



中华人民共和国国家军用标准

FL

GJB 1909.5—94

装备可靠性维修性 参数选择和指标确定要求 军用飞机

Requirements of reliability and maintainability
parameter selection and index determination for materiel
military Aircraft

1994—04—28 发布

1994—12—01 实施

国防科学技术工业委员会 批准

目 次

1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 定义	(1)
3.1 术语	(1)
3.2 符号	(3)
4 一般要求	(5)
5 详细要求	(5)
5.1 可靠性、维修性参数选择.....	(5)
5.2 可靠性、维修性参数选择和指标确定的工作内容.....	(8)
5.3 参数及其量值的转换.....	(10)
5.4 参数选择和指标确定示例.....	(10)
附录 A 参数及其量值转换模型(参考件)	(11)
附录 B 可靠性维修性各类量值相互关系(参考件)	(13)
附录 C 军用飞机可靠性维修性参数选择和指标确定示例(参考件)	(15)

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 军用飞机

GJB 1909.5—94

Requirements of reliability and maintainability
parameter selection and index determination for materiel
Military Aircraft

1 范围

1.1 主题内容

本标准规定了军用飞机(含航空发动机、机载导弹及其他飞机分系统、机载设备和重要零部件,下同)可靠性、维修性参数选择和指标确定的要求。

1.2 适用范围

本标准适用于军用飞机的论证和方案阶段,也适用于工程研制(含设计定型)、生产(含生产定型)和使用阶段。军用直升机亦可参照使用。

1.3 应用指南

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,也为寿命周期内指标的管理提供指导。

2 引用文件

GJB 451 可靠性维修性术语

GJB 1909.1 装备可靠性维修性参数选择和指标确定要求 总则

《航空技术装备寿命和可靠性工作暂行规定》 1985 年 10 月 5 日 国防科学技术工业委员会

《航空装备可靠性和维修性工程管理暂行规定》 1993 年 2 月 国防科学技术工业委员会

3 定义

3.1 术语

除下列术语的定义外,其他术语的定义见 GJB 451 和 GJB 1909.1。

3.1.1 出动架次率 sortie generation rate

在规定的使用及维修保障方案下,每架飞机每天能够出动的次数。也称单机出动率或战斗出动强度。

3.1.2 再次出动准备时间 turn around time

在规定条件下,为保证飞机连续出动,在其着陆后准备再次出动所需的时间。再次出动准备工作主要包括:再次飞行前检查;补充燃油、滑油、特种液体及气体;安装和(或)拆卸再次出动需要增减的附加设备;装挂弹等。

3.1.3 无维修待命时间 maintenance—free alert time

在规定的使用条件下(包括飞机使用的自然环境,飞机停放条件等),飞机作好准备,能保持良好并处于待命状态而无需进行任何维修的持续时间。

3.1.4 储存可用度 stockpile availability

产品在规定的储存条件下和规定的储存寿命内,当要求执行任务时,处于能工作和可投入使用状态的概率。

3.1.5 任务成功概率 mission completion success probability

在规定的任务剖面内,产品能完成规定任务的概率。

3.1.6 空中停车率 in-flight shutdown rate

航空发动机的一种可靠性参数。其度量方法为:发动机在每千飞行小时中所发生的停车总次数。

3.1.7 基本空中停车率 basic in-flight shutdown rate

航空发动机的一种可靠性参数。其度量方法为:发动机在每千飞行小时中,由于发动机故障造成空中停车的次数。

3.1.8 损失率(损失概率)loss probability

在规定的时间内,由于飞机及其分系统或设备故障造成飞机毁坏事故总数与在该时间内的机群总飞行小时数之比。

3.1.9 平均故障间隔飞行小时 mean flight hour between failures

可修复产品使用可靠性的一种基本参数。其度量方法为:在规定的时间内,产品累积的总飞行小时数与同一期间内的故障总数之比。

3.1.10 平均维修间隔挂飞小时 mean captive carry hour between maintenance

机载导弹的一种可靠性参数。其度量方法为:在规定的时间内,机载导弹挂飞的累积飞行小时总数与非计划维修事件总数之比。

3.1.11 提前换发率 unscheduled engine removal rate

航空发动机的一种可靠性参数。其度量方法为:在发动机每千飞行小时中,由于发动机故障造成提前更换发动机的次数。

3.1.12 每飞行小时直接维修工时 direct maintenance man hours per flight hour

在规定的条件下和规定的时间内,飞机和设备的直接维修工时总数与总飞行小时数之比。

3.1.13 每工作小时直接维修工时 direct maintenance man hours per operation hour

在规定的条件下和规定的时间内,飞机和设备的直接维修工时总数与总工作时间之比。

3.1.14 每飞行小时的维修器材费用 maintenance material cost per flight hour

与保障费用有关的维修性参数。其度量方法为:在规定时间内,在飞机或设备维修中直接花费的器材费用与总飞行小时数之比。

3.1.15 更换发动机时间 engine replacement time

在具有一定技术水平的特定数量的人员参加下,为接近、拆装和检查发动机,并使其达到可开车状态所需的时间。

3.1.16 拆装发动机时间 engine removal and installtion time

在具有一定技术水平的特定数量的人员参加下,当作好有关准备工作后,从开始将飞机上原有的发动机拆下,到安装好更换的发动机,并使其达到可开车状态所需的时间。

3.1.17 每飞行小时的直接维修费用 direct maintenance cost per flight hour

与保障费用有关的维修性参数。其度量方法为:在规定的时间内,在飞机或设备维修中直接花费的劳力和器材的费用与总飞行小时数之比,但不包括那些行政管理、监督检查、工艺装备、检测设备、维修设施等方面的维修劳力和器材费用。

