

某型末制导炮弹控制舱贮存加速寿命试验 应力研究

徐进欣, 王金柱, 范志锋

(军械工程学院, 石家庄 050003)

摘要: **目的** 研究某型末制导炮弹控制舱贮存加速寿命试验应力类型。**方法** 在明确某型末制导炮弹控制舱结构特征的基础上, 逐一对各组件进行失效模式及失效机理分析, 归纳出影响控制舱失效的主要应力类型。**结果** 影响末制导炮弹控制舱贮存可靠度的主要环境应力是温度和湿度。**结论** 选取温度做单应力加速寿命试验。

关键词: 控制舱; 加速应力; 失效分析; 贮存寿命

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2016.05.014

中图分类号: TJ410.1

文献标识码: A

文章编号: 1672-9242(2016)05-0088-04

Study on Accelerated Storage Life Testing Stress of Control-Capsule of Terminally Guided Projectile

XU Jin-xin, WANG Jin-zhu, FAN Zhi-feng
(Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China)

ABSTRACT: Objective To study the type of accelerated storage life testing stress of control-capsule of terminally guided projectile. **Methods** Based on determining the structural characteristics of terminally guided projectile control-capsule, the failure mode and mechanism were analyzed one by one on each component. And main stress types that influenced control-capsule failure were summarized. **Results** The main types of storage environment stress leading to component failure were temperature and humidity. **Conclusion** Temperature is applied for single stress accelerated life test.

KEY WORDS: control-capsule; accelerated stress; failure analysis; storage life

某型末制导炮弹的控制舱集光、电、机于一体, 结构复杂, 区别于其他常规弹药, 其贮存环境条件要求高, 对贮存可靠性要求也更加苛刻。自然贮存实验法的试验数据最为实际、也最为准确, 但由于耗时过长, 不能适应新型弹药的发展需要^[1]。为此, 提出用加速寿命试验方法, 在较短的时间内, 推断出其在正常应力水平下的可靠性特征和失效分布, 预测出其贮存寿命。

目前的贮存加速寿命试验主要集中于元器件级、材料级等常规弹药元件的单一失效机理研究^[2-3], 而某型末制导炮弹控制舱结构复杂, 存在多个失效机理, 加之缺乏历史故障信息的资料积累, 造成在选取加速应力时比较困难, 很难确定何种应力在贮存状态下对产品的失效起主导作用^[4]。为此文中着重对控制舱贮存加速寿命试验的主要应力类型进行了分析。

收稿日期: 2016-05-26; 修订日期: 2016-06-14

Received: 2016-05-26; Revised: 2016-06-14

作者简介: 徐进欣(1992—), 男, 湖南常德人, 硕士, 主要研究方向为弹药保障与安全技术。

Biography: XU Jin-xin(1992—), Male, from Changde, Hunan, Master, Research focus: ammunition support and security technology.

1 结构特征

1.1 主要部组件及功能

某型末制导炮弹的控制舱由鼻锥部、导引头、自动驾驶仪组成^[5]。鼻锥部用于末制导炮弹在贮存、勤务处理及发射过程中保护导引头的光学部件,消除导引头光电接收器可能受到的背景噪声干扰,降低弹丸在非制导段上的迎面阻力系数,按时启动整个制导弹丸的工作程序,并按预定程序适时与导引头分离,主要由待发程控装置、风帽、电爆管、鼻锥装药、活塞等组成^[6];自动导引头用于在弹道末段形成将制导弹丸导向目标的控制信号,结构上由带滤光镜的球面整流罩、位标器和电子舱组成;自动驾驶仪用于接收并处理来自自动导引头的控制信号和弹上惯性陀螺提供的重力补偿信号,进而将其转换成驱动装置的控制指令,控制弹丸按一定的导引规律飞行并攻击目标,主要由驱动装置、惯性陀螺、电源装置和电子部件等组成。

