

doi: 10.7690/bgzdh.2019.05.008

一种基于气动式末端控制的弹上行程开关测试方法

马洪霞, 李 珺

(中国人民解放军 92941 部队 42 分队, 辽宁 葫芦岛 125001)

摘要: 为了简化弹体行程开关测试, 精确控制导弹出筒的时间, 设计一种基于新型气动式末端控制的行程开关压紧装置。通过程序控制弹体行程开关的接通和断开, 发出模拟导弹出筒的信号, 利用行程开关压紧装置中的压缩气体通过气管作用到气缸上, 达到控制弹体行程开关接通或断开的目的; 同时通过测量弹体行程开关的阻值, 达到测试弹体行程开关的目的。试验结果表明: 该测试方法操作简单、可靠性高, 可减少人为操作带来的不确定因素, 提高测试系统的自动化程度。

关键词: 气动式末端控制; 行程开关压紧装置; LXI

中图分类号: TJ410.2 **文献标志码:** A

Test Method for Projectile Stroke Switch Based on Pneumatic End Control

Ma Hongxia, Li Jun

(No. 42 Team, No. 92941 Unit of PLA, Huludao 125001, China)

Abstract: In order to simplify the test of the projectile up stroke switch and control the time of the projectile exit, a new pneumatic end control stroke switch compression device is designed. Through the program to control the connection and disconnection of the projectile stroke switch, the signal of simulating the projectile's exit tube is issued, and the compressed gas in the stroke switch compression device is used to act on the cylinder through the trachea to achieve the purpose of controlling the switch of the projectile stroke switch connection and disconnection. At the same time, by measuring the resistance of the projectile stroke switch, the purpose of testing the projectile stroke switch is achieved. The test results show that the test method is simple and reliable. It can reduce the uncertainty caused by human operation and improve the degree of automation of the test system.

Keywords: pneumatic end control; stroke switch compression; LXI

0 引言

导弹在飞行过程中通常需要按照时序要求执行相应操作, 比如发动机点火、级间分离、导航制导计算、姿态控制等, 飞行过程中所有要完成的动作和任务都必须以飞行零点为基准, 通常该基准来自于导弹出筒信号; 因此, 在导弹飞行时序地面测试过程中, 确保飞行时间零点准确发出成为测试流程的关键环节^[1]。

导弹出筒信号通常来源于弹体上安装的行程开关, 通过其接通与断开来区分导弹是否起飞。在导弹出筒信号测试过程中, 测试人员需要认真倾听指挥人员的口令, 并在极短的时间内(通常不超过 2 s)完成行程开关的接通动作。接通时间提前或者延迟都会造成飞行时序紊乱, 不能真实模拟实际发射飞行的试验状态。该操作对测试人员之间的密切配合和快速动作要求极高, 稍有不慎就会导致检查测试失败, 不仅造成了人力资源和时间成本的严重浪费, 而且出筒信号测试结果一致性较差^[2]。

为了降低测试时人员协同的难度, 减少失误次数, 达到精确控制出筒时间的目的^[3], 笔者设计了一种基于新型气动式末端控制的行程开关压紧装置。该装置可以通过程序控制弹体行程开关的接通和断开, 更好地发出模拟导弹出筒的信号, 减少人为操作带来的不确定因素。

1 方案设计

新型气动式末端控制的行程开关压紧装置通过以太网总线与通用测控单元进行交互通信, 控制总线以网络交换机为核心, 采用星型拓扑结构互联, 传输层与网络协议采用 UDP 协议, 协议报文中字段格式遵从网络字节顺序(big-endian), 多字节字段高字节先发送, 低字节后发送^[4-5]。

行程开关压紧装置通过附件与弹体行程开关末端相连。标准接头和双路气管连接到气缸组件, 当气路接通时, 气缸内的活塞杆被推出, 使行程开关压紧; 当气路断开时, 气缸内的气体通过气管、电磁阀排气口排出至空气中, 行程开关恢复初始状态。

