



中华人民共和国国家军用标准

FL 0111

GJB 1909.10-98

装备可靠性维修性 参数选择和指标确定要求 电子系统

Requirements of reliability and maintainability
parameter selection and index determination for material
Electronic system

1998-07-27 发布

1999-01-01 实施

中国人民解放军总装备部 批准批准

中华人民共和国国家军用标准

装备可靠性维修性 参数选择和指标确定要求 电子系统

Requirements of reliability and maintainability
parameter selection and index determination for material
Electronic system

GJB 1909.10-98

1 范围

1.1 主题内容

本标准规定了电子系统可靠性、维修性参数选择和指标确定的要求。

1.2 适用范围

本标准适用于电子系统的论证阶段和方案阶段,也适用于工程研制阶段和设计定型阶段。

本标准与 GJB 1909.1《装备可靠性维修性参数选择和指标确定要求 总则》配套使用,为订购方和承制方选择可靠性、维修性参数和确定可靠性、维修性指标提供依据。

2 引用文件

GJB 74.7-86	军用地面雷达通用技术条件 可靠性试验方法
GJB 368A-94	装备维修性通用大纲
GJB 450-88	装备研制与生产的可靠性通用大纲
GJB 451-90	可靠性维修性术语
GJB 899-90	可靠性鉴定与验收试验
GJB 1770.3-93	对空情报雷达维修性 维修性的试验与评定
GJB 1909.1-94	装备可靠性维修性参数选择和指标确定要求 总则
GJB 2072-94	维修性试验与评定
《武器装备可靠性与维修性管理规定》 1993 年 2 月 国防科工委	

3 定义

3.1 术语

本标准除采用 GJB 451 和 GJB 1909.1 定义的术语外,还采用下列定义的术语。

3.1.1 冗余单元切换时间 redundant unit switching time

在规定条件下,将工作单元切换到冗余单元所需的时间。通常分工作冗余单元切换时间

总装备部 1998-07-27 发布

1999-01-01 实施

和备用冗余单元切换时间。

3.1.2 首次翻修期限(首翻期) time to first overhaul

在规定条件下,产品从开始使用到首次翻修的工作时间、循环数和(或)日历持续时间。

3.1.3 使用寿命¹⁾ service life

在规定条件下,产品从开始使用到规定报废的工作时间、循环数和(或)日历持续时间。

注:1) 电子系统习惯用使用寿命,在某些武器装备中亦称总寿命。

3.2 符号

3.2.1	A_i	固有可用度
3.2.2	A_a	可达可用度
3.2.3	A_o	使用可用度
3.2.4	T_{BF}	平均故障间隔时间
3.2.5	T_{BM}	平均维修间隔时间
3.2.6	T_{BD}	平均需求间隔时间
3.2.7	R_M	任务可靠度
3.2.8	T_{BCF}	致命故障间的任务时间
3.2.9	$\overline{M}_{CT}$	平均修复时间
3.2.10	M_{MAXCT}	最大修复时间
3.2.11	T_{PM}	平均预防性维修时间
3.2.12	T_{MRF}	恢复功能用的任务时间
3.2.13	r_{FD}	故障检测率
3.2.14	r_{FI}	故障隔离率
3.2.15	r_{FA}	虚警率
3.2.16	T_R	冗余单元切换时间
3.2.17	M_R	维修工时率
3.2.18	M_{DE}	维修事件的平均直接维修工时
3.2.19	M_{DA}	维修活动的平均直接维修工时
3.2.20	L_{SE}	使用寿命
3.2.21	L_{ST}	储存寿命
3.2.22	T_{TFO}	首翻期

4 一般要求

4.1 电子系统可靠性、维修性参数选择和指标确定应符合《武器装备可靠性、维修性管理规定》、GJB 450、GJB 368A 和 GJB 1909.1 的有关规定。

4.2 电子系统可靠性、维修性参数选择和指标确定应能反映对电子系统的战备完好性、任务成功性、维修人力费用和保障费用等方面的要求。

4.3 对于隶属于电子系统的设备,其指标由系统的指标分配确定。

4.4 对于隶属于某武器装备的电子系统和设备,其指标由该武器装备的指标分配确定。如订购方有特殊要求,也可单独选择参数并提出指标要求,但应与该武器装备的参数和指标相协调。

