



中华人民共和国国家军用标准

FL

GJB 1378—92

装备预防性维修大纲的制订 要求与方法

Requirements and procedure
of developing preventive maintenance program for materiel

1992—07—18 发布

1993—03—01 实施

中国人民解放军总后勤部
国防科学技术工业委员会

批准

目 次

1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 定义	(1)
4 一般要求	(2)
4.1 制订预防性维修大纲的目的	(2)
4.2 预防性维修大纲的内容	(2)
4.3 制订预防性维修大纲的方法	(2)
4.4 制订预防性维修大纲的过程	(3)
5 详细要求	(3)
5.1 系统和设备以可靠性为中心的维修分析	(3)
5.2 结构以可靠性为中心的维修分析	(10)
5.3 区域检查分析	(16)
5.4 预防性维修工作的组合	(16)
附录 A 应用与剪裁指南(参考件)	(18)
附录 B 装备预防性维修大纲内容和格式示例(参考件)	(21)
附录 C 以可靠性为中心的维修分析记录表格与填写要求(参考件)	(23)
附录 D 装备重要结构项目评级和检查期确定方法(参考件)	(41)
附录 E 应用与剪裁举例(参考件)	(47)

中华人民共和国国家军用标准

装备预防性维修大纲的制订要求与方法 GJB 1378—92

Requirements and procedure of developing preventive
maintenance program for materiel

1 范围

1.1 主题内容

本标准规定了制订装备预防性维修大纲的要求和采用的以可靠性为中心的维修分析方法。

1.2 适用范围

本标准适用于新研制和现役的各类军事装备。

1.3 应用指南

本标准规定的要求和方法可根据装备的类型剪裁,应用与剪裁指南可参见附录 A(参考件)。

2 引用文件

- | | |
|----------|-----------------|
| GJB 451 | 可靠性维修性术语 |
| GJB 1391 | 故障模式、影响及危害性分析程序 |

3 定义

本标准中所采用的术语除引用 GJB 451 的定义外,其余术语定义如下。

3.1 预防性维修大纲 preventive maintenance program

装备预防性维修要求的汇总文件,一般应包括进行预防性维修工作的产品(项目)、工作类型、间隔期及维修级别等。

3.2 以可靠性为中心的维修分析 reliability centered maintenance analysis

按照以最少的维修资源消耗保持装备固有可靠性和安全性的原则,应用逻辑决断的方法确定装备预防性维修要求的过程。

3.3 潜在故障 potential failure

指示产品或项目将不能完成规定功能的可鉴别的状态。

3.4 隐蔽功能故障 hidden function failure

正常使用装备的人员不能发现的功能故障。

- a. 正常情况下工作的产品,其功能的中断对正常使用装备的人员是不明显的。
- b. 正常情况下不工作的产品,需要使用时是否良好,对正常使用装备的人员是不明显的。

3.5 多重故障 multiple failure

由连贯发生的两个或两个以上的独立故障所组成的故障事件,它可能造成其中任一故障不能单独引起的后果。

3.6 结构组件 structural assembly

提供一种或一种以上结构基本功能的结构件。

3.7 结构零件 structural element

结构组件的可鉴别的组成部分,由两个或两个以上结构细节组成。

3.8 结构细节 structural detail

结构分析的最低层次,是结构零件上的某一特定部位,或是两个或两个以上结构零件的交接部位。

3.9 环境损伤 environmental damage

由于结构同环境发生物理、化学和(或)生物作用而引起的损伤,包括金属的一般腐蚀和应力腐蚀以及非金属材料的退化等。

3.10 偶然损伤 accidental damage

由碰撞、冰雹、雷击、异物、使用与维修不当、制造缺陷、使用中的过应力等偶然事件所引起的损伤。

4 一般要求

4.1 制订预防性维修大纲的目的

该大纲汇总了装备预防性维修的要求,作为编制其它维修技术文件(如:维修工作卡、维修技术规程等)和准备维修资源(如:备品、原材料、仪器设备及人力等)的依据。其目的是:

- a. 通过确定适用而有效的预防性维修工作,以最少的资源消耗保持和恢复装备安全性和可靠性的固有水平;
- b. 必要时,提供改进设计所需信息。

4.2 预防性维修大纲的内容

预防性维修大纲一般应包括:

- a. 需进行预防性维修的产品(项目);
- b. 预防性维修工作的类型及其简要说明;
- c. 预防性维修工作的间隔期;
- d. 实施预防性维修工作的维修级别。

对于某些大型装备还应包括进行预防性维修的区域编码和达到产品(项目)的通道编号。装备预防性维修大纲的一般内容及典型格式参见附录 B(参考件)。

4.3 制订预防性维修大纲的方法

制订装备预防性维修大纲一般应采用以可靠性为中心的维修分析方法。该方法包括:

- a. 系统和设备以可靠性为中心的维修分析;

- b. 结构以可靠性为中心的维修分析；
- c. 区域检查分析；
- d. 预防性维修工作的组合。

分析过程必须全部记录,以便评审和监控预防性维修大纲的适用性和有效性。以可靠性为中心的维修分析记录格式参见附录 C(参考件)。

4.4 制订预防性维修大纲的过程

新研制装备的预防性维修应及早考虑,在战技指标论证阶段应提出减少或便于预防性维修的设计要求,确定进行以可靠性为中心的维修分析所需的准则、预定的装备维修间隔期等,在方案阶段开始进行系统级的以可靠性为中心的维修分析;在工程研制阶段全面展开以可靠性为中心的维修分析,在该阶段结束应提供初始的预防性维修大纲;在生产阶段与使用阶段应开展必要的维修间隔期探索,按实际使用情况修订预防性维修大纲。

5 详细要求

5.1 系统和设备以可靠性为中心的维修分析

5.1.1 目的

确定系统和设备的预防性维修要求,包括需要进行预防性维修的产品、工作类型、间隔期并提出维修级别的建议。

5.1.2 所需的信息

根据分析进程要求,尽可能收集下列信息:

- a. 产品的概况,如产品的构成、功能(含隐蔽功能)、冗余等;
- b. 产品的故障信息,如产品的功能故障模式、故障原因和故障影响,产品可靠性与使用时间的关系,预计的故障率,潜在故障判据,产品由潜在故障发展到功能故障的时间,功能故障或潜在故障可能的检测方法;
- c. 产品的维修保障信息,如维修的方法和所需人力、设备、工具、备件等;
- d. 费用信息,包括产品预计或计划的研制费用、预防性维修和修复性维修的费用,以及维修所需保障设备的研制和维修费用;
- e. 类似产品的信息。

5.1.3 分析步骤与方法

5.1.3.1 确定重要功能产品

重要功能产品(FSI)的选择通常从系统级开始,从上而下地进行,直到某一层次产品的故障后果是不严重时为止。确定重要功能产品是一个粗略、保守的过程,不需要进行详细的分析。重要功能产品是指其故障符合下列条件之一的产品:

- a. 可能影响安全;
- b. 可能影响任务完成;
- c. 可能导致重大的经济损失;
- d. 产品隐蔽功能故障与另一有关或备用产品的故障的综合可能导致上述一项或多项影响;

e. 可能引起从属故障导致上述一项或多项影响。

5.1.3.2 进行故障模式和影响分析

对每个重要功能产品按 GJB 1391 进行故障模式和影响分析。分析时应考虑其所有的功能和所有可能的故障。

5.1.3.3 应用逻辑决断图确定预防性维修工作类型

对重要功能产品各功能故障必须按图 1 所示的逻辑决断图的流程进行分析,选择适用而有效的预防性维修工作类型。

5.1.3.3.1 预防性维修工作类型

预防性维修工作类型按所进行的预防性维修的内容及其时机控制原则划分,各种类型的预防性维修工作包括一种或多种基本维修作业。预防性维修工作类型可分为:

a. 保养:为保持产品固有设计性能而进行的表面清洗、擦拭、通风、添加油液或润滑剂、充气等作业,但不包括功能检测和使用检查等工作。

b. 操作人员监控:操作人员在正常使用装备时对其状态进行的监控,其目的在于发现产品的潜在故障。包括:

对装备所做的使用前检查;

对装备仪表的监控;

通过感觉辨认异常现象或潜在故障,如通过气味、噪声、振动、温度、视觉、操作力的改变等及时发现异常现象及潜在故障。

c. 使用检查:按计划进行的定性检查(或观察),以确定产品能否执行规定功能,其目的在于发现隐蔽功能故障。

d. 功能检测:按计划进行的定量检查,以确定产品功能参数是否在规定限度内,其目的在于发现潜在故障。

e. 定时拆修:产品使用到规定的时间予以拆修,使其恢复到规定的状态。

f. 定时报废:产品使用到规定的时间予以废弃。

g. 综合工作:实施两种或多种类型的预防性维修工作。

5.1.3.3.2 逻辑决断图

逻辑决断图的分析流程始于决断图的顶部,然后由对问题的回答“是”或“否”确定分析流程的方向。逻辑决断图分为两层:

a. 第一层确定故障影响(问题 1 至 5):根据故障模式和影响分析结果确定各功能故障的影响类型,即将功能故障影响划分为明显的安全性、任务性、经济性影响和隐蔽的安全、任务、经济性影响。问题 2 提到的对使用安全的直接有害影响是指某故障或它引起的二次损伤将直接导致危害安全的事故发生,而不是与其它故障综合才会导致事故发生。

b. 第二层选择预防性维修工作类型(问题 A 至 F 或 A 至 E):考虑各功能故障的原因,选择每个重要功能产品的预防性维修工作类型。对于明显功能故障的产品,可供选择的维修工作类型为:保养、操作人员监控、功能检测、定时拆修、定时报废和综合工作。对于隐蔽功能故障的产品,可供选择的维修工作类型为:保养、使用检查、功能检测、定时拆修、定时报废和综合工作。

预防性维修工作类型选择中对于所有的故障影响类型,无论对问题 A(保养工作是适用和有效的吗?)的回答为“是”或“否”,都必须进入问题 B。任务、经济性影响的故障在后续的问题中回答为“是”后即可退出逻辑分析;安全性影响的故障在回答完所有的问题后选择一种最有效的预防性维修工作或综合工作。

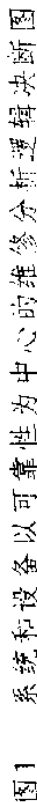
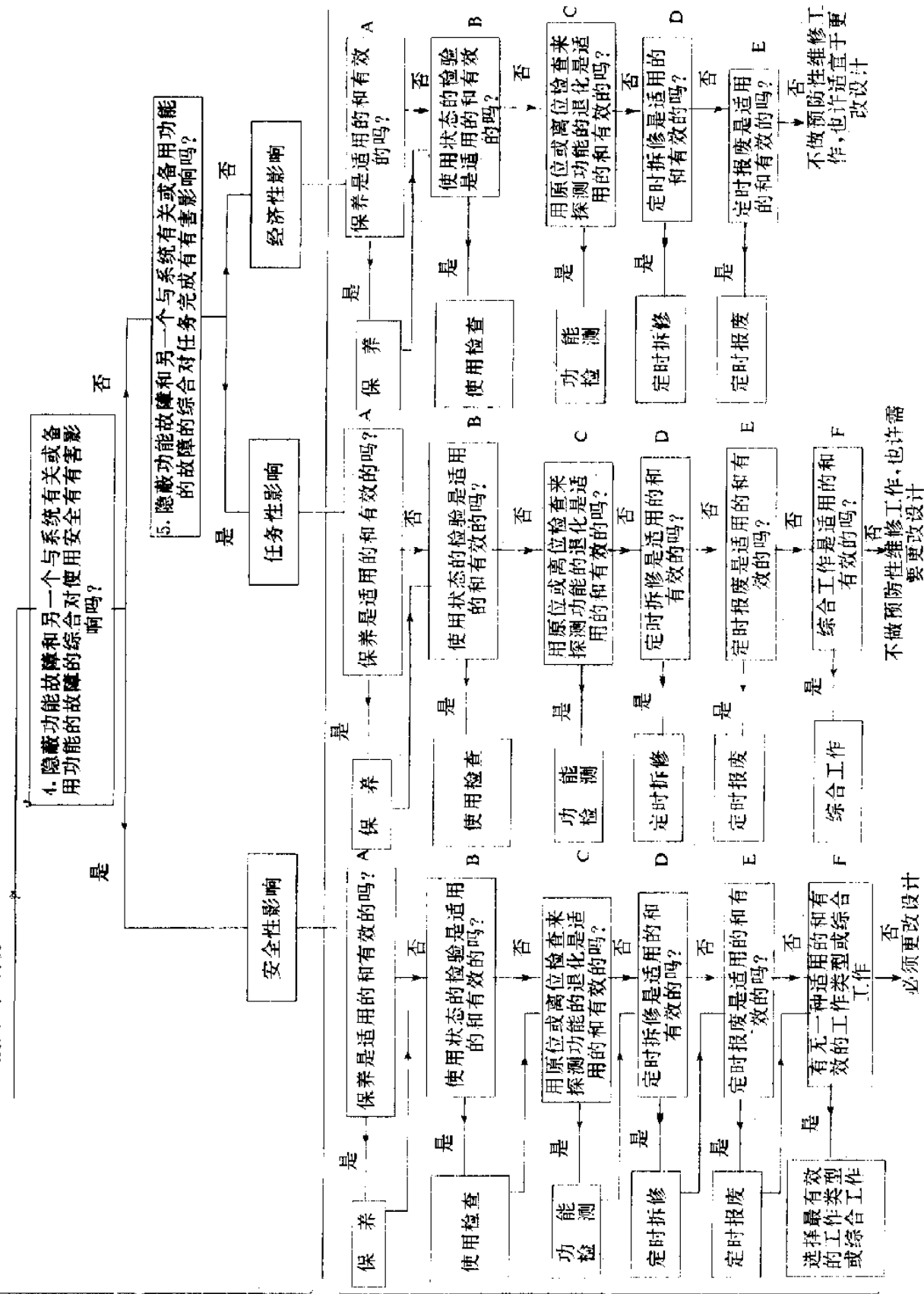