3.1.18 故障检测率 fault detection rate

在规定的条件下和规定的时间内,由测试设备检测到的故障数与故障总数之比,用百分数表示。

3.1.19 故障隔离率 fault isolation rate

在规定的条件下和规定的时间内,由测试设备正确隔离到小于或等于规定可更换单元数的故障数与同一时间内检测到的故障数之比,用百分数表示。

3.1.20 虚警率 false alarm rate

在规定的条件下和规定的时间内,发生的虚警数与同一时间内故障指示总数之比,用百分数表示。

3.1.21 不能复现率 can not duplicate rate

在外场维修的功能测试中不能证实(复现)的故障数与由机内测试设备测出的和驾驶员报告的故障总数之比,用百分数表示。

3.1.22 重测合格率 retest OK rate

在内场或后方维修的测试中,发现因故障而拆卸的产品是合格的产品数与被测试产品总数之比,用百分数表示。

3.1.23 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。

3.1.24 总寿命 total life

在规定的条件下,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。

3.1.25 翻修间隔期限 time between overhauls

在规定的条件下,产品两次相继翻修间的工作时间、循环数和(或)日历持续时间。

3.1.26 成熟期 mature time

产品使用到其可靠性及维修性增长已基本结束、且其保障资源业已齐备所经历的累积时间。

3.2 符号

3.2.1 A_0 使用可用度。

3.2.2 A_i 固有可用度。

3.2.3 r_{sc} 出动架次率。

- 3.2.4 T_{TA} 再次出动准备时间。
- 3.2.5 T_{AL} 无维修待命时间。
- 3.2.6 A_S 储存可用度
- 3.2.7 T_{BCF} 致命性故障间的任务时间。
- 3.2.8 P_{MC} 任务成功概率。
- 3.2.9 r_{IPS} 空中停车率。
- 3.2.10 r_{BIFS} 基本空中停车率。
- 3.2.11 R_M 任务可靠度。
- 3.2.12 P_L 损失率(损失概率)。
- 3.2.13 $T_{BF}(\lambda)$ 平均故障间隔时间(故障率)。
- 3.2.14 T_{MFHBF} 平均故障间隔飞行小时。
- 3.2.15 T_{BM} 平均维修间隔时间。
- 3.2.16 T_{BR} 平均拆卸间隔时间。
- 3.2.17 r_{UER} 提前换发率。
- 3.2.18 T_{TF} 故障前平均时间。
- 3.2.19 T_{HMA} 平均维修活动间隔时间。
- 3.2.20 T_{BPM} 平均预防性维修间隔时间。
- 3.2.21 T_{BUM} 平均非计划维修间隔时间。
- 3.2.22 T_{BUMA} 平均非计划维修活动间隔时间。
- 3.2.23 T_{BD} 平均需求间隔时间。
- 3.2.24 $\bar{M}_{CT(\mu)}$ 平均修复时间(修复率)。
- 3.2.25 M_{MAXCT} 最大修复时间。
- 3.2.26 T_M 平均维修时间。
- 3.2.27 L_{DMF} 每飞行小时直接维修工时。
- 3.2.28 L_{DMO} 每工作小时直接维修工时。
- 3.2.29 C_{MMF} 每飞行小时的维修器材费用。
- 3.2.30 T_{ER} 更换发动机时间。
- 3.2.31 T_{ERI} 拆装发动机时间。
- 3.2.32 T_D 平均不能工作时间。
- 3.2.33 T_{MRF} 恢复功能用的任务时间。
- 3.2.34 T_{PM} 平均预防性维修时间。
- 3.2.35 C_{DMF} 每飞行小时直接维修费用。
- 3.2.36 r_{FD} 故障检测率。
- 3.2.37 r_{FI} 故障隔离率。
- 3.2.38 r_{FA} 虚警率。
- 3.2.39 r_{CND} 不能复现率。

3.2.40 r_{OK} 重测合格率。

4 一般要求

4.1 军用飞机可靠性和维修性参数选择和指标确定应符合《航空装备可靠性和维修性工程管理暂行规定》和 GJB 1909.1 的规定。

4.2 在论证阶段,可靠性、维修性参数选择和指标确定工作按 GJB 1909.1 中 4.3.1 条的规定执行。

4.3 在方案阶段,可靠性、维修性参数选择和指标确定工作按 GJB 1909.1 中 4.3.2 条的规定执行。必要时,还要根据产品成熟期的目标值和(或)门限值并考虑增长的可能性,确定工程研制阶段的指标。

4.4 在工程研制(含设计定型)阶段,当使用和维修方案变动时,订购方应鉴别其对可靠性、维修性指标的影响,与承制方协商后可进行修订,同时履行有关的审批手续。

本阶段应根据产品可靠性、维修性成熟期目标值的要求,制定可靠性、维修性增长计划,对产品实施可靠性、维修性增长管理。

在设计定型时,机载设备应按合同规定的本阶段指标及考核方法进行考核;飞机整机、发动机、其他飞机分系统和大型机载设备应进行可靠性和维修性工作评审及指标评估。指标的考核应在生产定型前或按合同中规定的时机进行。

4.5 在生产(含生产定型)阶段,设计定型时未进行指标考核的飞机整机、发动机、其他飞机分系统和大型机载设备,在生产定型前,应根据外场统计数据及相关的内场试验数据的综合评定,给出其研制结束时最低可接受值的考核结论。

4.6 在使用阶段,订购方通过外场使用继续跟踪可靠性、维修性增长,并向承制方反馈信息;承制方应根据使用信息,继续纠正使用中暴露的设计和制造方面的可靠性、维修性缺陷。

