



中华人民共和国国家军用标准

FL 0113

GJB 2961—97

修理级别分析

Level of repair analysis

1997—06—25 发布

1997—12—01 实施

国防科学技术工业委员会 批准

目 次

1 范围	(1)
1.1 主题内容	(1)
1.2 适用范围	(1)
1.3 应用指南	(1)
2 引用文件	(1)
3 定义	(1)
3.1 修理级别分析	(1)
3.2 敏感性分析	(1)
4 一般要求	(2)
4.1 修理级别分析工作	(2)
4.2 修理级别分析工作与其他工作的接口	(2)
4.3 修理级别分析工作与其他工作的协调	(2)
4.4 修理级别分析过程	(2)
5 详细要求	(4)
5.1 工作项目系列	(4)
5.2 工作项目构成	(4)
5.3 工作项目选择	(4)
工作项目 100 系列 修理级别分析的规划与控制	(5)
工作项目 101 规划和计划	(5)
工作项目 102 评审	(8)
工作项目 200 系列 数据的准备和管理	(11)
工作项目 201 输入数据准备	(11)
工作项目 300 系列 评估	(13)
工作项目 301 评估的实施与报告制订	(13)
工作项目 400 系列 应用	(16)
工作项目 401 分析结果的应用	(16)
附录 A 非经济性分析(补充件)	(17)
附录 B 航空装备修理级别分析方法(补充件)	(20)
附录 C 海军舰船装备修理级别分析方法(补充件)	(33)
附录 D 陆军装备修理级别分析方法(补充件)	(43)
附录 E 应用指南(参考件)	(51)

中华人民共和国国家军用标准

修理级别分析

Level of repair analysis

GJB 2961-97

1 范围

1.1 主题内容

本标准规定了装备寿命周期内进行修理级别分析的要求和具体工作项目。

1.2 适用范围

本标准适用于新研制、改型和仿制装备的论证、方案、工程研制、定型、生产与使用各阶段。现役装备也可参照使用。

1.3 应用指南

本标准所列各工作项目,可根据装备的特点及其对应的寿命周期各阶段的要求进行适当的剪裁,应用本标准的详细指南见附录 E(参考件)。

2 引用文件

GJB 368A-94	装备维修性通用大纲
GJB 431-88	产品层次、产品互换性、样机及有关术语
GJB 450-88	装备研制与生产的可靠性通用大纲
GJB 451-90	可靠性维修性术语
GJB 1181-91	军用装备包装、装卸、储存和运输通用大纲
GJB 1371-92	装备保障性分析
GJB 1391-92	故障模式、影响及危害性分析程度

3 定义

本标准除采用 GJB 368A、GJB 431、GJB 450、GJB 451、GJB 1371 定义的术语外,还采用如下定义的术语。

3.1 修理级别分析 level of repair analysis

在装备的研制、生产和使用阶段,对预计有故障的产品,进行非经济性或经济性的分析以确定可行的修理或报废的维修级别的过程。

3.2 敏感性分析 sensitivity analysis

在进行修理级别分析时,改变某些数据单元的取值以检验其对所计算的保障费用及相应的修理级别分析建议产生影响的一种方法。

国防科学技术工业委员会 1997-06-25 发布

1997-12-01 实施

4 一般要求

修理级别分析是装备保障性分析的重要组成部分。修理级别分析的目的是为装备的修理确定可行的费用效能最佳的维修级别或作出报废决策,并使之影响设计。修理级别分析决策会影响装备的寿命周期费用和战备完好性,分析工作应在装备研制的早期开始,并随研制工作的进展反复进行并不断细化。

4.1 修理级别分析工作

修理级别分析的任务是分析备选的保障方案和设计方案,并用其结果影响装备的设计和维修规划,从而得到一种合理的维修方案,使之在非经济性和经济性的因素之间以及装备与其保障相关的特性之间达到最有效的综合平衡。修理级别分析工作应与装备所处的寿命周期阶段相一致,分析工作也应包括有关管理与技术资源等方面的内容,并应确定与其他有关分析和设计工作之间的接口关系。全部工作应与其他设计、研制、生产和部署工作一起计划、综合和实施,以便取得最佳的费用效能。