图 11-1-1 系统性和设备可靠性为中心的维修分析逻辑树断图

接图1第1部分

第一层

确定故障影响



续图1 系统和设备以可靠性为中心的维修分析逻辑决断图

5.1.3.3.3 暂定答案

在分析过程中,若因缺乏足够的信息对逻辑决断图中的问题不能作出准确的回答时,则按表1给出一个暂定的回答。多数情况下,暂定答案可能导致选择较保守和(或)耗资较大的预防性维修工作类型或更改设计;在根据暂定答案作出决策时,应非常慎重。一旦获得足够的信息,应及时重新选择适用的和有效的预防性维修工作类型。

表1 暂定答案

逻辑问题	暂 定 答 案	判断错误可能的不利影响
确定故障后果:		
RCMA 问题 1	否;认为故障是隐蔽的。	不必要的维修或更改设计
RCMA 问题 2	是;认为故障直接影响安全。	不必要的维修或更改设计
RCMA 问题 3	是;认为故障直接影响任务完成。	不必要的维修或更改设计
RCMA 问题 4	是;认为故障有隐蔽的安全性影响。	不必要的维修或更改设计
RCMA 问题 5	是;认为故障有隐蔽的任务性影响。	不必要的维修或更改设计
确定维修工作类型:		
RCMA 问题 A	是;认为需做保养工作。	不必要的维修
RCMA 问题 B	否。	继续分析选择较保守的工作
RCMA 问题 C	否。	继续分析选择较保守的工作
RCMA 问题 D	否。	继续分析选择较保守的工作
RCMA 问题 E	安全、任务性影响:否。 经济性影响:是。	继续分析选择较保守的工作
RCMA 问题 F	否;需要更改设计。	不必要的维修 不必要的更改设计

5.1.3.3.4 各种预防性维修工作类型的适用性

各种预防性维修工作类型的适用性主要取决于产品的故障特性,其适用的条件如下:

a. 保养:

工作必须是该产品设计所要求的;

必须能降低产品功能的退化速率。

b. 操作人员监控:

产品功能退化必须是可探测的;

产品必须存在一个可定义的潜在故障状态;

产品从潜在故障发展到功能故障必须经历一定的可以预测的时间;

必须是操作人员正常工作的组成部分。

c. 功能检测

产品功能退化必须是可测的;

产品必须存在一个可定义的潜在故障;

产品从潜在故障发展到功能故障必须经历一定的可以预测的时间。

d. 定时拆修:

产品必须有可确定的耗损期;

产品工作到该耗损期有较大的残存概率;

必须有可能将产品修复到规定状态。

e. 定时报废

产品必须有可确定的耗损期;

产品工作到该耗损期有较大的残存概率。

f. 使用检查:

产品使用状态良好与否必须是能够确定的。

g. 综合工作:

所综合的预防性维修工作类型必须都是适用的。

5.1.3.3.5 各种预防性维修工作类型的有效性

各种预防性维修工作类型的有效性取决于该类型预防性维修工作对产品故障后果的消除程度。

a. 对于有安全性和任务性影响的功能故障,若该类预防性维修工作能将故障或多重故障发生的概率降低到规定的可接受水平,则认为是有效的。

b. 对于有经济性影响的功能故障,若该类型预防性维修工作的费用低于产品故障引起的损失费用,则认为是有效的。

c. 保养工作只要适用就是有效的。

5.1.3.3.6 对无预防性维修工作决断的处理

若分析后,没有找到适用的和有效的维修工作类型以预防产品故障的发生,则:

a. 有安全性影响的产品必须更改设计;

b. 有任务性影响的产品必要时应更改设计。若产品有多种功能,一个故障即使不影响其全部功能或影响的程度不同,也必须按产品的全部功能和任务要求考虑更改设计问题;

c. 只有经济性影响的产品应从经济角度权衡是否需更改设计。

若不更改产品设计,则对该产品不进行预防性维修。

5.1.3.4 确定预防性维修工作的间隔期

确定预防性维修工作的间隔期可参照:

a. 类似产品的经验;

b. 承制方的试验(可靠性、寿命试验等)数据。

若无上述经验和数据,可根据工程判断暂定预防性维修工作的初始间隔期。

5.1.3.5 提出维修级别的建议

维修级别的选择取决于作战和使用要求、技术条件和维修的经济性。除特殊需要外,一般应将预防性维修工作确定在耗费最低的维修级别。经初步分析后,提出各产品预防性维修工作的维修级别建议。

5.1.3.6 非重要功能产品的预防性维修

对某些不需要进行深入地分析,但需要做某些预防性维修工作的非重要功能产品按以往

类似产品的经验或承制方对新研制产品的建议确定预防性维修工作类型及间隔期,提出维修级别的建议。

5.1.4 维修间隔期探索

装备投入使用后,应进行维修间隔期探索,即通过分析使用与维修数据、研制试验和技术手册提供的信息,确定产品可靠性与使用时间的关系,调整产品预防性维修工作类型及其间隔期。

维修间隔期探索可通过抽样考察规定数量的产品进行。调整产品的预防性维修工作类型和间隔期时,应特别重视以下信息:

- a. 所分析产品的设计、研制试验结果和以前的使用经验;
- b. 类似产品以前抽样的结果;
- c. 产品抽样的结果。样本应尽可能从非预定拆卸中获得,若不能从非预定拆卸中获得这类信息或信息不足,则必须在达到首检期前拆下足够的样本以获得必要的信息。

5.2 结构以可靠性为中心的维修分析

5.2.1 目的

确定结构项目的预防性维修要求,主要是检查等级和检查间隔期并提出维修级别的建议。

5.2.2 适用范围

适用于不宜按系统和设备分析的大型装备的结构项目(结构组件、结构零件和结构细节),包括承受动力、压(拉)力或操纵载荷的项目。结构项目所属的传动部分当作系统和设备去分析,但结构项目本体上与传动部分相连接的接头则作为结构项目。

5.2.3 所需的信息

根据分析进程需要,尽可能收集下列信息:

- a. 结构项目的类型、材料和主要受力情况;
- b. 内外部防腐蚀状况;
- c. 每个重要结构项目的编码、名称、位置、图形、初步估计的故障后果等;
- d. 已有的静力试验、疲劳试验或耐久性试验、损伤容限试验结果;
- e. 其他分析确定的耐久性 or 损伤容限结构项目的疲劳检查计划;
- f. 类似结构的信息。

5.2.4 分析步骤与方法

5.2.4.1 确定重要结构项目

按故障后果将结构项目划分为重要结构项目(SSI)和其它结构项目。凡其损伤会使装备结构削弱到对安全或任务产生有害影响的结构组件、结构零件或结构细节应划为重要结构项目,其余为非重要结构项目。对重要结构项目需要通过评级确定检查要求;对非重要结构项目不需评级,只需按以往经验或承制方的建议确定适当的检查。

5.2.4.2 进行故障模式和影响分析

按 GJB 1391 对每个重要结构项目进行故障模式和影响分析,分析时应考虑其所有的功能及其可能的故障模式。

5.2.4.3 应用逻辑决断图确定预防性维修要求

应用逻辑决断图(见图 2)确定各结构项目的预防性维修要求,并形成结构预防性维修大纲,其中重要结构项目的评级见 5.2.4.4 条,检查要求的确定见 5.2.4.5 条。

5.2.4.3.1 决断时应考虑的因素

- a. 材料的特性,特别是复合材料和其它新材料;
- b. 损伤的种类,分为疲劳损伤、环境损伤和偶然损伤三类;
- c. 该重要结构项目对每种损伤的敏感性和探测及时性;
- d. 该重要结构项目的故障模式和影响分析结果,包括:

损伤对安全或任务的影响程度;

多部位丛生的疲劳损伤;

由结构项目的功能故障与系统和设备产品的相互作用所引起的对装备使用特性的影响;

e. 检查等级:分为一般目视检查、详细目视检查、无损检测三级。其中一般目视检查是指对明显损伤的目视检查,详细目视检查是对细微损伤的细致目视检查,可能需要适当的辅助检查工具;

- f. 影响检查工作有效性的因素:

重要结构项目的位置及可达性;

可检损伤尺寸及损伤扩展速率;

所检查的装备数和装备的使用时间;

首检期和检查间隔期。首检期是从结构项目投入使用或储存到应做首次检查的时间,检查间隔期是首次检查后重复进行检查的间隔时间。

5.2.4.3.2 决断过程(见图 2)

- a. D1:把结构项目分为重要结构项目和非重要结构项目;

- b. P1:对于非重要结构项目,依据下列两点确定合适的检查工作:

类似项目以往的经验;

采用有新材料或新技术时按承制方的建议。

- c. P2:对重要结构项目,分别对环境损伤和偶然损伤进行评级,并按评级结果选择下列各项要求:

检查等级;

首检期;

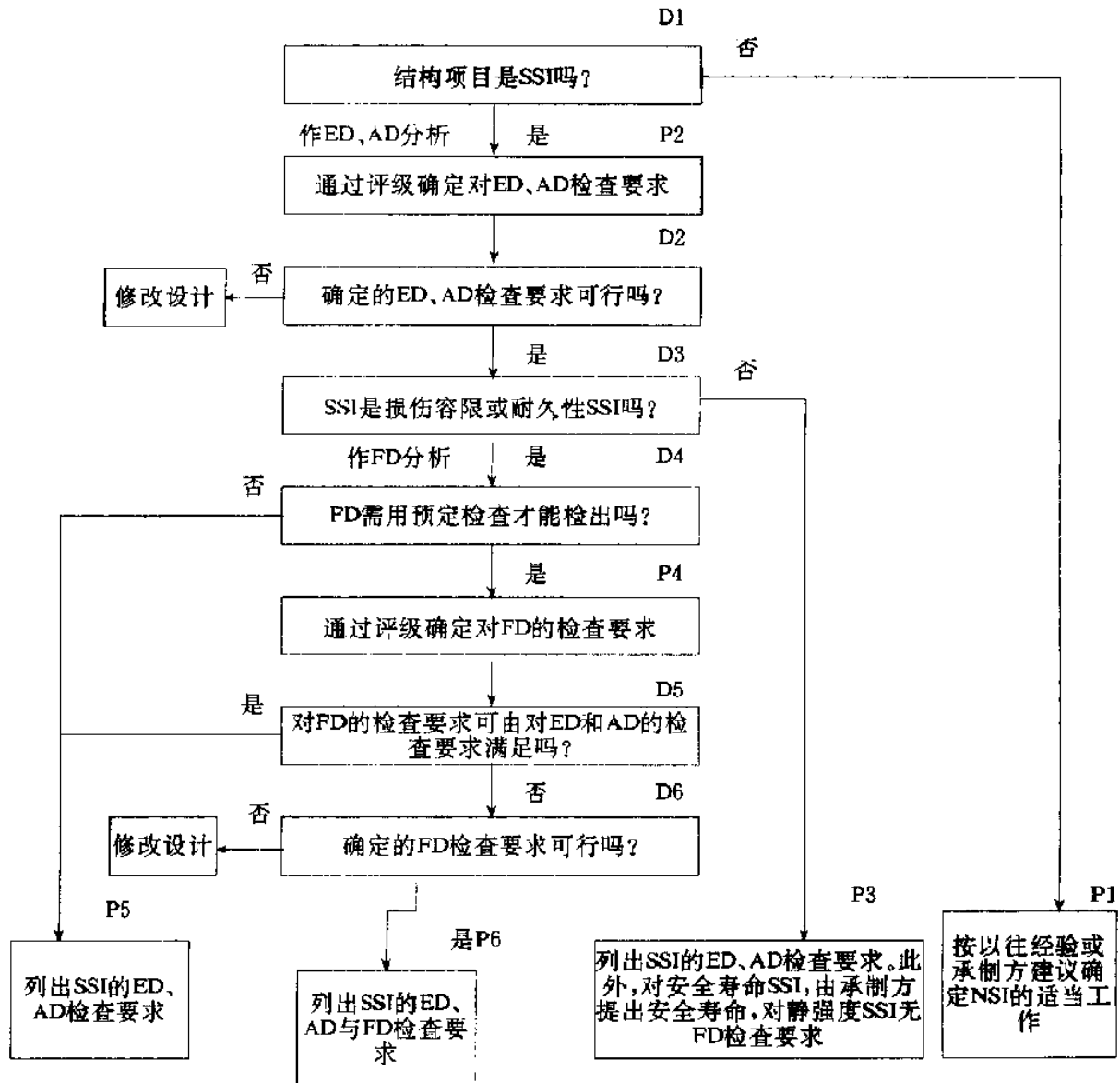
检查间隔期;

维修间隔期探索计划(如适用)。

- d. D2:评审所确定的重要结构项目的环境损伤和偶然损伤的检查要求是否可行。若不可行,应修改该项目的设计。

- e. D3:把各重要结构项目分为损伤容限或耐久性项目和安全寿命项目或静强度项目;

- f. P3:列出对安全寿命重要结构项目或静强度重要结构项目的环境损伤和偶然损伤检查要求。此外,对安全寿命重要结构项目,由承制方提出安全寿命;对静强度重要结构项目,不需要考虑疲劳损伤检查要求;



说明:

SSI:重要结构项目

NSI:非重要结构项目

ED:环境损伤

AD:偶然损伤

FD:疲劳损伤

图2 结构以可靠性为中心的维修分析逻辑决断图

g. D4:对损伤容限或耐久性重要结构项目进行分析,确定其疲劳损伤是否需要预定检查才能发现。若不需要,则只需列出对环境损伤和偶然损伤的检查要求,不必另定对疲劳损伤的检查要求。

h. P4:对每个损伤容限或耐久性重要结构项目的疲劳损伤进行评级,并按评级结果选择下列各项要求:

检查等级;

首检期;

检查间隔期;

维修间隔期探索计划(如适用)。

i. D5:分析对疲劳损伤的检查要求是否可由对环境损伤或偶然损伤的检查要求来满足。若是,则只需列出对环境损伤和偶然损伤的检查要求,不必另定疲劳损伤的检查要求。

j. D6:评审所确定的疲劳损伤检查要求是否可行。若不可行,应修改该项目的设计。

k. P6:列出该重要结构项目的各种损伤检查要求。

5.2.4.4 重要结构项目的评级

应评定每个重要结构项目对某种损伤的敏感性和探测及时性的级号。级号是表示损伤对结构项目影响程度,据以确定相应检查要求的数码。订购方和承制方可协商选用本标准在附录D(参考件)中所推荐的评级方法或其他评级方法。所用的评级方法必须保证装备总体中的各种结构损伤超出规定之前就能被及时检查出来。同一结构区内各重要结构项目的环境损伤和偶然损伤的评级,一般宜成组地进行。按照它们之间在损伤敏感性和探测及时性的相对差别,确定相应的级号。

