要电性能指标、火工产品常见规格、检测环境等实际因素, 设计了一种基于自动检测技术的火工品电性能检测装置。该装置主要由上料单元、测试单元、防护支撑单元、控制单元等组成, 能够实现全自动多规格火工产品的电性能检测, 并提供可靠的防爆安全措施, 满足现代工业流水线式生产、兼容多种产品的需求, 高效、高质量地完成对火工品的电性能检测。

收稿日期: 2024-03-11

第一作者: 徐晔玫(1998—), 女, 江苏连云港人, 工程硕士, 助理工程师, 研究方向为工业自动化及工业机器人应用研发工程。

## 1 电性能检测原理

图 1 为实际使用场景下某待测火工产品示意图,该产品内部自带四根不相连的线路(线路 Aa、线路 Bb、线路 Cc、线路 Dd),其中线路 Dd 上存在一电阻,其阻值为  $3.2\ \Omega \sim 4.2\ \Omega$ 。基于上述待测火工品内部线路特征,表 1 所示为该产品的待测电性能指标。

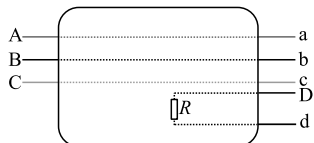


图 1 某待测产品示意图

表 1 某火工品待测电性能指标

引脚	引脚			
	A	B	C	D
a	通	断	断	断
b	断	通	断	断
c	断	断	通	断
d	断	断	断	$3.2\ \Omega \sim 4.2\ \Omega$

为了测得上述电性能参数,在传统测试方案中,需人工将检测仪的两极分别与相应引脚相连,进而测得不同引脚间的通断及电阻情况。上述测试方式存在检测流程繁琐、易出差错、安全系数低等弊端。

为解决上述人工检测弊端,针对该产品提出了一种电性能自动检测方案<sup>[7]</sup>(如图 2):在产品各引脚与电性能检测仪公共端之间引入中间继电器常开触点  $k_n$ 、 $j_n$  ( $n=1,2,3,4$ ),通过控制各继电器常开触点的通断,将各引脚两两连通,从而实现相应引脚间电性能的自动检测、记录、反馈。

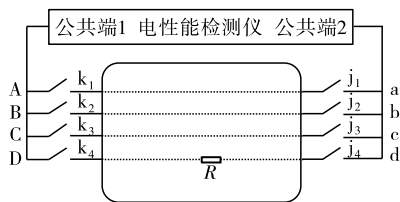


图 2 某待测产品电性能自动检测示意图

## 2 火工品电性能自动检测装置及其工作流程

为了将上述针对某火工产品提出的电性能自动检测方案扩展应用于多规格、多种类火工品的电性能检测场景,进一步提出了一种具有通用性的火工品电性能自动检测装置,并介绍其原理、组成与工作流程。

### 2.1 火工品电性能自动检测原理

该装置的自动检测模块主要包含工业计算机、高精度电性能检测仪、继电器模组以及控制器。通过工业计算机中的自动控制程序,实现对待测火工品电性能的自动检测。如图 3 所示,为该电性能自动检测原理图。

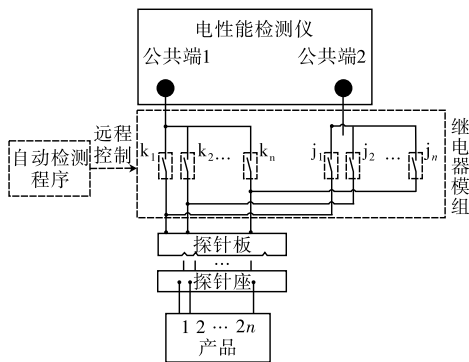


图 3 电性能自动检测原理图

如上图所示,待测火工产品内部存在  $n$  条待测线路,相应地,存在  $2n$  个检测引脚,各引脚通过检测装置中的探针座、探针板等机构与电性能检测仪、继电器模组连通。由基于 PLC 集成技术的自动化程序控制各继电器开关的通断,实现引脚间的自动互通互断。具体地,继电器模组首先接收自动检测控制器发出的信号,  $k_1$  和  $j_2$  闭合,其余继电器断开,形成连接引脚 1 和引脚 2 的单独回路,此时电性能检测仪接通并启动,自动测量并记录该回路是否断路;随后,自动检测程序依次控制继电器模组中  $k_1$  和  $j_3$  闭合,其余继电器断开;  $k_2$  和  $j_3$  闭合,其余继电器断开,分别形成引脚 1 与引脚 3 间的单独回路、引脚 2 与引脚 3 间的单独回路,并通过电性能检测仪自动检测、记录并反馈各回路的检测结果数据。上述流程在  $k_n$  和  $j_n$  之间循环往复,最终实现待测品内部所有线路的电性能检测。

