



中华人民共和国国家军用标准

FL 0102

GJB 1909A—2009

代替 GJB 1909.1~1909.9—1994、GJB 1909.10—1998

装备可靠性维修性保障性要求论证

**Demonstration of reliability, maintainability and supportability
requirements for materiel**

2009—12—22 发布

2010—04—01 实施

中国人民解放军总装备部 批准

目 次

前言	III
1 范围	1
2 引用文件	1
3 术语和基本参数符号	1
3.1 术语	1
3.2 基本参数及其缩略词符号	2
4 总则	2
4.1 基本要求	2
4.2 确定 RMS 要求的原则	3
4.3 确定 RMS 要求的约束条件	3
4.4 装备立项综合论证中的 RMS 要求论证	3
4.5 装备研制总要求综合论证中的 RMS 要求论证	3
5 装备 RMS 定量要求	3
5.1 装备 RMS 主要参数	3
5.2 装备 RMS 参数的确定	4
5.3 装备 RMS 指标的确定	4
6 装备 RMS 定性要求	4
6.1 可靠性定性要求	4
6.2 维修性定性要求	5
6.3 测试性定性要求	5
6.4 保障性定性要求	5
7 装备 RMS 要求确定	6
7.1 装备 RMS 要求确定过程	6
7.2 明确确定 RMS 要求的依据	6
7.3 提出初步的 RMS 使用要求	7
7.4 细化和权衡 RMS 使用要求	8
7.5 转换使用要求为合同要求	9
7.6 进行可验证性分析	9
7.7 形成装备 RMS 要求论证报告	10
附录 A (资料性附录) 可靠性维修性保障性参数说明	12
附录 B (资料性附录) 弹道导弹装备系统可靠性维修性保障性要求示例	22
附录 C (资料性附录) 军用飞机可靠性维修性保障性要求示例	33
附录 D (资料性附录) 舰船可靠性维修性保障性要求示例	44
附录 E (资料性附录) 主战坦克可靠性维修性保障性要求示例	53
附录 F (资料性附录) 火炮可靠性维修性保障性要求示例	64
附录 G (资料性附录) 弹药可靠性维修性和保障性要求示例	71
附录 H (资料性附录) 对空情报雷达可靠性维修性保障性要求示例	77

GJB 1909A—2009

附录 I （资料性附录） 机动通信网络系统 RMS 要求示例·····	83
参考文献·····	89

前 言

本标准是 GJB 1909.1~1909.10《装备可靠性维修性参数选择和指标确定要求》的替代标准,修订后标准的主题内容和框架结构均有较大变化,主要有以下变化:

- a) 本标准的主题内容从可靠性维修性增改为可靠性维修性保障性(Reliability, Maintainability and Supportability 简称 RMS)。原 GJB 1909《装备可靠性维修性参数选择和指标确定要求》对推动型号的可靠性维修性工作起到过积极的作用,但由于装备的发展和可靠性工程、维修性工程、综合保障工程的不断深入,该标准已不能满足确定装备 RMS 要求的需要,故修订时更名为《装备可靠性维修性保障性要求论证》。
- b) 将原来采用总则和各类装备的“参数选择和指标确定要求”为并列分标准的形式,改为正文加附录的形式,突出了标准以规范共性内容为主的思想。正文规定了装备 RMS 要求的内容及确定程序,附录中,选择了几种典型装备作为示例,给出 RMS 要求的主要内容,以便对不同类型装备 RMS 要求的内容进行指导。
- c) 强调了装备的 RMS 要求是装备执行任务的一种能力,是装备型号性能要求的重要组成部分;明确了装备 RMS 要求论证应从任务需求出发,首先确定装备的战备完好性、任务成功性和部署性等综合要求,再进一步分析提出 RMS 单项要求。
- d) 增加了 RMS 定性要求。
- e) 进一步明确了确定 RMS 要求的依据和原则。
- f) 进一步强调了使用要求和合同要求的概念,使用要求是用户从作战使用角度提出的要求,合同要求是指在合同规定的条件下达到的要求,并给出了 RMS 使用参数和合同参数的定义。
- g) 强调了参数指标的可验证性要求,要求提出的各项参数指标应依据充分、定义清楚、可验证或可评价。
- h) 规定了在装备立项的综合论证和研制总要求的综合论证中, RMS 要求论证报告的主要内容。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C、附录 D、附录 E、附录 F、附录 G、附录 H、附录 I 为资料性附录。

本标准由中国人民解放军总装备部电子信息基础部提出。

本标准起草单位:总装备部技术基础管理中心、装甲兵工程学院、军械工程学院、总参谋部第六十一研究所、总装备部炮兵防空兵装备技术研究所、总装备部装甲兵装备技术研究所、总装备部工程兵装备论证试验研究所、海军装备研究院舰船研究所、空军装备研究院装备总体论证研究所和雷达研究所、二炮装备研究院第一研究所、航天科工集团二院二部、中国航空工业发展研究中心、中国兵器工业集团第 201 研究所。

本标准主要起草人:宋太亮、何成铭、马绍力、王江山、周 红、阮永梅、姜 涛、曹 辉、王成海、傅光甫、杨秉喜、张康宝、俞 沼、孙书鸿、朱美娟、曾天翔、张米凤。

装备可靠性维修性保障性要求论证

1 范围

本标准规定了装备可靠性维修性保障性(RMS)要求的内容以及要求确定的原则、程序和方法。

本标准适用于新型装备研制立项综合论证和研制总要求综合论证中的 RMS 要求论证工作,装备改进、改型及现役装备的加改装研制亦可参照执行。

2 引用文件

下列文件中的有关条款通过引用而成为本标准的条款。凡注日期或版次的引用文件,其后的任何修改单(不包含勘误的内容)或修订版本都不适用于本标准,但提倡使用本标准的各方探讨使用其最新版本的可能性。凡不注日期或版次的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GJB 368 装备维修性工作通用要求
GJB 450 装备可靠性工作通用要求
GJB 451A 可靠性维修性保障性术语
GJB 899 可靠性鉴定和验收试验
GJB 1371 装备保障性分析
GJB 2072 维修性试验与评定
GJB 2547 装备测试性大纲
GJB 3872 装备综合保障通用要求
GJB/Z 102 软件可靠性和安全性设计准则
GJB/Z 141 军用软件测试性指南
GJB/Z 151 装备保障方案和保障计划编制指南

3 术语和基本参数符号

3.1 术语

GJB 451A 确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1.1 RMS 参数 **reliability, maintainability and supportability parameters**

装备可靠性维修性保障性的度量。其要求的量值称为装备可靠性维修性保障性指标。

3.1.2 RMS 使用参数 **operational reliability, maintainability and supportability parameters**

反映装备任务需求的可靠性维修性保障性参数。其要求的量值称为 RMS 使用指标,它受产品设计、制造、安装、环境、使用、维修等的综合影响。

3.1.3 RMS 合同参数 **contractual reliability, maintainability and supportability parameters**

在合同或研制总要求中表述对装备的可靠性维修性保障性要求的参数。其要求的量值称为 RMS 合同指标,它只受合同规定条件的影响。

3.1.4 目标值 **objectives/goals**

用户期望装备达到的使用指标。

3.1.5 门限值 **thresholds**

完成作战使用任务(即满足使用要求)装备所应达到的最低使用指标。

3.1.6 规定值 **specified values**

用户期望装备达到的合同指标。

3.1.7 最低可接受值 minimum acceptable values

要求装备应达到的合同指标,是装备定型考核或验证的依据。

3.2 基本参数及其缩略词符号

A_O ——使用可用度
 D ——任务成功度
 L_{SE} ——使用寿命
 L_{ST} ——贮存寿命
 M_{CT} ——平均修复时间(MTTR)
 M_{PT} ——平均预防性维修时间(MTPM)
 M_R ——维修工时率
 P_S ——成功概率
 R_{FA} ——虚警率
 R_{FD} ——故障检测率
 R_{FI} ——故障隔离率
 R_{MC} ——能执行任务率
 R_{SEF} ——保障设备满足率
 R_{SEU} ——保障设备利用率
 R_{SF} ——备件满足率
 R_{SU} ——备件利用率
 R_U ——利用率
 T_{BCF} ——平均严重故障间隔时间(MTBCF)
 T_{BF} ——平均故障间隔时间(MTBF)
 T_{BM} ——平均维修间隔时间(MTBM)
 T_{BPM} ——平均预防性维修间隔时间(MTBPM)
 T_{FO} ——首次翻修期限(首次大修寿命)
 T_{MAD} ——平均管理延误时间
 T_{MCR} ——重要零部件平均更换时间
 T_{MLD} ——平均保障延误时间
 T_{MRF} ——平均恢复功能用的任务时间
 T_R ——重构时间(冗余系统切换时间)
 T_{STM} ——任务前准备时间
 T_{TA} ——再次出动准备时间
 T_{TF} ——平均故障前时间(MTTF)

4 总则

4.1 基本要求

4.1.1 RMS 要求应作为装备作战使用要求的重要组成部分。RMS 要求论证应与型号论证中的战术技术指标论证同步进行,装备立项综合论证报告和研制总要求综合论证报告中应包括 RMS 要求论证,RMS 要求论证工作应纳入装备论证工作的管理渠道。

4.1.2 RMS 要求论证应根据任务需求从满足装备执行任务能力要求出发,通过系统分析、功能分析、保障性分析等技术,确定装备战备完好性、任务成功性、持续性和部署性等 RMS 综合要求,并通过进一步分析,提出 RMS 单项要求。

4.1.3 RMS 要求论证应从装备(系统)级 RMS 要求开始,逐步细化到分系统级、设备级、甚至部件级

的 RMS 要求，所涉及的产品层次由订购方确定，并且能满足确定保障资源要求的需要。

4.1.4 RMS 要求论证应根据任务需求提出装备的 RMS 使用要求，将 RMS 使用要求分配或分解、细化后，转换成合同要求。

4.1.5 RMS 要求论证应依据装备 RMS 综合参数和 GJB/Z 102，对软件部分进行专题论证，提出装备中软件部分的 RMS 定性和定量要求。

4.1.6 装备 RMS 要求论证报告应经过专家评审，并作为装备立项的综合论证报告和装备研制总要求的综合论证报告的一部分，上报审批。

4.2 确定 RMS 要求的原则

在确定 RMS 要求时，应遵循如下原则：

- a) 提出 RMS 要求应从任务需求出发，满足装备的作战使命；
- b) 提出的 RMS 要求应经过可行性分析，包括技术可行性分析和经济可行性分析；
- c) 提出的 RMS 参数的数量应尽可能地少，并经过反复迭代和细化；
- d) 提出的 RMS 定量要求应有明确的定义，是可度量、可追溯、可验证的，并且有明确的验证时机、内容、条件和方法；定性要求应是明确的、可评估、可检查的，应有明确的检查清单和检查方法；不得用含糊、模棱两可的语言来表述各项要求；
- e) 提出的 RMS 要求应完整，相互之间应协调匹配，并保证最终提出的 RMS 要求与装备设计方案、使用方案和保障方案相协调。

4.3 确定 RMS 要求的约束条件

装备总体论证时确定的对新型研制装备 RMS 要求有影响的约束条件，应作为确定 RMS 要求的依据，主要有：

- a) 平时战备训练的环境条件，包括使用、维修、贮存和运输等环境条件；
- b) 作战环境条件，包括自然环境、核生化环境、电子环境、复杂电磁环境等；
- c) 与装备保障有关的指挥、控制、通信和情报系统之间的接口；
- d) 标准化和互用性的总体要求；
- e) 装备寿命周期费用分析结论，特别是使用和保障费用方面的估算结果；
- f) 装备形成初始作战使用能力和保障能力的时机和状态；
- g) 风险和进度。

4.4 装备立项综合论证中的 RMS 要求论证

在装备立项综合论证时，应提出装备系统层次的 RMS 综合要求，这些要求应反映装备的任务需求，能够在部队试验和试用中进行评估。装备立项综合论证中应提出 RMS 使用要求的目标值和门限值，也可以只提出门限值，并纳入《装备立项综合论证报告》。

4.5 装备研制总要求综合论证中的 RMS 要求论证

根据批准的立项综合论证报告中的 RMS 使用要求，确定装备研制总要求中的 RMS 合同要求，并作为装备定型考核或验证的依据。在装备研制总要求论证时，提出 RMS 合同要求的规定值和最低可接受值，也可以只提出最低可接受值，并纳入《装备研制总要求综合论证报告》。RMS 合同要求提出的产品层次应满足确定保障资源的需要。

5 装备 RMS 定量要求

5.1 装备 RMS 主要参数

RMS 参数分为综合参数、可靠性参数、维修性参数、测试性参数和保障系统及其资源参数，除附录 A 中说明的参数外，其他参数见 GJB 451A。参数主要内容包括：

- a) 综合参数，主要有：
 - 1) 战备完好性参数，如 A_0 等；

- 2) 任务成功性参数, 如 D 等;
- 3) 持续性参数, 如 R_U 、 T_{TA} 等;
- 4) 部署性参数, 如部署一个建制作战单位的运输量(L_D)等。
- b) 可靠性参数见 GJB 450, 主要有:
 - 1) 基本可靠性参数, 如 T_{BF} 、 T_{BM} 等;
 - 2) 任务可靠性参数, 如 T_{BCF} 等;
 - 3) 耐久性参数, 如 T_{FO} 、 L_{SE} 、 L_{ST} 等。
- c) 维修性参数见 GJB 368, 主要有:
 - 1) 维修时间参数, 如 M_{CT} 等;
 - 2) 维修工时参数, 如 M_R 等;
 - 3) 任务维修性参数, 如 T_{MRF} 、 T_R 等。
- d) 测试性参数见 GJB 2547, 主要有:
 - 1) 故障检测率(R_{FD});
 - 2) 故障隔离率(R_{FI});
 - 3) 虚警率(R_{FA})。
- e) 保障系统及其资源参数见 GJB 3872, 主要有:
 - 1) 与保障系统有关的参数, 如 T_{MLD} 、 T_{MAD} 等;
 - 2) 与保障资源有关的参数, 如 R_{SEU} 、 R_{SEF} 、 R_{SU} 、 R_{SF} 等。

5.2 装备 RMS 参数的确定

5.2.1 依据装备(产品)的不同使用情况, 分别确定 RMS 参数。不同产品的 RMS 主要参数的示例如下:

- a) 长期连续使用的可修产品, 主要参数有 A_O 、 T_R 、 T_{BF} 、 T_{BCF} 等;
- b) 长期连续使用的不可修产品, 主要参数有 T_{TF} 、 L_{SE} 等;
- c) 反复或间断使用的可修产品, 主要参数有 A_O 或 R_{MC} 、 D 、 T_{BF} 、 T_{BCF} 、 T_{STM} 等;
- d) 反复或间断使用的不可修产品, 主要参数有 T_{STM} 、 L_{SE} 等;
- e) 一次性使用的可修产品, 主要参数有 T_{STM} 、 P_S 、 T_{BPM} 、 L_{ST} 等;
- f) 一次性使用的不可修产品, 主要参数有 P_S 、 L_{ST} 等。

根据装备的类型、使用特点以及各军兵种类似装备的做法, 确定合理的 RMS 参数。如飞机常用出动架次率(R_{SG})、舰艇用在航率(a)、导弹用技术准备完好率(P_{TP})和待机准备完好率(P_{WP})等表示战备完好性参数。

根据装备的复杂程度和产品层次, 对参数进行取舍。对于复杂产品或装备(系统)级的 RMS 参数应有综合参数; 对于简单的或部件、零件级的产品, 可以只有可靠性、维修性参数。

根据产品特点确定有关参数。如机械产品应突出耐久性参数、主要部件更换时间等, 而电子产品, 除有关的 RMS 参数外, 还应突出测试性参数。

根据从装备系统层次提出的 RMS 要求, 结合装备软件的特点, 提出软件部分的 RMS 参数; 在难以确定软件部分 RMS 定量要求的情况下, 至少应提出软件部分的 RMS 定性要求。

5.3 装备 RMS 指标的确定

根据确定的 RMS 参数, 应运用使用研究、比较分析等保障性分析技术和方法, 获取与 RMS 指标有关的平时和战时的使用和保障数据, 通过综合权衡等工作, 赋予 RMS 参数一定的量值, 即确定 RMS 指标。确定 RMS 指标是一个由初定到确定、由综合指标到单项指标、由系统级指标到分系统指标或部件指标、由使用指标到合同指标的分解、分配、转换、细化和权衡分析的过程。

6 装备 RMS 定性要求

6.1 可靠性定性要求

装备 RMS 要求论证时, 应至少提出如下可靠性定性要求:

- a) 不易用定量指标来描述的可靠性要求, 如紧固件应可靠的锁紧要求、大型装备的门窗开启和关闭时应锁紧可靠的要求;
- b) 有关使用操作的可靠性要求, 如操纵件位置准确性的要求, 操纵件与人的因素有关的设计要求;
- c) 对具体产品的可靠性设计要求, 如某一功能应有冗余的要求、某一产品应进行某种热设计的要求、采用某种元器件应有降额设计的要求等;
- d) 对危及或可能危及到装备安全的故障提出的保护或预防措施要求;
- e) 软件可靠性要求应高于所嵌入硬件的可靠性要求;
- f) 其他的可靠性定性要求。

6.2 维修性定性要求

装备 RMS 要求论证时, 应至少提出如下维修性定性要求:

- a) 不易用定量指标来描述的维修性要求, 如需要经常调整、清洗、更换的部件应便于拆装或可进行原位维修的要求, 检查窗开启和关闭操作应简单方便的要求等;
- b) 具体产品的维修性设计要求, 对维修空间、可达性、互换性等提出的要求, 包括部件或功能件应可以互换的要求, 特殊的防差错及标识要求、具体部件的维修安全要求, 以及有些特殊的维修性设计要求, 如坦克炮身管应能前抽进行更换的要求、动力舱应能整体吊装的要求等;
- c) 对软件提出可维护性方面的要求, 如软件结构、采用编程语言、代码注释行要求等;
- d) 有关战场抢修的要求, 如坦克诱导轮损坏时, 应能实现履带短接的要求等。

6.3 测试性定性要求

装备 RMS 要求论证时, 应至少提出如下测试性定性要求:

- a) 对机内测试设备和外部测试设备的功能要求, 如电子设备的机内测试设备应满足的维修级别要求, 机内测试设备和外部测试设备联合应满足的维修级别要求, 非电子设备机内测试设备应满足功能检测的要求等。
- b) 对可更换单元划分的要求。
- c) 对自动检测设备和外部检测设备的要求, 包括功能组合化、计算机测试软件、自检功能、与被测单元自检检测相兼容、与被测单元的测试接口要求等。
- d) 被测试的设备应有测试接口的要求。
- e) 软件测试性应符合 GJB/Z 141 军用软件测试性指南的要求。
- f) 其他特殊要求。如采用油液光、铁谱分析来监控装备技术状况时, 采集油样的接口要求, 涉及装备安全性的有关参数监控、报警的要求等。

6.4 保障性定性要求

6.4.1 装备设计的便于保障的定性要求

使用保障设计要求。有关自保障设计要求, 如应有辅助动力、自制氧、自制高压空气的要求等; 装备自带必要的自救和互救工具或设备的要求, 特殊的保障要求, 如飞机应有防台风措施、坦克应考虑潜渡保障等; 简化装备动用、使用前的装配、检测等方面的要求。

维修保障设计要求。装备维修级别划分的要求, 如装备采用两级维修还是三级维修; 各级维修机构的维修能力的要求, 如基层级维修只限于完成预定的现场可更换单元的更换; 战场抢救抢修的要求, 如利用配备的保障设备完成任务系统的重新配置等要求。

6.4.2 保障资源定性要求

装备 RMS 要求论证时应从减轻保障负担、缩小保障系统规模等方面提出要求。首先应优先选用现役装备保障设备和设施中可利用的资源, 并从减少保障资源品种和数量、简化保障资源设计、保障资源标准化等方面提出的约束条件, 主要有:

- a) 人力和人员: 包括对使用维修和其他保障人员的编制数量、技术专业、文化程度、技术水平等

的约束条件。

- b) 训练和训练保障：包括训练周期的限制，有关训练装置、训练器材(含训练模拟器)的研制和选用的约束条件，有关训练教材应系统配套形成体系的要求等。
- c) 保障设备：包括采用现役保障设备的要求，对新研制的保障设备通用化、系列化、组合化要求；对新研制的保障设备费用的限制、保障设备互用性的要求；对各维修级别检测能力的要求；保障设备应具有自测试功能的要求。
- d) 保障设施：包括对现有保障设施可利用程度的要求，改建、新建保障设施的约束条件，避免增加新建设施的要求等。
- e) 备件和消耗品：明确对备件、原材料、擦拭材料、油液(包括燃料、润滑油、液压油、特种液等)等以及对充电、充气(包括高压空气、氧、氮等)等的限制条件。
- f) 技术资料：要求提供的技术资料范围，包括装备设计资料、使用维修手册、有关的技术报告、计算机软件文档和各类清单等。明确技术资料的提交日期，使用各种技术资料的对象，有关技术资料编制要求以及其他要求等。
- g) 包装、装卸、贮存和运输：包括装备及其备件在贮存和运输过程中的包装、装卸要求；贮存保障方案的要求，如封存器材、封存和启封时间、贮存周期、贮存期间的维护(含检测)等要求；装备及其保障资源的运输要求，包括运输方式要求(如海运、空运、铁路运输、公路运输)以及所需要的保障车辆、保障船的数量和种类等。
- h) 计算机资源保障：对建立软件保障系统提出要求，包括提出使用与保障装备中的计算机所需的设施、硬件、软件、文档、检测仪器、人力和人员等要求；有关计算机操作系统、运行环境、数据库、特殊类型接口、编程语言以及现有平台和数据资源的整合兼容等要求；装备软件更改的要求，如软件的更改应以模块升级方式进行，更改时应考虑操作和维修软件人员的能力等。

7 装备 RMS 要求确定

7.1 装备 RMS 要求确定过程

从任务需求到确定装备的 RMS 要求是一个分析权衡的过程，以下内容规定了确定 RMS 要求的基本程序和主要方法，对具体装备的 RMS 要求论证可以根据装备的实际情况进行适当剪裁。附录 B、附录 C、附录 D、附录 E、附录 F、附录 G、附录 H、附录 I 给出了几类典型装备的 RMS 要求示例。

7.2 明确确定 RMS 要求的依据

7.2.1 明确任务需求

7.2.1.1 任务和威胁

装备总体论证中确定的任务和威胁应作为确定 RMS 要求的依据，包括如下主要内容：

- a) 现实与潜在的作战对象对我国构成或可能构成的军事威胁；
- b) 新研武器装备应完成的作战使命和任务。

7.2.1.2 现役装备 RMS 存在的不足

装备总体论证时，应分析现有装备的能力或装备在对付未来威胁和执行新的作战任务方面存在的差距和问题，应重点明确在 RMS 方面存在的缺陷或不足，包括如下主要内容：

- a) 根据国外同类装备 RMS 现状和发展趋势，分析我军现役装备 RMS 方面存在的差距；
- b) 现役相似装备的 RMS 水平，在使用中存在的缺陷和不足，影响战备完好性、任务成功性、持续性和部署性等方面存在的主要问题；
- c) 保障能力的不足，主要分析现役装备保障工作的难点和存在的问题。

7.2.2 明确装备使用方案、初步设计方案和初始保障方案

7.2.2.1 明确使用方案

使用方案是进一步确定 RMS 要求的依据，包括如下内容：

- a) 概要说明装备在未来战场上与其他装备的协同、使用地域、使用强度、使用人员数量和技术水平、拟部署的装备数量、保障机构的组成、各级保障机构的任务范围、约束条件等。
- b) 概要说明该装备完成的作战任务和基本方法，给出各种任务的相对频度。
- c) 说明装备的寿命剖面 and 任务剖面。必要时，需明确环境剖面。寿命剖面和任务剖面的主要内容如下：
 - 1) 寿命剖面：寿命剖面应描述寿命周期中所经历的全部事件和环境的时序，应对发生的各种事件、装备和其各组成部分所处的状态及其经历的时序作必要的说明。
 - 2) 任务剖面：任务剖面应对任务从开始到结束的全过程进行描述，应明确任务的确切定义及完成任务的标准、装备各主要分系统和部件所处的工作状态、各类工作状态的时序和持续时间、使用环境特性描述、各类环境条件的时序和持续时间。一个任务剖面至少应包括构成任务的事件和任务持续时间(如发射次数、工作小时、行驶里程等)。对于完成多种任务的装备，可以构建多种任务剖面，也可以构建一个综合多种任务的典型任务剖面。

7.2.2.2 明确装备初步设计方案

初步设计方案作为进一步确定 RMS 要求的依据，包括如下内容：

- a) 装备应具备的使用功能要求及其为完成任务所必要的使用功能清单。明确与现役同类装备相比所应具有的新功能项目。
- b) 提出最低限度的必要的分系统清单，确定各分系统在完功能要求中的作用。明确与现役装备相比所应具有的新分系统或部件。

7.2.2.3 明确初始保障方案

保障方案应包括装备用户对装备保障工作的总体要求和设想，由各综合保障要素的初步设想组成，包括装备维修方案和动用准备方案、使用与维修操作人员的工种要求、能源和弹药等的补给方案、运输方案、储存方案等的设想。初始保障方案的内容应符合 GJB/Z 151 的规定。

7.3 提出初步的 RMS 使用要求

7.3.1 初步 RMS 使用要求的主要内容

初步 RMS 使用要求主要包括：

- a) 根据装备平时战备训练的使用强度、装备完好率要求等，并参照基准比较系统和可能的技术改进，确定新装备的战备完好性、部署性等指标，并建立相应的计算模型，如使用可用度(A_0)、能执行任务率(R_{MC})、任务前准备时间(T_{STM})、每个使用维修保障机构的运输量等；
- b) 根据能完成任务的概率(战场损伤的概率)、任务剖面、战损与自然损伤之比等，确定任务成功性要求，如任务成功度(D)、任务可靠度(R_M)等；
- c) 初步的 RMS 定性要求。

7.3.2 确定初步 RMS 使用要求的技术和方法

7.3.2.1 使用研究

使用研究的内容可参见 GJB 1371，主要有：

- a) 与装备总体论证相协调，根据装备的任务范围，以及装备初步设计方案、使用方案和初始保障方案提供的信息，建立装备构成、任务(平时和战时)与战备完好性和任务成功性等参数之间的量化关系；
- b) 通过查阅资料和调查收集战时和平时与确定 RMS 要求有关的使用数据，至少包括：装备平时战备训练的使用强度与持续时间，装备预期的使用寿命，有关人力和人员的限制条件，主要作战任务的频率与持续时间，战场损伤的概率、战斗损伤和自损(可靠性问题)的比例，战场损伤等级划分、战场抢修的范围、各级战场损伤的修复时间(或工时)，两次战役或战斗间允许用于抢修装备的时间，现有的战时抢救抢修能力，现役装备系统部署机动能力等；
- c) 在项目早期缺乏所需的可用信息时，可利用相关信息作出必要的假设，也可通过专家调查法、

仿真和作战对抗模拟等方法获取必要的信息。

7.3.2.2 标准化研究

标准化研究的内容可参见 GJB 1371, 主要有:

- a) 对现役已有分系统、零部件和系列化产品(如发动机、发电机、蓄电池、液压件等)在新型研制装备上采用的可能性进行分析, 初步确定采用的程度, 分析采用这些产品对战备完好性和费用的影响;
- b) 对现役装备的保障设施、设备等被采用或对其进行改造后采用的可能性进行分析, 确定应采用现役装备的保障设施、设备的程度, 作为保障系统设计的约束条件, 并进一步分析采用这些保障设施、设备对战备完好性和费用的影响。

7.3.2.3 比较分析

比较分析的内容可参见 GJB 1371, 主要有:

- a) 确定基准比较系统。选定最能代表新型研制装备特性的一种同类现役装备或由几种现役装备的分系统、部件组成的合成体, 作为基准比较系统。
- b) 收集现役相似装备的 RMS 有关的数据, 包括现役装备的 RMS 水平, 现役装备保障系统的保障能力(设施和设备编配情况、备件供应情况、人员编配及训练能力等), 有关使用维修消耗费用, 有关试验与评价数据等。
- c) 从可行性的角度, 利用比较系统的 RMS 数据, 分析新型研制装备可能达到的 RMS 要求, 分析影响比较系统的战备完好性、寿命周期费用等的主导因素以及新装备对这些因素的控制程度。分析比较系统在结构、功能、保障方面存在的缺陷以及新型研制装备在消除这些缺陷方面的可行性。
- d) 针对比较系统存在的不足与缺陷问题, 包括保障资源与主装备的匹配问题、修理级别的划分、预防性维修间隔期和预防性维修的范围、故障诊断与测试系统等存在的问题、形成保障能力的薄弱环节等, 提出有关的 RMS 定性要求。

7.3.2.4 改进 RMS 的技术途径分析

改进 RMS 的技术途径分析的内容可参见 GJB 1371, 主要有:

- a) 现役同类装备影响战备完好性和任务成功性的主导因素分析;
- b) 拟定改进战备完好性、提高任务成功性、降低费用等可能的技术途径及其风险分析;
- c) 拟采用的新技术对装备 RMS 的影响分析;
- d) 拟采用可以缩短不能工作时间的新技术和新技术。

7.4 细化和权衡 RMS 使用要求

7.4.1 细化 RMS 使用要求的主要内容

根据确定的初步 RMS 使用要求, 进一步权衡和细化 RMS 使用要求, 细化 RMS 使用要求的主要内容包括:

- a) 细化 RMS 使用指标, 应将 RMS 综合指标分解为反映装备设计特性和保障系统特性的单项指标, 同时应将 RMS 系统级的指标分配到各分系统和重要部件, 对有些指标应细化到现场可更换单元, 如使用寿命(L_{SE})、重要零部件平均更换时间(T_{MCR})等;
- b) 细化 RMS 定性要求, 应提出各分系统、部件的 RMS 定性要求, 并与系统级的 RMS 定性要求相协调, 细化后的定性要求可直接纳入装备研制总要求或研制合同。

7.4.2 细化 RMS 使用要求的技术和方法

7.4.2.1 分析工作的迭代

随着装备设计和试验工作的深入, 应根据任务需求确定的装备功能要求, 逐层向下分解到分系统和主要部件直至现场可更换单元, 列出应执行的功能和各项功能之间的逻辑关系, 形成功能体系结构, 必要时应绘制功能流程图(功能框图)。功能分析和功能分配的结果应返回到要求分析, 反复迭代和交叉进

行使用研究、比较分析等分析工作，形成优化和细化的 RMS 要求。

7.4.2.2 权衡分析

为最终确定 RMS 定性和定量要求，应进行如下权衡分析工作：

- a) 进行 RMS 要求之间的综合权衡分析，包括综合要求与单项要求之间、各单项要求之间的权衡分析以及对各项要求的技术风险进行必要的评估；
- b) 进行 RMS 要求与寿命周期费用之间的权衡分析，包括形成初始作战能力的保障资源的规划、研制、采购费的预测和部署后装备使用维修保障费的估计以及可能存在的风险的评估；
- c) 进行 RMS 要求与研制进度之间的权衡分析，包括风险评估。

装备 RMS 要求论证过程自始至终都存在协调和权衡分析工作，应不断反复迭代进行，经权衡优化后得到装备的 RMS 使用指标。

7.5 转换使用要求为合同要求

7.5.1 转换时机

应随着装备设计的进展，尽早将使用要求细化或转换为合同要求，细化或转化的过程实质是设计条件和试验验证条件不断明确的过程，最终的转换或细化应在研制总要求论证结束前完成，形成装备 RMS 要求的规定值和最低可接受值。

