

YD

中华人民共和国通信行业标准

YD/T 282—2000

代替 YD 282—82

通信设备可靠性通用试验方法

General reliability test methods for communication equipment

2001-01-02 发布

2001-05-01 实施

中华人民共和国信息产业部 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 引用标准 1

3 定义 1

4 总则 2

5 可靠性试验一般方案和要求 3

6 可靠性试验 13

7 现场试验 16

附录 A (提示的附录) 温度加速系数 A_T 的计算 18

前 言

本标准根据现代通信设备的实际需要，对 YD282—82 进行了修订，它规定了对通信设备进行可靠性试验的一般原则和专门程序。与原标准相比，对如下内容作了修订：(1) 对可靠性试验进行了完整地分类说明；(2) 根据现代通信设备的实际要求，对试验的内容、方法和故障判决、故障分类等进行了规定，使之更加工程化、切合实际和容易实施；(3) 根据可靠性工程的发展趋势，增加了可靠性保证试验及具体要求；(4) 对试验中设备的故障进行了分级；(5) 介绍了现场试验的条件和方法。

本标准在编制中借鉴了 GB/T 13426—1992 和 YD/T 642—1993 的内容。

本标准的附录 A 为提示的附录。

本标准从生效之日起，同时替代 YD282—82。

本标准由信息产业部电信研究院提出并归口。

本标准起草单位：信息产业部邮电工业标准化研究所

深圳市中兴通讯股份有限公司

本标准起草人：武冰梅 侯 利 林国勇 彭 轶 王锡吉

中华人民共和国通信行业标准

通信设备可靠性通用试验方法

General reliability test methods for
communication equipment

YD/T 282—2000
代替 YD 282—82

1 范围

本标准规定了通信设备进行可靠性试验的一般原则、程序和试验方法。

本标准适用于预期寿命服从指数分布或近似指数分布的，以平均故障间隔时间(MTBF)为指标的通信设备在研制、生产和现场使用中有关的通用可靠性统计试验。不适用于环境应力筛选和可靠性增长试验。

2 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 2421-1989	电工电子产品基本环境试验规程 总则
GB/T 2423.2-1989	电工电子产品基本环境试验规程 试验 B：高温试验方法
GB/T 3187-1994	可靠性、维修性术语
GB/T 5081-1985	电子产品现场工作可靠性、有效性和维修性数据收集指南
GB/T 8170-1987	数值修约规则
GJB 451-1990	可靠性维修性术语
GJB 899-1990	可靠性鉴定和验收试验
GF 014-1995	通信机房环境条件

3 定义

本标准采用下列定义。未说明的均采用 GB/T 3187 和 GJB 451 的定义。

3.1 平均故障间隔时间 (MTBF) mean time between failure

可修复产品可靠性的一种基本参数。其度量方法为：在规定的条件下和规定的时间内，产品的寿命单位总数与故障总数之比。

3.2 MTBF 的观测值(点估计值) ($\hat{\theta}$) observed MTBF

设备的总工作时间或承受规定的试验应力的累计时间除以责任故障数。

3.3 MTBF 的检验下限 (θ_1) lower test MTBF

拒收的 MTBF 值。统计试验方案以高概率拒收 MTBF 真值接近 θ_1 的设备。

3.4 MTBF 的检验上限 (θ_0) upper test MTBF

可接收的 MTBF 值。统计试验方案以高概率接收 MTBF 真值接近 θ_0 的设备。

3.5 鉴别比 (d): discrimination ratio

MTBF 的检验上限 θ_0 与检验下限 θ_1 的比值。

$$d = \theta_0 / \theta_1$$

3.6 生产方风险(α) producer's risk

MTBF 的真值等于其检验上限 θ_0 时设备被拒收的概率。当 MTBF 的真值大于 θ_0 时, 设备被拒收的概率将低于 α 。

3.7 使用方风险(β) consumer's risk

MTBF 的真值等于其检验下限 θ_1 时设备被接收的概率。当 MTBF 的真值低于 θ_1 时, 设备被接收的概率将低于 β 。

3.8 试验剖面 test profile

直接供试验用的环境参数的时序描述, 是按照一定的规则对环境剖面进行处理后得到的。

3.9 责任故障

受试设备在试验中出现的关联的独立故障以及由此引起的任何从属故障算作一次责任故障, 是判决受试设备合格与否的依据。

4 总则

4.1 可靠性试验分类

设备可靠性试验可以是实验室试验或现场试验。实验室可靠性试验是在规定的受控制的工作环境条件下进行的可靠性试验, 其工作环境可以模拟或不模拟现场条件。现场可靠性试验是在现场进行的可靠性验证试验或测定试验。现场的工作环境、维修及测量条件需加以记录。

根据通信设备在研制、生产和使用各阶段的要求, 从可靠性试验的性质分主要有可靠性工程试验和可靠性统计试验。可靠性工程试验由环境应力筛选和可靠性增长试验组成, 在于暴露故障并加以排除, 通常在研制阶段进行; 可靠性统计试验有可靠性验证试验和可靠性测定试验, 在于验证设备是否符合规定要求和测定其所达到的可靠性值, 一般在研制阶段和生产阶段进行。

4.2 可靠性试验评审

4.2.1 试验计划和方案的评审

进行可靠性试验前须编写可靠性试验计划和方案, 试验计划和试验方案的内容见 5.1, 并进行评审。

4.2.2 试验前准备的评审

依据试验计划和方案的要求进行试验准备, 并组织进行对试验工作的评审, 以确定是否已具备开始试验的条件, 并保证受试设备、试验设备和所有辅助设备已处于准备开始试验的状态。