4.2 修理级别分析工作与其他工作的接口

应充分利用其他工程分析的结果和数据以满足修理级别分析对输入数据的要求。图 1 说明了在寿命周期各阶段的修理级别分析工作和接口关系。

4.2.1 修理级别分析工作与维修规则、可靠性、维修配置表、供应工作等有如下关系:

- a. 修理级别分析确定了与修复性维修工作有关的维修级别和维修保障费用;
- b. 修理级别分析用来分析可靠性关键产品,以确定其是否是重要的维修产品;同时,也用作设计中权衡分析的工具,即将其设计成可修的还是有故障即行报废的产品;
- c. 修理级别分析的结果是制定维修配置表的重要依据;
- d. 修理级别分析为供应工作提供了重要依据;供应工作是确定备件和器材的品种和数量并进行采购的过程,这些备件和器材是在装备服役初期使用、维修所必需的。

4.2.2 对现役装备进行修理级别分析是用来评估维修法规(法规是指约束修理级别分析工作的国家军用标准、手册、规范、条例、通报等)、保障费用、利用率、维修能力和其他因素的变化对维修保障的影响及是否需要调整保障体制,以便保持装备的战备完好性和最佳费用效能。

4.3 修理级别分析工作与其他工作的协调

本标准所要求的工作项目和数据应与其他标准和规范所要求的相关的工作项目和数据相协调并结合,以避免工作的重复。修理级别分析的输入数据和信息应以其他适用的工程工作的信息与活动为依据并跟踪其变化。应最大限度地利用从修理级别分析中得到的数据和信息,以满足 GJB 1371 规定的保障性分析要求。

4.4 修理级别分析过程

修理级别分析工作应在寿命周期内反复进行,通过系统的评估过程来实施,以得到有效和经济的维修方案。评估的详细程度和各工作项目进行的时机应适合各装备的要求,并且应与装备的研制阶段相适应。修理级别分析工作项目在寿命周期各阶段应用指南列在附录 E(参考件)表 E1 中。

