

电子设备的可靠性指标评估方法研究

李宝莲¹, 张 倩¹, 谢海瑶²

(1. 中国电子科技集团公司第五十四研究所, 河北 石家庄 050081; 2. 北京理工大学 信息与电子学院, 北京 100081)

摘要:可靠性统计试验是衡量可靠性指标的一种重要评估手段, 目前工程中采用 GJB 899A—2009《可靠性鉴定和验收试验》给出的各种试验统计方法, 主要包括定时截尾试验统计方法、序贯试验统计方法 2 大类, 其中包含了经常使用的定时截尾试验提前作出接收评定的方法。明确了各试验方案参数的意义及选取原则, 通过对比分析这 2 类试验方法的确定过程, 根据各个试验方法的适用特点及实际工程项目约束条件来选择合适的试验方法, 并结合工程实例分析, 可有效帮助使用方和研制方开展电子设备可靠性评估试验工作。

关键词:可靠性试验; 方法参数; 评估; 定时试验提前接收评定

中图分类号: TB114.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-0373(2022)01-0106-07

电子设备的可靠性统计评估主要是根据产品在使用期内的寿命分布类型以及与该电子产品进行可靠性评估有关的所有信息(包括产品的先验使用经验信息和样本的可靠性试验信息)^[1], 然后利用各种概率统计分析方法对产品的可靠性合同指标平均故障间隔时间(Mean Time Between Failure, MTBF)进行概率统计推断, 包括点估计、区间假设估计和线性假设检验等。

文献[2]中所规定的可靠性统计试验方法是以工程中通常假设的电子产品寿命服从指数分布为前提的。试验统计方法一般可以分为定时截尾试验统计方法、序贯截尾试验统计方法、全数试验统计方法(这里不作讨论)。

1 统计方案参数定义

1.1 参数的选取原则及关系

试验方法参数包括研制方风险 α 、生产方风险 β 、MTBF 的检验上限 θ_0 、MTBF 的检验下限 θ_1 和鉴别比 d , 除全数试验方法外, 其他试验其实是一种抽样的试验方法, 选择何种试验方法及参数尤为重要。

(1) α 、 β 的选取^[3]。试验方法参数 α 、 β 、 θ_0 、 θ_1 确定后便确定了试验方案, 即确定了总试验时间 T 和责任故障数 r ; θ_0 和 θ_1 在合同或者任务书中已经规定好时, 则 α 、 β 取值越大, T 用时越短; α 、 β 取值越小, T 用时越长。因此, 在设计试验方案时应考虑生产方和使用方所能承受的试验时间、试验经费等因素, 选择合适的 α 和 β ; GJB 899 给出的试验方案中 α 、 β 值均介于 10%~30% 之间, 国内外可靠性鉴定试验的 α 、 β 取值一般也都在此区间内, 按照生产方和使用方相互平等的原则, 一般 α 和 β 取值相同^[4]。

(2) θ_0 和 d 的选取。电子产品的可靠性水平在其使用寿命期内往往是不断变化增长的。研制方的合同或者任务书中 MTBF 的指标要求为最低可接受值或规定值。最低可接受值是检验设备在设计定型之前必须达到的指标, 是设备进行质量考核或设计验证的重要依据; 规定值是用户方期望设备能够达到的最低指标, 是研制方在以后的研制过程中进行可靠性设计和定型的重要依据。 θ_1 取最低可接受值, θ_0 可以取规定值; d 可以取规定值与最低可接受值的比值。

收稿日期: 2021-12-31 责任编辑: 车轩玉 DOI: 10.13319/j.cnki.sjztdxxb.20210276

作者简介: 李宝莲(1972—), 女, 高级工程师, 研究方向为电子装备通用质量特征。E-mail: lbletc54@163.com

李宝莲, 张倩, 谢海瑶. 电子设备的可靠性指标评估方法研究[J]. 石家庄铁道大学学报(自然科学版), 2022, 35(1): 106-112.

