

当前可靠性增长试验 存在问题及建议

庞 敏 (高级工程师)

二炮四所 廖崇尧 (高级工程师)

朱克杰 (高级工程师)

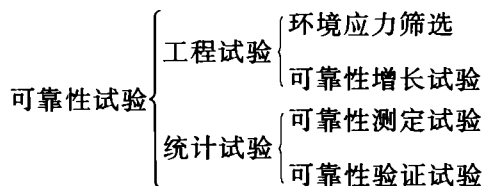
摘 要 本文概述了当前在研型号可靠性增长试验的现状和存在问题,并提出了改进措施的建议。

关键词 在研型号 可靠性增长试验 改进措施

1. 引言

目前,正在研制的各个型号产品,普遍开展了可靠性试验工作,这是值得可喜可贺的。过去,我们强调“产品的可靠性是设计出来的、生产出来的和管理出来的”,这无疑是正确的。但对于进行可靠性试验,特别是对产品进行专项可靠性试验,总觉得“钱少,经费不够,花不起”。但自从强调了开展可靠性试验工作以来,成效是显著的,它明显地降低了产品的故障率,提高了产品的固有可靠性和使用可靠性。例如,某些型号的导弹在靶场测试一次顺利通过,飞行试验连续获得圆满成功,就很说明问题。工程实践表明,开展型号研制阶段的可靠性试验工作,是“一本万利”的事,因为通过可靠性试验发现问题,改进设计、工艺是提高产品可靠性的一项重要而基本的措施,虽然需要一定的经费投入,但收效甚大,有较高的效费比,应当继续加强。

产品的可靠性试验是一项专门的学科,其内容十分丰富。可靠性试验可分为工程试验与统计试验两大类,详见下表:



当前,在研型号进行的主要是可靠性工程试验,而统计试验是用试验统计的方法来确定产品的可靠性水平,在型号上还没有开展起来。工程试验的目的在于暴露产品的可靠性缺陷并采取纠正措施加以排除(或使其出现概率低于容许水平)。工程试验包括环境应力筛选试验和可靠性增长试验。环境应力筛选试验是用特定应力进行筛选,是为发现和排除不良零件、元器件、工艺缺陷和防止早期失效所做的试验;可靠性增长试验是在产品功能与性能基本完善的基础上,为进一步暴露产品的缺陷,并在设计、生产和工艺等方面采取改进措施,确保产品的可靠性得到提高。环境应力筛选试验对剔除产品的早期失效起到了关键作用,这是不言而喻的。而当前进行的所谓“可靠性增长试验”,不是依照有关国标、国军标进行的,存在问题较多,需要认真进行研究。



2. “可靠性增长试验”存在的问题

1) 型号产品“可靠性增长试验”方案,不是依据有关国标、国军标等设计,而是自行制定的,与 GJB1407-92《可靠性增长试验》的要求根本不同

当前,型号产品“可靠性增长试验”方案,是威布尔分布寿命型抽样方案,取特例而得出的。它根据下列方程

$$\sum_{r=0}^c \binom{n}{c} \left[R_1(t_0) \left(\frac{t_R}{t_0} \right)^m \right]^{n-r} \left[1 - R_1(t_0) \left(\frac{t_R}{t_0} \right)^m \right]^r = \beta \quad (1)$$

其中, n : 进行寿命试验样品数;

r : 在 $[0, t]$ 时间内失效个数;

c : 合格判定数;

t_0 : 任务时间;

$R_1(t_0)$: 在规定任务时间内的产品极限质量, 可记为 LTPD;

β : 使用方风险;

m : 形状参数;

t_R : 可靠寿命。

取 (1) 式的特殊情况, 当 $c=0$, 即试验 n 个保留且不允许失败, 可得下式

$$\left[R_1(t_0) \left(\frac{t_R}{t_0} \right)^m \right]^n = \beta \quad (2)$$

由此可以解得

$$t_R = t_0 \left(\frac{\ln \beta}{n \ln R(t_0)} \right)^{\frac{1}{m}} \quad (3)$$

当试验取一个样品时, 可得

$$t_R = t_0 \left(\frac{\ln \beta}{\ln R(t_0)} \right)^{\frac{1}{m}} \quad (4)$$

(4) 式就是当前型号产品用于确定加电、温循试验的总时间的一般公式。这是当前应用较普遍的所谓“可靠性增长试验”的数学模型。该公式与通用的 Duane 和 AMSAA 模型显然是两回事。

应用 Duane 和 AMSAA 模型, 必须要求试验的产品出故障且采取相应的设计或工艺改进措施, 才能使产品的可靠性得到增长。现在进行的可靠性增长试验, 要求试验产品不许出故障, 这样就暴露不出产品的薄弱环节, 产品的设计或工艺便