### 2.2 火工品电性能自动检测装置组成

基于上述电性能自动检测原理及流程,设计了图 4 所示的火工品电性能自动检测装置。

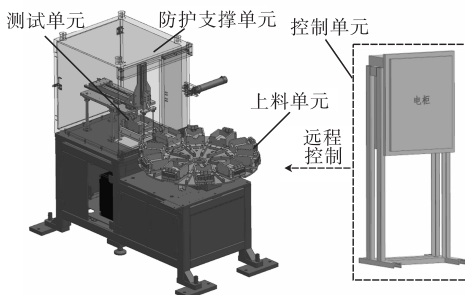


图 4 火工品电性能自动检测装置

该装置主要由上料单元、测试单元、防护支撑单元、控制单元组成。各单元的主要组成及功能如下：

(1) 上料单元负责承托、移送待测产品至检测工位。工人将一组待测产品放置工件治具中，回转盘旋转至指定位置，顶升气缸将该处产品顶升至脱离回转盘，升降气缸末端定位销插入该治具的对应孔位，由移栽气缸将待测产品送至测试底座处，完成上料；

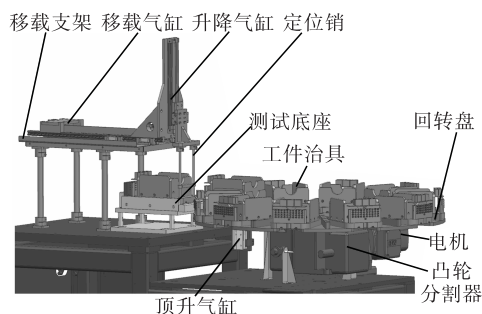


图5 上料单元

(2) 测试单元通过自动控制程序，实现对电性能的检测、记录以及反馈。工件治具用于放置待检测产品，与测试底座通过探针板相连；自动检测程序启动后，当待测产品到达测试底座后，即与电性能检测仪连通，从而形成闭合的检测环路，开启检测程序；

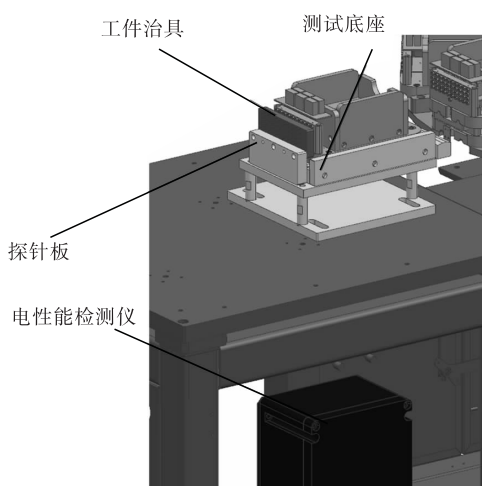


图6 测试单元

(3) 防护支撑单元，由抗爆检测柜、柜门气缸、底座组成。测试底座处没有送检产品时，抗爆检测柜门常开；当送检产品进入检测区域时，柜门气缸将带动抗爆检测柜门关闭；直至当前产品检测完成后，柜门再次开启，等待下一件待测产品到达检测区域。

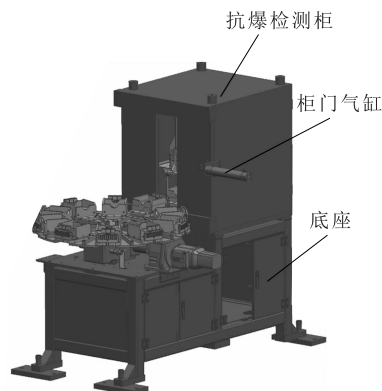


图7 防护支撑单元

### 2.3 火工品电性能自动检测流程

规划合理的系统工作流程可以有效保证系统的运行效率与稳定性。该文所提出的电性能自动检测装置具体工作流程如下：

(1) 人工将待测产品以每 10 件一组的方式，置于回转盘上的工件治具中，将产品自带的线缆连接在探针座上，按下准备开关，向隔爆电控柜发出准备完成的信号；

(2) 电机启动，凸轮分割器带动回转盘旋转，将待测产品移动至检测工位；顶升气缸将工件治具顶起，与回转盘脱离；抗爆检测柜内的移栽机构准备启动；

(3) 移栽气缸带动移栽机构从抗爆检测柜内伸出，升降气缸带动定位销下降，与治具底座上的定位销孔结合；移栽气缸回缩，通过定位销牵连将工件治具从回转盘上移至抗爆检测柜内的测试底座上；