当产品达到成熟期时,应验证其可靠性、维修性实际水平,对产品的可靠性、维修性是否达到规定的要求作出结构。

5 详细要求

5.1 可靠性、维修性参数选择

5.1.1 可靠性、维修性参数选择表

可供选用的可靠性、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		适用范围					反映目标				
		使用 参数	合同 参数	飞 机 整 机	航 空 发 动 机	机 载 导 弹	飞 机 分 系 统	机 载 设 备	重 要 零 部 件	战 备 完 好 性	任 务 成 功	维 修 人 力 费 用	保 障 费 用
一	可用性												
1	使用可用度(A_0)	✓		★	★		★			✓			
2	固有可用度(A_1)		✓	★	★		★			✓			
3	出动架次率(r_{SG})	✓		★						✓			
4	再次出动准备时间(T_{TA})	✓	(✓)	★						✓			
5	无维修待命时间(T_{AL})	✓	(✓)	△						✓			
6	储存可用度(A_S)	✓				△				✓			
二	任务可靠性												
1	致命性故障间的任务时间(T_{BCF})	✓	✓	★	★	★	★				✓		
2	任务成功概率(P_{MC})	✓	✓	★		★	★				✓		
3	空中停车率(r_{IFS})	✓	(✓)	△	★						✓		
4	基本空中停车率(r_{BIFS})	✓	(✓)		★						✓		
5	任务可靠度(R_M)	✓		△	△	△	△				✓		
6	损失率(损失概率)(P_L)	✓		△			△				✓		
三	基本可靠性												
1	平均故障间隔时间(T_{BF})或故障率(λ)		✓	★	★	★	★	★	★			✓	✓
2	平均故障间隔飞行小时(T_{MFHBF})	✓	(✓)	★	★		★	△				✓	✓
3	平均维修间隔时间(T_{BM})	✓	(✓)	★	★		★	★				✓	✓
4	平均拆卸间隔时间(T_{BR})或更换率	✓		★	★		★	★				✓	✓
5	平均维修间隔挂飞小时	✓	(✓)			★						✓	✓
6	提前换发率(r_{UER})	✓	(✓)		★							✓	✓
7	故障前平均时间(T_{TF})		✓						△				✓
8	平均维修活动间隔时间(T_{BMA})	✓		△	△		△	△				✓	✓
9	平均预防性维修间隔时间(T_{BPM})	✓		△	△		△	△				✓	✓
10	平均非计划维修间隔时间(T_{BUM})	✓		△	△		△	△				✓	✓
11	平均非计划维修活动间隔时间(T_{BUMA})	✓		△	△		△	△				✓	✓
12	平均需求间隔时间(T_{BD})	✓		△	△		△	△					✓

续表 1

序号	参 数 名 称	类型		适用范围						反映目标			
		使用参数	合同参数	飞机整机	航空发动机	机载导弹	飞机分系统	机载设备	重要零部件	战备完好性	任务成功	维修人力费用	保障费用
四	维修性												
1	平均修复时间($\bar{M}_{CT}$)或修复率(μ)		✓	★	★	★	★	★	△			✓	
2	最大修复时间(M_{MAXCT})		✓	★	★	★	★	★	△			✓	
3	平均维修时间(T_M)	✓		★	★	★	★	★				✓	
4	每飞行小时直接维修工时(L_{DMF})	✓	(✓)	★	★		★	★				✓	
5	每工作小时直接维修工时(L_{DMO})	✓	(✓)	△	△		△	△				✓	
6	每飞行小时的维修器材费用(C_{MMF})	✓	(✓)	★	★		★	★					✓
7	更换发动机时间(T_{ER})	✓	(✓)	△	△							✓	
8	拆装发动机时间(T_{ERI})	✓	(✓)	△	△							✓	
9	平均不能工作时间(T_D)	✓		△	△		△	△		✓		✓	
10	恢复功能用的任务时间(T_{MRF})	✓		△			△	△			✓	✓	
11	平均预防性维修时间(T_{PM})	✓	(✓)	△	△	△	△	△				✓	
12	平均维护时间	✓		△	△	△	△	△				✓	
13	每飞行小时直接维修费用(C_{DMF})	✓	(✓)	△	△		△	△				✓	✓
14	故障检测率(r_{FD})	✓	(✓)		△	△	△	△				✓	
15	故障隔离率(r_{FI})	✓	(✓)		△	△	△	△				✓	
16	虚警率(r_{EA})	✓	(✓)		△	△	△	△				✓	
17	不能复现率(r_{CND})	✓			△	△	△	△				✓	
18	重测合格率(r_{OK})	✓			△	△	△	△				✓	
五	耐久性												
1	首次翻修期限(首翻期)	✓	(✓)	★	★			★				✓	✓
2	总寿命	✓	(✓)	★	△			★	★	✓		✓	✓
3	使用期限	✓	(✓)						△	✓			
4	翻修间隔期限	✓	(✓)	△	△			△				✓	✓
5	储存期限		✓	△	△	△		△	△	✓			✓

注:表中符号说明:★——优先选用的参数

✓——适用的参数类型或反映目标

△——适用的参数

(✓)——可用于合同的使用参数

5.1.2 参数选用指南

5.1.2.1 按使用需求或使用特点选用

a. T_{MFHBF} 、 T_{BM} 及 T_{BR} 反映了作战、训练、维修及保障的不同需求,当由其转换为 T_{RF} 时,应经综合权衡后确定量值;

b. 由于平时或战时使用要求的重点不同,如对可用性参数,平时选用 A_0 ,战时选用 r_{SG} 。

5.1.2.2 按产品类别、层次或功能关键性选用

a. 航空发动机选用 r_{IFS} 、 r_{RIFS} 、 r_{CER} 、 T_{ER} 及 T_{ERI} ;机载导弹选用平均维修间隔挂飞小时等参数;

b. 军用飞机整机选用 T_{TA} 及 T_{AI} 等参数;

c. A类及部分B类产品选用可靠性(含安全性)和(或)耐久性参数,一般产品仅选用可靠性或耐久性参数。

5.1.2.3 按维修方案或储存要求选用

a. 空中可修复产品选用 T_{MRF} ,不可修复产品选用 T_{TF} 、平均维护时间及使用期限;装有机内测试设备的产品选用 r_{FD} 、 r_{FI} 及 r_{FA} 等参数;

b. 机载非电子设备、橡胶制品及其他非金属件选 L_S ;机载导弹选用 L_S 及 A_S 等参数。

5.1.2.4 按参数相互关系选用

a. 综合参数由其相关参数构成,如 A_1 由 T_{BF} 及 M_{CT} 构成。为达到彼此协调,一般只选用其中两个参数;

b. T_{BM} 由 T_{BPM} 及 T_{RCM} 构成; C_{DMF} 由 L_{DMF} (乘以单位工时费)及 C_{MMF} 构成。应用时,需按设计可能对它们的影响作恰当分配;

c. 同类且性质相近的参数,如 P_{MC} 与 R_M ; r_{CND} 与 r_{OK} ,一般可按惯例选用。

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 使用需求分析

5.2.1.1 根据收集的可靠性、维修性数据,对现役军用飞机及相似产品的可靠性、维修性状况及存在的问题进行分析;