得不到改进, 因此, 其可靠性就得不到提高。

2) 试验前把关不严

可靠性增长试验通常安排在工程研制基本完成之后和可靠性鉴定试验之前, 这时产品的性能与功能已基本上达到设计要求, 产品的结构与布局已接近定型状态。这时进行试验, 对故障信息采取措施的时效性较高。反之, 如果产品的功能尚未过关, 性能还不稳定, 这时进行可靠性增长试验的时机还不成熟, 产品出现故障的各种机理交织在一起, 使问题变得更加复杂。

按照规定: 进行可靠性增长试验的产品, 应具备应有的性能和功能; 通过了环境试验; 进行了环境应力筛选试验, 剔除了材料和元器件的早期失效。当前, 某型导弹发动机性能还不稳定就进行可靠性增长试验, 该试验的时机就早了一些。当前重中之重的任务是完善和稳定性能与功能。还有的产品, 例如, 某型导弹控制系统的一个电子产品, 进行“可靠性增长试验”后的平均故障间隔时间 (MTBF) 只有十几个小时, 也用 AMSAA 模型进行计算, 结论是可靠性显著增长, 其实, 这时产品的故障仍属于早期失效, 还不具备做可靠性增长试验的条件。

3) 受试产品的选用要把握好关

有的型号产品, 由于生产数量少, 造成了一件产品多项用途、多次使用。例如, 某型导弹的产品经过了点火、热试车, 还经过了数十次氦吹, 又拿来进行“可靠性增长试验”。试验的结果如何, 是可想而知的。拿这种产品做试验, 达不到试验的目的。

4) 需加强试验过程的监控

一般来讲, 总体部提出的型号产品进行试验的总要求是经过评审的。但依据总要求制定的具体产品的试验方案, 还应当加强评审, 这是因为: 每个具体产品要求的温度、湿度、振动和电应力的条件各不相同; 整个试验过程是否按照大纲的要求去做, 也需要进行监控; 试验后, 也应当进行评审和总结。在这些问题上, 军方作为产品的最终用户, 介入较少, 没有起到应有的作用。

3. 几点建议

1) 明确定义



由前面的公式可以看出,当前进行的“可靠性增长试验”的一个最基本的出发点是基于任务时间,推算出单台产品“不出故障的”试验终止时间,所以,我们认为把该试验称为“可靠性摸底试验”比较妥当。

2) 加强对试验的监控工作

当前的试验,虽然不是严格意义上的“可靠性增长试验”,但实践证明,这种试验对提高产品的可靠性,剔除整机产品的早期失效,降低产品的故障率,实现“预防为主,一次成功”的要求,起到了较大的推动作用,应认真总结经验教训,加强试验的监控工作,使试验收到更大的成效。

3) 创造条件,开展“可靠性强化试验”研究

时间和费用是当前约束产品不能依照标准和规范进行可靠性增长试验的原因。为解决这一矛盾,建议开展“可靠性强化试验”研究。可靠性强化试验的基本原理是利用故障物理学的概念,对电子产品的失效情况和应力等级进行分析研究。例如,试验应力的等级如何选取,电子产品的应力是否可分为技术规范极限、设计极限、工作极限、破坏极限几个等级;如何使选取的试验应力既不会改变产品的失效模式,又不对产品造成破坏性损伤;如何能够尽早充分暴露设计和工艺缺陷。通过这些研究,达到短时高效暴露产品缺陷,使产品的可靠性得到迅速、真正地提高的目的。

参考文献

- 1 茆诗松,王玲玲.可靠性统计.上海:华东师大出版社,1984
- 2 周正伐.可靠性工程基础.北京:宇航出版社,1999
- 3 何国伟等.可靠性试验技术.北京:国防工业出版社,1995



(上接第 18 页)

的简单组合模式,在系统联调过程中发现,系统的工作性能不稳定,很容易自激。

经过分析,发现问题就出现在该电源接头上:首先,为了实现插拔式供电方式,在该功放的屏蔽盒体上开了一个 2.5mm 的槽,造成射频功率的泄漏,屏蔽盒体的屏蔽效能大大降低,由于上、下行功率放大器上存在相同的问题,使得这两者信号间相互影响,降低了系统的上、下行隔离度;其次,该端子电源线上没有采取屏蔽或滤波措施,使得射频功率信号从电源线上泄漏出来并产生串扰,导致系统工作不稳定,容易自激。

针对这一现象,采取了如下的改进措施:

1. 将所有外部直流电源线通过穿芯电容后引入功率放大器内部。

2. 在内部电源的处理上,采用电解电容、钽电容、微波电容以及各种数量级的普通陶瓷电容与磁珠组合滤波,最大限度地减少射频功率信号从电源线上串扰的可能性。

3. 在插拔式供电方式的解决上,采用了一对插拔端子放在功放的外部,该端子通过专用连线与穿芯电容连接。

经过上述改进后,射频信号的泄漏、串扰问题全都迎刃而解,最后顺利通过国家无委的型号核准和入网测试。

