

# 一种制导弹药电子部件可靠性预计方法

仲伟君, 李德胜, 崔亮

(军械工程学院 弹药工程系, 石家庄 050003)

**摘要:** **目的** 综合考虑制导弹药全寿命各种应力的大小及作用时间, 预计制导弹药电子部件的可靠性。 **方法** 把一般电子设备可靠性预计方法引入制导弹药, 对运输和储存环境、发射使用环境, 分别选用不工作和工作状态的预计方法。 **结果** 储存10~15年的条件下, 可靠度在0.895~0.91之间。 **结论** 汇总所有电子元器件预计结果, 储存10~15年, 电子部件仍满足使用要求。

**关键词:** 制导弹药; 弹药可靠性; 电子部件可靠性; 可靠性预计

**DOI:** 10.7643/issn.1672-9242.2014.02.020

**中图分类号:** TJ410.6 **文献标识码:** A

**文章编号:** 1672-9242(2014)02-0103-03

## A Method for the Reliability Prediction of Electronic Components in Guided Munitions

ZHONG Wei-jun, LI De-sheng, CUI Liang

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

**ABSTRACT: Objective** The intension and time during the whole life were both considered to predict and the reliability of the electronic components in the guided munitions. **Methods** A method for the reliability prediction of common electronic equipment was introduced into the guided munitions. For transportation and storage environment, the nonoperating method was adopted. For the firing environment, the operating method was adopted. **Results** After storage for 10~15 years, the reliability was between 0.895 and 0.91. **Conclusion** Considering the prediction results for all electronic components, the electronic components can satisfy the employment after storage for 10~15 years.

**KEY WORDS:** guided munitions; ammunition reliability; electronic reliability; reliability prediction

制导弹药一般由发射部(采用药筒装药或火箭发动机等)、战斗部(杀伤爆破、子母、破甲等)、制导与控制部分等组成,与非制导弹药的主要区别是增加了制导与控制部分。从零部件组成上,制导与控制部分主要由电子部件、精密机械件、火工件、光学

件等组成。对非制导弹药,经过几十年的研究、积累,其可靠性已经有了比较好的掌握。在非制导弹药的基础上,要掌握制导弹药的可靠性,关键是求出制导与控制部分中电子部件的可靠性。文中把可靠性预计方法引入制导弹药电子部件可靠性求取,选

收稿日期: 2013-11-01; 修订日期: 2013-12-21

Received: 2013-11-01; Revised: 2013-12-21

作者简介: 仲伟君(1981—),男,河南睢县人,硕士,主要研究方向为弹药技术保障。

**Biography:** ZHONG Wei-jun(1981—), Male, from Suixian, Henan, Master, Research focus: ammunition technology support.

取对制导弹药可靠性影响起主要作用的运输、储存、发射使用等3种环境进行分析,为预估制导弹药可靠性水平及可靠寿命提供一种手段。

## 1 可靠性预计方法选取

目前,对电子设备可靠性进行预计主要参照GJB/Z 108A—2006《电子设备非工作状态可靠性预计手册》和GJB/Z 299C—2006《电子设备可靠性预计手册》等2项国军标执行。这2项国军标均采用2种方法预计可靠性:一种是元器件计数预计法,适用于产品研制的初步设计阶段;第二种是元器件应力分析(详细)预计法,适用于产品已具有详细的元器件清单,并已确定了元器件所承受应力的研制阶段。

根据对制导弹药结构组成的掌握情况,可靠性预计方法选取如下。

1)对运输和储存环境,制导弹药处于不工作状态,选用GJB/Z 108A—2006中的方法;对发射使用环境,制导弹药处于工作状态,选用GJB/Z 299C—2006中的方法。

2)文中主要针对研制状态已经确定的制导弹药,元器件装配等信息已知,因此选用元器件应力分析(详细)预计法,不选用元器件计数预计法。

## 2 运输环境的影响及可靠性预计

制导弹药的运输包括汽车运输、火车运输、火炮携行运输等,运输过程中的冲击振动应力可引起电子部件连接器件疲劳、松动、脱落甚至断开,导致元器件产生结构损坏、电参数改变等失效。汽车运输和火车运输对应GJB/Z 108A—2006中的“平稳地面移动”环境,火炮携行运输对应GJB/Z 108A—2006中的“剧烈地面移动”环境。