5.2.4.4.1 疲劳损伤的评级

应考虑以下几点:

a. 相应于规定剩余强度的临界损伤尺寸;

b. 各级检查能够以所确定概率检出的损伤尺寸,它与下列因素有关:

使用经验;

照明条件;

项目可达性和与相邻结构的距离;

表面的清洁程度和涂层;

部分裂纹长度被结构或密封胶遮盖的程度;

检查时的结构承载状态。

c. 裂纹扩展速率;

d. 适用的检查等级、检查方法、检查方位、首检期和检查间隔期;

e. 热蠕变与疲劳的相互作用;

f. 装备总数和使用情况。

5.2.4.4.2 环境损伤的评级

应分一般损伤(包括金属的腐蚀和非金属的退化)和应力腐蚀两类评定损伤敏感性和探测及时性。

a. 一般损伤的敏感性按下列因素评定:

材料类型;

环境类型;

表面防护状况。

- b. 应力腐蚀的敏感性按下列因素评定：

材料类型；

表面防护状况。

- c. 一般损伤的探测及时性按下列因素评定：

暴露于有害环境的可能性；

检查时损伤的可见性。

- d. 应力腐蚀的探测及时性按下列因素评定：

制造中形成内应力的程度；

检查时损伤的可见性。

5.2.4.4.3 偶然损伤的评级

应考虑损伤的敏感性和探测及时性。

- a. 损伤敏感性按下列因素评定：

损伤可能性，与重要结构项目的位置和可能的损伤频度有关；

损伤后的剩余强度，通常按可能损伤尺寸与临界损伤尺寸的相对值评定。

- b. 损伤探测及时性按损伤扩展敏感性和检查时可见性评定。前者与重要结构项目所承受载荷的大小有关。

战伤、发动机破裂掉块、严重碰撞等引起的大尺寸偶然损伤容易发现，评定中不需考虑。

5.2.4.5 确定检查要求

结构检查的主要目的是及时检出损伤。应按重要结构项目对各种损伤的评级结果确定相应的检查要求，包括所需的检查等级、首检期和检查间隔期。各项检查工作的首检期和检查间隔期要尽量与预定的装备维修间隔期相一致，不可行时再考虑其它实用的间隔期。

5.2.4.5.1 疲劳损伤检查要求

在初始预防性维修大纲中，一般不包括疲劳损伤检查要求，但它必须在装备投入使用后的规定时期内确定，并及时补充进预防性维修大纲。

静强度结构项目不必做疲劳损伤检查。

安全寿命重要结构项目由设计确定安全寿命，不必另定疲劳损伤检查要求。但对进行了损伤容限设计的安全寿命重要结构项目，则应按损伤容限重要结构项目确定其疲劳损伤检查要求。

对损伤容限或耐久性重要结构项目应确定其疲劳损伤检查要求。若设计已确定有疲劳损伤检查要求，则不必另行确定。有些项目在疲劳损伤后尚有足够的剩余强度，且该损伤在装备的日常维护中很容易被发现，或者可由不危害安全的故障显示出来，也不必确定预定的疲劳损伤检查要求。

对重要结构项目疲劳损伤的详细目视检查和无损检测，可在领先使用的装备上进行，发现问题时才对装备总体作普查。对于特定的、隐蔽的或有过问题的重要结构项目，可用无损检测；对于其余重要结构项目可用详细目视检查。详细目视检查和无损检测的检查期确定原则如下：

- a. 首检期

首检期的确定原则是,重要结构项目在该期限内出现可检疲劳裂纹的概率小于规定值。对损伤容限或耐久性重要结构项目来说,该期限由设计和试验确定。对进行了损伤容限设计的安全寿命重要结构项目,其首检期为其原定的安全寿命期。

疲劳损伤的一般目视检查要求,应尽量与环境损伤和偶然损伤的检查要求相结合。

b. 检查间隔期

检查间隔期根据重要结构项目疲劳裂纹扩展寿命确定。

5.2.4.5.2 环境损伤检查要求

由于相当部分的环境损伤是随机性的,故其检查在装备的整个使用寿命期内都要进行。

a. 首检期

各级检查的首检期按订购方和承制方对类似结构的经验协商确定。随机性损伤的首检期与检查间隔期相同。对于与使用时间有关的损伤的一般目视检查的首检期可与检查间隔期相同;详细目视检查和无损检测的首检期,可用维修间隔期探索来确定,即通过对使用与试验数据的分析,系统地评价结构项目退化与使用时间增长之间的关系,以确定或调整检查期。

b. 检查间隔期

检查间隔期按订购方和承制方对类似结构的经验协商确定,通常与预定的装备维修间隔期相一致。对于与使用时间有关的损伤,详细目视检查和无损检测检查间隔期,也可用维修间隔期探索来确定。

5.2.4.5.3 偶然损伤检查要求

由于偶然损伤是随机性的,故其检查在装备的整个使用寿命期内都要进行。

各级检查的首检期与检查间隔期相同,按订购方和承制方对类似结构的经验协商确定,通常与预定的装备维修间隔期相一致。

5.2.4.6 提出维修级别的建议

维修级别的确定取决于作战与使用要求、技术条件和维修的经济性。除特殊需要外一般应将检查工作确定在耗费最低的维修级别。经分析后,提出进行各项目检查工作的维修级别的建议。

5.2.5 维修间隔期探索

主要是通过领先使用计划进行。

5.2.5.1 对疲劳损伤的领先使用计划

领先使用计划的目的在于提高对疲劳损伤的检出概率。它包括领先使用装备的条件、数量、要作检查的重要结构项目、首检期和检查间隔期。领先使用的装备应是使用时间已达到规定的结构首检期的装备,其数量按所要求的装备总体中疲劳损伤的检出概率确定。领先使用检查能检出装备总体中疲劳损伤的概率与下列因素有关:

- a. 所检查的装备数;
- b. 检查等级、方法及其首检期和检查间隔期;
- c. 每台装备的使用时间或使用次数;
- d. 领先使用装备的使用环境。

5.2.5.2 对环境损伤的领先使用计划

用于确定最佳的详细目视检查或无损检测期限。它包括领先使用装备的条件、数量、初定的首检期与检查间隔期以及检查期限的调整幅度。领先使用装备是使用时间超过某一数值的装备,其数量按所要求的装备总体中环境损伤检出概率确定。影响装备总体中损伤的检出概率的因素与 5.2.5.1 条相同。对于未定为领先使用的装备,在领先使用装备发现问题前不必进行这类环境损伤的详细目视检查或无损检测。

只要可行,应在同一装备上进行对疲劳损伤和环境损伤的领先使用。

5.3 区域检查分析

5.3.1 目的

确定区域检查的产品(项目)及间隔期要求。

5.3.2 内容

区域检查一般为目视检查,适用于需划分区域的大型装备,其内容包括:

- a. 检查非重要产品(项目)的损伤;
- b. 检查由邻近产品(项目)故障引起的损伤;
- c. 归并来自重要产品(项目)分析得出的一般目视检查。

5.3.3 时机

区域检查分析在系统和设备与结构以可靠性为中心的维修分析的后期进行。

5.3.4 分析方法

5.3.4.1 编号

装备应按有关文件或按订购方与承制方的协议划分区域,规定区域代码和区域工作顺序号。

5.3.4.2 收集区域的信息

- a. 区域的状况;
- b. 区域的边界;
- c. 区域内需进行检查的产品(项目);
- d. 检查的通道及需拆卸的零部件。

5.3.4.3 确定间隔期

确定区域检查间隔期的依据:

- a. 零部件对损伤的敏感性;
- b. 区域中的维修工作量;
- c. 类似系统和结构的经验;
- d. 承制方对新产品(项目)检查间隔期的建议;
- e. 对于包括重要产品(项目)的一般目视检查的情况,应考虑大多数这类检查的间隔期。

区域检查间隔期一般应与预定的装备维修间隔期相一致。

5.4 预防性维修工作的组合

5.4.1 目的

把分析确定的各项预防性维修工作按间隔时间组合为装备的预防性维修大纲。

5.4.2 基本步骤

- a. 考虑现行的维修制度和费用较高的预防性维修工作确定预定的装备维修间隔期。
- b. 把 5.1、5.2 及 5.3 条分析确定的各项预防性维修工作按间隔时间靠入相邻的预定间隔期,但对安全后果和任务后果的预防性维修工作所靠入的预定的装备维修间隔期不应大于其分析得到的间隔期。将组合的工作及其间隔期填入相应的大纲汇总表中。
- c. 列出每个间隔期上的各项预防性维修工作,以便进一步落实成各种维修文件。

附录 A

应用与剪裁指南

(参考件)

A1 主题内容

本附录提供了本标准的应用与剪裁的指南。

A2 预防性维修大纲

A2.1 预防性维修大纲与装备设计

预防性维修大纲所规定的预防性维修要求,关系到装备的战备完好性、维修工作量及资源的消耗,而需进行的预防性维修工作的类型和间隔期又取决于装备设计。因此,在装备论证、研制与改进时,要通过分析确定减少和便于预防性维修的设计重点,应消除或尽量减少有严重影响的隐蔽功能故障。对现役装备,当预防性维修不能有效地预防某些严重的故障后果时,应考虑改进设计。

A2.2 预防性维修大纲的监控和修订

装备投入使用后,要通过维修信息系统在装备整个使用寿命期内对预防性维修大纲进行监控。通过不断地观察与分析,根据使用经验考察与验证初始大纲规定的预防性维修工作及其间隔期的适用性和有效性,并按规定程序进行调整。当装备进行改装或在使用状况(包括任务及环境条件)及其它有关功能发生变化时,也应对预防性维修大纲做相应的修改。

A3 以可靠性为中心的维修分析的应用与剪裁

以可靠性为中心的维修分析的应用与剪裁可参考附录 E(参考件)的示例。

A3.1 以可靠性为中心的维修分析的应用

本标准的正文给出了以可靠性为中心的维修分析方法,以下是对分析方法的补充说明。

A3.1.1 以可靠性为中心的维修分析与其它工作的结合

以可靠性为中心的维修分析工作要注意与可靠性、维修性等工作相结合,尽可能利用这些工作提供的信息,以减少和避免工作的重复。对于现役装备,要充分利用已有的数据和经验。

A3.1.2 以可靠性为中心的维修分析记录

为便于在装备寿命周期内跟踪和核查维修分析结果,必须提供完整的维修分析记录。以可靠性为中心的维修分析记录表的例样见附录 C(参考件)。对其更改也应详细记录,并作为整个记录的组成部分。

A3.1.3 系统和设备预防性维修工作的有效性准则

A3.1.3.1 安全性影响类产品预防性维修工作的有效性

对于安全影响类的产品,预防性维修工作的目的在于避免有安全性影响的故障的发生,将故障(对于隐蔽功能故障为多重故障)发生的危险降低到可接受水平,即规定的可接受概率 P_{act} 。若通过适用的预防性维修工作,可将故障概率降低到 P_{act} ,则认为该类型预防性维修工作有效,否则认为无效。 P_{act} 经订购方和承制方协商认可后确定。

A3.1.3.2 任务性影响类产品预防性维修工作的有效性

军用装备对任务的要求在某些情况下与安全要求几乎同等重要,所以拟定的预防性维修工作是否有效,取决于能否将故障(对于隐蔽功能故障为多重故障)概率降低到规定的可接受

水平 P_{ac2} 。若拟定的预防性维修工作能将故障概率降低到可接受水平,则认为该类型预防性维修工作是有用的,否则为无效。 P_{ac2} 经订购方和承制方协商认可后确定。

A3.1.3.3 经济性影响类产品预防性维修工作的有效性

经济性影响类项目的预防性维修工作是否有效取决于其经济效果,可用效益比 K_{CA} 衡量。 K_{CA} 的计算公式如下:

$$K_{CA} = \frac{C_{PM} + C_{SPM}}{C_{NPM} + C_{SNP}} \dots\dots\dots (A1)$$

式中: C_{PM} —— 预防性维修工作的费用;

C_{SPM} —— 预防性维修工作的保障费用;

C_{NPM} —— 不做预防性维修的损失费用(故障的代价);

C_{SNP} —— 不做预防性维修工作的保障费用。

以上费用均为在该产品使用寿命期的总费用。

若 $K_{CA} < 1$, 则认为备选的预防性维修工作有效;若 $K_{CA} \geq 1$, 则为无效。

若忽略公式(A1)中保障费用的影响,则预防性维修工作的直接经济效益比 K_{CB} 计算如下:

$$K_{CB} = \frac{C_{PM}}{C_{NPM}} \dots\dots\dots (A2)$$

若 $K_{CB} < 1$, 则工作是有用的;若 $K_{CB} \geq 1$, 则为无效。

a. 确定保养工作的有效性。保养工作是设计所要求的,所需的维修费用很少,所以,若该工作是适用的,一般也认为是有效的。

b. 确定操作人员监控工作的有效性。监控是操作人员正常职责组成部分,不需要额外的仪器和设备,所以若该工作是适用的,一般都是有效的。

c. 确定功能检测的有效性。此处预防性维修工作的费用 C_{PM} 包括检测工作的费用,检出潜在故障后的修复费用和未能检出产品潜在故障发生功能故障后的修复费用;不做预防性维修工作的费用 C_{NPM} 为产品功能故障后的修复费用。

d. 确定定时拆修的有效性。此处预防性维修的费用 C_{PM} 为产品到寿后的拆修费用和产品到寿前故障的修复费用;不做预防性维修工作的费用 C_{NPM} 为产品故障后的损失费用。

e. 确定定时报废的有效性。此处预防性维修的费用 C_{PM} 为产品到寿后报废的费用和产品到寿前故障报废的费用;不做预防性维修工作的费用 C_{NPM} 为产品故障报废的费用。

