

末制导炮弹修理元件寿命试验方法研究

范志锋, 王金柱, 徐敬青, 仲伟君

(军械工程学院 弹药工程系, 石家庄 050003)

摘要: 从确保修理的经济性、修后的储存寿命角度考虑, 确定了需要开展寿命试验的末制导炮弹元件。在此基础上, 提出了末制导炮弹不可重复测试元件和可重复测试元件寿命试验方法; 综合权衡试验费用和试验精度, 给出了修理元件寿命试验的有关建议。

关键词: 末制导炮弹; 寿命试验; 修理元件

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2016.04.010

中图分类号: TJ410

文献标识码: A

文章编号: 1672-9242(2016)04-0062-04

Life Test Methods for the Repaired Components of Terminal Guided Projectile

FAN Zhi-feng, WANG Jin-zhu, XU Jing-qing, ZHONG Wei-jun

(Department of Ammunition Engineering, Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China)

ABSTRACT: This work ascertained terminal guided projectile components that should have a life test from the point of view of economical efficiency of repair and storage life after repair. On this basis, it proposed the life test methods for the components of terminal guided projectile that could and could not be repeatedly tested. It presented relevant advice for the life test of repaired components by comprehensively balancing the test cost and the test accuracy.

KEY WORDS: terminal guided projectile; life test; repaired components

末制导炮弹是将制导技术、光电技术等相关技术应用到常规炮弹上而产生的一种高技术制导弹药^[1-2]。其结构复杂、设计储存寿命相对较短。对达到设计储存寿命的末制导炮弹, 若没有开展有效的质量监测工作, 只能送厂进行修理。现行的末制导炮弹修理时, 通常按照传统通用弹药维修的经验, 对部分元件全部进行更换, 部分元件参照生产厂家交验要求抽取一定数量进行检测, 若不合格则全部进行更换, 若合格, 则继续使用原弹上的元件。上述末制导炮弹修理模式存在的主要问题是: 一方面, 元件的更换存在盲目性; 另一方面, 无法获得

修理后末制导炮弹储存寿命的相关数据。

文中以待修末制导炮弹修理更换元件为研究对象, 探讨其储存寿命试验方法, 为科学开展末制导炮弹的修理工作提供依据。

1 末制导炮弹修理元件分析

1.1 现行修理方法^[3]

大修厂在开展末制导炮弹修理时, 对全弹拆解后, 对其中的元件主要进行以下三种形式的修理。

收稿日期: 2016-03-04; 修订日期: 2016-04-06

Received: 2016-03-04; Revised: 2016-04-06

作者简介: 范志锋(1978—), 男, 湖北武穴人, 副教授, 博士, 研究方向: 信息化弹药技术保障的研究。

Biography: FAN Zhi-feng(1978—), Male, from Wuxue, Hubei, Associate professor, Doctor, Research focus: Technical support of information ammunition.

1) 全部更换修理元件。包括鼻锥部中的鼻锥装药、A 号电爆管、导引头中的 B 号电作动器、助推发动机中的 C 号燃发式延期点火具、D 号点火药盒、E 引信等。这类元件从弹上拆卸下来后, 全部采用新品进行更换修理。

2) 视情更换修理元件。包括鼻锥部中的待发程控装置、导引头(不含 B 号电作动器)、自动驾驶仪中的惯性陀螺、驱动装置、热电池、电子部件、助推发动机中的发动机装药等。这类元件采取抽样或全数检测, 根据检测结果决定是否更换。其抽样数量一般参照生产厂交验规范来确定, 无论是对修理方还是使用方, 都存在较大风险。例如, 鼻锥部和驱动装置中都含 A 号电爆管, 鼻锥部中 A 号电爆管进行了 100% 更换, 而驱动装置只抽取了一定数量进行点火试验, 没有充分验证 A 号电爆管的性能。

3) 不更换元件。主要是储存寿命较长的战斗部装药。战斗部装药采用的是成熟技术, 直接使用原待修末制导炮弹上的战斗部装药能够确保修理后的储存寿命要求。

1.2 待试验修理元件

从确保修理的经济性、修后的储存寿命角度考虑, 迫切需要对全部更换修理元件和视情更换修理元件开展寿命试验研究。主要包括以下几种类型。

1) 火工品类元件。包括鼻锥部中的 A 号电爆管、导引头中的 B 号电作动器、助推发动机中的 C 号燃发式延期点火具、D 号点火药盒、自动驾驶仪中的热电池等, 这类元件不能进行重复测试。