5 详细要求

5.1 可靠性、维修性参数选择

5.1.1 电子系统可靠性、维修性参数见表1。

表1 可靠性、维修性参数选择表

序号	参数名称	类型		通用范围							反映目标			
		使用参数	合同参数	雷达系统	电子对抗系统	通信系统	指挥自动化系统	侦察情报系统	技术侦察系统	无线电导航系统	战备完好性	任务成功性	维修人力费用	保障费用
一	可用性													
1	固有可用度(A_i)		✓	★	★	★	★	★	★	★	✓			
2	可达可用度(A_a)	✓		△	△	△	△	△	△	△	✓			
3	使用可用度(A_o)	✓		★	★	★	★	★	★	★	✓			
二	基本可靠性													
1	平均故障间隔时间(T_{BF})	✓	(✓)	★	★	★	★	★	★	★			✓	✓
2	平均维修间隔时间(T_{BM})	✓		△	△	△	△	△	△	△			✓	✓
3	平均需求间隔时间(T_{BD})	✓		△	△	△	△	△	△	△			✓	✓
三	任务可靠性													
1	任务可靠度(R_M)	✓	(✓)	△	△	△	△	△	△	△		✓		
2	致命故障间的任务时间(T_{BCF})	✓	(✓)	★	★	★	★	★	★	★		✓		
四	维修性													
1	平均修复时间($\overline{M}_{CT}$)	✓	(✓)	★	★	★	★	★	★	★			✓	
2	最大修复时间(M_{MAXCT})	✓	(✓)	△	△	△	△	△	△	△			✓	
3	平均预防性维修时间(T_{PM})	✓		△	△	△	△	△	△	△			✓	

续表 1

序 号	参 数 名 称	类 型		通 用 范 围							反 映 目 标			
		使用参数	合同参数	雷达系统	电子对抗系统	通信系统	指挥自动化系统	侦察情报系统	技术侦察系统	无线电导航系统	战备完好性	任务成功性	维修人力费用	保障费用
4	恢复功能用的任务时间 (T_{MRF})	√		△	△	△	△	△	△	△		√		
5	故障检测率(r_{FD})	√	(√)	★	★	★	★	★	★	★			√	
6	故障隔离率(r_{FI})	√	(√)	★	★	★	★	★	★	★			√	
7	虚警率(r_{EA})		√	△	△	△	△	△	△	△			√	
8	冗余分系统切换时间 (T_R)		√	△	△	△	△	△	△	△		√		
9	维修工时率(M_R)		√	△	△	△	△	△	△	△			√	
10	维修事件的平均直接维修工时(M_{DE})	√		△	△	△	△	△	△	△			√	
11	维修活动的平均直接维修工时(M_{DA})	√		△	△	△	△	△	△	△			√	
五	耐久性													
1	使用寿命(L_{SE})	√	(√)	△	★	★	★	★	★	★	√			
2	储存寿命(L_{ST})	√		△	△	△	△	△	△	△	√			√
3	首翻期(T_{TFO})	√	(√)	★							√			√

注：★—优先选用的参数

△—适用的参数

√—适用的“参数类型”或“反映的目标”

(√)—可用于合同的使用参数

5.1.2 应根据电子系统的不同类型和使用特点选择可靠性、维修性参数,尽量选用表中优先选用的参数。

5.1.3 在选择电子系统可靠性、维修性参数时,应注意参数之间的相关性。

5.1.4 当选择表 1 以外的参数时,应符合本标准第 4 章的有关规定。

5.2 可靠性、维修性参数选择和指标确定的工作内容

5.2.1 论证阶段

5.2.1.1 使用需求分析

a. 分析电子系统预定的作战任务、使用要求、保障条件等对可靠性、维修性的需求。

b. 分析相似的电子系统的可靠性、维修性现状和存在的问题,确定新研制电子系统可能

采取的提高可靠性、维修性的技术措施。

5.2.1.2 寿命剖面

应详细说明电子系统从开始使用到退役报废过程中经历的所有事件序列和环境,电子系统寿命剖面中的事件一般包括:交付、运输、贮存、架装、联调、标校、校(检)飞、训练、执行任务、维修、撤收、翻修、退役和报废等。

