

ESS 试验温度循环次数确定方法研究

单军勇¹, 宋晓燕²

(1. 西安电子工程研究所, 西安 710100; 2. 西安导航技术研究所, 西安 710068)

摘要:介绍了环境应力筛选温度循环试验数学模型,通过雷达单元实际筛选数据统计建模计算,在相同的温度范围、温变速率条件下,进行筛选度和循环次数的理论与实际数据对比分析,得出了确定雷达组成电子单元温度循环试验循环次数的方法和修正系数。

关键词:环境应力筛选; 筛选度; 循环次数

DOI:10.7643/issn.1672-9242.2013.04.004

中图分类号: TN965; V216.5 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2013)04-0013-03

Determination Method of ESS Test Temperature Cycle Index

SHAN Jun-yong¹, SONG Xiao-yan²

(1. Xi' an Electronic Engineering Research Institute, Xi' an 710100, China;

2. Xi' an Research Institute of Navigation Technology, Xi' an 710068, China)

Abstract: The mathematic model of environmental stress screening test temperature cycle index was introduced. Under the conditions of same temperature range and temperature changing rate, the theoretical and practical data of the screening degree and cycle index were compared and analyzed based on the modeling and calculation of practical screening data of radar unit to obtain the method and correction coefficient for determining the temperature cycle index for electronic units of radar system.

Key words: environmental stress screening; screening degree; cycle index

环境应力筛选(ESS)试验是电子产品剔除早起故障的有效手段。ESS 试验由温度循环试验和随机振动试验组成,试验参数的选取直接影响到筛选的有效性。循环次数是温度循环试验的重要参数,决定着如何以有限的时间、相对较少的费用得到理想的筛选效果。目前,电子装备环境应力筛选主要依据 GJB 1032—1990《电子产品环境应力筛选方法》,但由于该标准的颁发时间较早,随着科技的发展和

进步,对电子设备可靠性指标要求也越来越高,循环次数选取是一个值得探讨的问题。

1 温度循环应力筛选效果数学模型

1.1 环境应力筛选的有效性

环境应力筛选的有效性是指其迫使潜在缺陷变

收稿日期: 2013-04-09

作者简介: 单军勇(1966—),男,陕西西安人,高级工程师,主要研究方向为可靠性与环境试验技术。

成可检测出的故障,以便对缺陷源实施改正措施的技术效果及费用效益。一个好的环境应力筛选具备以下特性:

- 1) 能够很快析出潜在缺陷,包括析出适当数量的固有(设计)缺陷;
- 2) 不会引起不适当的设计故障,诱发附加的故障,消耗受筛产品寿命;
- 3) 不应制造过程控制增加限制。

1.2 温度循环筛选度的数学模型

环境应力筛选的效果,取决于施加在产品上的不同应力,而应力的大小与其所选择的参数有关,产生的筛选效果也不一样,这种效果用筛选度的概念进行表述。

温度循环筛选度的数学模型见式(1)^[1]。

$$SS=1-\exp[-0.0017(R+0.6)^{0.6}[\ln(e+v)]^3n] \quad (1)$$

式中:SS为筛选度;R为温度变化范围,℃;v为温度变化速率,℃/min;n为循环次数。

温度变化幅度为80℃时,几种温度变化速率的筛选度对比曲线如图1所示。从图1中看出,温度变化速率越快,筛选度越大;同一温度变化速率、温度变化范围,随着循环次数的增加趋于定值,筛选度的变化不明显。

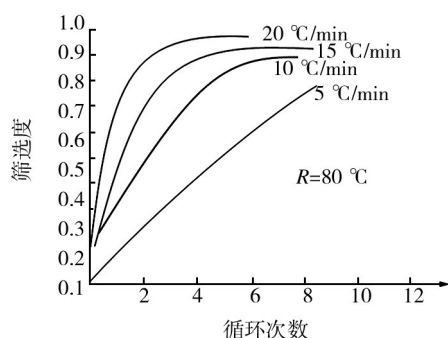


图1 温度循环筛选度曲线

Fig. 1 Curves for temperature cycle screening degree

2 实例验证

对某雷达单元利用温度循环筛选试验进行了跟踪及统计分析研究,该雷达单元温度循环筛选应力参数为:

- 1) 温度:低温-40℃,高温+50℃;

- 2) 循环次数:10次;
- 3) 温度变化速率:5℃/min;
- 4) 保持时间:1.5h。

该雷达P100,P200,P300共3个单元、7个批次的筛选故障统计见表1。

表1 故障分布统计

Table 1 Statistic table for fault distribution

循环次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
暴露故障数										
P100	41	32	39	33	27	22	22	18	15	7
P200	23	16	10	16	4	5	6	3	3	4
P300	14	21	11	18	10	6	4	12	9	4
总数	78	69	60	67	41	33	32	33	27	15
故障率	0.17	0.15	0.13	0.15	0.09	0.07	0.07	0.07	0.06	0.03

