http://www.kekaoxing.com
维普资讯 http://www.cqvip.com

电子产品研制阶段可靠性增长试验研究

阳红成,苏小光
(南京航空航天大学 航空宇航学院　江苏 南京　210016)

摘　要:在现代电子系统设备和可靠性增长工作的推动下,可靠性技术和工程实践得到了深入发展。结合工程实际经验,深入讨论了可靠性增长过程及实现途径。在保持试验条件和改进过程不变的条件下,实施了对具体型号电子产品的可靠性增长试验,达到了预期的可靠性增长目标,并且利用可靠性增长试验的数学模型(AMSAA 模型)来评估产品的可靠性增长,对开展可靠性增长与可靠性增长试验工作具有重要的实际意义。

关键词:电子产品;可靠性增长;可靠性增长试验;AMSAA 模型
中图分类号:TN41,TP33　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1004-373X(2007)03-140-03

Research of Reliability Growth and Reliability Growth Test of Electronic Products

YANG Hongcheng,SU Xiaoguang
(College of Aeronautics Space Navigation,Nanjing University of Aeronautics and Astronautics,Nanjing,210016,China)

Abstract:Under the work of reliability growth for electronic system equipment in-service,reliability engineering and pratice are advanced. This article discusses reliability growth progress and technique,the means of reliability growth test. Actualized reliability growth test to idiographic model electronic products on condition that the previous test condition and the modification procedure are kept unchanged,and this attained prospective target. Evaluated reliability growth electronic products with the AMSAA model. All these are very important to the work of reliability growth.

Keywords:electronic products;reliability growth;reliability growth test;AMSAA model

任何产品的研制设计,都存在某些设计缺陷。大量的工程实践表明,设计研制出来的整机,开始的可靠性水平(MTBF)通常只有预计值的10%～30%。承制方为了达到使用方要求的使用 MTBF,必须通过可靠性增长。可靠性增长的最主要作用就是通过排除系统性失效的原因或者减少失效发生的概率来提高产品的可靠性水平。

1　可靠性增长试验

通过不断地消除产品在设计或制造过程中的薄弱环节,使产品可靠性随时间而提高的过程,称为可靠性增长。

产品的固有可靠性是由设计确定并通过制造实现的。由于产品复杂性的不断增加和新材料、新工艺、新技术的广泛应用,产品设计需要有一个不断认识、不断改进、完善的过程。样机在试验或运行当中,不断暴露出薄弱环节,再不断纠正、改进,从而提高产品的可靠性水平,逐步达到可靠性目标值。

有计划地激发失效,分析失效原因和改进设计,并证明改进措施的有效性而进行的试验,称为可靠性增长试验。大量工程实践证明,可靠性增长试验是提高产品可靠性非常重要的途径。GJB1407-92 也强调,可靠性增长试验是 GJB450 的一个工作项目,是实现可靠性增长的正规途径和主要手段。

可靠性增长是保证现代复杂系统投入使用后具有所要求的可靠性的一种有效途径,贯穿于产品寿命周期的各个阶段。在不同的寿命周期阶段,可采用不同的方法及技术实现可靠性增长。

图1直观地表示一个理想的可靠性增长过程。

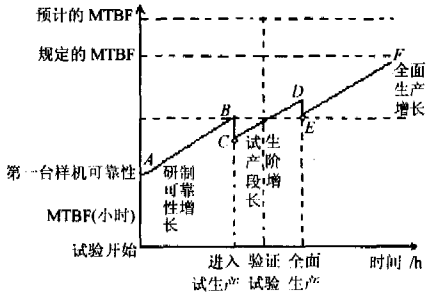

图1　理想的可靠性增长过程

第一阶段:研制阶段。第一台样机研制出来时,由于存在设计缺陷等系统性薄弱环节,初始的平均故障间隔时间(MTBF)较低(A 点)。在可靠性增长研制试验以及其他试验中,不断地暴露出系统性失效,通过分析,有针对性地采取纠正措施,进行设计更改,一直到研制阶段结束,可靠性在不断增长,达到 B 点。

