

文章编号: 1003-1480 (2021) 06-0058-04

# 多连发底火发火性能试验仪的设计

马建国<sup>1</sup>, 张东杰<sup>2</sup>

(1. 济南华创通力自动化工程有限公司, 山东 济南, 250022; 2. 中车山东机车车辆有限公司, 山东 济南, 250022)

**摘 要:** 为适应弹药质量检测技术的发展要求, 设计了多连发底火发火性能试验仪。通过对试验仪控制部分及主机部分开展研究, 实现了多个底火的向前输送和多个底火的击发, 并利用仿真技术达到室内静止试验与火炮实弹射击的一致性, 同时实现了远距离遥控操作及手动/电动双功能。试验验证表明试验仪性能可靠, 使用安全、简便, 更新了现有底火发火性能测试手段。

**关键词:** 底火; 多连发; 发火; 试验仪; 手动/电动双功能; 仿真

**中图分类号:** TJ450.6   **文献标识码:** A   **DOI:** 10.3969/j.issn.1003-1480.2021.06.014

## Design on the Ignition Performance Tester for Multi-burst Primer

MA Jian-guo<sup>1</sup>, ZHANG Dong-jie<sup>2</sup>

(1. Jinan Huachuang Tongli Automation Engineering Co. Ltd., Jinan, 250022; 2. CRRC Shandong Co. Ltd., Jinan, 250022)

**Abstract:** In order to meet the requirements of the development of ammunition quality inspection technology, the multi-burst primer ignition tester was designed. By the design of control part of tester and tester host, the forward transportation of multiple primers and the firing of multiple primers were realized, and simulation technology was used to achieve the consistency of indoor static test and artillery live ammunition shooting. At the same time, the instrument realizes long-distance remote control operation and has manual/electric dual functions. The verification test indicates the tester has reliable performance, can be used securely and simply, and update the existed primer ignition performance test method.

**Key words:** Primer; Multi-burst; Ignition; Tester; Manual/electric dual functions; Simulation

底火是将枪炮发射机构所产生的机械能或电能转化成点燃发射装药的火焰冲能的重要元件, 只有发射装药在底火的作用下燃烧后, 才能将引信和弹丸发射出去, 完成作战任务<sup>[1]</sup>。底火在长期贮存过程中, 由于受贮存环境的影响和作用, 较容易产生质量变化, 甚至造成失效, 因此适时检测底火的发火性能是判定底火作用可靠性的重要依据<sup>[2]</sup>。

目前部队实验室一直使用简易底火试验器, 试验方法落后、工序繁琐、工效较低, 而且噪音、烟雾大, 危及安全因素多, 已不适应部队对库存弹药质量适时进行质量监控的要求。为适应弹药质量检测技术的发

展, 满足弹药系统底火的安全性、可靠性要求, 笔者设计了多连发底火发火性能试验仪, 该试验仪赋予底火在实际作战中所承受的动能状态, 实现多个底火的向前输送和多个底火的击发, 以及室内静止试验与火炮实弹射击的仿真一致性。

## 1 试验仪设计要求及结构设计

### 1.1 试验仪技术要求

多连发底火发火性能试验仪(简称“试验仪”)应能够模拟底火在实际作战中所承受的动能状态, 实

收稿日期: 2021-06-02

作者简介: 马建国(1962-), 男, 高级工程师, 从事军械装备非标设备机电液一体化设计。

现多个底火的向前输送和多个底火的击发,并利用仿真技术达到室内静止试验与火炮实弹射击的一致性;同时仪器可以远距离遥控安全操作,具备手动/电动双功能,在野外及无电环境下也可照常使用。

试验仪具体技术指标如下:(1)提高自动化、机械化性能,工作效率要求提高5倍以上(相比原机),减轻工作人员的劳动强度;(2)创造安全的工作环境,机器要具有无线遥控功能,安全遥控距离100m以内;(3)操作人员1~2名,试验速度100发/h以上;(4)采用消声消烟技术,工作环境中人员的听、嗅觉无较大的刺激感,在试验仪后5m处,噪声低于60dB;(5)具有偏心量、间隙量调整装置,并配备与之相配合的同心度测量规,提高试验的仿真程度;(6)实现“压入”、“旋入式”两大类底火在同一台试验仪上进行发火性能试验;(7)具备手动/电动功能,机动前首先进行手动试调,减少对机器不必要的损伤;(8)主机重量小于30kg(含电机、电磁离合器),其外型尺寸为410mm×310mm×200mm;(9)工作环境温度-10~40℃,工作电压220V/50Hz。主要技术参数如表1所示。