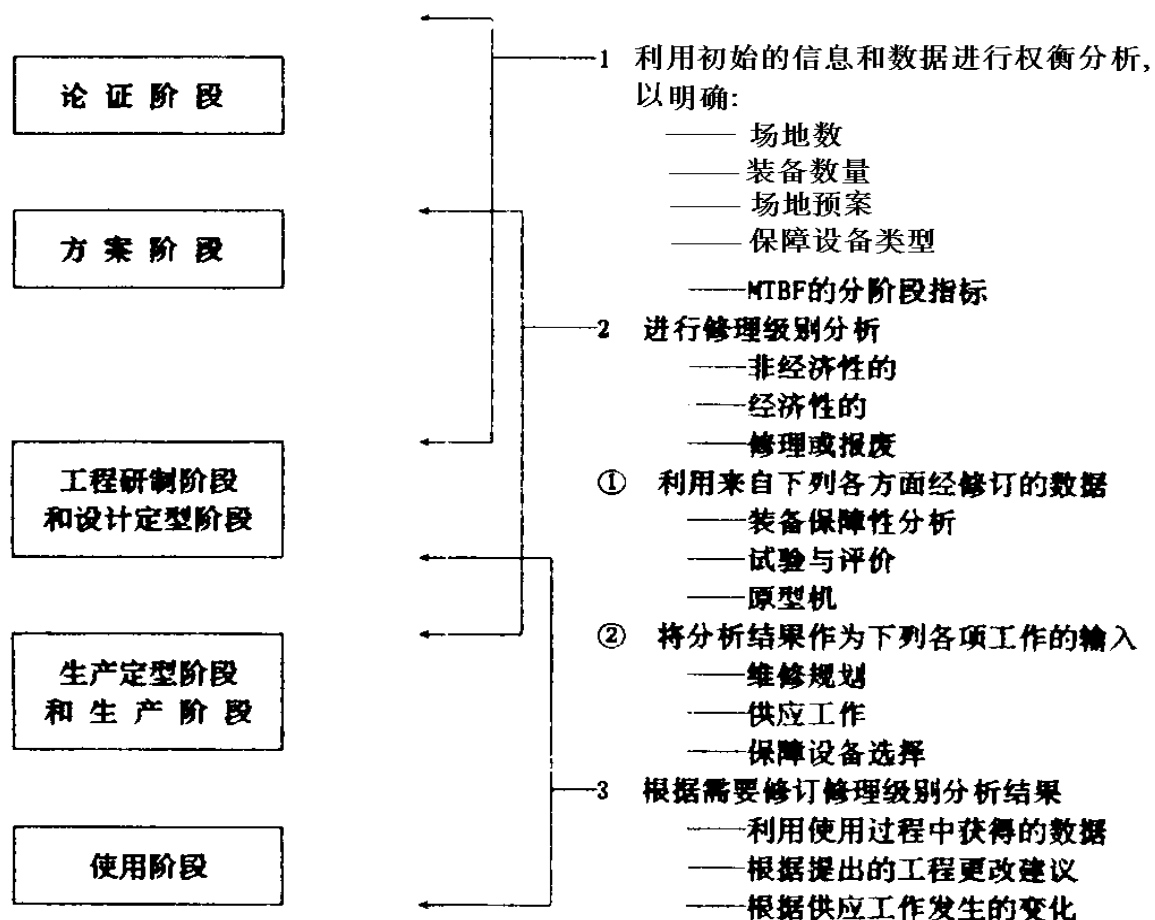


图1 寿命周期中的修理级别分析工作和接口关系

4.4.1 研制阶段

修理级别分析工作应尽早开始,并随着装备技术状态的逐步完善不断地进行。本阶段的修理级别分析工作应有助于从保障性观点对备选的设计方案进行评估。还应为产品设计成有故障时可修理或报废提供依据。

4.4.2 使用阶段

在使用阶段,应根据需要进行修理级别分析工作,以便评估保障性因素(如利用率、修理的零备件费用、维修能力等)的重大变动并提出维修方案的改进建议。在本阶段修理级别分析的目标是:

- 评审、细化和修改现行的维修方案,使装备与保障性因素的变化相适应;
- 根据产品改进或装备的改装,提出维修方案的改进意见;
- 为确立类似装备的维修方案提供基本信息。

5 详细要求

5.1 工作项目系列

修理级别分析的工作项目分为四个基本系列:100 系列,修理级别分析的规划与控制;200 系列,数据的准备和管理;300 系列,评估;400 系列,应用。

5.2 工作项目构成

每一工作项目的构成分为五个部分:

- a. 目的:确定执行该项目的目标和原因。
- b. 工作项目要点:提供组成整个工作项目的详细工作任务说明。
- c. 工作项目输入:确定工作项目范围并实施每一工作项目所需提供的基本信息。

由订购方提供给承制方的信息,要加“★”注明,在具体工作中是否提供该信息应在工作说明中明确。

d. 工作项目输出:确定执行该工作项目后预期的结果。当一个工作项目的输入或输出的一个数据单元仅适用于某些工作项目时,在该项目之后的括号内标明适用的工作项目号数。

e. 规定的细节:确定在合同中需要考虑的那些内容,其中由订购方必须在合同中要求和规定的条目,在该条目后用(R)注明。

5.3 工作项目选择

应根据装备的具体情况对修理级别分析工作项目进行剪裁,工作完成的时机应与其他有关的工作相协调。

工作项目 100 系列 修理级别分析的规划与控制

工作项目 101 规划和计划

101.1 目的

确定要执行的修理级别分析工作项目并制订完成这些工作项目的修理级别分析工作计划。

101.2 工作项目要点

101.2.1 规划

确定要实施的修理级别分析工作项目和每一工作项目的承担单位。修理级别分析工作项目的选择和完成程度应由下列因素决定：

- a. 装备设计方案、保障性要求和使用方案等；
- b. 所需输入数据的有效性、准确性；
- c. 修理级别分析建议对设计可能产生的影响；
- d. 工作说明中规定的修理级别分析要求；
- e. 已完成的修理级别分析工作；
- f. 计划进行的和已完成的有关专业工程分析工作。