4.2.3 试验结束后的评审

试验结束后应及时对试验结果进行评审, 以评定试验结果是否真实、可信。

注: 如果在试验中出现异常事件, 应组织评审, 决定是否应继续试验。

5 可靠性试验一般方案和要求

5.1 试验计划和方案

5.1.1 试验计划

根据设备的可靠性要求, 制订可靠性试验计划。试验计划应充分利用研制和生产中的其他试验提供的信息, 避免试验工作重复。试验计划应包括以下内容:

- a) 试验对象及数量;
- b) 试验目的和进度;
- c) 确定试验应具备的条件。

5.1.2 试验方案

- a) 确定统计试验方案和判决标准;
- b) 确定受试设备的工作状态和故障分类;
- c) 确定综合环境试验条件;

d) 试验过程检查和试验程序。

5.2 受试设备

为保证可靠性试验的顺利进行和结果的准确性，受试设备应经过环境应力筛选(ESS)，对暴露出来的系统性批次性可靠性缺陷已采取纠正措施；对暴露出来的偶然性可靠性缺陷已予补救。

受试设备应通过环境适应性试验的验证。

5.3 试验设备和仪器

试验设备和仪器应能保证产生和保持试验所需的综合环境试验条件，并按照有关规定进行定期校核和检定。

所有仪器应满足以下要求：

- a) 其不确定度至少应为被测参数容差的 1/3；
- b) 其标定应能追溯到国家最高计量标准。

5.4 综合环境试验条件

综合环境试验条件及相应的时间根据受试设备现场使用要求和任务环境特征来确定，应时序地模拟受试设备在使用中经历的主要应力，模拟设备使用的环境条件和使用情况，试验期间受试设备应在典型的工作条件和负载条件下工作。

试验条件可将下列应力综合两种或多种组成试验剖面进行，或按设备技术标准或合同中规定的试验环境条件。

5.4.1 电应力

电应力应包括设备的通断电循环、规定的工作模式及工作周期、规定的输入标称电压及其最大允许偏差。

一般电源输入电压变化应按设备实际的使用环境来确定，或者按有关的国标或行标的规范要求确定，电压循环时间分配为：设备应有 50%的时间在设计的标称输入电压下工作，有 25%的时间在最高输入电压下工作，有 25%的时间在最低输入电压下工作。

5.4.2 振动应力

对于携带和非固定使用设备必须加电进行振动应力试验，振动应力可参考图 1 的量值进行，或者按设备的现场使用类别、设备的安装位置和预期使用情况确定。施加应力的时间一般 $\leq 20\text{min}$ 。

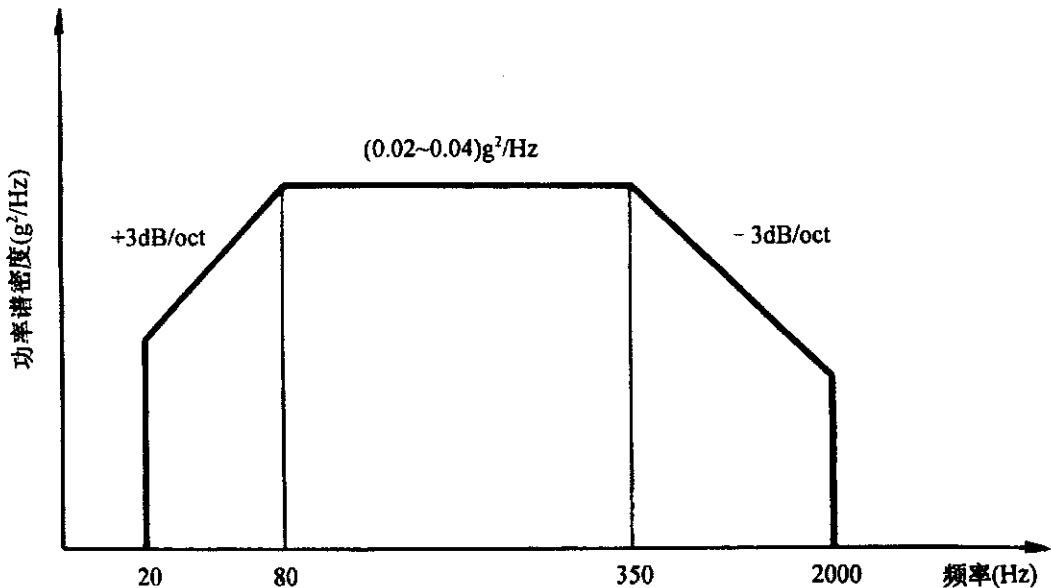


图 1 随机振动功率谱密度

5.4.3 温度应力

温度应力应真实地模拟受试设备使用中机理的实际情况。确定温度应力时，应考虑以下内容：

- 起始温度和接通电源时间；
- 工作温度(范围、变化率和变化频率)；
- 每一任务的试验剖面的温度循环次数。

通信设备一般在标准规定的环境下工作。如无特别规定或者已注明使用环境，按照室内工作试验温度范围 $5^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ ，室外工作试验温度范围 $-40^{\circ}\text{C}\sim +55^{\circ}\text{C}$ 。应采用温度循环方式试验，每个最高/最低温度保持时间不小于 2h，以使受试设备在该条件下达到温度平衡。温度变化速率 $\leq 1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ，温度稳定后容差不超过 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。设备应在高、低温条件下进行开、关机试验。

多台设备同时进行试验时，设备的试验条件应符合 GB2423.2-1989 的 9.7.1.2.2 规定。

5.4.4 湿度应力

湿度试验建议条件为温度 $(40\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $93\%_{\pm 3}^{\pm 2}\%$ 。如果在设备中有特别的规定，按规定执行。

5.5 统计试验方案及选择

5.5.1 试验方案的种类

本标准规定两种试验方案：定时截尾试验方案见表 1，截尾序贯试验方案见表 2 至表 10；定数截尾试验方案的试验时间是随机的，但平均起来可以参考定时截尾试验方案，即试验时间可参考表 1。