7.5.2 转换类型

应根据提出要求时的条件和验证条件，选择转换的技术和方法，转换有以下几种类型：

- a) 使用指标等于合同指标，或者说其转换系数等于 1，如装备或主要分系统、部件的使用寿命 (L_{SE})、重要零部件的更换时间 (T_{MCR})、平均预防性维修间隔时间 (T_{BPM})、平均预防性维修时间 (M_{PT}) 等；
- b) 使用指标和合同指标虽是同类指标，但描述的参数不同，计算参数的模型不同，所用的数据也不同，如 T_{BM} (使用指标)、 T_{BF} (合同指标)，这种情况应分别分析其影响因素，建立相应的计算模型；
- c) 使用指标和合同指标为同一个参数，但其量值不同，这种情况至少应有以数据为基础的转换系数，必要时也应建立转换模型，如 T_{BF} 既是使用参数，也可作为合同参数，但在计算时所要考虑的影响因素不同，采用的数据也不同，故最后的量值是不同的。

7.5.3 转换程序

使用要求转换成合同要求应以数据为基础，基本的程序如下：

- a) 分析影响使用指标和合同指标的因素；
- b) 明确使用指标和合同指标的定义和统计计算方法；
- c) 收集基准比较系统的使用和设计数据，利用统计分析方法，建立转换模型或统计出转换系数，将 RMS 使用指标转换成合同指标。

7.6 进行可验证性分析

应对提出的 RMS 使用要求和合同要求进行可验证性分析。可验证性分析是确定提出的各项 RMS 指标能否得到验证的过程。通过可验证分析，应明确如下主要内容：

- a) 需验证参数的定义和内涵，包括试验时应记录的数据、如何利用数据计算参数量值的方法。
- b) 装备的故障判断准则，包括关联和非关联 (责任和非责任) 故障判断准则、任务成功的准则和严重故障 (任务故障) 判断准则等。有耐久性要求的装备，应明确极限状态 (耐久性损坏) 的判断准则。故障判断准则应写入研制总要求和合同书 (或其附录)，并应进一步明确故障计数准则 (指 T_{BF} 、 T_{BCF} 、 M_{CT} 、 T_{MRF} 等量值计算时应以哪类故障数为依据)、时间确定的准则 (指哪些时间属于维修时间、使用保障时间，哪些时间属于延误时间，哪些时间不应列入统计范围)。
- c) 验证试验方案。根据 GJB 899、GJB 2072 和有关标准规定的原则确定试验方案时，应明确指标的统计含义，说明所提指标是用置信下限 (或上限) 还是均值来度量；应规定检验的统计准则，

包括试验的判决风险、样本数、试验总时间、置信水平等。当有多种任务剖面时,还应明确试验剖面,规定试验剖面的持续时间、各分系统的试验时间、综合环境试验条件等,试验剖面的设计应与任务剖面相协调。

- d) 对不能或不适宜用统计试验方案验证的参数应提出评估验证的要求,有的指标可采用演示试验的方法进行验证,有的指标(如小子样的成功概率)可利用不同层次的数据通过建模仿真或其他综合的方法进行评估。
- e) 装备 RMS 使用要求的验证。装备 RMS 使用要求的验证应在装备实际使用条件下通过使用试验来验证。在不具备使用验证条件的情况下,可以利用定型试验期间收集的数据和装备设计过程中的数据,利用仿真等技术进行分析评估,以评估使用要求的实现情况。

装备 RMS 要求的可验证性分析应反复进行。在装备立项综合论证和研制总要求综合论证时,应分别进行一次可验证性分析,并将可验证性分析的过程和结论写入 RMS 要求论证报告。

7.7 形成装备 RMS 要求论证报告

7.7.1 装备 RMS 要求论证报告的内容

装备 RMS 要求论证报告主要包括如下八个方面的内容:

- a) 概述。主要说明装备 RMS 要求论证的作用、目标 and 意义等。
- b) 装备的使命和任务。使命和任务主要包括新研装备担负的主要任务和辅助任务及其使用环境条件,论述现有装备在战备完好性、任务成功性、持续性和部署性等方面的不足和缺陷,以及国内外相似装备 RMS 现状分析。
- c) 装备使用方案、设计方案和保障方案。使用方案主要说明装备将如何使用和使用时的组织机构、人员安排,还应包括装备的寿命剖面 and 任务剖面;设计方案简述装备的基本组成,列出为完成使用任务,装备必要的功能清单和相应的分系统清单;保障方案说明对保障工作的总体设想。它由满足功能的保障要求、与设计方案及使用方案相协调的各保障要素方案组成。
- d) 故障定义和判断准则。说明在试验过程中对故障原因和后果进行分类所需的指导原则。故障分类的结果将用来评价装备的 RMS。
- e) 装备 RMS 定性定量要求及约束条件。列出装备的 RMS 定性和定量要求, RMS 定量要求参数及其计算方法,装备形成初始作战能力和保障能力的时机和状态等。
- f) 装备 RMS 要求确定的过程和分析方法。列出确定装备 RMS 要求的过程、所用的分析方法和理由。
- g) 装备 RMS 要求可验证性分析。列出装备 RMS 要求可验证性分析的结果,包括验证的参数、验证时机和方法等。
- h) 装备 RMS 专项经费预计分析。通过寿命周期费用影响的费用分析,列出装备 RMS 专项经费需求分析结果、支付进度和要求等。

7.7.2 装备立项综合论证中的 RMS 使用要求论证报告

确定的初步 RMS 定性定量要求经可验证性分析后,应形成《装备初步的 RMS 要求论证报告》。《装备初步的 RMS 要求论证报告》应符合有关规范要求。装备立项综合论证中提出的 RMS 使用要求,一般是较高产品层次的 RMS 综合参数,通常用使用值表示。经组织评审后,应将有关要求纳入《装备立项的综合论证报告》。

《装备立项综合论证报告》中的 RMS 要求论证至少包括:

- a) 现役相似装备达到的 RMS 水平及在 RMS 方面存在的缺陷和不足;
- b) 确定装备 RMS 要求的依据(任务需求和使用方案、初始设计方案、初始保障方案)和约束条件;
- c) 装备初步的 RMS 使用要求(定量和定性)或约束条件;
- d) 装备 RMS 的专项经费概算;
- e) 装备 RMS 要求的技术风险和经济可行性分析结论。

7.7.3 装备研制总要求论证中 RMS 合同要求论证报告

确定的 RMS 定性定量要求经可验证性分析后，应形成正式的《装备 RMS 要求论证报告》。正式的《装备 RMS 要求论证报告》应符合有关规范要求。装备研制总要求论证中提出的 RMS 合同要求，应是经权衡分析后确定的相互协调匹配的一组 RMS 要求，这些要求可以通过定型试验进行考核或验证。经组织评审后，应将有关要求纳入《装备研制总要求的综合论证报告》。

《装备研制总要求综合论证报告》中的 RMS 要求论证至少包括：

- a) 确定装备 RMS 合同要求的依据(使用方案、设计方案、保障方案)；
- b) 装备及其规定层次产品的 RMS 合同要求(定量和定性)；
- c) 装备 RMS 合同要求考核条件和方法；
- d) 装备 RMS 专项经费预算，包括保障资源的研制费。

附录 A

(资料性附录)

可靠性维修性保障性参数说明

A.1 关于 RMS 参数体系

RMS 参数体系应以装备(产品)的 RMS 所要达到的目标为综合参数,如能反映战备完好性、任务成功性、部署性、持续性等一系列参数为综合参数。根据综合参数可能的影响因素,应建立影响综合参数的模型,如可用度模型、任务成功度模型等,通过对模型中综合参数影响因素的权衡分析,导出第二层次的单项参数,有的还可以导出第三层次的参数,如影响使用可用度的保障延误时间,又可进一步分解为备件延误、消耗品(燃料等)延误、设备延误、人员延误等时间。RMS 参数体系各类装备可能会有较大区别,作为通用标准,本标准仅列出基本参数,力求以最少的参数涵盖 RMS 定量要求。

A.2 关于 RMS 基本参数的说明

A.2.1 RMS 综合参数

A.2.1.1 战备完好性参数

不同的装备可以选用不同的参数,常用的战备完好性参数主要有:

a) 使用可用度(A_O)

使用可用度是与能工作时间和不能工作时间有关的一种可用性参数,其计算公式见(A.1):

$$A_O = \frac{T_U}{T_T} = \frac{T_U}{T_U + T_{DW}} = \frac{T_O + T_S}{T_O + T_S + T_{CM} + T_{PM} + T_{OS} + T_D} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

T_U ——能工作时间;

T_T ——总拥有时间;

T_{DW} ——不能工作时间;

T_O ——工作时间;

T_S ——备用(待机)时间;

T_{CM} ——修复性维修总时间;

T_{PM} ——预防性维修总时间;

T_{OS} ——使用保障时间;

T_D ——延误时间。

A_O 是一个使用参数,一般应在初始使用阶段或后续使用阶段进行评估。

在论证工作中,允许根据装备实际的使用情况,对计算公式进行修正,如长期连续使用的装备不考虑备用时间,可直接用可靠性和维修性等参数表述,其计算公式见(A.2)或(A.3):

$$A_O = \frac{T_{BM}}{T_{BM} + T_M + T_{MD}} \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

T_{BM} ——平均维修间隔时间;

T_M ——平均维修时间,包括修复性维修和预防性维修;

T_{MD} ($T_{MD} = T_{MLD} + T_{MAD}$) ——平均延误时间;

T_{MLD} ——平均保障延误时间;

T_{MAD} ——平均管理延误时间。

$$A_0 = \frac{T_{BF}}{T_{BF} + M_{CT} + T_{MD}} \dots\dots\dots (A.3)$$

在论证时,若采用上述列举的 A_0 计算公式或其他公式时,应详细说明其理由。 A_0 作为一个综合参数,对其计算公式中所用到的每个单项参数,都应作出详细说明,包括该单项参数所取值值的说明。

b) 利用率(R_U)

利用率是与作战使用要求有关的一个参数,是在规定的日历时间内,实际工作时间所占的比例,其计算公式见(A.4):

$$R_U = \frac{T_O}{T_T} \dots\dots\dots (A.4)$$

在提出 R_U 时,应明确总拥有时间用日历时间表示。 R_U 是与战备完好性有关的一个参数,与装备的使用策略有关。

c) 能执行任务率(R_{MC})

能执行任务率是表示装备在规定的时间内至少能执行一项任务的时间占总拥有时间的百分比,可表示为能执行全部任务率和能执行部分任务率之和。其计算公式见(A.5):

$$R_{MC} = \frac{T_{MC}}{T_T} = \frac{T_{FMC} + T_{PMC}}{T_T} \dots\dots\dots (A.5)$$

式中:

T_{MC} ——至少能执行一项任务的时间;

T_T ——总拥有时间;

T_{FMC} ——能执行全部任务的时间;

T_{PMC} ——能执行部分任务的时间。

在论证确定 R_{MC} 指标时,应明确任务的定义,特别是能执行部分任务的时间应界定清楚,有的装备不考虑能执行部分任务的时间,只要丧失一项功能,即不计入能执行任务的时间。另外还应明确这里所计的时间是日历时间还是每天按几小时来计算时间。

该参数为使用参数,一般在使用阶段进行评估。

d) 任务前准备时间(T_{STM})

任务前准备时间是为了使装备进入能执行任务的状态所需的准备时间,即部队由平时战备状态转入临战前的战备状态所需的时间(有时部队也还可以分阶段进行),任务前准备时间可以包括装备的启封、技术检查、安装平时单独存放的设备或部件、加注燃料和润滑油、检查和加注特殊油液、安装弹(药)、进行动用前的准备工作等。每一项准备时间可以作为一项单项指标提出,如启封时间、燃油的受油速率、装弹时间等,因此, T_{STM} 可以是各更细的单项指标的合成,但应考虑有些工作是可以并行实施的,故也不是简单的时间叠加。

提出 T_{STM} 要求时,应同时明确任务前准备工作的内容,列出准备工作的细目和各消耗品清单,并明确任务前每项准备工作的人力要求和可以借助的工具或设备的限制,应明确各项准备工作的基本时序,可用演示试验的方法进行验证。该参数既可作为使用参数,也可作为合同参数提出。

e) 再次出动准备时间(T_{TA})

对需连续执行任务的装备从结束上次任务到再次出动执行下一次任务所需要的准备时间。与 T_{STM} 一样, T_{TA} 可以是更细的单项指标的合成。

与 T_{STM} 一样,在提出 T_{TA} 要求时,应同时明确再次出动准备工作的内容,列出再次出动准备工作的细目和各项需要补充的消耗品清单,并明确每项准备工作的人力要求和可以借助的工具或设备的限制,应明确再次出动准备工作的基本时序。 T_{TA} 列入使用保障有关的参数,在实际

工作中也会包括部分维修工作,可用演示试验的方法进行验证。该参数可作使用参数,也可作合同参数。

A.2.1.2 任务成功性参数

常用的任务成功性参数是任务成功度(D),影响任务完成的因素很多,如战场的环境条件、装备的功能特性等。 D 只考虑可靠性、维修性对完成任务的影响,从可靠性维修性等设计特性的角度考虑能完成任务的概率,其计算公式见(A.6):

$$D = R_M + (1 - R_M)M_M \cdots \cdots (A.6)$$

式中:

R_M ——任务可靠度,一般以装备完成一个任务剖面的可靠度表示,如果在任务过程中不允许维修(抢修)的情况下,则 $D = R_M$;

M_M ——任务维修度,一般用在任务剖面中,在规定的维修级别和规定的时间内维修(抢修)损坏的装备使其能够继续投入作战的概率表示。例如,2h 以内使损坏的装备恢复功能,认为不影响装备继续完成任务,则表示 2h 的维修度为任务维修度。

D 是一个使用参数,条件规定明确的也可作为合同参数,应明确两种情况不同的考核条件。

A.2.1.3 部署性参数

一般用部署一个建制作战单位的运输量(L_D)来表示,包括部署(转移)一个建制作战单位的装备及其保障资源(含保障装备)的运输量。一般情况下作战装备(亦称主装备)的运输量是比较容易计算的,所以有时在提出部署性要求时,可以用部署一个建制作战单位保障资源的运输量(L_{SD})作为部署性参数,用所需运输工具的类型和数量表示,例如用部署一个空军飞行团的保障资源需要某型运输机不超过多少架数作为部署性要求,也可用部署一个坦克师(团)的保障资源需要 60t 火车车厢不超过 XX 节作为部署性要求。

该参数在使用阶段进行评估。

A.2.2 RMS 单项参数

A.2.2.1 与战备完好性有关的基本可靠性参数

与战备完好性有关的基本可靠性参数主要有:

a) 平均故障前时间(T_{TF})

平均故障前时间是不可修产品的一个可靠性基本参数,其计算公式见(A.7):

$$T_{TF} = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{N_T} \cdots \cdots (A.7)$$

式中:

T_i ——在规定的时间内,每个被试产品的工作时间(寿命单位数);

$\sum_{i=1}^n T_i$ —— n 个被试产品总的工作时间(寿命单位数);

N_T ——发生故障的产品总数。在论证提出 T_{TF} 指标时,应明确故障判断准则,并明确这个故障总数是关联故障总数,还是包括非关联故障的故障总数。

T_{TF} 作为基本参数,各样本的故障前时间是随机变量,在其分布函数确定的条件下(或假设是一定的),由 T_{TF} 即可导出故障率 λ 和规定时间内的可靠度 R_T ,它们是等效的。

在论证提出 T_{TF} 指标时,还应明确指标的统计含义,说明该指标是均值还是置信度下限等。

该参数可以作为使用参数,也可作为合同参数,应明确其使用条件和故障计数准则(用哪些故障来计算该参数)。

b) 平均故障间隔时间(T_{BF})

平均故障间隔时间是可修产品的一个可靠性基本参数,其计算公式见(A.8):

$$T_{BF} = \frac{T_O}{N_T} \dots\dots\dots (A.8)$$

式中:

T_O ——在规定的时间内, 装备(产品)的工作时间。这里的“时间”是指寿命单位数, 可以是时间(h)、里程(km)、次数(发射炮弹数)等, 即 T_{BF} 为平均故障间隔时间, 也可作为平均故障间隔里程、平均故障间隔发数。进一步分析这个“时间”, 又可根据具体工作环境和需要使用方的需要拓展为“飞行时间”、“水上工作时间”、“陆上工作时间”、“夜间工作时间”等, 即 T_{BF} 可以是平均故障间隔飞行时间、平均故障间隔水上(中)工作时间等都是平均故障间隔时间的一种, 具有相同的内涵。

N_T ——故障总数。应有明确的故障判断准则, 说明故障总数是关联故障总数, 还是包括非关联故障的故障总数。

T_{BF} 作为基本参数, 对于可修系统, 各故障间隔时间不一定是独立同分布的随机变量。应把系统发生故障的时间看成是时间轴上依次出现的随机点, 即对于可修系统的故障规律应用随机点过程来描述, 在工程应用中采用时齐泊松过程处理。

在论证提出 T_{BF} 指标时, 还应明确指标的统计含义, 说明该指标是均值还是用置信下限等。

该参数可以作为使用参数, 也可作为合同参数, 只要明确规定时间和故障总数的含义。

c) 平均预防性维修间隔时间(T_{BPM})

平均预防性维修间隔时间(或间隔期)是与维修策略有关的可靠性参数。包括所有的保养、定期检测、定时修理、定期更换等维修工作类型的间隔时间。

由于各级预防性维修间隔时间差别很大, 影响各级预防性维修间隔期的因素也比较复杂。在论证提出 R_{MS} 要求时, 一般不直接提出 T_{BPM} 指标要求, 而是分别提出大、中、小修间隔期, 一、二、三级保养间隔期的要求。

预防性维修间隔时间的验证, 一般在生产定型(小批量生产)才能进行初步的评估。该参数为使用参数, 应在使用阶段用演示的方法进行评估。

d) 平均维修间隔时间(T_{BM})

平均维修间隔时间是一个综合考虑计划维修和非计划维修、与维修策略(管理)有关的一个可靠性参数, 其计算公式见(A.9):

$$T_{BM} = \frac{T_O}{N_M} \dots\dots\dots (A.9)$$

式中:

T_O ——在规定的时间内, 装备(产品)的工作时间(含义同 T_{BF} 中的 T_O);

N_M ——维修总次数, 论证时应明确, 除包括各类预防性维修和修复性维修外, 还应说明包括哪些修理、保养、检测等, 还应明确是否包括属于技术管理要求进行的例行维修活动, 如坦克是否包括车场日保养、换季保养等。

该参数仅适用于可修产品, 属使用参数, 应在使用阶段用演示试验或实际观测的方法进行评估。

A. 2. 2. 2 与任务有关的可靠性参数

任务可靠性参数主要有:

a) 平均严重故障间隔时间(T_{BCF})

平均严重故障间隔时间是与任务有关的可靠性基本参数, 其计算公式见(A.10):

$$T_{BCF} = \frac{T_{OM}}{N_{TM}} \dots\dots\dots (A.10)$$

式中:

T_{OM} ——任务总时间, 在任务剖面中的实际工作时间。在很多情况下, 把总工作时间视为任

务总时间, 即 $T_{OM}=T_O$, 与 T_{BF} 中的 T_O 具有相同的含义。

N_{TM} ——严重故障(亦称任务故障)总数。在论证时应明确任务的定义、任务故障的判断准则,

应说明故障总数是指关联的任务故障总数, 还是包括关联和非关联任务故障的总数。

T_{BCF} 作为基本参数, 对于可修产品与 T_{BF} 同理。 T_{BCF} 与 λ_M (严重故障率)、 R_M 是等效的。在工程应用中都按时齐泊松过程处理。在提出 T_{BCF} 指标时也应明确指标的统计含义。

该参数可以作为使用参数, 也可作为合同参数。

b) 成功概率(P_S)

成功概率是在规定的条件下, 成功完成规定功能的概率, 该参数适用于一次性使用的产品, 其计算公式见(A.11):

$$P_S = \frac{N_S}{N_T} \times 100\% \cdots \cdots \cdots (A.11)$$

式中:

N_S ——任务成功次数;

N_T ——总的任务次数。

这种成功概率的计算只是一个估计值, 除非次数很多时才接近实际值。一般用非参数法计算(也可根据总次数和成功次数直接查表)得到成功概率的单侧置信下限。论证时不仅要提出 P_S 要求, 同时应考虑要求的置信水平和试验的样本量。对于像导弹、弹药等一次性使用的产品(成敗型), 应采用发射成功概率、飞行成功概率等术语来描述其可靠性水平。

该参数既是使用参数, 又是合同参数。

A. 2. 2. 3 耐久性参数

耐久性参数主要有:

a) 使用寿命(L_{SE})

对于一种产品, 其使用寿命不可能是完全相等的, 即使用寿命也是一个随机变量, 是一个统计值, 达到规定寿命的概率一般也可称耐久度。因此一般在提出使用寿命指标时应包括: 使用寿命的量值(寿命单位数)、达到使用寿命的概率及其置信度。一般情况下, 按规定的样本量, 在规定的条件下进行寿命试验, 试验到要求的使用寿命, 记录发生耐久性损坏(达到极限状态)的样本数, 用非参数法计算不发生耐久性损坏概率的置信下限(达到要求寿命的概率)。有时在提出使用寿命指标时, 同时规定参试的样本数和试验到使用寿命要求时不发生耐久性损坏的样本数。

有使用寿命要求的产品, 应同时提出耐久性损坏的判断准则, 这是使用寿命的一些评估参数(值)和定性评估标准。有些故障也会使产品(装备)报废或需要大修, 但不是耐久性损坏, 而是偶然故障。耐久性损坏一般是耗损型故障。

使用寿命的确定应通过规定的寿命试验。一个产品的部件或零件的使用寿命不一定是一个相同的指标, 一个产品不同层次的部件、零件可以有不同使用寿命要求。

对于不可修产品, 一般用使用寿命来表述其耐久性水平, 对于可修产品也可用大修寿命、首次大修期限等术语来表述。

该参数既是使用参数, 又是合同参数。

b) 首次翻修期限(首次大修寿命)

首次翻修期限是可修产品(装备)使用寿命的一种表述用语, 见“使用寿命”。

A. 2. 2. 4 贮存可靠性参数

贮存可靠性参数主要是贮存寿命(L_{ST})。

贮存寿命是产品在规定条件下的贮存期限。论证提出贮存寿命要求时, 应特别关注规定条件, 包括贮存的环境条件(露天或仓库室内的自然环境条件、室内有空调的环境条件)、封存条件等, 还包括贮存

期间定期检修和维护要求等。

贮存寿命的试验考核需要的周期较长,一般在装备定型时不可能完成试验考核工作,只能对一些新材料、新元器件等作一些加速环境试验,参考类似装备的试验结果在装备定型时提出分析评估意见。

A.2.2.5 维修时间参数

维修时间参数是维修性参数的主要组成部分。主要有:

a) 平均修复时间(M_{CT})

平均修复时间是维修性基本参数,其计算公式见(A.12):

$$M_{CT} = \frac{T_{CM}}{N_T} \dots\dots\dots (A.12)$$

式中:

T_{CM} ——A.2.1.1 已注明,是修复性维修的总时间。 T_{CM} 可以分成不同维修级别的修复性维修的总时间。

N_T ——A.2.2.1 已注明,是故障总数。在这里也可分为不同维修级别修复的故障总数,还应明确是修复关联故障总数,还是所有的故障总数。

T_{CM} 、 N_T 都可按不同维修级别统计,因此应按不同的维修级别提出 M_{CT} 要求。当没有明确维修级别时,通常是指基层级。

在论证提出 M_{CT} 时,还应明确维修时间的确定准则,特别对于机械产品,故障分析、定位的过程有时比较复杂和用时较长,哪些时间应列入维修时间,哪些时间应列入延误时间,哪些时间可以不计入统计的时间范围,应有一个统一的规定。

M_{CT} 作为基本参数,每个故障的修复性维修时间是一个随机变量,而且在大多情况下,服从对数正态分布,在 M_{CT} 确定后,则修复率 μ 和维修度函数 M_{BT} (或规定时间的维修度)就可作为导出参数。

论证提出 M_{CT} 指标时,应明确指标的统计含义,说明该指标是均值还是置信上限等。

该参数既可作为使用参数,也可作为合同参数,具体计算时应对应修复性维修总时间和故障总数的取值作明确的说明。

b) 平均预防性维修时间(M_{PT})

平均预防性维修时间是对产品(装备)进行预防性维修所用时间的平均值。各级预防性维修所用时间的差别很大,维修所要求的条件也不相同,一般在论证提出预防性维修时间要求时,应分别提出大、中、小修的预防维修时间。其计算公式见(A.13):

$$M_{PTi} = \frac{T_{PMi}}{N_{PMi}} \dots\dots\dots (A.13)$$

式中:

T_{PMi} ——第 i 类预防性维修的总时间;

N_{PMi} ——第 i 类预防性维修的次数。

提出平均预防性维修时间参数时,对各级各类预防性维修的工作范围应有一个初步规定。对时间也应明确规定是日历时间,还是实际工作时间,对预防性维修时间的统计方法应作出明确的规定。

该参数一般只作为使用参数,如果各类预防性维修范围很明确,也可作为合同参数。

c) 重要零部件平均更换时间(T_{MCR})

重要零部件平均更换时间是指每项重要零部件的平均更换时间,论证时先确定哪些零部件是重要件,需提出更换时间,一般是更换次数较多的重要功能件和对装备的维修性水平有重要影响的部件,例如火炮身管、发动机等。论证时应定义更换时间,更换时间包括接近、拆卸、装上完好件、检查调整到达到可用状态需经历的时间,一般不包括故障分析和故障隔离定位的时间,

也不包括各种延误时间,同时应明确换件时的规定的条件,包括人力和人员、工具和设备、备件和消耗品等的准备状况,具体的操作程序等。

重要零部件平均更换时间(T_{MCR})可能不是一个指标,而是一组指标。这些指标在论证时,应注意与 M_{CT} 等指标相协调。同时应明确验证时至少应取几次演示试验的平均值。

该参数既是使用参数,又是合同参数。

A.2.2.6 维修人力参数

维修工时率(M_R)是与维修人力有关的维修性基本参数。其计算公式见(A.14):

$$M_R = \frac{T_{MR}}{T_O} \dots\dots\dots (A.14)$$

式中:

T_{MR} ——在规定条件下和规定的时间内的产品(装备)的直接维修工时总数;

T_O ——规定时间内产品的工作时间(或寿命单位总数)。

维修工时率在论证提出指标时应明确统计的时间区段,如一个小修期和中修期等。

可以用每行驶百公里的维修工时、每打100发弹的维修工时等来表示维修工时率。

该参数一般对规定的时间区段的维修工时统计3次以上取其平均值。该参数一般只作为使用参数。

A.2.2.7 任务维修性参数

任务维修性参数主要有:

a) 平均恢复功能用的任务时间(T_{MRF})

平均恢复功能用的任务时间是与任务成功有关的维修性参数,也可以称为严重故障平均修复时间。其计算公式见(A.15):

$$T_{MRF} = \frac{T_{TMRF}}{N_{TM}} \dots\dots\dots (A.15)$$

式中:

T_{TMRF} ——严重故障的总修复性维修时间,可以按不同维修级别分别统计其修复严重故障的总时间,还应明确修复非关联严重故障的时间是否应统计在内;

N_{TM} ——严重故障总数(同A.2.2.2),也可分别统计各维修级别修复的严重故障数。

在论证时应注意的事项参见A.2.2.5 a)。

该参数既可作为使用参数,又可作为合同参数。

b) 重构时间(T_R)

重构时间是指系统损坏后,重新构成能完成其功能的系统所需的时间。对于有冗余的系统,即使是使系统转入新的工作结构所需的时间。

重构时间一般应包括:一是针对战场损伤,在应急情况下,采用非常规修理方法、以完成当前任务的战场抢修方法,如坦克诱导轮损坏后,采用履带短接的方法,使其能继续行驶,但行驶速度和越野能力会下降;二是装备的某一功能部件,本身具备降级使用的功能,如火控系统,当稳向式(具备运动中对活动目标)火控功能损坏时,可转为简易火控(静止时对固定目标)继续使用;三是装备具有等效的冗余系统,如发电系统有两套、甚至三套等。

重构时间是针对某一具体系统或设备的,如要求坦克履带短接的时间不得超过1h,发电系统的转换时间不得超过0.2h等。

重构时间的要求,对于连续长期使用的可修产品是很重要的一个参数(实际上是冗余转换时间),对于有的产品,可能两个或两个以上的功能件都有冗余系统,则应有相应的几个重构时间要求。

该参数既是使用参数,又是合同参数。

A.2.2.8 测试性参数

测试性参数主要有:

a) 故障检测率(R_{FD})

故障检测率是在规定的条件下用规定的方法能够正确检测到的故障数占故障总数的百分数,其计算公式见(A.16):

$$R_{FD} = \frac{N_D}{N_T} \times 100\% \dots\dots\dots (A.16)$$

式中:

N_D ——在规定条件下,用规定的方法正确测出的故障数。规定的条件是指被测试项目所处的状态(如在任务前还是在任务中或任务后测试)、测试项目应归属的维修级别等,规定的方法是指用 BIT、专用或通用外部测试设备、自动测试设备(ATE)、人工检查或几种方法的综合,正确测出的故障数应得到确认。

N_T ——在规定的时间内发生的故障总数。这里的故障总数是指被测试项目在规定时间内发生的所有故障,被测试项目,即被测对象可以是装备的分系统、部件、设备或 LRU、SRU 等,是论证所提指标的对象。规定的时间是指用于统计发生故障总数和检测故障数的持续工作时间,这个时间应足够长,可以是一个小修间隔或中修间隔期,也可以规定一个固定的时间间隔。

该参数既是使用参数,又是合同参数。

b) 故障隔离率(R_{FI})

故障隔离率是被测试项目在规定期间内被检测出的所有故障,用规定的方法能够正确隔离到不大于规定模糊度的故障数占检测到的故障数的百分数,其计算公式见(A.17):

$$R_{FI} = \frac{N_L}{N_D} \times 100\% \dots\dots\dots (A.17)$$

式中:

N_L ——用规定的方法,正确隔离到不大于规定模糊度的故障数。模糊度是指模糊组中包含的可更换单元数,模糊组是可能产生相同故障信号的一组可更换单元,组中的每个可更换单元都可能是真正有故障的,即故障只能隔离到可能产生相同故障信号的一组可更换单元。规定的方法与故障检测率的方法相同。

N_D ——同故障检测率中的 N_D 。

该参数既是使用参数,又是合同参数。

c) 虚警率(R_{FA})

BIT 或 ATE 等检测设备指示被测项目有故障,而实际该单元无故障为虚警。在规定时间内发生的虚警数和同一时间内故障指示总数之比为虚警率,其计算公式见(A.18):

$$R_{FA} = \frac{N_{FA}}{N_F + N_{FA}} \times 100\% \dots\dots\dots (A.18)$$

式中:

N_{FA} ——虚警次数;

N_F ——指示的真实故障数。

每次出现故障指示后,都应通过其他检查手段,如使用检查、进一步的功能检测等方法判明被测项目是否真的故障。

该参数既是使用参数,又是合同参数。

A. 2. 3 保障系统及其资源参数

A. 2. 3. 1 保障系统有关的参数

a) 平均保障延误时间(T_{MLD})

平均保障延误时间是在规定的时间内，保障资源延误时间的平均值，其计算公式见(A.19)：

$$T_{\text{MLD}} = \frac{T_{\text{LD}}}{N_{\text{L}}} \dots\dots\dots (\text{A.19})$$