选定一组 $\alpha, \beta, \theta_0, \theta_1$ 的方案参数时, α, β, d 从小到大, 试验方案严苛性逐渐降低, 相应地判决结果置信度从高到低。试验要得出接收或拒收的结论, 同时要利用总试验时间 T 和责任故障数 r 等信息对产品的 MTBF 真值作出估计^[5]。另外 θ_0, θ_1 是试验方案的参数, 而不是 MTBF 的真值范围。以某组 $\alpha, \beta, \theta_0, \theta_1, d$ 参数制定的试验方案及判决标准只能判决产品在该方案下通过试验与否; 该试验方案通过后, 说明假设的 MTBF 上限值 θ_0 与下限值 θ_1 是成立的, 该批产品的 MTBF 值一般不会低于 θ_0 或 θ_1 的数值。

1.2 可靠性试验分类及适用

定时截尾试验方案是选定方案后须按要求进行完试验时间, 即使最后一个故障数出现的很晚也不能提前作出接收判决; 除非试验期间故障数出现较多作出拒收判决可提前结束。序贯截尾试验方案是进行完总试验时间或达到责任故障数后, 作出接收或拒收的判决, 判据标准为出现的责任故障数或者试验时间。

表 1 为文献^[2]中不同试验方案的序贯试验与定时截尾试验的时间对比情况, 可见, 在电子产品的可靠性试验中, 在 α, β 和 d 相同的情况下, 当设备的 MTBF 真值接近 θ_0 或 θ_1 时, 采用序贯试验统计方案通常能较快地作出接收或拒收判决, 同时也说明序贯试验适用于设计较成熟产品的可靠性试验^[4]。而对于 MTBF 真值较大或较小的产品, 不同的序贯试验方案所需的总试验时间差别较大, 因此在计划费用和时间时应综合权衡选择序贯截尾试验还是定时截尾试验。

表 1 序贯试验判决时间与定时试验时间对比表

$\alpha, \beta / \%$	d	序贯试验判决时间($r=0$)	定时试验时间	最大故障数 a	序贯判决时间	
					故障数 a 接收	拒收
10	1.5	6.95	45.0	≤ 36	49.5	38.04
10	2.0	4.40	18.8	≤ 13	20.6	15.94
10	3.0	3.75	9.3	≤ 5	10.35	7.17
20	1.5	4.19	21.5	≤ 17	21.9	18.5
20	2.0	2.80	7.8	≤ 5	9.74	6.24
20	3.0	2.67	4.3	≤ 2	4.5	4.5
30	1.5	3.15	8.1	≤ 6	6.8	6.8($r=6$)
30	2.0	1.72	3.7	≤ 2	4.5	4.5

注: a 为定时试验的接收最大故障数; 试验时间为 θ_1 的倍数。

2 定时截尾试验方法

2.1 定时截尾试验方法的确定

电子产品的定时截尾试验中, 接收产品的概率 $P(\theta)$ 与 MTBF 的真值 θ 的关系可用泊松公式表示为

$$P(\theta) = \sum_{k=0}^a \frac{(T/\theta)^k}{k!} \exp(-T/\theta)$$

(1)

式中, T 为总试验时间; a 为试验时间内判定电子设备被接收时所出现的最大故障数; $P(\theta)$ 为在时间 T 内发生的故障个数小于等于 a 的概率。 $P(\theta)$ 需满足关系: $P(\theta_0) = 1 - \alpha, P(\theta_1) = \beta$ 。

其中注意: 由于 a 表示的是故障数, 所以 a 的取值只能为整数。

工程中要求采用定时截尾试验方法时, 规划者根据试验方案参数 (α, β, θ_0 和 θ_1), 并结合试验费用和试验进度, 综合权衡确定试验方案进而确定试验时间 T 和最大接收故障数 a 。

根据试验是按时间截尾还是按故障结尾, 试验中故障件是否有替代等须考虑 4 种不同类型的试验。按以时间截尾、有故障件替换的情况考虑, 试验截尾时间 T 、接收故障数 a 按公式(2)推导得出

$$\begin{cases} 1 - \beta = \sum_{k=a+1}^{\infty} \frac{(T/\theta_1)^k e^{-T/\theta_1}}{k!} \\ \alpha = \sum_{k=0}^a \frac{(T/\theta_0)^k e^{-T/\theta_0}}{k!} \end{cases} \quad (2)$$