5.2.1.3 任务剖面

应详细说明电子系统执行任务过程中经历的所有事件和环境,电子系统任务剖面中的事件一般包括:架装、联调、标校、执行任务、维修和撤收等。

5.2.1.4 建立故障判别准则

应根据系统特点及其工作要求,建立故障判别准则,并对各类故障判据和允许的降级使用作出详细规定。

5.2.1.5 选择可靠性、维修性使用参数

按本标准第5.1条要求选择电子系统可靠性、维修性使用参数。

5.2.1.6 确定初步的可靠性、维修性使用指标和合同指标

在确定初步的可靠性、维修性使用指标时(包括目标值和门限值,也可只提出门限值),应进行以下方面的权衡:

- a. 在战备完好性、可靠性和维修性等之间的权衡;
- b. 在效能和费用等之间的权衡;
- c. 在性能、可靠性、维修性、进度和保障资源等之间的权衡;
- d. 在基本可靠性与任务可靠性之间的权衡。

在确定初步的可靠性、维修性使用指标后,应将初步确定的使用指标转换为合同指标。

5.2.1.7 纳入《武器系统研制总要求》

可靠性、维修性使用指标经评审后,纳入《武器系统研制总要求》中。

5.2.2 方案阶段

5.2.2.1 确定可靠性、维修性使用指标

a. 承制方应对初步确定的可靠性、维修性合同指标进行论证,并进行可靠性、维修性方案的初步设计;

b. 订购方应与承制方协商,确定最终的可靠性、维修性使用参数和使用指标。

5.2.2.2 确定可靠性、维修性合同指标

订购方应与承制方协商,并根据规定的参数及其量值转换模型将可靠性、维修性使用参数和使用指标转换为合同参数和合同指标,包括规定值和最低可接受值,也可以只提出最低可接受值。

5.2.2.3 确定可靠性、维修性验证方法

a. 电子系统一般应按 GJB 899、GJB 2072 等标准的有关规定进行可靠性、维修性验证试验;

b. 对于大型复杂的电子系统,可通过低层次产品的试验,结合系统现场使用中的统计数据,对系统的可靠性、维修性水平进行评估。

5.2.2.4 纳入研制任务书或合同

可靠性、维修性合同指标经评审后，纳入研制任务书或合同。

5.2.3 工程研制阶段和设计定型阶段

5.2.3.1 承制方通过可靠性、维修性设计实现合同中规定的可靠性、维修性指标。

5.2.3.2 按照合同要求对可靠性、维修性指标进行验证或评估。

5.3 可靠性、维修性参数选择和指标确定示例

电子系统可靠性、维修性参数选择和指标确定示例见附录 A(参考件)、附录 B(参考件)。

附录 A

野战通信网可靠性参数选择与指标确定示例

(参考件)

A1 范围

本附录提供了某野战通信网可靠性、维修性参数选择与指标确定的应用示例,供使用本标准时参考。

A2 参数选择和指标确定

A2.1 论证阶段

A2.1.1 使用需求分析和相似系统可靠性、维修性水平分析

A2.1.1.1 使用需求分析

配属于一个合成集团军完成一次战役作战的通信任务,任务时间 7 天,使用战场维修车维修时间不超过 2h。

A2.1.1.2 相似系统可靠性、维修性水平分析

根据以往野战通信网现场试验数据,统计得出系统的可靠性、维修性水平:

平均故障间隔时间(MTBF): 147.6 h;

平均修复时间(MTTR): 2.7 h;

