

文章编号: 1006-9941(2018)07-0626-07

末制导炮弹待发程控装置作用可靠性试验方法研究

崔平^{1,2}, 杨岩峰^{1,2}, 文健^{1,2}, 崔亮^{1,2}, 刘朝阳³, 徐敬青^{1,2}

(1. 陆军工程大学石家庄校区弹药工程系, 河北 石家庄 050003; 2. 陆军工程大学石家庄校区弹药保障与安全性评估军队重点实验室, 河北 石家庄 050003; 3. 陆军炮兵防空兵学院南京校区教学科研处, 江苏 南京 211132)

摘要: 针对工业部门目前采用空气炮动态模拟方法进行末制导炮弹待发程控装置作用可靠性试验成本高、样本量少、置信度低的问题, 基于电参数检测要求和试验对象结构特点提出了一种新颖的检测试验方法, 即对待发程控装置进行结构改装实现了实验室内手动解除其后坐保险并完成相关电参数检测。进行了俄制与国产两种共计 95 发末制导炮弹待发程控装置的作用可靠性试验, 采集到了符合要求的脉冲发生器电脉冲信号, 分析了影响试验结果的因素并提出了解决措施。结果表明, 人工启动孔的密封性是影响待发程控装置作用可靠性的重要因素, 引信启动后需利用特制木塞将其可靠密封防止火焰能量泄露。试验证明了该方法的可行性与经济性, 此方法可扩展应用于某型炮射导弹弹托感应器电参数的检测。

关键词: 末制导炮弹; 待发程控装置; 可靠性; 气体炮; 试验方法

中图分类号: TJ55; TJ410.6

文献标志码: A

DOI: 10.11943/j.issn.1006-9941.2018.07.013

1 引言

待发程控装置是某型末制导炮弹控制舱中的重要关键部件, 其作用是在弹丸发射之后的规定时刻对弹上热电池电点火头和惯性陀螺电作动器形成点火脉冲^[1], 从而激活用于全弹控制系统供电的热电池并使惯性陀螺解锁进而完成弹丸在弹道垂直面内纵轴倾角的测量。根据末制导炮弹待发程控装置制造与验收规范及末制导炮弹维修规范要求, 生产厂家在产品制造验收过程中、大修厂在末制导炮弹维修过程中, 应对待发程控装置进行配套性、外观、质量、电气安装、电绝缘强度、绝缘电阻的检查和单频振动试验, 并从每批抽取一定数量的样品进行电参数和作用时间检查, 以确保其功能可靠。由于待发程控装置具有机械时间引信的结构特征, 且其保险机构为单一后坐保险机构, 对于此类机构的模拟测试方法, 目前主要有锤击法、火箭橇法、电磁驱动法、气体炮试验法等。锤击法的典型代表是马歇特锤击试验, 该方法操作简便、成本低廉, 缺点是只能模拟火炮发射时的加速度极值, 不能模拟发射过程中过载加速度的变化规律^[2-3]。满晓飞^[4]、门士

滢^[5]、刘卫东^[6]等人针对硬目标侵彻引信, 设计了立式空气击锤, 较好地模拟了硬目标侵彻过程中的高过载冲击环境, 但并非弹丸的发射过程。火箭橇是一种大型地面动态试验系统, 被试引信安装在由火箭作动力装置的火箭橇上, 沿着专用的轨道高速滑行, 模拟出不同的发射过载^[7-8]。火箭橇试验对场地要求较高, 试验准备时间较长, 试验成本较大, 且试验过程中的振动因素难以消除, 存在一定程度的污染。以电磁轨道发射和电磁线圈发射为主要方式的电磁驱动技术可模拟引信发射过程中的高过载环境, 能够比较精确地控制引信受力情况及加速时间^[9-10], 但其工作过程中产生的磁场会对被试引信产生不利影响, 需要对被试引信采取电磁防护措施^[11], 增加试验装置的结构复杂程度。生产厂家目前采用非火药驱动的气体炮试验法使其解除后坐保险, 继而完成后续电参数检测, 即利用压缩状态下的氢气或氦气等轻质气体作为发射工质^[12], 驱动待发程控装置在炮管内加速, 并使待发程控装置获得与在火炮膛内发射时运动特征相似的后坐加速度。气体炮由气体加注系统、抽真空系统、发射系统、撞击回收系统、测控系统等组成^[13-15], 虽然可以在实验室内模拟出待发程控装置发射时所承受的后坐过载, 但其设备十分复杂、体积庞大, 有的炮管长达 40 m^[16]; 试验准备时间较长、测试过程繁琐; 试验成本高, 单发待发程控装置的试验费用接近万元; 试验