101.2.2 进度

根据修理级别分析工作与其他有关的专业工程工作(如按 GJB 1371、GJB 450、GJB 368A 等进行的工作)间的关系,提出完成修理级别分析工作项目和提交分析结果的进度安排。进度安排中还应包括工作项目 102 确定的工作评审进度。

101.2.3 工作量估计

根据确定的每一工作项目估计所需的工时。

101.2.4 待分析产品清单

提出要进行修理级别分析的产品清单。该清单应包含每个产品的工作单元代码,用以表示各项产品间的工作分解结构关系。

101.2.5 工作计划

制订修理级别分析工作计划,计划中要说明如何使修理级别分析工作满足装备的研制要求及如何将分析的结果用于保障性分析。修理级别分析工作计划应包括下列内容：

a. 详细说明要完成的每一工作项目将如何实施,指明承担每一工作项目的完成单位、主要成员和协作单位及其职责;确定花费在每一工作项目上的资源(工时和费用);预计每一修理级别分析活动或工作项目的进度安排,进度安排要表明与保障性分析工作有关的修理级别分析各工作项目的相对时序关系;

b. 说明修理级别分析工作项目及数据如何与装备的综合保障和其他专业工程的工作项目及数据相联系;

说明从其他有关方面的人员获取并向其提供修理级别分析要求与数据的方法;