表1 主要技术参数

Tab.1 Main technical parameters		
序号	主要技术参数	量值
1	连发间隔时间/s	5
2	击针套筒体间隙/mm	0~6(可调)
3	底火偏心量/mm	±3(可调)

1.2 试验仪使用场地要求

试验仪的使用场地要求海拔不高于3000m,长度不小于10m,宽度不小于5m。设备展开区便于运送设备,该区域应平坦无杂物。

1.3 试验仪仿真结构设计

试验仪主要用于考查底火的综合发火性能,从而判定底火作用的可靠性,应满足部队、工厂及科研院所对通用弹药的十余种底火发火性能试验的需求。试验仪主要包含5个火炮实弹射击的仿真部分:(1)火炮击发机构,其中的击针和击针簧均采用相对应火炮零件;(2)击针簧压缩量:与火炮击发技术要求一致;(3)底火底部与击针套筒体的间隙可调;(4)底火与击针的同心度仿真,底火偏心量可调;(5)多连发多个底火的向前输送和击发。

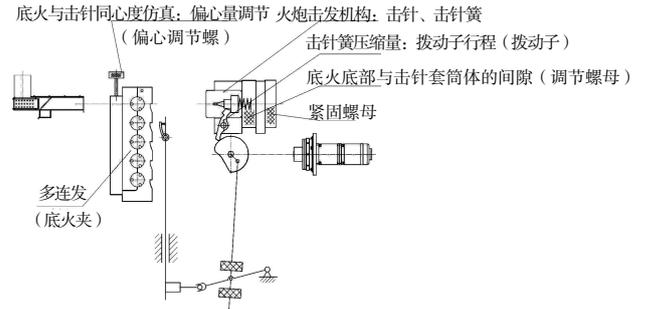


图1 试验仪5个仿真结构示意图

Fig.1 Schematic diagram of the five simulation parts of the tester

1.4 试验仪模块化设计

试验仪要求机电一体化,分为控制部分、主机部分2个模块,控制柜既是承载车又能承载主机,连接方式要简单,操作简便,操作时应具有良好的人机互动功能,图2为试验仪主要结构图。

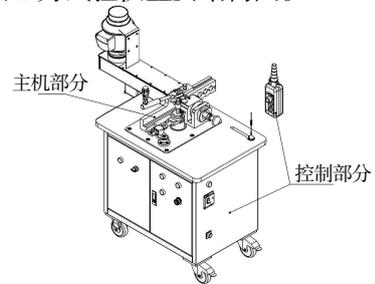


图2 试验仪主要结构图

Fig.2 Main structure diagram of the tester

2 试验仪控制部分设计

2.1 控制部分组成

试验仪以PIC单片机控制的无刷直流电机驱动系统自动控制部分为核心,该系统以PIC单片机作为控制芯片,进行了电源电路设计、系统硬件保护电路设计、三相全桥逆变电路设计、逆变器驱动电路设计,利用PI控制器进行电机电流速度的双闭环控制,并采用C语言进行模块化编程和结构化编程。

试验仪控制部分主要由硬件和软件2部分组成,其中硬件包括控制柜、遥控器、检测线缆等。试验仪控制部分组成框图如图3所示。

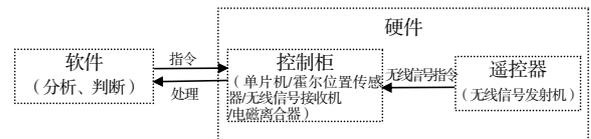


图3 试验仪控制部分组成框图

Fig.3 Block diagram of the control part of the tester

## 2.2 控制部分硬件设计

控制柜和遥控器是试验仪主要硬件部分。

### 2.2.1 控制柜

控制柜既是承载车又是电气控制系统,主要由电磁离合器、单片机、霍尔位置传感器和无线信号接收机组成。单片机选用 BESWHO/佰斯浩 PIC16F1947-I/PTQFP64 为控制芯片,6个 MOSFET 组成管逆变器。微控制单元电路、逆变器驱动电路等电路模块的设计实现了电机的位置智能控制以及欠压保护、过流保护、堵转保护等保护功能,可靠地对电机和电路元器件进行保护,确保机器的使用及安全。PIC 单片机芯片参数见表 2,图 4 为控制柜单片机控制系统整体方案图。