5.5.2 试验方案的选择

试验方案选择的一般原则：

- 当需要知道准确的总试验时间和试验费用时，则选用定时截尾试验方案。
- 如果具有正常的生产方和使用方风险率(10%~20%)时，而且事先对总试验时间准确性与否不严格要求时，对于质量很好或质量很坏或样品很少的设备，可采用截尾序贯试验。
- 一般选取 $\alpha = \beta$ 。

表 1 定时截尾试验方案

方案号	决策风险(%)				鉴别比 ($d= \theta_0/ \theta_1$)	试验时间 (θ_1 的倍数)	判决标准	
	标称值		实际值				拒收(\geq)	接收(\leq)
	α	β	α'	β'				
1	10	10	12.0	9.9	1.5	45.0	37	36
2	20	20	19.7	19.6	1.5	21.5	18	17
3	10	10	9.6	10.6	2.0	18.8	14	13
4	20	20	19.9	21.0	2.0	7.8	6	5
5	10	10	9.4	9.9	3.0	9.3	6	5
6	20	20	17.5	19.7	3.0	4.3	3	2
7	30	30	29.8	30.1	1.5	8.1	7	6
8	30	30	28.3	28.5	2.0	3.7	3	2
9	30	30	30.7	33.3	3.0	1.1	1	0

注：

- 如果需要短时间内作出判断，而且生产方和使用方都愿意承担比较高的风险时，采用高风险试验方案(即 α 、 β 为 30%)。
- 当 α 、 β 一定时，鉴别比(d)高，试验时间短，必须仔细选择鉴别比，以防止得出的 θ_0 由于设计的局限性而难以达到。

表 2 截尾序贯试验方案

方案号	决策风险(%)				鉴别比 ($d= \theta_j / \theta_i$)	判决标准
	标称值		实际值			
	α	β	α'	β'		
1	10	10	11.1	12.0	1.5	见表 3
2	20	20	22.7	23.2	1.5	见表 4
3	10	10	12.8	12.8	2.0	见表 5
4	20	20	22.3	22.5	2.0	见表 6
5	10	10	11.1	10.9	3.0	见表 7
6	20	20	18.2	19.2	3.0	见表 8
7	30	30	31.9	32.2	1.5	见表 9
8	30	30	29.3	29.9	2.0	见表 10

表 3 故障判决标准

故障数	总试验时间 (θ_1 的倍数)		故障数	总试验时间(θ_1 的倍数)	
	拒收($t_R \leq$)	接收($t_R \geq$)		拒收($t_R \leq$)	接收($t_R \geq$)
0	—	6.95	21	18.50	32.49
1	—	8.17	22	19.80	33.70
2	—	9.38	23	21.02	34.92
3	—	10.60	24	22.23	36.13
4	—	11.80	25	23.45	37.35
5	—	13.03	26	24.66	38.57
6	0.34	14.25	27	25.88	39.78
7	1.56	15.46	28	27.07	41.00
8	2.78	16.69	29	28.31	42.22
9	3.99	17.90	30	29.53	43.43
10	5.20	19.11	31	30.74	44.65
11	6.42	20.33	32	31.96	45.86
12	7.64	21.54	33	33.18	47.08
13	8.86	22.76	34	34.39	48.30
14	10.07	23.98	35	35.61	49.50
15	11.29	25.19	36	36.82	49.50
16	12.50	26.41	37	38.04	49.50
17	13.72	27.62	38	39.26	49.50
18	14.94	28.84	39	40.47	49.50
19	16.15	30.06	40	41.69	49.50
20	17.37	31.27	41	49.50	—

表 4 故障判决标准

故障数	总试验时间 (θ_1 的倍数)		故障数	总试验时间(θ_1 的倍数)	
	拒收($t_R \leq$)	接收($t_R \geq$)		拒收($t_R \leq$)	接收($t_R \geq$)
0	—	4.19	10	8.76	16.35
1	—	5.40	11	9.98	17.57
2	—	6.62	12	11.19	18.73
3	0.24	7.83	13	12.41	19.99
4	1.46	9.05	14	13.62	21.21
5	2.67	10.26	15	14.84	21.90
6	3.90	11.49	16	16.05	21.90
7	5.12	12.71	17	17.28	21.90
8	6.33	13.92	18	18.50	21.90
9	7.55	15.14	19	21.90	—

表 5 故障判决标准

故障数	总试验时间(θ_1 的倍数)		故障数	总试验时间(θ_1 的倍数)	
	拒收($t_R \leq$)	接收($t_R \geq$)		拒收($t_R \leq$)	接收($t_R \geq$)
0	—	4.40	9	9.02	16.88
1	—	5.70	10	10.40	18.26
2	—	7.18	11	11.79	19.56
3	0.70	8.56	12	13.18	20.60
4	2.08	9.94	13	14.56	20.60
5	3.48	11.34	14	15.94	20.60
6	4.86	12.72	15	17.34	20.60
7	6.24	14.10	16	20.60	—
8	7.63	15.49			

表 6 故障判决标准

故障数	总试验时间 (θ_1 的倍数)		故障数	总试验时间 (θ_1 的倍数)	
	拒收($t_R \leq$)	接收($t_R \geq$)		拒收($t_R \leq$)	接收($t_R \geq$)
0	—	2.80	5	4.86	9.74
1	—	4.18	6	6.24	9.74
2	0.70	5.58	7	7.62	9.74
3	2.08	6.96	8	9.74	—
4	3.46	8.34			

表 7 故障判决标准

故障数	总试验时间 (θ_1 的倍数)		故障数	总试验时间 (θ_1 的倍数)	
	拒收($t_R \leq$)	接收($t_R \geq$)		拒收($t_R \leq$)	接收($t_R \geq$)
0	—	3.75	4	3.87	10.35
1	—	5.40	5	5.52	10.35
2	0.57	7.05	6	7.17	10.35
3	2.22	8.70	7	10.35	—