收稿日期:2006-07-06

维普资讯 http://www.cqvip.com

第二阶段：试生产阶段。由于设计阶段样机数量较少，设计缺陷很难充分暴露出来，特别是批次性的元器件缺陷不能充分暴露出来；设计阶段元器件由设计人员掌握，设计更改、元器件更换随意性较大，往往会掩盖设计方面的不足和元器件方面的缺陷；样机的应力筛选试验很充分，而生产阶段的产品不可能有如此长的环境应力筛选周期。所以，在试生产开始的时候，使产品的可靠性低于样品研制结束时的可靠性，从 B 点下降到 C 点。在试生产过程中，通过继续采用纠正、改进措施，可靠性将不断增长，达到 D 点。

第三阶段：批生产和使用阶段。在批生产开始的时候，由于工艺缺陷、装配缺陷以及质量控制问题，可能使批生产产品的可靠性水平从 D 点下降到 E 点。随着关键问题的不断解决，各种工艺缺陷、装配缺陷得到纠正，可靠性将继续增长，达到规定的 MTBF。

由以上可知，实现可靠性增长是反复设计、反复纠正的结果。随着设计的成熟，研究确定实际存在(通过试验)的或潜在(通过分析)的故障源，进一步的设计工作应当放在改正这些问题上。从理论上讲，产品寿命期的各个阶段都可以实现可靠性增长，但是对于各阶段所进行的可靠性增长，在经济性和及时性方面又都各不相同。

研制阶段实现可靠性增长的主要优点是费用低，更改设计方便、及时。研制阶段进行可靠性增长的主要信息来源有 3 个方面。

(1) 经验信息

包括同类产品使用信息、同类产品可靠性增长经验、历史经验数据、技术经验、各种数据库及出版物。这些信息在方案设计阶段就可利用，以通过更改早期设计来实现可靠性增长，因此具有很好的及时性和经济性。

(2) 分析信息

在对新产品的研制进行方案论证时，对新研制系统进行分析、产品研制成熟程度、研究及评审所获得的信息，如可行性研究、权衡分析、可靠性预计、FMECA、故障树分析、以及设计评审等所获得的信息。利用分析信息实现可靠性增长的优点是及时性和经济性较好，特别是对于高可靠性要求的产品，可以减少或避免某些费时和昂贵的试验。

(3) 试验信息

产品在研制阶段可利用的试验信息种类多、范围广。研制过程各个阶段、各个层次的产品在各种环境条件下进行各种类型的试验都能提供有价值的信息。试验信息是实现可靠性增长最为通用的信息源，利用试验信息实现可靠性增长的主要优点是具有很高的确实性。尽管试验费用是影响利用试验信息实现可靠性增长的主要障碍，但是，在实现可靠性增长的过程中，最经济有效的方法仍是在研制阶段合理安排各种可靠性试验，比如可靠性增长试验，他便于在产品研制早期确定故障模式，设计更改更容易，试验费用和风险更低，具有更好的及时性和经济性。其与环境试验及性能试验相比，具有更系统、全面和深入发现故障，确实性好，效费比更高的优点，因此，可靠性增长试验是目前国外在实现可靠性增长过程中广泛采用的方法。

2 可靠性增长试验的 AMSAA 模型

AMSAA 模型假设产品在开发期 $(0,t]$ 内失效次数 $N(t)$ 是具有均值函数 $\mathrm{EN}(t)=at^b$ 及瞬时强度 $\lambda(t)=abt^{b-1}$ 的非齐次 Poisson 过程，参数 $a>0$，$b>0$。a 和 b 分别称为尺度参数和形状参数。当 $b=1$，$\lambda(t)=a$，非齐次 Poisson 过程退化为 Poisson 过程，失效时间间隔服从指数分布，产品可靠性没有趋势，既不增长也不下降。当 $b<1$ 时，$A(t)$ 递减，表明可靠性增长。当 $b>1$ 时，$A(t)$ 递增，表明可靠性下降。