A3.1.4 确定预防性维修工作的间隔期

由于维修工作的频率直接影响战备完好性和维修工作量,所以应十分重视维修间隔期的确定。初始的维修间隔期应根据试验数据和类似项目的使用经验并考虑故障后果确定。若当进行的其它维修工作的时间(例如计划维修或送厂修理)与某一产品(项目)的预防性维修工作的时间接近时,则从经济上考虑,可将该产品(项目)的预防性维修工作提前,称为“机会维修”。遵循以可靠性为中心的维修分析原理,可根据使用经验和维修间隔期探索数据调整预防性维修工作的间隔期。

A3.1.5 非重要产品(项目)分析准则

装备中只有一部分产品(项目)是重要产品(项目),在制定维修大纲时也应考虑非重要产品(项目),但它们的预防性维修不应显著地增加总的维修费用,并应将其控制在最小范围内。

这些产品(项目)的预防性维修工作包括机会维修和一般目视检查。这些维修工作一般包括在区域检查大纲中。

A3.2 以可靠性为中心的维修分析的剪裁

本标准规定的以可靠性为中心的维修分析包括系统和设备以可靠性为中心的维修分析、结构以可靠性为中心的维修分析、区域检查分析及预防性维修工作的组合等内容。可根据装备的复杂性、配置总量、计划使用时间、分析的费用等因素剪裁。当确认全面应用以可靠性为中心的维修分析不必要或不经济时,可部分应用或甚至不用。

系统和设备以可靠性为中心的维修分析是各类装备通常都要进行的。结构以可靠性为中心的维修分析中的“结构”,是专指那些承受外力载荷,其故障模式是疲劳损伤、环境损伤或偶然损伤的结构组件、零件和细节。对于这些结构项目,所需进行的预防性维修就是定期的目视检查 and 无损检测,以及有些项目的定期更换,以便及时发现并消除影响安全、任务和经济损失。所以,结构以可靠性为中心的维修分析使用不同于系统和设备以可靠性为中心的维修分析的逻辑决断图,它适用于大型装备(如飞机及按损伤容限设计的航空发动机等)不宜按系统和设备分析的结构项目。区域检查适用于大型装备,用于检查非重要项目损伤或邻近项目故障引起的损伤以及重要项目的一般目视,是将大型装备划区编号,确定区域内的检查项目及间隔期。由以可靠性为中心的维修分析确定的各产品(项目)的预防性维修工作以及所需的其它预防性工作,最后要经过调整归并组合成成套的预防性维修工作,形成装备预防性维修大纲。

一般地说,对飞机等大型复杂装备应全面按正文中的详细要求进行以可靠性为中心的维修分析;对一般装备不需做区域检查;对一般设备或系统通常只进行本标准 5.1 的“系统和设备以可靠性为中心的维修分析”;对于配备总量少、计划使用时间短、分析费用相对多的简单装备,可完全不用以可靠性为中心的维修分析。

本标准中的故障后果分类和预防性维修工作类型可以依据装备的特点加以剪裁。

A4 负责机构

A4.1 初始预防性维修大纲的制订

订购方应对制订预防性维修大纲提出要求,并在合同中规定。

制订初始预防性维修大纲时,应成立领导小组全面负责制订工作(如:确定有关的分析准则、定义、预定的装备维修间隔期等)。领导小组应由承制方和订购方的有关人员组成。承制方负责大纲的起草工作。维修大纲应报主管部门批准。

A4.2 现役装备预防性维修大纲的制订与修订

对于未制订和需修订预防性维修大纲的现役装备,其大纲的制订和修订由订购方负责,必要时可请承制方参加。制订或修订后的维修大纲应报主管部门批准。

附 录 B

装备预防性维修大纲内容和格式示例

(参考件)

B1 装备预防性维修大纲的内容

装备预防性维修大纲的正文部分一般应包括下列内容：

- a. 前言；
- b. 例行检查要求；
- c. 系统和设备预防性维修大纲；
- d. 结构预防性维修大纲；
- e. 区域检查大纲。

附录根据需要可包括：装备的区域划分，维修通道和术语等。

B1.1 系统和设备预防性维修大纲

系统和设备的预防性维修大纲是装备中的系统和设备的预防性维修要求的汇总文件，其内容一般包括产品编码，产品名称，维修工作说明（包括预防性维修工作类型、所需工具设备等），维修间隔期，维修级别及维修工时等。对于大型装备，可能还需包括维修工作的区域和通道等。

B1.2 结构预防性维修大纲

结构预防性维修大纲是装备结构预防性维修要求的汇总文件，其内容一般包括项目的编码，首检期，检查间隔期，检查工作说明（包括领先使用检查要求），维修级别，维修工时，检查区域和通道等。

B1.3 区域检查大纲

区域检查大纲是装备区域检查要求的汇总文件，其内容一般包括区域，检查位置，检查间隔期和维修工作说明等。

B2 预防性维修大纲汇总表示例

B2.1 系统和设备预防性维修大纲汇总表示例见表 B1。

B2.2 结构预防性维修大纲汇总表示例见表 B2。

B2.3 区域检查大纲汇总表示例见表 B3。

表 B1 系统和设备预防性维修大纲汇总表

产品 编码	产品 名称	工作 区域	工作 通道	维修工作 说 明	维 修 间隔期	维修 级别	维修 工时

表 B2 结构预防性维修大纲汇总表

项目 编码	检查 区域	检查 通道	检查工作 说 明	首 检 期	检查 间隔期	维修 级别	维修 工时

表 B3 区域检查大纲汇总表

区域编码	工作顺序	检查位置	检查间隔期	维修工作说明

附录 C

以可靠性为中心的维修分析记录格式与要求

(参考件)

C1 主题内容

本附录阐述了以可靠性为中心的维修分析记录的要求,推荐记录表的式样及填写说明。

C2 一般要求

以可靠性为中心的维修分析,必须加以记录,以便对其进行跟踪和核查。以可靠性为中心的维修分析要记录在经批准的表格上。可选用本附录中规定的表格 C1 至 C7,也可规定其它格式但需包括相同的信息。

C3 详细要求

C3.1 分析记录

C3.1.1 产品(项目)概况记录表(见表 C1)

本记录表用于记录所分析产品(项目)的概况,在记录表的最上部分栏目内把产品(项目)区分为重要功能产品(FSI)、重要结构项目(SSI)或非重要产品(项目)。产品(项目)的类别确定了需填写的记录表。填写产品(项目)概况记录表应注意:

a. 栏目“区域”:对大型分区的装备填入产品(项目)所在的区域号,不分区域的装备则填入“——”。

b. 栏目“功能说明”:填入该产品(项目)的各项功能并予以说明,包括输入和输出容限、振动或应力极限及任何可能的限制性因素。必须标明所有的隐蔽功能。

c. 栏目“备注”:填入产品(项目)的补偿措施,包括余度、保护装置、故障安全特性或故障指示装置。

C3.1.2 故障模式和影响分析记录表(见表 C2)

本记录表用于记录故障模式和影响分析的结果。

C3.1.3 系统和设备分析记录表(见表 C3)

本记录表用于记录 FSI 的逻辑决断过程所确定的预防性维修工作类型及其间隔期。

a. 栏目“逻辑决断回答”:对应于标准正文 5.1 节中的图 1,分别对所提的问题 1 至 5 和 A 至 F(或 E)填入“Y”(是)或“N”(否)的回答。

b. 栏目“维修工作”:应填入每个故障原因所确定的预防性维修工作编号及其描述。

c. 栏目“维修级别”:可用代码 1、2、3 分别代表基层级(一级),中继级(二级)、基地级(三级)。

C3.1.4 非重要产品(项目)分析记录表(见表 C4)

C3.1.5 系统决断过程中确定各类型预防性维修工作的分析记录表

C3.1.5.1 确定故障后果和保养工作分析记录表(见表 C5.1)

C3.1.5.2 使用检查工作分析记录表(见表 5.2)

C3.1.5.3 操作人员监控或功能检测分析记录表(见表 C5.3)

C3.1.5.4 定时拆修或定时报废分析记录表(见表 C5.4)

C3.1.5.5 综合工作分析记录表(表 C5.5)

栏目“工作说明”:填入适用的综合考虑后确定的预防性维修工作的说明。

C3.1.6 重要结构项目分析记录表和汇总表(见表 C6.1—C6.6)(与附录 D 相配)

C3.1.6.1 疲劳损伤检查要求确定记录分表(见表 C6.1)

栏目“SSI 类别”:按项目的类别在“安全寿命”或“损伤容限或耐久性”栏打“√”。

栏目“内部或外部项目”:按项目是内部或外部项目在“内部”或“外部”栏打“√”。

C3.1.6.2 一般环境损伤评级记录分表(见表 C6.2)

栏目“内部或外部项目”,“环境类别”,“表面防护”,“损伤可能性”,“检查可见性”在相应栏内打“√”。

C3.1.6.3 应力腐蚀评级记录分表(见表 C6.3)

栏目“内部或外部项目”,“材料敏感性”,“表面防护”,“内应力可能性”,“检查可见性”在相应栏内打“√”。

C3.1.6.4 偶然损伤评级记录分表(见表 C6.4)

栏目“内部或外部项目”,“损伤可能性”,“损伤后剩余强度”,“损伤扩展性”在相应栏内打“√”。

C3.1.6.5 环境损伤和偶然损伤检查要求确定记录分表(见表 C6.5)

栏目“内部或外部项目”:按项目是内部或外部项目在“内部”或“外部”栏内打“√”。

C3.1.6.6 重要结构项目分析记录汇总表(见表 C6.6)

栏目“内部或外部项目”:按重要结构项目是内部或外部项目在“内部”或“外部”栏内打“√”。

C3.1.7 维修分析修改记录表(见表 C7)

本记录表用于记录由经验数据分析、改装等引起的预防性维修要求的改变。应用本记录表可避免与初始分析记录中的信息重复。然而,若有重要产品(项目)需做全部的以可靠性为中心的维修分析时,则必须填写表 C1 至表 C6 适用的记录表。

栏目“维修工作”:填入有关的分析记录表(表 C1 至表 C6)中的有关的预防性维修工作编号和新的工作的描述。若废除原有的工作且不需再增加新的工作,则填入“——”。

表 C1 产品(项目)概况记录表

产品(项目)概况记录表				分类(选择一个) 重要功能产品 重要结构项目 非重要产品			第 页 共 页
修订号	装备型号	系统或分系统名称		制订单位、人员签名			日期
工作单元编码		参考图号		审查单位、人员签名			日期
产品(项目)层次		系统或分系统件号		批准单位、人员签名			日期
产品(项目)编码	产品(项目)名称	产品(项目)件号	产品(项目)工作单元编号	区 域	功 能 说 明	备 注	

表 C2 故障模式和影响分析记录表

故障模式和影响分析										第	页共	页
修订号		装备型号		系统或分系统名称		制订单位、人员签名				日期		
工作单元编码				参考图号		审查单位、人员签名				日期		
产品(项目)层次		系统或分系统件号		批准单位 人员签名				日期				
产 品 (项目) 编 码	产 品 (项目) 名 称	功 能 及 编 码	故障模式 及 编码	故障原因 及 编码	任务阶段	故障影响			故障检 测 的 方 法	严 酷 度 分 类	是否在最 少设备清 单上	备注
						局 部 影 响	对 上 一 层 的 影 响	最 终 影 响				

表 C3 系统和设备分析记录表

系统和设备分析																		第 页 共 页							
修订号		装备型号		系统或分系统名称				制订单位、人员签名				日期													
工作单元编码				参考图号				审查单位、人员签名				日期													
产品层次		系统或分系统件号				批准单位、人员签名				日期															
产 品 编 号	产 品 名 称	故障原因 编 码	逻辑决断回答(Y或N)												维 修 工 作										
			故障影响			安全性影响			任务性影响			经济性影响													
			1	2	3	4	5	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	编 号

表 C4 非重要产品(项目)分析记录表

非重要产品(项目)分析										第 页 共 页
修订号	装备型号		系统或分系统名称		制订单位、人员签名			日期		
工作单元编码			参考图号		审查单位、人员签名			日期		
产品(项目)层次	系统或分系统件号		批准单位、人员签名			日期				
产品(项目)编码	产品名称	该产品(项目)类同于现有项目吗?	根据类似产品(项目)的经验确定工作	编号	说明	根据承制方对独特产品(项目)的建议确定工作	编号	说明	维修间隔期	维修级别

表 C5.1 确定故障后果和保养工作分析记录表

[illegible]

表 C5.2 使用检查分析记录表

产品 编码	故障 原因 编码	故障 后果	维修工作适用性		维修 工作说明	维修 间隔 期	维修 级别	维修工作有效性				维修工作是否 适用和有效
			探测产品 故障的方法	故障 概率				安全/任务	经济			
										故障的可 接受水平	有无经 济效果	

表 C5.3 操作人员监控或功能检测分析记录表

产品 编码	故障 原因 编码	故障 后果	维修工作适用性				维修 工作说明	维修 间隔期	维修 级别	维修工作有效性			维修工作是否 适用和有效
			探测产品抗 故障能力下 降的方法	可探测的 潜在故障 状态	潜在故障 至功能故 障的时间	是否为操作 人员的正常 职责				安全/任务	经济	有无经 济效果	

☆：此栏只适用于操作人员监控

表 C5.4 定时拆修或定时报废分析记录表

产品 编码	故障 原因 编码	故障 后果	维修工作适用性			维修 工作说明	维修 间隔期	维修 级别	维修工作有效性			维修工作是否 适用和有效
			产品的 耗损期 或寿命	产品工作 至耗损期 的残存比	能否将产品 修复到规定 状态				安全/任务	经济	故障的可 接受水平	

注：本栏只适用于定期修复

表 C5.5 综合工作分析记录表

产品 编码	故障 原因 编码	故障 后果	维修工作适用性 所有适用的 维修工作	维修 工作说明	维修间隔 期	维修 级别	维修工作有效性			维修工作是否 适用和有效
							安全/任务	故障的可 接受水平	经济 有无经 济效果	
							故障的 概率			