式中：

T_{LD} ——保障延误总时间；

N_{L} ——保障事件总数。

论证提出 T_{MLD} 时，应定义清楚哪些时间是属于保障延误时间，特别要界定清楚维修时间和维修保障延误时间、使用保障时间和使用保障延误时间，最好制定维修时间和维修保障延误时间的判断准则，这也是确定指标的一种依据。

保障事件的总数与排除故障次数、预防性维修的次数、使用保障的次数之间的关系，保障延误时间和维修时间重叠时的处理等都应予以说明。

该参数仅为使用参数。

b) 平均管理延误时间(T_{MAD})

平均管理延误时间是在规定的时间内，管理延误时间的平均值，其计算公式见(A.20)：

$$T_{\text{MAD}} = \frac{T_{\text{AD}}}{N_{\text{L}}} \dots\dots\dots (\text{A.20})$$

式中：

T_{AD} ——管理延误总时间；

N_{L} ——保障事件总数。

应注意的事项与平均保障延误时间(T_{MLD})的要求类似。

该参数仅为使用参数。

A. 2. 3. 2 保障资源参数

比较常用的参数有：保障设备满足率(R_{SEF})、保障设备利用率(R_{SEU})、备件满足率(R_{SF})和备件利用率(R_{SU})。GJB 451A 没有这四个参数统一的定义。本标准把这四个参数列入基本参数，定义如下：

保障设备满足率(R_{SEF})：在规定的维修级别上和规定的时间内，能够提供使用的保障设备数与需要该级别提供的保障设备总数之比。

保障设备利用率(R_{SEU})：在规定的级别上和规定的时间内，实际使用的保障设备数与该级别实际拥有的保障设备数之比。

备件满足率(R_{SF})：在规定的级别上和规定的时间内，能够提供使用的备件数与需要该级别提供的备件总数之比。

备件利用率(R_{SU})：在规定的级别上和规定的时间内，实际使用的备件数与该级别实际拥有的备件数之比。

在实际应用中，“需要该级别提供的保障设备(备件)总数”和“实际拥有的保障设备(备件)数”是确定这些参数和验证这些参数的难点，论证时就应作出详细的说明。

在具体论证确定这些参数时，可以根据装备具体情况和要求提出更加明确的定义。

这些参数仅为使用参数。

A. 3 有关参数确定的说明

A. 3. 1 关于可修产品与不可修产品

A. 3. 1. 1 GJB 451A 对可修复产品的定义为：“可通过修复性维修恢复到规定状态并值得修复的产品。”随着修复技术的发展，许多本来不属于可修复的产品，现在可以修复，而且是值得修复的，如零件表面喷涂、刷涂技术的发展，使许多轴类、轴承套类、密封套类等零件的修复成为现实，并在部队被广泛应用。但仍不应把这些零件作为可修产品来提 RMS 要求，因为这类零件一般采用集中修复的方式，修复

后的零件作为备件用的,在实际修理中是更换这个零件,修复性维修时间只计更换这个零件的时间,不计修复这个零件的时间。可修与不可修产品又与维修级别有关,基层级是不可修的产品,在中继级或基地级是可修的,对同一产品可以提出两种要求,如对空气液压悬挂,要提更换时间(基层级)和修复时间(中继级)。

A.3.1.2 复杂武器系统一般都应是可修产品,而组成系统的部件、零件则不一定是可修产品。因此,确定 RMS 参数时,对装备的不同产品层次可能用不同的参数。

A.3.1.3 对于不可修装备(产品),一般都需要定期检测、保养等预防性维修工作,所以仍应有与预防性维修有关的参数。

A.3.2 关于长期连续使用的产品

A.3.2.1 长期连续使用的产品,整机除有的卫星属长期连续使用的不可修复产品外,一般都属可修复产品。就是卫星这样的产品,在发射前也需进行检测,如发现问题也要维修,只有在轨道上运行时有的卫星才是不可修的,所以也符合 A.3.1.1 对可修产品的描述。但长期连续使用的可修产品,其整机是可修的,但对其中的部件或设备是不可修的,只能直接更换。

A.3.2.2 长期连续使用的装备(产品),重要部件一般都需要采用冗余设计,重构时间(T_R)应是这类装备(产品)重要的 RMS 参数(有时也称冗余单元切换时间)。

A.3.3 关于一次性使用的产品

A.3.3.1 一次性使用的产品一般是不可修的,主要参数应按不可修产品考虑。

A.3.3.2 有些一次性使用的产品,在使用前应进行检测,符合要求后才能投入使用,如发现故障也要维修。在提出 RMS 要求时,应予以考虑。

A.3.3.3 一次性使用的产品,在不使用时一般都处于贮存状态,贮存可靠性参数是这类产品重要的 RMS 参数。

A.3.3.4 根据 GJB 451A 的规定,对于一次性使用的产品应该用成功概率(P_S)作为主要的可靠性参数,考虑部分军兵种的习惯用法,允许把成功概率称为可靠度,如弹药、导弹的可靠性指标,可以称为作用可靠度、发射可靠度、飞行可靠度,但应说明其定义与 GJB 451A 规定的成功概率相同。

附录 B
(资料性附录)

弹道导弹装备系统可靠性维修性保障性要求示例

B.1 导弹装备系统的组成及特点

导弹武器系统具有大型复杂、长期贮存一次使用等特点，主要包括导弹、发射车、保障系统和电子化指挥系统等组成，其中导弹主要包括弹头、弹体、控制系统、发动机、安全自毁系统等几大系统组成。

B.2 任务需求

明确不同装备的具体作战使命、作战区域及作战方式，分析任务需求对 RMS 要求有影响的约束条件，具体任务需求与所研究的装备有关，此略。

B.3 使用方案

B.3.1 寿命剖面

寿命剖面是产品从交付到寿命终结或退出使用这段时间内所经历的全部事件和环境的时序描述，应明确事件的名称、顺序和持续时间。导弹武器系统的寿命剖面及其寿命剖面内的事件说明如表 B.1 所示。

B.3.2 任务剖面

任务剖面是导弹武器系统在完成任务这段时间内所经历的事件和环境的时序描述。在这个描述中，一般应说明导弹武器系统在这一阶段上的工作方式和工作内容、持续时间、是否允许维修、完成任务的定义及工作时间所经历的环境。某型导弹武器系统任务剖面及其事件说明如表 B.2、表 B.3 所示。

B.4 故障判断准则

导弹武器系统成功(工作正常)与故障判断准则：

- a) 导弹故障：导弹在规定的飞行任务时间内，丧失规定的功能；
- b) 单元和分系统故障：单元和分系统在规定的任务时间内丧失规定的功能；
- c) 地面设备故障：地面设备在导弹发射和飞行过程中，在规定的发射条件下和规定的发射准备时间内，不能完成规定的测试和发射控制功能。

此外，在进行故障统计时需要区分该故障是关联故障还是非关联故障，关联故障是指由产品本身的原因引起的故障，不是外部条件或非规定的环境条件引起的故障；非关联故障指已经证实是未按规定的使用而引起的故障或已经证实仅属于某项已不采用的设计所引起的故障。判定是否满足合同要求时，只考虑关联故障。具体的故障判别准则需要根据不同产品进行细化。

表 B.1 导弹装备系统寿命剖面

事件 项目	接收导弹 装备系统	战备 贮存	战备训练	作战准备阶段			任务阶段		撤收阶段		退役或 报废
				调配供应	技术准备	机动、待机阶段	发射准备阶段	飞行阶段	撤收转移	检修恢复	
事件	验收装卸、转 载运输、部署	贮存、定检 训练			计量检定、抽检复检、运 输设备检查、系统白检、 头体对接、安装仪器及火 工品、系统测试、机动 准备	机动、待机	占领阵地、展 开地面设备、射 起竖导弹、射 前检查、发射	导弹飞行、 头体分离、 弹头再入			
地点与环境	铁路运输、 公路转运、 部署阵地	贮存阵地、 特装库房	贮存阵地、 特装库房 训练场地	贮存阵地、 特装库房	贮存阵地、特装库房	公路、野战技术勤 务站、待机阵地	发射阵地	飞行空间			
使用保障工作 项目	包装保障 运输保障 转载保障 部署保障	贮存保障	备件保障 操作手册 操作人员		备件保障、操作手册、操 作人员保障、计量保障、 化验保障、技术决策保障	机动保障、 待机保障	备件保障、操 作手册、操 作人员保障、计 量保障、化验 保障、技术决 策保障	技术咨询 技术保障			
所需使用保 障设备	包装设备 运输设备 转运设备	库存保 护 设备 检测设备 停放设备	训练设备		出库前保障设备	机动保障设备、待 机保障设备	发射保障设备	监控指挥 设备			
维修保障工作 项目	转载、运输设 备维修保障	维护、预防性维 修、预防性维修保障			修复性维修(主要换件) 保障	地面设备修复维修(换件)保障、 导弹不可修			撤收转移 途中的伴 随保障	维护、修 理保障	退役 保障
所需维修保 障设备	通用性维 修设备、专用维 修设备	通用性维 修设备、专用维 修设备			通用性维修设备、专用维 修设备	通用性维修设备、 应急抢修设备	通用性维修设备、 专用维修设备、 应急抢修设备		通用性维 修设备、 专用维修 设备、应 急抢修设 备	通用性维 修设备、 专用维修 设备	

表 B.2 某型导弹装备系统任务剖面

序号	工作内容	发生时间	工作时间(min)		时间(min)
			单项	累计	
1	调平发射车	N_1	T_1	总计 ₁	在发射阵地主要是地面设备工作,部分弹上仪器短时间工作。发射可靠度表征导弹及地面设备在发射阵地的可靠性。此时由于时间不足或其他原因,导弹视为不可维修系统,地面设备虽可进行简单的换件维修,但此时只考虑引起任务失败的致命故障。
2	起竖导弹	N_2	T_2	总计 ₂	
3	平台启动、调平	N_3	T_3	总计 ₃	
4	光瞄设备展开	N_4	T_4		
5	陀螺经纬仪寻北	N_5	T_5		
6	瞄准	N_6	T_6	总计 ₄	
7	发射车自主定位	N_7	T_7		
8	诸元计算、参考图生成	N_8	T_8		
9	装订	N_9	T_9	总计 ₅	
10	发射导弹	N_{10}	T_{10}	总计 ₆	

表 B.3 某型导弹飞行任务剖面

对 象	程 序
导弹	导弹出筒→尾罩分离→发动机点火→级间分离→末修调姿和末修开始→再入调姿→头体分离
弹头分系统	发射→分离→再入→引爆

B.5 初始保障方案

初始保障方案对所研制的装备提出了保障考虑及保障约束条件的说明,对需要建立的保障系统的系统描述,实质上是订购方在装备设计时提出的对装备实施保障的设想和要求,是对承制方的设计方案和设计过程的一种约束条件,其目的是通过采用先进的设计思想进行设计,达到提高装备使用过程中的保障能力,降低使用难度,方便部队使用。

B.5.1 使用保障方案

使用保障方案主要包括包装贮运保障、训练保障、能源保障、动用准备保障、动用保障、软件保障、退役保障等几方面。

B.5.2 维修保障方案

维修保障方案主要说明维修体制、备件保障、维修任务分工、人员编配、保障设备配备、训练保障考虑等,应涉及到维修保障的各个方面。

B.5.2.1 维修体制

导弹武器系统实行三级维修体制,即基层级、中继级和基地级。平时按三级维修体制对导弹武器系统进行正常维修;战时按基层级为主体,中继级和基地级支援战时保障体制和保障要求,实施机动作战中的连续伴随保障。

B.5.2.2 备件的保障

备件的类型包括标准备件、模块件、特殊备件以及半成品件四种。备件保障应遵循平战结合、综合配套、尽量采用标准备件的原则,同时要注重效益。

导弹武器系统的备件实行三级储备体制。

备件保障的方法,分为请领、购买、自制。

B.5.2.3 维修任务分工

针对不同的维修对象说明维修原则、维修任务以及维修方式等。

B.6 可靠性维修性保障性参数及其说明

B.6.1 主要参数

导弹武器系统 RMS 参数基本集见表 B.4。表 B.4 所示参数是论证时提出的基本定量要求，针对不同型号导弹武器系统的特点和需求，对表 B.4 中所提参数，可进行适宜剪裁。

表 B.4 弹道导弹装备系统 RMS 参数集

参数类型	参数名称	适用范围				类型		验证时机	验证方法
		装备系统	导弹	地面设备	分系统	使用参数	合同参数		
综合	技术准备完好率	☆				√		部署使用阶段	通过数据统计验证
	待机准备完好率	☆				√		部署使用阶段	通过数据统计验证
	任务成功率	○				√		设计定型阶段	现场试验验证、工程计算验证
可靠性	平均故障间隔时间	○		○	○	√	√	设计定型阶段 部署使用阶段	按 GJB 899 进行试验验证或进行可靠性评估
	平均故障间隔里程			○			√	设计定型阶段	现场试验验证或工程计算验证
	发射可靠度	○	○	○	○	√	√	设计定型阶段 部署使用阶段	系统级用 L-M 进行评估，设备级按不同的失效分布评估
	飞行可靠度	○	○	○	○	√	√	设计定型阶段 部署使用阶段	系统级用 L-M 进行评估，设备级按不同的失效分布评估
	引(核)爆可靠度				○	√	√	设计定型阶段 部署使用阶段	评估验证
维修性	平均修复时间	○		○	○	√	√	设计定型阶段 部署使用阶段	按 GJB 2072 进行验证
	检测周期	○	○	○	○	√	√	设计定型阶段 部署使用阶段	检查验证
测试性	故障检测率				○	√	√	设计定型阶段 部署使用阶段	试验验证或评估
	故障隔离率				○	√	√	设计定型阶段 部署使用阶段	试验验证或评估
	虚警率				○	√	√	设计定型阶段 部署使用阶段	试验验证或评估
保障系统及其资源	保障设备满足率	○				√		初始使用阶段 部署使用阶段	应用现场统计的方法进行验证，验证时应以作战单元为整体统计相应数据
	备件满足率	○				√		初始使用阶段 部署使用阶段	应用现场统计的方法进行验证，验证时应以作战单元为整体统计相应数据
	平均保障延误时间	○				√		初始使用阶段 部署使用阶段	应用现场统计的方法进行验证，验证时应以作战单元为整体统计相应数据
耐久性	贮存期	○	○		○	√	√	部署使用阶段	类比分析验证

注：☆—优先选用参数；○—选用参数；√—适用的参数类型。

B.6.2 对参数的详细说明

B.6.2.1 战备完好性参数

导弹武器系统的战备完好性可以表示为技术准备(技术阵地)完好率和待机准备(待机阵地)完好率的乘积。若导弹武器系统从技术阵地出来后直接进入发射阵地则技术准备完好率是战备完好性指标。

a) 技术准备完好率(P_{TP})

技术准备完好率是指接到作战准备命令后,贮存状态的导弹装备系统,在技术准备结束时按规定时间、规定要求完成技术准备的概率,其计算公式见(B.1):

$$P_{TP} = \frac{N_{TP}}{N_{TT}} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

N_{TP} ——技术准备完好的导弹武器系统数;

N_{TT} ——参与技术准备的导弹武器系统数。

由于导弹长期贮存,接到作战准备命令后直接进行技术准备,因此贮存的完好对技术准备也会产生影响。考虑到贮存、维修、工作可靠度等因素,技术准备完好率的另一种计算公式见(B.2):

$$P_{TP} = \frac{1}{\lambda_z T} (1 - e^{-\lambda_z T}) e^{-\frac{t_j}{T_{BF}}} + \left(1 - \frac{1}{\lambda_z T} (1 - e^{-\lambda_z T}) e^{-\frac{t_j}{T_{BF}}} \right) \left(1 - e^{-\frac{t_d}{M_{CT} + T_{MLD}}} \right) \dots\dots\dots (B.2)$$

式中:

λ_z ——贮存失效率;

T ——贮存期;

t_j ——技术准备时间;

T_{BF} ——平均故障间隔时间;

M_{CT} ——基层级平均修复时间;

T_{MLD} ——平均保障延误时间;

t_d ——技术准备阶段能用来进行维修工作及延误的时间。

该参数适用于导弹武器系统,公式(B.1)主要用于评估,可通过统计数据计算技术准备完好率。

公式(B.2)可用于顶层指标的分解,将技术准备完好率分解成与设计有关的因素。

b) 待机准备完好率(P_{wp})

待机准备完好率是指技术准备完好的导弹装备系统在待机结束时按规定时间、规定要求完成待机准备的概率,其计算公式见(B.3):

$$P_{wp} = \frac{N_{wp}}{N_{wt}} \dots\dots\dots (B.3)$$

式中:

N_{wp} ——待机准备完好的导弹武器系统数;

N_{wt} ——参与待机准备的导弹武器系统数。

待机准备完好率的另一种计算公式见(B.4):

$$P_{wp} = e^{-\lambda_T t} \cdot e^{-\frac{t_w}{T_{BF}}} + \left(1 - e^{-\lambda_T t} \cdot e^{-\frac{t_w}{T_{BF}}} \right) \left(1 - e^{-\frac{t_{wd}}{M_{CT} + T_{MLD}}} \right) \dots\dots\dots (B.4)$$

式中:

λ_T ——待机阶段的存放失效率,该失效率假定与贮存阶段的失效率相同;

t ——待机时间;

t_w ——待机准备时间;

T_{BF} ——平均故障间隔时间;

M_{CT} ——基层级平均修复时间;

T_{MLD} ——平均保障延误时间;

t_{wd} ——待机准备时能用来进行维修工作及延误的时间。

待机准备完好率适用于导弹武器系统,公式(B.3)主要用于评估,公式(B.4)主要用于指标的分解。

解。可综合考虑公式(B.2)和公式(B.4)权衡得出设计指标。

B.6.2.2 任务成功性参数

任务成功性参数用任务成功率(P_S)表示,是指进入发射阵地的导弹武器系统成功执行发射、飞行与引爆任务的概率。

当发射准备时间很短时,导弹和地面设备在发射阵地都视为不可维修,其计算公式见(B.5):

$$P_S = R_{fs} \times R_{fx} \times R_{yb} \cdots \cdots \cdots (B.5)$$

式中:

R_{fs} ——发射可靠度;

R_{fx} ——飞行可靠度;

R_{yb} ——引爆可靠度(核弹头则指核爆可靠度)。

将任务成功率指标分配时可采用等分配法、比例分配法、评分分配法等。在评分分配时考虑重要度、工作时间、工作环境、影响因素等方面的问题。

B.6.2.3 可靠性参数

a) 平均故障间隔时间(T_{BF})

在规定的条件下和规定的时间内,产品的寿命单位总数与其故障总数之比,其计算公式见(B.6):

$$T_{BF} = \frac{T_O}{N_T} \cdots \cdots \cdots (B.6)$$

式中:

T_O ——在规定的时间内,装备(产品)的工作时间;

N_T ——故障总数。

b) 平均故障间隔里程

用于表示在规定条件下和规定时间内,车辆的行驶里程与其故障总数之比,适用于地面车辆。

c) 发射可靠度(R_{fs})

发射可靠度是任务可靠性参数,指导弹武器系统在规定的发射条件下、规定的发射时间内成功发射的概率。参与发射的导弹和地面设备都需要分配该指标。单机设备的发射可靠度计算方法按照其不同的失效分布采用相应的计算方法。分系统以及系统级可靠性计算可采用L-M法,将不同失效分布的可靠性转换成成败型的参量,再逐级综合。

d) 飞行可靠度(R_{fx})

飞行可靠度是指导弹在飞行任务剖面内正常飞行的概率。该参数适用于导弹,弹上各分系统、仪器设备参与指标的分配。其可靠性计算方法与发射可靠度相同。

e) 引(核)爆可靠度(R_{yb})

导弹在规定的任务剖面内,按规定的性能指标实现引爆的概率(核导弹则指核爆可靠度)。该参数主要适用于弹头。

B.6.2.4 维修性参数

a) 平均修复时间(M_{CT})

在规定的条件下和规定的时间内,产品在规定的维修级别上,修复性维修总时间与在该级别上被修复产品的故障总数之比。排除故障的实际时间包括准备、检测诊断、换件、调校、检验及原位修复等时间,不包括由于管理或后勤供应原因引起的延误时间,其计算公式见(B.7):

$$M_{CT} = \frac{T_{CM}}{N_T} \cdots \cdots \cdots (B.7)$$

式中:

T_{CM} ——修复性维修的总时间;

N_T ——故障总数。

b) 检测周期(T_{jc})

在规定的贮存条件下, 为保证产品的贮存可靠性要求所进行的相邻两次检测的时间间隔。

B.6.2.5 测试性参数

a) 故障检测率(R_{FD})

产品在规定的期间内和规定的条件下用规定的方法能够正确检测出的故障数(N_D)与所发生的故障总数(N_T)之比, 其计算公式见(B.8):

$$R_{FD} = \frac{N_D}{N_T} \times 100\% \cdots \cdots \cdots (B.8)$$

b) 故障隔离率(R_{FI})

产品在规定期间内被检测出的故障, 与规定的条件下用规定的方法能够正确隔离到少于或等于 L 个可更换单元的百分比, 其计算公式见(B.9):

$$R_{FI} = \frac{N_L}{N_D} \times 100\% \cdots \cdots \cdots (B.9)$$

c) 虚警率(R_{FA})

虚警率是指测试装置或设备显示被测项目有故障, 而该项目实际无故障。虚警率的度量方法为: 在规定期间内, 测试装置、设备发生的虚警数(N_{FA})与显示的故障总数之比, 其计算公式见(B.10):

$$R_{FI} = \frac{N_{FA}}{N_F + N_{FA}} \times 100\% \cdots \cdots \cdots (B.10)$$

其中 N_F 是真实故障显示数。

B.6.2.6 耐久性参数

贮存期是产品在规定条件下贮存时, 仍能满足规定质量要求的时间长度。规定质量要求是贮存可靠度, 提出贮存期时应同步明确贮存可靠度。贮存期的评定可借用相似产品的信息。

B.6.2.7 保障系统和资源参数

a) 平均保障延误时间(T_{MLD})

平均保障延误时间主要指为获取必要的保障资源而引起的延误时间。如未得到备件、保障设备等所引起的延误时间。若只考虑由于缺备件引起的延误时间, 则其计算公式见(B.11):

$$T_{MLD} = S \{ p_1 t_1 + (1-p_1) \{ p_2 t_2 + (1-p_2) \cdot [p_3 t_{31} + (1-p_3) t_{32}] \} \} \cdots \cdots \cdots (B.11)$$

式中:

S ——装备出现故障时, 需要备件的修复性维修次数占的比例;

注: 目前导弹装备基层级维修基本是换件修理。因此, S 按 1 计。

p_1 ——基层级备件满足率;

t_1 ——基层级备件供应的平均时间;

p_2 ——中继级备件满足率;

t_2 ——中继级备件供应的平均时间;

p_3 ——基地级备件满足率;

t_{31} ——基地级备件供应的平均时间;

t_{32} ——基地购置备件的平均时间。

验证该指标时可统计总的延误时间以及延误的次数, 计算平均每次的延误时间即可。

b) 备件满足率(R_{SF})

在规定的维修级别及规定的时间内, 提出备件需求时, 能提供的备件数与需求的备件数之比。通常考虑基层级备件满足率, 其计算公式见(B.12):

$$R_{SF} = \frac{S_U}{S_T} \dots\dots\dots (B.12)$$

式中:

S_U ——能够提供使用的备件数;

S_T ——实际需要的备件数。

c) 保障设备满足率(R_{SET})

指在规定的维修级别及规定的时间内,能提供使用的保障设备数与需用的保障设备数之比,其计算公式见(B.13):

$$R_{SET} = \frac{E_U}{E_T} \dots\dots\dots (B.13)$$

式中:

E_U ——能够提供使用的设备数;

E_T ——实际需要的设备数。

B.7 定性要求

B.7.1 可靠性定性要求

根据导弹武器的研制特点,可靠性定性要求主要包括如下几方面:

a) 元器件与原材料选用要求

- 1) 按设备性能要求选择元器件和原材料应尽量在规定的元器件、原材料优选手册中选用;
- 2) 应在相应国标、国军标、部标及现行有效的手册中选用元器件与原材料。

b) 系统简化设计、标准化设计、继承性设计要求

- 1) 在满足产品性能要求下,尽可能简化方案,简化结构,简化电路,减少零部(组)件、元器件数量及规格品种;
- 2) 尽量采用成熟的技术,采用新技术应是经过充分论证、试验和鉴定;
- 3) 实施标准化设计,尽量采用标准零部件、标准电路、标准模块,并强调互换性;
- 4) 实施集成化设计,尽量采用固体组件,减少分立元器件。

c) 抗振动冲击设计要求。

d) 热设计与低温防护设计要求。

e) 裕度设计降额设计要求

- 1) 对机械产品,依据使用中受力情况合理选择安全系数,在满足质量、体积等要求下应留有一定的裕度,裕度确定应考虑工作状态载荷性质,使用环境及结构特点等因素;
- 2) 电路设计应尽量降低电流、电压、避免高功耗电路,对发热部件应采取通风、散热、冷却措施。

f) 冗余设计要求

- 1) 关键功能和关键连线分别采用功能冗余和多点并联,对关键器件和机械零件的已知缺陷应予以补偿或采取措施;
- 2) 接插件、开关、继电器等多余点应尽量利用,多点并接。

B.7.2 维修性定性要求

维修性定性要求既是研制时应实现的要求,也是达到维修性定量要求的技术途径、措施和实现指标的保证。导弹武器系统维修性的定性要求主要有以下内容。

a) 可达性要求

- 1) 在合适的地方设置维修出入通道舱口,舱口的尺寸应便于维修人员操作;
- 2) 采用铰链式的门舱,开闭时应有良好的支持特性;

- 3) 采用快卸类型的紧固件;
 - 4) 组件、部件之间应有足够的通道, 便于维修;
 - 5) 在布局上应尽量做到检查或拆卸故障件时不必拆卸其他设备和机件;
 - 6) 在总体布局上, 应使维修人员在比较合适的姿态下进行操作, 以便保证一定的维修工作效率。
- b) 互换性要求
- 1) 电气上、机械上功能相同的组件及部件应能互换;
 - 2) 组件、部件装配的紧固件应能互换;
 - 3) 功能相同的机上装配件与备件应能互换;
 - 4) 同类电缆导线组件应能互换。
- c) 可检测要求
- 1) 弹上仪器设备故障定位到单机或可更换单元, 地面测试设备故障定位到模块或模板;
 - 2) 在不用自测试装置时, 测试点便于检查和故障隔离;
 - 3) 测试点便于接近并有合适的标记;
 - 4) 尽可能采用机内测试装置。
- d) 防差错要求
- 1) 在设计时采取避免或消除在使用操作和保养维修时造成的人为差错的措施, 即使发生差错也应不危及人机安全, 并能立即发觉和纠正;
 - 2) 电缆、连接器、插头座和调整点应有明显的标记;
 - 3) 对于外形相似、功能不同的零部件、重要连接部位和安装时容易发生差错的零部件, 应从构造上采取防差错措施或有明显的防止差错标记;
 - 4) 通过采用不同外形、不同插脚、不同定位销, 或以醒目的编号、图形和色彩标记等手段, 使各连接器不致发生混乱;
 - 5) 控制装置和显示装置要有明显的操作标记;
 - 6) 标记应经久耐用, 不脱落、不退色和不因腐蚀而变质模糊。
- e) 安全性要求
- 1) 实施维修时, 维修人员应不受到电、热、运动零件有毒化学物质、核材料和其他危险因素的危害, 有适当的防护措施设计;
 - 2) 对维修人员容易造成伤害的装置, 应有安全装置和明显的标记;
 - 3) 对各种起重、起竖设备、千斤顶和其他类似设备, 在本体上应明确表明承载能力;
 - 4) 舱口应有倒角、无毛刺;
 - 5) 对较重的机件应设置起重吊耳, 并注明重量标记;
 - 6) 对易损区应提供保护盖或保护罩, 以便搬运;
 - 7) 所用把手的尺寸应合适, 位置应合理;
 - 8) 导弹应有防静电和防雷电干扰的技术措施。

B. 7.3 保障资源定性要求

B. 7.3.1 人力和人员

在确定人力和人员要求时, 承制方应考虑部队的人员编制、兵员的文化程度以及现有的专业类型, 根据具体型号的作战使用流程、使用 and 维修工作分析及使用和维修工作项目, 进行使用和维修人员需求分析, 确定平时和战时使用与维修(战场抢修及各维修级别)所需的人员数量、技术等级和专业类型等, 并编制人力和人员需求报告。尽可能减少使用和维修人员的专业类型和数量, 尽可能降低对人员的文化水平的要求。承制方在定型时提供:

- a) 武器系统操作人员配备及技术等级明细表;

- b) 根据订购方的要求提出维修人员配备及技术等级明细表。

B.7.3.2 备件

- a) 根据导弹装备系统的特点,尽可能减少备件的种类和数量,最大限度地统一零备件的品种,并根据试验中统计的实际备件失效率 and 满足率为 90% 的要求进行备件需求的概算。
- b) 提供备件清单——包括可修复件清单、不修复件清单、长期订货项目清单、易损件清单、关键件清单、消耗品清单、工具清单等。清单中应包括:名称、编号、规格型号、单位、数量(装配数、备份数)、用途、参考单价、生产单位、配置级别和备注。
- c) 根据备件供应情况,提出供应周期指标,确定装备停产后的供应保障。

B.7.3.3 保障设备

保障设备一般包括通用保障设备和专用保障设备。保障设备应确定和满足下列要求:

- a) 增强装备的自保障能力,减少保障设备品种、数量和其消耗能量的品种,应尽可能利用部队现有的保障设备;
- b) 确定使用和三级维修机构所需的保障设备的种类、数量和性能,提出保障设备配套方案,编制保障设备配套目录(包括:名称、规格型号、精度要求、数量、功能、配置地点及生产厂);
- c) 保障设备的功能、性能、布局及其操作应满足武器系统的作战使用及维修要求;
- d) 保障设备应尽可能采用标准的、易采购的通用设备,减少专用保障设备的种类和数量,提高三化程度;
- e) 保障设备应易于操作、使用简便,并具有良好的机动性,尽可能降低对人员素质的要求;
- f) 采用综合测试设备以减少测试设备的品种和数量。

B.7.3.4 训练与训练保障

训练和训练保障通常应确定和满足下列要求:

- a) 系统设计中应考虑战时和平时的训练要求,包括使用寿命和使用次数等;
- b) 承制方协助订购方编制初始训练方案及训练计划;
- c) 承制方在试样使用文件基础上编制、同步提供初始训练教材,在研制阶段接受和实施对人员的初始训练;
- d) 有关配套表中确定使用时的训练设施、训练器材和训练设备的清单;
- e) 要全面考虑训练和训练保障,密切联系型号研制实际,提高训练和训练保障的及时性、配套性和针对性。

B.7.3.5 技术资料

技术资料应确定和满足下列要求:

- a) 技术资料种类、数量、格式和内容应符合有关标准的要求,并按有关规定进行审查;
- b) 定型时应将双方确定的保障技术资料清单纳入使用文件汇总表,按三级维修体制提供订购方;
- c) 提交的技术资料的内容应完整、正确、通俗易懂,满足装备使用和维修要求。

B.7.3.6 计算机资源保障

计算机资源保障应确定和满足下列要求:

- a) 确定计算机硬件及软件的保障设备的种类、数量、性能及保障环境;
- b) 确定计算机使用和维修人员的数量、技术专业和技术等级;
- c) 确定计算机和软件文档的种类、数量,应提供装备的计算机软件维护(预防性维护、纠错性维护、适应性维护和完善性)所需的有关资料;
- d) 地面计算机系统机型、操作系统应统一;
- e) 地面计算机系统硬件应采用通用机;
- f) 在武器系统的寿命周期内货源、零备件供应有保障;
- g) 软件设计和管理应按软件工程化管理要求执行。