使用可用度: 91%。

A2.1.2 寿命剖面、任务剖面的确定

A2.1.2.1 寿命剖面的确定

配属于合成集团军的野战通信网的寿命剖面方框图见图 A1。

A2.1.2.2 任务剖面的确定

配属于合成集团军的野战通信网的任务剖面方框图见图 A2。

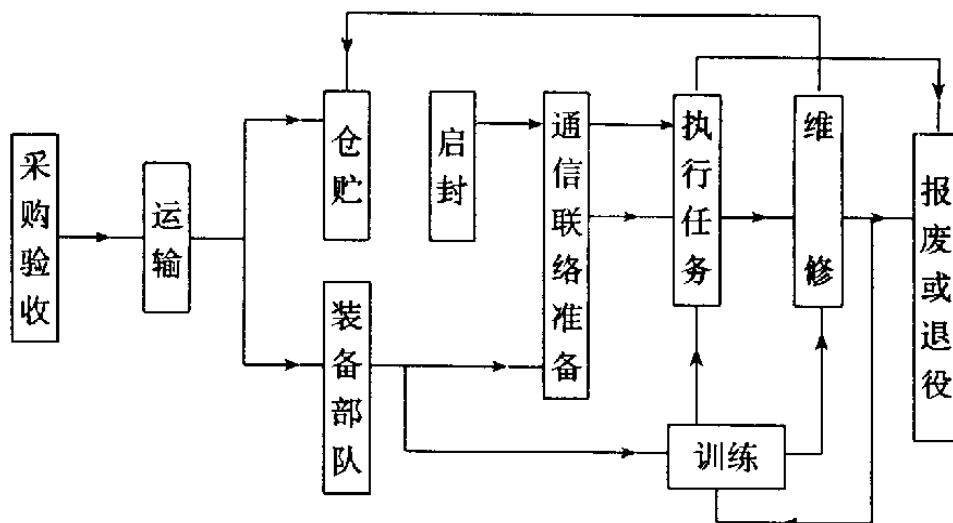


图 A1 野战通信网寿命剖面方框图

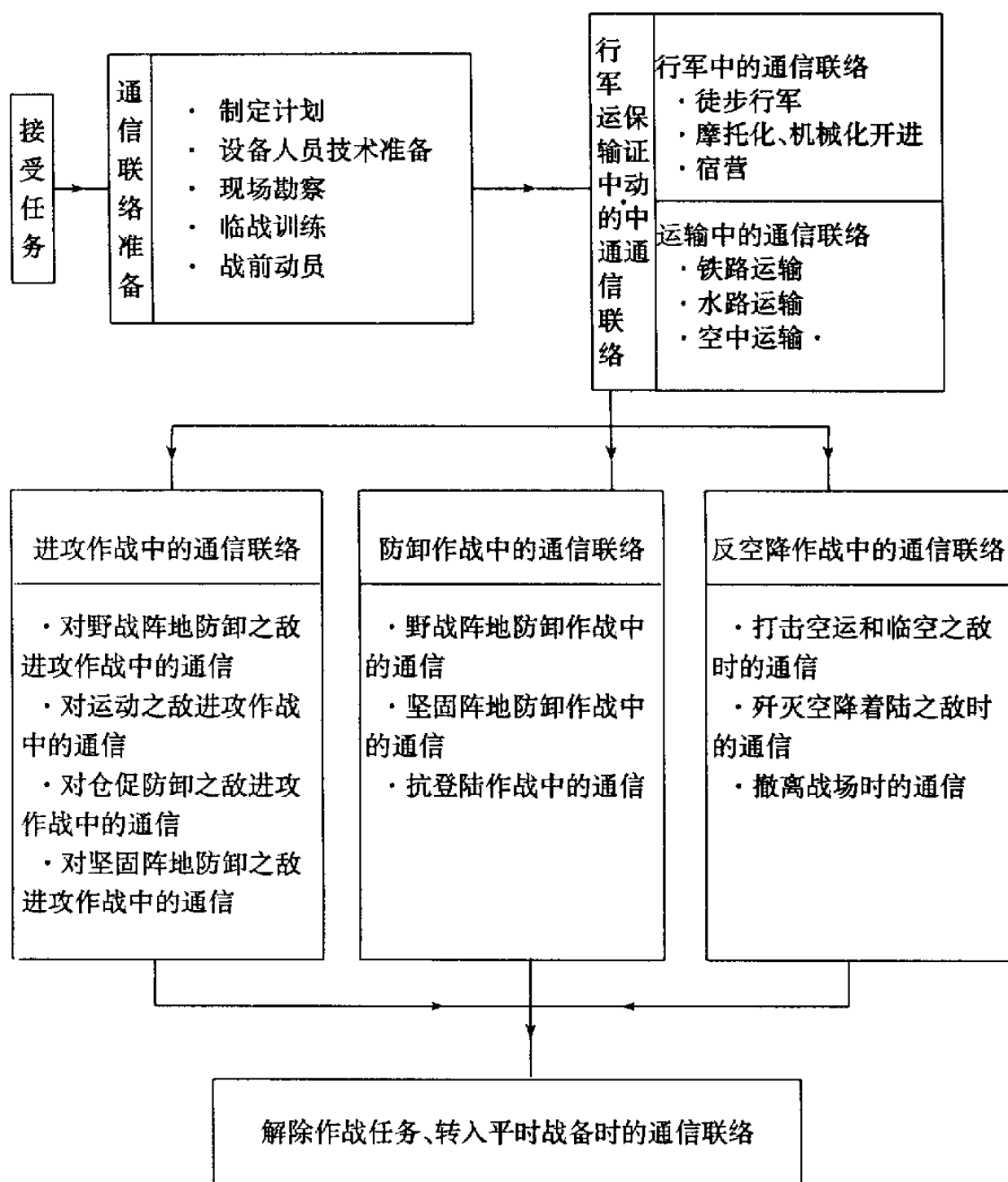


图 A2 野战通信网任务剖面方框图

A2.1.3 故障判别准则

在规定的使用条件下,通信网内 15%(含 15%)以上的用户不能连续使用该网络的时间超过 30min 则判为系统故障,如果系统中所有用户均无任何信道可用,定为系统的致命故障。“无法使用”即用户无任何信道可用。

A2.1.4 可靠性、维修性使用参数的选择

鉴于野战通信网是一个复杂的网络系统以及退化失效的特点,其主要目标是战备完好性和任务成功性。因此,选择使用可用度和任务可靠度,此外,选择平均修复时间和使用寿命用于表述系统维修性和耐久性的要求。

A2.1.5 可靠性、维修性使用指标的初步确定

根据使用需求和以往野战通信网的可靠性、维修性水平,要求新研制的野战通信网可靠性、维修性有所提高。因此,初步确定可靠性、维修性使用指标如下:

使用可用度:	A_O (门限值) = 95 %;
任务可靠度:	R_M (门限值) = 90 %;
平均修复时间:	M_{CT} (门限值) = 2.5h;
使用寿命:	S_{EL} (门限值) = 15a。

A2.2 方案阶段

A2.2.1 可靠性、维修性使用指标的确定

根据新研制的野战通信网的方案,进而确定以下使用指标:

使用可用度:	A_O (门限值) = 92 %;
任务可靠度:	R_M (门限值) = 90 %;
平均修复时间:	$\overline{M}_{CT}$ (门限值) = 2.5h;