说明从转承制方获取并向其提供修理级别分析要求与数据的方法及控制措施；

说明收集、修订和审核修理级别分析的输入数据与结果所采用的程序，以及说明如何将修理级别分析的结果用于保障性分析；

c. 待分析产品清单；

d. 进行修理级别分析时所用的修理级别分析模型；应用这些模型所需要的输入数据单元和提供这些数据来源的清单；

e. 阐明敏感性分析要求并提出特殊的定量数据单元的取值范围，以便能考虑设计和其他专业工程特性的不确定性；

f. 阐明修理级别分析工作中要评估的保障性和设计方面的主要权衡结果或约束条件，特别是要说明应进行评估的备选保障方案；

g. 提出在非经济性评估中要考虑的因素（如安全性、保密性、法规等），特别是要指出那些对修理级别分析工作有影响或应予考虑的因素和特性；

h. 确定的相似装备及其可利用的数据；

i. 确认、记录、监控并解决修理级别分析实施中有关问题的程序和方法；确认和记录影响保障性的设计问题、需要采取的纠正措施及控制手段；

j. 阐明在何种情况下需要对修理级别分析工作计划进行修订并经订购方认可。

101.2.6 工作计划的修订

根据分析的结果和进度的变化，修订工作计划并经订购方认可。

101.3 工作项目输入

101.3.1 订购方已有的有关分析和修理级别分析的结果中与当前的修理级别分析工作相关的信息和数据。★

101.3.2 与修理级别分析工作有关的装备战术技术指标和使用要求。★

101.3.3 预期的保障性目标和 GJB 1371 工作项目 101 提出的在装备研制各阶段要执行的保障性分析工作项目与子工作项目。★

101.3.4 装备保障性分析计划(GJB 1371 工作项目 102 的结果)。

101.3.5 研制各阶段的工作安排。

101.3.6 工作说明和资料要求中针对修理级别分析工作所提的要求和确定交付的资料项目及完成的进度。★

101.3.7 针对具体的修理级别分析方法需要提供的培训。★

101.3.8 根据工作项目 102 确定的修理级别分析评审程序、评审组的构成及评审进度安排。

101.3.9 有关专业工程分析的工作计划。★

101.4 工作项目输出

101.4.1 修理级别分析工作计划(101.2.5)。

101.4.2 如果适用，经修订的修理级别分析工作计划(101.2.6)。

101.5 规定的细节

如果适用，由订购方在工作说明中规定的细节应包括下列内容：

101.5.1 修理级别分析工作计划是否作为交付的资料项目。

- 101.5.2 要执行的修理级别分析工作项目。(R)
- 101.5.3 修理级别分析工作计划是否作为合同的一部分。
- 101.5.4 承制方提出工作项目进行剪裁建议的适用性。
- 101.5.5 进行修理级别分析工作需要的培训。
- 101.5.6 修理级别分析工作的评审要求。(R)
- 101.5.7 需要交付的资料项目及其有关信息(即日期、频次、数量、分布地点和交付媒介等)。(R)
- 101.5.8 规定修理级别分析工作计划的有效期限(即表明修理级别分析工作计划起作用或覆盖的期限、时段或事件)。
- 101.5.9 采用的修理级别分析模型。(R)
- 101.5.10 确定是将修理级别分析工作计划纳入保障性分析工作计划还是使之成为一项单独的文件。
- 101.5.11 明确修理级别分析工作的结果在维修规划中的作用和影响。(R)
- 101.5.12 明确修理级别分析输入数据和修理级别分析评估是反映战争时期的、和平时期的还是综合的使用环境,保证和装备的使用环境相一致。(R)
- 101.5.13 确定在 101.3 条内用“★”标出的那些信息。(R)

工作项目 102 评审

102.1 目的

制定修理级别分析工作的评审要求,通过评审对修理级别分析工作进行有效的监督、管理和控制,保证修理级别分析工作按预定的要求和进度加以实施。

102.2 工作项目要点

102.2.1 评审程序

制订评审程序并形成文件,使之能适时地对提交的修理级别分析信息和结果进行正式的评审与控制。该程序应规定每一次评审活动间的衔接关系和对修理级别分析的信息及结果作出接受或否定的决定权限。

102.2.2 评审组

如合同要求成立保障性分析评审组,则修理级别分析工作应受其监控,如不成立保障性分析评审组,可单独成立修理级别分析评审组,应由订购方和承制方分别担任该评审组的正、副组长。评审组成员应由订购方、承制方和转承制方委派的有关专家组成,人员应相对固定,以保持工作的连续性。

102.2.3 协调会

为保证承制方与订购方对修理级别分析工作要求认识的一致性,应适时召开协调会。由承制方提出会议日期、地点和议程,具体事项由订购方和承制方共同商定。协调的内容可包括(但不限于):

- a. 合同中修理级别分析的要求和修理级别分析工作计划的变化情况;
- b. 采用评审程序的说明;
- c. 订购方和承制方之间数据的交换程序;
- d. 维修方案;
- e. 有关的使用和保障数据;
- f. 有关修理级别分析数据和结果的使用和适用性;
- g. 所采用的修理级别分析模型的技术特点。

102.2.4 评审

应在预定的评审点评审修理级别分析工作计划的执行情况,并应尽可能地与其他有关的评审结合在一起进行。如果适用,承制方也应同转承制方协同安排修理级别分析的评审,并应将每一次评审提前通知订购方。评审的内容和每一次评审会需提前通知的天数,订购方应在工作说明中规定。

102.2.5 评审内容

评审内容由承制方和订购方一起协商并确定。内容至少应包括:

- a. 修理级别分析工作的进展情况;
- b. 待分析产品清单;
- c. 承制方根据修理级别分析工作的结果,提出的设计或维修方案的更改建议;
- d. 对影响修理级别分析的设计、进度或分析方面的问题和已提出或已经采取的纠正措

施,如:备选保障方案的变化;备选设计方案的变化;敏感性分析结果;与现有装备的对比分析结果;提出或采取的设计或重新设计的措施;

- e. 根据修理级别分析结果提出的有关保障性方面的设计建议;
- f. 修理级别分析输入数据与报告;
- g. 非经济性、经济性和敏感性分析的结果;
- h. 纠正措施的执行情况;
- i. 自上次评审后发生的特殊问题;
- j. 其他有关问题。

102.2.6 评审会议纪要

每一次评审会议,承制方应根据会议记录形成评审会议纪要。评审会议纪要应包括有关保障性设计建议实施情况、应采取的设计更改及理由。承制方应确认评审会议纪要上提出的改进措施,要确认承担改进任务的单位和每一改进措施完成的期限。这些措施应作为下次评审的内容。