收稿日期: 2018-12-11; 修回日期: 2019-03-27

作者简介: 马洪霞(1970—), 男, 辽宁人, 硕士, 高级工程师, 从事导弹武器装备试验鉴定研究。

行程开关末端是一个类似阻性弹簧的物体^[6]，需要有一定的压力才能将其压缩，压缩代表行程开关断开，释放代表行程开关接通。气泵压缩空气进入气瓶，气瓶中的气压首先通过减压阀进行气压调节，当开关压紧装置接收到通用测控单元发送的动作指

令后，控制电路控制电磁阀的接通或断开，最后通过气管作用到气缸上，从而达到控制弹体行程开关接通和断开的目的。通用测控单元控制多路开关板卡进行通道切换，万用表卡测量行程开关接通与断开时的阻值。系统测试原理如图 1 所示。

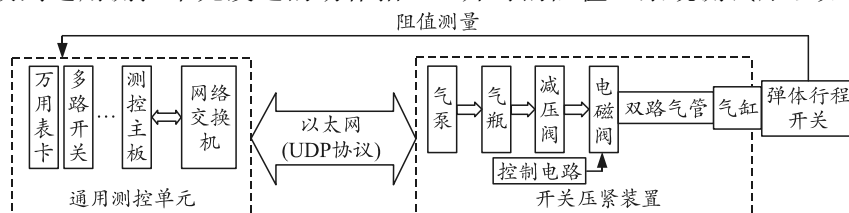


图 1 测试原理

2 工作原理

该新型气动式末端控制的行程开关压紧装置是测试环节中的核心部件，开关压紧装置上电后，气泵的启停控制电路开始工作，自动开始压缩空气，并将压缩的空气存储至气瓶中，根据气瓶压力自动控制气泵的启动与停止。当气瓶压力升至 0.7 MPa 时，气泵自动停止工作，当气瓶中的压力降至 0.5 MPa 时，气泵自动启动，重新开始工作，如此循环往复。气瓶对外输出需要经过减压阀进行压力调节，将气压始终维持在一个恒定值，使得对外输出一直为稳定的压力值。电磁阀类似电磁继电器，由直流 27 V 供电，供电电流小于 50 mA，动作迅速，可靠性高。控制电路控制电磁阀的接通与断开^[7]。如图 2 所示，当接收到通用测控单元发送的断开指令后，恒定的气压通过气管传输到气缸组件上。气压推动气缸中的活塞杆作用到行程开关末端，通过公式 $F = pS$ ，其中， $p = 0.45 \text{ MPa}$ ， $S = \pi r^2$ ， $r = 0.02 \text{ m}$ ，可以估算出作用到活塞杆上的压力大概为 565 N，只要行程开关末端承受的压力小于该值，活塞杆就可以稳定地压缩形成开关末端，模拟行程开关断开。同理，当接收到通用测控单元发送的接通指令后，气缸内的气体通过气管、电磁阀排气口排出至空气中，气缸组件中的活塞杆释放行程开关末端，模拟行程开关接通。通用测控单元通过测量弹体行程开关的阻值，验证行程开关接通与断开是否动作到位，从而达到测试弹体行程开关的目的^[8]。

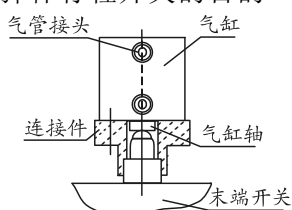


图 2 气缸组件结构

2.1 模拟行程开关接通流程

- 1) 上电后，行程开关压紧装置气压维持在 0.5~0.7 MPa；
- 2) 通用测控单元通过 UDP 协议发送设备在线查询指令；
- 3) 通用测控单元发送“行程开关接通”指令；
- 4) 行程开关压紧装置控制电磁阀断开，并应答“电磁阀断开好”指令；
- 5) 通用测控单元延时 0.5 s，测量弹体行程开关阻值；
- 6) 判断行程开关接通阻值是否正常。

