

doi: 10.7690/bgzdh.2024.08.009

电性能测试中继联锁控制系统

李建飞, 刘伟国, 孙士超, 田 玥, 习渭锋, 蒋恒春
(西安北方庆华机电有限公司, 西安 710025)

摘要: 火工品电性能测试是产品制造过程中必不可少的环节, 产品在电性能测试中存在燃烧、爆炸的安全风险, 药量大的电爆管类产品爆炸冲击波、迸射物易对操作者造成伤害。为提升某类火工品电性能测试过程安全性及测试效率, 对测试流程进行优化, 将测试线路、设备、场所进行改造, 设计电性能测试中继联锁控制系统, 将信号控制与门机联锁融为一体, 在安全电流测试中集成高精度电流调节、自动延时控制、控制信号反馈等功能, 通过介质耐压、绝缘电阻、安全电流等多种测试, 有效地解决成品电性能测试中的人员安全问题, 是火工品成品电性能测试的理想操控装置。

关键词: 电火工品; 性能测试; 中继联锁控制

中图分类号: TJ45 **文献标志码:** A

Relay Interlocking Control System for Electrical Performance Testing

Li Jianfei, Liu Weiguo, Sun Shichao, Tian Yue, Xi Weifeng, Jiang Hengchun
(Xi'an North Qinghua Electromechanical Co., Ltd., Xi'an 710025, China)

Abstract: The electrical performance test of initiating explosive device is an essential link in the manufacturing process of the product. There are safety risks of combustion and explosion in the electrical performance test of the product. The explosion shock wave and projection of the electric detonator with large amount of explosive are easy to cause injury to the operator. In order to improve the safety and efficiency of a certain type of initiating explosive device electrical performance test process, the test process is optimized, the test line, equipment and place are reformed, the relay interlocking control system of electrical performance test is designed, the signal control and door machine interlocking are integrated, and the high-precision current regulation, automatic delay control and control signal are integrated in the safety current test. Through dielectric withstand voltage, insulation resistance, safety current and other tests, it effectively solves the personnel safety problems in the electrical performance test of finished products, and is an ideal control device for the electrical performance test of finished products of initiating explosive devices.

Keywords: electrical initiating explosive device (EED); performance test; relay interlocking control

0 引言

火工品内装火药或者炸药, 在受到外部刺激后容易产生爆炸或者燃烧, 装药量较多的电爆管类火工品燃烧、爆炸过程产生的爆炸冲击波、迸射物^[1]易对操作者造成伤害, 火工品装配、检验、包装、试验等危险过程必须贯彻“安全第一, 预防为主”的方针, 遵循危险作业工序少, 非危险操作与危险操作隔离的原则^[2], 对最易产生燃烧爆炸事故的“涉火加电”过程应采取隔离防护安全设施, 设置抗爆间室或采用装甲防护装置等安全设施。

针对某类电火工品电性能检测过程中人员重复安装、拆卸、接触产品等危险因素, 进行工艺、设备及装置、场所的改造, 实现人机隔离操作, 改善劳动条件, 增强防护能力, 优化工艺流程, 提升电性能检测过程本质安全化水平和工艺技术水平, 从

根本上解决企业安全生产问题。

1 产品测试要求

1.1 某类电火工品结构特点

为提高火工品发火可靠性, 多采用双桥路冗余设计, 即输入端为 4 根插针, 每 2 根插针对应 1 路桥丝, 这种结构既能在一定程度上提高总体的可靠性^[3], 又不显著增加系统部件的数量, 同时方便与成熟的标准化电连接器可靠连接, 因此这种结构被广泛应用。某插针类电火工品结构如图 1 所示。

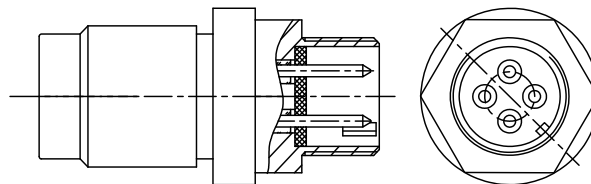


图 1 插针类电火工品结构

收稿日期: 2024-04-16; 修回日期: 2024-05-21

第一作者: 李建飞(1990—), 男, 陕西人, 硕士。

1.2 测试工艺要求

该类火工品因其发火顿感、防静电等性能优点，在生产装配过程中也增加了安全电流、绝缘电阻、静电感度、介质耐压等检测要求，某产品安全性能试验主要检验产品是否耐受 1 A/1 W/5 min 电流而不燃火，绝缘电阻试验主要检查和测试电爆管插针与壳体之间、插针与插针之间的电阻，静电感度检测即静电在放电时对火工品的作用，可以等效地看成充电到一定电压的电容器，通过规定电阻，对火工品放电^[4]，测定在规定条件下的燃火率或燃火电压，介质耐压试验主要检查和测量电爆管装置作用前的漏电流，试验方法为给电爆管壳体与插针之间施加规定的直流或交流电压时测其漏电流^[5]，各种电性能测试的具体要求如表 1 所示。