2.2 定时截尾试验方法中 MTBF 的估计值和验证估计区间的确定

采用定时截尾试验方法时,试验结束后,需要评估合同指标 MTBF 数值,以及规定置信度 C (默认为双侧验证区间的置信度)对应的置信区间^[6],一般取 $C = (1 - 2\beta) \times 100\%$ 。

(1) 定时截尾试验方法中 MTBF 的点估计值

$$\hat{\theta} = T/r \quad (3)$$

式中, T 为电子产品的有效总试验时间; r 为试验期间发生的责任故障数。

(2) 定时截尾试验中 MTBF 的双侧验证区间

$$\begin{cases} \theta_L = \theta_L(C', r)\hat{\theta} \\ \theta_U = \theta_U(C', r)\hat{\theta} \end{cases} \quad (4)$$

式中, $\theta_L(C', r)$ 和 $\theta_U(C', r)$ 分别为置信下限系数和置信上限系数,其计算公式为

$$\begin{cases} \theta_L(C', r) = \frac{2r}{\chi^2_{(1-C)/2}(2r+2)} \\ \theta_U(C', r) = \frac{2r}{\chi^2_{(1+C)/2}(2r)} \end{cases} \quad (5)$$

将式(3)、式(5)代入式(4),得出

$$\begin{cases} \theta_L = \frac{2T}{\chi^2_{(1-C)/2}(2r+2)} \\ \theta_U = \frac{2T}{\chi^2_{(1+C)/2}(2r)} \end{cases} \quad (6)$$

接收被试产品时, MTBF 观测值的双侧验证区间的置信下限 θ_L 和置信上限 θ_U 分别用式(6)计算,表述为置信度为 C 的 MTBF 验证区间为 (θ_L, θ_U) 。

拒收被试产品时,此时可称为定数截尾试验, MTBF 观测值的 θ_L 和 θ_U 用式(7)计算

$$\begin{cases} \theta_L = \frac{2T}{\chi^2_{(1-C)/2}(2r)} \\ \theta_U = \frac{2T}{\chi^2_{(1+C)/2}(2r)} \end{cases} \quad (7)$$

(3) 定时截尾试验 MTBF 的单侧置信区间。

在对被试产品 MTBF 的验证值进行估计时,若试验期间发生的责任故障数为 0,则用到单侧置信限估计。MTBF 单侧置信度 $C' = (1+C)/2$,用于表示置信下限 θ_L' 的可信程度。例如,在接收时(实际属于定时截尾), MTBF 观测值的单侧置信区间的置信下限

$$\theta_L' = \frac{2T}{\chi^2_{(1-C')/2}(2r+2)} = \frac{2T}{\chi^2_{(1-C)/2}(2r+2)} = \theta_L \quad (8)$$

2.3 定时试验提前作出接收的评定

确定了定时截尾试验方案,则 T 、 a 和 d 也就确定了,作出接收结论时不可以提前结束试验,而在拒收时可以提前结束。例如选用文献[22]中方案 17 进行试验时,即使第 1、2 个责任故障相继发生的很晚也不能提前作出接收判决,只有完成了总试验时间 $T = 4.3\theta_1$ 的试验后才可能作出接收判决。定时试验提前作出接收评定的方案是对试验方案作出了修正,允许管理者或试验者提前作出评定而保证决策风险 α 和 β 具有统计有效性。

以下介绍提前作出接收判决的处理方案。提前评定统计方案的接收时间 t_i 见文献[2],表 A. 14 中接收时间 t_i 也是用 θ_1 的倍数表示的。如果试验进行到 t_i 时至多出现 i 个责任故障,则可作出接收评定。定时试验管理者提前作出评定后或订购方和承制方约定采用表 A. 14 中的统计方案时,按下述程序估计接

收或拒收情况下的 MTBF 观测值和验证区间。

(1) MTBF 观测值(点估计) θ 的估计

$$\hat{\theta} = t_i \theta_i / i \quad (9)$$

式中, t_i 为产品在第 i 个责任故障接收时的总试验时间(θ_1 的倍数); i 为接收时的责任故障数。

(2) MTBF 的验证区间。

根据产品所采用的定时试验统计方案和作出提前接收时的责任故障数 i , 由文献[2]中表 A. 17 查出置信度为 C' 时的单边置信下限系数 $\theta_L(C', t_i)$ 和置信上限系数 $\theta_U(C', t_i)$ 。

