

红外传感器加速寿命试验方法研究

宣兆龙, 程泽, 刘亚超

(军械工程学院, 石家庄 050003)

摘要: 红外敏感技术能够有效探测复杂背景环境中的目标, 为了获得红外传感器的长储寿命规律, 利用提高温度应力进行加速寿命试验是一种重要方法。基于威布尔分布假设, 研究了红外传感器加速寿命试验的关键技术, 并提出了加速寿命试验程序。

关键词: 加速寿命试验; 红外传感器; 评估

中图分类号: TJ760.6⁺23; TJ765.3⁺33 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2012)06-0044-03

On Accelerated Life Test Method of High-power Infrared Sensor

XUAN Zhao-long, CHENG Ze, LIU Ya-chao

(Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China)

Abstract: The thermal target under complex background environment can be detected effectively by infrared detection technology. In order to acquire the life information of infrared sensor, accelerated life test (ALT) was conducted with increased temperature stress. Weibull distribution function was applied to study some key technologies of ALT of infrared sensor. The procedure of the accelerated life test was put forward.

Key words: accelerated life test (ALT); infrared sensor; assess

各种光电器件的广泛应用是现代武器系统构成的重要特点之一。相比于机械等其它元件, 光电器件结构更加复杂, 库存应力尤其是温湿度应力易感性强, 属于系统可靠性的薄弱环节, 其性能及寿命对于整个武器系统的长储寿命往往起着至关重要的作用。红外传感器作为一种典型探测控制器件, 已在各类武器系统大量应用, 但由于装备时间短, 长储性缺乏足够的支撑, 进行加速寿命试验便成为研究其长储质量变化规律的重要手段^[1-2]。

1 红外传感器

探测识别系统是武器装备的“眼睛”, 用来完成对目标的探测、识别和定位。红外传感器作为一种常用探测器, 主要通过测量目标和背景在红外波段的辐射功率差异来实现探测功能。随着多模复合传感器探测识别系统的广泛采用, 红外传感器也大量应用于导弹、制导弹药等武器装备。比如美国 155 mm M898

收稿日期: 2012-07-27

作者简介: 宣兆龙(1976—), 男, 山东兖州人, 博士, 副教授, 主要研究方向为装备防护。

SADARM(萨达姆)末敏弹采用了13元线阵红外敏感器,德国DM702 SMART(斯马特)155 mm末敏弹采用了5元红外敏感器。

红外敏感器的性能指标主要包括灵敏度、视场角、信号带宽等。以国外某炮射末敏弹为例,其红外敏感器由舱体、5元红外探测器、红外电路及光学系统组成。主要技术特性为^[1]:NETD(等效噪声温差)2 K;灵敏度($T=295\text{ K}$)10 mV/K;前置角 2.44° ;质量90 g;高度36.55 mm;硅晶体透镜直径23 mm,厚度3.6 mm。

2 加速寿命试验方法

2.1 寿命分布假设

根据各种产品自身的特点,一般把产品寿命分布归纳为3类,即指数分布、威布尔分布和对数正态分布。指数分布是最基本、最常用的分布,适合于失效率为常数的情况;威布尔分布是适用范围较广的一种分布,凡是因为某一局部失效或故障所引起的全局机能停止运行的元件、器件、设备、系统等的寿命均服从威布尔分布;对数正态分布则能把取值很分散的寿命数据,经取对数后化为正态分布来处理。因此,红外敏感器寿命分布可视为威布尔分布。

2.2 试验应力

根据军械仓库的储存条件及光电器件失效机理分析得知,影响红外敏感器储存可靠度的环境应力主要是温度和湿度。出于以下考虑:

- 1) 威布尔分布条件下,双应力加速试验的数据处理十分复杂;
- 2) 对湿度应力的加速规律、特别是双应力交变作用下的加速规律认识尚不充分;
- 3) 敏感器自身状态及包装密封性好,对湿度应力不是很敏感;
- 4) 加速寿命试验的根本出发点是以较高的应力水平、较短的试验时间内获得试验结果,推算正常应力下的相关信息,只要能压缩试验时间且保证这种推算成立,则最终结果应与应力的数量和水平没有关系,为了方便数据处理,选择单应力做加速试验,理论上可行;

5) 目前,对温度应力的加速试验规律有比较一致的认识。

因此,在此次试验中选择温度做单应力加速试验,湿度固定。根据国军标中在弹药元件进行加速寿命试验时对湿度的取值,应取湿度为仓储条件下的正常值,在这里取恒定值为65%。