B. 7. 3. 7 计量保障

计量保障应确定和满足下列要求：

- a) 在设计中应保证测量测试组分的可计量性；
- b) 编制测量测试组分一览表；
- c) 提出计量保障资源要求，编制计量仪器一览表；
- d) 尽量选择通用计量保障资源，如需专用的计量保障资源，应提出研制建议并编写计量检定规程，进口计量设备应提供中文说明书。

B. 7. 3. 8 保障设施

保障设施应确定和满足下列要求：

- a) 设施的布局应满足武器系统的作战使用流程和操作规程；
- b) 充分利用部队现有保障设施，提出需新建或改建的保障设施类型、数量、选址、空间需求和环境条件等的建议，阵地设施尽可能兼顾到多个武器型号；
- c) 承制方应向工程设计单位提出保障设施的技术要求，如与保障设施有关的武器系统的技术参数、使用工艺流程、对保障设施组成及样式要求、对保障设施规模及幅员要求和运输要求等。

附录 C

(资料性附录)

军用飞机可靠性维修性保障性要求示例

C.1 军用飞机组成及特点

军用飞机是典型的可重复使用的武器装备，作战任务要求军用飞机具有较高的可用性，能够重复出动，能可靠的完成规定任务。未来战场环境要求军用飞机尽可能减少对保障系统的依赖，降低对维修人力的要求。

军用飞机系统的组成如图 C.1 所示，该附录中的军用飞机包括军用直升机，但不包括无人机。

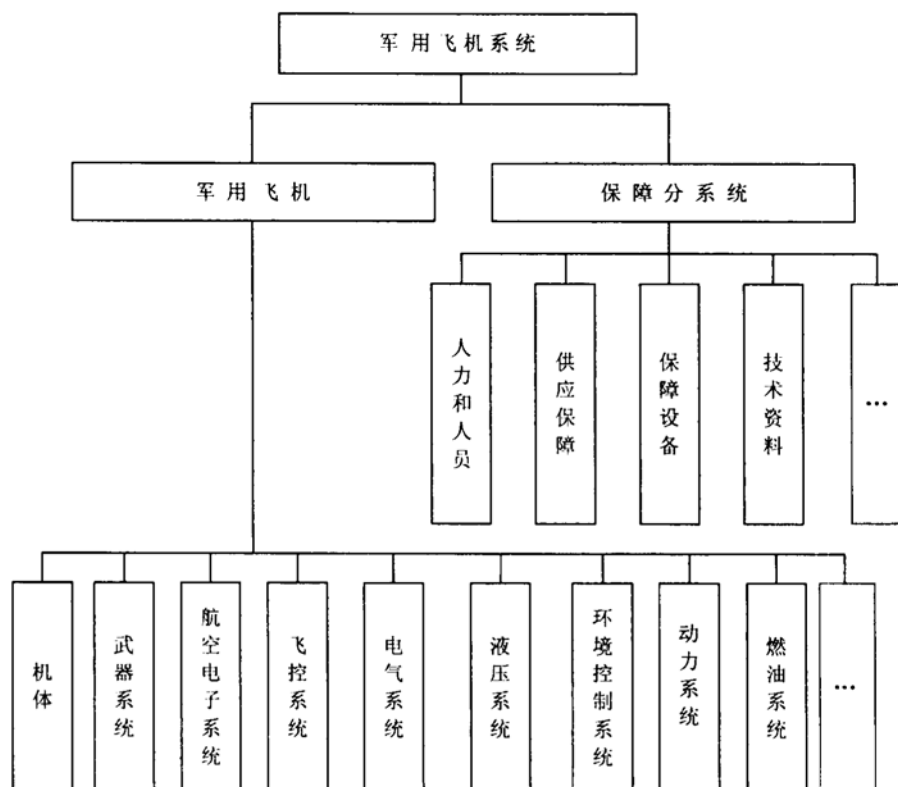


图 C.1 军用飞机系统组成

C.2 使命任务

军用飞机遂行的主要作战任务有：夺取制空权，掩护我陆、海军和其他航空兵的战斗行动；截击来袭的敌机，保护我地面重要目标的安全；对敌地(海)面重要目标实施空面攻击。

主要作战对象有：对我构成威胁的敌轰炸机、歼击轰炸机、歼击机、强击机、侦察机、无人机、巡航导弹，以及敌地(海)面重要目标等。

主要作战方式有：空空作战以及空面攻击。

C.3 使用方案

C.3.1 寿命剖面

寿命剖面是军用飞机从交付到退役报废所经历的事件序列和环境，图 C.2 为军用飞机从交付到退役报废所经历的典型事件，以时间为横坐标将图中的事件展开即为军用飞机的典型寿命剖面。

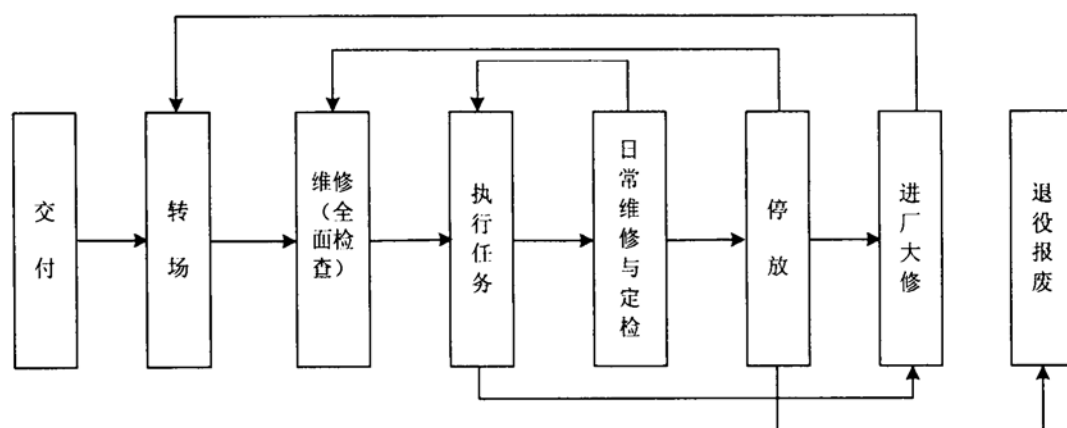
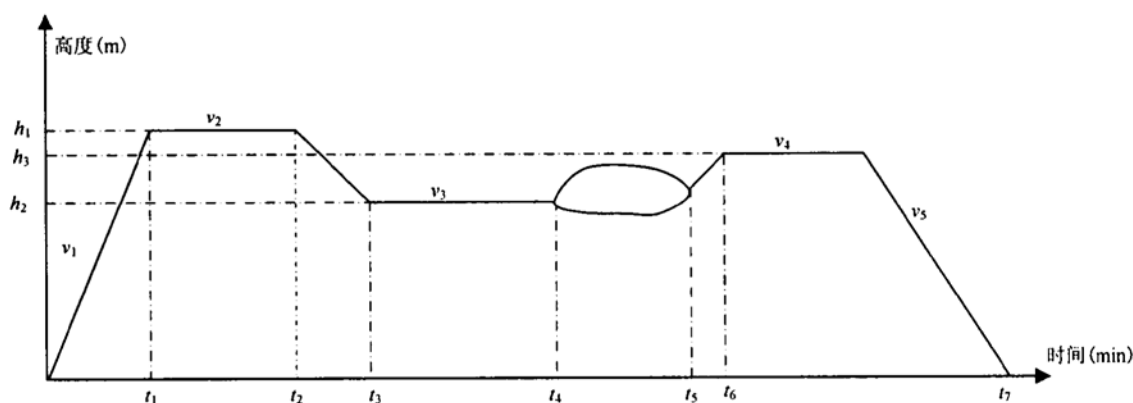


图 C.2 军用飞机从交付到退役报废所经历的典型事件

C.3.2 任务剖面

任务剖面是在军用飞机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、出航、作战、返航和下降着陆等阶段。一种军用飞机的任务剖面由于执行的任务不同(如转场、巡逻、空战、对地支援、轰炸、侦察、运输、空降、空投等)可以有若干个，在论证时应选出考核时所使用的典型任务剖面，可以是一个或多个。任务剖面中应说明飞机的飞行状态、外挂构型等，外挂构型也可以一个或多个典型构型。任务剖面还应该包括飞机的环境剖面，是在不同任务条件下的各种环境条件的变化时间历程，如飞行的高度(含气温、气压)、速度(含驻点温度、速压)、过载、震动(含抖动、炮震、落震)、电磁环境等。机载设备的环境剖面会因在机体中的不同位置及不同飞行状态而不同。

某歼击机的典型任务剖面如图 C.3 所示。



t_1 、 t_2 、 t_3 、 t_4 、 t_5 、 t_6 、 t_7 ——各个任务阶段的完成时刻； v_1 、 v_2 、 v_3 、 v_4 、 v_5 ——各个任务阶段的飞行速度； h_1 、 h_2 、 h_3 ——出航、作战和返航三个任务阶段的飞行高度

图 C.3 某歼击机空空作战任务剖面示意图

C.4 故障判别准则

应根据军用飞机型号特点及其任务要求，参照 GJB 451A、GJB 899 等军用标准和相关规范，针对不同研制阶段和产品层次，应制定相应的故障判别准则。

C.5 初始保障方案

C.5.1 使用保障方案

C.5.1.1 部署与环境要求

军用飞机应能够在我国陆地、海岛机场和航空母舰上维护、起降，主要在我国领空、领海训练和执行作战任务。要求能在昼间和夜间、一般和复杂气象条件下，执行训练和作战任务；能在我国高温、高寒和高原地区机场起降使用；能耐受湿热、霉菌和盐雾的侵蚀；能满足在沙尘、降雨和大风等复杂气象条件下的停放。飞机飞行时还有一个环境剖面，包括飞行高度、温度、湿度、气压、振动等。

C.5.1.2 使用保障过程

军用飞机的使用过程如图 C.4 所示。

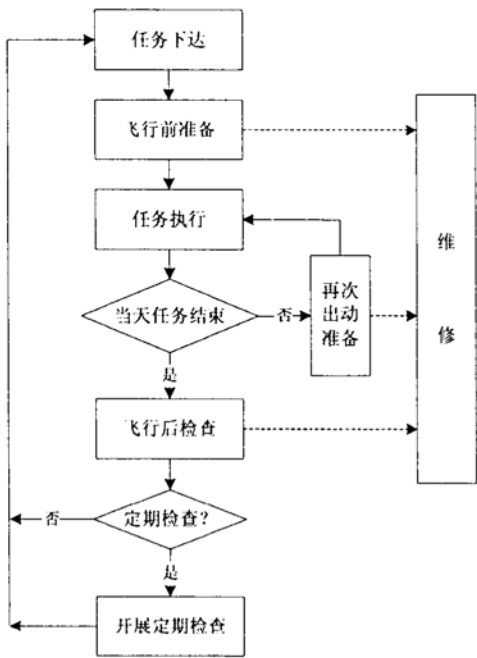


图 C.4 军用飞机一般使用过程

在使用过程中会产生相应的使用保障活动，如预先机务准备、飞行前准备、再次出动准备、飞行后检查、安全检查、停放、定期检查等。

C.5.1.3 检测方案

飞机具备机内测试(BIT)能力，能够将故障隔离到外场可更换单元(LRU)。LRU 故障检测和定位通过内场综合自动测试设备(IATE)来实现。

C.5.2 维修保障方案

在描述维修保障方案时应说明每一修理级别的维修深度、维修范围、维修人员编配等。某型军用飞机采用基层级、中继级和后方基地级三级维修保障体制，其维修任务分工主要内容如下：

- a) 基层级维修主要承担飞机的日常维护保养，飞行机务准备，小修，定期检修和轻度战伤飞机抢修等任务；主要采取换件修理方式，更换到 LRU；
- b) 中继级维修主要承担飞机的中修，机载设备、机件的修理，部分零备件的制造，飞机较大改装以及战时飞机抢修等任务；换件修理深度到 SRU；
- c) 基地维修主要承担飞机的大修，飞机较复杂的改装，零备件的制造，平时、战时抢修支援和技术支援等任务。

C.6 RMS 参数说明

军用飞机 RMS 常用定量要求如表 C.1 所示。

表 C.1 军用飞机 RMS 常用定量要求指标

参数类型	参数名称	适用范围						参数类别		验证时机	验证方法
		装备系统	飞机整机	航空发动机	飞机分系统	机载设备	零部件	使用参数	合同参数		
综合	使用可用度	☆						√	(√)	部队试用	外场评估
	出动架次率	☆						√		部队试用	外场评估
	再次出动准备时间	☆						√	(√)	基地试验 部队试验 部队试用	外场试验
可靠性	平均维修间隔时间	☆	☆					√	(√)	基地试验 部队试验 部队试用	外场评估
	平均故障间隔飞行小时		☆	○	○			√	(√)	基地试验 部队试验 部队试用	外场评估
	平均故障间隔时间		○	☆	☆	☆	☆		√	基地试验 部队试验 部队试用	实验室试验 外场评估
	平均严重故障间隔时间		☆	☆	☆			√	√	基地试验 部队试验 部队试用	实验室试验 外场评估
	任务可靠度		☆	☆	☆			√		部队试验 部队试用	外场试验 外场评估
	平均故障前时间						○	√	(√)	部队试验 部队试用	外场试验 外场评估
	无维修待命时间		☆					√	(√)	部队试验 部队试用	外场试验
	空中停车率		○	☆				√		部队试验 部队试用	外场评估
	提前换发率			☆				√		部队试用	外场评估
维修性	平均修复时间		☆	☆	☆	☆	☆	(√)	√	基地试验 部队试验 部队试用	外场评估
	每飞行小时直接维修工时	☆						√	(√)	基地试验 部队试验 部队试用	外场评估
	更换发动机时间		☆					√	(√)	基地试验 部队试验 部队试用	外场试验
	故障检测率			☆	☆	☆		√	(√)	基地试验 部队试验 部队试用	实验室试验 外场评估
	故障隔离率			☆	☆	☆		√	(√)	基地试验 部队试验 部队试用	实验室试验 外场评估
	虚警率			☆	☆	☆		√	(√)	基地试验 部队试验 部队试用	实验室试验 外场评估

表 C.1 (续)

参数类型	参数名称	适用范围						参数类别		验证时机	验证方法
		装备系统	飞机整机	航空发动机	飞机分系统	机载设备	零部件	使用参数	合同参数		
保障系统	平均保障延误时间	☆						√	(√)	部队试用 部队试用	外场评估
	保障设备利用率	○	○	○				√		基地试验 部队试验 部队试用	外场评估
	保障设备满足率	☆	☆	☆				√		基地试验 部队试验 部队试用	外场评估
	备件利用率	○	☆	○				√		基地试验 部队试验 部队试用	外场评估
	备件满足率	☆	☆	☆				√		基地试验 部队试验 部队试用	实验室试验 外场试验
耐久性	总寿命		☆	☆		○	○	√	(√)	基地试验 部队试验 部队试用	实验室试验 外场评估
	首次翻修期限		☆	☆		○	○	√	(√)	部队试用 部队试用	外场评估
注：☆——优先选用参数；○——选用参数；√——适用的参数类型；(√)——可用于合同的使用参数或可用于使用参数的合同参数											

C.6.1 综合参数

a) 使用可用度(A_0)

度量军用飞机在其保障系统下，处于能工作的时间比例，是与能工作时间和不能工作时间有关的一种可用性参数，用于使用效果评估，其计算方法为：产品的能工作时间和能工作时间、不能工作时间的和之比，其计算公式见(C.1)：

$$A_0 = \frac{T_O + T_S}{T_O + T_S + T_{CM} + T_{PM} + T_D} \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

- T_O —— 工作时间；
- T_S —— 待命时间(能工作不工作时间)；
- T_{CM} —— 修复性维修时间；
- T_{PM} —— 预防性维修时间；
- T_D —— 管理和保障延误时间。

一般通过外场使用评估的方法进行验证，评估时需在部队使用和保障条件下进行，并且需要规定总时间。

b) 出动架次率(R_{SG})

度量军用飞机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。其计算公式见(C.2)：

$$R_{SG} = \frac{T_{FL}}{T_{DU} + T_{GM} + T_{TA} + T_{CM} + T_{PM} + T_{AB}} \dots\dots\dots (C.2)$$

式中：

- T_{FL} —— 飞机每个日历时间的小时数，一般取 24h 或 12h；

- T_{DU} ——飞机平均每次任务时间, h;
 T_{GM} ——飞机平均每次任务地面滑行时间, h;
 T_{TA} ——飞机再次出动准备时间, h;
 T_{CM} ——飞机每次出动架次的平均修复性维修时间, h;
 T_{PM} ——飞机每出动架次的平均预防性维修时间, h;
 T_{AB} ——飞机每出动架次的平均战斗损伤修理时间, h。

c) 再次出动准备时间(T_{TA})

度量军用飞机保障性的一种参数,指在规定的保障条件下(保障资源、保障环境等),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。一般通过专项测试的方法进行验证。

C.6.2 可靠性参数

a) 平均故障间隔飞行小时(T_{FBF})

度量军用飞机整机和机上可修复产品使用可靠性的一种参数,用于使用效果评估。其计算方法为:在规定时间内,产品积累的总飞行小时与同一期间内的故障总数(地面工作和空中飞行期间所发生的所有故障)之比,其计算公式见(C.3):

$$T_{FBF} = \frac{T_F}{N_F} \dots\dots\dots (C.3)$$

式中:

T_F ——产品总飞行小时数;

N_F ——总故障数。

一般通过外场统计数据验证,即统计规定时期内的故障总数和总的飞行时间,利用上述公式进行计算。

b) 平均故障间隔时间(T_{BF})

度量军用飞机整机和机上可修复产品固有可靠性的一种参数,是设计定型时常用的考核指标之一。其计算方法为:在规定的条件(包括飞机的保障条件、使用环境以及任务安排等)下和规定的时间内,产品总的工作时间与故障总数(地面工作和空中飞行期间所发生的所有故障)之比,其计算公式见(C.4):

$$T_{BF} = \frac{T_O}{N_F} \dots\dots\dots (C.4)$$

式中:

T_O ——总工作时间;

N_F ——故障总数。

验证方法有两种,一种是通过实验室试验进行验证,一种是通过外场统计评估。内场试验主要针对系统或设备,依据 GJB 899 所规定的方法开展。外场评估主要针对整机和系统。

c) 平均严重故障间隔时间(T_{BCF})

度量军用飞机整机、重要系统和发动机与任务相关的使用可靠性的一种参数。其计算方法为:在规定的一系列任务剖面中,产品任务总时间与严重故障总数之比,严重故障指影响任务和飞行安全的故障,其计算公式见(C.5):

$$T_{BCF} = \frac{T_{TT}}{N_{TM}} \dots\dots\dots (C.5)$$

式中:

T_{TT} ——任务总时间;

N_{TM} ——严重故障总数。

由于平均严重故障间隔时间一般较长,通过实验室验证费用太高,一般通过外场统计数据进行验证,即统计规定时期内的致命性故障总数和任务总时间,利用上述公式进行计算。

d) 任务可靠度(R_M)

军用飞机任务可靠性的概率度量。其计算方法为:按规定的任务剖面,成功完成任务次数与任务总次数之比。一般利用外场统计数据验证,其计算公式见(C.6):

$$R_M = \frac{N_{MC}}{N_{TM}} \dots\dots\dots (C.6)$$

式中:

N_{MC} ——成功完成任务次数;

N_{TM} ——任务总次数。

e) 平均故障前时间(T_{TF})

平均故障前时间是不可修产品的一个可靠性基本参数,其计算公式见(C.7):

$$T_{TF} = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{N_T} \dots\dots\dots (C.7)$$

式中:

T_i ——在规定的时间内,每个被试产品的工作时间(寿命单位数);

N_T ——发生故障的产品总数。

f) 无维修待命时间

度量军用飞机整机使用可靠性的一种参数,指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。一般通过外场试验进行验证。

g) 空中停车率(IFSR)

度量飞机和航空发动机使用可靠性的一种参数。其度量方法为:飞机或发动机在每千飞行小时中所发生的停车总次数。通过部队试用过程中进行外场统计数据验证。

h) 提前换发率(UERR)

度量航空发动机基本可靠性的一种参数。其度量方法为:在发动机每一千飞行小时中,由于发动机故障造成提前更换发动机的次数。通过部队试用过程中进行外场统计数据验证。

C.6.3 维修性参数

a) 平均修复时间(M_{CT})

度量产品维修性的一种基本参数,设计定型时常用的考核指标之一。其计算方法为:在规定的条件下和规定的时间内,产品在规定的维修级别上,修复性维修总时间与在该级别上被修复产品的修复次数之比,其计算公式见(C.8):

$$M_{CT} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n} \dots\dots\dots (C.8)$$

式中:

t_i ——第*i*次修复性维修的维修时间;

n ——修复次数。

一般通过外场统计数据验证,即统计规定时期内的故障总数和总的修复时间,利用上述公式进行计算。

b) 每飞行小时直接维修工时($M_{DMMH/FH}$)

在规定的条件下和规定的时间内,飞机和设备的外场级预防性维修和修复性维修工时总数与总飞行小时数之比,其计算公式见(C.9):

$$M_{\text{DMMH/FH}} = \frac{M_{\text{DMMH}}}{T_{\text{FH}}} \dots\dots\dots (\text{C.9})$$

式中:

M_{DMMH} ——飞机和设备的直接维修工时总数;

T_{FH} ——总飞行小时数。

一般通过外场统计数据验证,即统计规定时期内的故障总数和总的修复时间,利用上述公式进行计算。

c) 更换发动机时间(ERT)

度量军用飞机整机维修性水平的一种参数,指在具有规定技术水平规定数量的人员参加下,为接近、拆装和检查发动机,并使飞机达到可用状态所需的时间。一般通过专项测试的方法进行验证。

d) 故障检测率(R_{FD})

在规定的条件下和规定的时间内,检测到的故障数与故障总数之比,用百分数表示,它主要用于描述产品测试性设计水平。所谓的规定方法是操作人员或维修人员用 BIT、专用或通用的外部测试设备、自动测试设备(ATE)等方法。一般通过外场统计数据验证,其计算公式见(C.10):

$$R_{\text{FD}} = \frac{N_{\text{D}}}{N_{\text{T}}} \times 100\% \dots\dots\dots (\text{C.10})$$

式中:

N_{D} ——正确检测到的故障数;

N_{T} ——故障总数或在 t 时间内发生的实际故障数。

e) 故障隔离率(R_{FI})

在规定的条件下和规定的时间内,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。它用于描述 BIT 和测试设备准确隔离已被检测出的故障的能力。在理想情况下,应将故障隔离到一个可更换单元,但由于费用和技术水平或环境条件的限制,可先将故障隔离到 L 个可更换单元(其中含有故障的单元),再采用其他的方法隔离到故障单元, L 称为模糊度。一般通过外场统计数据验证,其计算公式见(C.11):

$$R_{\text{FI}} = \frac{N_{\text{L}}}{N_{\text{D}}} \times 100\% \dots\dots\dots (\text{C.11})$$

式中:

N_{L} ——正确隔离到小于等于规定的可更换单元的故障数;

N_{D} ——正确检测到的故障数。

f) 虚警率(R_{FA})

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。它用于描述 BIT 和测试设备正确检测和指示故障的能力。 F_{AR} 定义中的虚警次数包括 BIT 和测试设备指示故障而实际上无故障发生(假报)和(或)A 发生故障却指示 B 故障(错报)。一般通过外场统计数据验证,其计算公式见(C.12):

$$R_{\text{FA}} = \frac{N_{\text{FA}}}{N_{\text{F}} + N_{\text{FA}}} \times 100\% \dots\dots\dots (\text{C.12})$$

式中:

N_{FA} ——虚警次数;

N_F ——真实故障指示次数。

C.6.4 保障系统参数

a) 平均保障延误时间(T_{MLD})

平均保障延误时间是由于保障资源补给或管理原因未能及时对装备进行维修所延迟的时间的平均值。根据我国军用飞机备件供应体制,以备件供应为主来计算 T_{MLD} 时,其计算可近似地按公式见(C.13):

$$T_{MLD} = (1-m_1) \{p_1 t_1 + (1-p_1) \{p_2 t_2 + (1-p_2) [p_3 t_{31} + (1-p_3) t_{32}]\}\} \dots\dots\dots (C.13)$$

式中:

m_1 ——飞机故障后,不需要备件可以修复的修理工作概率;

p_1 ——场站仓库的备件满足率;

t_1 ——从场站仓库获取备件的平均反应时间;

p_2 ——军区空军仓库的备件满足率;

t_2 ——从军区空军仓库获取备件的平均反应时间;

p_3 ——空军仓库的备件满足率;

t_{31} ——从空军仓库获取备件的平均反应时间;

t_{32} ——空军购置备件的平均时间。

保障系统参数与部队的使用保障条件相关,因此在验证时,一般通过外场使用评估的方法进行验证,其计算公式见(C.14):

$$T_{MLD} = \frac{T_{LD}}{N_{LD}} \dots\dots\dots (C.14)$$

式中:

T_{LD} ——延误总时间;

N_{LD} ——延误次数。

评估时需在部队使用 and 保障条件下进行,并且需要规定总时间,统计延误总时间和延误次数。

b) 保障设备利用率(R_{SEU})

在规定的时期内,实际使用的保障设备数量与该级别实际拥有的保障设备总数之比,其计算公式见(C.15):

$$R_{SEU} = \frac{N_{EU}}{N_{TE}} \dots\dots\dots (C.15)$$

式中:

N_{EU} ——该维修级别保障设备实际使用数;

N_{TE} ——该维修级别拥有的保障设备数。

c) 保障设备满足率(R_{SEF})

在规定的时期内,在提出需求时能提供使用的保障设备数之和与需求的保障设备总数之比,其计算公式见(C.16):

$$R_{SEF} = \frac{N_{EA}}{N_{EN}} \dots\dots\dots (C.16)$$

式中:

N_{EA} ——该维修级别能提供使用的保障设备数之和;

N_{EN} ——该维修级别需求的保障设备总数。

d) 备件利用率(R_{SU})

在规定的时期内,实际使用的备件数量与该级别实际拥有的备件总数之比,其计算公式见(C.17):

$$R_{SU} = \frac{N_{SU}}{N_{SA}} \dots\dots\dots (C.17)$$

式中:

N_{SU} ——该维修级别备件的实际使用数;

N_{SA} ——该维修级别拥有的备件数。

e) 备件满足率(R_{SF})

在规定的周期内,在提出需求时能提供使用的备件数之和与需求的备件总数之比,其计算公式见(C.18):

$$R_{SF} = \frac{N_{SA}}{N_{SN}} \dots\dots\dots (C.18)$$

式中:

N_{SA} ——该维修级别已经提供使用的备件数;

N_{SN} ——该维修级需要提供的备件数。

C.6.5 耐久性参数

a) 总寿命(T_L)

指军用飞机、航空发动机或机载设备在规定的条件下,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。一般在产品设计定型阶段,通过试验手段进行验证。

b) 首次翻修期限(T_{FO})

指军用飞机、航空发动机或机载设备在规定的条件下,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。一般在产品设计定型阶段,通过试验手段进行验证。

C.7 RMS 定性要求

C.7.1 可靠性定性要求

可靠性定性要求如下:

- a) 产品设计时,应使机件间的连接简单,以简化使用和维修人员的操作;
- b) 应采用简化设计,选用的元器件的种类和数量尽可能少,以提高设备可靠性;
- c) 军用飞机选用的电子元器件、液压元件、气动元件、电机、轴承、各种结构件,应采用降低负荷额定值的设计,以提供更大的安全储备;
- d) 军用飞机设计应在满足功能要求的前提下,尽量采用经过工程实践考验具有高可靠性的设计;
- e) 军用飞机上电气与电子设备的工作环境(包括温度、湿度、振动、气压等)应满足其规定的环境条件要求,若不能满足,应为其设计能控制环境条件的专门隔舱;
- f) 应按软件工程化要求开展软件的开发与测试,提高软件可靠性。

C.7.2 维修性定性要求

维修性定性要求如下:

- a) 所有需要进行维护、检查、拆卸或更换的设备、零部件,应便于维修人员接近和实施维修工作;
- b) 维修通道口的位置,应安排在军用飞机在正常停放状态下维修人员直接可达和有利于维修人员进行操作的部位;
- c) 维修通道口的大小和形状,应便于需维修的设备、零部件从通道口取出和更换,并能满足人的肢体在通道内操作动作(如转动、拉、推等)的要求;
- d) 最大限度地采用国家标准、国家军用标准、行业标准中所列的标准件;
- e) 除特许外,大型机械、机电设备应按实体与功能划分成单元,以便于拆卸和更换;
- f) 应采用防差错设计、标记等措施,防止维修中引起的人为差错;
- g) 军用飞机上所有的机件、设备的棱角、锐边都应倒圆,或覆以橡胶、纤维等材料,以免人员碰伤或划伤;

- h) 一些日常维修需要测试的测试点, 应不需要拆卸设备就可测试;
- i) 同型号机载设备应具备互换性, 在替换维修时不需要进行调校即能互换使用, 并有防错措施;
- j) 军用飞机应具有机内自检测(BIT)能力, 能够将故障隔离到外场可更换单元;
- k) 机载成品的寿命应该与机体同寿, 或与定检周期相协调。

C.7.3 保障性定性要求

保障性定性要求如下:

- a) 军用飞机的保障性设计要贯彻标准化、系列化、通用化的原则, 以减少保障资源品种、规格要求, 减小保障规模。
- b) 尽可能采用机载制氧、制氮等技术, 提高军用飞机的自保障能力, 以减少对保障系统的依赖。
- c) 维修人员不用工具或仅用很少工具就可完成军用飞机日常检查工作。
- d) 根据保障性分析结果和相似装备的使用经验, 制定军用飞机随机备件清单和初始备件清单。对于有毒的、易燃易爆的、贵重的、需专门订货或超长供应时间的备件、消耗品需在清单中予以标明。
- e) 维修保障设备和工具应随飞机同步研制, 一级维修保障设备和工具随机交付, 二级维修保障设备应同步研制, 在飞机设计定型时达到可订货状态, 保障设备应维修应简捷、方便, 只需要少量的保养、调整等工作。
- f) 军用飞机交付部队时, 应同时提交军用飞机使用、维修、保障所需的成套纸质技术资料和清单, 以及交互式电子技术手册, 各类技术资料的内容要与所交付军用飞机的技术状态相一致。
- g) 军用飞机到部队服役前, 应对部队使用、维修和保障人员进行初始训练。研制单位要制定好训练计划, 编写好训练教材, 研制出教具和训练器材等。
- h) 军用飞机的使用、维修人员的数量与编配, 应尽可能与部队现有的编制、专业划分相一致。
- i) 应尽量利用部队原有军用飞机的使用、维修、保障设施, 或尽可能在原有设施上改造, 以适合军用飞机的保障需求; 需要新设计的保障设施, 应提前提供设计图纸及要求。
- j) 对于软硬件相结合的系统或设备, 应考虑软件的维护、升级和后续保障需求, 并规划相应的保障资源。

附录 D

(资料性附录)

舰船可靠性维修性保障性要求示例

D.1 使命任务

海军舰船是长寿命、可维修、可重复使用、任务时间长、使用环境恶劣的大型复杂系统。海军舰船远离基地长时间执行作战任务，要求具有较高的战备完好性和任务成功性。舰船的主要使命任务为：单独或协同编队攻击敌水面舰艇和潜艇；担负编队区域防空任务；协同编队为登陆作战提供火力支援；执行海上巡逻、警戒、护航任务。