收稿日期: 2017-12-12; 修回日期: 2018-02-09

基金项目: 原总装通保部科研项目资助([2009]装通字 83 号)

作者简介: 崔平(1981-), 男, 讲师, 主要从事信息化弹药技术保障研究。e-mail: pingjing1981@163.com

噪声大,严重影响了厂区及其周围居民区的生活环境。

为改进待发程控装置检测试验方法,降低试验成本,本文基于电参数检测要求和试验对象结构特点提出了一种新颖的检测试验方法,通过对待发程控装置进行部分改装可在实验室内手动解除其后坐保险并完成相关电参数检测,进行了俄制与国产两种末制导炮弹待发程控装置的作用可靠性试验。

2 待发程控装置构造与作用原理

从结构上看,待发程控装置由延时装置和脉冲发生器两部分组成^[17],如图 1 所示。

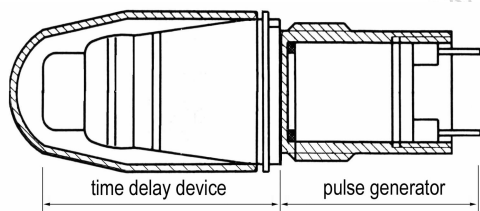


图 1 待发程控装置组成部分

Fig. 1 The constituent parts of programming control device for ready-to-fire

延时装置用于末制导炮弹制导系统的时间延迟,本质上是一个机械时间引信。其结构由本体、防护罩、装定机构、装定固定机构、钟表释放机构、发火机构、钟表机构等组成,如图 2 所示。其中装定机构由装定盘和秒针组成(见图 3),通过专用工具改变装定盘与秒针的相对角度实现时间装定。钟表释放机构由启动栓、启动栓销和启动栓簧组成。发射时,在后坐力作用下启动栓克服启动栓簧抗力,向下运动释放秒针,秒针在原动机作用下转动,钟表机构开始工作。延时装置作用时间取决于秒针相对于装定盘上特形孔的位置。当秒针与特形孔重合时,计时结束,秒针在秒针簧作用下弹起,释放发火机构的击针,击针在击针簧作用下快速戳击火帽,使火帽发火。

脉冲发生器由本体、感应器、插头、挡销等组成,如图 4 所示。感应器由衔铁、轭铁、筒状圆柱形磁体、格板、作动器、钢球等组成,其中衔铁与磁体、轭铁构成了一个半封闭空间,钢球、带孔格板和作动器在这个半密封空间内,而衔铁、格板和钢球构成一个反向阀,可防止作动器燃气进入钟表机构。针刺火帽点燃后,火焰通过传火道传至作动器并将其点燃,作动器作用后产生的高压气体在反向阀参与下将半密封空间密封,高压气体在密封空腔内做功,推动衔铁快速离开磁体,产

生正负两路脉冲电压,该电压作为启动信号,激活用于全弹控制系统供电的热电池并使惯性陀螺解锁。

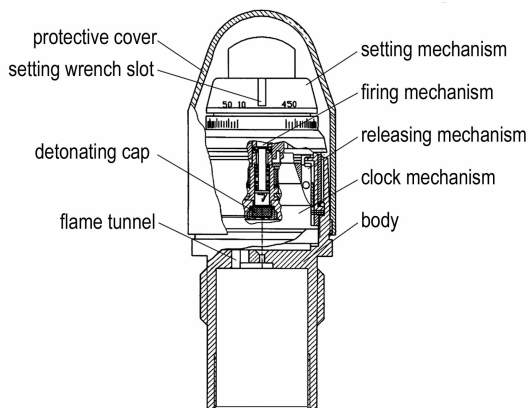


图 2 延时装置结构^[17]

Fig. 2 Structure of time delay device^[17]