2.3 应力模型

在加速寿命试验中,常用的寿命分布有3种,即Arrhenius模型、T-NT模型、复合应力模型^[4]。当环境应力为温度时,一般认为寿命特征与应力之间的关系符合Arrhenius模型。Arrhenius模型反映电子元器件的寿命与温度之间的关系,这种关系本质上为化学变化的过程,该模型也是电子产品加速寿命试验运用较广泛的模型。当环境应力一个是温度,另一个是温度以外的应力时,一般认为寿命特征与应力之间的关系符合T-NT模型;当有多个环境应力时,可建立复合应力模型。已经确定选取湿度固定、温度变化的试验方案,故选取Arrhenius模型。

2.4 加速形式

加速寿命试验中,对产品施加的应力主要有3种:恒定应力、步进应力、序进应力^[5]。序加试验加速效率最高,但由于其统计分析非常复杂且试验设备较昂贵,限制了其应用;对于恒定应力加速试验,由于失效因素较为单一、准确度较高,目前应用最广并被IEC标准采用,但为保证必要的置信度,在应力水平数相同的情况下,消耗的样本量较大,当试验对象较为昂贵时不建议采取此种应力试验;步加试验只需1组样品,试验时先对样品施加一个接近正常值的应力,到达规定时间或失效数后,再将应力提高一级。为减少试验成本,确定加速形式为步进应力加速试验。

2.5 截尾方式

加速寿命试验的截尾方式主要有定时截尾、定数截尾和随机截尾等3种。随机截尾方式多用于外场试验,实验室一般不采用。定数截尾方式需要对样品进行连续、实时检测。红外敏感器的工作寿命比较短,远远小于试验时间,所以在此试验中不允许对其进行实时检测。因此,综合考虑红外敏感器加

速寿命试验的环境和自身的工作寿命特点,采用定时截尾步进应力加速寿命试验方法,可以节约经费,缩短试验时间。

2.6 应力水平

步加试验只需要一组样品,所以样品总量将大大减少,但在安排步加试验时,样品数最好不少于12个,否则将给数据分析带来困难。如在某一应力水平下有失效发生,最好在同一应力水平下获得3个以上的失效数据,而且失效的应力水平最好在4组以上。

加速应力水平逐渐增大,但是确定具体数据时有一个重要的原则,就是每一个应力下产品的失效机理与在正常水平下产品的失效机理是一致的。最低试验应力的选取,应尽量靠近正常工作应力,这样可以提高外推的精度,但是它也不能太接近于正常工作应力,否则达不到缩短试验时间的目的。最高试验应力应尽量大一些,但是不允许改变失效机理,特别是不能超过产品所允许的极限应力值。

2.7 试验时间

对于红外传感器试验,为获取较多的有效数据以准确地计算元器件的正常寿命,应选取4个应力,且参考等间隔取值的方法。加速寿命试验总时间 t 按照试验对象战术技术指标规定的储存寿命值的 $1/40\sim 1/20$ 确定,若战术技术指标未提供贮存寿命值,则通过摸底加速寿命试验方法确定。各个应力下的试验时间,则根据 $t_1=4/10, t_2=3/10, t_3=2/10, t_4=1/10$ 确定。当第一应力水平下无失效样品出现,则延长第一应力水平的试验时间,直至出现失效样品,第二、第三、第四应力水平的试验时间也相应延长,其试验时间分别为延长后第一应力水平时间的 $3/4, 1/2, 1/4$ 。

确定了各应力下加速时间,还需要进一步明确样品测试的时间。样品测试时间的准确性对试验结果有直接影响。随着时间的逐渐增长,应力的逐级增加,样品失效应该会越来越快。换言之,样品失效时间的间隔会不断缩小。因此,可以推断出许多加速寿命试验中采取的等时间间隔抽取样品检验的方法不是最优的。即使是在同一个应力下,检测时间间隔也不应该相等。因为产品失效时间是递增的,因此测试周期的安排,应先疏后密。

3 加速寿命试验程序设计

结合国军标相关规定,将红外传感器加速寿命试验程序分为5个部分。

3.1 样品准备

加速寿命试验样本容量分为3部分:用于摸底的试验样本容量,加速寿命试验样本容量,备份样本容量。在此需要说明的是,试验省去了初始性能检测样本容量。主要有以下原因:1)用于试验的红外传感器是取自于工厂,军代表对高新装备的检测是逐个进行的,而且元件是刚出工厂的,因此红外传感器的质量是有保证的;2)试验元件造价比较昂贵,根据试验要求可以省去初始性能检测样本容量,以减少试验费用。在确定试验样本之后,应对所有样品按顺序编号,编号标记应正确、完整、清晰、牢固。

3.2 试验箱准备

按照试验使用说明书调试试验箱,确保试验箱各项参数正常,能进行试验。

3.3 样品入箱试验

1) 将改装好的加速寿命试验样品及备份样品全部投入试验箱中,通过在箱内加放隔板和隔条,使样品分层、均匀放置。避免样品与样品之间、样品与试验箱之间相互接触,便于样品的取出。