表 8 故障判决标准

故障数	总试验时间(θ_1 的倍数)		故障数	总试验时间(θ_1 的倍数)	
	拒收($t_R \leq$)	接收($t_R \geq$)		拒收($t_R \leq$)	接收($t_R \geq$)
0	—	2.67	2	0.36	4.50
1	—	4.32	3	4.50	—

表 9 故障判决标准

故障数	总试验时间(θ_1 的倍数)		故障数	总试验时间(θ_1 的倍数)	
	拒收($t_R \leq$)	接收($t_R \geq$)		拒收($t_R \leq$)	接收($t_R \geq$)
0	—	3.15	4	2.43	6.80
1	—	4.37	5	3.65	6.80
2	—	5.58	6	6.80	—
3	1.22	6.80			

表 10 故障判决标准

故障数	总试验时间(θ_1 的倍数)		故障数	总试验时间(θ_1 的倍数)	
	拒收($t_R \leq$)	接收($t_R \geq$)		拒收($t_R \leq$)	接收($t_R \geq$)
0	—	1.72	2	—	4.50
1	—	3.10	3	4.50	—

5.6 受试设备的数量

受试设备母体必须是按同一设计文件和生产工艺进行生产的，受试设备是从母体中随机抽取。抽样数量一般至少两台，但若生产量不足 3 台时，允许抽样数量为 1 台。

5.7 试验中的性能测试和维护

5.7.1 性能测试

试验前和试验后均应在 GB/T 2421-1989 中 5.3 规定的标准大气条件下进行性能测试。并规定在试验过程中应测试的项目和参数要求。

试验前的性能测量应在受试设备装入试验设备后进行，以避免在安装中引入故障。性能测试应符合受试设备的规范要求，并作为与试验期间和试验结束时测得的性能进行比较的基准。

有条件的宜采用连续测试。试验期间如不能连续进行性能测试，应规定测量间隔时间，原则上应在极限条件下测试，在整个试验期间测试次数不能小于两次。

试验结束时，应测量和记录受试设备的性能，以确定受试设备性能是否符合其规范的要求。

5.7.2 试验过程中的维护

在可靠性验证试验中, 可以进行为受试设备规定的、列入试验程序的预防性维护程序, 但不允许进行额外的维护。为保证试验完成, 可以对试验设备进行预防性维护。

5.8 故障的分析、处理和纠正

5.8.1 故障分类

本故障分类是基于设备的任务可靠性。

故障分为关联故障和非关联故障, 非关联故障不作为受试设备合格与否的依据, 关联故障应进一步分为责任故障和非责任故障。

受试设备发生下列情况均不记关联故障。

- a) 设备具有冗余设计, 一个功能故障不影响整机功能时, 只作记录, 不计入关联故障;
- b) 受试设备以外的其它原因造成的故障不计入关联故障;

5.8.1.1 责任故障

在可靠性试验中, 受试设备的每一关联的独立故障以及由此引起的任何从属故障算作一次故障。责任故障应计入受试设备的故障判决, 它由下列 3 部分组成:

- a) 间歇故障。
- b) 未证实故障。
- c) 独立故障, 包括:
 - 1) 设备设计故障;
 - 2) 设备制造工艺故障;
 - 3) 零部件设计故障;
 - 4) 零部件制造工艺故障;
 - 5) 软件引起的故障;
 - 6) 调节控制结构故障;
 - 7) 机内测试系统故障;
 - 8) 机内附属电路故障;
 - 9) 生产方提供的操作、维护和维修方法不当引起的故障。

5.8.1.2 非责任故障

由使用方提供的或由使用方制订的其他生产厂提供的设备的独立故障引起的受试设备的故障为非责任故障。非责任故障不计入受试设备的故障判决, 它由以下部分组成:

- a) 非责任独立故障;
- b) 从属故障;
- c) 由使用方的软、硬件而引起的故障;
- d) 有规定寿命期限的产品, 因未按时更换所引起的故障;
- e) 故障机理明显并易于纠正的故障, 经使用方同意, 在本批产品中全部采取纠正措施后, 可作为非责任故障处理。

5.8.2 故障严重性分级

鉴于通信设备的复杂性, 故障情况对设备完成其规定功能影响不同, 因此可以按对设备影响的严重程度分为以下三级:

- 一级故障: 使设备丧失规定的功能, 为致命性故障。
- 二级故障: 使设备性能、指标退化(如参数漂移)而部分影响功能, 但尚不影响正常工作的故障。
- 三级故障: 不影响设备完成其规定功能的故障。

应根据以上规定的原则和受试设备功能、指标要求在试验前确定每类故障的等级。

5.8.3 确定故障的时间要求

受试设备在不连续的检测中发现同一故障时, 如不能准确确定故障的时刻, 则应认为该次故障是在

上一次检测时间发生的。

5.8.4 故障报告、分析和纠正

应使用闭环系统来收集可靠性验证试验期间出现的所有故障数据，分析这些故障发生的原因，采取纠正这些故障的措施及验证，并作好记录。

5.9 总试验时间和可靠性指标的计算

5.9.1 总试验时间的要求

采用定时截尾试验方案时，试验设备总的试验时间达到按规定的试验方案规定的时间时就停止；或者总试验时间虽未达到方案规定的时间，但故障数已大于或等于表中规定的拒收判决数，也可停止试验。

采用序贯试验时间应根据最大允许试验时间(截尾时间)来设计。可根据总的试验时间和累计故障数与表中规定的接收、拒收标准进行比较，若能作出接收或拒收判决，即可停止试验。