表 2 PIC 单片机芯片参数

Tab.2 PIC chip parameters

序号	单片机参数	量值
1	核心处理器	PIC
2	核心尺寸	8-位
3	速度/MHz	32
4	连接性	PC, LINbus, SPI, UART/USART
5	外设	欠压检测/复位, LCD, POR, PWM, WDT
6	I/O 数	54

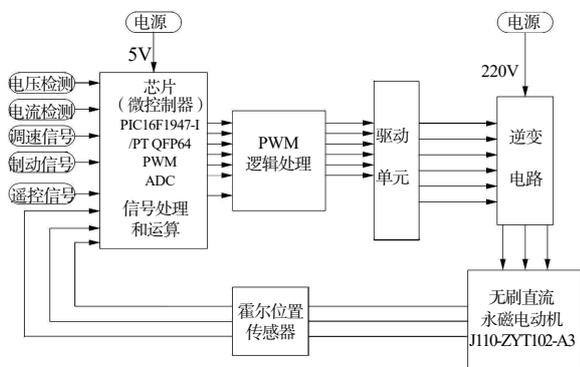


图 4 控制柜单片机控制系统整体方案图

Fig.4 The overall scheme of the control cabinet SCM control system

图 4 中霍尔位置传感器感应底火输送夹的位置,待多连发底火发火试验完成后,机器能够自动停止工作;遥控操作选用 LCC 工业无线遥控器 Q200 无线信号接收机,该接收机与发射机组合可远距离操控机器;电磁离合器选用 STEKI/堂堂 ECB10 离合器,控制主机与电机的离合,起到手动/电动转换的作用。

### 2.2.2 遥控器

为保障试验工作的安全,可进行远程遥控操作,操作时将电气控制柜面板上的功能按钮转换到遥控

状态,使用遥控器(无线信号发射机)即可进行远程遥控操作。遥控器选用 LCC 工业无线遥控器 Q200 无线信号发射机。遥控器具体参数如表 3 所示。

表 3 无线信号发射机参数

Tab.3 Parameters of wireless signal transmitter

序号	接收机参数	量值
1	频率/MHz	433/480
2	控制距离/m	100
3	电源	DC3V
4	调制方式	GFSK
5	频率控制	PLL

## 2.3 控制部分软件设计

单片机程序执行按照顺序扫描方式进行,因此编程应按照顺序编程。定时器根据调速需求产生 PWM 信号,采用中断方式运行,改变斩波电压只需在对应单元写入控制值。三相位置输入信号经内部的查表算法产生相应逻辑换相值。刹车信号、过流信号和欠压信号依次写入单片机,并根据顺序进行相应的处理,输出对应的信号<sup>[3]</sup>。

利用 C 语言模块化编程和结构化编程,进行信号的采集及处理,完成多连发底火发火试验位置检测工作模式,而且在系统出错情况下具有自检功能,利用数字 PI 控制理论实现电机速度的闭环调制。

## 3 试验仪主机部分设计

### 3.1 试验仪主机工作原理

试验仪是一次装填多连发(5发或多发)底火、连续自动试验的连动装置,即每发底火之间相隔 5s 便自动移到被击发位置,并有到位锁紧-解脱运行、准确可靠的性能;同时击针自动完成击发-待发与底火停止-运动协调一致的动作。底火装入底火夹和取出操作简单、固定可靠;凸凹量符合规定要求,便于火药残渣清理;底火体后端面与击发机体前端面的间隙量在规定范围(0~6mm)内任意可调,其精度值为 0.02mm;击针击发底火的偏心量在±3mm 的设定范围内任意可调,精度为 0.05mm,从而提高了室内静止试验与火炮实弹射击状态的一致性,即试验的仿真程度。试验仪通过更换不同规格的底火夹和单发试验装置,可进行压入及旋入式两大类、大小 6 个规格底火体、共 10 余种底火的发火性试验,还具备较好