2) 关闭试验箱门,将试验箱工作状态设定为“湿热”,并设定温度为第一应力水平,相对湿度为65%。启动试验箱,使其开始工作。

3) 当试验箱内温、湿度达到预定值并保持稳定,开始记录第一应力水平下的试验时间,并按照实验前设定的应力水平和时间,依次步进至最高应力水平。

3.4 性能检测

加速寿命试验过程中,当样品到达预定检测时机时,则取样进行性能检测。具体抽样办法可按照小样本可靠性与评估理论、方法进行⁶⁾。检测时对于取出试验箱的红外传感器应进行环境条件恢复,使

(下转第50页)

3 结论

室温不搅拌时,在海水中加入 0.8 mol/L H_2O_2 ,低合金钢腐蚀速率最大。在海水中加入 0.05 mol/L H_2O_2 ,不搅拌条件下,温度在 70 °C 时,低合金钢腐蚀速率最大。在不引起空泡、冲刷腐蚀的前提下,搅拌速度与低合金钢腐蚀速率成正比,加入 H_2O_2 后 350 min 内低合金钢腐蚀速率较大。

参考文献:

- [1] 王祖滨,宋青. 世纪之交看低合金高强度钢的发展[J]. 钢铁,2001,36(9):66—69.
- [2] 李晓刚. 材料环境适应性评估技术及其进展[J]. 科学前沿与学术评论,2000,23(4):11—16.
- [3] MELCHERS R E. Modelling Immersion Corrosion of Struc-

tural Steels in Natural Fresh and Brackish Waters[J]. Corrosion Science,2006,48(12):4174—4201.

- [4] 胡德昌,胡小舟. 现代工程材料手册[M]. 北京:宇航出版社,1992:47—52.
- [5] 张海军,赵国刚,周月波. Ni-P-CNTs 化学镀层在酸性溶液中的电化学腐蚀行为[J]. 表面技术,2009,38(6):56—61.
- [6] 杨祖彬,曾莉. 红金属包装材料涂层防腐技术[J]. 表面技术,2009,38(4):34—37.
- [7] 曹楚南. 中国材料的自然环境腐蚀[M]. 北京:化学工业出版社,2005:11—35.
- [8] 梁星才. 材料和产品大气暴露与人工加速试验相关性的探讨意见[J]. 环境技术,2001(4):4—7.
- [9] 张伦武. 军用环境试验的发展和趋势[J]. 环境技术,2003(4):1—6.
- [10] 张慧霞. 海水全浸条件的室内模拟加速试验方法的初步研究[J]. 腐蚀科学与防护技术,2010(4):192—196.

(上接第 46 页)

从试验箱中抽取的样品尽快恢复到正常工作水平,检测环境必须与红外传感器正常工作的环境相符合。另外各应力水平下均需进行抽样性能检测,检测次数一般为 3 次。检测时间根据样品失效机理采取先疏后密的办法。对于红外传感器这一部件,其在正常情况下工作时间比较有限,在满足测量准确的前提下要尽量缩短检测所加载荷的时间,以减小检测加载对其寿命的影响。所有应力下性能检测累积时间不应超过其工作寿命。

3.5 试验数据处理

试验完成以后,根据所得到的数据对应力模型和寿命模型的各个参数进行计算。然后代入正常情况下应力水平值,即可推断出红外传感器在正常条件下的储存寿命。

加速寿命试验是工程应用性非常广泛的一种试验。运用该试验对产品性能进行探索,可以大大缩短试验时间,节约试验成本,而试验结果的精确性也有利于对产品性能进行完善、改进,以进一步提高产

品的性能。针对红外传感器技术性能特点,探讨了其加速寿命试验的一般方法,这对其它光电器件的长储质量变化规律也具有实际意义。

参考文献:

- [1] 陈兵,李星. 加速寿命试验技术在国内外工程应用研究[J]. 强度与环境,2010,37(6):31—38.
- [2] 陈海建,徐廷学,李波,等. 导弹加速寿命试验方法研究[J]. 装备环境工程,2010,7(5):115—118.
- [3] 杨绍卿. 灵巧弹药工程[M]. 北京:国防工业出版社,2010.
- [4] 张芳,蔡金燕. 数据拟合加速寿命试验智能优化设计[J]. 火力与指挥控制,2011,36(9):203—206.
- [5] 刘婧,吕长志,李志国,等. 电子元器件加速寿命试验方法的比较[J]. 半导体技术,2006,31(9):680—683.
- [6] 秘文亮. 末敏子弹储存质量监控检测技术研究[D]. 石家庄:军械工程学院,2008.