2) 装药类元件。包括鼻锥部中的鼻锥装药和助推发动机中的发动机装药, 这类元件不能进行重复测试。

3) 引信类元件。包括鼻锥部中的待发程控装置和 E 引信, 这类元件不能进行重复测试。

4) 机电(电子)类元件。包括自动驾驶仪中的惯性陀螺(不含火工品)、驱动装置(不含火工品)、电子部件, 这类元件能进行重复测试。

2 修理元件寿命试验

2.1 不可重复测试元件

对于火工品类、装药类、引信类不可重复测试

元件, 若要准确测定其满足设计指标要求的储存寿命, 需要消耗大量样本, 同时试验费用也难以承受。对于修理来说, 只需要保证修后末制导炮弹满足规定储存寿命(如 5 年)即可满足修理要求。因此, 对于末制导炮弹不可重复测试元件, 按下列步骤开展寿命试验。

1) 从待修末制导炮弹上抽取一定数量的元件, 分成数量相同的两部分。

2) 取其中的一部分元件进行初始性能检测。若不合格, 则判定该元件需要 100% 进行更换修理, 试验终止; 若合格, 则执行步骤 3)。

3) 取另一部分元件进行加速老化试验。加速老化试验的时间依据修后末制导炮弹应满足的储存寿命来确定。经历加速老化试验后进行性能检测, 若合格, 则该元件可以继续使用; 若不合格, 则该元件需要 100% 进行更换修理。

由于末制导炮弹采取了密封包装, 可以忽略储存过程中湿度对储存寿命的影响, 采取温度作为加速老化试验应力^[4], 因此, 可采用修正的阿累尼乌斯方程^[5-6]来计算加速老化试验时间, 计算公式为:

$$t_1 = \frac{t_0}{r(T_1 - T_0)/A} \quad (1)$$

式中: t_1 为试验元件加速老化时间; t_0 为试验元件在出厂设计寿命的基础上, 常温(294 K)条件下继续储存, 应满足的储存寿命(如 5 年); r 为反应速度温度系数; T_1 为老化试验温度应力, 取 344 K; T_0 为常温(294 K); A 为与反应温度系数对应的温度变化, 取 10 K。

2.2 可重复测试元件

对于自动驾驶仪中的惯性陀螺(不含火工品)、驱动装置(不含火工品)、电子部件等可重复测试元件, 可以采取加速寿命试验或加速退化试验的方法确定其储存寿命。

加速寿命试验是在失效机理不变的基础上, 通过寻找加速模型, 利用高应力水平下的寿命特征去外推或评估正常应力水平下寿命特征的试验技术, 它能获得计数型失效数据, 属于统计试验^[7-8]。由于受试末制导炮弹元件的价格昂贵、测试参数较多、周期较长, 受试验经费和试验时间的限制, 可以实施定时截尾的步进应力加速寿命试验^[9-11]。

退化是指能够引起产品性能发生变化的一种物理或化学过程, 当产品受到各种环境应力作用

时,材料的性能或状态会随之产生变化,经过一定的作用累积期并达到某种量级时,会导致产品损伤的出现,表现为产品性能参数值的变化,当损伤达到某一极值时,产品就会失效,称这种现象为退化型失效^[12-13]。若受试末制导炮弹元件的失效是退化型失效,则可实施加速退化试验。加速退化试验是在失效机理不变的基础上,通过寻找加速模型,利用高应力水平下的性能退化数据去外推或评估正常应力水平下寿命特征的试验技术^[14-17]。加速退化试验克服了传统加速寿命试验只记录产品失效时间,不管其如何失效及失效的具体过程,没有考虑其性能变化情况的不足,同时也可以弥补加速寿命试验对无失效试验数据处理的缺陷。另外,与加速寿命试验相比,对末制导炮弹元件实施加速退化试验,可以减少样品消耗、缩短试验时间、降低试验费用。

与不可重复测试元件寿命试验类似,无论对末制导炮弹元件实施加速寿命试验还是加速退化试验,均采用温度作为试验应力。

3 修理元件寿命试验的有关建议

3.1 筹措试验样品

若从末制导炮弹元件生产厂购买新品开展寿命试验,必然造成试验所得元件的储存寿命与真实储存寿命存在较大误差。

若单独从后方仓库中抽取一定储存时间的末制导炮弹,分解后开展不可重复测试元件寿命试验和可重复测试元件寿命试验,势必造成巨大的军事和经济损失。因此,建议依托大修厂实施末制导炮弹修理工作时开展试验样品的筹措,即拆卸待修末制导炮弹取出试验样品。根据试验结果,从生产厂购置一定数量的新品元件将其装配到末制导炮弹上。这样,既减少了寿命试验误差,同时大大降低了试验费用。