使用寿命:	S_{EL} (门限值) = 15 年。

A2.2.2 可靠性、维修性合同参数

可靠性、维修性合同参数分别为:

平均故障间隔时间:	T_{BF} ;
任务可靠度:	R_M ;
平均修复时间:	$\overline{M}_{CT}$;
使用寿命:	S_{EL} 。

A2.2.3 确定可靠性、维修性合同指标

上述可靠性、维修性使用指标中的任务可靠度、平均修复时间和使用寿命可直接作为合同指标列于合同,现只需对使用可用度进行指标转换。

指标转换过程:将 A_O 转换为 T_{BM}

因:

$$A_O = T_{BM} / (T_{BM} + D)$$

式中: D ——系统平均不能工作时间。

设: $D = 26h$,

则:

$$T_{BM} = DA_0 / (1 - A_0) = 299h$$

将 T_{BM} 转换为 T_{BF}

地面通信系统 T_{BM} 转换为 T_{BF} 的数学模型为:

$$T_{BF} = K(T_{BM})^\alpha$$

式中: K — 系统使用参数因子;

α — 系统复杂度因子。

设 $K = 0.066$ $\alpha = 1.43$

则: T_{BF} (最低可接受值) $= 0.066(T_{BM})^{1.43} = 229h$

确定可靠性、维修性合同指标(最低可接受值):

平均故障间隔时间: $T_{BF} = 229h$;

任务可靠度: $R_M = 90\%$;

平均修复时间: $\overline{M}_{CT} = 2.5h$;

使用寿命: $S_{EL} = 15$ 年。

A3 野战通信网可靠性验证方法

鉴于野战通信网是大型复杂系统,其可靠性指标验证采用低层次产品的试验,结合现场试用性试验中采集到的数据进行统计分析,并对整个野战通信网的可靠性水平作出评估。

附录 B

军用警戒雷达可靠性、维修性参数选择和指标确定示例

(参考件)