102.3 工作项目输入

102.3.1 装备研制各阶段的工作安排。

102.3.2 保障性分析工作计划。

102.3.3 在合同中规定的进行修理级别分析工作需要的规范和资料项目要求。★

102.3.4 订购方委派的评审组成员。★

102.4 工作项目输出

102.4.1 修理级别分析评审程序(102.2.1)。

102.4.2 评审组成员(102.2.2)。

102.4.3 修理级别分析协调会的建议(102.2.3)。

102.4.4 安排的评审活动(102.2.4)。

102.4.5 评审的内容。(102.2.5)

102.4.6 评审会议纪要(102.2.6)。

102.5 规定的细节

如果适用,由订购方在工作说明中规定的细节应包括下列内容:

102.5.1 应交付的评审资料 and 需要交付的资料项目及有关信息。(R)

102.5.2 明确是否成立修理级别分析评审组及它和其他评审组的关系。(R)

102.5.3 规定评审程序是否应包含在修理级别分析工作计划内。(R)

102.5.4 如果需要召开协调会,应确定召开的时机和要讨论的内容。

102.5.5 确定进行评审的时机和次数。(R)

102.5.6 明确由承制方提交给评审人员的信息(修理级别分析结果、报告和数据)。(R)

102.5.7 规定召开每次评审会议前需要提前通知的天数。(R)

102.5.8 明确评审会议纪要是否需要订购方认可,认可的会议纪要中提出的措施是否应成为合同要求。(R)

102.5.9 规定修理级别分析评审与其他评审(即设计评审、保障性分析评审等)之间的关系。

102.5.10 确认 102.3 条中用“★”标出的由订购方提交给承制方的工作项目的输入信息。
(R)

工作项目 200 系列 数据的准备和管理

工作项目 201 输入数据准备

201.1 目的

确定并汇集修理级别分析评估所用的输入数据。

201.2 工作项目要点

201.2.1 用于非经济性评估的因素

确定影响待分析产品清单中的每项产品及其备选保障方案的各种因素,即约束条件、特殊要求、人的因素及法规等,并将这些因素与工作说明中规定的修理级别分析输入数据单元综合考虑,也要查阅有关文件及审查其他相关的专业工程分析的结果。确认取得这些因素和约束条件的具体来源。已确定的各因素以及改变订购方规定的因素都要经订购方认可。所确定的因素主要用于非经济性评估并以此影响经济性和敏感性分析的结果。附录 A 表 A1 中列出的因素并没有包括全部因素,根据需要可以确定其他因素。

201.2.2 用于经济性评估的输入数据

对列入待分析产品清单中的每项产品及其备选保障方案,要确定在工作说明中规定的输入数据单元的数值。要指明每一数据单元数值的具体来源。当一个数据单元存在多种数值和来源时,要明确最常用的数值及其来源。通过查阅列入各种技术要求文件(合同、规范、规定等)中的数据以及通过核查由其他专业工程工作(按 GJB 368A、GJB 450、GJB 1371 等进行的工作)得到的数据来确定所需的输入数据。要尽量从现有数据系统中确定数据单元的数值。当没有现成的数据来源时,可依据承制方的工程经验和知识确定实际的数值范围。所有的数值以及改变订购方提供的数值都要经订购方认可。所有关联到费用的数值都应按指定年度的不变价格来表示以保证分析工作的一致性和内在的相关性。

201.2.3 输入数据报告

拟定修理级别分析输入数据报告,它应以文件形式记载工作项目 201.2.1 和 201.2.2 中已确认的数据及其来源。

201.2.4 修订

随着装备研制工作的深入和有更可靠的数据可用,要对工作项目 201.2.1 至 201.2.3 的结果进行修订。随着信息来源的更新或有新的来源时,应对已确定的修理级别分析输入数据单元数值和各因素进行重新审查并要确认追加的因素以及现有因素的适用性。