下面以制导弹药的关键器件之一——将激光等制导信息转化为电信号的光电子器件为例进行分析。

光电子器件非工作失效率模型为:

$$\lambda_{NP} = \lambda_{Nb} \lambda_{NE} \lambda_{NQ} \lambda_{NT} \quad (1)$$

式中: $\lambda_{NP}$ 为非工作失效率; $\lambda_{Nb}$ 为非工作基本失效率; $\lambda_{NE}$ 为非工作环境系数; $\lambda_{NQ}$ 为非工作质量系数; $\lambda_{NT}$ 为非工作温度系数。

以常用的光敏二极管为例, $\lambda_{Nb}$ 为0.002, $\lambda_{NE}$ 对应汽车运输、火车运输为2.6, $\lambda_{NE}$ 对应火炮携行运输

为7.0, $\lambda_{NQ}$ 选用军用电子元器件质量等级为0.07, $\lambda_{NT}$ 为3.25(选用恶劣温度为50℃)。因此,按上式计算,光敏二极管的非工作失效率为 $0.001\ 183 \times 10^{-6}/h$ (汽车、火车运输), $0.003\ 185 \times 10^{-6}/h$ (火炮携行运输)。

以汽车、火车运输15天,火炮携行运输7天为例。根据可靠度计算公式 $R=e^{-\lambda t}$ ,可靠度降低了 $0.96 \times 10^{-6}$ 。

## 3 储存环境的影响及可靠性预计

制导弹药的储存包括仓库储存和露天储存,储存环境应力会导致制导弹药电阻增大、电容器介质击穿增加、半导体器件电流增益减小、电参数漂移等失效。仓库储存对应GJB/Z 108A—2006中的“地面良好”环境,露天储存对应GJB/Z 108A—2006中的“恶劣地面固定”环境。考虑到露天储存时间相对仓库储存时间非常短,此处不予分析。

与前一部分运输环境相似,仍以光敏二极管为例进行分析。失效率模型与运输环境相同,不同的是环境系数 $\lambda_{NE}$ 为1.0,温度系数 $\lambda_{NT}$ 取1.29(选取温度为30℃)。因此,仓库储存环境非工作失效率为 $0.000\ 181 \times 10^{-6}/h$ 。

按储存时间为10年,根据可靠度计算公式 $R=e^{-\lambda t}$ ,可靠度降低 $15.82 \times 10^{-6}$ 。

## 4 发射使用环境的影响及可靠性预计

发射使用包括膛内发射、弹道飞行、对目标作用等过程,制导弹药处于工作状态,选用GJB/Z 299C—2006中的工作失效率模型。

仍以光敏二极管为例,工作失效率模型为:

$$\lambda_P = \lambda_b \pi_E \pi_Q \pi_T \pi_C \quad (2)$$

式中: $\lambda_P$ 为工作失效率; $\lambda_b$ 为基本失效率,取0.0104; $\pi_E$ 为环境系数; $\pi_Q$ 为质量系数; $\pi_T$ 为温度系数; $\pi_C$ 为种类系数。

$\pi_E$ 值无法直接查取,因GJB/Z 299C—2006只给出了导弹发射和导弹飞行环境,而制导弹药一般为火炮发射,发射环境比导弹发射环境要恶劣得多,膛压约为导弹的10倍。此处, $\pi_E$ 值按导弹发射环境的10倍计,取240; $\pi_Q$ 取军用质量等级为0.05; $\pi_T$ 为34.1(选用恶劣温度为100℃); $\pi_C$ 为1.0。因此,光敏二极管发射使用时的工作失效率为 $4.26 \times 10^{-6}/h$ 。

一般制导弹药的飞行时间在几分钟以内,此处

取 10 min, 根据可靠度计算公式  $R=e^{-\lambda t}$ , 可靠度降低  $0.71 \times 10^{-6}$ 。

## 5 结论

按文中的预计方法, 综合制导弹药中所有元器件、印制板、焊接点等的类型, 基本失效率, 工艺, 数量, 质量等级等, 经初步预计, 仓库储存 10 年的条件下, 电子部分剩余可靠度约 0.91, 能满足使用要求, 与某型弹药长储 10 年能正常使用的实际情况相符。储存 15 年的条件下, 电子部分剩余可靠度约 0.895, 也能满足使用要求。制导弹药整体是否能满足使用要求, 还需考虑其中的机械件、火工品及装药等的失效情况及可靠性水平。