按式(10)计算出置信下限系数 θ_L 和置信上限系数 θ_U

$$\begin{cases} \theta_L = \theta_L(C', t_i) \\ \theta_U = \theta_U(C', t_i) \theta_1 \end{cases} \quad (10)$$

3 序贯截尾试验方法

3.1 序贯截尾试验方法的确定

序贯截尾试验作为一种抽样检验的试验方法, 需要事先约定被试产品在某个截尾时间内的可接收的故障数和拒收的故障数, 根据此规则, 将试验过程中累积的有效试验时间和故障个数与规定的判别区间进行比较, 作出接收或拒收的判定^[7]。

对于具有未知 MTBF 值的指数型产品, 在累积工作时间 t 内发生 r 次故障的概率为

$$P_r(r) = \left(\frac{t}{\theta}\right)^r \left(\frac{e^{-t/\theta}}{r!}\right) \quad (11)$$

序贯试验必须证明 MTBF 值至少不小于 MTBF 检验下限 θ_1 。如果实际 MTBF 确实等于 MTBF 检验下限 θ_1 , 则在工作时间 t 内发生 r 次故障的概率为

$$P_1(r) = \left(\frac{t}{\theta_1}\right)^r \left(\frac{e^{-t/\theta_1}}{r!}\right) \quad (12)$$

为了构造出序贯试验, 需要选择 MTBF 检验上限 θ_0 。如果产品的 MTBF 等于 θ_0 , 则在工作时间 t 内发生 r 次故障的概率为

$$P_0(r) = \left(\frac{t}{\theta_0}\right)^r \left(\frac{e^{-t/\theta_0}}{r!}\right) \quad (13)$$

$$P(r) = \frac{P_1(r)}{P_0(r)} = \left(\frac{\theta_0}{\theta_1}\right)^r e^{-[(1/\theta_1) - (1/\theta_0)]t} \quad (14)$$

在试验期间持续计算该比例并与预先规定的 2 个常数 A 和 B 进行比较, 使用以下决策准则判定:

(1) 如果 $P(r)$ 变得 $< B$, 接收并停止试验; (2) 如果 $P(r)$ 变得 $> A$, 拒收并停止试验; (3) 如果 $B < P(r) < A$, 继续试验。

$$\begin{cases} A = (d+1)(1-\beta)/2\alpha d \\ B = \beta/(1-\alpha) \end{cases} \quad (15)$$

可见常数 A 、 B 与试验方案参数 α 、 β 、 d 有关。

以下为推导序贯试验图解程序的过程

$$B < \left(\frac{\theta_0}{\theta_1}\right)^r e^{-[(1/\theta_1) - (1/\theta_0)]t} < A \quad (16)$$

取自然对数得: $\ln B < r \ln(\theta_0/\theta_1) + (1/\theta_0 - 1/\theta_1)t < \ln A$ 。

在不等式的各项中都加上 $(1/\theta_1 - 1/\theta_0)t$, 然后各项都除以 $\ln(\theta_0/\theta_1)$ 得到

$$\frac{\ln B}{\ln(\theta_0/\theta_1)} + \frac{(1/\theta_1 - 1/\theta_0)t}{\ln(\theta_0/\theta_1)} < r < \frac{\ln A}{\ln(\theta_0/\theta_1)} + \frac{(1/\theta_1 - 1/\theta_0)t}{\ln(\theta_0/\theta_1)} \quad (17)$$

只要 r 的数值在不等式左右两边的数值之间, 则继续试验; 如果 r 不大于左边, 则作出接收判决, 试验终止; 如果 r 不小于右边, 则作出拒收判决, 试验终止。观察不等式两边的表达式, 在试验方案及试验方案参数已经确定的情况下, 不等式两边的表达式表示了 2 条相互平行的直线, 不等式可以表