201.3 工作项目输入

201.3.1 修理级别分析工作计划、修理级别分析输入数据单元清单、针对特定的修理级别分析数据单元的取值范围、已经确定的各因素及应予评估的备选保障方案。

201.3.2 在合同中规定的修理级别分析采用的标准和要求,以及可交付的资料项目。★

201.3.3 列有修理级别分析输入数据的规范、技术要求文件及合同等。

201.3.4 各种专业工程工作和设计工作中得到的研究结果、报告和文件,例如:按 GJB 450、

GJB 368A、GJB 1391、GJB 1181 中的要求制订的可靠性、维修性、故障模式影响与危害性分析、运输性文件与报告等都应作为本工作项目的输入。★

201.3.5 与确定的分析模型有关的输入数据单元。

201.3.6 确定的非经济因素。

201.3.7 从 GJB 1371 的工作项目 201 输出的使用研究报告,该报告中含有与装备预定用途有关的保障性因素和定量数据。★

201.3.8 从 GJB 1371 的工作项目 202 中输出的从标准化角度提出的保障性约束条件和有关保障性的设计约束。★

201.3.9 从 GJB 1371 的工作项目 203 中输出的基准比较系统的保障性数据。★

201.3.10 从 GJB 1371 工作项目 205 中输出的由装备备选设计方案及使用方案确定的保障性特性和有关保障性的定性及定量的设计约束,并将定量约束记入保障性分析记录。★

201.3.11 从 GJB 1371 工作项目 302 中输出的与装备各种备选设计方案对应的各种备选保障方案。★

201.4 工作项目输出

201.4.1 在进行非经济性评估中必须考虑的与装备及其保障有关的相应因素(201.2.1)。

201.4.2 修理级别分析输入数据的数值和来源,该数据表明了进行经济性和敏感性分析的装备及其备选保障方案的设计、使用、性能、费用和保障性特性等方面的情况(201.2.2)。

201.4.3 修理级别分析输入数据报告(201.2.3)。

201.4.4 适用时,修理级别分析输入数据报告的修订件(201.2.4)。

201.5 规定的细节

如果适用,由订购方在工作说明中规定的细节应包括下列内容:

201.5.1 修理级别分析输入数据报告是否作为交付的资料项目。如果需要交付修理级别分析报告,则单独的输入数据报告不必交付并且不包括在工作说明中,这时应将评估中用的输入数据写入修理级别分析报告。

201.5.2 从待分析产品清单中确认出需要进行数据汇编的产品。(R)

201.5.3 确定需要进行数据汇编的修理级别分析输入数据单元。附录 B 到附录 D 确定了各修理级别分析模型的输入数据单元的具体表格。

201.5.4 由订购方提供给承制方的数据单元的数值或信息以及提供时间。(R)

201.5.5 用于非经济性评估并需汇编的因素。(R)

201.5.6 修理级别分析输入数据报告的交付方式。(R)

201.5.7 修理级别分析输入数据报告的格式。(R)

201.5.8 201.3 条内由订购方提交给承制方的用“★”标出的工作项目输入信息。(R)

201.5.9 与费用有关的数据单元用指定年度表示时的详细说明。(R)

工作项目 300 系列 评估

工作项目 301 评估的实施与报告制订

301.1 目的

根据非经济性和经济性条件,评估每一待分析产品的备选维修方案,并决定其修理或报废的最佳维修级别。

301.2 工作项目要点

301.2.1 非经济性评估

利用工作项目 201.2.2 中确定的因素进行非经济性分析,确认受影响或限制的维修级别或备选保障方案,同时要提出施加限制和约束条件的因素和理由。分析的方法见附录 A。在进行本工作项目时,要评估与所分析装备有关的其他专业工程分析的结果。进行非经济性分析不注重费用因素,然而,可以根据非经济性评估结果提出的建议给出某种经济性估价。在取消不可行的备选保障方案时要考虑的具体因素包括(但不限于)下列内容:

- a. 安全性;
- b. 现行保障体制限制;
- c. 特殊的运输因素;
- d. 部署的机动性;
- e. 修理的技术可行性;
- f. 任务成功性;
- g. 保密性;
- h. 人的因素;
- i. 法规。