对于时间截尾，给定 T_j，在 $(0,T)$ 内发生 $n>1$ 次失效，失效时间为 $0<t_1<t_2<\cdots<t_n<T$。此时观测的似然函数为：

$$L(t_1,t_2,t_3,\cdots,t_n)=\prod_{j=1}^{n}abt_j^{b-1}\cdot \mathrm{e}^{-aTb}$$

$$=a^nb^n\mathrm{e}^{-aTb}\prod_{j=1}^{n}t_j^{b-1}$$

则：

$$\ln L(t_1,t_2,\cdots,t_n)$$

$$=n\ln a+n\ln b-aT^b+(b-1)\sum_{j=1}^{n}\ln t_j$$

$$\frac{\partial \ln L(t_1,t_2,\cdots,t_n)}{\partial a}=0$$

$$\frac{\partial \ln L(t_1,t_2,\cdots,t_n)}{\partial b}=0$$

可得：

$$\frac{n}{a}-T^b=0,\ \frac{n}{b}-aT^b\ln T+\sum_{j=1}^{n}\ln t_j=0$$

因此，解方程组得 b 和 a 的极大似然估计为：

$$\hat{b}=n/\sum_{j=1}^{n}\ln\frac{T}{t_j},\qquad \hat{a}=n/T^{\hat{b}}$$

在时刻 T，产品 MTBF 的极大似然估计为 $\hat{M}(T)=\frac{T}{n\hat{b}}$。$b$ 和 a 的无偏估计值为 $\bar{b}=(n-1)/\sum_{j=1}^{n}\ln_i^T$，$\bar{a}=n/T^{\bar{b}}$。

在时刻 T，产品 MTBF 的无偏估计值为 $\overline{M}(T)=\frac{T}{n\bar{b}}$。

3 利用 AMSAA 模型对某型产品的可靠性增长试验分析

某台产品在可靠性增长试验中共发生了 52 次失效，

http://www.kekaoxing.com
维普资讯 http://www.cqvip.com

失效发生时刻(h)分别在 2,5,9,16,18,19,21,25,38,40,42,45,47,65,89,97,104,105,120,193,214,217,250,261,285,287,289,305,329,357,372,374,393,403,466,521,556,571,621,628,642,684,732,735,754,790,805,807,830,835,872,972。试验在 $T=1\ 000$ h 结束,现对失效数据进行分析,并且求出试验结束时的 MTBF。

(1) 趋势分析

使用 U 检验法。将 $M=n=52$,$T=1\ 000$ 及失效时刻 t_j 代入公式 $\mu=\left[\frac{\sum_{j=1}^{M}t_j}{MT}-0.5\right]\sqrt{12M}$,式中 $M=n$,可得趋势检验统计量为 $\mu=-3.721$,取 $\alpha=0.20$,可得趋势检验量的临界值 $\mu_{1-0.5\alpha}=1.285$。因 $\mu<-\mu_{1-0.5\alpha}=-1.285$,故以显著性水平 $\alpha=0.10$ 表明,产品的可靠性有明显的增长趋势。

(2) 参数估计

b 和 a 的极大似然估计为 $\hat{b}=0.568\ 8$,$\hat{a}=0.890\ 5$

b 和 a 的无偏估计值为 $\bar{b}=0.560\ 1$,$\bar{a}=1.058\ 1$

(3) MTBF 的估计

试验结束时,$\hat{M}(1\ 000)=33.24$,$\bar{M}(1\ 000)=34.10$

(4) b 的置信区间

对置信水平 $\gamma=0.90$,形状参数 b 的置信区间 $[b_L\quad b_U]$为:

$$b_L=\frac{\bar{b}}{2(n-1)}\chi^2_{\frac{1+\gamma}{2}}(2n)=0.448\ 9$$

$$b_U=\frac{\hat{b}}{2(n-1)}\chi^2_{\frac{1+\gamma}{2}}(2n)=0.701\ 2$$

通过可靠性增长试验,到试验结束时刻产品的 MTBF 比初始 MTBF 增长了近 10 倍,达到可靠性的目标值。

4 结　语

在产品研制过程中,除了可靠性试验外,还经常会进行许多试验,如工程设计试验、性能试验、环境试验等。这些试验当中含有大量失效信息,各方应尽可能地利用产品各个阶段的资源与信息,将各种试验信息结合起来,进行科学的可靠性增长管理,经济、高效地促使产品达到预定的可靠性目标。

参 考 文 献

[1] 赵兴运.机载电子设备首次生产可靠性增长研究[J].电子产品可靠性与环境试验,2003,21(4):40-43.

[2] 王建刚.可靠性增长、可靠性研制试验和可靠性增长试验及其相互关系分析[J].环境与可靠性,2005(5):34-37.

[3] 莫黎.可靠性增长设计技术[J].舰船电子工程,2004,24(6):139-142.

[4] 梅文华.可靠性增长试验[M].北京:国防工业出版社,2003.

作者简介　阳红成　男,1975 年出生,湖南安仁人,硕士研究生。研究方向为可靠性增长,计算机测控系统。

苏小光　副教授,高级工程师,南京航空航天大学航空宇航学院硕士研究生导师。

2006 年我国彩电占全球产量一半

2006 年 12 月 30 日,由中国电子商会与中国电子技术标准化研究所共同举办的"2006 年中国数字电视产业终端产品发展论坛"在北京召开,论坛将主要探讨数字电视终端产品在推动产业整体快速发展中的积极作用。信息产业部经济体制改革与经济运行司副司长王秉科、科学技术司副司长韩俊、综合规划司副司长韦俊等出席会议。王秉科副司长透露,2006 年我国彩电产量将达到 9 000 万台,能够占到全世界产量的 50%左右。

王秉科副司长认为,随着我国奥运临近,数字电视高清广播将在我国全面启动,必将推动我国彩电市场的消费结构的调整,为我国电视机和配套企业带来巨大的商机;同时,由于我国进一步推进新农村建设的步伐,农民收入快速提高,这将刺激农村的消费水平不断上升,农村彩电市场也将扩大;还有,随着平板技术的快速发展,平板显示器价格的不断下降,将刺激平板彩电市场的进一步增长。但他还强调了企业应该关注美国对我国彩电征收专利费的问题。他指出,美国规定从 2007 年 3 月 1 日起出口到美国的彩电必须符合美国的 ATSC 标准,对我国的彩电出口将有一定影响。

韩俊副司长在会上指出,信息产业部鼓励和支持企业以产业化和业务应用为目标开展标准化工作。信息产业部近期要做好数字电视增值业务标准的相关工作,并号召企业积极参与标准研究和讨论,包括标准颁布前的实验,测试数据的分析等。他指出,尽管标准之争历来都是利益之争,但是各利益方都必须坚持国家利益最大化的原则。

韦俊副司长在会议上说,今后我们要做好以下几个方面的工作:一个是根据今年国家颁布的地面数字电视传输标准,加快推进我们产业链的形成。第二,积极推动平板元器件信息产业专项的实施,解决我们核心关键件的产业瓶颈,同时积极发展高分辨率和新型的彩管产品。第三,根据我们数字电视发展的实际的需要继续大力推进机卡分离的相关产品,推动这些产品的普及,同时支持手持的,移动的,包括 IPTV 等等这些终端产品的开发。第四,加快相关产品的研究工作,大力推进产业公共技术服务平台的建设。最后,我们要加强数字电视的产业政策的研究和制订工作。

(摘自中国电子报)