示为

$$a+bt < r < c+bt \quad (18)$$

其中

$$\begin{cases} a = \frac{\ln B}{\ln(\theta_0/\theta_1)} \\ b = \frac{(1/\theta_1 - 1/\theta_0)}{\ln(\theta_0/\theta_1)} \\ c = \frac{\ln A}{\ln(\theta_0/\theta_1)} \end{cases} \quad (19)$$

将这 2 条直线画在以 t (累积试验时间) 为横坐标、 r (故障数) 为纵坐标的图纸上时, 常数 a 和 c 为这 2 条线在纵坐标上的截距, b 为斜率, 如图 1 所示。

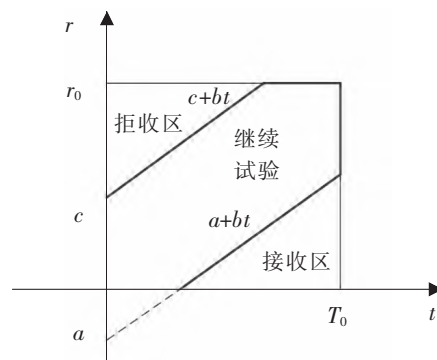


图 1 序贯试验接收-拒收判决图

由图 1 可见, 序贯试验的判据规则, 接收线 $L_0: r = a + bt$, 接收线 L_0 以下叫接收区; 拒收线 $L_1: r = c + bt$, 拒收线 L_1 以上叫拒收区, L_0 与 L_1 之间为继续试验区^[8]。

实际工程中, 为了防止试验长期停留在继续试验区, 画出一条水平线 ($r = r_0$) 和一条垂直线 ($t = T_0$) 限定试验截尾区域, 选取满足下述关系的故障数 r 的最小整数成立

$$\frac{\chi_{(1-\alpha)}^2(2r)}{\chi_{\beta}^2(2r)} \geq \frac{\theta_1}{\theta_0} \quad (20)$$

式中, $\chi_{(1-\alpha)}^2(2r)$ 和 $\chi_{\beta}^2(2r)$ 为自由度为 $2r$ 的 χ^2 分布的上侧分位数。当找到改点时, 就确定了自由度为 $2r_0$, 可以确定试验最大故障数 r_0 , 或者计算出试验最长时间

$$T_0 = \frac{\theta_0 \chi_{(1-\alpha)}^2(2r_0)}{2} \quad (21)$$

3.2 序贯截尾试验 MTBF 置信限的确定

序贯试验结束后, 也需对 MTBF 的置信限作出估计, 根据序贯试验判断法则, 接收判决是在总试验时间统计够接收判决时间时才能作出, 而拒收判断则在试验过程中任何时刻都可能发生, 因此接收置信限和拒收置信限的计算方法是不同的。

(1) 序贯试验达到接收判据时, MTBF 的置信区间的单侧置信度为 C' 的置信下限 θ_L 和置信上限 θ_U 按式(22)计算^[2], MTBF 的双侧置信区间表述为: (θ_L, θ_U) , (置信度 = C)。

$$\begin{cases} \theta_L = \theta_L(C', t_i) \theta_1 \\ \theta_U = \theta_U(C', t_i) \theta_1 \end{cases} \quad (22)$$

式中, t_i 为达到接收判决时的责任故障数 i 时的试验时间; C' 为单侧置信度; $\theta_L(C', t_i)$ 为置信度为 C' 、责任故障数为 i 时的置信下限系数, 查询表 A. 8 可得; $\theta_U(C', t_i)$ 为置信度为 C' 、责任故障数为 i 时的置信上限系数, 查询表 A. 9 可得。

(2) 作出拒收判决时, 此时总试验时间为 T , MTBF 的单侧置信度为 C' 的拒收置信下限 θ_L 和拒收置信上限 θ_U 按式(23)计算, 表述为拒收时置信度为 C 的 MTBF 的置信区间为: (θ_L, θ_U) , (置信度 = C)。

$$\begin{cases} \theta_L = \theta_L(C', t) \theta_1 \\ \theta_U = \theta_U(C', t) \theta_1 \end{cases} \quad (23)$$