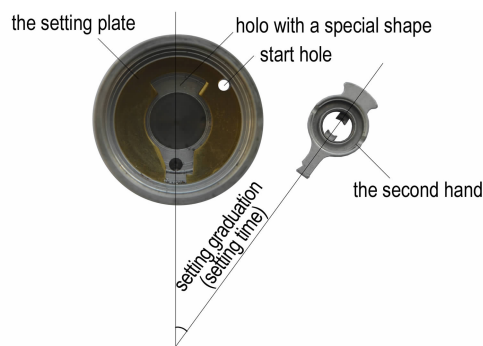


图 3 装定盘与秒针

Fig. 3 The setting plate and the second hand

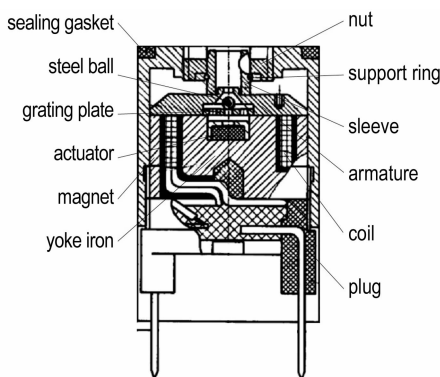


图 4 脉冲发生器结构^[17]

Fig. 4 Structure of pulse generator^[17]

3 试验

3.1 试验方法

摒弃利用空气炮动态检测待发程控装置的方法,通过对其装定机构进行结构改造,实现手动解除待发程控装置钟表机构保险,以静态检测方法代替现行动

态测试方法,使针刺火帽、作动器依次作用,并采集脉冲发生器产生的两路脉冲信号。

3.2 工具器材

主要包括:用于旋卸连接螺帽时固定待发程控装置的台虎钳;用于试验防护的自制防护箱;用于采集脉冲信号的 Agilent 54622A 型示波器;用于连接脉冲发生器触针与示波器的带线夹导线(红、黑、绿各 1 根);用于模拟惯性陀螺启动电作动器和热电池电点火头的等效电阻, $(3.5 \pm 0.35) \Omega$ 、 $(4.0 \pm 0.40) \Omega$ 各 1 个;用于测量电阻的 QJ41 型电雷管测量仪;秒表,测量误差不大于 0.1 s;用于将待发程控装置装定至所需分划的程装扳手,专用装定工具,见图 5a);用于旋卸防护罩的防护罩扳手,专用工具,见图 5b);用于旋卸装定机构使之与延时装置分离的装定机构旋卸工装,特制,见图 5c);与待测待发程控装置结合,并将其固定在试验台上的试验用风帽,借用结构,见图 5d);用于手动启动钟表机构的试验用装定机构,改装结构,见图 5e);启动启动栓的启动装置,特制, $\Phi 2 \text{ mm}$,长 15 cm;用于密封待发程控装置的木塞,尺寸与试验用装定机构上的启动孔相匹配。

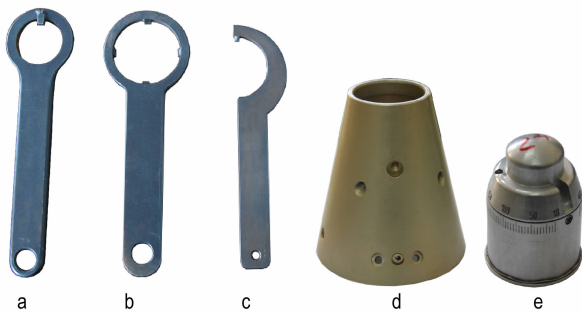


图 5 试验工装

Fig. 5 Test tools and devices

3.3 试验样品

1994 年生产、自然储存时间为 19 年的俄制“红土地”末制导炮弹待发程控装置 75 发;2001 年生产、自然储存时间为 12 年的某型国产末制导炮弹待发程控装置 20 发。

3.4 试验流程

根据可靠性试验设计,待发程控装置的静态试验流程如图 6 所示。图中“初始样品”是指从未制导炮弹控制舱上旋卸下来、未经改装的待发程控装置,“试验样品”是指经改装后可以通过人工启动的待发程控装置。