2.2 模拟行程开关断开流程

- 1) 上电后，行程开关压紧装置气压维持在 0.5~0.7 MPa；
- 2) 通用测控单元通过 UDP 协议发送设备在线查询指令；
- 3) 通用测控单元发送“行程开关断开”指令；
- 4) 行程开关压紧装置控制电磁阀接通，并应答“电磁阀接通好”指令；
- 5) 通用测控单元延时 0.5 s，测量弹体行程开关阻值；
- 6) 判断行程开关断开阻值是否正常。

2.3 行程开关压紧装置的安全性设计

作为网络节点中的关键环节，在设计气动式末端控制的行程开关压紧装置时，不仅充分考虑了功能实现，还对其安全性和可靠性进行了设计。气泵和气瓶之间的管路上安装有单向阀，气体只能由气泵向气瓶方向流动，反之则不行，防止气泵停止工作时因气体倒流而漏气。开关压紧装置安装有安全阀，当气瓶压力超过安全阀设定的安全压力时，安全阀自动向外排气，避免气瓶压力过高而爆裂。为

了保护弹体行程开关末端不被气缸中的活塞杆因为压缩过量而损坏,设计时采用机械限位方式,限定了气缸中的活塞杆最大行程为 12 mm,设计指标完全符合弹体行程开关的行程动作距离要求。

3 试验测试与验证

采用气动式控制电路实现机械运动的方法在工业现场已经广泛使用,方法简单可靠。现在该测试方案已经在某导弹武器型号中得到应用,按照图 1 的工作原理,笔者设计了一套具有 LXI 总线通信接口的测控单元。基于局域网的模块化测试平台标准,该测控单元融合了 GPIO 仪器的高性能、PXI 仪器的小体积以及 LAN 的高吞吐量等特点,利用 PC 机标准 I/O 接口、友好的人机交互功能,实现通用测控单元对其他网络节点的有效控制。

该测试系统在试验过程中取得了良好的效果:使用该测试系统之前,行程开关操作需要多名测试人员熟练配合,但仍无法避免偶然出现的误操作;使用该方案后,行程开关操作完全由程序控制,测试人员不需要任何操作,提高了系统的测试一致性。

4 结论

笔者设计了一种气动式末端控制的行程开关压紧装置。该装置一端与通用测控单元通过以太网总线进行交互通信,另一端通过标准接头和气管连接

到气缸组件,气缸组件中的活塞杆作用到弹体行程开关。通用测控单元通过内部万用表卡分时测量弹体行程开关接通与断开时的阻值,从而达到测试弹体行程开关的目的。

试验结果表明:该测试方法减少了人为操作带来的不确定性和误操作,具有操作简单、动作灵敏、可靠性高、一致性好的特点,不仅减少了人力资源和时间成本的浪费,而且提高了测试系统的自动化程度,具有良好的经济效益。

参考文献:

- [1] 王琦. 新一代仪器总线标准—LXI[J]. 综合评述, 2007, 27(2): 4-6.
- [2] 郑忠云. 浅谈 PXI 技术[J]. 仪器仪表标准化与计量, 2005(5): 21-22.
- [3] 宋真君. 基于工业以太网的分布式控制系统的通信研究[J]. 厦门大学学报, 2001(S1): 269-273.
- [4] 申军. 基于 chirp 信号的导弹伺服机构动态测试系统[J]. 兵工自动化, 2018, 37(4): 28-30.
- [5] 周晓兵. 以太网在工业自动化领域的应用现状和发展前景[J]. 自动化仪表, 2001(10): 3-6, 18.
- [6] 张皓. 导弹武器系统总体一体化设计中的模型集成研究[J]. 系统仿真学报, 2003(8): 1155-1157, 1168.
- [7] 崔吉俊. 火箭导弹测试技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 1999: 13-98.
- [8] 娄宇, 欧阳晓峰. 基于 PXI 总线的导弹测试系统设计[J]. 计算机测量与控制, 2015(3): 828.