式中, t 为标准化总试验时间, $t = T/\theta_1$, $t_i < t < t_{i+1}$; $\theta_L(C', t)$ 为 t 时刻置信度为 C' 的拒收置信下限系数; $\theta_U(C', t)$ 为 t 时刻置信度为 C' 的拒收置信上限系数。

$$\theta_L(C', t) = \theta_L(C', t_i) + [\theta_L(C', t_{i+1}) - \theta_L(C', t_i)](t - t_i)/(t_{i+1} - t_i) \quad (24)$$

$$\theta_U(C', t) = \theta_U(C', t_i) + [\theta_U(C', t_{i+1}) - \theta_U(C', t_i)](t - t_i)/(t_{i+1} - t_i) \quad (25)$$

式中, $\theta_L(C', t_i)$ 为置信度为 C' 、责任故障数为 i 时的置信下限系数, 查询表 A. 10 可得; $\theta_U(C', t_i)$ 为置信度为 C' 、责任故障数为 i 时的置信上限系数, 查询表 A. 11 可得。

4 应用示例

4.1 定时试验提前作出接收评定示例

某信息设备的合同中规定平均故障间隔时间 $MTBF \geq 180$ h, 设备定型前需要进行可靠性指标考核, 约定采用定时截尾试验的标准型试验统计方案 14, 试验参数见表 2, 总试验时间 $T = 7.8 \times 180 = 1\,704$ h。

表 2 标准型定时试验统计方案 14 的试验方案参数

方案号	决策风险%				鉴别比 $d=\theta_0/\theta_1$	试验时间 (θ_1 的倍数)	判决故障数	
	名义值		实际值				拒收($\geq$)	接收($\leq$)
	α	β	α'	β'				
14	20	20	19.9	21.0	2.0	7.8	6	5

受试验经费和项目进度的制约, 当试验时间 T 为 554 h, 需给出评估结果, 试验期间内责任故障数为 0。试验方案 14 的参数为: $\alpha = \beta = 20\%$, $\theta_1 = 180$ h, 置信度 $C = (1 - 2 \times 0.2) \times 100\% = 60\%$, 单边置信度 $C' = 80\%$ 。

此时实际试验时间 $554 \text{ h} = 3.1\theta_1$, 小于 $7.8\theta_1$, 按照标准型方案 14 还需继续试验, 这时可以考虑采用定时试验提前决策方案, 查询文献[2]表 A. 14 中定时试验统计方案 14 管理者提前评定的接收时间 t_i , $t_0 = 2.7\theta_1 < 3.1\theta_1 < t_1 = 4.4\theta_1$, 故取 $t_i = t_0$, 即试验进行到 $3.1\theta_1$ 时至多出现了 0 个故障, 则可以作出接收的判定。

由于故障数为 0 无置信上限, 根据式(10)得置信下限系数 θ_L : $\theta_L = \theta_L(C', t_i) \times \theta_1 = 1.678 \times 180 = 302.04$ h。

则, 按照方案 14 管理者提前评定方案作出接收评定, MTBF 的单侧置信下限为 302.04 h(置信度为 80%)。项目后续继续进行试验时间和故障数的统计工作, 以便更准确评估设备的 MTBF 指标。

4.2 序贯试验应用示例

另外可以考虑采用序贯试验方案来进行, 取相同的试验参数 $\alpha = \beta = 20\%$, 则选择标准型序贯试验方案 4, 鉴别比 d 取值为 2。下面计算该方案 4 的接收-拒收判据、截尾点、统计方案曲线的斜率和纵坐标截距。

(1) 由式(15)得出 $A = 3, B = 0.25$ 。

(2) 按下列步骤计算截尾点: 查表 χ^2 分布 $(1-\alpha)$ 和 β 上侧分位数, 直到下式成立为止:

$$\frac{\chi_{(1-\alpha)}^2(2r)}{\chi_{\beta}^2(2r)} = \frac{\chi_{0.8}^2(2)}{\chi_{0.2}^2(2r)} \geq \frac{1}{2}。该点在自由度为 16 时出现: \chi_{0.8}^2(14)/\chi_{0.2}^2(14) = 0.487\,8, \chi_{0.8}^2(16)/$$