D.2 舰船的系统组成和主要功能

D.2.1 舰船系统组成

典型水面作战舰船主要由动力系统，电力系统，船舶辅助系统，导航系统，作战指挥系统，综合通信系统，警戒探测系统，电子战系统，水声及水声对抗系统，舰空导弹武器系统，舰舰导弹武器系统，主炮武器系统，近程反舰炮武器系统，舰载反潜武器系统，直升机舰面系统等组成。各系统协调工作保证该舰完成各种使命任务。

D.2.2 主要功能(略)

D.3 使用方案

D.3.1 任务剖面

通过舰船的使用研究和功能分析，确定舰船的任务剖面和相关约束条件，为确定舰船装备 RMS 指标提供基本的输入。舰船是多任务的大型武器装备，不同任务对应不同任务剖面，通常有对海作战任务剖面、对空作战任务剖面、反潜作战任务剖面等，图 D.1 给出了舰船对海作战任务剖面的示例。

舰艇按作战任务备航；以巡航速度或高速到达指定作战海域；使用直升机或雷达进行目标搜索；作战指挥系统收集舰艇内外的各种情报信息，及时对海上目标信息进行综合处理，对目标进行识别、威胁判断、威胁排序，形成实时战场态势，辅助进行作战指挥；在直升机或其它舰艇的目标指示下使用导弹实施海上攻击；近距离时由舰炮对海上目标进行攻击；作战过程电子战系统对不同频率、不同方位的威胁目标实施有源干扰和无源干扰；战斗结束后迅速撤离作战海区或返回基地。

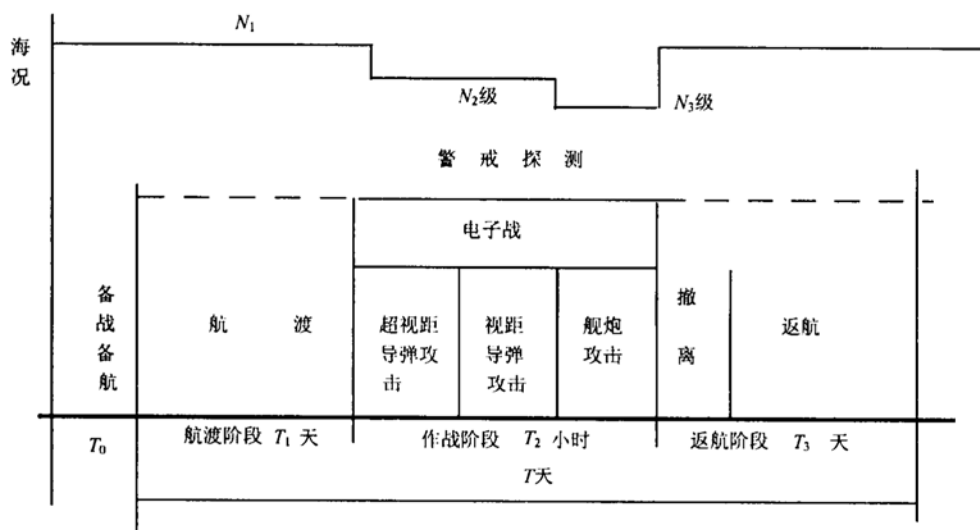


图 D.1 某型舰船对海作战任务剖面示例

D.3.2 环境剖面

在 N_1 级海况下安全航行；
使用减摇装置时在 N_2 级海况下使用导弹和起降直升机；
能在 N_3 级海况下使用舰炮。

D.3.3 各任务阶段中使用的主要系统

舰船对海作战各任务阶段中参与工作的主要系统如表 D.1 所示。

表 D.1 各任务阶段中使用的主要系统表

备航	航渡	对海作战	返航
动力系统 电力系统 船舶辅助系统 导航系统 综合通信系统	动力系统 电力系统 船舶辅助系统 导航系统 作战指挥系统 综合通信系统 警戒探测系统	动力系统 电力系统 船舶辅助系统 导航系统 作战指挥系统 综合通信系统 警戒探测系统 电子战系统 舰舰导弹武器系统 主炮武器系统 近程反导舰炮武器系统	动力系统 电力系统 船舶辅助系统 导航系统 作战指挥系统 综合通信系统 警戒探测系统

D.3.4 故障判别准则(略)

D.3.5 寿命剖面

寿命剖面是指舰船从交舰到退役这段时间内所经历的全部事件和时序的描述。在舰船寿命剖面内，给出维修间隔时间、维修时间、各项计划维修任务及寿命。图 D.2 给出了某型舰船寿命剖面示例。

坞修：主要消除船体污锈，进行设备检修、保养与排除故障；

小修：对船体及系统、设备、机件等进行局部拆检与修理；

中修：修换船体损坏的结构件；油水柜、压力容器试压和修换；校正轴系、舵系与锚装置，修换损坏的管系和电缆；按照使用年限对各系统和设备检修全面拆检修理。

在维修的间隔时间段内，舰艇执行其各种任务，包括训练任务、作战任务和战备值班任务。

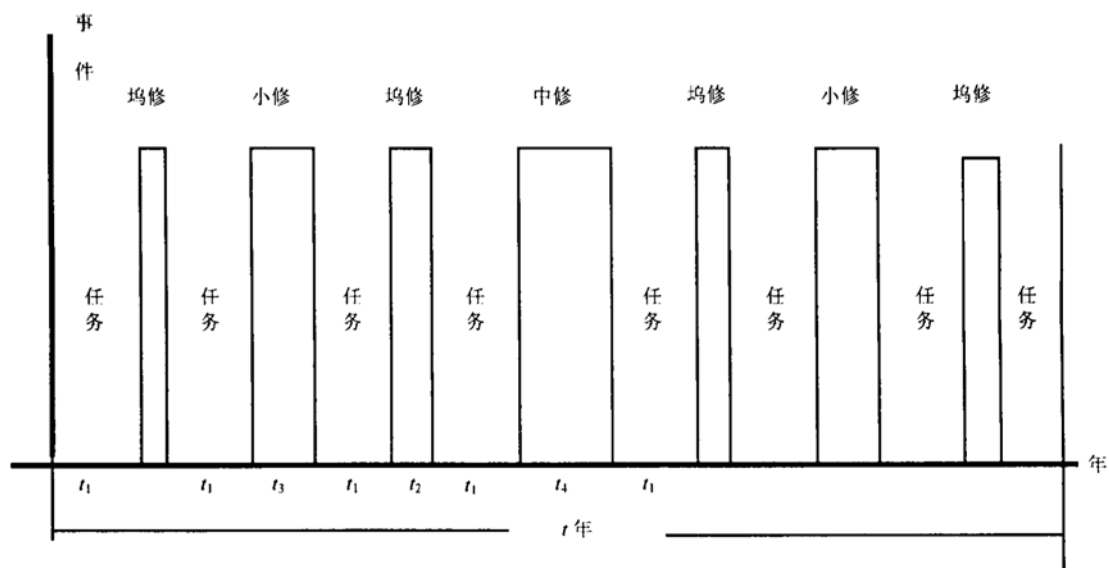


图 D.2 某型舰船寿命剖面示例

D.4 初步保障方案

D.4.1 使用保障方案

保障方案可分为：

- a) 岸基保障方案(略)；
- b) 海上保障方案(略)。

D.4.2 维修保障方案

根据有关规范和修理条例的规定，舰船分为三级维修：

- a) I级维修为舰员级维修，在舰上进行；
- b) II级维修为中继级维修，在舰船泊岸或海上进行；
- c) III级维修为基地级维修，一般在船厂进行。

为保证舰船的战备完好性和任务成功性，舰船要进行预防性维修：主要完成日检拭，每日 T_R 小时；周检修，每周约 T_Z 小时；月检修，每月约 T_Y 天；航行前检修，每次约 T_C 天。

D.5 定量要求

D.5.1 舰船装备 RMS 基本参数

舰船装备 RMS 基本参数如表 D.2 所示。

表 D.2 舰船装备 RMS 基本参数表

RMS 类别	参数名称	参数类别		选用的产品层次			验证时机	验证方法
		合同	使用	舰船	系统	分系统和设备		
综合参数	使用可用度(A_0)	√	√	☆	○		部队使用	评估
	固有可用度(A_i)	√		☆	○		部队使用	评估
可靠性	任务可靠度(R_m)	√	√	☆	☆		部队使用	评估
	平均故障间隔时间(MTBF)	√	√		○	☆	定型，试用	试验，评估
	计划维修间隔时间		√	☆	○		部队使用	评估
维修性	平均修复时间(MTTR)	√	√		○	☆	定型，试用	试验，评估
	计划维修时间		√	☆	○		部队使用	评估
测试性	故障检测率(F_{DR})	√				☆	定型，试用	试验，评估
	故障隔离率(F_{IR})	√				☆	定型，试用	试验，评估
	虚警率(F_{AR})	√				☆	定型，试用	试验，评估
保障系统及其资源	备航时间	√		☆			部队使用	评估
	备件满足率	√	√		☆	○	部队使用	评估
	备件利用率	√	√		☆	○	部队使用	评估
	现有保障设备、设施通用化率	√		☆	○		定型，试用	试验，评估
	平均后勤延误时间(MLDT)		√		☆	○	部队使用	评估
耐久性	使用寿命		√	☆	○		部队使用	评估
注：☆ ——优先选用参数；○ ——选用参数；√ ——适用的参数类型。								

舰船装备 RMS 各项基本参数的相互关系如图 D.3 所示。

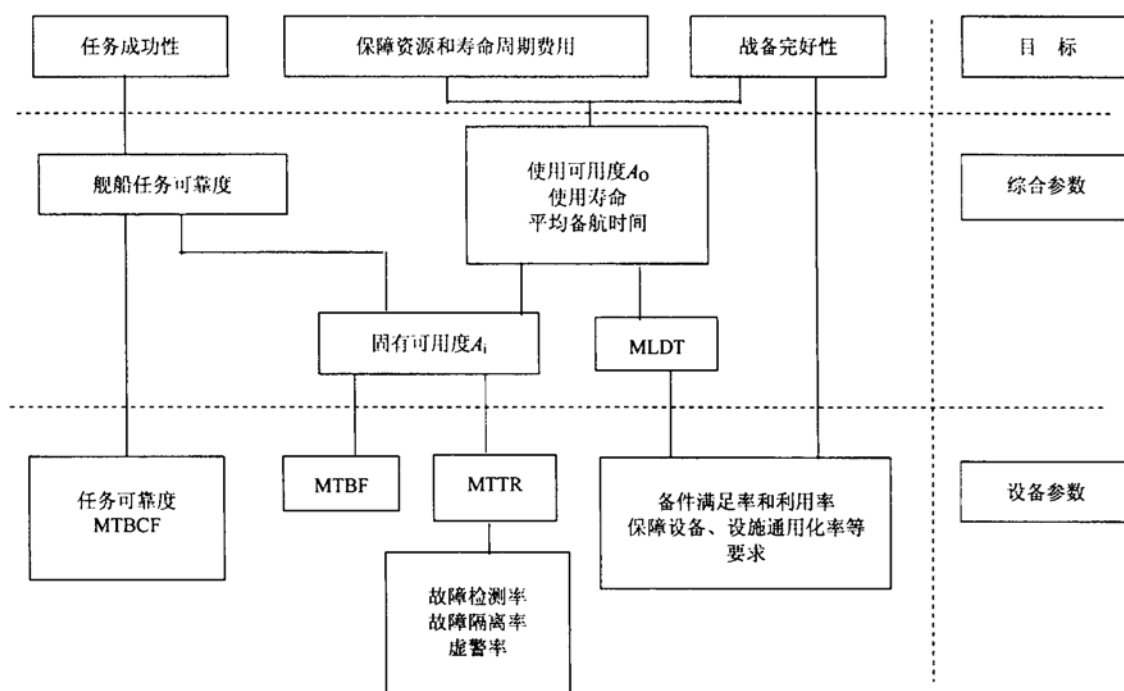


图 D.3 舰船装备 RMS 参数相互关系

D.5.2 综合参数

a) 使用可用度 (A_0)

使用可用度是指装备在规定的条件下，在要求使用时间内的任意时刻能完好使用的概率。是与能工作时间和不能工作时间有关的一种可用性参数。其一种度量方法为：产品的能工作时间与能工作时间、不能工作时间的和之比，其计算公式见 (D.1) 或 (D.2)：

$$A_0 = \frac{T_U}{T_U + T_{DW}} \quad \text{..... (D.1)}$$

式中

T_U ——装备处于能完成规定功能状态的时间，称为能工作时间；

T_{DW} ——装备处于列编，但处于不能完成规定功能状态的时间，称为不能工作时间。

注：包括装备维修时间和为等待资源（管理过程、维修人员、备件等）所延误的时间。

$$A_0 = \frac{T_O + T_S}{T_O + T_S + T_{CM} + T_{PM} + T_{OS} + T_D} \quad \text{..... (D.2)}$$

式中：

T_O ——工作时间；

T_S ——备用（待机）时间；

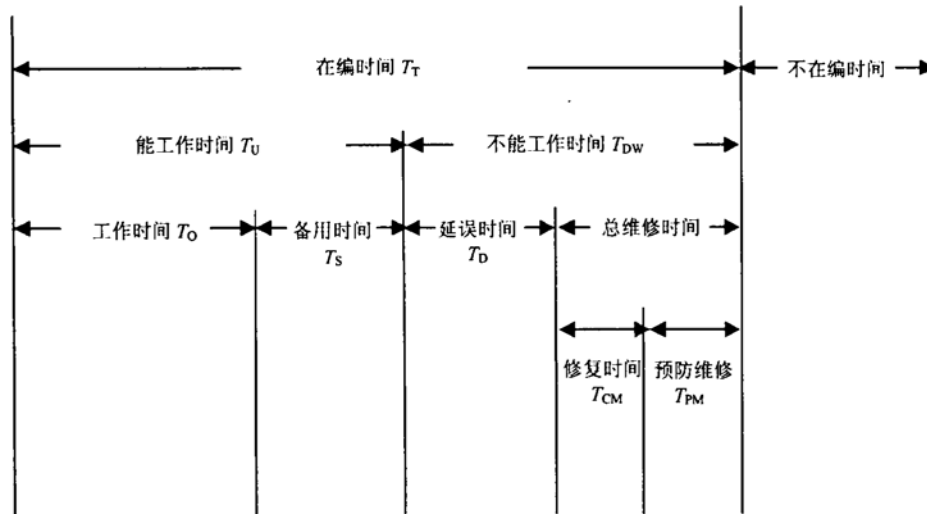
T_{CM} ——修复性维修总时间；

T_{PM} ——预防性维修总时间；

T_{OS} ——使用保障时间；

T_D ——延误时间。

时间分解如图 D.4 所示。



注:

T_T ——在编时间;

不在编时间——装备处于不列编的时间。不在编时间不适用于可用性分析,该时间段里不要求装备工作。

图 D.4 时间分解图

上式主要应用于已交付装备的可用度评估,但难以指导装备研制过程的设计和分析。因此,为了便于舰船装备的设计与分析,在不考虑预防性维修时间的情况下,使用可用度的计算公式见(D.3):

$$A_0 = \frac{T_{BF}}{T_{BF} + M_{CT} + T_{MLD}} \quad \text{..... (D.3)}$$

式中:

T_{BF} ——平均故障间隔时间(MTBF),是可修装备可靠性设计参数,反映维修人力费用和保障费用;

M_{CT} ——平均修复性维修时间(MTTR),是装备维修性设计参数,反映维修人力费用。表示在人力、备品备件、维修设备等资源都备齐的条件下,装备在基层级修复故障所用时间的平均值;

T_{MLD} ——平均保障延误时间(MLDT),是保障系统能力的度量参数,通过保障系统设计来控制。

b) 固有可用度(A_i)

仅与工作时间和修复性维修时间有关的一种可用性参数。其一种度量方法为:产品的平均故障间隔时间与平均故障间隔时间、平均修复时间的和之比。其计算公式见(D.4):

$$A_i = \frac{T_{BF}}{T_{BF} + M_{CT}} \quad \text{..... (D.4)}$$

c) 使用可用度与固有可用度的关系

使用可用性是通过装备可靠性、维修性设计和保障系统设计实现的。装备的可靠性、维修性设计可以实现装备本身固有特性,称为固有可用性(A_i),是指装备在理想的保障环境条件下,能在任一时刻按要求满意运行的能力。固有可用性是装备的固有特性,由装备可靠性(MTBF)和维修性(MTTR)来度量。装备交付时应满足规定的固有可用性要求。保障系统应及时提供必要的保障资源,以保证装备的固有可用性水平,从而满足战备的使用要求。平均后勤延误时间(MLDT)是反映保障系统能力的指标。图 D.5 给出了装备使用可用性和固有可用性关系模型。

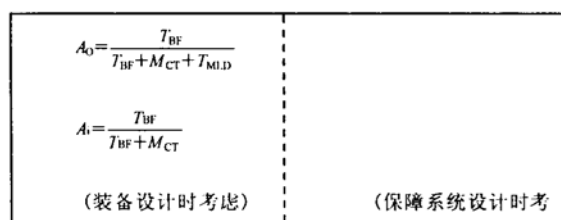


图 D.5 使用可用性和固有可用性关系模型

D.5.3 可靠性参数

a) 任务可靠度 (R_M)

任务可靠度 R_M 是装备在规定的任务剖面中完成规定功能的能力的概率量度。对于指数分布的装备任务可靠度, 其计算公式见 (D.5):

$$R_M = e^{-\frac{1}{T_{BCF}} t_0} \quad \text{..... (D.5)}$$

式中:

t_0 ——为舰船执行任务的时间, 其计算公式见 (D.6)。

$$T_{BCF} = \frac{T_{OM}}{N_{TM}} \quad \text{..... (D.6)}$$

式中:

T_{OM} ——任务总时间;

N_{TM} ——任务故障总数。

舰船具有执行多项任务的能力, 如对海作战、对空作战、反潜作战, 因此舰船通常有多个任务剖面。在舰船总体任务可靠度 $R_{\text{总体}}$ 是各任务剖面中的任务可靠度的有机组合, 多任务剖面下任务可靠度计算公式见 (D.7):

$$R_{\text{总体}} = \sum_{i=1}^N \alpha_i R_{\text{总体}}(i) \quad \text{..... (D.7)}$$

式中:

$R_{\text{总体}}(i)$ ——为第 i 个任务剖面的任务可靠度;

α_i ——为每个任务剖面占全部任务的比例, $\sum_{i=1}^N \alpha_i = 1$;

N ——任务剖面数量。

b) 平均故障间隔时间 (T_{BF})

平均故障间隔时间 (T_{BF}) 是指可修复的系统、设备在相邻故障间的平均工作时间。其度量方法为: 在规定的条件下和规定的时间内, 产品的总寿命单位与故障总次数之比, 总寿命单位是指总工作时间或总行驶里程等, 其计算公式见 (D.8):

$$T_{BF} = \frac{T_O}{N_T} \quad \text{..... (D.8)}$$

式中:

T_O ——总寿命单位;

N_T ——故障总数。

c) 计划性维修间隔时间

舰船两次计划维修的间隔时间,具体包括坞修与坞修之间、小修与坞修之间、坞修与中修之间间隔时间。

D.5.4 维修性参数

a) 平均修复性维修时间(M_{CT})

产品维修性的一种基本参数。其度量方法为:在规定的条件下和规定的时间内,产品在任一规定的维修级别上,修复性维修总时间与在该级别上被修复产品的故障总数之比,其计算公式见(D.9):

$$M_{CT} = \frac{T_{CM}}{N_T} \dots\dots\dots (D.9)$$

式中:

T_{CM} ——修复性维修总时间;

N_T ——故障总数。

b) 计划维修时间

舰船计划维修所用的时间。舰船计划维修分为坞修、小修和中修,计划性维修时间分为坞修时间、小修时间和中修时间。

D.5.5 测试性参数

a) 故障检测率(R_{FD})

用规定的方法正确检测到的故障数与故障总数之比,用百分数表示。它主要用于描述机内测试(BIT)和外部测试设备正确发现产品内部故障的能力。该定义中所述的故障不包括瞬态故障、虚假故障(虚警数),而间歇故障仅作一个故障计算;所谓的规定方法是操作人员或维修人员用BIT、专用或通用的外部测试设备(ETE)、自动测试设备(ATE)或人工检查等方法,其计算公式见(D.10):

$$R_{FD} = \frac{N_D}{N_T} \times 100\% \dots\dots\dots (D.10)$$

式中:

N_D ——在规定条件下,用规定的方法正确测出的故障数;

N_T ——在规定的期间内发生的故障总数。

b) 故障隔离率(R_{FI})

用规定的方法将检测到的故障正确隔离到不大于规定模糊度的故障数与检测到的故障数之比,用百分数表示。它用于描述机内测试和外部测试设备准确隔离已被检测出的故障的能力,其计算公式见(D.11):

$$R_{FI} = \frac{N_L}{N_D} \times 100\% \dots\dots\dots (D.11)$$

式中:

N_L ——用规定的方法,正确隔离到不大于规定模糊度的故障数;

N_D ——检测到的故障数。

c) 虚警率(R_{FA})

在规定的期间内发生的虚警数与同一期间内故障指示总数之比,用百分数表示。它用于描述机内测试或外部测试设备正确检测和指示故障的能力,其计算公式见(D.12):

$$R_{FA} = \frac{N_{FA}}{N_F + N_{FA}} \times 100\% \dots\dots\dots (D.12)$$

式中:

N_{FA} ——虚警次数;

N_F ——真实故障指示次数。

D.5.6 保障系统及其资源参数

a) 备航时间

反映基地保障能力的参数。是指在规定的使用及维修保障条件下,舰艇从接到作战任务命令到完全准备就绪起锚出航所需的时间。

b) 平均保障延误时间(T_{MLD})

平均保障延误时间是保障系统能力的度量参数,通过保障系统设计来控制。表示为修复故障在资源保障方面出现的各种延误时间之和的平均值。各种延误时间包括:等待人员、备品备件、维修设备、运输等配备资源所用的时间。通过对我军装备的维修保障体制的分析,一般情况下备件供应在平均保障延误时间(T_{MLD})中占主导作用,所以,以备件供应为主来计算平均保障延误时间,其计算公式见(D.13):

$$T_{MLD} = (1 + \alpha) k_1 \{ p_1 \times t_1 + (1 - p_1) \{ p_2 t_2 + (1 - p_2) [p_3 t_3 + (1 - p_3) t_4] \} \} \dots \dots \dots (D.13)$$

式中:

系数 α ——非主要因素(等待维修或技术人员、技术资料、保障设备,或其他因素)引起的延误时间按其占备件引起延误时间的百分比;

k_1 ——舰上设备出现故障时,需要备件的修复性维修活动的百分数;

p_1 ——舰上备件满足率;

t_1 ——从舰上库存得到一个备品和修理件需要的反应时间;

p_2 ——舰上仓库无法满足的备件申请中基地能供应的备件满足率;

t_2 ——基地能供应的备件的平均反应时间;

p_3 ——基地不能供应的备件中,可从市场直接购买的备件满足率;

t_3 ——获取从市场直接购买的备件平均反应时间;

t_4 ——获取进行临时订货备件的平均反应时间。

c) 备件满足率(R_{SF})

在规定的周期内,某个维修级别能够提供使用的备件数之和与需要该级别提供的备件总数之比。舰员级维修时,舰上配备能提供的备件数量与需要的备件数量之比,其计算公式见(D.14):

$$R_{SF} = \frac{N_{PP}}{N_{PM}} \dots \dots \dots (D.14)$$

式中:

N_{PP} ——舰上能提供的备件数量;

N_{PM} ——维修所需的备件数量。

d) 备件利用率(R_{SU})

舰员级维修时,舰上实际使用消耗的随舰备件数量与舰上配置的备件数量之比,其计算公式见(D.15):

$$R_{SU} = \frac{N_{PE}}{N_{PC}} \dots \dots \dots (D.15)$$

式中:

N_{PE} ——使用消耗的随舰备件数量;

N_{PC} ——舰上配置的备件数量。

e) 现有保障设备、设施通用化率(R_{SEC})

反映保障设备、设施通用化程度的参数。指利用现有的保障设备、设施数量与需要的保障设备、设施数量之比,其计算公式见(D.16):

$$R_{SEC} = \frac{N_{SET}}{N_{SET} + N_{SES}} \dots\dots\dots (D.16)$$

式中：
N_{SET} —— 现有保障设备数；
N_{SES} —— 专用保障设备数。

D.5.7 耐久性参数

使用寿命产品从制造完成到不可修复的故障或不能接受的故障率时的寿命单位数。对舰船而言，即从交船到退役的日历时间。

D.6 舰船装备 RMS 定性要求

舰船装备 RMS 定性要求如表 D.3 所示。

表 D.3 舰船装备 RMS 定性要求汇总表

RMS 类别	定性要求	产品层次		
		舰船	系统	分系统和设备
可靠性	采用成熟技术	☆	☆	☆
	简化设计	☆	☆	☆
	热设计		○	☆
	降额设计	○	☆	☆
	环境适应性设计	☆	☆	☆
	冗余设计	☆	☆	☆
维修性	可达性	☆	☆	☆
	互换性		☆	☆
	通用化、系列化、组合化	☆	☆	☆
测试性	综合测试能力		☆	☆
	故障定位能力		☆	☆
保障系统及其资源	包装、运输、贮存、装卸	☆	☆	☆
	保障设备	☆	☆	☆
	保障设施	☆	☆	
	人员和人力	☆	☆	☆
	训练和训练保障	☆	☆	☆
	计算机资源保障	☆	☆	☆
	技术资料	☆	☆	☆
	供应保障	○	☆	☆
	接口设计	☆	☆	☆
注：☆ —— 适用的产品层次；○ —— 选用的产品层次。				

附录 E

(资料性附录)

主战坦克可靠性维修性保障性要求示例

E.1 作战使命和任务

主战坦克是重型突击系统的核心装备，是主要的地面突击装备，是未来信息化战场条件下战术互联网的基本节点。成建制编配于装甲机械化部队，主要用于高强度对抗的机动作战。作为一线突击兵器，依靠其强大的火力、防护能力和机动能力，歼灭敌方的主战坦克和其他装甲目标，摧毁敌野战、坚固防御工事和有生力量。

E.2 主战坦克组成及特点

主战坦克是集火力、机动、防护性能于一身的重要地面突击兵器，是间断使用的可修装备。主要由推进系统、防护系统、火力系统、火控系统、综合电子系统、定位导航系统、指控通信系统、电气系统、光电对抗系统等组成。

E.3 使用方案

E.3.1 寿命剖面

主战坦克的寿命剖面通常如图 E.1 所示。

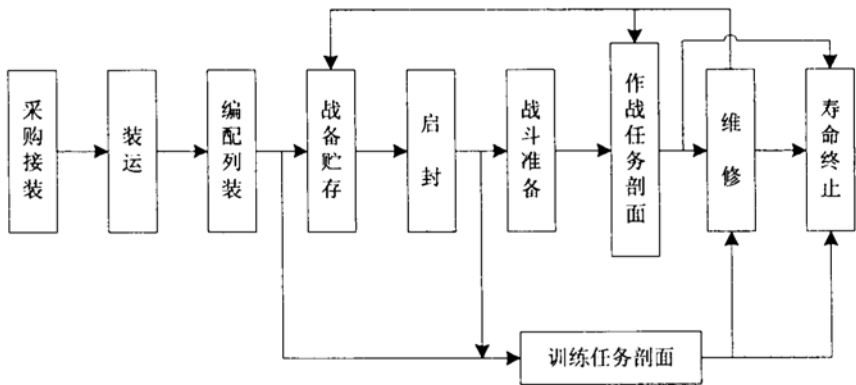


图 E.1 主战坦克寿命剖面示意图

E.3.2 任务剖面

主战坦克实施多种任务，可以有多种任务剖面，如进攻作战任务剖面和防御作战任务剖面以及训练任务剖面等。通常选择集团军编成内的装甲师或机械化师对野战阵地防御之敌进行进攻作战作为主战坦克典型的作战任务剖面。一个典型作战任务剖面包括战役机动、集结、开进和行进间展开、师当前任务、师后续任务、师尔后任务、撤出战场等任务，每个任务中又包括行驶、射击、通信联络等事件。对其所经历的事件和环境及其时序应详细描述(此处从略)。一个任务剖面包括所经历的事件和每一事件的持续时间(寿命单位)，如主战坦克完成一次进攻作战的任务剖面应包括：任务距离为×××公里，消耗××个弹药基数，火控系统工作××小时，通信设备工作××小时，特种防护装置随时处于可用状态等。图 E.2 给出了主战坦克进攻作战战斗阶段的任务剖面示例。一个训练任务剖面同样也包括任务距离、消耗弹药数、主要分系统的工作时间等。

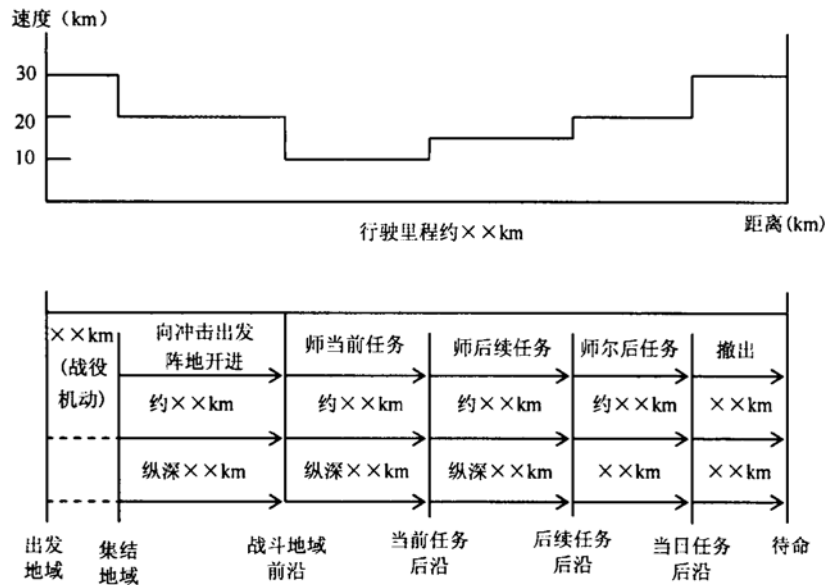


图 E.2 主战坦克进攻作战任务剖面(战斗阶段)示意图

E.4 初始保障方案

E.4.1 使用保障方案

为了保证坦克正确操作动用以便发挥其作战使用性能,坦克在动用前后和动用过程中均须有一系列的保障工作。通过功能分析,确定坦克初始使用保障方案如下:

- 坦克从贮存状态(或不工作状态)转入使用状态的保障工作。主要有启封坦克;单独保管的设备(如瞄准镜、电台等)等安装、调整;坦克动用前的技术检查,包括检查的方法、内容和所需的检测设备等的设想。
- 能源保障。主要是电源、气源的保障,包括蓄电池、高压空气瓶等的充电、充气的方式和所需设备、设施的设想。
- 油料和特种液的保障。主要是燃油、润滑油、冷却液等油液的贮存、保管、运输和加注的方式和所需设施、设备的设想。
- 弹药保障。主要是弹药的贮存、保管和运输方式,以及相应设施、设备的编配设想;
- 坦克的贮存保障。根据贮存的环境条件、封存方法、封存周期等要求,确定封存期内的检查和保养、封存器材供应和消耗品的种类、数量等的设想。
- 对坦克自救器材、抢救牵引车等设备、装备的编配设想。
- 对公路、铁路、和海上运输的特殊要求和保障资源配置的设想。

E.4.2 维修方案

装甲机械化部队通常按三级维修管理体制设置维修机构,一般规定如下:

- 基层一级,实施单位为使用分队。主要承担使用保障、等级保养以及用随车工具排除简单故障等任务。
- 基层二级,实施单位为旅、团修理分队。主要承担检修、小修和野战抢修等任务。
- 中继级,实施单位为师、集团军修理营和军区修理大队(营)。主要承担中修、特修、项修、巡修、自制件生产及战时修理保障等任务。
- 基地级,实施单位为总部大修厂。主要承担大修、特修和备件制造、战时技术保障支援等任务。
- 基层级和中继级采用以换件修理为主的修理方式,部件修理一般由基地级完成。

E.4.3 对预防性维修间隔期的要求

预防性维修间隔期通常应满足图 E.3 所示的基本要求。

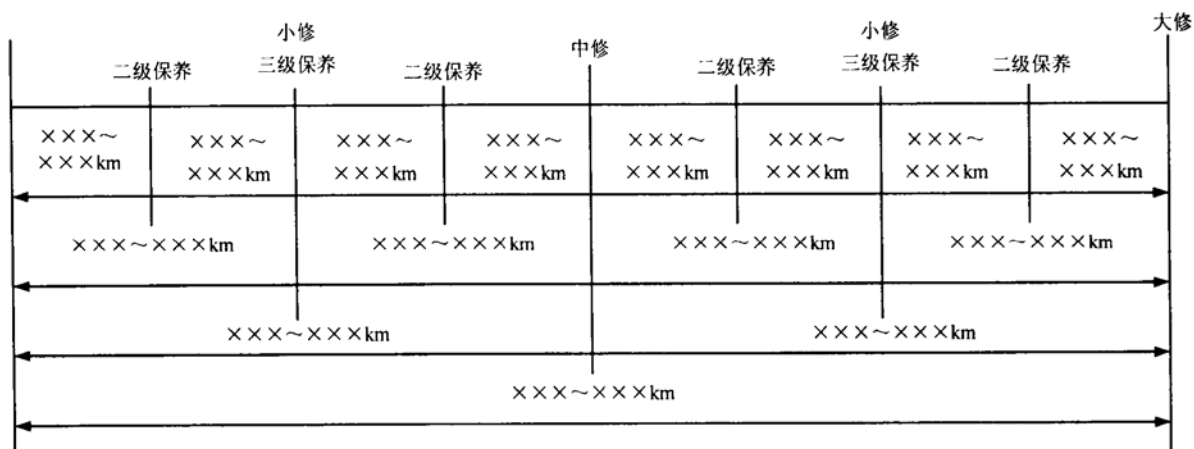


图 E.3 主战坦克预防性维修间隔期要求示例

E.5 故障判别准则与极限状态(耐久性损坏)判断准则

E.5.1 故障判别准则

基本遵照 GJBz 20448 执行。其中的术语“任务故障”按 GJB 451A 的规定改为“严重故障”，其定义为“使产品不能完成规定任务的故障”。

E.5.2 极限状态(耐久性损坏)判断准则

在规定的使用和维修条件下,当主战坦克或其主要部件因疲劳、磨损、腐蚀、劣变等耗损性原因,而使其无论从技术还是从经济上考虑,都不宜继续使用而应进行大修或报废时,即认为其达到极限状态或发生了耐久性损坏。对坦克及有耐久性要求的零部件应规定其极限状态(耐久性损坏)判断准则。对可修产品的要求是大修寿命,对不可修产品的要求是使用寿命。坦克装甲车辆有寿命要求的产品一般达20余种,制定极限状态判断准则的工作量很大,具体内容略。

E.6 主战坦克的主要 RMS 参数及其说明

E. 6.1 主战坦克的主要 RMS 参数

主战坦克的主要 RMS 参数见表 E.1。

表 E.1 主战坦克的主要 RMS 参数一览表

参数分类		参数名称	参数类型		适用范围			验证时机	验证方法
			使用参数	合同参数	整车	分系统	零部件		
综合参数	可用性参数	使用可用度(A_O)	√		☆			生产定型 使用阶段	使用评估
		可达可用度(A_a)		√	☆			设计定型	试验验证
	任务成功性参数	任务成功度(D)	√		○			使用阶段	使用评估
可靠性参数	基本可靠性参数	平均故障间隔时间(T_{BF})	√	√	☆	☆		设计定型 生产定型	试验验证 使用评估
	任务可靠性参数	平均严重故障间隔时间(T_{BCF})	√	√	☆	○		设计定型 生产定型	试验验证 使用评估
	耐久性参数	首次大修寿命(首次翻修期限 T_{FO})	√	√	☆	○	○	设计定型 使用阶段	试验验证 使用评估
		使用寿命(L_{SE})	√	√			☆	设计定型 使用阶段	试验验证 使用评估

表 E.1 (续)

参数分类	参数名称	参数类型		适用范围			验证时机	验证方法
		使用参数	合同参数	整车	分系统	零部件		
维修性参数	任务维修性参数	平均恢复功能用的任务时间 (T_{MRF})	√	√	☆	○	设计定型使用阶段	试验验证使用评估
	维修时间参数	平均修复时间 (M_{CT})	√	√	☆	○	设计定型生产定型	试验验证使用评估
		平均预防性维修时间 M_{PT}	√		○		使用阶段	使用评估
		重要部件平均更换时间 (M_{PR})	√	√		☆	设计定型生产定型	演示验证使用评估
	维修工时参数	维修工时率 (M_R)	√	√	☆		设计定型使用阶段	试验验证使用评估
	测试性参数	故障检测率 (R_{FD})	√	√		☆	设计定型使用阶段	演示验证使用评估
		故障隔离率 (R_{FI})	√	√		☆	设计定型使用阶段	演示验证使用评估
		虚警率 (R_{ER})	√	√		☆	设计定型使用阶段	演示验证使用评估
与保障有关的参数	与使用保障有关的设计参数	单车战斗准备时间 (任务前准备时间 M_{ST})	√	√	☆		设计定型生产定型	演示验证使用评估
		受油速率 R_{RF}		√		☆	设计定型	演示验证
	保障系统及保障资源参数	保障设备满足率 (R_{SEF})	√		○		使用阶段	使用评估
		保障设备利用率 (R_{SEU})	√		○		使用阶段	使用评估
		现有同类装备保障设备利用系数 (R_{ESEU})	√	√	○		设计定型使用阶段	演示验证使用评估
		备件满足率 (R_{SF})	√		○		使用阶段	使用评估
		备件利用率 (R_{SU})	√		○		使用阶段	使用评估
		现有同类装备保障设施利用系数 (R_{ESFU})	√	√	☆		设计定型使用阶段	演示验证使用评估

注：☆ —— 优先选用参数；○ —— 选用参数；√ —— 参数类型。

E.6.2 对主要 RMS 参数的说明

E.6.2.1 使用可用度 (A_O)

使用可用度 (A_O) 用来度量主战坦克在使用环境下在规定的区间中 (如坦克每年的训练周期或一个大修期、一个中修期) 能工作时间占总时间的百分比。在工程实际中 A_O 的计算公式见 (E.1)：

$$A_O = \frac{\sum_{i=1}^n (T_{Oi} + T_{Si})}{\sum_{i=1}^n T_{Ti}} = \frac{\sum_{i=1}^n (T_{Oi} + T_{Si})}{\sum_{i=1}^n (T_{Oi} + T_{Si} + T_{CMi} + T_{PMi} + T_{Di})} \dots\dots\dots (E.1)$$

式中：

n —— 参试样本数；

T_{Oi} —— 单台参试样车的工作时间；

T_{Si} —— 单台参试样车的备用时间 (或称能工作不工作时间)；

T_{Ti} —— 单台参试样车的总拥有时间；

T_{CMi} —— 单台参试样车的修复性维修时间；

T_{PMi} —— 单台参试样车的预防性维修时间 (不含大修时间)；

T_{Di} —— 单台参试样车的延误时间。

计算使用可用度时用日历时间计,即一天的总时间按 24 小时计, T_{Si} 、 T_{CMi} 、 T_{PMi} 、 T_{Di} 都按 24 小时内坦克所处的状态进行统计,如在休息时间,车辆处于修理状态,则应计入修复性维修时间或预防性维修时间。

使用可用度与装备的使用强度有很大关系,即 T_S 与 A_O 的关系是很大的,有时也称与使用策略有关。 A_O 通常在使用阶段根据部队实际使用数据进行评估,也可在生产定型阶段根据部队试用数据进行评估。

E. 6. 2. 2 可达可用度 (A_a)

可达可用度 (A_a) 用于度量主战坦克在不考虑保障延误时间和备用时间的条件下工作时间占总时间的百分比,通常只考虑实际消耗的工作时间、修复性维修时间和预防性维修时间,在工程实际其计算公式见 (E.2):

$$A_a = \frac{\sum_{i=1}^n T_{Oi}}{\sum_{i=1}^n (T_{Oi} + T_{CMi} + T_{PMi})} \dots\dots\dots (E.2)$$

式中的 T_{Oi} 、 T_{CMi} 、 T_{PMi} 含义同公式 (E.1), 但与计算 A_O 的 T_{CMi} 和 T_{PMi} 的值是不同的,以实际消耗时间计算。

A_a 结合设计定型试验进行验证,可以按一个大修期统计各时间。

E. 6. 2. 3 任务成功度 (D)

坦克的任务成功度 (D) 是确定任务可靠度和任务维修度的依据。坦克的任务成功度是作战使用数据和经验的总结,也可通过作战对抗模拟仿真获取,其计算公式见 (E.3):

$$D = R_M + (1 - R_M) M_M \dots\dots\dots (E.3)$$

式中:

R_M ——任务可靠度,一般以坦克完成一个任务剖面的可靠度表示。若已知坦克一个任务剖面的任

务总时间 (T_{OP}) 及其平均严重故障间隔时间 T_{BCF} , 则有 $R_M = e^{-\frac{T_{OP}}{T_{BCF}}}$;

M_M ——任务维修度,一般用在任务剖面中,在规定的维修级别和规定的时间内维修(抢修)损坏的装备使其能够继续投入作战的概率表示。如果坦克以 1 小时的维修度为任务维修度,则表示用不超过 1 小时的时间使损坏的坦克恢复功能,认为不影响坦克继续完成任务。若已知坦克的修复率 μ 以及平均恢复功能用的任务时间 T_{MRF} , 则在规定的维修时间 t 内,有

$$M_M = 1 - e^{-\mu t}, \quad \mu = \frac{1}{T_{MRF}}。$$

任务成功度通常在使用阶段进行评估,根据 T_{BCF} 和 T_{MRF} 及其参数分布类型,结合任务剖面确定实际使用中的 R_M 和 M_M , 进一步评估 D 。

E. 6. 2. 4 平均故障间隔时间 (T_{BF})

坦克或其某一部分可靠性的一种基本参数。度量方法为:在规定的试验时间内,参试样本的使用寿命单位(里程、小时、发数等)总数和故障总数之比,其计算公式见 (E.4):

$$T_{BF} = \frac{T_O}{N_T} \dots\dots\dots (E.4)$$

式中:

T_O ——坦克的总试验时间(里程);

N_T ——在总试验时间(里程)内发生的故障数。

设计定型时验证的是合同值,只计关联故障数,在生产定型(部队试用)阶段进行使用评估,验证的是使用值,应计全部故障数。

T_{BF} 的验证方法为:

- a) 假设坦克的故障计数过程是时齐泊松过程, 其 T_{BF} 服从指数分布。
- b) T_{BF} 的合同指标(或使用指标)作为验证下限 θ_1 。
- c) 在新型坦克研制合同和有关文件中应明确检验的统计准则, 包括判断风险 α 和 β , 一般取 $\alpha=\beta\approx 10\%-20\%$; 置信区间的置信度 C , 一般取 $C=1-2\beta$, 坦克的可靠性鉴定试验一般结合设计定型试验进行, 试验总时间是确定的, 参试样车一般为 3~5 台, 单车试验里程 T 通常为 10000km。
- d) 验证试验方案: 根据 β, θ_1, T , 用泊松公式确定判别故障数 r ; 根据 α, T, r , 用泊松公式确定检验上限 θ_0 , θ_0 应小于预计值 θ_p , 对设计定型试验一般 $\theta_0/\theta_1=d<1.5$ 。
- e) 试验结果的计算分析。根据 GJB 899, 计算置信度为 C 的置信区间, 其置信下限大于合同值则验证合格, 只要实际出现的故障数小于或等于判别故障数 r , 置信下限也会大于合同指标。
- f) 采用同样的方法也可用于评估使用指标, 只是所用的故障数据不同。

还可以根据现场统计的故障发生时刻, 用威布尔过程模型进行拟合, 计算形状参数 b , 以此来评价分析用时齐泊松过程来检验统计的误差。

E. 6. 2. 5 平均严重故障间隔时间(T_{BCF})

平均严重故障间隔时间的度量方法是在规定的试验剖面内, 参试样本(坦克或某一组成部分)任务总时间(里程、小时、发数)与严重故障总数之比, 其计算公式见(E.5):

$$T_{BCF} = \frac{T_{OM}}{N_{TM}} \dots\dots\dots (E.5)$$

式中:

T_{OM} ——坦克的任务总时间, 在设计定型时, $T_{OM}=T_O$;

N_{TM} ——在任务总时间内发生的严重故障数。

T_{BCF} 在设计定型时对合同指标进行试验验证, 在生产定型阶段结合部队试用对使用指标进行使用评估, 验证方法同 T_{BF} 。

E. 6. 2. 6 首次大修寿命(首次翻修期限 T_{FO})和使用寿命(L_{SE})

首次大修寿命(首次翻修期限 T_{FO})用于度量主战坦克整车和主要可修部件的耐久性水平, 通常用整车或可修部件首次大修时的寿命单位(可以是行驶里程、工作摩托小时、发射弹药的发数或循环次数等)总数表征; 使用寿命(L_{SE})用于度量坦克不可修的主要零部件的耐久性水平, 通常用主要零部件达到极限状态时的寿命单位总数表示。坦克及其主要零部件的大修寿命(T_{FO})和使用寿命(L_{SE})一般以达到 T_{FO} 或 L_{SE} 不发生极限状态的概率(在一定的置信度下)来度量。在提出寿命要求的同时, 应提出验证方法。坦克的耐久性(大修寿命或使用寿命)验证的方法是: 规定数量的样本试验到规定大修寿命或使用寿命(定时截尾), 根据出现的极限状态(耐久性损坏)的样本数, 用非参数法计算不发生耐久性损坏(不达到极限状态)的概率(耐久度)的单侧置信下限, 大于要求值则达到耐久性要求, 也可直接查在一定置信度下由试验样本数和出现极限状态的样本数(故障数)确定的可靠度(耐久度)表。

坦克提出寿命指标应包括: 使用寿命(或大修寿命)、参试样本数、允许出现极限状态的样本数、不出现极限状态的概率(耐久度)、置信度。通常在设计定型阶段进行试验验证, 在使用阶段根据使用数据进行统计评估。

E. 6. 2. 7 平均修复时间(M_{CT})

主战坦克维修性的一种基本参数, 其计算公式见(E.6):

$$M_{CT} = \frac{T_{CM}}{N_T} \dots\dots\dots (E.6)$$

式中:

T_{CM} ——修复性维修总时间, 从开始修复到恢复使用功能为止所用时间的总和;

N_T ——故障总数, 同公式(E.4)。

M_{CT} 通常在设计定型阶段进行试验验证,在生产定型阶段结合部队试用进行使用评估,其验证方法为:

- a) 一般情况下,坦克的修复性维修时间通常服从对数正态分布。
- b) 检验统计准则在合同或有关文件中应予以明确。判断风险 α 和 β , 一般取 $\alpha=\beta=5\%-20\%$ 。坦克的维修性鉴定试验与设计定型试验(或生产定型部队试用)结合进行,其自然故障数一般可在 50 个以上,各级修复性维修的次数一般也可大于 30 次,故一般不再规定维修作业的样本数,只规定 α 和 β , 并明确用试验或评估结果的置信上限作为验证 M_{CT} 的判决标准。
- c) 试验结果的计算和分析。参照 GJB 2072, 一般按对数正态分布计算置信度为 $1-2\beta$ 的置信区间,其置信上限等于或小于合同指标,则判为验证合格。
- d) 采用同样的方法也可用于评估使用指标,只是所用的修复次数和修复的总时间不同,在评估 M_{CT} 的使用值时还应按日历时间统计修复总时间。有时用记录每一个维修作业时间的观测值,对各类维修时间分别进行分布函数假设检验,如不服从对数正态分布,则应对计算的量值进行评估,必要时进行修正。

E. 6. 2. 8 平均恢复功能用的任务时间(T_{MRF})

主战坦克任务维修性的基本度量,其度量方法为:在规定的时间内,修复严重(任务)故障的总时间与严重故障总数之比。其计算公式见(E.7):

$$T_{MRF} = \frac{T_{TMRF}}{N_{TM}} \dots\dots\dots (E.7)$$

式中:

T_{TMRF} ——严重故障总修复性维修时间;

N_{TM} ——严重故障总数,同公式(E.5)。

T_{MRF} 通常在设计定型阶段进行试验验证,在使用阶段进行使用评估,验证方法参见 E.6.2.7。

E. 6. 2. 9 重要零部件更换时间(T_{MCR})

坦克重要的维修性参数。其度量方法为:在规定的维修级别和规定的维修条件下(备件到位、规定的维修设备、工具齐全),按规定的维修程序,从坦克上拆下损坏的零部件,装上完好的零部件,并恢复到规定功能状态所消耗的总时间。其中包括为拆下损坏的零部件而应拆卸和安装其他有关零部件所消耗的时间。

在设计定型阶段通常采用拆装演示的方法进行演示验证,在生产定型阶段可结合部队试用进行使用评估。

E. 6. 2. 10 维修工时率(M_R)

与维修人力有关的一种维修性参数。其度量方法为:在规定的条件下和规定的期间内,产品直接维修工时总数与该产品寿命单位总数之比。坦克的维修工时率一般按修复性维修、预防性维修和保养工时分分别提出要求,寿命单位用行驶里程表示。

- a) 百公里修复性维修工时

百公里修复性维修工时的计算公式见(E.8):

$$M_{100CTR} = \frac{T_{CMR}}{T_O} \times 100 \dots\dots\dots (E.8)$$

式中:

T_{CMR} ——修复性维修工时总数;

T_O ——总工作(试验)时间,同公式(E.4),以行驶里程计,单位为公里。

- b) 百公里预防性维修工时

百公里预防性维修工时的计算公式见(E.9):

$$M_{100PTR} = \frac{T_{PMR}}{T_O} \times 100 \dots \dots \dots (E.9)$$

式中:

T_{PMR} ——预防性维修工时总数, 通常只考虑中修和小修;

T_O ——总工作(试验)时间, 同公式(E.4), 以行驶里程计, 单位为公里。

c) 百公里保养工时

百公里保养工时的计算公式见(E.10):

$$M_{100STR} = \frac{T_{SMR}}{T_O} \times 100 \dots \dots \dots (E.10)$$

式中:

T_{SMR} ——各级保养工时总数;

T_O ——总工作(试验)时间, 同公式(E.4), 以行驶里程计, 单位为公里。

维修工时率通常在设计定型阶段进行试验验证, 在生产定型阶段结合部队试用进行使用评估。

E. 6. 2. 11 平均预防性维修时间(M_{PT})

平均预防性维修时间 M_{PT} 用于度量主战坦克整车和重要分系统预防性维修工作量的大小和难易程度, 通常用整车或分系统在规定的维修级别上, 预防性维修总时间与预防性维修总次数之比来表征, 其计算公式见(E.11):

$$M_{PT} = \frac{T_{PM}}{N_{PM}} \times 100 \dots \dots \dots (E.11)$$

式中:

T_{PM} ——预防性维修总时间;

N_{PM} ——预防性维修总次数。

一般在设计定型和生产定型时对中、小修和各级保养时间根据平时统计(每种维修至少统计 3-5 次以上)取其平均值进行初步评估, 大修时间另定。在使用阶段进行使用评估, 不仅应统计大、中、小修和各级保养的实际耗时, 还应统计其日历时间。

E. 6. 2. 12 故障检测率(R_{FD})、故障隔离率(R_{FI})、虚警率(R_{FA})

主战坦克测试性的基本参数, 其涵义和度量方法见 A.2.2.8, 通常在设计定型阶段进行演示验证, 在使用阶段进行使用评估。

E. 6. 2. 13 单车战斗准备时间(任务前准备时间 T_{STM})

单车战斗准备时间(任务前准备时间 M_{ST})用于度量主战坦克便于进行使用保障的能力, 通常指主战坦克在规定的条件(坦克本身各部分技术性能符合规定要求; 三或四个乘员工作, 燃滑油料、弹药和车下单独保管的设备、机件到位)下, 从封存状态转为随时可投入战斗的待机状态的准备时间。包括启封车辆和武器, 安装并调校车下单独保管的设备和机件, 安装蓄电池, 加添燃油、冷却液和特种液, 启封各种弹药并装放弹药、冬季加温发动机等所经历的时间(以小时计)。

T_{STM} 在设计定型时可演示验证, 但应拟定演示试验大纲来明确程序, 规定哪些工作可以交叉进行、时间如何确定、每项工作的计时准则等细则, 在定型样车上分别在常温、湿热、高寒、高原、沙漠地区进行 2 次以上演示, 取其平均值。在生产定型阶段可结合部队试用进行使用评估。

E. 6. 2. 14 受油速率(R_{RF})

受油速率 R_{RF} 用于度量主战坦克在加油设备能力充足的情况下便于加注燃油的能力, 通常用单位时间内接受燃油的数量来度量, 其计算公式见(E.12):

$$R_{RF} = \frac{L_{OI}}{T_{OI}} \dots \dots \dots (E.12)$$

式中:

L_{OI} ——单车载油量(升);

T_{OI} ——完成单车加油所用时间(分钟)。

通常在设计定型中进行演示验证,用设计定型样车演示 3—5 次,取其平均值。

E.6.2.15 保障设备满足率(R_{SEF})、保障设备利用率(R_{SEU})、现有保障设备利用系数(R_{ESEU})、备件满足率(R_{SF})、备件利用率(R_{SU})、现有保障设施利用系数(R_{ESFU})

描述主战坦克保障资源充足和适用程度的基本参数。

保障设备满足率(R_{SEF})、保障设备利用率(R_{SEU})、备件满足率(R_{SF})、备件利用率(R_{SU})的定义和度量方法见 A.2.3.2。上述参数在生产定型阶段只能结合部队试用进行初步评估,使用阶段进行使用评估。

现有保障设备利用系数(R_{ESEU})指现有同类装备的保障设备被新装备利用的程度。其度量方法是新研主战坦克利用的现有同类装备的保障设备数量(含沿用和改进)与需要的保障设备总数之比,其计算公式见(E.13):

$$R_{ESEU} = \frac{Q_{ESEU}}{Q_{SE}} \dots\dots\dots (E.13)$$

式中:

Q_{ESFU} ——沿用和改进的现有保障设备数;

Q_{SE} ——新研主战坦克需要的保障设备总数。

现有保障设施利用系数(R_{ESFU})指现有同类装备的保障设施能被新装备利用的程度。其度量方法是新研主战坦克利用的现有保障设施项数与所需保障设施总项数之比,其计算公式见(E.14):

$$R_{ESFU} = \frac{Q_{ESFU}}{Q_{ESFU} + Q_{NSF}} \dots\dots\dots (E.14)$$

式中:

Q_{ESFU} ——新研主战坦克利用的现有保障设施数;

Q_{NSF} ——新增保障设施项数。

现有保障设备利用系数(R_{ESEU})和现有保障设施利用系数(R_{ESFU})通常在设计定型时结合部队试验进行演示验证,在使用阶段进行使用评估。

E.7 主战坦克的 RMS 定性要求

E.7.1 可靠性定性要求

可靠性定性要求示例如下:

- 各门窗开启和关闭应方便可靠,防止在高速行驶及武器射击时自动开启或解脱闭锁;
- 坦克炮的自动装弹机应操作简便、工作可靠,一旦发生故障,应确保能实现半自动装弹和人工装弹;
- 操纵件应减少中间环节,拉杆、拉臂等应有足够的刚度,确保操纵精度;操纵杆、变速杆等操纵件的特定位置应准确唯一、操纵力适度、手感好;
- 燃油供给系各油箱管路的设计,要保证供油系统任一零部件损坏时,均不导致全车燃料漏尽,其所剩燃料应保证车辆能行驶 40 分钟以上;
- 受空间和板手尺寸限制且不便检查的紧固件,要有可靠的防松、防锈措施。

E.7.2 维修性定性要求

维修性定性要求示例如下:

- 动力装置和传动装置应可整体吊装。对于安装在主机上需要经常保养的设备和易损件,如机油滤、柴油滤、液压油滤、低压柴油泵、发动机喷油咀等应能够在车上进行检查、保养和拆卸检查。

- b) 需要乘员经常检查、调整和保养的零件或部位,要保证乘员能够看到和摸到,方便检查、调整和保养,传动、行动、操纵等需要定期注油的部件,注油咀要设在方便观察和操作的位置,并有防泥沙堵塞的措施。
- c) 由于空间限制,只能单人拆装更换的机件,要考虑人员的体能承受极限。
- d) 电子、电气产品的插接件要有防差错措施。
- e) 推进系统的主要部件设计,不仅要保证平时采用车间设备时能方便拆装,而且要保证在野战条件下也能方便拆装。
- f) 在日常使用中,需要乘员完成的调整、拆卸,以及门窗、甲板开启等工作,均要确保依靠本车乘员独立完成。
- g) 各柴油箱、润滑油箱、液压油箱等加油口盖,要统一规格,保证用一种工具能拆、装所有加油口盖。
- h) 拆装中释放能量的机件(如炮的反后座装置)、有毒液体和气体、人员工作中易碰伤和刮伤的部位要有防护措施。
- i) 在诱导轮损坏的情况下,应有短接履带的功能。

E.7.3 测试定性要求

测试定性要求示例如下:

- a) 全车各电子设备,其机内测试设备(BIT)的故障检测隔离能力应能满足基层级维修的需求,BIT加外部自动测试设备(ATE)的故障检测隔离能力应能满足中继级维修的需求;
- b) 非电子设备的车载测试设备应能满足动力、传动装备和电气、液压系统的状态监测需求,并有一定的故障检测能力,用于动力、传动装置和电气、液压系统的外部测试设备应能满足功能检测的需求;
- c) 非电子设备的车载测试设备应和驾驶员仪表板一体设计,其面板应分为报警、仪表、工况三部分,尽可能减少仪表数量,只保留最重要的仪表,次要的参数可在显示屏上按需要显示,并要留有仪表效验接口及数据读取接口;
- d) 全车电子设备,应按结构和功能合理地把系统划分为若干基层级可更换单(LRU),每个LRU也应按结构、功能、电气合理地划分为若干中继级可更换单元(SRU);
- e) 车载检测设备应对安全和任务有影响的性能参数进行状态监控,所有异常情况都应记录,对后果严重的应能及时报警,并按其严重程度分为两个报警级,即灯光报警和灯光、声音同时报警;
- f) 机内测试设备(BIT)的可靠性要求应比所检测对象的可靠性指标高一个数量级;
- g) 对ATE和外部检测设备应有自检功能;应与被测对象自检测相兼容;与所检测设备的测试接口在车上应方便地安装与拆卸,并应有明显的标记;
- h) 发动机、变速箱、分动箱润滑油循环回路应有放油取样活门,该活门在车上应有良好的可达性;
- i) 动力、传动装置和电气设备、液压系统为满足外部自动测试设备(ATE)方便地进行功能测试,传感器应尽可能预置,无法预置传感器的应有安装接口。

E.7.4 保障资源要求

针对现役装备保障资源存在的问题,对保障资源提出了一些具体的要求。主要有:

- a) 充分利用部队现有的保障设施,如修理间、保养间、库房等。
- b) 减少专用工具和设备的品种及数量,采用通用化、系列化工具设备。
- c) 对使用维修人员的要求不应高于高中毕业;使用维修人员的初始编配方案中的技术专业、数量、技能等级等应参考部队现行的编制情况;基层级维修人员的工种数不得超过现有数量,对新的技术专业或特殊的人员要求应作出详细的说明。
- d) 使用与维修人员训练应能利用现有设施、器材和设备完成。
- e) 技术资料应正确、完整、易读,并与装备技术状态保持一致,满足使用与维修需要。技术资料

的格式与内容应符合 GJB 5432 及有关标准和规定的要求。

- f) 应按 GJB 437、GJB 438A、GJB 439 等有关标准和规定的要求开发装备内嵌入式软件，保证其便于操作、维护、测试和升级，并提供配套的保障与测试设备、工具以及相关文档。
- g) 应能利用现有运输工具在我国领土全域范围内实施公路运输、铁路运输和海上运输；应考虑装卸时系留点的尺寸、形状、强度和标记等问题；器材的包装要求按《装甲装备器材包装技术通则》和《装甲装备器材包装容器尺寸条例》执行。

附录 F
(资料性附录)

火炮可靠性维修性保障性要求示例

F.1 火炮组成及特点

火炮是军队作战时的主要火力突击力量，其任务是直接杀伤和摧毁敌方的兵力兵器。直接瞄准射击和间接瞄准射击。编配方案：炮兵连的编制有四门制、六门制和八门制三种，即每个炮兵连编制四门、六门或八门火炮，依火炮种类而定。一般加农炮、反坦克炮采用六门制，大口径火炮采用四门制，高炮常用八门制。现以某型反坦克炮为例予以说明。该炮在陆军师属炮团编制一个反坦克炮营，全营火炮××门。预期使用年限约为 20 年，身管寿命要求 1000 发以上。其组成如图 F.1 所示。