1.2 可靠性框图

由某型末制导炮弹的构造组成、工作时序以及

失效分析可知,控制舱的可靠性结构为串联型。其可靠性框图如图 1 所示。

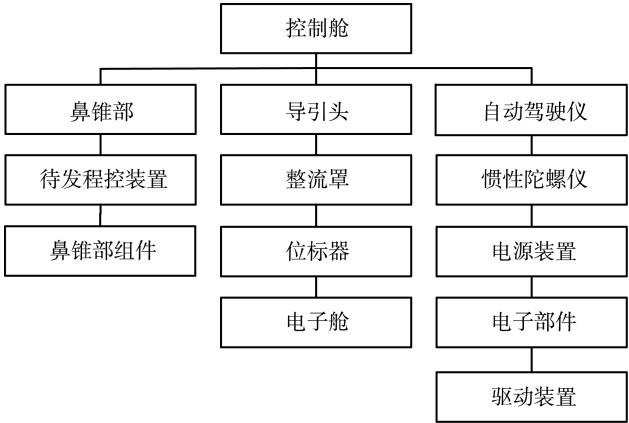


图 1 某型末制导炮弹控制舱可靠性框图
Fig.1 Reliability chart of terminally guided projectile

2 失效模式分析

结合常规弹药和导弹的失效分析,对照某型末制导炮弹控制舱可能出现的故障,依据可靠性框图中的部组件,对其功能、失效模式、失效原因、失效影响等问题的研究以 FMECA 列表的形式进行分析,分析结果见表 1。

表 1 部组件 FMECA 表
Table 1 FMCEA for the components

序号	零件名称	功能	失效模式	失效原因	失效影响
1	待发程控装置	适时对弹上电池和惯性陀螺点火	不能产生点火脉冲,点火脉冲时机不当或电压不足	钟表机构、发火机构功能失效,火帽、作动器点火能力下降	电池点火和陀螺解锁失败,功能和精度下降
2	鼻锥部组件	保护光学部件	鼻锥部抛撒延迟或失败	无法启动热电池和惯性陀螺,不能接受目标信号	射程降低,精度下降
3	整流罩	选择光谱,会聚激光	捕获目标失败	滤光镜涂层被破坏	比例导引能力下降,不能保证视场角和映射目标
4	位标器	控制陀螺运动;保证物镜光轴与视线方向一致 ^[7] ;接收激光	陀螺解锁失败,光电接收器输出电压下降	21 号电作动器推力下降,光电二极管功能下降,放大器故障	比例导引能力下降或功能失效
5	电子舱	处理光电传感器信号,接受并处理过重力补偿信号,形成控制信号	控制信号偏差或失常	电参数漂移,电子部件失效	比例导引能力下降或失效
6	惯性陀螺仪	测量弹道倾角,产生控制信号	解锁失败,阻值偏差,陀螺仪漂移值异常	22 号电作动器推力下降,传感器表面氧化	惯性的导引功能下降或失效
7	电源装置	为自动驾驶仪、引信和导引头供电	供电电压不足,不供电	待发程控装置故障,陀螺解锁失败,电子部件、电池故障	弹上用电器工作能 力下降或功能失效 ^[8]
8	电子部件	逻辑处理和放大信号	电参数漂移,无输出信号	功率放大器电参数漂移,开关电路断路	控制力下降
9	驱动装置	将控制信号转换成舵偏角,驱动舵面偏转,控制和稳定炮弹飞行	不能开启气瓶,工作时间不足,舵面无法解锁	电爆管失效,气瓶密封性差	控制、导引能力下降

3 失效机理及主要影响应力分析

某型末制导炮弹的控制舱由多种类型部件组成,组成的部组件结构复杂,失效机理不同于常规弹药,在对某型末制导炮弹控制舱进行贮存失效分析的基础上,分析每个部件失效的主要影响应力和失效机理^[9]。为了便于分析,将这些部件分为火工品部件、光电部件和精密机械部件^[10],见表2。

表2 部件分类及组成

Table 2 Classification and contents of components

部件名称	元器件名称
火工品部件	待发程控装置、热电池、鼻锥部装药、电爆管、点火具、点火药盒
光电部件	电子舱、光电接收器、电源装置、电子部件
精密机械部件	位标器陀螺、惯性陀螺