(4) 柜门气缸伸出，带动柜门将抗爆检测柜关闭；工件治具上的探针座与探针板相连，电路连通，电性能检测仪对产品进行检测，并将检测数据传送至控制单元内留存；

(5) 电性能检测仪传出检测完成信号后，柜门气缸回缩，带动柜门将抗爆检测柜开启；移栽气缸伸出，将工件治具从移至回转盘上方；升降气缸带动定位销上升，与治具底座的定位销孔松开；

(6) 移栽机构复位，顶升气缸下降，使工件治具回落至回转盘上；

(7) 电机启动，凸轮分割器带动回转盘旋转，将下一待测产品移动至检测工位循环步骤(2)~(6)，直至一组所有产品均检测完毕。

## 3 控制系统设计

该文提出的火工品电性能自动检测装置属于火工区设备，控制系统按照 GB 3836.1、GB 3836.2、GB

3836.4、GB 50058、《火药、炸药、弹药、引信及火工品工厂设计安全规范》、GJB 5120、GJB 6129、WJ 2470 等行业标准和国家标准中对于危险防爆区域设备的相关要求,以及实际生产工艺过程要求进行设计。

### 3.1 电气设计

控制系统采用西门子 S7-1200 系列 PLC(CPU 1214C DC/DC/DC)和 KTP900 Basic PN 触摸、按键式触摸屏,实现对现场设备的集中监控。西门子扩展模块选用 1 组 CM1241 RS485 通讯模块、2 组 SM1223 DI16×24 VDC/DQ16×24 VDC 直流输入输出模块和 5 组 SM1222 DQ16×24 VDC 直流输出模块,CPU 1214C DC/DC/DC 自带 14 点输入和 10 点输出。接近开关、磁性开关等选用 NAMUR 输出型本安传感器,检测信号通过安全隔离栅接至西门子 PLC 的输入点位<sup>[3]</sup>。控制柜、转接盒、按钮、指示灯、选择开关等均选择上海华荣防爆产品,控制柜内部断路器、继电器、接触器等均选择施耐德产品。柜内强、弱电分离,预留一定的 IO 点位,控制柜、转接盒通过格兰进出线。

控制系统 PLC 通过 Profinet 现场总线与上位机进行通讯,接收上位机下发的生产任务并上传本系统的检测数据及状态信息,通过 Profinet 现场总线与触摸屏进行信号交互及数据交换,通过 RS485 通讯与电性能检测仪进行信号交互及数据交换,通过 I/O 通讯对现场设备进行联动控制<sup>[8,9,11]</sup>。

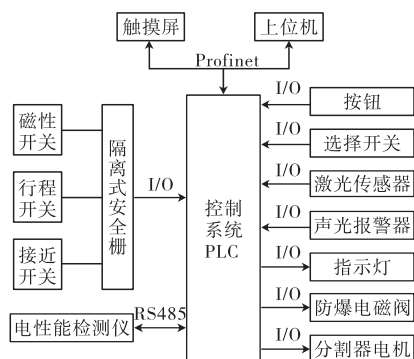


图 8 火工品电性能自动检测控制系统框图

### 3.2 软件设计

控制系统的 PLC 程序和触摸屏界面基于西门子博途 TIA 软件进行开发。在 TIA 软件中新建项目,先后将西门子 PLC 的 1214C DC/DC/DC CPU、CM1241 RS485 通讯模块、2 组 SM1223 DI16×24 VDC/DQ16×24 VDC 直流输入输出模块和 5 组 SM1222 DQ16×24 VDC 直流输出模块添加至设备视图界面相应的导轨插槽中,设置数字量输入、输出

模块的起始地址,完成控制系统的设备组态,如图 11 所示。在网络视图界面中,添加 PLC 控制器和触摸屏模块,并设置相应的 IP 地址,完成 PLC 和触摸屏的网络组态<sup>[4-6]</sup>。

火工品电性能自动检测系统的 PLC 控制程序基于模块化结构进行设计。如图 9 所示,为该系统的软件结构图。PLC 运行时,首先调用初始化程序,完成系统的初始化操作;接着,系统进入主程序循环,依次调用系统各功能模块的控制程序,实现检测装置的自动运行,同时实现各模块之间的信息交互、数据反馈与显示、流程管控等功能。图 10 为该检测系统的工作流程图。