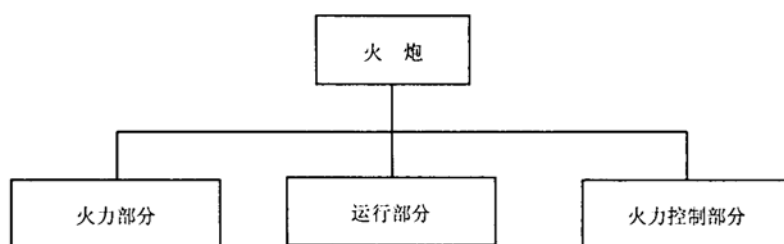


图 F.1 火炮组成示意图

F.2 使命任务

F.2.1 作战目标

作战目标为：

- a) 主要目标：××等型号主战坦克；
- b) 其他目标：其他装甲车辆、火力点等。

F.2.2 作战任务

作战任务为：

- a) 阵地防御战：主要用于抗击坦克、其他装甲车辆冲击；
- b) 进攻战斗：作为直接支援火力及压制火力支援步兵和坦克战斗。

F.3 使用方案

F.3.1 典型火炮的寿命剖面示例

火炮从出厂到报废经历的全部事件及其环境的时序描述。一般包括出厂运输、仓储、使用、维修等。典型的火炮寿命剖面见图 F.2。

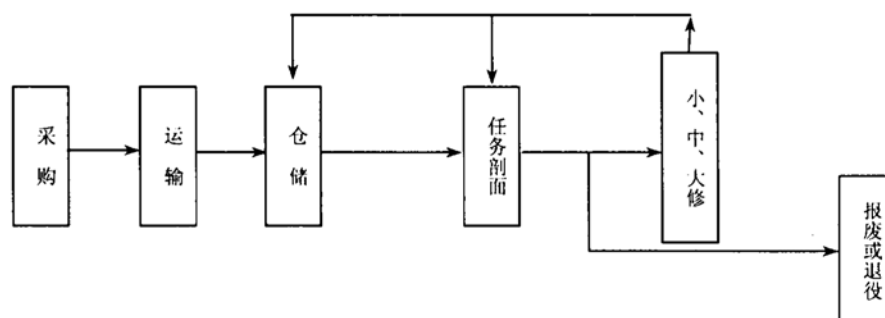


图 F.2 火炮寿命剖面示意图

F.3.2 火炮任务剖面示例

F.3.2.1 训练任务剖面

训练任务剖面方框图见图 F.3。

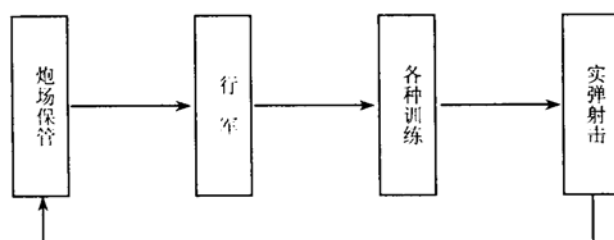


图 F.3 训练任务剖面示意图

F.3.2.2 作战任务剖面示例

F.3.2.2.1 作战任务剖面方框图

火炮作战任务剖面方框图见图 F.4。

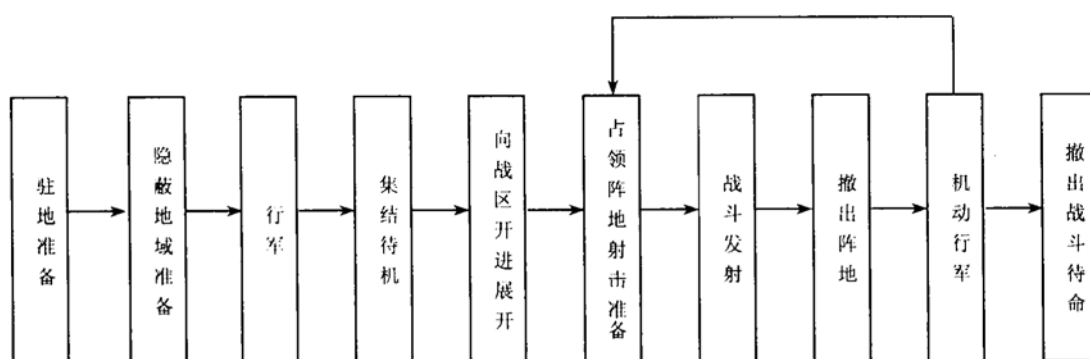


图 F.4 火炮作战任务剖面示意图

F.4 故障定义及判据

F.4.1 故障

火炮在规定的条件下，出现了不符合规定状态必须进行维修的事件或状态，均记为故障。故障分为严重故障和非严重故障。

F.4.2 严重故障

下列故障均属严重故障：

- 引起不能正常发射的故障，如不击发，射击过程出现不能开门、炮膛膨胀等；
- 引起不能行军的故障，如车轮严重损坏、制动装置失灵及发动机严重故障等；
- 危害人员及火炮安全的故障，如膛炸、后座失常、自行击发等。

F.4.3 非严重故障

严重故障以外的故障均为非严重故障。

每种型号的火炮应制定故障判别准则的细则，供统计鉴别故障时使用。

F.5 初始保障方案

F.5.1 现行火炮维修体制

F.5.1.1 除操作手进行的日常维护外，按维修保障机构的梯次配置分三级，即基层级、中继级和基地级。

F.5.1.2 操作手利用随炮携行或使用分队配置的备件、附件和工具完成下述工作：

- a) 日常的和每周的检查、调整等维护工作;
- b) 射击前后、行军前后的技术准备和维护处理;
- c) 炮门一般常见故障的换件修理。

F. 5. 1. 3 基层级系指火炮使用部(分)队伴随保障的基层修理单位, 如炮兵团的修理所。一般有如下保障资源:

- a) 人员: 火炮工程师或技术员 1 人, 光学技术员 1 人, 修理工 6-8 人, 机加工(车、焊工)1-3 人;
- b) 设备: 车床及台钻各一台, 电焊气焊设备一套, 钳工工具齐全, 修理工程车 1-2 辆, 火炮大件分解结合工具等。

F. 5. 1. 4 基层级利用本级配置的工具、设备、备件和人力等资源一般能完成火炮故障总数的 70%-80% 的修复任务, 主要工作有:

- a) 对火炮的全面检查、调整等维修工作;
- b) 火炮大件分解以及除液压、电气、光学部分外的细部分解修理;
- c) 规定在基层级完成的小修或换件修理的任务;
- d) 战斗损伤的换件及抢修任务。

F. 5. 1. 5 中继级系指基层级的上级修理机构, 如陆军师修理所、后勤分部修理连、军区修理所等, 除能完成基层级的维修内容外, 还能:

- a) 完成对基层级的支援修理;
- b) 完成部分项修或中修。

中继级修理机构比基层级有更多的设施、设备、工具和更强的技术力量, 一般能完成火炮故障总数的 90%以上的修复任务。

F. 5. 1. 6 基地级一般指军内外承担修理任务的企业化工厂, 能完成上述各级维修内容, 和火炮的大修、改装等。

F. 5. 2 现行火炮维护制度

F. 5. 2. 1 日维护: 指火炮使用前后的日常擦拭保养工作。一般不超过 10min。

F. 5. 2. 2 周维护: 对炮门等稀油防护的零部件进行擦拭保养等。一般工作时间不超过 3h。

F. 5. 2. 3 年度维护: 对火炮进行全面的技術检查和调校, 更换变质的油脂。一般允许 4h-6h。

F. 5. 2. 4 此外根据驻地情况或火炮使用油脂情况亦可安排季度维护。

F. 6 火炮常用的可靠性维修性保障性要求

F. 6. 1 定量要求

F. 6. 1. 1 火炮可靠性维修性保障性参数选择表

火炮可靠性维修性保障性参数选择见表 F.1。

表 F. 1 火炮可靠性维修性保障性参数选择表

序号	参数名称	类型		适用范围					验证方法	验证时机
		使用参数	合同参数	火炮	火力部分	火控部分	运行部分	身管		
1	平均故障间隔时间 T_{BF}	√	√	☆	☆	☆	☆		试验验证	设计定型
2	平均严重故障间隔时间 T_{BCF}	√	√	☆	☆	☆	☆		试验验证	设计定型
3	射击故障率 λ	√	√		○				试验验证	设计定型
4	大修间隔期 T_{BR}	√		○					试验验证 分析评估	设计定型 部署使用

表 F.1(续)

序号	参数名称	类型		适用范围					验证方法	验证时机
		使用参数	合同参数	火炮	火力部分	火控部分	运行部分	身管		
5	储存寿命 L_{ST}	√	√	○	○	○	○		分析评估	部署使用
6	使用寿命 L_{SE}	√	√					☆	试验验证 分析评估	设计定型 部署使用
7	使用可用度 A_O	√				○			分析评估	部署使用
8	固有可用度 A_I		√			○			试验验证	设计定型
9	平均修复时间 M_{CT}	√	√	☆	○	○	○		试验验证 分析评估	设计定型 部署使用
10	恢复功能用的任务时间 T_{MRF}	√	√	☆	○	○	○		试验验证 分析评估	设计定型 部署使用
11	预防性维修时间 M_{PT}	√	√	○					试验验证 分析评估	设计定型 部署使用
12	最大修复时间 M_{maxct}	√	√	○					试验验证 分析评估	设计定型 部署使用
13	身管更换时间 M_{REN}	√	√					○	演示验证	设计定型
14	预防性维修工时 M_S	√		○					演示验证	设计定型
15	年平均维修费用 C_{MY}	√	√	○					分析评估	部署使用
16	年平均备件费用 C_Y	√	√	○					分析评估	部署使用
17	故障检测率 R_{FD}	√	√			○			演示验证 分析评估	设计定型 部署使用
18	故障隔离率 R_{FI}	√	√			○			演示验证 分析评估	设计定型 部署使用
19	虚警率 R_{FA}	√	√			○			演示验证 分析评估	设计定型 部署使用
20	单炮战斗准备时间 T_B	√	√	☆					演示验证 分析评估	设计定型 部署使用
21	行军与战斗状态转换时间 T_2	√	√	☆	☆	☆	☆		演示验证	设计定型 部署使用
22	装弹时间 t_1	√	√	○	○				演示验证	设计定型
23	燃油加注时间 t_2	√	√	○					演示验证	设计定型
24	射击和行军前准备时间 T_1	√	√	☆	☆	☆	☆		演示验证	设计定型
符号说明：☆ ——优先选用的参数；○ ——适用的参数；√ ——适用的参数类型。										

F.6.1.2 参数选择表的使用

参数选择表的使用方法如下：

- 各种火炮及主要组成部分(包括软件)均应根据各自的特点,按表 F.1 选择可靠性维修性保障性参数。若有特殊要求时也可选择表 F.1 之外的参数。但应注意参数间的协调。
- 选择的参数应满足火炮的寿命剖面 and 任务剖面及使用需求。
- 坦克炮、航炮、舰炮等选择可靠性维修性保障性参数及指标应与坦克、飞机、舰船的有关参数和指标相协调。

- d) 火控部分及运行部分等可以单独提出可靠性维修性保障性参数及指标,但要与火炮系统的参数及指标相协调。
- e) 平均故障间隔时间(T_{BF})对火炮及其组成部分可用不同的名称,如平均故障间隔发射弹数,平均故障间隔里程,平均故障间隔操作次数等。
- f) 平均严重故障间隔时间(T_{BCF})对火炮不同的任务剖面,可用不同的名称,如严重故障间的发射弹数,严重故障间隔里程,严重故障间的操作次数等。
- g) 贮存寿命(L_S)是指在规定可靠性水平的贮存期,通常以日历时间计算。橡胶件、塑料件、电子元器件、油液等可单独提出贮存寿命指标。
- h) 预防性维修时间(M_{PT})通常用日维护时间、周维护时间或基层级年预防性维修时间表示。
- i) 使用寿命,通常用于身管,也可以用于自动机及其他有寿命要求的部、组件。

F.6.2 参数说明和定义

本附录除使用 GJB 451A 及本标准正文中的术语外还使用下列术语。

F.6.2.1 预防性维修工时(M_S)

在规定条件下,进行预防维修所需的工时。它是与维修人力有关的一种维修性参数,通常用日维护工时、周维护工时和基层级年预防性维修工时表示。

F.6.2.2 大修间隔期(T_{BR})

在规定条件下,火炮两次相邻大修间的间隔时间,可用使用时间与大修次数之比度量。

F.6.2.3 年平均备件费用(C_Y)

在规定使用条件下,每年消耗备件费用的平均值。是与保障资源有关的维修性参数。

F.6.2.4 年平均维修费用(C_{MY})

在规定使用与保障条件下,每年维修费用的平均值,以火炮购置费的百分数度量。

F.6.2.5 单炮战斗准备时间(T_B)

在规定使用与保障条件下,单炮从贮备封存状态下,转变为可以立即战斗的准备时间的平均值。

F.6.2.6 射击和行军前准备时间(T_i)

在规定使用与保障条件下,单炮从保管状态下,转变为可以立即行军或战斗的准备时间的平均值。

F.6.2.7 作战状态与行军状态转换的时间(T_2)

在规定使用与保障条件下,单炮作战状态与行军状态互相转换的时间的平均值。

F.6.2.8 装弹时间(t_1)

向自行炮弹药舱、火箭炮发射架装满弹药的时间的平均值。

F.6.2.9 燃油加注时间(t_2)

在规定使用与保障条件下,单炮从空油箱到注满最大行驶里程油量所需时间的平均值。

F.6.3 参数指标的验证方法

F.6.3.1 可靠性指标的验证方法

本炮初步确定:

火炮严重故障间的发射弹数、平均故障间隔发射弹数、火炮严重故障间隔的里程、平均故障间隔里程等可靠性指标试验采用 GJB 899 标准定型时试验方案表 A3 中方案号 17,当试验经费短缺时也可采用短时高风险定时试验表 A4 中方案号 20。

方案号 17: $\alpha=\beta=20\%$, 鉴别比 $d=\theta_0/\theta_1=3.0$ 试验时间(θ_1 的倍数)4.3, 判决故障数大于或者等于 3 拒收, 小于或者等于 2 接收。

方案号 20: $\alpha=\beta=30\%$, 鉴别比 $d=\theta_0/\theta_1=3.0$ 试验时间(θ_1 的倍数)3.7, 判决故障数大于或者等于 3 拒收, 小于或者等于 2 接收。

检验下限 θ_1 等于合同指标值的最低可接受值。

F.6.3.2 维修性保障性指标验证方法

本炮初步确定:

- a) 基层级平均修复时间(M_{CT})和恢复功能用的任务时间(T_{MRF})等维修性指标验证试验采用 GJB 2072 中试验方法 9 所规定的方法验证。不可接受值或最低可接受值等于合同指标。
- b) 表 F.1 中其他维修性、保障性时间参数指标用在规定条件下实测三次的平均值(点估计值)与合同指标比较, 平均值小于等于合同指标(最低可接受值)为合格。

F.7 定性要求

F.7.1 可靠性定性要求

可靠性定性要求如下:

- a) 自行火炮门窗开启后应固定确实和关闭时应锁紧、密闭可靠;
- b) 反后坐装置、平衡机应密闭可靠不得漏液漏气;
- c) 炮身、回转部分、起落部分固定在行军状态时应牢靠无松动;
- d) 火炮上携行的附件、工具应固定牢靠无松动;
- e) 火炮与牵引车联接应牢靠, 车轮轮带与轮盘间应固定牢靠, 行军中不得相对转动;
- f) 防弹轮胎被击穿后, 应可继续行驶 50km;
- g) 参考相关标准的内容拟定可靠性设计准则。

F.7.2 维修性定性要求

维修性定性要求如下:

- a) 对需要经常调整、清洗、更换的部件应在保证联接可靠的要求下, 多采用快速联接结构, 便于拆装或可进行原位维修;
- b) 反后坐装置、平衡机液量气压应能自行检测或检测十分简便, 液体、气体补充简单易行;
- c) 自行炮身管应能前抽进行更换, 动力舱应能整体吊装;
- d) 应提供简单适用的工具使炮膛擦拭简单、轻便、迅速;
- e) 战场抢修的要求, 自行炮诱导轮损坏时, 应能实现履带短接, 充气轮胎漏气应能自行修补等。

F.7.3 测试性定性要求

应参考 GJB/Z 91 的有关内容拟定测试性定性要求。

F.7.4 保障性定性要求

保障性定性要求如下:

- a) 火炮的外形尺寸、质量应能允许用各种规定运输工具道路运输和通行;
- b) 火炮应能按规定要求整体运输或合理分件运输;
- c) 火炮应设置有固定在运输工具中所需的系紧点、加固装置并便于系紧和加固;
- d) 人员上下或进出火炮应安全、方便、迅速, 应有抓手把、脚踏板;
- e) 火炮停放、遮盖、拖拉、移动、固定、吊装应方便; 应设计必需的挂钩、拉钩、突钮、固定钩、结索环、吊具接口或接头、支架、垫铁或垫木、防滑链(板)、牵引钢缆(绳)、移动滚轮等, 整体吊装的部组件或装置应标明其质心的位置;
- f) 火炮行军、战斗状态转换应方便, 应设计必需的升降架、搬抬杠、自动升降(开合)装置(机构)、转换固定架、转换轮等;
- g) 应设计必需的检查靶、清洗器材、校正仪、土木工具、加油机(枪)等附件、工具, 其固定安装位置应便于存取;
- h) 火炮保管、封存、启封、伪装应方便, 应设置必需的防尘、防雨雪、防日晒、防雷电、防盗窃的设计或与有关器材相配套的设计措施;
- i) 火炮战斗或行军的准备工作应尽量少, 且作业方便;
- j) 充填加挂弹药、导弹、燃油、润滑剂、气体、液体的加注应简便、迅速、安全、可靠(牢固);

- k) 火炮的被测试单元与所采用的通用测试设备应匹配兼容;
- l) 火炮及其保障装备、设备应既能使用自备能源,又能使用外接能源(如电源、液压源、气源等);
- m) 火炮应能使用多种规格的燃油、润滑与防护油(剂)、液压、密封油液和气体,所使用的特殊规格燃油、润滑与防护剂、气体、液体的品种规格应减至最少;
- n) 火炮及其保障设备、备件对包装、装卸、贮存和运输保障的要求及约束条件等因素应纳入设计过程并影响火炮设计。

附录 G (资料性附录)

弹药可靠性维修性和保障性要求示例

G.1 弹药组成及特点

弹药的种类繁多,主要包括:炮弹、枪弹、火箭弹、手榴弹、地雷、信号弹、航空炸弹、深水炸弹等。弹药随种类不同,其组成也有不同,一般包括引信、战斗部、药筒、发射药(推进剂)、底火(点火具)等。弹药属于长期贮存一次使用的产品,弹药的配套件如引信、火工品、火药、炸药等,也是一次使用的产品。随着作战模式、作战需求的发展,以及信息技术的发展和运用,弹药的样式、复杂程度、作用信息途径等方面都在发生不断变化,因此,需要根据弹药的实际情况,开展论证工作,提供适合不同弹药特点的可靠性维修性保障性参数和要求。

G.2 弹药作战任务需求

G.2.1 一般要求

在确定弹药可靠性维修性保障性要求时,应提供需求分析,明确弹药预期的作战任务、使用和保障条件,进而明确对可靠性维修性保障性的需求。主要包括:

- a) 明确弹药是供作战使用还是供训练使用;
- b) 明确弹药终点作用形式(如:杀伤、爆破、穿甲、照明、烟幕或纵火等);
- c) 明确弹药是独立作用还是与装备配套使用;
- d) 明确弹药的使用环境(如海上、空中或陆地以及温度、湿度、霉菌、盐雾、沙尘、电磁干扰场等)。

G.2.2 作战使用需求

以破甲弹为例,其作战任务主要是:配用于反坦克火炮或反坦克火箭筒,以高温、高速的金属射流来穿透坦克和其他装甲车辆的装甲,达到破坏车内设施、装备及杀伤其人员的目的。显然,破甲弹直射距离要远、破甲威力要大或穿透的装甲要厚,射击密集度要高、贮存性能要好。为此,要求新研制的破甲弹应能对付某型装甲目标,并且作战效能要好、费用要低,从而满足作战和训练的需要。主要包括:

- a) 全弹在装卸、运输、贮存、勤务处理等环节应保证安全;
- b) 配用于直接瞄准打击装甲武器的弹药,对任务可靠性要求尽可能高。
- c) 要保证在射击过程中的安全,尽可能减少瞎火(不发火)、迟发、膛炸和早炸等现象发生;
- d) 满足所配用火炮的使用和保障要求,如小号装药解脱保险和野外露天存放等的要求;
- e) 弹药在贮存阶段一般不能更换引信、底火等低寿命元件,因此,应提高引信、底火的寿命,提高破甲弹贮存可靠性,减少维修;
- f) 试验条件按有关国家军用标准的规定执行。

G.3 使用方案

G.3.1 寿命剖面

G.3.1.1 寿命剖面是装备从制造到寿命终结或退出使用这段时间内,所经历的与可靠性维修性保障性有关的全部事件和环境的时序描述。主要事件有装卸、运输、贮存、检测、维修、部署、任务剖面等;环境的时序描述应包括每个事件的持续时间、顺序、环境和工作方式等。

G.3.1.2 以破甲弹为例,其寿命剖面与一般弹药寿命剖面相同,按时序一般包括交付、装卸、运输、库存、贮存、战地(训练)贮存、战地(训练)使用以及退出使用或报废销毁等事件,某口径破甲弹寿命剖面见图 G.1。

G.3.1.3 特别注意在弹药全寿命周期的各个环节都有装卸，弹药的装卸是一项危险较大的事件。

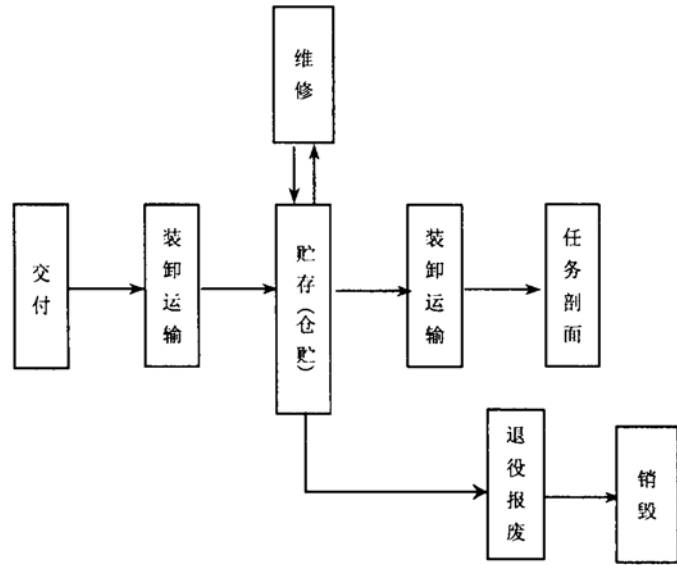


图 G.1 破甲弹寿命剖面示意图

G.3.2 任务剖面

G.3.2.1 任务剖面是对预期在产品的使用寿命周期内出现的，对该产品寿命发挥的能力有影响的重大操作、时间、功能、状况和非环境参数的时序描述。

G.3.2.2 以破甲弹为例，其任务剖面与一般弹药的任务剖面相同，其中对可靠性影响较大的，通常是发射、飞行、终点作用事件。破甲弹任务剖面的时间很短。破甲弹任务剖面框图见图 G2。

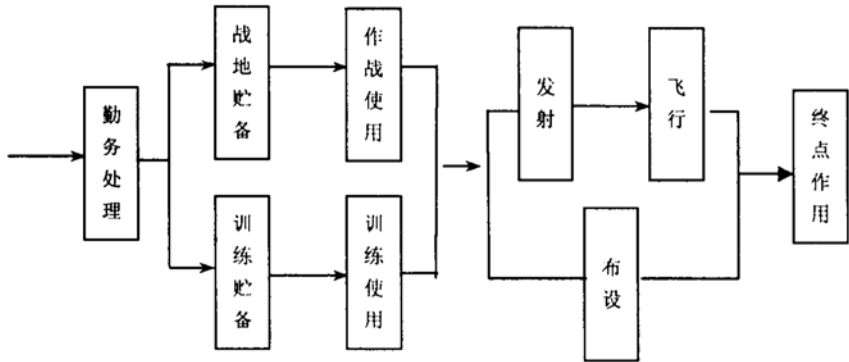


图 G.2 破甲弹任务剖面示意图

G.3.3 环境剖面

装备应被设计成能够在使用或作战环境生存并发挥作用。因此，应明确弹药全寿命周期过程中可能遇到的恶劣运输、贮存、使用 and 维修保障环境。环境剖面应以适当的时间顺序，阐述与任务剖面所定义的重大操作、时间、功能、状况和非环境参数等相关的具体的自然环境和诱发环境。

G.4 故障(失效)判断准则

G.4.1 故障

弹药在贮存、运输条件下，出现的不符合规定状态并且需要进行维修的事件均记为故障。如使用性能降低导致不能满足战技指标要求、脱漆、防护油脂变质等。

G.4.2 失效

导致弹药瞎火、膛炸、早炸、掉弹、半爆、不能解脱保险或不炸等不能使其发挥正常功能的事件均记为失效。

G.5 初步保障方案

弹药一般采取三级维修方案(见表 G.1)。

表 G.1 弹药维修保障方案

维修级别	维修单位	主要维修任务
基层级	仓库 弹药修理所	1. 弹药表面除锈、换油、重新涂漆和印标志;
		2. 更换弹头引信、特种弹传爆药柱、旋入式底火、迫击炮弹基本药管、附加药包及火箭弹发射药管;
		3. 更换分装式药筒的密封油和药筒口部整形;
		4. 对结合松动的定装式炮弹进行紧口;
		5. 修理弹丸的炸药面和引信驻室螺纹;
		6. 对部队上交的弹药及其元件进行选分、擦拭与包装;
		7. 修理弹药包装箱。
中继级	军区弹药修配站	1. 弹药分解后的擦拭除锈、涂漆、印标志和装配;
		2. 对引信、底火、曳光管和基本药管的外部进行检修和重新密封包装;
		3. 更换曳光管、发射药(已确定装药量的)、点火药和辅助元件;
		4. 修理、更换迫击炮弹和火箭弹弹尾;
		5. 对弹丸炸药面膨胀以及影响整装引信的炮弹进行维修。
基地级	弹药修理厂	1. 弹药分解后进行选配、调整、更换发射药、炸药等修理;
		2. 改装弹药并配制弹药的零部件;
		3. 复修射击过的药筒, 更换引信零部件以及引信分解修理。

G.6 可靠性维修性保障性参数和说明

G.6.1 参数选择

弹药可靠性维修性保障性主要参数见表 G.2。

表 G.2 弹药可靠性维修性保障性参数选择表

序号	参数名称	类型		适用范围											验证方法	验证时机
		使用参数	合同参数	炮弹	火箭弹	枪弹	手榴弹	地雷	信号弹	航空炸弹	深水炸弹	引信	火工品	火药、炸药		
1	任务可靠度 R_M	√		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	分析评估	设计定型
2	作用可靠度 R_{FU}		√	☆	☆	☆		☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	试验验证	设计定型
3	发射可靠度 R_L		√	○	○	○		○		○	○				试验验证	设计定型
4	飞行可靠度 R_F		√	○	○	○		○		○	○				试验验证	设计定型
5	终点作用可靠度 R_{IF}		√	○	○	○	☆	○		○	○				试验验证	设计定型
6	瞎火率 λ_0	√	√	○	○		○	○		○	○	○			试验验证	设计定型
7	贮存可靠度 R_S		√	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	分析验证	使用阶段
8	可靠贮存寿命 L_{RS}	√	√	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	分析验证	使用阶段
9	仓库维护间隔期	√	√	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	分析验证	使用阶段
10	使用前准备时间	√	√	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	分析验证	部队试验
注: ☆ ——优先选用参数; ○ ——选用参数; √ ——参数类型。																

表中各参数说明如下:

a) 任务可靠度

任务可靠度的概念和内涵参见 A.2.2.2.b)。任务可靠度检验可以只检验作用可靠度或者分别检验发射可靠度、飞行可靠度和终点作用可靠度。

b) 作用可靠度

弹药在规定的使用条件下,完成从抛射(发射、布设、投放)至终点作用规定功能的概率。

该指标采取试验验证的方法进行验证。

当批量(N)相比于样本量(n)较大,即 $N \geq 10n$ 时,采用二项分布估计可靠度,反之采用超几何分布估计可靠度,具体计算方法见 GJB 376 第 4 章。验证试验的试验方案、置信水平、数据收集和处理等经订购方和承制方协商,并由订购方委托的试点单位具体实施。

c) 发射可靠度

弹药在规定的发射条件下,成功发射的概率。

该指标采取试验验证的方法进行验证,不合格判据为:在发射过程中,破甲弹不能正常飞离炮口判为发射不合格。

当批量(N)相比于样本量(n)较大,即 $N \geq 10n$ 时,采用二项分布估计可靠度,反之采用超几何分布估计可靠度,具体计算方法见 GJB 376 第 4 章。验证试验的试验方案、置信水平、数据收集和处理等经订购方和承制方协商,并由订购方委托的试点单位具体实施。

d) 飞行可靠度

弹药成功发射后,在达到目标或作用区的预定弹道上正常飞行的概率。

该指标采取试验验证的方法进行验证,不合格判据为:当弹药的射击距离或射击密集度满足不了战技指标的要求则判为不合格。

当批量(N)相比于样本量(n)较大,即 $N \geq 10n$ 时,采用二项分布估计可靠度,反之采用超几何分布估计可靠度,具体计算方法见 GJB 376 第 4 章。验证试验的试验方案、置信水平、数据收集和处理等经订购方和承制方协商,并由订购方委托的试点单位具体实施。

e) 终点作用可靠度

弹药击中目标或落入作用区后,完成规定功能的概率。

该指标采取试验验证的方法进行验证,不合格判据为:当弹药的毁伤效能未达到战技指标要求则判为不合格。

当批量(N)相比于样本量(n)较大,即 $N \geq 10n$ 时,采用二项分布估计可靠度,反之采用超几何分布估计可靠度,具体计算方法见 GJB 376 第 4 章。验证试验的试验方案、置信水平、数据收集和处理等经订购方和承制方协商,并由订购方委托的试点单位具体实施。

f) 瞎火率 λ_0

弹药中具有独立功能的部件在抽样检验中出现的瞎火数与总样本数之比,其计算公式见(G.1):

$$\lambda_0 = \frac{n}{N} \dots\dots\dots (G.1)$$

式中:

n ——抽样检验中出现的瞎火数;

N ——抽样检验总样本数。

该指标采取试验验证的方法进行验证。

g) 贮存可靠度

弹药在规定的贮存条件下和规定的贮存时间内,保持规定功能的概率。

该指标采取分析验证的方法进行验证。分析验证时,由订购方制订评审准则,经承制方同意后作为验证评定标准,由订购方组织验证。

h) 可靠贮存寿命

弹药在规定的贮存条件下,从开始贮存到保持可靠度不低于规定值的贮存时间。

该指标采取分析验证的方法进行验证。分析验证时,由订购方制订评审准则,经承制方同意后作为验证评定标准,由订购方组织验证。

i) 使用前准备时间(STTM)

弹药从包装状态,拆去包装转变为使用状态的平均时间。

该指标采取分析验证的方法进行验证。分析验证时,由订购方制订评审准则,经承制方同意后作为验证评定标准,由订购方组织验证。

j) 仓库维护间隔期

弹药在仓库贮存过程中进行正常维护的平均间隔时间。

该指标采取分析验证的方法进行验证。分析验证时,由订购方制订评审准则,经承制方同意后作为验证评定标准,由订购方组织验证。

G.6.2 合同参数

使用参数任务可靠度对弹药而言是综合性参数,需要转化为合同参数—作用可靠度。而作用可靠度通常以发射可靠度、飞行可靠度和终点作用可靠度来描述,其计算公式见(G.2):

$$R_{FU} = R_L \times R_F \times R_{IF} \cdots \cdots (G.2)$$

式中:

R_{FU} ——作用可靠度;

R_L ——发射可靠度;

R_F ——飞行可靠度;

R_{IF} ——终点作用可靠度。

发射可靠度、飞行可靠度和终点作用可靠度本身既是使用参数,也是合同参数。

使用参数瞎火率、可靠贮存寿命、仓库维护间隔期、使用前准备时间本身也是合同参数,无需转换。

G.7 定性要求

G.7.1 可靠性定性要求

主要包括:

- 防潮要求要高,一般情况下弹药或部件应密封包装,零、部件间螺纹联接处应有密封措施;
- 弹丸、药筒和包装上的标志应清楚牢固,在使用年限内保持不变;
- 应采用适当的保险措施,确保贮存、使用过程的安全;
- 弹药中所装的各种药剂,在贮存寿命期内应具有良好的物理安定性和化学安定性。各种药剂之间,药剂与壳体或其他材料之间应具有良好的相容性。

G.7.2 维修性定性要求

主要包括:

- 全密封包装的弹药应能快速启封和快速恢复包装;
- 使用前某些部位需要调整的弹药,应不用工具就能调整或提供简单适用的工具;
- 组成弹药的各元件均应满足贮存寿命要求,在贮存寿命期内不需换件修理;
- 在贮存期间需要定期检测的弹药,应便于检测;
- 应尽量采用无维修设计,以减少危险性和保障工作量。

G.7.3 保障性定性要求

主要包括:

- 弹药包装材料应防潮、防锈、防虫蛀和不易燃,并要考虑隐蔽和环境保护等要求;
- 弹药包装应便于人力和机械搬运、装卸;