火工品部件的失效模式主要包括:电爆管压敏值下降;作动器推力下降;热电池的绝缘电阻不合格。压敏电压值下降主要是由于压敏电阻器自身性能老化导致的,湿度也是引起压敏电压下降的另一个主要影响因素^[11];作动器由管壳、作动帽和点火管组成,位于导引头内,作动器推力下降主要是在导引头装配过程中被陀螺油污染,降低了药剂输出性能所致^[12];热电池绝缘电阻不合格的主要原因是工艺因素,产品在装配和周转过程中受潮,检测时空气湿度大,热电池贮存一段时间后,绝缘电阻增大是内部水分被电解质吸收造成的^[13]。因此,温、湿度应力和机械应力(振动与冲击等应力)、污染是引起火工品部件失效的主要环境应力。

光电部件的主要失效模式分为三类:滤光镜涂层被破坏和壳体破损;光电二极管功能下降,放大器故障;光电转换功能失效。其中滤光镜涂层被破坏和壳体破损主要是机械应力、锈蚀或热应力膨胀造成的;光电转换功能失效主要是冲击应力和热应力造成;而放大器的失效主要是电阻器、电容器等电子元器件因温湿度积累发生物理化学反应造成的;温、湿度和霉菌等产生雾气或污染引起光学镜片的光学性能变差;电磁脉冲可击穿电子部件^[14],光电接收器受到阳光照射也会引起有机材料的老化。因此,温、湿度应力、机械应力、霉菌和电磁

机械部件的失效模式主要包括:机械应力使陀螺仪质心发生位移;金属零件锈蚀。位标器陀螺的转轴和惯性陀螺的转子部件由于被腐蚀,摩擦力矩增大而超限;接触片式角度传感器接触片的腐蚀,影响各接触片在不同偏角时输出信号,不能给舵机正确分配信号。因此,温、湿度应力、机械应力和腐蚀是引起机械部件失效的主要环境应力。

综上所述,控制舱各部件的主要影响应力,见表3。经分析可知,影响末制导炮弹控制舱可靠性的主要环境应力是温度、湿度及机械应力。考虑到试验实现的难易程度以及试验研究对象为贮存条件下的某型末制导炮弹控制舱部件,温、湿度是其主要影响应力。因此笔者认为应首选温度和湿度作为加速寿命试验的加速应力,但由于目前对湿度应力的加速规律,特别是双应力交变作用的加速规律的认识尚不充分^[15],且某型末制导炮弹自身及包装密封特性较好,对湿度应力不是很敏感。因此,可选择温度做单应力加速试验,湿度固定在65%。

表3 各部件的主要影响应力

Table 3 Main influential stress of components

应力种类 部件名称	温度	湿度	机械	霉菌	电磁	污染	腐蚀
火工品部件	●	●	●	○	○	●	○
光电部件	●	●	●	●	●	○	○
机械部件	●	●	●	○	○	○	●

注:●表示主要影响应力;○表示无影响或可忽略的应力。

4 结语

文中运用逐层分析、归纳总结的方法,确定了某型末制导炮弹控制舱贮存加速寿命试验应力类型,为类似产品的加速寿命试验应力的选取方法提供了参考。随着高可靠性、长寿命新型弹药产品的不断更新换代,为快速、准确地评价产品在实际贮存环境中的可靠性水平,今后应进一步加强对综合应力水平加速寿命试验的研究。

参考文献:

- [1] 赵东华,张怀智,郭胜强,等.基于灰色模型的某型末

- 制导弹药贮存寿命预测[J]. 装备环境工程, 2011, 8(6): 28—30.
- ZHAO Dong-hua, ZHANG Huai-zhi, GUO Sheng-giang, et al. Prediction of Terminal Guided Projectile Storage Life Based on Gray Model[J]. Equipment Environmental Engineering, 2011, 8(6): 28—30.
- [2] 张春华, 温熙森, 陈循. 加速寿命试验技术综述[J]. 兵工学报, 2004, 25(4): 485—490.
- ZHANG Chun-hua, WEN Xi-sen, CHEN Xun. A Comprehensive Review of Accelerated Life Testing[J]. Acta Armamentarii, 2004, 25(4): 485—490.
- [3] 葛广平. 我国加速寿命试验研究的现状与展望[J]. 数理统计与管理, 2000, 19(1): 25—28.
- GE Guang-ping. An Outline and Outlook on the Research of Accelerated Life Tests in China[J]. Application of Statistics & Management, 2000, 19(1): 25—28.
- [4] 郝冲, 许路铁, 俞卫博, 等. 某灵巧弹药红外敏感器部件贮存加速寿命试验应力的研究[J]. 装备环境工程, 2012, 9(4): 23—26.
- HAO Chong, XU Lu-tie, YU Wei-bo, et al. Study on Accelerated Storage Life Testing of Infrared Sensor Component of Smart Ammunition[J]. Equipment Environmental Engineering, 2012, 9(4): 23—26.
- [5] 徐敬青, 齐杏林, 李宁. 某型末制导炮弹检测弹的方案设计[J]. 四川兵工学报, 2008, 29(4): 37—38.
- XU Jing-qing, QI Xing-lin, LI Ning. Design of precept for Terminal Guided Projectile Testing[J]. Journal of Sichuan Ordnance, 2008, 29(4): 37—38.
- [6] 齐杏林, 王卫民, 范志锋, 等. 高新技术弹药武器系统[M]. 石家庄: 军械工程学院, 2007: 19—20.
- QI Xing-lin, WANG Wei-min, FAN Zhi-feng. The High-tech Ammunition Weapon System[M]. Shijiazhuang: Ordnance Engineering College, 2007: 19—20.
- [7] 刘敏. 某型激光导引头光电系统建模与测试方法研究[J]. 光学技术, 2008, 34(2): 189—194.
- LIU Min. Research of the Hardware-in-the-loop Simulation System for Laser Seeker[J]. Optical Technique, 2008, 34(2): 189—194.
- [8] 刘建平. 激光末制导炮弹故障分析[J]. 弹箭与制导学报, 2007, 27(5): 125—127.
- LIU Jian-pin. Failure Analysis for Laser Terminal Guided Projectile[J]. Journal of Projectiles, Rockets, Missiles and Guidance, 2007, 27(5): 125—127.
- [9] 穆希辉, 牛跃听, 马小兵. 高过载条件下弹载控制系统贮存寿命研究展望[J]. 装备环境工程, 2015, 12(3): 115—120.
- MU Xi-hui, NIU Yue-ting, MA Xiao-bing. Prospection on Storage Life of Missile-borne Control System under High Overload[J]. Equipment Environmental Engineering, 2015, 12(3): 115—120.
- [10] 刘朝阳. 末制导炮弹关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 Assessment and Maintenance Technology of Terminal Guided Projectile Component[D]. Shijiazhuang: Ordnance Engineering College, 2012.
- [11] 涂小镇, 韦兴文, 王培, 等. 电爆管失效模式及影响因素研究[J]. 含能材料, 2012, 20(1): 117—119.
- TU Xiao-zhen, WEI Xing-wen, WANG Pei, et al. Failure Modes of Electric Squib and Its Effect Factor[J]. Chinese Journal of Energetic Materials, 2012, 20(1): 117—119.
- [12] 华琦, 王海军, 徐志军. 某型号导引头用电作动器推力下降原因分析[J]. 火工品, 2010(2): 12—14.
- HUA Qi, WANG Hai-jun, XU Zhi-jun. Analysis of Thrust Decline of Electric Actuator Used in Seeker[J]. Initiators & Pyrotechnics, 2010(2): 12—14.
- [13] 李玉民. 影响热电池电性能的因素[J]. 探测与控制学报, 2011, 23(3): 45—46.
- LI Yu-min. Factors of Affecting Electric Characteristics of Thermal Battery[J]. Journal of Detection & Control, 2011, 23(3): 45—46.
- [14] 钟伟君, 赵晓利, 李德胜. 弹药类产品中电子元器件的失效分析[J]. 电子元器件应用, 2004, 6(7): 11—13.
- ZHONG Wei-jun, ZHAO Xiao-li, LI De-sheng. Fault Analysis on Electronic Components and Devices in Ammunition Products[J]. Electronic Component & Device Applications, 2004, 6(7): 11—13.
- [15] 宣兆龙, 程泽, 刘亚超. 红外敏感器加速寿命试验方法研究[J]. 装备环境工程, 2012, 9(6): 44—47.
- XUAN Zhao-long, CHENG Ze, LIU Ya-chao. On Accelerated Life Test Method of High-power Infrared Sensor[J]. Equipment Environmental Engineering, 2012, 9(6): 44—47.