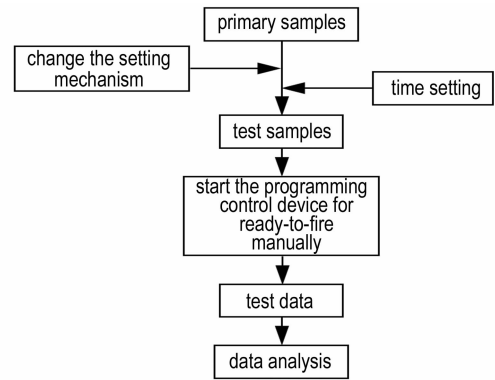


图 6 待发程控装置试验流程图

Fig. 6 Test flow chart of programming control device for ready-to-fire

(1) 试验样品准备

初始样品是经自然环境储存 19 年的末制导炮弹待发程控装置,如图 7 所示。卸下初始样品防护罩,如图 8a)所示,按照以下流程将初始样品改装为试验样品,具体操作如下:

a. 用一字改锥将初始样品的 3 个制动螺钉旋下,用装定机构旋卸工装小心拧下连接螺帽,取下装定机构,分别如图 8b、图 8c 和图 8d 所示。

b. 将试验用装定机构装入待发程控装置,并用原始连接螺帽连接好,如图 8e 所示。

c. 用装定扳手将组合好的待发程控装置装定到指定分划,如图 8f 所示。

时间装定好以后,将待发程控装置小心放置,防止跌落,至此初始待发程控装置已改装为试验待发程控装置。



图 7 末制导炮弹待发程控装置(自然储存 19 年)

Fig. 7 Programming control device for ready-to-fire of terminally guided projectile (normal storage for 19 years)

(2) 电参数静态测试

a. 将试验样品与试验用风帽连接在一起,置于准

备好的防护试验箱内。

b. 如图 9 所示脉冲发生器引脚定义及接线图,连接好等效电阻和测试用示波器的引线,其中 XP1 与 XP3 之间接(3.5±0.35) Ω 电阻,用以等效惯性陀螺启动电作动器的负载;XP2 与 XP3 之间接(4.0±0.40) Ω 电阻,用以等效热电池电点火头的负载。

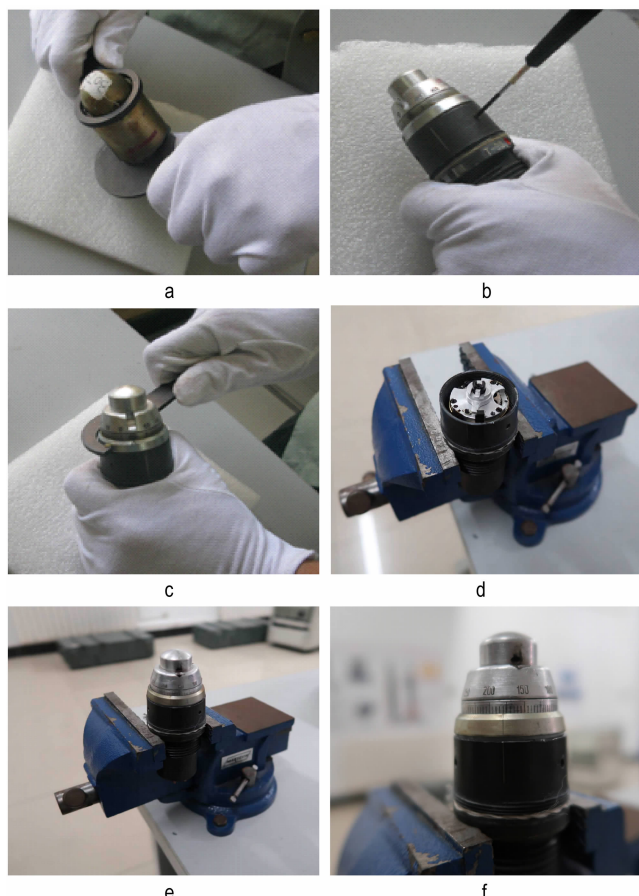


图 8 待发程控装置拆解顺序

Fig. 8 Decomposing order of programming control device for ready-to-fire

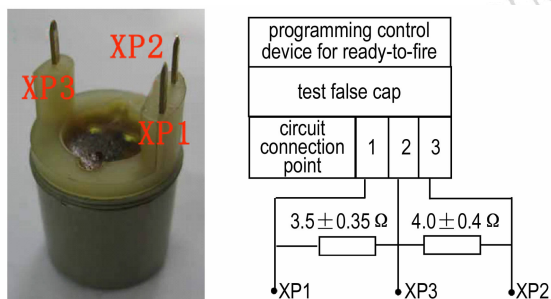


图 9 脉冲发生器引脚定义及接线图

Fig. 9 Pin definition and wiring diagram for pulse generator

- c. 将试验样品与试验仪器连接在一起。
- d. 通过启动孔用启动装置戳击启动栓,当听到钟

表机构转动的声音,秒表开始计时,同时立即拔出启动装置并用木塞塞紧启动孔,目的是为了创造密闭空间,防止火帽产生的燃气外泄,以保持足够的点火压力,形成作动器真实的点火环境。