$\chi_{0.2}^2(16) = 0.511\,7$ 。因此: $2r_0 = 16, r_0 = 8$ 。该试验最多可有 8 个故障。

(3) 根据式(19)得出 2 条平行线的斜率和纵坐标: $a = -2, b = 0.004, c = 1.58$; 则, 接收线为 $a + bt = -2 + 0.004t$, 拒收线为 $c + bt = 1.58 + 0.004t$ 。

结合文献[2]中方案 4 的接收-拒收判决标准图得出该信息设备接收-拒收判决标准图如图 2 所示, 判决标准表可参见文献[2]的图 A. 5 所示。故障数为 0 无置信上限, 根据式(22)计算置信下限系数 θ_L , 得: $\theta_L = \theta_L(C', t_i) \times \theta_1 = 1.739\,7 \times 180 \approx 313.15$ h。

由以上分析可见, 该信息设备采用序贯试验方案时试验时间 T 为 554 h, 故障数为 0 时可以直接作出接收判决, MTBF 的单侧置信下限约为 313.15 h(置信度为 80%)。

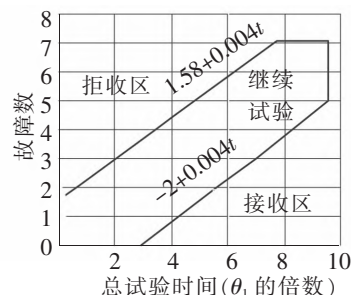


图 2 某信息设备接收-拒收判决标准图

5 结论

分析了试验方案参数之间的关系,结合可靠性统计试验定时截尾试验、定时提前接收试验、序贯截尾试验各自特点,分别给出了 MTBF 的计算过程以及区间估计计算方法,应用在某信息设备的可靠性指标 MTBF 验证评估中,采用定时试验提前接收方法作出的判决,与采用相同试验参数时的序贯试验判据结果一致。研究结果对工程实际中如何选择合适的试验方案具有一定的指导意义。

参 考 文 献

- [1]张海龙,郭海亮,孔耀. 极小子样加速退化试验数据可靠性评估方法[J]. 无线电工程,2020,50(11):995-999.
- [2]中国人民解放军总装备部电子信息基础部标准化研究中心. GJB 899A—2009 可靠性鉴定和验收试验[S]. 北京: 中国人民解放军总装备部,2009.
- [3]李根成. 定时截尾可靠性鉴定试验方案的参数选择及分析[J]. 航空学报,2006,27(2):272-274.
- [4]李海波. 可靠性统计试验方案及其选取[J]. 强度与环境,2010,37(4):54-59.
- [5]付兴中,李伟. 定时截尾试验零故障时的 MTBF 估计方法[J]. 无线电工程,2016,46(7):98-100.
- [6]冯国胜,李龙. 空气悬架铰接电动客车车身骨架可靠性评估[J]. 石家庄铁道大学学报(自然科学版),2020,33(2):52-56.
- [7]王景春,吴雨航. 基于改进属性区间识别模型的跨线公路桥施工风险评估[J]. 石家庄铁道大学学报,2021,34(4):1-7.
- [8]李国胜. 基于 GJB 899A 的可靠性统计试验方案分析[J]. 数字海洋与水下攻防,2021,4(1):71-75.

Research on Reliability Index Evaluation Method of Electronic Equipment

Li Baolian¹, Zhang Qian¹, Xie Haiyao²

(1. The 54th Research Institute of China Electronics Technology Group Corporation, Shijiazhuang 050081, China;

2. School of Information and Electronics, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

Abstract: Reliability statistical test is an important evaluation method to measure reliability index. At present, various test statistical methods given in GJB899A reliability appraisal and acceptance test are used in the project. It mainly includes two categories; statistical methods of timed censoring test and sequential test. Timed censoring test includes the method of receiving evaluation in advance. The significance and selection principle of parameters of each test scheme were analyzed, and the determination process of these two kinds of test methods was compared and analyzed. The most appropriate test method was selected according to the characteristics of each test method and the constraints of the actual project. Combined with the analysis of engineering examples, it effectively helped the user and the developer to carry out the reliability evaluation test effectively.

Key words: reliability test; method parameters; assessment; timing early acceptance evaluation test