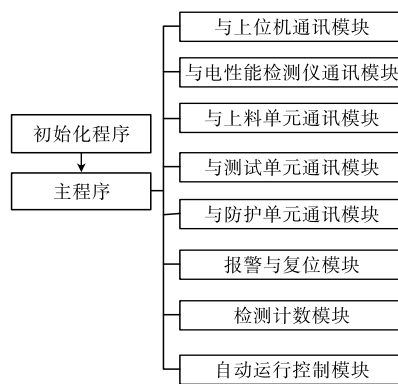


图 9 电性能自动检测系统软件结构图

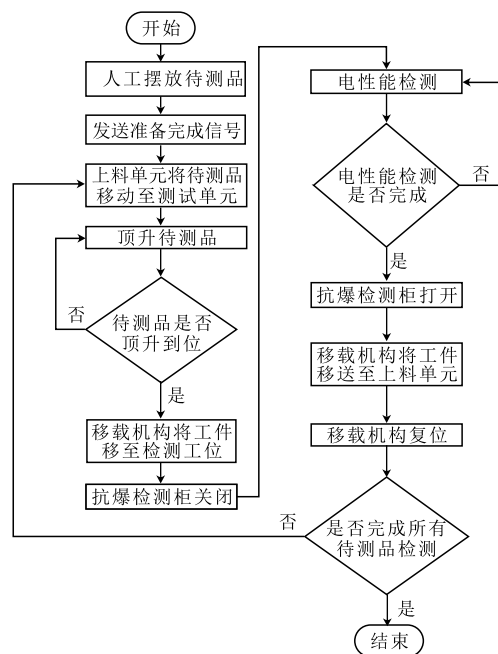


图 10 电性能自动检测系统工作流程图

基于博途 TIA 软件开发的触摸屏界面如图 11 所示,触摸屏界面视觉风格一致性好,界面简洁友好,操作便捷,具备状态监控、手动操作、参数设置、故障报警查询等功能,还能够实时查看系统工作时

的工作流程动态画面<sup>[10]</sup>。



图 11 触摸屏部分界面

### 3.3 安全设计

该火工品电性能自动检测装置的安全防护设施除了隔爆电控柜、抗爆检测柜、本安传感器、各执行器限位机构外,还设有执行器急停按钮、控制柜急停按钮、急停复位按钮等。各执行器限位机构信号、各紧急停止按钮信号等被连接至 PLC,一旦检测到信号触发,整套装置将暂停工作。同时,分割器电机的正反转由控制系统进行逻辑互锁控制。多重安全措施,能够确保整套装置安全、可靠运行。

## 4 系统实现

所设计的火工品电性能自动检测装置完成装配、调试后,进行了 3 个月的试生产。试生产结果表明,该检测装置能够安全、稳定自主运行,各执行器定位精度、运行节拍等均满足实际生产要求,检测结果准确率高达 99.7%,单班工作效率提升 68%。

## 5 结束语

该文提出的火工品电性能自动检测装置,采用

基于 PLC 集成技术的先进控制系统,包含继电器模组、高精度电性能检测仪的自动检测单元,自动、高效、准确、安全地实现了一站式的火工品自动送检、自动电性能检测以及检测过程中的安全支撑与防护。该装置可推广至多场景、多类型产品的自动电性能检测,具有较高的应用价值。

### 参考文献:

- [1] 王雪晶,康林,周丽娟,等. 火工品群模生产线在线检测技术[J]. 兵工自动化,2019,38(08):82-84.
- [2] 陈宁. 基于工业物联网的煤矿巡检多机器人低能耗控制[J]. 工业仪表与自动化装置,2023(02):51-56.
- [3] 孙阳阳,李阳. 基于双臂焊接机器人系统的白车身满焊研究[J]. 工业控制计算机,2022(7):145-146+149.
- [4] 曹红星,李梦仁,毛旦平. 基于触摸屏与 PLC 的舱段装配测量平台控制系统设计[J]. 工业仪表与自动化装置,2023(06):26-31+63.
- [5] 马欣,方喜峰,李治多. 基于 PLC 的四刀光阑自动控制系统设计[J]. 制造业自动化,2021,43(9):97-100.
- [6] 徐春霞,葛跃田,国洪林. 基于 PLC 三级传送带控制系统的设计与应用[J]. 工业仪表与自动化装置,2020(02):88-92.
- [7] 周丹. 一种切换开关性能快速检测系统的设计与研究[J]. 中国新技术新产品,2023(1):63-66.
- [8] 匡程. 工业现场总线及应用技术[M]. 北京:机械工业出版社,2023.
- [9] 贾鹏飞,贺永鹏,杨建新,等. 基于 ERTEC200P-2 芯片的 PROFINET IO 设备开发[J]. 电气传动,2024,54(02):21-25+40.
- [10] 秦永晋,付力扬,左娟,等. 基于 TIA 博途平台群控伺服比例阀的 Profinet 通信研究[J]. 机床与液压,2023,51(20):81-85.
- [11] 张南杰. 西门子 S7-1500 与 S7-1200 的 PROFINET IO 通信研究[J]. 工业控制计算机,2020,33(10):150+152.