表 1 产品电性能检测要求

序号	测试项目	测试内容
1	绝缘电阻	分别测试桥路与桥路之间，桥路与壳体之间绝缘电阻
2	静电感度	分别测试桥路与桥路之间，桥路与壳体之间静电感度
3	安全电流	单桥通以 1 A、1 W 的直流电流时，保持 5 min，不应燃火失效
4	介质耐压	桥路与壳体之间施加 0.5 kV 电压，持续 1 min，不应发火失效

测试时电爆管与电连接器连接采用铆接定位键定位，外加螺纹旋紧，多次的插拔、旋拧导致烧结插头插针表面、壳体螺纹表面、短路件插孔、短路件壳体螺纹上的金属镀层脱落，反而影响产品绝缘性能。

2 产品测试条件

2.1 测试流程

根据安全标准化、生产安全技术管理规程等相关要求，绝缘电阻、静电感度、安全电流等“涉火加电”类检测项目必须置于安全防护装置内，检测场所需安装门机联锁，实现人机隔离，测试过程中人员需走出测试间外。通常，单发产品检测完所有项目操作者需进出测试间 5 次，连接及更换测试线路 5 次，安装及拆卸产品各 5 次，开关安全防护装置及测试间的防护门触发门机联锁装置各 5 次。

绝缘电阻检测的作业流程如图 2 所示，图中虚线框所示流程由 1 名操作者完成，重复性动作。该工艺流程给生产效率和产品质量带来较大的压力，因此需对其进行改造。实现“机器换人”，有一项重

要的基础性工作就是把生产工序和流程梳理清楚，用智能化的机器替代人工，从而进一步优化和改进生产工艺。

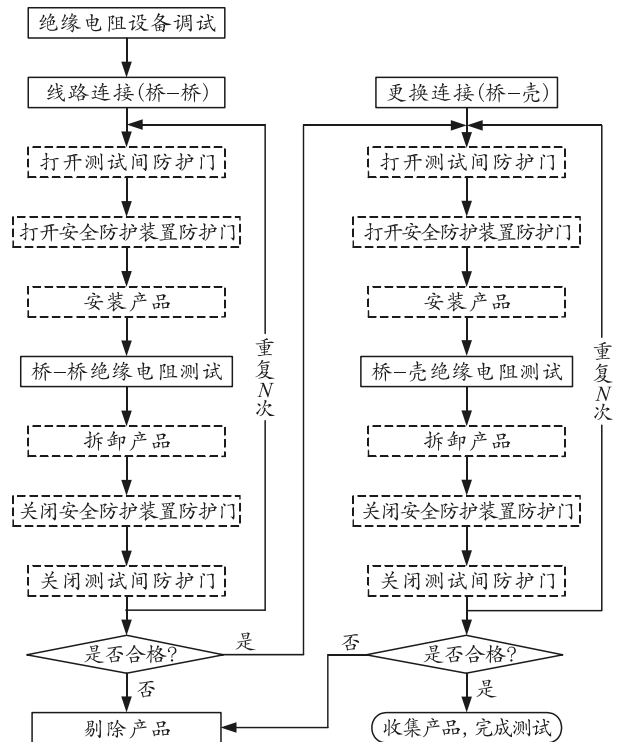


图 2 绝缘电阻测试流程

2.2 测试场所改进目标

对试验流程及测试线路、连接装置进行改进设计，达到产品 1 次装卸，完成所有测试项目的效果，并实现多发联测，自动延时控制的效果。减少人员频繁接触和操作火工品的危险，如图 3 所示。

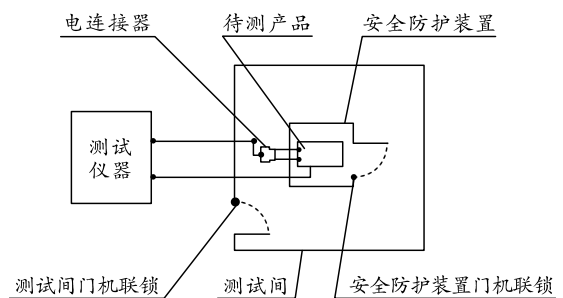


图 3 电性能检测场所

3 中继联锁控制系统

3.1 测试电路系统

为了更安全、更高效的进行电性能测试，将多种测试设备及线路进行整合，设计介质耐压测试、绝缘电阻测试、安全电流测试的多功能安全隔离中继联锁控制线路，安全性检验中继联锁集成控制原理如图 4 所示，其中“U”表示 220 V 转 24 V 开关