5.2.1.2 根据新研军用飞机各项任务、使用与保障方案对可靠性、维修性的需求或影响进行分析。

5.2.2 寿命剖面和任务剖面的确定

5.2.2.1 寿命剖面

应详细说明军用飞机从首飞到退役报废所经历的事件序列和环境,一般包括首飞、调整试飞、定型试飞、交付转场、试用、完成规定任务、维修保养、停放、大修和退役报废等。

5.2.2.2 任务剖面

应详细说明军用飞机在执行典型任务过程中所经历的所有事件和环境,一般包括起飞、爬升、巡航、完成规定任务、返航、下降、着陆等各阶段所经历的高度、速度、持续时间等;并说明完成任务的定义。

5.2.2.3 故障判别准则

应根据军用飞机型号特点及其任务要求,对各产品层次及各类故障判别准则详细定义,并

给出边界条件;对容许的降级使用要求作出规定。

5.2.3 综合权衡确定指标

可靠性、维修性参数选择及指标的确定,应与军用飞机性能及保障性等要求进行综合权衡,一般应考虑:

- a. 在军用飞机效能与费用之间应进行权衡;
- b. 应将军用飞机的性能,可靠性和维修性等要求放在同等地位进行综合权衡分析;
- c. 以满足军用飞机对性能、可靠性和维修性使用要求为原则并在经费和进度条件的制约下,应尽可能采用成熟技术和设备;
- d. 在基本可靠性与任务可靠性、可靠性与维修性、采用机内测试设备与采用外部测试设备等之间,以及在确定维修级别时均应通过权衡作出决策。

可靠性、维修性各类量值相互关系见附录 B(参考件)。

5.2.4 指标验证要求

5.2.4.1 验证要求的规定

应在合同中规定可靠性、维修性指标验证要求,包括指标验证方法、验证时机、故障判别准则及评估方法等。

5.2.4.2 可靠性指标验证

可靠性指标的验证方法及其适用范围一般为:

- a. 对飞机安全性和任务成功性影响较大的部件、机载设备或分系统,一般应用内场试验验证;
- b. 在内场无法进行试验的飞机整机及其分系统或大型机载设备等,或进行内场试验费用相对过高的产品,一般可用外场验证(含研制单位外场验证、试飞单位外场验证和部队使用验证),影响安全的产品尽量不采用飞行试验验证;
- c. 对可靠性要求极高,无法经济地进行整体试验验证的产品,或产量很少无法进行抽样验证的产品,可通过综合各种试验数据,或综合低层次产品可靠性试验中汇集的数据进行评估验证;
- d. 无法按上述条款验证的产品可在合同中规定可靠性保证措施。

5.2.4.3 维修性指标验证

维修性指标的验证方法及其适用范围一般为:

- a. 在内场有条件做维修性验证的(如全尺寸样机维修性演示等),或结合可靠性试验和其他试验能部分验证维修性指标的产品,可用内场试验验证;
- b. 对需按实际使用、保障条件,或只有利用实际使用、保障条件才能验证某些维修性指标的产品,可用外场验证(含研制单位外场验证、试飞单位外场验证和部队使用验证);
- c. 对于受维修保障条件限制,无法经济地进行整体试验验证的产品,可通过综合各种试验数据,或综合低层次产品维修性验证中获得的数据,结合工程经验进行评估验证;
- d. 模拟故障对安全性和任务成功影响较大的,或维修性验证费用过高无法经济地验证的,或验证周期过长而难以验证的产品,可在合同中规定维修性保证措施。

5.2.4.4 可靠性和维修性综合指标验证

受可靠性和维修性综合影响的战备完好性、任务成功性等指标的验证方法及其适用范围一般为：

a. 合同中采用使用指标的产品，可用外场验证(含研制单位外场验证、试飞单位外场验证和部队使用验证)；

b. 合同中采用合同指标的产品，可根据合同中规定的验证方法对可靠性和维修性指标进行综合评估验证。

5.2.4.5 耐久性指标验证

应按《航空技术装备寿命和可靠性工作暂行规定》的有关规定执行。

5.3 参数及其量值的转换

应依据参数具有相关性的固定特性，将使用参数转换为合同参数，以便将与可靠性、维修性有关的使用要求转换为合同中规定的可靠性、维修性要求。

可利用本标准的附录 A 和 GJB 1909.1 中的附录 A(参考件)提供的参数及其量值转换模型进行参数量值转换计算，在进行参数量值转换时应保证其转换的正确性。

5.3.1 参数及其量值转换模型

本标准采用统计加经验修正的方法(简称统计经验法)建立参数及其量值转换模型，适用于使用参数与合同参数之间的参数量值转换计算(见附录 A)。

5.3.2 保证参数量值转换正确性的基本要素

5.3.2.1 建立健全可靠性、维修性信息系统

建立有效的可靠性、维修性信息系统，以获取参数量值转换所需基础数据。在寿命周期内各阶段，应对可靠性、维修性数据进行跟踪、收集、分析、处理，以获得必要的历史数据。

应建立健全的可靠性、维修性信息系统，以保证信息的及时性、真实性、准确性、完整性和连续性。

5.3.2.2 保证统计经验法转换系数正确性的基本要求

保证转换系数正确性的要点如下：

- a. 产品定义要明确；
- b. 整机中单机配套产品数及其安装部位应予明确定义；
- c. 明确故障判别准则；
- d. 明确维修事件类型；
- e. 正确区分和选用产品工作的时间区段；
- f. 修理时间和工时应予明确定义和正确选取；
- g. 应考虑和计及使用方案对参数量值转换的影响；
- h. 环境因子的正确选取。

5.4 参数选择和指标确定示例

军用飞机可靠性维修性参数选择和指标确定示例见附录 C(参考件)。

附 录 A

参数及其量值转换模型

(参考件)

A1 范围

本附录提供的转换模型,用于将使用参数转换为合同参数及其量值。

A2 参数及其量值转换模型

采用统计经验法建立下列可靠性、维修性的使用参数与合同参数及其量值的转换模型:

a. A_o 转换为 A_I

$$A_I = \frac{1}{1 + \frac{K_1}{K_e} \left(\frac{1}{A_o} - 1 \right)} \dots\dots\dots (A1)$$

$$K_1 = T_{CM} / T_{DT}$$

$$K_e = \lambda_T / \lambda_I$$

式中: A_I ——固有可用度;