e. 当听到火帽作用时的响声,秒表停止计时并记录秒表时间,同时记录下示波器上脉冲信号的相关信息。

综上所述,与工厂现行复杂的空气炮动态测试方法相比,本文提出的末制导弹待发程控装置作用可靠性试验方法,试验设备简单、试验效率高、可重复性好,可大幅降低试验费用,进而使得显著增加检测样本量成为可能,从而提高试验置信水平,降低对待发程控装置性能的误判率和修理部门完全换件维修的盲目性。按照目前生产厂家检验验收时所采取的抽样方案,即单批抽取检测样本量 4 发,年均生产 10 批粗略计算,每年仅抽样检测成本即可节约 40 万元左右。

4 试验结果及分析

待发程控装置制造与验收规范要求,从启动至脉冲信号输出瞬间的作用时间应为(30+2) s,接点 XP1-XP3 上应能测量到幅值不小于 8.0 V,持续时间不小于 1 ms 的负脉冲波形;接点 XP2-XP3 上应能测量到幅值不小于 8.0 V,持续时间不小于 1 ms 的正脉冲波形,如图 10 所示。试验分别对 25 发经自然环境储存 19 年、25 发经加速寿命试验至储存 22 年、25 发经加速寿命试验至储存 26 年的俄制待发程控装置样品以及 20 发经自然环境储存 12 年的国产某型末制导弹待发程控装置样品的测试结果进行了统计。

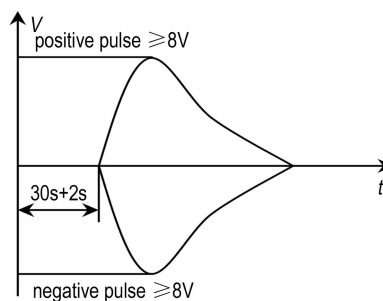


图 10 脉冲信号要求

Fig. 10 Requirements of pulse signals

图 11 为部分俄制待发程控装置脉冲发生器输出的脉冲信号波形,图 12 为部分国产待发程控装置脉冲发生器输出的脉冲信号波形。由图可见,俄制与国产待发程控装置分别采集到的两路脉冲信号极性相反;幅值在 15 V 左右,完全满足“不小于 8.0 V”的规

范要求;脉冲宽度也满足规范“不小于 1 ms”的要求。脉冲信号特征表明待发程控装置可正常激活热电池并可靠启动惯性陀螺。

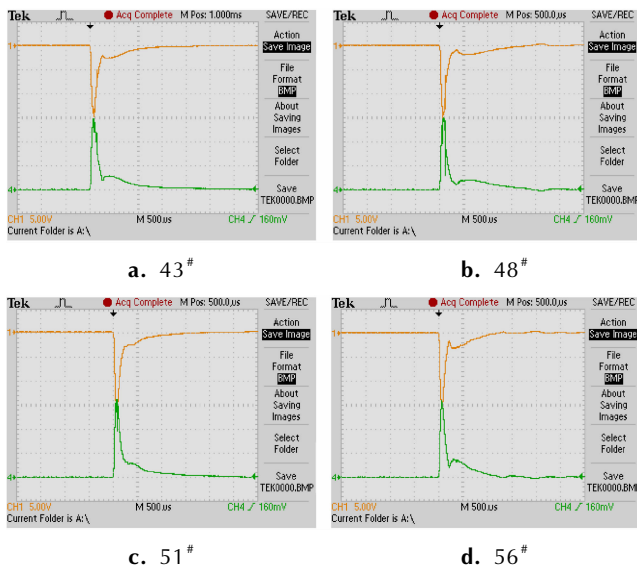


图 11 部分俄制待发程控装置脉冲发生器输出信号

Fig. 11 Partial output signals of Russian-made pulse generators of programming control device for ready-to-fire