表 C6.1 重要结构项目 (SSI) 疲劳损伤检查要求确定记录分表

疲劳损伤检查要求的确定														第	页共	页
修订号		装备型号		系统或分系统名称		制订单位、人员签名				日期						
工作单元编码				参考图号		审查单位、人员签名				日期						
项目层次		区域号		批准单位、人员签名				日期								
项目编码	项目名称	SSI 类别		内部或外部项目		SSI 的平均裂纹形成寿命 N_i	装备设计使用寿命 L	$n = \frac{N_i}{L}$	疲劳损伤级数 FDR	SSI 的裂纹扩展寿命 N_p	维修工作			首检期	检查间隔期	安全寿命级别
		安全寿命	损伤容量或耐久性	内部	外部						编号	类型	说明			

注: (1) 维修工作类型的代码, 一般目视检查——GV, 详细目视检查——DV, 无损检测——NDT, 更换——RE。

表 C6.2 重要结构项目 (SSI) 一般环境损伤评级记录分表

一般环境损伤的评级												第	页共	页						
修订号		装备型号		系统或分系统名称			制订单位、人员签名			日期										
工作单元编码		参考图号		审查单位、人员签名			日期													
项目层次		区域号		批准单位、人员签名			日期													
项目编码	项目名称	内部或外部项目	SSI 的材料	环境类型			表面防护			敏感性级号 GDSR	损伤可能性			检查可见性			探测及时性级号 GDDR	一般环境损伤级号 GDR	GDR 材料修正值	修正后 GDR
				严酷	中	等其他	差	中	好		大	中	小	差	中	好				

表 C6.3 重要结构项目 (SSI) 应力腐蚀评级记录分表

应力腐蚀的评级											第	页共	页					
修订号	装备型号	系统或分系统名称	制订单位、人员签名				日期											
工作单元编码		参考图号	审查单位、人员签名				日期											
项目层次		区域号	批准单位、人员签名				日期											
项目编码	项目名称	内部或外部项目	SSI 的材料	材料敏感性			表面防护			敏感性级号 SCSR	内应力可能性			检查可见性			探测及时性级号 SCDR	应力腐蚀级号 SCR
				大	中	小	差	中	好		大	中	小	差	中	好		

表 C6.4 重要结构项目 (SSI) 偶然损伤评级记录分表

偶然损伤的评级												第	页共	页	
修订号		装备型号		系统或分系统名称			制订单位、人员签名					日期			
工作单元编码		参考图号		审查单位、人员签名			日期								
项目层次		区域号		批准单位、人员签名			日期								
项目编码	项目名称	内部或外部项目		SSI 的材料	损伤可能性		损伤后剩余强度		敏感性级号 ADSR	损伤扩展性		检查可见性		探测及时性级号 ADDR	偶然损伤级号 ADR
		内部	外部		大	中	小	小		中	大	大	中		

表 C6.5 重要结构项目 (SSI) 环境损伤和偶然损伤检查要求确定记录分表

环境损伤和偶然损伤检查要求的确定										第	页共	页
修订号	装备型号	系统或分系统名称	制订单位、人员签名				日期					
工作单元编码		参考图号	审查单位、人员签名				日期					
项目层次		区域号	批准单位、人员签名				日期					
项目 编码	项目 名称	内部或外部 项 目 内部 外部	SSI 的材料	一般环境 损伤级号 GDR	应力腐蚀 级 号 SCR	环境损伤 号级 号 EDR	偶然损伤 号级 号 ADR	EDR 和 ADR 中较小的 级号	检查工作 编号 类型 说明	首 检 间隔期	维 修 级 别	

注：(1) 检查工作类型的代码：一般目视——GV，详细目视——DV，无损检测——NDT。

表 C6.6 重要结构项目分析记录汇总表

重要结构项目 (SSI) 分析												第	页共	页		
修订号	装备型号		系统或分系统名称		制订单位、人员签名			日期								
工作单元编码			参考图号		审查单位、人员签名			日期								
项目层次		系统或子系统件号			批准单位、人员签名							日期				
项目编码	项目名称	SSI 类别		内部或外部		故障模式 编 码	FDR	EDR		ADR	维修工作		首 检 期	检查 间隔 期	安全 寿命	维修 级别
		安全寿命 或静强度	损伤容量 或耐久性	内部	外部			内部	外部		编号	类型				

注:维修工作类型的代码:---般目视---GV,详细目视 DV,无损检测 --- NDT,更换 RE.

表 C7 维修分析修改记录表

维修分析修改						第	页共	页
修订号	装备型号	系统或分系统名称		制订单位、人员签名		日期		
工作单元编码		参考图号		审查单位、人员签名		日期		
产品(项目)层次		系统或分系统件号		批准单位、人员签名		日期		
产品(项目)编码	产品(项目)名称	修改理由	维修工作		维修间隔期	维修级别		
			编号	说明				

附 录 D

装备重要结构项目评级和检查期确定方法

(参考件)

D1 主题内容

本附录推荐一种装备重要结构项目 (SSI) 的评级及确定检查期 (包括首检期和检查间隔期) 的方法。

D2 缩语表

ADDR	偶然损伤探测及时性级号
ADR	偶然损伤级号
ADSR	偶然损伤敏感性级号
EDR	环境损伤级号
FDR	疲劳损伤级号
GDDR	一般环境损伤探测及时性级号
GDR	一般环境损伤级号
GDSR	一般环境损伤敏感性级号
SCDR	应力腐蚀探测及时性级号
SCR	应力腐蚀级号
SCSR	应力腐蚀敏感性级号
SSI	重要结构项目

D3 一般要求

在预防性维修分析中,应评定装备重要结构项目的损伤级号,并根据评级结果确定检查期。损伤容限或耐久性重要结构项目需评定疲劳损伤、环境损伤和偶然损伤的级号;安全寿命重要结构项目和静强度重要结构项目只需评定环境损伤和偶然损伤的级号。

D4 详细要求

D4.1 评级方法

D4.1.1 疲劳损伤级号 (FDR) 的评定

按耐久性试验确定的重要结构项目平均裂纹形成寿命与装备设计使用寿命之比 n 评定,用于确定疲劳损伤详细目视检查或无损检测的首次检查期。见表 D1。

表 D1 疲劳损伤级号 (FDR) 的评定

FDR	1	2	3	4
n	$n < 1.0$	$1.0 \leq n < 1.5$	$1.5 \leq n < 2.0$	$n \geq 2.0$

D4.1.2 环境损伤级号 (EDR) 的评定

分一般环境损伤 (金属的腐蚀和非金属的退化) 和金属的应力腐蚀两方面进行评定。

D4.1.2.1 一般环境损伤级号 (GDR) 的评定

一般环境损伤级号为一般环境损伤敏感性级号 (GDSR) 和一般环境损伤探测及时性级号

(GDDR)之和。

$$GDR = GDSR + GDDR \dots\dots\dots (D1)$$

GDSR、GDDR 的评定分别见表 D2、D3。

表 D2 一般环境损伤敏感性级号(GDSR)的评定

GDSR 表面防护	环境类型	排污、电解液、 海水、盐湖 (严酷)	舱内凝结水、地面 水、酸性碱性灰尘 (中等)	其 他 类 型
无 (差)		0	1	2
阳极化、油漆层(中)		1	2	3
镀层、严密复盖层(好)		2	3	4

表 D3 一般环境损伤探测及时性级号(GDDR)的评定

GDDR 预定检查时可见性	暴露于有害环境的可能性	大	中	小
差		0	1	2
中		1	2	3
好		2	3	4

上述评定适用于耐腐蚀性中等的铝、钢、钛等类金属。一般环境损伤级号最小为 0,最大为 8。镁等易蚀金属的该种级号按上述评定的结果减 1,不锈钢、复合材料等耐蚀材料的该种级号按上述评定的结果加 1。

D4. 1. 2. 2 应力腐蚀级号(SCR)的评定

应力腐蚀级号为应力腐蚀敏感性级号(SCSR)与应力腐蚀探测及时性级号(SCDR)之和。

$$SCR = SCSR + SCDR \dots\dots\dots (D2)$$

应力腐蚀的敏感性级号和探测及时性级号的评定分别见表 D4、D5。

表 D4 应力腐蚀敏感性级号(SCSR)的评定

SCSR \ 材料敏感性		大	中	小
表面防护	无 (差)	0	1	2
	阳极化、油漆层(中)	1	2	3
	镀层、严密复盖层(好)	2	3	4

表 D5 应力腐蚀探测及时性感级号(SCDR)的评定

SCDR \ 内应力可能性		复杂组件 且难加工 (大)	复杂组件,但易加工;简 单组件,但难加工 (中)	简单组件且 易加工 (小)
预定检查时可见性	差	0	1	2
	中	1	2	3
	好	2	3	4

应力腐蚀级号最小为 0,最大为 8。

D4.1.2.3 以一般环境损伤级号和应力腐蚀级号中较小的一个作为环境损伤级号。

D4.1.3 偶然损伤级号(ADR)的评定

偶然损伤级号为偶然损伤敏感性级号(ADSR)与偶然损伤探测及时性感级号(ADDR)之和

$$ADR = ADSR + ADDR \dots\dots\dots (D3)$$

偶然损伤的敏感性级号和探测及时性感级号的评定分别见表 D6,D7。

表 D6 偶然损伤敏感性级号(ADSR)的评定

ADSR \ 损伤可能性		大	中	小
损伤后剩余强度	小	0	1	2
	中	1	2	3
	大	2	3	4

表 D7 偶然损伤探测及时性级号(ADDR)的评定

<div> <div>损伤扩展敏感性</div> <div>ADDR</div> <div>预定检查时可见性</div> </div>	大	中	小
	大	中	小
差	0	1	2
中	1	2	3
好	2	3	4

偶然损伤级号最小为 0,最大为 8。

D4.2 检查期的确定

结构维修大纲包含装备总体(指分散于各使用单位的全部同型号的装备)检查计划和只抽检部分装备的领先使用计划两部分。

D4.2.1 装备总体检查计划中检查期的确定

新装备投入使用时执行的装备总体检查计划,只包括环境损伤和偶然损伤的检查要求。以后由领先使用检查计划的执行结果确定是否需要增加某些疲劳损伤检查要求。

由于偶然损伤和大部分的环境损伤都是随机的,故检查期一般可不分首检期和检查间隔期,在整个装备寿命期内都是相等的,以日历时间表示。检查期按一般损伤、应力腐蚀和偶然损伤三个级号中最小的一个确定,检查期一般应与预定的维修间隔期相符合,并应考虑到预定维修间隔期在使用中可能延长。

对一种型号的装备来说,由于各结构区所适用的检查期不一定相同,故不可能有一个各结构区都适用的 EDR 或 ADR 检查期对应表,而只能有一个对应的准则,如表 D8 所示。

表 D8 EDR 或 ADR—检查期的对应准则

EDR 或 ADR	确定结构检查期的基本准则
0	不许可,重要结构项目要重新设计。
1	最短的实用检查期。
2	检查期大于级号 1,但小于级号 3 的。
3	检查期小于级号 4 的。
4	使用经验证明可行的、重要结构项目所在区域的内或外部结构项目的一般日视检查间隔期。
5	检查期大于级号 4,但小于级号 6 的。
6	检查期小于或等于级号 7 或 8 的。

续表 D8

EDR 或 ADR	确定结构检查期的基本准则
7 或 8	最长的实用检查期,一般按可达性和修理经济性确定。 对于可达性差的内部项目,可用维修间隔期探索确定恰当的检查期。

表中级号是与重要结构项目所在结构区的内或外部结构项目的一般日视检查间隔期相联系的。对于该区域中级号较小的重要结构项目(如级号为小于或等于 3 的外部项目,小于或等于 4 的内部项目),可考虑损伤后果按此检查期作详细日视检查。对于特定部位、隐蔽的结构细节以及已知出过问题的细节的检查一般用无损检测。

D4.2.2 领先使用计划中检查期的确定

D4.2.2.1 对疲劳损伤的领先使用

它是在使用时间最多的领先使用装备上对损伤容限或耐久性重要结构项目和进行了损伤容限设计的安全寿命重要结构项目增做疲劳损伤检查工作。增做的工作一般为详细日视检查,对于特定部位、隐蔽细节和已知有过问题的细节用无损检测。检查期以使用时间或次数表示。

D4.2.2.1.1 领先使用装备的数量

按所需的疲劳损伤探测概率确定。装备号码确定后,一般固定不变。

可以有两种做法。一种是固定较少的领先使用装备,如装备总数的 $1/3$,只在这些装备上增做疲劳检查。另一种是固定更多的领先使用装备,按一定的检查期分批轮流检查这些领先使用装备,每次的检查数不超过装备总数的 $1/3$ 。后者的效果可能更好。

D4.2.2.1.2 领先使用装备检查期的确定

D4.2.2.1.2.1 首检期

损伤容限或耐久性重要结构项目的首检期的确定原则是保证在首检期内结构不出现可检裂纹的概率为 99.9%。具体的按疲劳损伤级号确定,见表 D9。

表 D9 领先使用装备首检期的确定

FDR	首检期
1	SSI 平均裂纹形成寿命的 $1/4$
2	装备设计使用寿命的 $1/4$
3	装备设计使用寿命的 $3/8$
4	装备设计使用寿命的 $1/2$

进行了损伤容限设计的安全寿命重要结构项目的首检期等于原定的安全寿命期。

D4.2.2.1.2.2 检查间隔期

对损伤容限或耐久性重要结构项目和进行了损伤容限设计的安全寿命重要结构项目的检

查间隔期为重要结构项目裂纹扩展寿命的 $1/2$ 。

D4.2.2.2 对环境损伤的领先使用(只在必要时使用)

它是以一定的检查期对使用时间超过某一数值的装备作详细目视检查和无损检测,以探索重要结构项目与使用时间有关的环境损伤的最佳详细目视检查和无损检测期限(首检期和检查间隔期)。检查一般为详细目视,对于特定部位、隐蔽细节和已知有过问题的细节用无损检测。检查期以日历时间表示。

D4.2.2.2.1 领先使用装备的数量

数量的确定可以用 D4.2.2.1.1 条中所述的两种做法。可在同一装备上进行对疲劳损伤和环境损伤的领先使用。

D4.2.2.2.2 检查期的确定

按类似结构的使用经验、承制方的建议、工程判断或上一次检查结果确定。

附录 E

应用与剪裁举例

(参考件)