对于定数截尾试验，在确定失效数的情况下，当达到了规定的失效数，则试验停止。

5.9.2 加权故障数的计算

根据责任故障严重性分级，如在理论上可以推算出加权值时，按理论值加权，如无其它根据时，推荐以下加权值：

- a) 一级故障： $W_1=1$ ；
- b) 二级故障： $W_2=0.2\sim0.5$ ；
- c) 三级故障： $W_3=0.01\sim0.1$ 。

此时加权故障数的计算值为：

$$r_w=r_1W_1+r_2W_2+r_3W_3 \quad (1)$$

式中： r_1 、 r_2 、 r_3 ——分别表示已确定的各级别的责任故障数；

W_1 、 W_2 、 W_3 ——分别表示已确定的相应严重级别故障的加权系数。

加权后的 r_w 若出现小数，则建议按 GB 8170 中的规定修约或由生产方和使用方共同规定修约方法。后一种情况应在试验方案中明确规定。

5.9.3 总试验时间的计算

设备试验的总时间 T 一般如下计算：抽取的 n 个样品在规定条件下做寿命试验，到规定的时间 t 停止，则总时间应为全部的样品试验时间 t 的 n 倍。若在试验中有样品发生故障，立即修复后继续试验，如公式 2；若不修复而为取出故障样品，其它样品继续试验，到规定的时间 t 停止，总时间如公式 3。

$$T=nt \quad (2)$$

$$T=(n-r)t+\sum_{i=1}^r t_i \quad (3)$$

式中： n ——试验的样品总数

t ——试验截尾时间

r ——发生的故障样品数

t_i ——故障样品故障前的时间

5.9.4 平均故障间隔时间(MTBF)的估计

如果有故障发生，用最后的试验总时间除以加权故障数可以求出 MTBF 的观测值 $\hat{\theta}$ 。

$$\hat{\theta}=T/r_w \quad (4)$$

式中： T ——试验总时间

r_w ——加权故障数

对于定时截尾试验时的无故障情况，不能用公式 4 来计算 $\hat{\theta}$ ，但可以对其置信区间进行估计。

5.9.5 区间估计和置信度

通过一次试验的观测值 $\hat{\theta}$ ，确定设备的 MTBF 值的估计区间，称为置信区间。选取 $(1-2\beta)100\%$ 为双边置信区间的置信度，选取 $(1-\beta)100\%$ 为单边置信区间的置信度。例如当 $\beta=10\%$ 时，双边置信区间的置信度为 80%，单边置信区间的置信度为 90%。

查表 12 和表 13 中的相应的 MTBF 下限因子和上限因子，用下限因子和上限因子分别乘以观测值 $\hat{\theta}$ ，可以得出 MTBF 的下限值 θ_L 和上限值 θ_U 。

$\theta_L = \hat{\theta} \cdot \text{下限因子}; \theta_U = \hat{\theta} \cdot \text{上限因子}.$

也可通过表 11 公式计算下限因子和上限因子。

对于常用的定时截尾试验的置信因子见表 12，对于常用的定数截尾试验的置信因子见表 13。

对于序贯试验区间估计可参见 GJB899-1990 附录 A 表 A5a、A5b 和 A6a、A6b。

表 11 置信因子计算

置信限种类	定数截尾序贯试验	定时截尾试验
单侧(下限) (下限因子, ∞)	$(\frac{2r}{x^2 c(2r)}, \infty)$	$(\frac{2r}{x^2 c(2r+2)}, \infty)$
双侧(上限和下限) (下限因子, 上限因子)	$(\frac{2r}{x^2 \frac{1+c}{2}(2r)}, \frac{2r}{x^2 \frac{1-c}{2}(2r)})$	$(\frac{2r}{x^2 \frac{1+c}{2}(2r+2)}, \frac{2r}{x^2 \frac{1-c}{2}(2r)})$
注: r ——失效数; C ——置信度(对于单侧置信为 $(1-\beta)100\%$, 双侧置信度为 $(1-2\beta)100\%$; x^2 —— x^2 分布。		

用定时截尾试验方案在试验无故障时采用单侧置信，给定置信度 $(1-\beta)100\%$ ，可得

$$\theta_L = \frac{T}{\ln \frac{1}{\beta}} \dots\dots\dots(5)$$

5.10 试验记录与试验报告

在可靠性验证试验中，应完整地记录有关的试验数据。试验记录应包括设备说明、试验前、后和试验中的测试数据和结果，故障记录、维修记录以及纠正措施报告等。

试验完毕应编写试验报告，报告中应包括关于受试设备的可靠性全面分析及其有关数据和信息的说明，以及关于故障、故障分析及故障处理的说明。并总结受试设备的可靠性试验结果、结论及建议等。

表 12 MTBF 验证值的置信因子(定数截尾时计算)

总失效数	置信区间					
	双侧 40%		双侧 60%		双侧 80%	
	70%下限	70%上限	80%下限	80%上限	90%下限	90%上限
1	0.831	2.804	0.621	4.481	0.434	9.491
2	0.820	1.823	0.668	2.426	0.515	3.761
3	0.830	1.568	0.701	1.954	0.564	2.722