- c) 破甲弹在包装状态能检测其密封性和温湿度；
- d) 弹药密封包装应启封容易，需恢复密封时应简便、可靠；
- e) 密封包装容器应配备必要的启封工具；
- f) 弹药及包装应便于退役、报废后的彻底拆毁或销毁。

附录 H
(资料性附录)

对空情报雷达可靠性维修性保障性要求示例

H.1 对空情报雷达组成及特点

对空情报雷达为长期连续使用的可修复电子装备。主要成分系统包括：天馈分系统、发射分系统、接收分系统，信号处理分系统、终端分系统、监控分系统等。计划生产××部，部署在××地区。采用少人值守工作方式，每班值班人数×人-×人。

H.2 任务需求

对空情报雷达是防空体系的重要组成部分，是对空警戒、搜索、监视与识别空中目标(如飞机等)并确定其坐标和运动参数。要求它及时、准确、连续地发现目标，并作出威胁评价，及时向指挥部门发出有关空中态势信息，为防空作战及人民防空提供所需空中情报。另外，还兼负引导航空兵作战及保障飞行训练和实施航空管制(即空中交通管制)。

H.3 使用方案

H.3.1 任务剖面

每天连续工作 24h，不停机维护检查时间≤1h，也允许采用×小时一班等轮流工作方式。年预计工作时间××××h~××××h。任务期间承受的应力在 GJB 74A-1998 第 3.13 条所列应力范围内。

H.3.2 寿命剖面

雷达寿命剖面示意图如图 H.1。

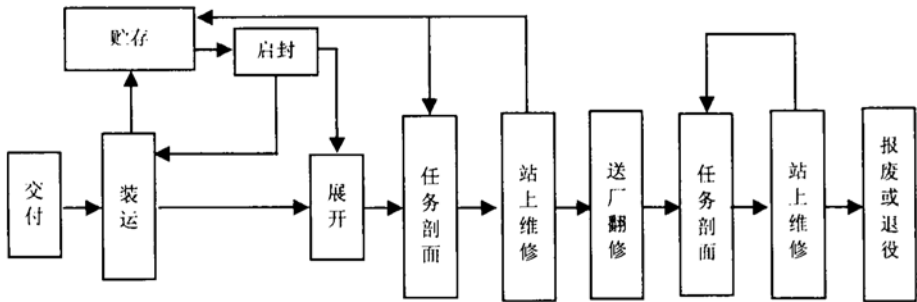


图 H.1 寿命剖面示意图

图 H.1 中，平均服役期限××年，服役期内允许送厂翻修×次。贮存有效期和承受应力见 GJB 74A-1998 第 5.3.2 条。服役期内可能经历的运输方式有：公路运输(含土路、山路等非等级公路)、铁路运输、海上(含江、河)运输和空中运输。装卸等运输作业和各类运输方式承受应力见 GJB 74A-1998 第 5.3.1 条。站上维修包括修复性维修和预防性维修。

H.4 故障判断准则

判别是否故障以 BITE(机内自检设备)指示加值守人员判断为主，外接仪表或辅助维修设备测试为辅。要求对每种功能和(或)每个 LRU，BITE 按下列等级用颜色或数据显示：

- 绿色——正常；
- 蓝色——告警；

黄色——轻微(不影响功能但需安排非计划维修。技术规范说明检测门限);
橙色——边缘(任务降级、技术规范应规定边缘值);
红色——严重(功能丧失或因严重降级不再使用。技术规范定量或定性说明)。

在所有时间内发生的后 3 类显示,经值守人员判定为故障后均应记录,经故障审查委员会确认后计入 MTBF 统计,在任务剖面内发生的严重故障计入 MTBCF 统计。

H.5 初始保障方案

H.5.1 维修方案

维修方案采用三级建制维修加制造厂支援。

维修方案以基层级(雷达站)更换故障的部件和组件,军修厂修复大部分故障件为主。旅团修理所支援预防性维修和少量修复性维修为辅。设想雷达每天工作 24h,每天允许不停机维护检查时间 1h。根据上述设想,实行三级建制维修:雷达站,旅团修理所,军修厂,加制造厂支援维修。

H.5.2 站上维修(需要时旅团修理所支援)

站上维修由经过本专业训练的技术人员在每个站上实施。主要任务是:

- a) 清洁和润滑等保养工作;
- b) 防锈,防腐蚀;
- c) 监视和测量性能;
- d) 电子部件原位检查;
- e) 系统的调整和校准(或统调);
- f) 寻找故障和隔离故障;
- g) 更换部件和组件;
- h) 器材保管和信息记录、传递。

H.5.3 军修厂维修

军修厂维修由接受过专门的军修厂级维修训练并具有高技术能力的人员实施。军修厂级维修可以分为军修厂内维修和机动修理分队维修。军修厂内维修活动通常是:修理、翻修、测试和检查所有不属制造厂/供应商修理的部件和组件。机动修理分队的维修活动通常是对站上人员提供辅助设备和新的专业技能。必要时军修厂可担负整机改进和改型工作。

H.5.4 制造厂修理

制造厂包括整机生产厂和某些货架产品供应商。修理超出军修厂修理能力的件,一般小于×%。雷达站上可更换单元(LRU)在修复中可能被报废的比例小于×%,修复后的 LRU 被站级返回需重新修理的返修率小于×%。

H.6 可靠性维修性保障性参数及其说明

H.6.1 可靠性维修性保障性参数说明

对空情报雷达可靠性维修性保障性 RMS 参数集见表 H.1。针对不同型号雷达装备的特点和需求,对表 H.1 中所提参数,可进行适当剪裁或增加。

表 H.1 对空情报雷达 RMS 参数集

参数类型	参数名称	参数类别		适用范围						验证时机	验证方法
		使用参数	合同参数	雷达系统	分系统	设备	组件	分组件	原器件		
综合	固有可用度(A_i)	√	√	☆	☆	☆	○	○		设计定型	试验验证
	可达可用度(A_a)		√	○	○	○	○	○		部队使用	试验验证
	使用可用度(A_o)		(√)	☆	☆	☆	○	○		部队使用	试验评估

表 H.1 (续)

参数类型	参数名称	参数类别		适用范围						验证时机	验证方法
		使用参数	合同参数	雷达系统	分系统	设备	组件	分组件	原器件		
可靠性	平均故障间隔时间 (T_{BF})	√	(√)	☆	☆	☆	☆	☆		设计定型	试验验证
	平均维修间隔时间 (T_{BM})	√		○	○	○	○	○		设计定型	试验验证
	平均需求间隔时间 (T_{BD})	√		○	○	○	○	○		设计定型	试验验证
	故障率 (λ)	√	√				☆	☆	☆	设计定型	试验验证
	任务可靠度 (R_M)	√	(√)	○	○	○				设计定型	试验验证
	平均严重故障间隔时间 (T_{BCF})		(√)	☆	☆	☆				设计定型	试验验证
维修性	平均修复时间 (M_{CT})	√		☆	☆	☆	☆	☆		设计定型	试验验证
	最大修复时间 (M_{maxct})	√	(√)	☆	☆	☆	☆	☆		设计定型	试验验证
	预防性维修总时间 (T_{PM})	√	(√)	☆	○	○				设计定型	试验验证
	恢复功能用的任务时间 (T_{MRF})	√		○	○	○				设计定型	试验验证
	冗余分系统切换时间 (T_R)		(√)	○	○	○	○	○		设计定型	试验验证
	维修工时率 (M_R)	√	√	☆						设计定型/部署使用	试验验证/分析评估
	维修事件的平均直接维修工时 (M_{DE})	√		○	○	○	○	○		设计定型/部署使用	试验验证/分析评估
	维修活动的平均直接维修工时 (M_{DA})	√		○	○	○	○	○		设计定型/部署使用	试验验证/分析评估
测试性	故障检测率 (R_{FD})	√	(√)	☆	☆	☆	☆	☆		设计定型/部署使用	试验验证/分析评估
	故障隔离率 (R_{FI})	√	(√)	☆	☆	☆	☆	☆		设计定型/部署使用	试验验证/分析评估
	虚警率 (R_{FA})	√		○	○	○	○	○		设计定型/部署使用	试验验证/分析评估
耐久性	使用寿命 (L_{SE})	√	(√)	○	○	○	○	○		设计定型/部署使用	试验验证/分析评估
	储存寿命 (L_{SR})	√		○	○	○	○	○		设计定型/部署使用	试验验证/分析评估
	首翻期 (T_{FO})	√	(√)	☆						设计定型/部署使用	试验验证/分析评估
保障系统	雷达系统备件满足率 (P)	√	(√)	☆						部署使用	试验评估
	备件保障概率 (P_i)	√	(√)	☆			☆	☆	☆	部署使用	试验评估
	平均保障延误时间 (T_{LD})	√	(√)		○	○	○	○	○	部署使用	试验评估
	备件供应反应时间 (T_{SR})	√	(√)	☆	○	○	○	○	○	部署使用	试验评估

注：☆ ——优先选用的参数；○ ——适用的参数；√ ——参数类别；(√) ——可选用的参数类别。

H.6.2 综合参数

a) 固有可用度 (A_i)

固有可用度的定义见 GJB 451A，其计算公式见 (H.1)：

$$A_i = \frac{T_{BF}}{T_{BF} + M_{CT}} \dots\dots\dots (H.1)$$

式中：

T_{BF} ——平均故障间隔时间；

M_{CT} ——平均修复时间。

当合同要求进行验证试验时，可按 GB/T 15647 进行试验。

b) 使用可用度 (A_o)

使用可用度的定义见 GJB 451A，在现场评估中， A_o 用实际经历时间计算，其计算公式见 (H.2)：

$$A_o = \frac{T_o}{T_o + T_{CM} + T_{PM} + T_D} \dots\dots\dots (H.2)$$

式中：

T_o ——工作总时间；

T_{CM} ——修复性维修总时间;

T_{PM} ——预防性维修总时间;

T_D ——保障延误总时间。

雷达装备是长期连续使用的产品, 其预防性维修时间对使用可用度的影响可表示为:

$K = \frac{8760 - T_{PM}}{8760}$, 式中 8760 为雷达年日历小时数, 雷达使用可用度的计算公式见 (H.3):

$$A_O = K \times \frac{T_{BF}}{T_{BF} + M_{CT} + T_{LD}} \dots\dots\dots (H.3)$$

式中:

T_{LD} ——平均保障延误时间。

其他符号同上。

H. 6.3 可靠性参数

a) 平均故障间隔时间 (T_{BF})

平均故障间隔时间作为使用参数使用时, 用现场数据评估, 其计算公式见 (H.4):

$$T_{BF} = \frac{T_O}{N_T} \dots\dots\dots (H.4)$$

式中:

T_O ——工作总时间;

N_T ——故障总数。

用作合同参数时, 按 GJB 899 或 GJB 74A-1998 推荐的试验方法评估, 其计算公式见 (H.5):

$$T_{BF} = \frac{T_O}{N_{TR}} \dots\dots\dots (H.5)$$

式中:

N_{TR} ——关联责任故障总数。

其他符号同上。

b) 平均严重故障间隔时间 (T_{BCF})

平均严重故障间隔时间的定义见 GJB 451A, 其计算公式见 (H.6):

$$T_{BCF} = \frac{T_O}{N_{TM}} \dots\dots\dots (H.6)$$

式中:

N_{TM} ——严重故障数。

其他符号同上。

H. 6.4 维修性参数

a) 平均修复时间 (M_{CT})

平均修复时间的定义见 GJB 451A, 其计算公式见 (H.7):

$$M_{CT} = \frac{T_{CM}}{N_T} \dots\dots\dots (H.7)$$

式中:

T_{CM} ——修复性维修总时间。

其他符号同上。

当合同要求进行验证试验时, 可按 GJB 2072 推荐的方案进行试验。

b) 预防性维修总时间 (T_{PM})

预防性维修总时间按月维护___h, 季维护___h, 半年维护___h, 年维护___h, 全年总计___h。

H. 6.5 测试性参数

a) 故障检测率(R_{FD})

故障检测率的定义见 GJB 451A, 其计算公式见 (H.8):

$$R_{FD} = \frac{N_D}{N_T} \times 100\% \dots\dots\dots (H.8)$$

式中:

N_D ——正确检测到的故障数。

其他符号同上。

当合同要求进行验证试验时, 可按 GJB 2072 推荐的方案进行试验。

b) 故障隔离率(R_{FI})

故障隔离率的定义见 GJB 451A, 其计算公式见 (H.9):

$$R_{FI} = \frac{N_L}{N_D} \times 100\% \dots\dots\dots (H.9)$$

式中:

N_L ——正确隔离到小于等于规定的可更换单元的故障数;

N_D ——正确检测到的故障数。

当合同要求进行验证试验时, 可按 GJB 2072 推荐的方案进行试验。

H. 6. 6 耐久性参数

首翻期(T_{TFO})分别用日历时间或工作时间表示, 初定值按 $\times\times$ 年服役期一半或 $\times\times\times h$, 实际值由于受环境和使用强度影响, 应按耐久性实测结果分析修订。

H. 6. 7 保障系统和保障资源参数

a) 平均保障延误时间(T_{LD})

平均保障延误时间为使用参数, 其计算公式见 (H.10):

$$T_{LD} = \frac{T_D}{N_T} \dots\dots\dots (H.10)$$

式中:

T_D ——保障延误总时间。

其他符号同上。

b) 雷达系统备件满足率(P)

雷达系统备件满足率的计算公式见 (H.11):

$$P = \frac{N_{TN}}{N_T} \dots\dots\dots (H.11)$$

式中:

N_{TN} ——不缺备件的故障数。

其他符号同上。

c) 备件供应反应时间(T_{SR})

在不计管理因素条件下, 其度量为: T_{SR} =基层级与供应点之间距离/运输时间; P 、 T_{SR} 与 T_{LD} 的转换关系为, $T_{LD}=(1-P)\times T_{SR}$, 例如 $P=0.95$, $T_{SR}=100h$ (约 4 天), $T_{LD}=5$ 小时。

d) 备件保障概率(P_i)

$P_i\geq\times\times\%$, 指数分布、正态分布、威布尔分布单项备件保障概率计算公式见 GJB 4355 的附录 C。

H. 7 定性要求

H. 7. 1 可靠性定性要求

可靠性定性要求主要有:

- a) 制定和贯彻成熟设计、简化设计、余度设计、降额设计;
- b) 制定和实施元器件大纲(包含零件淘汰计划)、确定关键件和重要件、环境保护、热设计等方面要求。

H. 7.2 维修性定性要求

维修性定性要求主要有:

- a) 保证良好的可达性;
- b) 提高标准化和互换性程度;
- c) 具有完善的防差错措施及识别标记;
- d) 保证维修安全(涉及人、机安全的部位,应用醒目标记符号、说明,防护保险措施等);
- e) 良好的测试性;
- f) 对贵重件的可修复性要求;
- g) 减少维修内容和降低维修技能要求;
- h) 符合维修的人素工程要求。

H. 7.3 保障性定性要求

保障性定性要求主要有:

- a) 维修策略和维修体制方面的要求;
- b) 规定保障性分析最低成果要求;
- c) 规定对综合保障各要素(规划维修、保障设备、人员与人力、培训、技术资料、供应保障、计算机资源保障、保障设施、包装、装卸和储存运输)等的具体要求;
- d) 自保障设计等。

附录 I (资料性附录)

机动通信网络系统 RMS 要求示例

I.1 机动通信网络系统组成及特点

机动通信网络系统是战时在战区内组织应用的通信网络或通信系统，它主要由机动骨干通信系统、三军协同无线电通信系统、三军联合信息分发系统、战术卫星通信系统、野战地域网、野战综合业务数字网等网系构成。为满足作战需求，实现信息的畅通，要求各网系之间能够实现互连互通。这类系统属于电子信息装备，软件占主要成份，硬件通常是成熟的现成产品。

I.2 使命任务

机动通信网络系统是一种战区战时部署使用的战役机动公共通信网络。它主要承担区域内师(旅)以上机动指挥机构的各种通信任务，为三军机动的战役战术通信系统提供接入服务和战区机动指挥自动化系统的信息传输。

I.3 使用方案

I.3.1 寿命剖面

寿命剖面说明机动通信网络系统在整个寿命期经历的事件，如装卸、运输、贮存、检测、维修部署、任务剖面等以及每件事的持续时间、顺序、环境和工作方式，对建立系统 RMS 要求是必不可少的。一般情况下，机动通信网络系统的寿命剖面如图 I.1 所示。

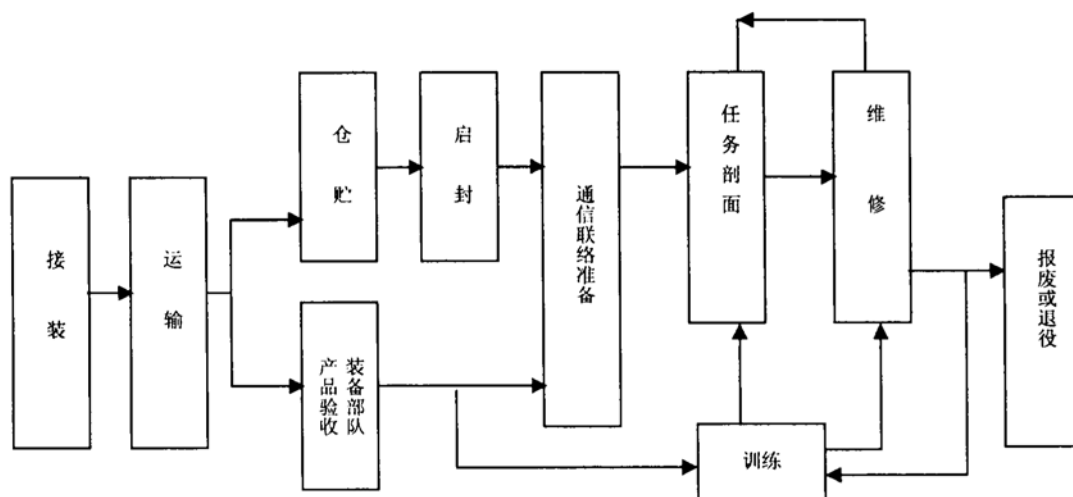


图 I.1 机动通信网络系统寿命剖面示意图

I.3.2 任务剖面

任务剖面是机动通信网络系统在完成规定任务这段时间内所经历的事件和环境的时序描述。精确的和比较完整的确定任务事件和预期的使用环境，是设计人员能设计出满足使用要求的产品的必要条件。图 I.2 是机动通信网络系统作战任务剖面的一般描述。

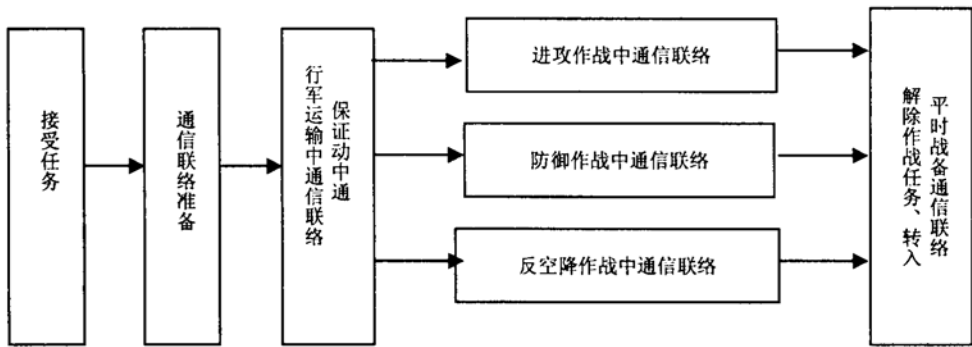


图 I.2 移动通信网络系统任务剖面

I.4 故障判据

移动通信网络系统主要由骨干通信系统、三军协同无线电通信系统、三军联合信息分发系统等若干个主要节点构成，节点之间能够实现信息的迂回，整个移动通信网络系统的故障判据可确定为：在规定的条件下，移动通信网络系统内 15%(含 15%)以上的用户不能连续使用该网络的时间超过 30min，则判为网络系统故障，如果整个网络系统内所有用户均无任何信道可用，定为系统的严重故障。“无法使用”即用户无任何信道可用。

I.5 初始保障方案

移动通信网络系统的维修级别为三级，即基层级、中继级、基地级维修。

- a) 基层级由移动通信网络系统各组成部分的使用操作人员和所属分队的保障人员进行维修，在这一维修级别中只限定完成较短时间的简单维修工作，如系统装备的保养、检查、测试及更换较简单的部件等；
- b) 中继级比基层级有较高的维修能力(有数量较多和能力较强的人员及保障设备)，承担基层级所不能完成的维修工作；
- c) 基地级具有更高修理能力的维修机构，承担移动通信网络系统组成装备的大修和大部件的修理、备件制造和中继级所不能完成的维修工作。

I.6 移动通信网络系统 RMS 参数及其说明

I.6.1 移动通信网络系统常用 RMS 参数

移动通信网络系统常用的 RMS 参数如表 I.1 所示：

表 I.1 常用的 RMS 参数一览表

参数类型	参数名称	参数类别		选用的产品层次			验证时机	验证方法
		合同	使用	系统	分系统	设备		
综合参数	使用可用度(A ₀)	√	√	☆	☆		使用阶段	现场验证
可靠性参数	平均关键故障间隔时间(MTBCF)	√	√	○	○	☆	定型阶段	按 GJB 367A 附录 B 执行
	平均故障间隔时间(MTBF)	√	√	○	○	☆	定型阶段	按 GJB 367A 附录 B 执行
	平均维修间隔时间(MTBM)	√	√	○	○	☆	使用阶段	现场验证
维修性参数	平均停工时间(MDT)		√		○	☆	使用阶段	现场验证
	平均修复时间(MTTR)		√		○	☆	使用阶段	现场验证

表 I.1 (续)

参数类型	参数名称	参数类别		选用的产品层次			验证时机	验证方法
		合同	使用	系统	分系统	设备		
测试性参数	故障检测率 (R_{FD})		√			☆	使用阶段	按 GJB 367A 的 3.8.5.3 条规定执行
	故障隔离率 (R_{FI})		√			☆	使用阶段	按 GJB 367A 的 3.8.5.3 条规定执行
	虚警率 (R_{FA})		√			☆	使用阶段	按 GJB 367A 的 3.8.5.3 条规定执行
保障资源参数	备件满足率 (R_{SF})		√			☆	使用阶段	现场验证

注：☆ —— 优先选用；○ —— 适用；√ —— 参数类型。

I.6.2 常用 RMS 参数说明

a) 使用可用度 (A_O)

使用可用度是通信网络系统用来度量在任意时间点, 在规定的条件下, 系统正在工作或能正常工作的概率。是在使用要求文件中定义可用度的首选方法, 其计算公式见 (I.1):

$$A_O = \frac{T_{BF}}{T_{BF} + M_{CT} + T_{MLD}} \dots\dots\dots (I.1)$$

式中:

T_{BF} —— 平均故障间隔时间;

M_{CT} —— 平均修复时间;

T_{MLD} —— 平均保障延误时间。

b) 平均严重故障间隔时间 (T_{BCF})

用来度量任务必要系统功能故障的平均间隔时间。 T_{BCF} 等于系统总的任务时间除以造成不能执行任务的事件数, 包括所有硬件和软件故障的事件, 其计算公式见 (I.2):

$$T_{BCF} = \frac{T_O}{N_{TM}} \dots\dots\dots (I.2)$$

式中:

T_O —— 总的任务时间;

N_{TM} —— 严重故障总数。

T_{BCF} 也用来度量软件的可靠度, 此时式中 T_O 表示中央处理器累计时间, N_{TM} 表示累计失效数。

c) 平均故障间隔时间 (T_{BF})

T_{BF} 是指系统任何故障之间的平均工作时间, 其计算公式见 (I.3):

$$T_{BF} = \frac{T_O}{N_T} \dots\dots\dots (I.3)$$

式中:

T_O —— 为工作时间;

N_T —— 为故障次数。

d) 平均维修间隔时间 (T_{BM})

用来度量计划性维修和非计划性维修事件之间的平均工作时间, 其计算公式见 (I.4):

$$T_{BM} = \frac{T_O}{N_M} \dots\dots\dots (I.4)$$

式中:

T_O —— 工作时间;

N_M —— 维修事件数。

e) 平均停工时间(T_{MD})

用来度量从丧失“能执行任务”状态到恢复“至少能执行部分任务”状态所经过的平均时间, 主要包括: 实际维修、维修和供应延误、行政延误、计划性维修以及造成不能执行任务状态的各种其他活动的时间, 其计算公式见(1.5):

$$T_{MD} = \frac{T_N}{N_N} \dots\dots\dots (1.5)$$

式中:

T_N —— 不能工作时间;

N_N —— 不能工作事件数。

f) 平均修理时间(T_{MR})

用来度量使用环境下的平均修复性维修时间。 T_{MR} 包括为排除故障而进行的所有维修工作, 包括准备、接近外场可更换单元、故障检查、拆卸和更换零件、修理、调整和进行检查。MRT 不包括维修、供应或其他延误, 其计算公式见(1.6):

$$T_{MR} = \frac{T_{CM}}{N_R} \dots\dots\dots (1.6)$$

式中:

T_{CM} —— 修复性维修时间;

N_R —— 修复性维修事件总数。

g) 备件满足率(R_{SF})

军方应根据现行供应和维修体制提出对备件供应方面的定量要求, 主要是备件满足率, 即在规定的时间内, 某一维修级别拥有(或储备)的某种备件数与该级别实际需要的该种备件数之比, 其计算公式见(1.7):

$$R_{SF} = \sum_{j=0}^{s-1} \frac{(N\lambda t)^j}{j!} \exp(-N\lambda t) \dots\dots\dots (1.7)$$

式中:

S —— 装备中某零部件所需备件数量;

N —— 某零部件在装备中的单机用数;

λ —— 装备中某零部件的失效率;

t —— 周转期内累积工作时间。

h) 故障检测率(R_{FD})

故障检测率(R_{FD}) 被测试项目在规定时间内发生的所有故障, 在规定条件下用规定的方法能够正确检测出的百分数, 其计算公式见(1.8):

$$R_{FD} = \frac{N_D}{N_T} \times 100\% \dots\dots\dots (1.8)$$

式中:

N_D —— 在规定条件下用规定方法正确检测出的故障数;

N_T —— 在规定工作时间 T 内发生的全部故障数。

i) 故障隔离率(R_{FI})

故障隔离率(R_{FI}) 被测试项目在规定时间内已被检出的所有故障, 在规定条件下用规定的方法能够正确隔离到规定个数(L)可更换单元以内的百分数, 其计算公式见(1.9):

$$R_{FI} = \frac{N_L}{N_D} \times 100\% \cdots \cdots (I.9)$$

式中:

N_L ——在规定条件下用规定方法正确隔离到 $\leq L$ 个可更换单元的故障数。

j) 虚警率(R_{FA})

虚警率(R_{FA})虚警是指测试装置或设备显示被测项目有故障,而该项目实际无故障。虚警率是在规定期间内,测试装置、设备发生的虚警数与显示的故障总数之比,其计算公式见(I.10):

$$R_{FA} = \frac{N_{FA}}{N_F + N_{FA}} \times 100\% \cdots \cdots (I.10)$$

式中:

N_{FA} ——测试装置、设备发生的虚警数;

N_F ——故障显示总数。

I.7 机动通信网络系统 RMS 定性要求

I.7.1 可靠性定性要求

机动通信网络系统可靠性定性要求主要有:

- 可靠性要求应与维修性、保障性、适用性、安全性、费用等要求综合权衡;
- 在满足机动通信网络系统性能要求前提下,尽可能减少分系统、设备、组件、工具的类型和数量,降低机动通信网络系统的复杂程度;
- 机动通信网络系统中某些难以规定定量指标和试验方法的设备应采用故障模式、影响与危害性分析(FMECA)和故障树分析法(FTA)等方法,发现薄弱环节,采取质量保证措施,降低致命故障发生的概率,保证设备的可靠性。

I.7.2 维修性定性要求

机动通信网络系统维修性定性要求包括可达性、互换性与标准化、防差错设计及识别标志、维修安全、检测诊断、维修人一机一环境工程、零部件可修复性及减少维修内容、降低对维修人员技能的要求等,具体要求参见 GJB 367A—2001 中 3.6.2.2 的规定。

I.7.3 测试性定性要求

机动通信网络系统测试性定性要求主要有:

- 提高通信装备的机内测试(BIT)能力,保证在使用与维修中能方便、及时、准确地确定装备的技术状态(能工作、不能工作或性能下降),并隔离其内部故障。
- 合理划分装备单元。按不同维修级别的要求,把装备系统划分为易于检测和更换的单元。
- 装备设计时要合理设置测试点。
- 合理选择测试方法。综合权衡,正确确定测试方案,根据具体情况选择自动、半自动、人工测试、机内、外部测试设备等。
- 兼容性。尽可能选用标准化的、通用的测试设备和附件。

I.7.4 保障系统及其资源的定性要求

机动通信网络系统保障系统及其资源的定性要求主要有:

- 应充分考虑部队编制限额,在满足平时和战时使用与维修装备需要的前提下,尽量降低装备对使用与维修人员和技术等级要求。
- 在满足平时和战时使用与维修装备的前提下,尽量减少备件和消耗品的品种和数量,在保证质量的前提下,尽量采用价格便宜、便于筹措、储存和供应的标准件、通用件、国产件。
- 保障设备应与装备相匹配,尽量采用现有保障设备和通用保障设备,减少专用和特殊保障设备,减少保障设备的种类、规格和数量,保障设备自身应便于保障。

- d) 装备的技术资料应配套齐全、内容系统完整,能满足平时和战时使用与维修的需要。软件文档应与软件产品的技术状态一致。
- e) 装备应具有良好的运输性、其重量、尺寸应符合有关运输的限额规定,尽可能适用多种运输方案运输并保证安全,大型设备应能分段运输并便于对接组装。

I.7.5 软件的定性要求

机动通信网络系统软件定性要求主要有:

- a) 机动通信网络系统的软件成熟度等级划分要求应符合 GJB 5000 的要求;
- b) 确定软件版本发布周期,用以计算软件需要定期变更的频度和数量,系统投入使用后,有关人员应根据版本发布周期来开发和发布新的软件版本;
- c) 软件的测试性要求,应符合 GJB/Z 141 的要求;
- d) 软件的安全性要求,应符合 GJB/Z 142 的要求;
- e) 软件的维护要求,应符合 GB/T 20157 的要求。

参考文献

- GB/T 15647 稳态可用性验证试验方法
GB/T 20157 信息技术软件维护
GJB 74A—1998 军用地面雷达通用规范
GJB 367A—2001 军用通信设备通用规范
GJB 376 火工品可靠性评估方法
GJB 437 军用软件开发规范
GJB 438A 武器系统软件开发文档
GJB 439 军用软件质量保证规范
GJB 4355 备件供应规划要求
GJB 5000 军用软件能力成熟度模型
GJB 5432 装备用户技术资料规划与编制要求
GJB/Z 91 维修性设计手册
GJB/Z 142 军用软件安全性分析指南
GJBz 20448 装甲车辆故障判别准则
-

中 华 人 民 共 和 国
国家军用标准
装备可靠性维修性保障性要求论证
GJB 1909A—2009

*

总装备部军标出版发行部出版
(北京东外京顺路7号)
总装备部军标出版发行部印刷车间印刷
总装备部军标出版发行部发行
版权专有 不得翻印

*

开本 880×1230 1/16 印张 6¼ 字数 198 千字
2010年3月第1版 2010年3月第1次印刷
印数 1—2000

*

军标出字第 7988 号 定价 94.00 元



G J B 1 9 0 9 A - 2 0 0 9 Z