电源，“KA”表示继电器，“R”表示旋钮式电阻，“K1”表示门联锁开关，“PA”表示数显式电流表，“HL”表示闭门指示灯，“E”表示直流稳压电流。

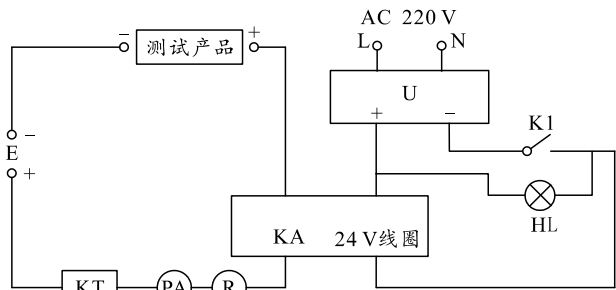


图 4 中继电器集成控制原理

3.2 多功能集成设计

设计程控式电性能综合测试平台，平台由控制系统、触摸信号屏、测试设备、测试电路、专用防护装置和产品连接器等模块组成。测试系统分自动和手动 2 种模式，在测试某种项目时，将待测项目功能启动，其他项目功能屏蔽锁定，可实现不同产品、不同参数进行调试，建立对应的参数数据包。在手动模式下进行产品调试，在自动模式下测试仪器在控制系统实现联动。当出现非正常逻辑的动作时，或检测到不符合性能指标的产品时，设备报警灯闪烁，蜂鸣器响起，同时显示屏上显示相应文字提示信息。

测试间安全门及安全防爆装置防护门上安装门机联锁机构，测试间安全门外安装防爆声光报警器，当其中任意门处于打开状态时，测试线路处于断开状态，当所有安全门处于关闭状态时，声光报警器绿色等亮起，提醒设备操作人员可以开始测试，门机联锁响应时间 0.02 s，防爆等级 IP65，采用紧固件安装在墙上，具有足够的机械强度。如图 5—7 所示。利用传感器、数据存储等技术，实现设备状态参数、工艺过程参数、产品质量参数等数据自动采集、自动存储、自动保护，实现全过程技术参数可测、可控、可管理、可分析。



图 5 触摸操作屏(参数设置界面)



图 6 触摸操作屏(手动测试界面)

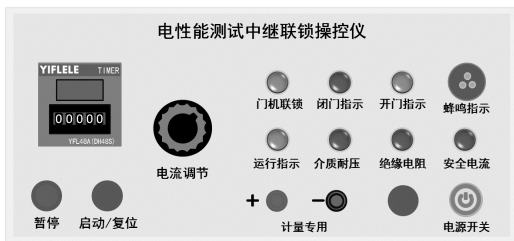


图 7 操控仪面板

4 改造效果

- 1) 采用 24 V 安全电压门机联锁控制系统，将联锁控制线路与电性能测试线路独立分开，使测试线路更短，能量损失更小，测试结果更准确，使控制线路更安全、更可靠、方便维修检测。
- 2) 采用门联锁声光警示与操控仪面板指示灯相适应的信号反馈，避免了作业人员的误操作以及测试结果失真的情况。
- 3) 采用耐高压干簧继电器模块，重点针对介质耐压测试、绝缘电阻测试中释放的高电压，有良好的运行稳定性，避免了普通继电器、联锁开关等在电压大于 400 V 的情况下可能被击穿或控制失灵的现象。
- 4) 集成了安全电流测试中电流调节、电流显示和延时控制功能，使测试更直观，1 次装夹产品，完成所有项目的测试，实现了一机多用。
- 5) 在介质耐压测试、绝缘电阻不延时测试时，可实现仪器持续处于工作放电状态，仅通过开关门就能避免能量意外释放的风险，可实现 1 个人独立高效的进行测试操作，节约人工成本。

5 结论

该测试平台将绝缘电阻、介质耐压、安全电流等项目综合在同一系统中进行测试，只需要装卸 1 次产品便可完成多种项目的测试，设计先进、功能齐全、性能稳定可靠、操作简单，达到了一机多能、减人增效等多重目标，具有较好的经济价值和推广价值。