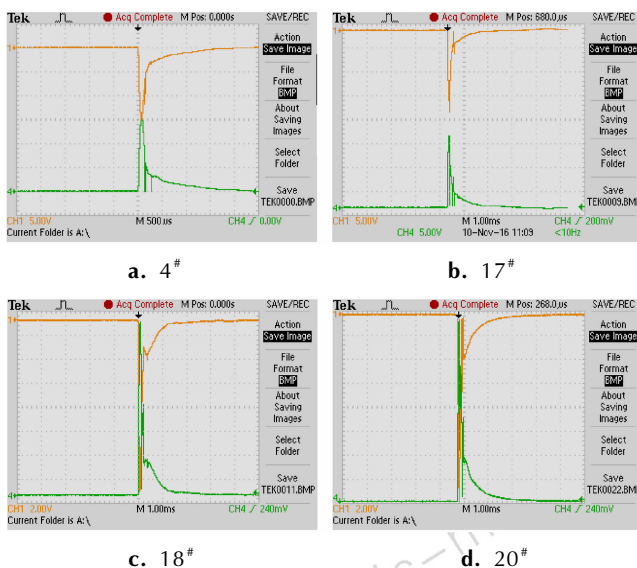


图 12 部分国产待发程控装置脉冲发生器输出信号

Fig. 12 Partial output signals of homemade pulse generators of programming control device for ready-to-fire

利用珠海前沿机电设备有限公司研制的引信安全性无损检测系统在 147 kV 条件下,对试验过程中未正常采集到脉冲信号的 2 个(15[#]、28[#])待发程控装置进行了 X 光无损检测。分析发现,15[#]待发程控装置,其延时装置中击针已释放并刺发针刺火帽,其脉冲发生器中作动器依然完整地嵌在轭铁中没有作用(如图 13

所示),28[#]失效待发程控装置情况类似。结合试验过程中针刺火帽作用时声音较小且比较沉闷的现象,判断 2 个待发程控装置针刺火帽火焰力因长储下降,无法正常点燃后续作动器,致使衔铁未能按照要求的速度移动并引起磁路变化,因此未能采集到两路脉冲信号。

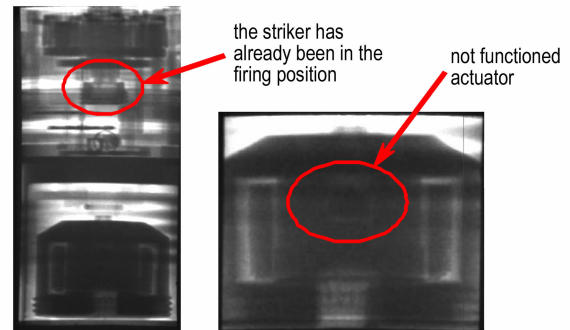


图 13 失效待发程控装置(15[#])X 光检测结果

Fig. 13 X-ray testing results of one failed programming control device for ready-to-fire (15[#])

为验证上述分析,将 15[#]、28[#]待发程控装置分解下的脉冲发生器(含未作用的作动器)与 2 发备用待发程控装置样品中的延时装置重新装配,利用前述同样的方法手动解除保险,测得的脉冲信号特征如表 1 所示,符合验收规范“幅值不小于 15 V、脉宽不小于 1 ms”的要求。

表 1 脉冲信号结果统计(重组)

Table 1 Result statistics of pulse signals(reorganization)

sample	positive pulse		negative pulse	
	amplitude /V	duration /ms	amplitude /V	duration /ms
76 [#] (15 [#])	16.1	1.9	16.0	1.9
77 [#] (28 [#])	15.0	1.6	15.0	1.6

试验过程及结果均表明,能否正确采集到启动热电池电点火头和惯性陀螺电作动器的两路脉冲信号,关键取决于针刺火帽能否正常作用并输出足够的火焰能量,进而可靠点燃推动衔铁运动的作动器。正常情况下针刺火帽是在密闭的延时装置腔体内部作用,火焰能量无外泄;而该试验方法的核心是对装定机构的结构改装,即在其特定位置人为钻取了启动孔,用于启动启动栓。试验开始后,如果不采取措施将启动孔可靠密封,计时时间到达后,针刺火帽作用产生的火焰能量部分外泄,将会严重影响作动器的可靠作用,此时无法判断该发样品试验结果不合格是因待发程控装置自

身性能下降造成还是因为其它因素造成。因此,启动孔在试验开始(计时开始)后必需利用特制木塞可靠密封并由试验箱盖压紧,防止火焰能量将其顶起造成点火能量泄露。

5 结 论

(1) 基于结构改装、手动解保的方法设计了一种待发程控装置电参数检测方法,取代了生产厂家传统的打空气炮的动态模拟试验方法,实现了降低试验成本、增加检测样本量、提高试验置信水平的目标。