B1 范围

本附录提供了某军用警戒雷达可靠性、维修性参数选择和指标确定的应用示例,供使用本标准时参考。

B2 论证阶段

B2.1 确定作战使用条件及故障判别准则

B2.1.1 寿命周期内经历的主要事件及其环境

- a. 贮存: 20 年使用寿命内贮存次数小于 3 次, 总时间小于一年;
- b. 运输: 使用寿命期内可能经历的运输状态有铁路、公路;
- c. 执行任务: 主要作战任务为对空警戒, 年工作时间 4 000h, 日任务时间见任务剖面;
- d. 维修: 修复性维修采用换件修理, 故障件送中继站。日预防性维修停机时间小于 1h, 周预防性维修停机时间小于 6h, 月预防性维修停机时间小于 12h, 年预防性维修, 由团修理所支援完成, 年预防性维修停机时间小于 7 天(实际作业时间小于 $7 \times 8 = 56$ h)。送厂翻修: 20 年内允许送厂翻修一次, 翻修时间小于 6 个月;
- e. 报废: 20 年服役期满后视情报废或延寿。

B2.1.2 任务剖面

每天连续开机 23h, 允许停机维修 1h。

B2.1.3 故障判据

必须停机修理或造成性能劣于规定值的不正常事件判为故障。其中在任务剖面内导致任务失败的故障或恢复功能的时间大于 10min 的故障判为致命故障。

B2.2 可靠性、维修性参数选择

根据第 5.1.1 条, 选择下列参数:

A_0 、 T_{BCF} 、 T_{BF} 、 M_{CT} 、 M_{MAXCT} 、 r_{FD} 、 r_{FI} 、 T_{TFO} 。

B3 方案阶段

B3.1 进行指标转换

采用线性转换模型, 同量纲参数要求最低可接受值大于门限值 1.5 倍, 例如 T_{BF} 门限值为 100h, 则最低可接受值至少应大于 150h; $\overline{M}_a$ 门限值等于 0.75h, 则最低可接受值应小于 0.5h。

B3.2 确定各项指标的最低可接受值

$T_{BCF} > 500$ h;

$T_{BF} > 150$ h;

$\overline{M}_{CT} = 0.5$ h;

$M_{MAXCT}(0.95) = 1.5$ h;

$r_{FD} \geq 90\%$;

$r_{FI} \geq 80\%$;

$T_{TFO} = 10$ 年或 40 000h。

B3.3 确定验证方法

B3.3.1 最低可接收值等于统计试验方案的检验下限值,例如 T_{BF} 最低可接收值等于检验下限值 θ_1 。

B3.3.2 除非另有规定,统计试验方案鉴别比大于或等于 2。

B3.3.3 T_{BF} 验证选用 GJB 74.7 试验方法,例如选用第 14 号方案,风险率 20%,鉴别比 2,试验时间 $7.8 \theta_1$,允许故障数小于等于 5 个。试验剖面见 GJB 74.7。

B3.3.4 $\overline{M}_{CT}$ 和 M_{MAXCT} 验证选用 GJB 1770.3 试验方法 2。

B3.3.5 r_{FD} 、 r_{FI} 验证采用 GJB 1770.3 附录 B(参考件)。

B3.3.6 其余指标采用现场使用数据评估。

B3.4 确定验证时机

- a. T_{BF} 、 $\overline{M}_{CT}$ 、 M_{MAXCT} 、 r_{FD} 、 r_{FI} 在设计定型时进行;
- b. T_{TFO} 在设计定型后通过 8~10 年内的现场数据进行评估;
- c. 其余指标在保修期内用现场数据进行评估。

附加说明:

本标准由中华人民共和国电子工业部提出。

本标准由中国电子技术标准化研究所归口。

本标准由电子部二十七所、空二所、总参六十一所、总参五十四所、总参五十五所、总参五十八所、天津市科委、电子部四所、中国船舶工业总公司等单位起草。

本标准主要起草人:李燕南、王宏飞、杨秉喜、姜书田、刘宝瑛、陈炳生、李旭进、臧锡良。

计划项目代号:4DZ24。