A_o ——使用可用度;

K_1 ——修复性维修因子;

T_{CM} ——在规定期间内总的修复性维修时间, h;

T_{DT} ——在规定期间内总的不能工作时间(包括修复性维修时间、预防性维修时间, 后勤延误时间和管理延误时间), h;

K_e ——环境因子;

λ_T ——在外场环境下的故障率(包括设计、安装、质量、环境、使用、维修等综合影响),
1/h;

λ_I ——在内场工程环境下的故障率, 1/h。

b. T_{MFHBF} 转换为 T_{BF}

$$T_{BF} = K_2 \times K_e \times T_{MFHBF} \dots\dots\dots (A2)$$

$$K_2 = T_{OH} / T_{FH}$$

式中: T_{BF} ——平均故障间隔时间, h;

T_{MFHBF} ——平均故障间隔飞行小时;

K_2 ——运行比;

T_{OH} ——产品工作时间(空中+地面), h;

T_{FH} ——飞行时间, 飞行小时。

c. T_{BM} 转换为 T_{BF}

$$T_{BF} = K_e (1 + K_3) T_{BM} \dots\dots\dots (A3)$$

$$K_3 = f / \lambda_T$$

式中: T_{BM} ——平均维修间隔时间, h;

K_3 ——频率比;

f ——预防维修频率, 1/h。

d. T_{MFHBF} 转换为 T_{BCF}

$$T_{BCF} = K_4 \times K_c \times K_2 \times T_{MFHBF} \dots\dots\dots (A4)$$

$$K_4 = \lambda_c / \lambda_{CF}$$

式中: T_{BCF} ——致命性故障间隔任务时间, h;

K_4 ——致命性故障因子;

λ_{CF} ——在内场工程环境下的致命性故障率, 1/h。

e. T_{BR} 转换为 T_{BF}

$$T_{BF} = \frac{K_c}{K_5} \times T_{BR} \dots\dots\dots (A5)$$

$$K_5 = \lambda_T / \lambda_E$$

式中: T_{BR} ——平均拆卸间隔时间, h;

K_5 ——拆卸因子;

λ_E ——在外场环境下, 单位时间内从产品上拆下其组成部分的次数(其中不包括为便于其他维修活动或改进产品而进行的拆卸) 1/h。

f. L_{DMF} 转换为 L_{DMOI}

$$L_{DMOI} = L_{DMF} \times \frac{1}{K_L \times K_2} \dots\dots\dots (A6)$$

$$K_L = L_{DM} / L_{DMI}$$

式中: L_{DMOI} ——在内场工程环境下, 每工作小时直接维修工时、人时;

L_{DMF} ——在外场环境下, 每飞行小时直接维修工时, 人时/飞行小时;

K_L ——维修工时因子;

L_{DM} ——在外场环境下, 维修一个产品所需要的直接维修工时, 人时;

L_{DMI} ——在内场工程环境下, 维修一个产品所需要的直接维修工时, 人时。

注: 1) 直接维修工时在这里指在规定的条件下和规定的时间内, 在外场级维修一个产品所需的修复性维修和预防性维修工时总数, 它不包括后勤供应和管理所花费工时。

g. T_M 转换为 $\bar{M}_{CT}$

$$\bar{M}_{CT} = T_M \times \frac{1 + K_3}{1 + K_6 \times K_3} \dots\dots\dots (A7)$$

$$K_6 = T_{MP} / \bar{M}_{CT}$$

式中: $\bar{M}_{CT}$ ——平均修复时间, h;

T_M ——平均维修时间, h;

K_6 ——预防维修因子;

T_{MP} ——平均预防维修时间, h。

h. L_{DMF} 转换为 M_{CT}

$$\bar{M}_{CT} = L_{DMF} \times \frac{T_{BF}}{K_c \times K_2 \times K_7 (1 + K_3 \times K_6)} \dots\dots\dots (A8)$$

式中: K_7 ——每个维修事件的平均维修人员数量。

附 录 B
可靠性、维修性各类量值相互关系
(参考件)

B1 目的

本附录提供了可靠性、维修性各类量值之间的大小和时序关系。

B2 各量值大小的关系**B2.1 目标值与门限值**

一般应根据目标值来确定门限值。目标值要求应优于门限值要求。

B2.2 目标值、门限值与规定值、最低可接受值

规定值、最低可接受值是由目标值、门限值按规定的模型或一定转换关系转换而来,两者在水平上为同一量级,只是量纲可能不同。

B2.3 门限值或最低可接受值与研制结束门限值或研制结束最低可接受值

对于飞机整机,应根据门限值来确定研制结束门限值;对于机载设备,应根据最低可接受值确定研制结束最低可接受值。研制结束门限值或研制结束最低可接受值要求应低于门限值或最低可接受值要求。

一般可根据相似产品的经验和可靠性、维修性增长模型确定研制结束门限值或研制结束最低可接受值。

B2.4 规定值与设计值

应根据规定值来确定可靠性、维修性的设计值,对于可靠性指标,如 T_{BF} 设计值一般大于规定值;对于维修性指标,如 $\overline{M}_{CT}$ 设计值一般小于规定值。