续表 12

总失效数	置信区间					
	双侧 40%		双侧 60%		双侧 80%	
4	0.840	1.447	0.725	1.742	0.599	2.293
5	0.849	1.376	0.744	1.618	0.626	2.055
6	0.856	1.328	0.759	1.537	0.647	1.904
7	0.863	1.294	0.771	1.479	0.665	1.797
8	0.869	1.267	0.782	1.435	0.680	1.718
9	0.874	1.247	0.796	1.400	0.693	1.657
10	0.878	1.230	0.799	1.372	0.704	1.607
11	0.882	1.215	0.806	1.349	0.714	1.567
12	0.886	1.203	0.812	1.329	0.723	1.533
13	0.889	1.193	0.818	1.312	0.731	1.504
14	0.892	1.184	0.823	1.297	0.738	1.478
15	0.895	1.176	0.828	1.284	0.745	1.456
16	0.897	1.169	0.832	1.272	0.751	1.427
17	0.900	1.163	0.836	1.262	0.757	1.419
18	0.902	1.157	0.840	1.253	0.763	1.404
19	0.904	1.152	0.843	1.244	0.767	1.390
20	0.906	1.147	0.846	1.237	0.772	1.377
21	0.907	1.143	0.849	1.230	0.776	1.365
22	0.909	1.139	0.852	1.223	0.781	1.354
23	0.911	1.135	0.855	1.217	0.784	1.344
24	0.912	1.132	0.857	1.211	0.788	1.335
25	0.914	1.128	0.860	1.206	0.792	1.327
26	0.915	1.125	0.862	1.201	0.795	1.319
27	0.916	1.123	0.864	1.197	0.798	1.311
28	0.918	1.120	0.866	1.193	0.801	1.304
29	0.919	1.117	0.868	1.189	0.804	1.298
30	0.920	1.115	0.870	1.185	0.806	1.291

表 13 MTBF 验证值的置信因子(定时截尾时计算)

总失效数	置信区间					
	双侧 40%		双侧 60%		双侧 80%	
	70%下限	70%上限	80%下限	80%上限	90%下限	90%上限
0	0.831	—	0.621	—	0.434	—
1	0.410	2.804	0.334	4.481	0.257	9.491
2	0.553	1.823	0.467	2.426	0.376	3.761
3	0.630	1.568	0.544	1.954	0.449	2.722
4	0.679	1.447	0.595	1.742	0.500	2.293
5	0.714	1.376	0.632	1.618	0.539	2.055
6	0.740	1.328	0.661	1.537	0.570	1.904
7	0.760	1.294	0.684	1.479	0.595	1.797
8	0.777	1.267	0.703	1.435	0.616	1.718
9	0.790	1.247	0.719	1.400	0.634	1.657
10	0.802	1.230	0.733	1.372	0.649	1.607
11	0.812	1.215	0.744	1.349	0.663	1.567
12	0.821	1.203	0.755	1.329	0.675	1.533
13	0.828	1.193	0.764	1.312	0.686	1.504
14	0.835	1.184	0.772	1.297	0.696	1.478
15	0.841	1.176	0.780	1.284	0.705	1.476
16	0.847	1.169	0.787	1.272	0.713	1.437
17	0.852	1.163	0.793	1.262	0.720	1.419
18	0.856	1.157	0.799	1.253	0.727	1.404
19	0.861	1.152	0.804	1.244	0.734	1.390
20	0.864	1.147	0.809	1.237	0.740	1.377
21	0.868	1.143	0.813	1.230	0.745	1.365
22	0.871	1.139	0.818	1.223	0.750	1.354
23	0.874	1.135	0.822	1.217	0.755	1.344
24	0.877	1.132	0.825	1.211	0.760	1.335
25	0.880	1.128	0.829	1.206	0.764	1.327
26	0.882	1.125	0.832	1.201	0.768	1.319
27	0.885	1.123	0.835	1.197	0.772	1.311
28	0.887	1.120	0.838	1.193	0.776	1.304
29	0.889	1.117	0.841	1.189	0.780	1.298
30	0.891	1.115	0.844	1.185	0.783	1.291

6 可靠性试验

根据可靠性统计试验所采用的方法和目的,可靠性统计试验可以分为可靠性验证试验和可靠性测定试验。

可靠性测定试验是为测定可靠性特性或其量值而做的试验,通常用来提供可靠性数据,它可不受 5.5 所列的统计试验方案限制。

可靠性验证试验是用来验证设备的可靠性特征值是否符合其规定的可靠性要求的试验,一般将可靠性鉴定和验收试验统称为可靠性验证试验。

6.1 可靠性鉴定试验

为了验证设备设计是否符合规定的可靠性指标要求,用能代表具有批准的技术状态的设备在规定的综合环境试验条件下进行可靠性鉴定试验。可靠性鉴定试验一般至少需要两台设备进行。

可靠性鉴定试验是在设计完成后为确定设备在规定的环境及工作条件下是否达到规定的可靠性指标所进行的试验。

6.1.1 试验要求

可靠性鉴定试验应按批准的可靠性试验计划和方案进行。若无其它规定,试验应一直进行到作出接收或拒收判决为止。

6.1.1.1 试验环境条件

可靠性鉴定试验可以在模拟的环境应力条件下进行,或者按 5.4 综合环境条件进行。对机房固定使用的设备,也可以采用高温加速方法,加速温度应高于机房条件的最高温度(机房条件见 GF 014),但以不引起新故障机理为限。

在恒定高温环境条件下实际试验时间为试验方案规定的试验时间除以高温环境的加速系数 A_T ,因此在可靠性鉴定试验时应先确定在高温环境下的加速系数。在恒定高温条件下的加速寿命试验,加速系数 A_T 计算见附录 A(提示的附录)。

加速系数 A_T 的确定也可以通过设备在其它试验中得到的可靠性数据和温度的关系比较得到,加速系数 A_T 应得到使用方的认可。对于分阶段温度变化的可靠性鉴定试验,各阶段的试验时间分别乘以加速系数后其和即为总的试验时间 T 。

对于其它应力,在鉴定试验时可以不计算加速系数。

6.1.1.2 受试设备要求

进行可靠性鉴定试验的设备采用抽样试验,设备要求按 5.6 规定抽样。在可靠性鉴定试验期间,受试设备应模拟实际使用的典型的安装和运行特征工作。

6.1.2 试验方案的确定

试验方案的选择原则见 5.5.2。

选定生产方风险 α 和使用方风险 β 。一般 α 、 β 取值相同,为 10%、20% 或者高风险值 30%。

选定鉴别比 d ,一般取值为 1.5、2、3。

试验方案一般选用定时截尾试验方案(见表 1)。

6.1.3 试验过程的管理

6.1.3.1 性能参数测量和维护

按 5.7 的规定进行性能测试和维护,并进行记录。

6.1.3.2 故障处理

故障处理按试验程序的规定进行,一般是:

- a) 发生故障时,应予以记录;
- b) 应以尽量不影响仍在继续试验的受试设备的方式从试验中撤出有故障的受试设备并进行修理;
- c) 更换所有有故障的零部件,其中包括由其它零部件故障引起应力超出允许额定值的零部件,但不能更换性能虽已恶化但未超出允许容限的零部件;

d) 经修理恢复到可以工作状态的受试设备, 在证实其修理有效后, 应以尽量不影响仍在试验的受试设备的方式, 重新投入试验;

e) 在取出有故障的受试设备进行修理期间, 试验数据仍应连续记录;

f) 除事先已规定或使用方批准的以外, 不应随意更换未出故障的模块或部件。

6.1.4 故障分类和判别

在试验期间出现的故障, 按照 5.8 规定进行故障分类、分级和记录。非关联故障只作记录, 转有关部门参考, 必要时采取措施, 但不计入鉴定用的故障数。

6.1.5 试验数据的处理

总试验时间是所有受试设备在试验应力下的累计总时间或总的工作时间, 按照 5.9.3 中的方法计算, 以及 6.1.1 和附录 A 的说明。

按照 5.9.4 得到 MTBF 的观测值 $\hat{\theta}$, 并按照 5.9.5 中计算 MTBF 的置信区间。

6.1.6 合格与否的判决

可靠性鉴定试验合格与否的判决应在对所有受试设备的故障分类后或其它适当时间进行。判决的依据是总试验时间和总的责任故障数; 以及所有统计试验方案中的判决依据。通过试验结果与所用统计试验方案中的接受拒收依据相比较来确定可靠性鉴定试验是否合格。

6.1.6.1 接收与拒收

若试验累计时间已到规定的截止时间, 且发生的责任失效数满足判决标准规定要求, 则作接收判决。若试验累计时间已到规定的截止时间, 发生的责任失效数超出判决标准规定要求, 则作拒收判决。如果有一台设备的累计工作时间少于全部受试设备的平均试验时间的一半, 则不应作出接收判决。

如果根据可靠性鉴定试验的结果作出了拒收判决, 则就可靠性而言, 该设备的设计未通过鉴定。一旦发生了拒收判决, 按照 6.1.7 规定, 在有关的措施得以实施后, 允许采取相同的样本量或重新抽取新的样本进行试验。

6.1.6.2 立即拒收

受试设备在初始检查或在试过程中, 如发现对使用或维护人员可能造成危险或会带来重大的物资损失, 则应立即终止试验, 并作拒收判决。

6.1.7 纠正措施

如在作出拒收判决或发生了同样的或等效的使用方式中出现两次或两次以上的故障, 且引起这些故障的基本机理相同时, 生产方式制订相应的纠正措施方案, 并说明其对试验计划和设备的影响, 确保在设备的生产中不再存在这种缺陷。

6.1.8 试验后设备的处理

试验做完后, 若无其它规定, 应将受试设备复原到试验前的工作状态, 故障的零件应更换, 性能退化的但未超出允许极限的零件也应更换。全部更换的零件由生产方提供, 这些复原的设备应通过检验, 合格后方可出厂。

6.2 可靠性验收试验

可靠性验收试验是在规定条件下对交付的批生产的设备进行试验, 以验证交付的设备满足规定的可靠性要求。按生产条件构成检验批, 并从检验批中随机抽取设备, 与可靠性鉴定试验相同的综合环境试验条件下进行可靠性验收试验。

6.2.1 试验要求

6.2.1.1 试验环境条件

可靠性验收试验期间采用的试验环境条件可按 6.1.1.1 说明, 应由使用方规定或同意。

6.2.1.2 受试设备要求

进行可靠性验收试验的设备采用抽样试验, 设备要求按 5.6 规定抽样。

6.2.2 试验方案的确定

试验方案的选择可以是定时截尾试验方案或者截尾序贯试验方案, 选取原则按 5.5.2。

6.2.3 试验过程的管理

按 6.1.3 的规定。

6.2.4 故障分类和判别

按 6.1.4。

6.2.5 试验后数据的处理

按 6.1.5。

6.2.6 批接收与批拒收

根据规定的统计试验方案和试验程序对批抽样的设备进行试验，并作出了接收的判决，则该批生产批次中的所有设备应接收。进行可靠性验收试验的受试设备，应进行 6.1.7 规定的处理后进行性能验收，方能交付。

根据规定的统计试验方案和试验程序对批抽样的设备进行试验，并作出了拒收的判决，则该批生产批次中的所有设备应拒收。在按 6.1.7 的规定采取相应的纠正措施，直至这些措施已实施后并改正了相应的缺陷，经使用方认可并同意后，可进行新的验收试验程序。

6.2.7 有条件接收

当受试设备的故障机理清楚，改进措施得到证实有效，且验证的可靠性水平与要求相差不大的情况下，经使用方同意，可按下列情况作为有条件接收：

- a) 改进设计和工艺；
- b) 改进维修方式；
- c) 改进操作方法。

6.2.8 纠正措施

按 6.1.7。

6.3 可靠性测试试验

可靠性测试试验目的是测定设备的可靠性指标。

6.3.1 试验要求

按 6.1.1。

6.3.2 试验中的性能测试和维护

同 6.1.3.1。

6.3.3 试验方案

可靠性测定试验没有预定的定量的可靠性指标，应统计分析试验所获得的数据，估算出设备的可靠性特征值。

可靠性测定试验可以在经过规定时间的相关试验或达到相关的故障数之后结束。

6.3.4 可靠性特征值的估算方法

无论有无故障设备的修理或替换，都可以通过试验得到故障率、故障前平均时间及平均故障间隔时间的点估计值和置信区间。

根据试验时间和发生的故障数，可按公式 4 计算 MTBF 的观测值。

在可靠性测定试验中，可根据受试设备的成熟度情况确定一个置信度，一般选取值为 70%~90%，然后按照表 11 的单侧区间估计中的公式或公式 5 计算 MTBF 的置信下限。