(2) 应用该方法分别对 25 发经自然环境储存 19 年、25 发经加速寿命试验等效储存 22 年、25 发经加速寿命试验等效储存 26 年的俄制待发程控装置样品,以及 20 发经自然环境储存 12 年的国产某型未制导炮弹待发程控装置样品进行了电参数测试,结果表明,该方法简单、经济、可行、重复性好。按照单批抽取检测样本量 4 发、年生产 10 批粗略计算,年抽样检测成本可节约 40 万元左右。

(3) 本研究提出的待发程控装置电参数检测方法具有扩展应用的价值。某系列炮射导弹弹托中的感应部件,其功能、结构、作用原理^[18]与待发程控装置类似,弹托感应部件长储后的作用可靠性试验可借鉴本文提出的方法进行。

参考文献:

- [1] 崔平,文健,范志锋,等. 信息化弹药[M]. 北京:兵器工业出版社,2016:171-172.
- [2] 李石磊. 弹丸发射和着靶的过载特性及模拟方法研究[D]. 南京:南京理工大学,2008.
LI Shi-lei. Study on overloading characteristic and simulation method of projectile during firing and impacting[D]. Nanjing: Nanjing University of Science and Technology, 2008.
- [3] 王艳华,张景林. 火工装药过载加速度试验方法研讨[J]. 机械管理开发,2010,25(2):47-48.
WANG Yan-hua, ZHANG Jing-lin. Study on the method for initiating explosive overloading acceleration test [J]. *Mechanical Management and Development*, 2010, 25(2): 47-48.
- [4] 满晓飞,门士滢,马少杰,等. 空气击锤装置模拟硬目标侵彻实验方法[J]. 探测与控制学报,2016,38(3):90-93.
MAN Xiao-fei, MEN Shi-ying, MA Shao-jie, et al. Using air hammer device simulate hard target penetration process [J]. *Journal of Detection & Control*, 2016, 38(3): 90-93.
- [5] 门士滢. 高过载宽脉冲空气击锤设计及试验技术研究[D]. 南京:南京理工大学,2014.
MEN Shi-ying. Design of high over-loading and wide pulse air hammer and test technology research [D]. Nanjing: Nanjing University of Science and Technology, 2014.
- [6] 刘卫东,张国强. 空气击锤系统撞击规律的统计研究[J]. 弹道学报,1998(4):79-82.