求取估计值,见式(2)。

$$E(X)=\sum n \times P_i \quad (2)$$

式中: $E(X)$ 为故障统计数学期望; P_i 为各循环的故障率, $P_i=N_i/N_{\text{总}}$, N_i 与 $N_{\text{总}}$ 分别为各次循环故障数与故障总数。

将表1中的数据代入式(2)得:

$$E(X)=1 \times 0.17+2 \times 0.15+3 \times 0.13+4 \times 0.15+5 \times 0.09+6 \times 0.07+7 \times 0.07+8 \times 0.07+9 \times 0.06+10 \times 0.03=4.22$$

可以得出某雷达循环时出现故障的平均循环次数应为第4次,同时通过观察,各循环的故障率和循环次数的关系近似服从 $x_{(n)}^2$ 分布。为此利用 $x_{(n)}^2$ 分布建立循环次数和故障率关系的数学模型。 $x_{(n)}^2$ 分布的 $E(X)=n$,所以可近似认为该雷达在温度循环中剔除故障的数目和循环次数的关系服从 $x_{(4)}^2$ 分布。某雷达循环的故障比率分布如图2所示。

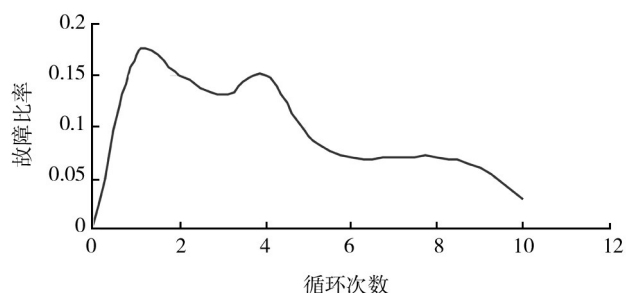


图2 某雷达循环的故障比率分布

Fig. 2 Distribution diagram of certain radar cycle fault rate

根据 $x_{(n)}^2$ 分布的上侧分位点查表,得到置信度见表2。

表2 置信度- n Table 2 Confidence level- n

α	0.10	0.05	0.025
置信度($1-\alpha$)	0.90	0.95	0.975
循环次数	7.8	9.5	11

对于该雷达产品组成单元,当循环数达到8次以上时,可以暴露和剔除90%的故障,即认为筛选度为0.90;当循环数达到10次以上时,可以暴露和剔除95%的故障,即认为筛选度为0.95;当循环数达到11次以上时,可以暴露和剔除97%的故障,即认为筛选度为0.97。

上述分析可以发现,温度范围、温变速率、保温时间一定,循环次数达到一定的循环次数后,筛选中所能暴露的故障数目会趋于饱和。应力大小一定,延长对筛选效果影响甚微。

同样选取 $R=90\text{ }^{\circ}\text{C}$, $v=5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$, n 分别选取8, 10, 11代入式(1),得出温度循环筛选度,见表3^[2]。

表3 温度循环筛选度

Table 3 Screening level of temperature cycle

循环次数	8	10	11
筛选度	0.82	0.89	0.91

3 数据分析

综合表2、表3数据并计算相应比值,见表4。

表4 温度循环计算筛选度与试验筛选度对比

Table 4 Comparison between temperature cycle screening level of calculation and test

循环次数	8	10	11
数学模型计算筛选度 SS_1	0.82	0.89	0.91
实际试验筛选度 SS_2	0.90	0.95	0.97
SS_2/SS_1	1.10	1.07	1.07

从表4数据可以得出:1)针对雷达单元选取相同的温度变化范围、温度变化速率,循环次数不同,实际筛选度大于理论筛选度,理论公式的推导数据来源于电子产品单板、组件与单元,组成雷达的单元需要进行适当修正;2)雷达单元的温度循环筛选度修正系数取值为1.05~1.10。

4 结语

环境应力筛选试验参数的正确选取既能提高筛选效率,剔除产品早期故障,又能大大节约时间与资金。文中只对温度循环的循环次数选取加以论述,以期对其他参数选取起到借鉴作用。

参考文献:

- [1] GJB/Z 34—1993, 电子产品定量环境应力筛选指南[S].
- [2] 王凤金, 李晓阳, 姜同敏. 基于常规试验设备的HASS技术在航空电子产品上的应用[J]. 装备环境工程, 2013, 10(1): 86—90.