E1 主题内容

本附录提供本标准应用与剪裁的示例。

E2 示例

E2.1 以可靠性为中心的维修分析剪裁示例

现以军械装备为例,说明以可靠性为中心的维修分析的剪裁。

由于军械装备大多属于地面战斗武器及设备,大型结构件少且强度余量较大,除战斗损伤外其它损伤的影响较小、扩展缓慢,特别是不象飞机那样安全问题特别突出。因而,军械装备通常只进行系统与设备以可靠性为中心的维修分析。对于地面战斗武器而言,任务性后果与安全性后果有一定的联系。通常情况下,影响了任务也就间接地影响了安全,所以,从方便选择预防性维修工作类型的角度来看,没有必要区分安全性后果和任务性后果。为了使决断过程简单明了,把军械装备的故障后果分为两类:

a. 安全性或任务性影响。对于具有这类后果的产品必须做预防性维修,以预防故障的产生或使故障发生的概率降到可以接受的水平,如果预防无效,则必须重新设计。

b. 经济性影响。它是指任务性与安全性以外的故障后果,对于具有此类后果的产品,只有当预防性维修的费用低于故障后的损失费用时,才进行预防性维修。军械装备的以可靠性为中心的维修分析逻辑决断图如图 E1。

E2.2 系统和设备以可靠性为中心的维修分析示例

以某舰载飞机弹射起飞分系统说明系统和设备以可靠性为中心的维修分析。

弹射起飞分系统是起落架系统的一个分系统,它提供飞机弹射起飞操纵的功能,其故障对飞机安全及任务都有严重影响,所以将该系统作为重要功能项目进行分析。该分系统由一个发射杆作动筒、一个座舱控制选择阀、回收弹簧和一个拉杆套筒等部件组成。发射杆用可转动接头连接在前起落架的前部,在滑行时可以伸缩,弹射起飞后,发射杆自动收回。在主仪表上有一个发射杆警告灯,发射杆控制开关位于“伸出”时亮。选择阀位于杆伸出位置,发射杆不上升,由重力锁住起落架,否则发射杆控制开关在“收回”位置,发射杆作动筒不上升并锁住。弹射起飞系统的附件有一个拉杆和一个弹射伸缩杆,拉杆套筒固定在前起落架轴梁上,在弹射起飞前降下拉住飞机的拉杆。该系统的分解框图见图 E2。

弹射起飞分系统的承制方提出了发射杆组件的润滑要求,润滑间隔期为 28 天。本题仅分析该分系统的传动部分。分析步骤如下:

E2.2.1 将该分系统的概况填入产品(项目)概况记录表(E1.1)

E2.2.2 对该分系统进行故障模式及影响分析

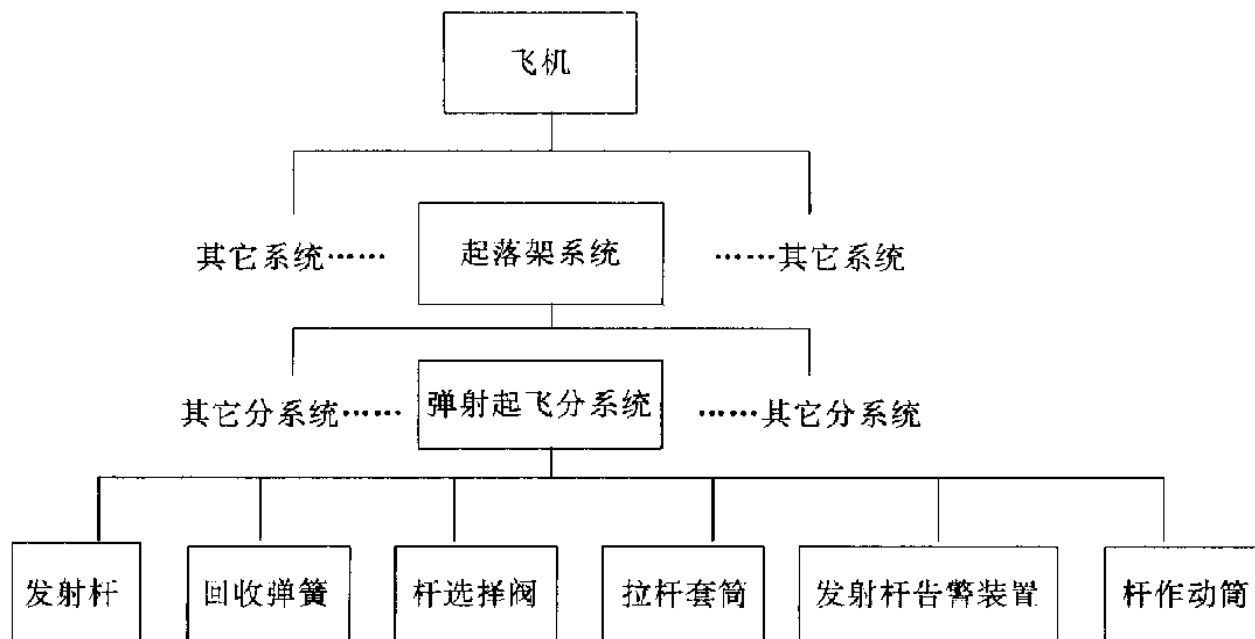


图 E2 弹射起飞分系统分解框图

该分系统有 6 个功能：

- a. 将拉杆载荷传送到前起落架；
- b. 伸出发射杆；
- c. 收回发射杆；
- d. 将弹射载荷传送到前起落架；
- e. 用弹射滑阀调准前起落架；
- f. 对空勤组指示发射杆在伸出位置。

下面以 a、b、c 三种功能为例进行分析，将分析结果填入 FMEA 记录表 E1.2，其中“备注”栏填入平均故障间隔时间(次数)MTBF。

E2.2.3 RCMA 逻辑决断

应用逻辑决断图对上述分析的各种故障原因进行 RCMA 决断，分析结果分别填入表 E1.3、E1.4、E1.5、E1.6 和 E1.7 和 E1.8。

E2.2.3.1 预防性维修工作有效性的确定

该系统要求，影响安全的产品故障可接受概率 $P_{ac1}=10^{-8}$ ，影响任务能力的产品故障可接受概率 $P_{ac2}=10^{-4}$ 。

E2.2.3.1.1 故障原因 1A1

a. 使用检查工作有效性的确定。对于该预防性维修工作，允许检查的最短间隔期为 50 次弹射。以 50 次弹射为间隔期作目视检查，产品发生故障的概率 P_f 为：

$$\begin{aligned}
 P_f &= 1 - e^{-50/MTBF} = 1 - e^{-50/5160} \\
 &= 9.64 \times 10^{-3} > 10^{-8}
 \end{aligned}$$

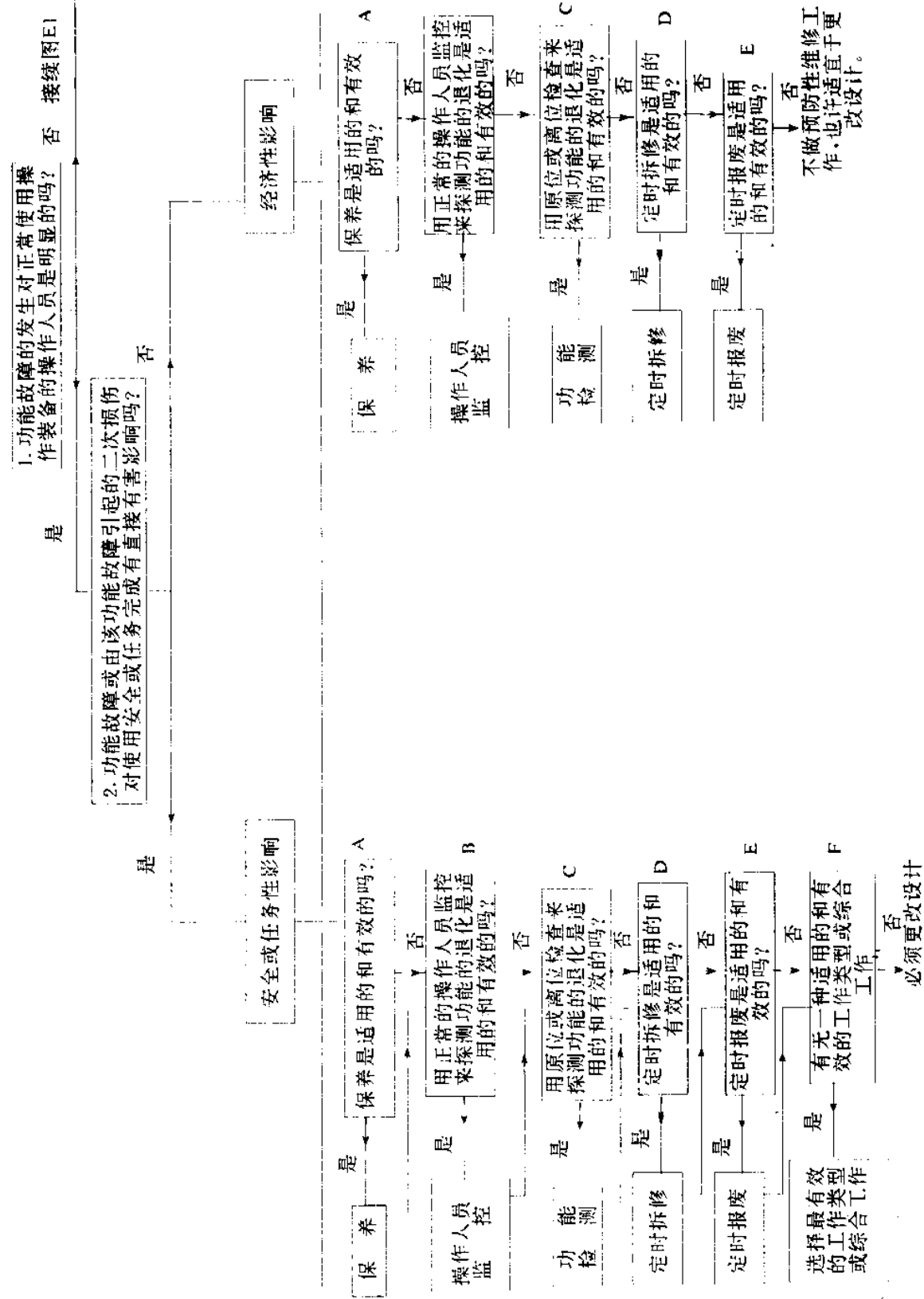
所以这样的预防性维修无效。

b. 功能检测工作有效性的确定。若产品已发生潜在故障，一次功能检测能检出故障的概

率为 0.9,则在产品由潜在故障发展到功能故障期间(设为 1200 次弹射)作 n 次检查,应满足

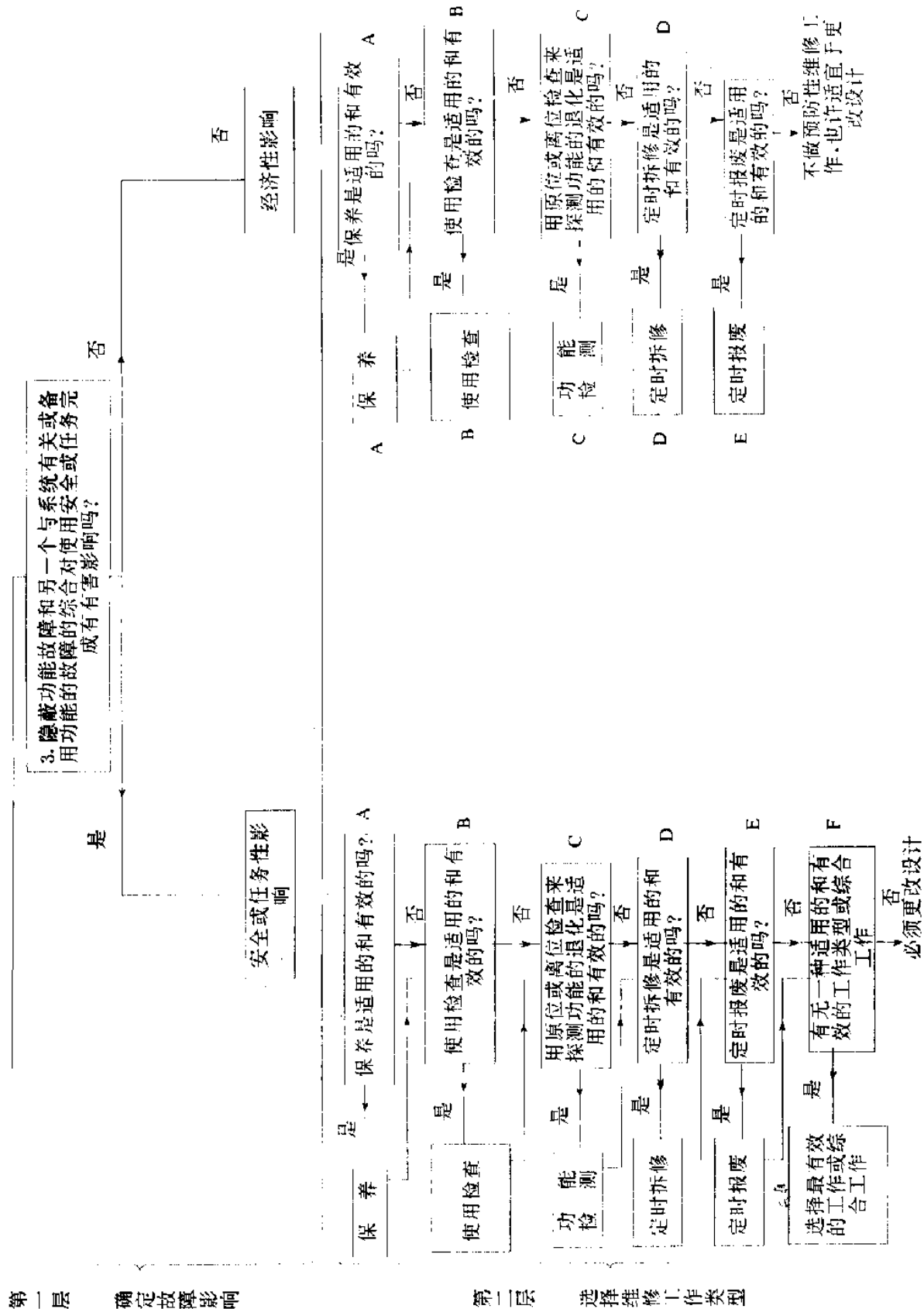
$$(1 - 0.9)^n \leq P_{acc1} = 10^{-8}$$

解得: $n=8$,检查间隔期为 $1200/8=150$ 次弹射。做预防性维修工作后,可将该故障的概率控制在 10^{-8} 内,故该预防性维修工作是有效的。



图E1 军械装备可以可靠性为中心的维修分析逻辑决断图示例

接图E1第1部分



E2.2.3.1.2 故障原因 2A1

故障时间服从 $\mu=2140, \sigma=50$ 的正态分布, 产品工作至 1950h 的故障概率 P_f 为

$$P_f = \phi\left(\frac{1950 - 2140}{50}\right) = 7.2 \times 10^{-5} < P_{a2} = 10^{-4}$$