- LIU Wei-dong, ZHANG Guo-qiang. Prediction study on shock acceleration for air hammer system [J]. *Journal of Ballistics*, 1998(4): 79-82.
- [7] 张翔宇,甘晓松,高波,等. 固体火箭发动机火箭橇过载模拟试验方法[J]. 固体火箭技术,2016,39(6):751-754.
ZHANG Xiang-yu, GAN Xiao-song, GAO Bo, et al. Rocketsled acceleration experiment method of SRM [J]. *Journal of Solid Rocket Technology*, 2016, 39(6): 751-754.
- [8] 赵继波,赵峰,谭多望,等. 火箭橇加载试验技术研究[J]. 爆炸与冲击,2007,27(6):572-576.
ZHAO Ji-bo, ZHAO Feng, TAN Duo-wang, et al. Research on load technique for rocket sled [J]. *Explosion and Shock Waves*, 2007, 27(6): 572-576.
- [9] 詹超,向红军,雷彬. 基于电磁驱动的引信动态模拟研究[J]. 装甲兵工程学院学报,2015,29(2):56-60.
ZHAN Chao, XIANG Hong-jun, LEI Bin. Research on fuze dynamic simulation based on electromagnetic coil launcher [J]. *Journal of Academy of Armored Force Engineering*, 2015, 29(2): 56-60.
- [10] 林琛. 基于电磁驱动的引信发射后坐与旋转双环境模拟技术研究[D]. 太原:中北大学,2017.
LIN Chen. Study of setback and spin environment simulation of fuze in launch process based on electromagnetic emission technology [D]. Taiyuan: North University of China, 2017.
- [11] 王文豪,毕世华,向红军. 电磁驱动式引信过载试验装置中的电磁防护研究[J]. 兵工学报,2016,37(5):909-915.
WANG Wen-hao, BI Shi-hua, XIANG Hong-jun. Electromagnetic shielding of overload experiment device for fuze based on electromagnetic driving technology [J]. *Acta Armamentarii*, 2016, 37(5): 909-915.
- [12] 李晓峰,王亚斌,吴碧,等. 侵彻弹药引信技术[M]. 北京:国防工业出版社,2016:170-173.
LI Xiao-feng, WANG Ya-bin, WU Bi, et al. Fuze of penetration ammunition [M]. Beijing: National Defence Industry Press, 2016: 170-173.
- [13] 杨清熙. 储存引信动态模拟及测试技术研究[D]. 石家庄:军械工程学院,2011.
YANG Qing-xi. Research of the dynamic simulation and test technology for the storage fuze [D]. Shijiazhuang: Ordnance Engineering College, 2011.
- [14] 陈家安,雷全新,江树吼,等. 真空炮研究[J]. 探测与控制学报,1999,21(3):35-41.
CHEN Jia-an, LEI Quan-xin, JIANG Shu-hou, et al. The research on a vacuum gun [J]. *Journal of Detection & Control*, 1999, 21(3): 35-41.
- [15] 仲伟君,赵晓利,齐杏林. 气体炮内弹道建模与发射环境模拟研究[J]. 动力学与控制学报,2005,3(1):62-66.
ZHONG Wei-jun, ZHAO Xiao-li, QI Xing-lin. Study of the modeling of the internal ballistic of a gas gun and launching environment simulation [J]. *Journal of Dynamics and Control*, 2005, 3(1): 62-66.
- [16] 夏正友,张河,陈家安. 一种非火药驱动气体炮内弹道模型及发射诸元协调[J]. 爆炸与冲击,1999,19(2):146-150.
XIA Zheng-you, ZHANG He, CHEN Jia-an. Optimization of ballistic models for a new kind of non powder gas gun projection [J]. *Explosion and Shock Waves*, 1999, 19(2): 146-150.
- [17] 刘朝阳. 未制导炮弹关键重件寿命评估与维修技术研究[D]. 石家庄:军械工程学院,2012.
LIU Chao-yang. Research on life-time estimation of vital subas-

semblies and maintenance technology of terminally guided projectile [D]. Shijiazhuang: Ordnance Engineering College, 2012.

[18] 范志锋, 齐杏林, 仲伟君, 等. 炮射导弹构造与作用原理[M]. 北京:兵器工业出版社, 2016: 45-46.

A New Reliability Test Method of Programming Control Device for Ready-to-fire of Terminally Guided Projectile

CUI Ping^{1,2}, YANG Yan-feng^{1,2}, WEN Jian^{1,2}, CUI Liang^{1,2}, LIU Chao-yang³, XU Jing-qing^{1,2}

(1. Department of Ammunition Engineering of Shijiazhuang Campus, Army Engineering University of PLA, Shijiazhuang 050003, China; 2. Military Key Laboratory for Ammunition Support and Safety Evaluation, Army Engineering University of PLA, Shijiazhuang 050003, China; 3. Teaching and Research Office of Nanjing Campus, Army Academy of Artillery and Air Defence Force, Nanjing 211132, China)

Abstract: Aiming at the problems about high cost, less sample size and low confidence during the reliability test of programming control device for ready-to-fire of terminally guided projectile performed by the dynamic simulation method using gas gun in industry at present, a new test method was put forward based on the test requirements of electrical parameter detection and structural characteristics of the tested objects. That is, the structural modification to the programming control device for ready-to-fire was carried out to realize the manual release of the setback arming device and complete the relevant electrical parameter detection in the laboratory. Reliability tests to 95 Russian-made and homemade programming control devices for ready-to-fire of terminally guided projectile in all were carried out. The electrical pulse signals of meeting the requirements were collected from pulse generators. The factors affecting the test results were analyzed and the solution measures were put forward. Results show that the tightness of manually start hole is an important factor affecting the action reliability of programming control device for ready-to-fire. After the fuze is started, the manually start hole should be reliably sealed by a special wooden plug to prevent the leakage of the flame energy. The experiment proves the feasibility and economy of this method. This method can be extended and applied to the detection of the electrical parameters of the sabot inductor of a gun-launched missile.

Key words: terminally guided projectile; programming control device for ready-to-fire; reliability; gas gun; test method

CLC number: TJ55; TJ410.6

Document code: A

DOI: 10.11943/j.issn.1006-9941.2018.07.013