3.2 确定加速老化试验时间

根据公式(1)计算加速老化试验时间时,需要给出 t_0 。在样本量和研究经费允许的情况下,最好给出 t_0 的区间值,如5~8年。这样,在高温储存下等效常温储存5年后,元件性能检测合格,可以继续在高温储存下等效常温储存3年后再次进

行元件性能检测。若合格,说明该元件的储存寿命在设计寿命的基础上,可延寿8年以上;若不合格,说明该元件的储存寿命在设计寿命的基础上,可延寿5年以上,但小于8年。因此,建议根据研究经费和样本量,合理确定加速老化试验时间,提高寿命试验精度。

3.3 预估加速寿命(退化)试验样本量

对于不可重复测试元件进行加速老化试验,单次性能检测所需的样本量可以参照生产厂制造验收规范确定。对于可重复测试元件进行加速寿命(退化)试验,样本量越大,试验结果越精确,同时试验费用也大大增加。因此,建议基于试验元件的可靠性指标要求、试验元件可能服从的寿命分布类型(威布尔分布或指数分布)以及参考相似产品(如无线电引信电子头)信息,对加速寿命(退化)试验所需的样本量进行预估,以保证试验精度的情况下最大限度降低试验费用。

4 结语

对末制导炮弹修理元件的寿命试验方法进行了探索性研究,为下一步具体实施末制导炮弹修理元件的寿命试验奠定了基础,为开展类似弹药修理元件寿命试验提供了借鉴,主要研究结论如下所述。

1) 确定了待试验末制导炮弹元件的种类。对现行末制导炮弹修理方法进行了分析,从确保修理的经济性、修后的储存寿命角度考虑,确定了火工品类、装药类、引信类、机电(电子)类等四类需要开展寿命试验的末制导炮弹元件。

2) 提出了末制导炮弹不可重复测试元件和可重复测试元件寿命试验方法。对于火工品类、装药类、引信类等不可重复测试元件以及自动驾驶仪中的惯性陀螺(不含火工品)、驱动装置(不含火工品)、电子部件等可重复测试元件,提出采用基于温度应力的寿命试验,确定元件的储存寿命。

3) 给出了开展末制导炮弹修理元件寿命试验的有关建议。综合权衡试验费用和试验精度,给出了筹措试验样品、确定加速老化试验时间、预估加速寿命(退化)试验样本量的相关建议。

下一步,应根据各受试元件的结构性能特点,制定具体的寿命试验方法并组织实施寿命试验,确

定受试元件的储存寿命,为科学开展末制导炮弹的修理工作提供依据。

参考文献:

- [1] 卜奎晨, 刘莉. 末制导炮弹发展趋势及其研究方向[J]. 系统工程与电子技术, 2006, 28(11): 1709—1711.
BU Kui-chen, LIU Li. Development Trend and Study Direction of Terminal Guided Projectile[J]. Systems Engineering and Electronics, 2006, 28(11): 1709—1711.
- [2] 赵东华, 谷智国, 刘鹏, 等. 环境条件对末制导炮弹储存的影响及对策[J]. 装备环境工程, 2009, 6(2): 64—66.
ZHAO Dong-hua, GU Zhi-guo, LIU Peng, et al. Research on the Influence of Storage Environment on Terminal Guidance Projectile and the Countermeasures[J]. Equipment Environmental Engineering, 2009, 6(2): 64—66.
- [3] 国营第三六〇六厂. 某型加榴炮激光末制导炮弹维修与验收规范[Z]. 2005.
State-owned Factory No 3606. Maintenance and Acceptance Specification for a Certain Type of Laser Terminal Guidance Projectile [Z]. 2005.
- [4] 王绍山, 宣兆龙, 王耀冬, 等. 敏感器的步降应力加速寿命试验方法研究[J]. 装备环境工程, 2015, 12(3): 132—135.
WANG Shao-shan, XUAN Zhao-long, WANG Yao-dong, et al. Research on Methods of Step-down-stress Accelerated Life Test of Sensors[J]. Equipment Environmental Engineering, 2015, 12(3): 132—135.
- [5] GJB 736.8—90, 火工品试验方法 71 °C 试验法[S].
GJB 736.8—90, Initiating Explosive Device Method of the Test at 71 °C[S].
- [6] 周堃, 胡滨, 王津梅, 等. 阿伦尼乌斯公式在弹药贮存寿命评估中的应用[J]. 装备环境工程, 2011, 8(4): 1—4.
ZHOU Kun, HU Bin, WANG Jin-mei, et al. Application of Arrhenius Equation in Storage Life Evaluation of Ammunition[J]. Equipment Environmental Engineering, 2011, 8(4): 1—4.
- [7] 范志锋, 齐杏林, 雷彬. 加速可靠性试验综述[J]. 装备环境工程, 2008, 5(2): 37—40.
FAN Zhi-feng, QI Xing-lin, LEI Bin. Review of Accelerated Reliability Tests[J]. Equipment Environmental Engineering, 2008, 5(2): 37—40.
- [8] 姜同敏. 可靠性与寿命试验[M]. 北京: 国防工业出版社, 2012.
JIANG Tong-min. Reliability and Life Test[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2012.
- [9] 陈东生, 宋永刚, 徐强. 基于工程可靠性分析的陀螺电机加速寿命试验设计[J]. 导弹与航天运载技术, 2005, 279(6): 38—41.
CHEN Dong-sheng, SONG Yong-gang, XU Qiang. Gyro Motor Accelerated Life Test Design Based on Engineering Reliability Analysis[J]. Missiles and Space Vehicles, 2005, 279(6): 38—41.
- [10] 彭志凌, 杨晋伟, 邵轶群, 等. 基于加速寿命试验的液浮陀螺仪寿命预测[J]. 中北大学学报(自然科学版), 2014, 35(6): 662—664.
PENG Zhi-ling, YANG Jin-wei, SHAO Yi-qun, et al. Research on Working Life Prediction of Liquid Floated Gyroscope Based on Accelerated Life Tests[J]. Journal of North University of China(Natural Science Edition), 2014, 35(6): 662—664.
- [11] 黄立军. 重心可调包装机械手导轨寿命分析[J]. 包装工程, 2014, 35(15): 29—34.
HUANG Li-jun. Life-span Investigation on Packaging Manipulator with Load of Barycentre Adjustment of Rooling Guide[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(15): 29—34.
- [12] 夏辉福. 贮存期性能退化数据的可靠性评定[J]. 贵州工业职业技术学院学报, 2012, 7(1): 20—22.
XIA Hui-fu. Reliability Evaluation for Performance Degradation Data in Storage[J]. Journal of Guizhou Industry Polytechnic College, 2012, 7(1): 20—22.
- [13] 赵宇. 可靠性数据分析[M]. 北京: 国防工业出版社, 2011.
ZHAO Yu. Data Analysis of Reliability[J]. Beijing: National Defense Industry Press, 2011.
- [14] 邓爱民, 陈循, 张春华, 等. 加速退化试验技术综述[J]. 兵工学报, 2007(8): 1002—1007.
DENG Ai-min, CHEN Xun, ZHANG Chun-hua, et al. A Comprehensive Review of Accelerated Degradation Testing[J]. Acta Armamentarii, 2007 (8): 1002—1007.
- [15] 罗俊, 王健安, 郝跃, 等. 基于加速退化试验的模拟 IC 寿命评估研究[J]. 微电子学, 2014, 44(4): 523—525.
LUO Jun, WANG Jian-an, HAO Yue, et al. Lifetime Assessment of Analog IC Based on Accelerated Degradation Test[J]. Microelectronics, 2014, 44(4): 523—525.
- [16] 孙志旺, 梁玉英, 潘刚, 等. 电应力加速退化试验技术及可靠性评估研究[J]. 中国测试, 2014, 40(5): 140—143.
SUN Zhi-wang, LIANG Yu-ying, PAN Gang, et al. Research on Electrical-stress Accelerated Degradation Test Technique and Reliability Assessment Method[J]. China Measurement & Test, 2014, 40(5): 140—143.
- [17] 赵翀, 马野, 董彩霞, 等. 舰炮弹药储存可靠寿命计算方法[J]. 四川兵工学报, 2015(3): 98—101.
ZHAO Chong, MA Ye, DONG Cai-xia, et al. Study on Calculation of Reliable Storage Life of Naval Gun Ammunition[J]. Journal of Sichuan Ordnance, 2015(3): 98—101.