的消声消烟性能。试验仪主机工作原理图如图5所示。

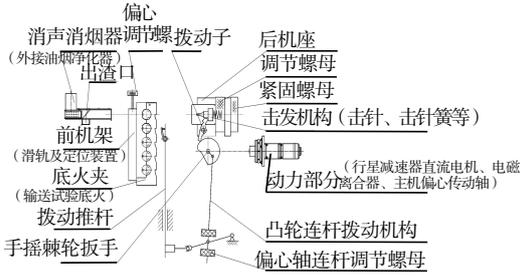


图5 试验仪主机工作原理图

Fig.5 Working principle diagram of the tester host

### 3.2 底火夹的结构设计

底火夹在前机架上滑动，可装载多发（现设计为5发）底火，其下端面设计有定位孔、拨动齿槽，以确保底火定位和向前移动，如图6所示。

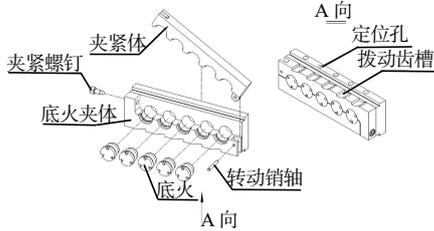


图6 底火夹的结构设计图

Fig.6 Structural design drawing of primer ignition folder

### 3.3 凸轮连杆拨动机构的设计

圆周间断轮与主机偏心传动轴相连，做能量传递。圆周间断轮做圆周转动，传递动力，拨动子沿凸轮外圆做往复曲线运动，从而使拨动子做直线往复运动，使击针压缩弹簧挂机到击发位置，拨动子沿凸轮曲线运动并释放击针完成击发动作；偏心轴连杆带动摆动杆，摆动杆拨动拨动推杆，其末端的弹簧爪与底火夹齿槽配合，将底火夹底火逐发推至被击发位置<sup>[4]</sup>。

图7为凸轮连杆拨动机构设计图。

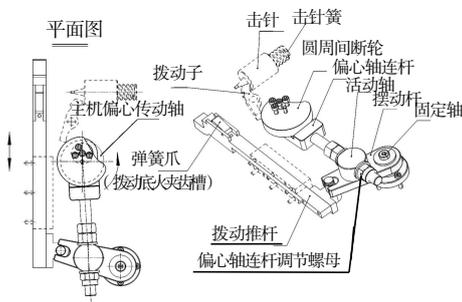


图7 凸轮连杆拨动机构的设计图

Fig.7 Design drawing of the cam connecting rod toggle mechanism

## 4 试验数据

为了验证试验仪的可靠性和底火的发火性能，济南、兰州两地部队实验室分别对设备进行了试验验证，实际综合试验数据见表4。

表4 主要实际试验数据

Tab.4 Main actual test data

名称	底-1	底-4	底-5	底-13	底-14甲
击针突出量/mm	2.26	2.0	2.3	2.0	2.44
	~2.36	~2.2	~2.7	~2.15	~2.70
击发间隙/mm	0.3	0.7	0.65	0.7	0.35~1.13
同心度(<math>\pm 1.2</math>)/mm	$\pm 0.5$				
底火试验数量	90	90	92	92	84
1次发火数量	90	89	90	90	82
2次发火数量	0	1	0	1	2
发火百分比/%	100	100	100	100	100

## 5 结语

本文针对部队实验室底火发火性能试验的需求，采用PIC单片机控制的无刷直流电机驱动系统自动控制部分为核心设计技术，研制了某型多连发底火发火性能试验仪，并编写了操作规程。装备部队实验室后，经试验验证，该设备结构合理、性能可靠、使用安全、操作简便，系统各项功能指标正常，达到了野外试验与火炮射击的仿真一致性，更新了我军底火发火性能试验设备。

### 参考文献:

[1] 徐建国,金昌根,等.底火输出能量测试仪的设计[J].火工品, 2010(3):54-56.

[2] 总装备部通用装备保障部.引信与火工品试验[M].北京:国防工业出版社,2000.

[3] 陈露瑶,方明星,孙晴.基于等价输入干扰改进的无刷直流电机控制器 [J].传感器与微系统,2020,39(02):82-84.

[4] 王斌,马建国,金雁翔,等.一种多连发底火发火性能试验仪凸轮连杆拨动机构:中国 2020101547321[P].2020-10-23.