B2.5 设计值与预计值

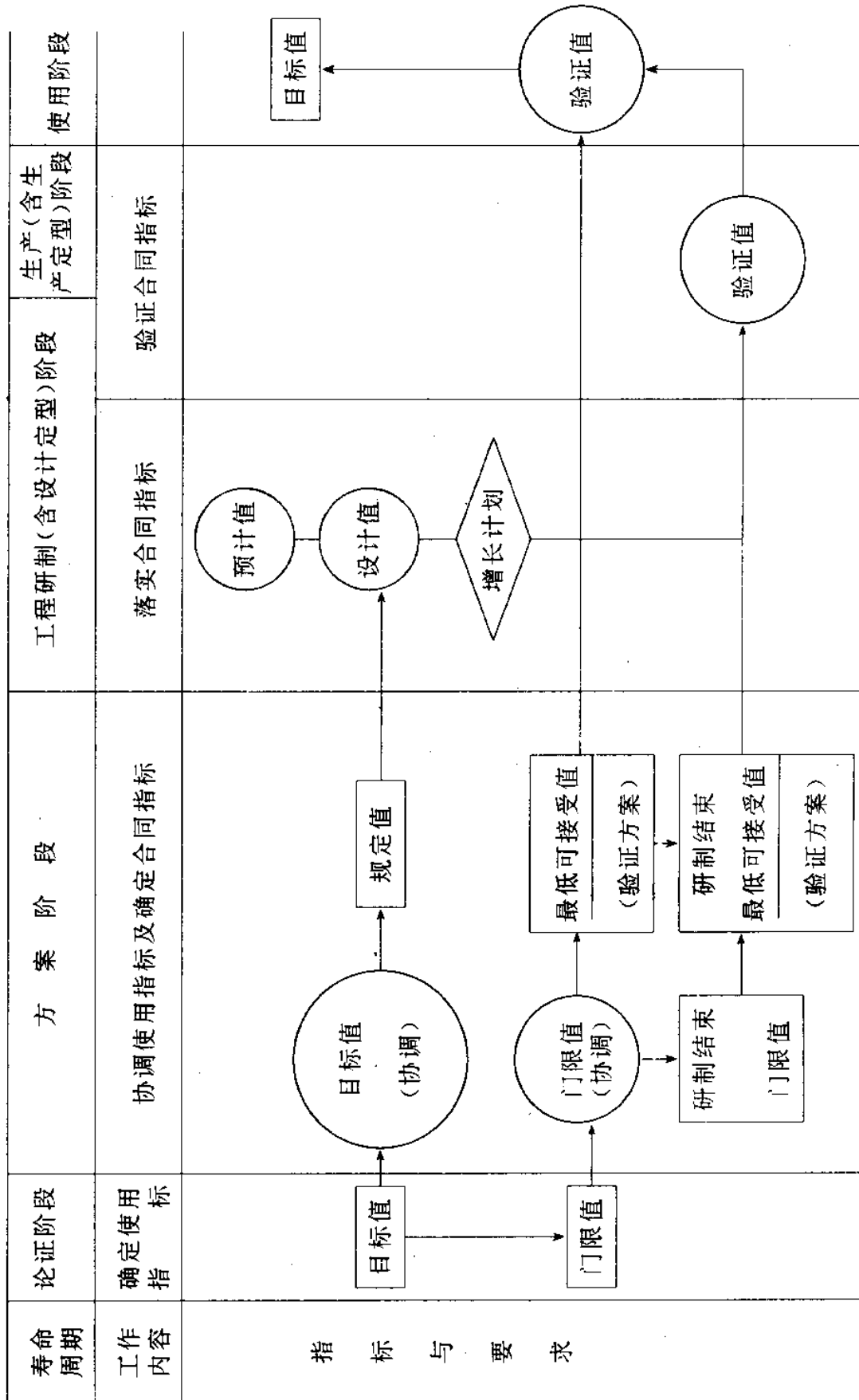
预计值是对合同指标能否实现的估计。对可靠性指标,如 T_{BF} 预计值应大于或等于设计值;对于维修性指标,如 $\overline{M}_{CT}$ 预计值应小于或等于设计值。

B2.6 研制结束最低可接受值或门限值与验证值

验证值是根据研制结束最低可接受值或门限值及其验证方案得出的具体数值,它是判定产品是否满足合同要求的依据。

B3 各量值的时序关系

各量值之间的时序关系见图 B1。



图B1 可靠性和维修性各量值的时序关系

附录 C

军用飞机可靠性维修性参数选择和指标确定示例

(参考件)

C1 范围

本附录提供新研制歼击机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。

C2 参数选择和指标确定的依据和约束条件

C2.1 作战使用要求

歼击机主要用于歼灭空中敌机和飞航式空袭兵器。它以空战方式夺取制空权,也可执行对地攻击任务。作战任务要求歼击机有较高的可用性,能够快速、重复出动,有足够完成空战任务的留空时间,能可靠地完成规定任务。未来战场环境要求歼击机尽量减少对保障的依赖和降低维修人力及费用,为此提出与新研制歼击机性能水平相适应的整机可靠性维修性要求,以发挥歼击机作战效能,满足未来作战和训练任务的需要。

C2.2 寿命剖面(见图 C1)

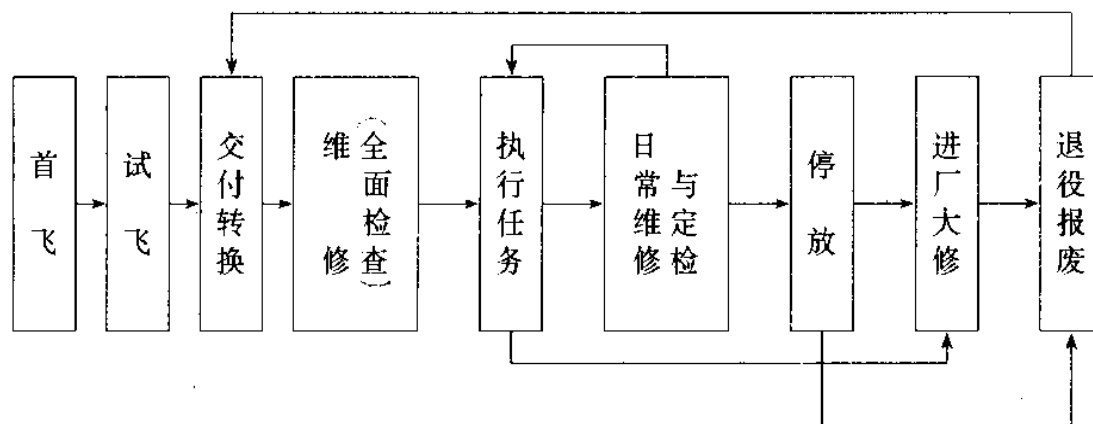


图 C1 寿命剖面

C2.3 任务剖面

- a. 空空任务剖面 (见图 C2)
- b. 空地任务剖面 (见图 C3)