所以该预防性维修工作是有效的。

E2.2.3.1.3 故障原因 2A2、2A4

类似故障原因 1A1, 一次检查检出故障的概率为 0.9, 则有

$$(1 - 0.9)^n \leq P_{a2} = 10^{-4}$$

解得 $n=4$, 检查间隔期为 $250/4=62.5\text{Fh}$ (飞行小时), 该预防性维修工作是有效的。

E2.2.3.1.4 故障原因 2B1

类同 2A2, 检查间隔期为 $400/4=100\text{Fh}$, 该预防性维修工作是有效的。

E2.2.3.1.5 故障原因 3B1

类同 2A2, 检查间隔期为 $1950/4=487$ 次弹射。

E2.2.3.1.6 故障原因 3A1、3A2

根据经验功能检测的间隔期取为产品由潜在故障发展到功能故障时间的 $1/2$ 。

E2.2.3.1.7 故障原因 2A3、3A3

经分析后确定无适用的和有效的预防性维修工作, 最后权衡确定不更改设计, 不做预防性维修。

E2.3 结构以可靠性为中心的维修分析示例**E2.3.1 领先使用装备损伤容限或耐久性重要结构项目疲劳损伤检查要求的确定**

某型战斗机按损伤容限规范设计, 其前机身 FS 326.50 隔框的腹板和连接件是一个内部重要结构项目, 其断裂或过多的 (12 个以上或相邻的 3 个以上) 铆钉松动会使飞机严重损伤, 影响任务的完成。该项目的平均裂纹形成寿命为 16000h, 平均裂纹扩展寿命为 4000h。飞机的设计使用寿命为 8000h。项目的概况见表 E2.1, 故障模式和影响分析见表 E2.2。

E2.3.1.1 首检期的确定

应用附录 D 中的评级和检查期确定方法。该项目的平均裂纹形成寿命与飞机设计使用寿命之比等于 2, 按表 D1, $FDR=4$ 。再按表 D9, 首检期为飞机设计使用寿命的 $1/2$, 即 4000h。检查工作有两项: 一项为无损检测, 用涡电流仪检查腹板和连接件的裂纹; 另一项为详细目视检查, 检查铆钉的松动情况。维修级别为基地级。

E2.3.1.2 检查间隔期的确定

检查间隔期为平均裂纹扩展寿命的 $1/2$, 即 2000h。

分析记录见表 E2.3。

E2.3.2 初始结构维修大纲中重要结构项目环境损伤和偶然损伤检查要求的确定

以某型飞机的平尾主抗扭盒 (结构区编号 334) 的外部上表面为例。该部分共有 7 个外部重要结构项目 (见表 E3.1)。故障模式和影响分析略。

应用附录 D 来确定这些重要结构项目的环境损伤和偶然损伤检查要求。7 个重要结构项目中, 03 为后梁连接蒙皮, 05 为前梁连接蒙皮, 这两个重要结构项目承受的应力大, 其余重要

结构项目所受的应力较小。下面以 01 和 03 两个重要结构项目为例来评级。

E2.3.2.1 重要结构项目 01 的评级

a. 一般环境损伤评级

敏感性评定：环境影响类型为地面水、酸碱性灰尘类，表面防护有油漆层，按表 D2，GDSR 为 2。

探测及时性评定：因系外部项目，检查时可见性好，暴露于有害环境的可能性中等，按表 D3，GDDR 为 3。

$$GDR = GDSR + GDDR = 2 + 3 = 5$$

b. 应力腐蚀评级

敏感性评定：材料对应力腐蚀不敏感，表面防护有油漆层，按表 D4，SCSR 为 3。

探测及时性评定：可见性好，简单组件但难加工，按表 D5，SCDR 为 3。

$$SCR = SCSR + SCDR = 3 + 3 = 6。$$

c. 偶然损伤评级

敏感性评定：因所受的应力较小，损伤后的剩余强度中等，损伤可能性中等，按表 D6，ADSR 为 2。

探测及时性评定：可见性好，因所受应力较小，损伤扩展的敏感性中等，按表 D7，ADDR 为 3。

$$ADR = ADSR + ADDR = 2 + 3 = 5。$$

E2.3.2.2 重要结构项目 03 的评级

a. 一般损伤评级

敏感性和探测及时性的评定同重要结构项目 01，GDR 为 5。

b. 应力腐蚀评级

同重要结构项目 01，SCR 为 6。

c. 偶然损伤评级

敏感性评定：因所受的应力大，故损伤后的剩余强度低，损伤可能性中等，按表 D6，ADSR 为 1。

探测及时性评定：可见性好，因所受应力较大，故扩展的敏感性大，按表 D7，ADDR 为 2。

$$ADR = ADSR + ADDR = 1 + 2 = 3$$

其他重要结构项目的评定同上。7 个重要结构项目的评级结果见表 E3.2~E3.4。

该部分的检查要求可参照附表。

附表 环境损伤和偶然损伤检查要求的确定

FDR/ADR	一般目视检查		详细目视检查		无损检测
	外部项目	内部项目	外部项目	内部项目	
1			2A	2A	D
2			5A	5A	D
3	C	C	C	C	D
4	2C	2C		2C 或 D	
5	2C	D			
6	2C	D 轮检 5~10%			
7	2C	D 轮检 5~10%			

表中的 A、C、D 字母为定期检查的类别, D 检即为大修。此例中:

$D=4C=40A=1/4$ 设计使用寿命。

重要结构项目 03 和 05 的最小级号为 3, 宜以 C 检作详细目视检查。其余重要结构项目的最小级号均为 5, 本可按 2C 检一般目视检查, 但由于同一区域内的 03 和 05 要以 C 检作检查, 故其余重要结构项目也以 C 检作一般目视检查。这里 C 检为 D 检的 $1/4$, 为飞机设计使用寿命 $1/16$ 。检查不分首检期和检查间隔期。检查要求确定记录表见表 E4.5。

表 E1.1 产品(项目)概况记录例样

产品(项目)概况记录表				分类(选择一个) 重要功能产品√重要结构项目 非重要项目		第 页共 页
修订号	装备型号	系统或分系统名称:起落架		制订单位、人员签名	日期	
工作单元编码		参考图号:215—24060—7		审查单位、人员签名	日期	
产品(项目)层次	系统或分系统件号		批准单位、人员签名	日期		
产品(项目)编码	产品(项目)名称	产品(项目)件号	产品(项目)工作单元编号	区 域	功 能 说 明	备 注
13700	弹射起飞分系统				弹射起飞分系统提供飞机弹射起飞操纵的功能,由一个发射杆,一个发射杆作动筒,一个座舱控制选择阀,回收弹簧和一个拉杆套筒等附件组成。	

表 E1.2 故障模式和影响分析记录例样

故障模式和影响分析												第	页共		
修订号		装备型号		系统或分系统名称		起落架		制订单位、人员签名		日期					
工作单元编码		参考图号		215-24060-7		起落架		审查单位、人员签名		日期					
产品层次		区域号						批准单位、人员签名		日期					
产品编码	产品名称	功能及编码	故障模式及编码	故障原因编码	任务阶段	局部影响	故障影响 对上一层的影响	最终影响	故障探测方法	严酷度分类	是否在最少设备上	备注			
13700	弹射起飞分系统	1 将拉杆载荷传递到前起落架	A	1 固定弹簧损坏或弹性不够	弹射起飞	弹簧不能向套筒中的位置施加压力	发射时或发射后拉杆不能固定在套筒中	可能引起人员伤亡	无	I		MTBF=5160 次			
				2 作动筒内部故障	弹射起飞	作动筒卡死	发射杆不能伸出	任务中断	同 2A1	同 2A1	同 2A1	弹射人员和机舱台警灯	II	MTBF=1732 次	
				3 发射杆选择阀内部故障	弹射起飞	无足够的工 作液压力 不能向作动筒连续提供液压力	同 2A1	同 2A1	同 2A1	同 2A1	同 2A1	同 2A1	同 2A1	同 2A1	MTBF=4447Fh
				4 发射杆选择阀漏液	弹射起飞	不能向作动筒提供足够的液压力	同 2A1	同 2A1	同 2A1	同 2A1	同 2A1	同 2A1	同 2A1	同 2A1	MTBF=1591 次
			B 间歇运行	1 发射杆选择阀的电连接处故障或腐蚀		作动筒卡死	回收弹簧收回发射杆	无	无	IV		MTBF=1732 次			
			A	1 作动筒内部故障		无足够的工 作液压力 不能中断作动筒的液压力	同 3A1	无	无	IV		MTBF=4447Fh			
			2 作动筒漏液			不能向作动筒提供足够的液压力	同 3A1	无	无	IV		MTBF=1591 次			
			3 发射杆选择阀内部故障			不能向作动筒提供足够的液压力	同 3A1	无	无	IV		MTBF=4269Fh			
			4 发射杆选择阀漏液			弹簧不能向发射杆施加压力	发射杆不能回收	任务终止	同 3A1	III		MTBF=2785 次			
		3 不能收回发射杆		1 回收弹簧破裂或磨损		同 3A3	同 3A1	同 3A1	同 3A1	IV		MTBF=10843Fh			
		C 间歇工作		1 电连接杆选择阀故障或腐蚀											

注: Fh 代表飞行小时

续表 E1.3 系统和设备分析记录样例

系统和设备分析																		第	页共	页	
修订号		装备型号		系统或分系统名称				制订单位、人员签名				日期									
工作单元编码				参考图号				审查单位、人员签名				日期									
产品层次		系统或分系统件号				批准单位、人员签名				日期											
产品编码	产品名称	故障原因编码	逻辑决断回答(Y或N)												维修工作	维修间隔期	维修级别				
			故障影响			安全性影响			任务性影响			经济性影响									
			1	2	3	4	5	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	编号	说明		
		2A2	Y	N	Y				N	N	Y			N				1	目视检查由于密封处裂纹、擦伤的作动筒漏液	125Fh	1
		2A3	Y	N	Y				N	N	N	N	N	N					不做预防维修工作		
		2A4	Y	N	Y				N	N	Y			N				1	目视检查由于连接处裂纹、擦伤的杆选择阀漏液	125Fh	1
		2B1	Y	N	Y				N	N	Y			N				1	目视检查杆选择阀的电连接处的腐蚀、耗损和破裂情况	200Fh	1

续表 E1.3 系统和设备分析记录样例

系统和设备分析																	第	页共	页			
修订号	装备型号	系统或分系统名称					制订单位、人员签名					日期										
工作单元编码		参考图号					审查单位、人员签名					日期										
产品层次		系统或分系统件号					批准单位、人员签名					日期										
产品编码	产品名称	故障原因编码	逻辑决断回答(Y或N)										维修工作									
			故障影响					任务性影响										经济性影响				
			1	2	3	4	5	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	编号	说明	维修间隔	维修级别
		3A1	N			N	N							N	N	N	Y		1	拆下作动筒,送高层次维修基地修理	1950Fh	1
		3A2	N			N	N							N	N	Y			1	目视检查发射杆轴瓦、保险销和凸轮的磨损情况,不做预防维修工作	125Fh	1
		3A3	N			N	N							N	N	N			1	维修工作同 2A2		
		3A4	N			N	N							N	N	Y			1	润滑有磨损特性的轴瓦、保险销和凸轮	28d	1
		3B1	Y	N	Y									Y	N	Y			1			
																			2	目视检查发射杆回收弹簧的损伤	275 次 200Fh	1 1
		3C1	N			N	N							N	N	Y			1	维修工作同 2B1		

表 E1.4 确定故障后果和保养工作分析记录样例

产品 编码	故障 原因 编码	故障影响确定										可能的保养工作			工作是否 适用和有效
		问题 1		问题 2		问题 3		问题 4		问题 5		工作说明	维修 间隔期	维修 级别	
		Y/N	判 据	Y/N	判 据	Y/N	判 据	Y/N	判 据	Y/N	判 据				
13700	1A1	N	空勤组不能觉察到拉杆与套筒分离					Y	无控制的拉杆可能打伤空勤组成员			无	--	--	N
	2A1	Y	空勤组能觉察到发射杆不正且发射杆告警灯不显示	N	不影响安全	Y	发射杆不能伸出,任务中断					无 润滑油所有有耗损特性的连接处	28d	1	Y
	2A2	Y	同 2A1	N	同 2A1	Y	同 2A1					无	--	--	N
	2A3	Y	同 2A1	N	同 2A1	Y	同 2A1					无	--	--	N
	2A3	Y	同 2A1	N	同 2A1	Y	同 2A1					无	--	--	N
	2B1	Y	同 2A1	N	同 2A1	Y	同 2A1					无	--	--	N
	3A1	N	发射杆将由回收弹簧收回,无故障指示					N	发射杆将由回收弹簧收回,不影响安全	N	发射杆将由回收弹簧收回,不影响任务	同 2A1	--	--	Y
	3A2	N	同 3A1					N	同 3A1	N	同 3A1	无	--	--	N
	3A3	N	同 3A1					N	同 3A1	N	同 3A1	无	--	--	N
	3A4	N	同 3A1					N	同 3A1	N	同 3A1	无	--	--	N
	3B1	Y	发射杆告警灯将警告空勤组发射杆没有回收	N	在造成损伤或安全影响前中止任务	Y	需中止任务					无 润滑油有耗损特性的轴瓦,保险销和凸轮	28d	1	Y
	3C1	Y	同 3B1	N	同 3A1							无	--	--	N