### 参考文献:

- [1] GJB/Z 108A—2006, 电子设备非工作状态可靠性预计手册[S].  
GJB/Z 108A—2006, Nonoperating Reliability Prediction Handbook for Electronic Equipment[S].
- [2] GJB/Z 299C—2006, 电子设备可靠性预计手册[S].  
GJB/Z 299C—2006, Reliability Prediction Handbook for Electronic Equipment[S].
- [3] 刘传模. 弹药可靠性工程基础[D]. 石家庄: 军械工程学院, 1996.  
LIU Chuan-mo. Ammunition Reliability Engineering Basics [D]. Shijiazhuang: Ordnance Engineering College, 1996.
- [4] 仲伟君, 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): 10—13.  
ZHONG Wei-jun, ZHAO Xiao-li, LI De-sheng. Fault Analysis on Electronic Components and Devices in Ammunition Products[J]. Electronic Component & Device Application, 2004, 6(7): 10—13.
- [5] 范志锋, 齐杏林, 李宁. 基于性能参数分布的某火箭弹储存可靠性评估[J]. 装备环境工程, 2011, 8(1): 70—72.  
FAN Zhi-feng, QI Xing-lin, LI Ning. Storage Reliability Assessment of a Certain Type of Rocket Based on Distribution of Performance Parameters [J]. Equipment Environment Engineering, 2011, 8(1): 70—72.
- [6] 高玉龙, 易建政, 王海丹. 弹药技术寿命评价研究[J]. 装备环境工程, 2011, 8(1): 73—75.  
GAO Yu-long, YI Jian-zheng, WANG Hai-dan. Analysis of Ammunition Technical Life Evaluation [J]. Equipment Environment Engineering, 2011, 8(1): 73—75.
- [7] 刘朝阳, 赵晓利, 杨岩峰. 制导弹药火工品单应力水平加速寿命试验研究[J]. 装备环境工程, 2012, 9(5): 29—31.  
LIU Chao-yang, ZHAO Xiao-li, YANG Yan-feng. Study on Single Stress Level Accelerated Life Test of Guided Ammunition Initiating Device [J]. Equipment Environment Engineering, 2012, 9(5): 29—31.
- [8] 金碧辉. 系统可靠性工程[M]. 北京: 国防工业出版社, 2004.  
JIN Bi-hui. System Reliability Engineering [M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2004.
- [9] 王玮, 蔡瑞娇, 焦清介. 制导弹药可靠性评定方法的研究[J]. 兵工学报, 2007, 28(7): 801—803.  
WANG Wei, CAI Rui-jiao, JIAO Qing-jie. Study on Reliability Evaluation Methods of Guided Ammunition [J]. Acta Armamentarii, 2007, 28(7): 801—803.
- [10] 孙德福. 弹药可靠性数据分析方法研究[J]. 弹箭与制导学报, 2009, 29(2): 113—116.  
SUN De-fu. Research on Analytic Method about Reliability Data of Ammunition [J]. Journal of Projectiles, Rockets, Missiles and Guidance, 2009, 29(2): 113—116.
- [11] 杨冬梅, 赵有守. 弹药结构可靠性设计研究[J]. 弹箭与制导学报, 2004, 24(2): 174—176.  
YANG Dong-mei, ZHAO You-shou. Study on Reliability Design of the Ammunition Structural [J]. Journal of Projectiles, Rockets, Missiles and Guidance, 2004, 24(2): 174—176.
- [12] 孙怀义. 机电产品可靠性预计方法与程序研究[J]. 自动化与仪器仪表, 1999, (2): 4—6.  
SUN Huai-yi. Research on the Predicting Methods and Procedures for the Reliability of Electromechanical Products [J]. Automation and Instrumentation, 1999, (2): 4—6.
- [13] 任羿, 曾声奎, 李晓阳. 电子设备可靠性预计参数综合分析方法研究[J]. 宇航学报, 2003, 24(3): 318—321.  
REN Yi, ZENG Sheng-kui, LI Xiao-yang. Integrated Analysis Methods for Reliability Prediction Parameters of Electronic Device [J]. Journal of Astronautics, 2003, 24 (3): 318—321.
- [14] 史宪铭, 周磊, 韩永赞. 基于Excel的电子元件可靠性预计电子手册的研究[J]. 科技情报开发与经济, 2009, 19(16): 129—131.  
SHI Xian-ming, ZHOU Lei, HAN Yong-zan. Research on the Electronic Handbook for Electron Reliability Evaluation Based on Excel [J]. Sci-Tech Information Development & Economy, 2009, 19(16): 129—131.
- [15] 赵宇, 杨军, 马小兵. 可靠性数据分析教程[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2009.  
ZHAO Yu, YANG Jun, MA Xiao-bing. Reliability Data Analyzing Course [M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 2009.
- [16] 宋保维. 系统可靠性设计与分析[M]. 西安: 西北工业大学出版社, 2008.  
SONG Bao-wei. System Reliability Design and Analysis [M]. Xi'an: Northwestern Polytechnical University Press, 2008.