C2.4 故障判别准则

- a. 寿命期内所有故障均计为影响基本可靠性的关联故障;
- b. 凡不能完成规定任务或可能危及飞行安全的故障计为影响任务和安全的关联故障。

C2.5 验证方法

见有关文件(略)。

C3 可靠性、维修性参数的选择

根据标准正文 5.1 条,选择下列参数(见表 C1)。

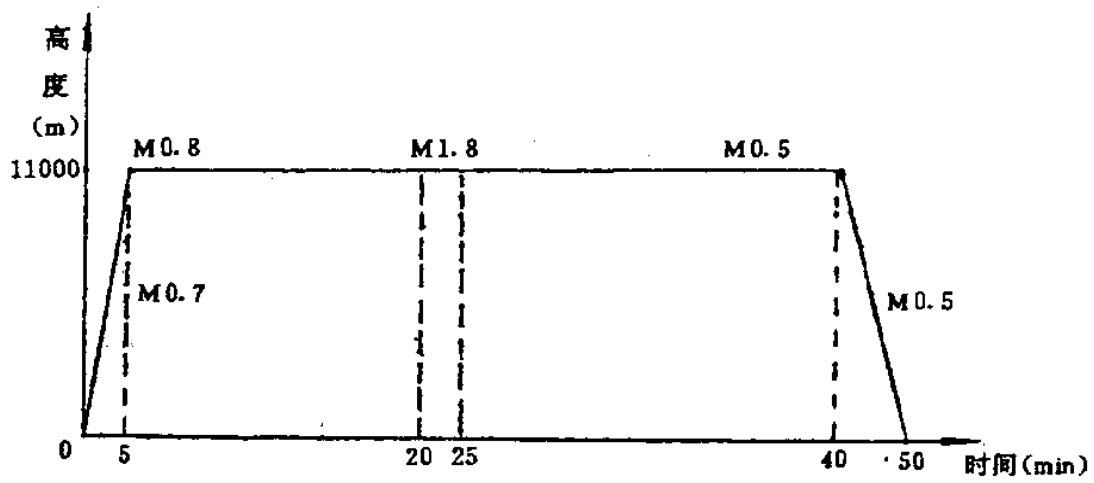


图 C2 空空任务剖面

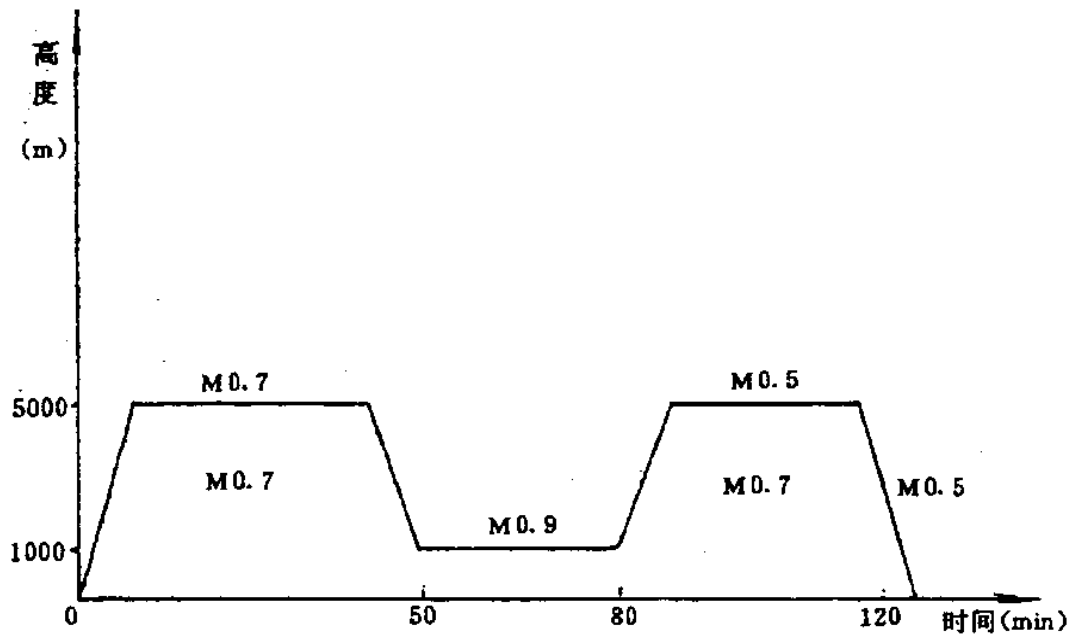


图 C3 空地任务剖面

表 C1 可靠性和维修性参数

战备完好性	使用可用度 A_0 再次出动准备时间 T_{TA} 出动架次率 r_{SG}
任务成功性	任务成功概率 P_{MC}
维修人力及保障费用	平均故障间隔飞行小时 T_{MFHBF} 每飞行小时直接维修工时 L_{DMF}
耐久性	首翻期 总寿命

C4 可靠性、维修性指标确定过程

根据标准正文 5.2 条确定指标量值。

C4.1 论证阶段

根据新研制歼击机的作战使用要求和约束条件,在现役同类机种已达到水平的基础上,参考有关机型统计数据,提出新研制歼击机的可靠性维修性目标值(成熟期)。

C4.1.1 使用可用度 A_0

现役同类机种的使用可用度一般为 0.5 左右,不利于完成作战训练任务,为此要求新研制的歼击机使用可用度达到 0.7。

C4.1.2 再次出动准备时间 T_{TA}

该指标是指为执行空战任务准备再次出动所需的时间。现役同类某机型测试的结果平均为 14min02s。考虑到新歼击机的再次出动准备工作量较大,为保证尽快作好出动准备,要求再次出动准备时间不超过 15min。

C4.1.3 出动架次率 r_{SG}

该指标与作战任务剖面有关。现役同类机种,在执行 30—40min 的飞行任务时,一般情况下可出动 3~5 次。现在按昼间 12h 内,每次出动执行 50~60min 飞行任务的条件下,要求新研制歼击机的单机出动架次率不少于 4 次。

C4.1.4 任务成功概率 P_{MC}

某战斗机的数据为执行 2h 任务,经验证的任务成功概率达到 0.96。如按现役某型歼击机统计的影响任务故障约占故障总数的十分之一来估算,并假设该机的平均故障间隔飞行小时为 3 飞行小时,任务剖面时间为 2 飞行小时,计算出任务成功概率为 0.936。考虑新研制歼击机的平均故障间隔飞行小时将会提高,要求在任务时间为 2 飞行小时的条件下,歼击机任务成功概率不少于 0.95。