表 E1.5 使用检查分析记录例样

产品 编码	故障 原因 编码	故障 后果	维修工作适用性		维修 工作说明	维修 间隔期	维修 级别	维修工作有效性			维修工作是否 适用和有效
			检查产品 故障的方法	故障的 概率				安全/任务	故障的可 接受水平	经济 效果	
13700	1A1	隐蔽 安全	目视检查	目视检查弹 簧的故障	50 次弹射	1	9.64 × 10 ⁻³	1.0 × 10 ⁻³	--	--	否
	3A1	隐蔽 经济	运行作动筒观察	检查作动筒 的故障	50 次 弹射	1	--	--	--	否	否
	3A2	隐蔽 经济	运行作动筒观察	检查作动筒 的故障	50 次 弹射	1	--	--	--	否	否
	3A3	隐蔽 经济	运行发射杆选择 阀观察	检查选择阀 的故障	50 次 弹射	1	--	--	--	否	否
	3A4	隐蔽 经济	运行发射杆选择阀	检查选择阀 的故障	50 次 弹射	1	--	--	--	否	否

表 E1.6 操作人员监控或功能检测分析记录样例

产品 编码	故障 原因 编码	故障 后果	维修工作适用性				维修工作说明	维修 间隔期	维修 级别	维修工作有效性			维修工作 是否适用 和有效
			探测产品抗 故障能力下降 的方法	可探测的潜在故障 至故障的时间	是否故障人员的正常 职责	安全/任务 故障的故障 概率接受水平				经济 有无经济 效果			
13700	1A1	隐蔽安全	目视检查	弹簧的拉伸	1200次 弹射	否	目视检查和测试 拉杆套筒弹簧的 弹性	150次 弹射	外场	1.0×10^{-8}	1.0×10^{-8}		是
	2A1 2A2	任务 任务	无 目视检查	漏液	250Fh	否	目视检查由于密封处 裂纹,擦伤的杆选择 阀漏液	62.5Fh	外场	$10. \times 10^{-4}$	1.0×10^{-4}		否是
	2A3 2A4	任务 任务	无 目视检查	漏液	250Fh	否	目视检查由于连接处 裂纹擦伤,损伤和耗 损导液的杆选择阀漏 液	62.5Fh	外场	1.0×10^{-4}	1.0×10^{-4}		否是
	2B1	任务	目视检查	连接处耗损或腐蚀	400Fh	否	目视检查裂纹擦伤的 杆选择阀漏液,目视 检查杆选择阀电连接 处的腐蚀,耗损和破 裂	100Fh	外场	1.0×10^{-4}	1.0×10^{-4}		是
	3A1 3A2	隐蔽经济 隐蔽经济	无 目视检查	漏液	250Fh	否	目视检查发射杆的轴 瓦,保险销和凸轮的 磨损	125Fh	外场			是	否是
	3A3 3A4	隐蔽经济 隐蔽经济	无 目视检查	漏液	250Fh	否	同故障原因 2A2 的维 修工作	62.5Fh	外场			是	否是
	3B1	任务	目视检查	大于 2mm 的破裂	1950 次 弹射	否	目视检查发射杆回收 弹簧的耗损或擦伤	437 次 弹射	外场	1.0×10^{-4}	1.0×10^{-4}		是
	3C1	经济	目视检查	连接处耗损或腐蚀	400Fh	否	同故障原因 2B1 的维 修工作	100Fh	外场			是	是

表 E1.7 定时拆修或定时报废分析记录样例

产品 编码	故障 原因 编码	故障 后果	维修工作适用性			维修 工作说明	维修 间隔期	维修 级别	维修工作有效性			维修工作 是否适用 和有效
			产品的耗损 期或寿命	产品工作至耗 损期的残存比	能否将产品 恢复到可 接受水平				安全/任务	经济	故障的 接受水平	
13700	1A1	隐蔽 安全	无	--	--	--	--	--	--	--	--	否
	2A1	任务	1950Fh	85%	可修	拆换作动筒送修	1950Fh	1	7.2×10^{-5}	1.0×10^{-4}	--	是
	2A3	任务	无数据	--	--	--	--	--	--	--	--	否
	3A1	隐蔽 经济	1950Fh	85%	可修	同故障原因 2A1 的维修工作	1950Fh	1	--	是	--	是
	3A3	任务	无数据	--	--	--	--	--	--	--	--	否

表 E1.8 综合工作分析记录例样

产品 编码	故障 原因 编码	故障 后果	维修工作适用性		维修 工作说明	维修 间隔	维修 级别	维修工作有效性			维修工作是 否适用和有 效
			所有适用的 维修工作	安全/任务				经济	有无经 济效果		
										故障的 概率	
13700	1A1	隐蔽安全	1. 功能检测 2. 使用检查	目视检查和测 试拉杆套筒弹 簧的弹性	150 次 弹射	1	1.0×10^{-8}	1.0×10^{-8}	---	是	
	2A3	任务	无	---	---	---	---	---	---	否	

表 E2.1 产品(项目)概况记录例样

产品(项目)概况记录表				分类(选择一个) 重要功能产品√重要结构项目 非重要项目		第 页 共 页
修订号	装备型号××型战斗机	系统或分系统名称前机身	制订单位、人员签名			日期
工作单元编码	113	参考图号	审查单位、人员签名			日期
产品(项目)层次	3	系统或分系统件号	批准单位、人员签名			日期
产品(项目)编码	产品(项目)名称	产品(项目)件号	产品(项目)工作单元编号	区 域	功 能 说 明	备 注
S1151	FS326.50 隔框腹板 和连接件		113—2	162	1. 提供剪切和增压载荷的再分布	1. 损伤容限 SSI 2. 裂纹形成寿命 16000h 3. 裂纹扩展寿命 1000h

表 E2.2 故障模式和影响分析记录例样

故障模式和影响分析										第 页 共 页		
修订号	装备型号×××型战斗机	系统或分系统名称	前机身	制订单位、人员签名			日期					
工作单元编码	113	参考图号		审查单位、人员签名			日期					
产品(项目)层次		3		系统或分系统件号		批准单位、人员签名			日期			
产品(项目)编码	产品(项目)名称	功能及编码	故障模式及编码	故障原因编码	任务阶段	故障影响			严酷度分类	是否在最少设备清单上	备注	
						局部影响	对上一层的影响	最终影响				
S1151	隔框腹板和连接件	提供剪切和增压载荷的再分布	不能再分布剪切和增压载荷	1	所有	隔框腹板和连接件裂纹	降低剩余强度	降低前机身结构完整性	飞机严重损伤	空勤组可发现座舱压力波动	是	
				2			1. 同上	同上	同上			

表 E2.3 重要结构项目 (SSI) 疲劳损伤检查要求确定的记录例样

疲劳损伤检查要求的确定													第 页 共 页		
修订号	装备型号××型战斗机	系统或分系统名称			前机身	制订单位、人员签名			日期						
工作单元编码		113-21	参考图号			审查单位、人员签名			日期						
项目层次		3	区域号			162	批准单位、人员签名			日期					
项目编码	项目名称	SSI 类别		内部或外部项目	SSI 的平均寿命	装备设计使用寿命	$N_i = \frac{L}{n}$	疲劳损伤等级号 FDR	SSI 的裂纹扩展寿命 N_p	维修工作			检查间隔期 h	安全寿命 h	维修级别
		安全损伤容限寿命或耐久性	内部外部							编号种类	说明				
S1151	FS326.50 隔板腹板和连接件	✓	✓	内部外部	16000	8000	2	4	4000	1	NDT 用涡电流仪检查裂纹	1000 2000	2000		3
										2	DV 检查铆钉松动情况	1000 2000	2000		3

注: (1) 维修工作种类的代码: 一般目视检查——GV, 详细目视检查——DV, 无损检测——NDT, 更换——RE。

表 E3.1 产品(项目)概况记录例样

产品(项目)概况记录表				分类(选择一个)		第 页 共 页
				重要功能产品	重要结构项目 ✓	
修订号	装备型号 × × 型运输机	系统或分系统名称	尾翼	制订单位、人员签名		日期
工作单元编码	206	参考图号		审查单位、人员签名		日期
产品(项目)层次	5	系统或分系统件号		批准单位、人员签名		日期
产品(项目)编码	产品(项目)名称	产品(项目)件号	产品(项目)工作单元编号	区 域	功 能 说 明	备 注
01	加强壁板		206-1	334		1. 该组项目为平尾主抗扭盒的外部上表面 2. 均为损伤容限重要结构项目
02	加强壁板		206-2	334		
03	翼展蒙皮拼接板		206-3	334		
04	翼展蒙皮拼接板		206-4	334		
05	翼展蒙皮拼接板		206-5	334		
10	抗剪角撑的翼肋		206-6	334		
	处蒙皮					
11	抗剪角撑的翼肋		206-7	334		
	处蒙皮					

表 E3.2 重要结构项目 (SSI) 一般环境损伤的评级记录例样

一般环境损伤的评级																第	页共	页
修订号	装备型号××型运输机	系统或分系统名称	尾翼	制订单位、人员签名			日期											
工作单元编码		206—1.2.3.4.5.6.7	参考图号	审查单位、人员签名			日期											
项目层次		5	区域号	334			批准单位、人员签名			日期								
项目/项目 编码/名称	内部或外部 项目		SSI 的材料	环境类型		表面防护		敏感性级号 GOSR	损伤可能性			检查可见性		可探测 性级号 GDDR	一般环境 损伤级号 GDR	GDR 因材料修正 后的修正 值		
	内部	外部		严酷	中等	其他	差		中	好	大	中	小				差	中
01	✓		硬铝	✓			✓		2		✓			3	5			
02	✓		硬铝	✓			✓		2		✓			3	5			
04	✓		硬铝	✓			✓		2		✓			3	5			
10	✓		硬铝	✓			✓		2		✓			3	5			
11	✓		硬铝	✓			✓		2		✓			3	5			
03	✓		硬铝	✓			✓		2		✓			3	5			
05	✓		硬铝	✓			✓		2		✓			3	5			

表 E3.3 重要结构项目 (SSI) 应力腐蚀评级记录例样

应力腐蚀的评级																	第	页共	页
修订号	装备型号×××型运输机			系统或分系统名称			尾翼		修订单位、人员签名				日期						
工作单元编码				206—1,2,3,4,5,6,7			参考图号			审查单位、人员签名				日期					
项目层次		5		区域号		334			批准单位、人员签名				日期						
项目编码	项目名称	内部或外部项目		SSI的材料	材料敏感性			表面防护			敏感性级号 SCSR	内应力可能性			检查可见性			探测及时性级号 SCDR	应力腐蚀级号 SCR
		内部	外部		大	中	小	差	中	好		大	中	小	差	中	好		
01			✓	硬铝			✓		✓		3		✓			✓		3	6
02			✓	硬铝			✓		✓		3		✓			✓		3	6
04			✓	硬铝			✓		✓		3		✓			✓		3	6
10			✓	硬铝			✓		✓		3		✓			✓		3	6
11			✓	硬铝			✓		✓		3		✓			✓		3	6
03			✓	硬铝			✓		✓		3		✓			✓		3	6
05			✓	硬铝			✓		✓		3		✓			✓		3	6

表 E3.4 重要结构项目 (SSI)偶然损伤的评级记录例样

偶然损伤的评级															第	页共	页	
修订号	装备型号××型运输机	系统或分系统名称	尾翼	制订单位、人员签名				日期										
工作单元编码		206—1,2,3,4,5,6,7		参考图号	审查单位、人员签名				日期									
项目层次		5	区域号	334				批准单位、人员签名				日期						
项目编码	项目名称	内部或外部项目		SSI 的材料	损伤可能性			损伤后剩余强度		敏感性级号 SCSR	损伤扩展			检查可见性			探测及 时性级 号 ADDR	偶然损伤 级 号 ACR
		内部	外部		大	中	小	差	中		好	大	中	小	差	中		
01			✓	硬铝	✓			✓	中		2	✓				✓		
02			✓	硬铝	✓			✓			2	✓				✓		
04			✓	硬铝	✓			✓			2	✓				✓	3	5
10			✓	硬铝	✓			✓			2	✓				✓		
11			✓	硬铝	✓			✓			2	✓				✓		
03			✓	硬铝	✓			✓	✓		1			✓		✓	2	3
05			✓	硬铝	✓			✓	✓		1			✓		✓		

表 E3.5 重要结构项目 (SSI) 环境损伤和偶然损伤检查要求确定的记录样例

环境损伤和偶然损伤检查要求的确定													第	页共	页
修订号	装备型号××型运输机	系统或分系统名称		尾翼	制订单位、人员签名			日期							
工作单元编码		206—1.2.3.4.5.6.7		参考图号	审查单位、人员签名			日期							
项目层次		5	区域号	331	批准单位、人员签名			日期							
项目 编码	项目 名称	内部或外部		SSI 的材料	一般环境 损伤级号 GDR	应力腐蚀 级号 SCR	环境损伤 级号 EDR	偶然损伤 级号 ADR	EDR 和 ADR 中较小的 级号	检查工作		首次 检查 期	重复 检查 间隔期	维修 级别	
		内部	外部							编号	种类说明				
01		✓		硬铝	5	6	5	5	5	1	GV	C			
02		✓		硬铝	5	6	5	5	5	1	GV	C			
04		✓		硬铝	5	6	5	5	5	1	GV	C	C	1	
10		✓		硬铝	5	6	5	5	5	1	GV	C			
11		✓		硬铝	5	6	5	5	5	1	GV	C			
03		✓		硬铝	5	6	5	3	3	1	DV	C	C	1	
05		✓		硬铝	5	6	5	3	3	1	DV	C	C		

注: (1) 检查工作种类代码: 一般目视检查——GV, 详细目视检查——DV, 无损检测——NDT

附加说明：

本标准由总后勤部军械部提出。

本标准由军械工程学院、航空航天部 301 所、空军第一研究所、海军装备修理部、总参装甲兵装备技术研究所起草。

本标准主要起草人：甘茂治、张红春、王立群、贾希胜、张爱博、鲍承昌、顾振中、张建华、傅光甫、王宏济。

计划项目代号：90280