如果可靠性测定试验是将一些设备投入没有规定预定截尾程序的试验，则根据累计试验时间和故障数在任何时刻估算出可靠性。

受试设备可以不必同时投入试验或在同一时期内进行试验。可以把各个时期内的试验结果收集起来，用这些累计结果计算出点估计值和置信区间。

6.4 可靠性保证试验

当设备可靠性指标相当高，或者是设备的样本量比较小，进行可靠性试验时，进度计划和费用都无法安排。或者当设备具有相当的成熟度，质量非常稳定时，经使用方同意，可靠性验收试验可以用下面

的可靠性保证试验方案代替。

可靠性保证试验是设备经过环境应力筛选(ESS)之后所进行的可靠性验收试验。

6.4.1 前提条件

- 设备已经通过了环境应力筛选(ESS);
- 该设备已经进行可靠性鉴定试验, 并且已知其可靠性的最低可接收值(M);
- 设备已经进行了老炼试验。

6.4.2 试验条件

按 6.1.1。

6.4.3 无故障时间(t)确定

无故障时间由以下公式确定:

$$P_a = \frac{(M-1)^t(M+t)}{M^{(t+1)}} \dots\dots\dots (6)$$

其中: P_a ——通过可靠性保证试验的概率

M ——设备最低的 MTBF 值

t ——无故障间隔时间

通常取值为: $P_a=98\%$, 则

$$t=0.212M$$

6.4.4 试验程序

a) 将通过环境应力筛选(ESS)的设备, 按模拟实际使用状况的方式, 置于模拟应力条件下, 按规定的工作模式通电工作。

b) 连续或简短地检测并记录设备的性能。

c) 当试验时间达到无故障间隔时间 t 时, 设备未发生关联故障, 则结束试验, 通过可靠性保证试验。

d) 若试验中设备发生故障, 应立即停止试验, 排除故障, 修复设备, 继续进行可靠性保证试验。当故障为非关联故障时, 故障前的工作时间应计入无故障间隔时间 t 。当在 $2t$ 观测时间内, 存在连续的 t 时间的无故障间隔, 则设备通过可靠性保证试验。

e) 若在 $2t$ 观测时间内, 不存在 t 时间的无故障间隔, 则终止试验, 设备未通过可靠性保证试验。

f) 未通过可靠性保证试验的设备, 应采取可靠性增长措施, 经与使用方协商后, 重新进行可靠性保证试验。

7 现场试验

通信设备中, 有些试验必须在现场工作和环境条件下进行, 可采用现场试验。将现场使用作为现场试验, 统计、分析设备的使用运行数据, 对设备的可靠性进行验证。

7.1 试验条件

现场可靠性试验方案应合理地规定所有工作和环境因素严酷度的极限。如果由几个地点可供现场可靠性试验, 则应按试验的主要目的选择试验地点。

a) 如果要求保证应该达到的可靠性水平不得低于某一规定值时, 应该选用具有相应标准中规定的最严格的试验条件的地点。

b) 如果是为了测定适应于正常使用条件的可靠性水平, 应选用试验条件最典型的试验地点。

c) 如果要求提供可以比较可靠性资料时, 应该选用具有相同的或基本相同试验条件的地点。

7.2 数据的收集

应使用专门的现场报告格式收集数据, 或者使用现有的报告格式详细记录所要求的数据, 数据的收集应符合 GB 5081 的有关规定。

如果受试设备数量少, 可由现场的一般维护人员按现场使用的维修表格收集数据。

若现场安装情况可能影响设备可靠性, 则收集的数据应包括安装细节。报告还应详细说明试验期间

的工作和环境条件。

7.3 数据处理

由于试验结果中的数据收集自现场，所以需要对这些数据加以分析，以保证其真实性和完整性，并对报告中的故障进行再判决，真正找出关联故障而剔除非关联故障。

根据公式 4 计算出试验的现场可靠性点估计值。

附录 A

(提示的附录)

温度加速系数 A_T 的计算

根据电子元器件的温度特性, 温度对通信设备的可靠性影响是明确的。根据 GF 014 对通信机房的要求, 一般情况下通信机房的温度变化是有限的, 长期工作温度也比较稳定。一般加速系数是相对于机房的环境条件而言, 其计算可以通过对设备的可靠性预计来取得。例如, 在 25℃ 条件设备的预计指标为 λ_1 , 试验的温度为 45℃, 设备的预计指标为 λ_2 , 则加速系数为:

$$A_T = \lambda_2 / \lambda_1 \dots\dots\dots (A1)$$

例如: 通过可靠性预计, 某产品在 25℃ 环境温度的预计值为 $\theta_1 = 10222(\text{hrs})$, 在 40℃ 环境温度的预计值为 $\theta_2 = 5825(\text{hrs})$, 因此在 40℃ 高温试验的加速系数为:

$$A_T = \lambda_2 / \lambda_1 = \theta_1 / \theta_2 = 10222 / 5825 = 1.75$$

此时实际试验期间和方案中的试验时间的关系为:

$$T = T_{\text{实}} A_T \dots\dots\dots (A2)$$

则此时上述一台产品在高温 40℃ 环境下进行的可靠性试验时间如果为一周计 168h, 相当于 25℃ 时 294h 的工作时间。即此时的试验总时间应为 294h。