C4.1.5 平均故障间隔飞行 T_{MFHBF}

现役同类机种的平均故障间隔飞行小时一般在 2 飞行小时左右。某机的平均故障间隔飞

行小时为 3.7 飞行小时。为提高新研制歼击机的基本可靠性,降低维修人力及保障费用,要求其平均故障间隔飞行小时不低于 3 飞行小时。

C4.1.6 每飞行小时直接维修工时 L_{DMF}

目前同类机种的统计数据约为 35~40 工时/飞行小时。为减少维修人力、降低费用,现要求新研制歼击机每飞行小时直接维修工时为 20 工时/飞行小时(外场级)。

C4.1.7 首翻期及总寿命

现役同类机种的首翻期已达 800 飞行小时,总寿命为 3000 飞行小时。参照提出新研制歼击机的首翻期要求为 1000 飞行小时,总寿命要求为 4000 飞行小时,日历时间 20 年。

C4.2 方案阶段

确定成熟期门限值,将可靠性维修性指标转换为合同参数的规定值与最低可接受值。对需要阶段验证的指标提出研制结束时的最低可接受值。

C4.2.1 确定成熟期门限值

根据新研制歼击机可靠性维修性成熟期目标值,结合技术方案的实际情况,确定成熟期门限值。假设需转换的 A_0 、 T_{MFHBF} 门限值取目标值的 80%。 P_{MC} 门限值取目标值的 90%。维修性指标门限值取目标值的 130%(见表 C2)。

表 C2 可靠性和维修性指标

指 标 项 目	目 标 值	门 限 值
使用可用度 A_0	0.7	0.56
再次出动准备时间 T_{TA}	15 分	15 分
出动架次率 r_{SG}	4 次	3 次
任务成功概率 P_{MC} (空地任务剖面 任务时间 2 飞行小时)	0.95	0.86
平均故障间隔飞行小时 T_{MFHBF}	3	2.4
每飞行小时直接维修工时 L_{DMF}	20 工时/飞行小时	26 工时/飞行小时

C4.2.2 转换合同参数

符号下标:

目——目标值;

门——门限值;

规——规定值;

最——成熟期最低可接受值;

结——研制结束最低可接受值。

a. 将使用可用度 A_0 转换为固有可用度 A_i

根据附录 A 公式(A1):

$$A_i = \frac{1}{1 + \frac{K_1}{K_e} \left(\frac{1}{A_0} - 1 \right)}$$

假设: $K_1=0.45$ $K_e=1.1$

查表 C_2 : $A_{0目}=0.7$ $A_{0门}=0.56$

计算得 $A_{1规}=0.85$ $A_{1最}=0.76$

研制结束最低可接受值取成熟期最低可接受值的 80%

$A_{1结}=0.8 \times 0.76=0.61$

b. 将平均故障间隔飞行小时 T_{MFHBF} 转换为平均故障间隔时间 T_{BF}

根据附录 A 公式(A2):

$$T_{BF}=K_2 \times K_e \times T_{MFHBF}$$

假设: $K_2=1.3$ (运行比) $K_e=1.1$

查表 C_2 : $T_{MFHBF目}=3$ $T_{MFHBF门}=2.4$

计算得 $T_{BF规}=4.29$ $T_{BF最}=3.43$

$T_{BF结}=0.8 \times 3.43=2.74$

c. 将合同中的参数及指标列表如下:(见表 C3)

表 C3 合同中的参数及指标

合同中参数项目	规定值	最低可接受值	研制结束最低可接受值
	目标值	门限值	
固有可用度 A_1	0.85	0.76	0.61
再次出动准备时间 $T_{TA}(\text{min})$	15	15	15
出动架次率 r_{SG}	4	3	暂不考核
任务成功概率 P_{MC} (空地任务剖面任务时间 2 飞行小时)	0.95	0.86	暂不考核
平均故障间隔时间 $T_{BF}(\text{h})$	4.29	3.43	2.74
每飞行小时直接维修工时 L_{DMF} (工时/飞行小时)	20	26	暂不考核
首翻期(飞行小时)	1000		给出初始值
总寿命(飞行小时) (日历年)	4000 20		逐步给出

附加说明:

本标准由航空航天工业部提出。

本标准由国防科学技术工业委员会军用标准化中心归口。

本标准由航空航天部三〇一所、北京航空航天大学一所、空一所、空八所、航空航天部六二八所、试飞研究院、六一一所、兵种部陆航局、海军特种飞机研究所起草。

本标准主要起草人:毛黎明、屠庆慈、罗汉生、曾天翔、吴真真、邱景海、任占勇。

项目代号:90361-2。

GJB 1909.5—91勘误表

序号	页次、章节号一行	误	正
1	第1页 2—5行	1993年2月	1993年5月20日
2	第4页 3.2.24	$M_{CT(\mu)}$	$M_{CT}(\mu)$
3	第5页 4.6—4行	…作出结构。	…作出结论。
4	第7页 续表1—四 16	虚警率(r_{FA})	虚警率(r_{FA})
5	第8页 5.1.2.1a.—1行	T_{NF}	T_{BF}
6	第8页 5.1.2.2a.—1行	r_{BFS}, r_{CER}	r_{BFS}, r_{UER}
7	第8页 5.1.2.4b.—1行	T_{RCM}	T_{BCM}
8	第9页 5.2.3c.—1行	…为原则并在…	…为原则,并在…
9	第9页 5.2.3d.—2行	…在确定维修级别时…。	…在确定修理级别时…。
10	第12页 d.—3行	$K_4 = \lambda_1 / \lambda_{CF}$	$K_4 = \lambda_1 / \lambda_{CF}$
11	第12页 f.注:1)—2行	…所花费工时。	…所花费的工时。
12	第12页 h.—1行	L_{DMF} 转换为 M_{CT}	L_{DMF} 转换为 $\bar{M}_{CT}$
13	第15页 C2.2图 C1	<pre> graph TD A[交付转换] --> B[停放] B --> C[进厂大修] C --> D[退役报废] D --> A </pre>	<pre> graph TD A[交付转场] --> B[停放] B --> C[进厂大修] C --> D[退役报废] D --> A </pre>
14	第19页 正2行	查表 C_2 1	查表 C_2 :

注:属原稿错9处。