301.2.2 经济性评估

对列入待分析产品清单中所有产品进行经济性分析,特别是要决定和确认所有产品的费用最低的维修方案。应采用附录 B 到附录 D 中适用的修理级别分析模型去确定所分析产品的费用最低的维修方案。

301.2.3 敏感性评估

进行敏感性分析的具体参数应包括但不限于:没有现成工程数值的参数;体现设计特性中的不确定性的参数;对装备的保障和战备完好性起关键作用的参数;估算的、计算的或根据历史数据定下的参数;人力和人员技能的参数;受装备预定使用环境影响的参数;再次供应时间和备件概算。敏感性分析包括(但不限于)下列内容:

a. 确定或选择敏感性分析时要分析的输入数据单元,确定所选数据单元的数值范围,在给定的数值范围内运用的修理级别分析模型;

b. 通过分析总的保障费用和按照模型选定修理所在的维修级别或报废决策,评估其对基准维修方案的影响;预计装备在使用时,当参数象敏感性分析中那样发生变化时评估其可能发

生的情况；

- c. 根据所作的敏感性分析结果,进一步确定或修订推荐的维修方案。

301.2.4 制订修理级别分析报告

已进行的修理级别分析工作项目、评估的工作程序和评估结果都应写入报告中。修理级别分析报告应包含(但不限于)下列内容；

- a. 对所分析装备的说明,其中包括建模所依据的装备分解结构,同时要阐明与所分析的装备相比较的类似装备及其维修方案；
- b. 对所进行的修理级别分析的说明,包括:典型化的作战预案;所作的假设;所考虑的备选维修方案;以及进行经济性分析和敏感性分析所用的模型；
- c. 列出输入数据单元名称及其相应的数值,指明这些数值中哪些是计算得到的,哪些是估算的,必要时还应包括估算的准则和置信水平；
- d. 非经济性分析和经济性分析的结果；
- e. 敏感性分析的结果和说明；
- f. 每一产品的分析结论和建议；
- g. 得到的格式化输入记录和输出报告。

301.2.5 更改

随着装备研制工作的深入和有更多的数据可用,要对工作项目 301.2.1 至 301.2.4 的结果进行更改。特别在下列情况时需要更改:数据单元有重大变化;保障设备的要求、能力、用途和费用等有重大变化;合同追加了其他要求或订购方作出了变动。

301.3. 工作项目输入

301.3.1 工作项目 101.2.4 提出的待分析产品清单。

301.3.2 以前对本装备或类似装备作过的分析。★

301.3.3 实施工作项目 201 汇总的修理级别分析输入数据。

301.3.4 修理级别分析输入数据报告。

301.3.5 订购方认可的经济性分析和敏感性分析的模型。★

301.3.6 如果适用,要分析的备选保障方案的清单。★

301.3.7 修理级别分析工作计划。

301.4 工作项目输出

301.4.1 非经济性分析结果,其中包括所确定的影响维修级别的因素(301.2.1)。

301.4.2 经济性分析、敏感性分析得到的结果、结论和建议(301.2.2 和 301.2.3)。

301.4.3 修理级别分析报告(301.2.4)。

301.4.4 随着装备设计的进一步完善和获得更准确、更可靠的数据,对原来结果所作的修订和更改(301.2.5)。

301.5 规定的细节

如果适用,由订购方在工作说明中规定的细节应包括下列内容:

301.5.1 说明修理级别分析报告是否作为交付的资料。(R)

301.5.2 在实施工作项目 301.2.2 和 301.2.3 时,确定经济性评估和敏感性评估中使用的模

型。(R)

301.5.3 确定敏感性分析的数据单元及其数值范围。(R)

301.5.4 订购方对所分析装备提出的约束条件。(R)

工作项目 400 系列 应用

工作项目 401 分析结果的应用

401.1 目的

确定修理级别分析的结果应如何用来影响装备的设计,还要确定如何利用这些分析结果修正和完善保障性分析的有关结果。

401.2 工作项目要点

401.2.1 向设计部门提供一份影响在研装备设计的建议清单。

401.2.2 将分析结果应用到保障性分析的结果中。

401.2.3 提出并确定可能应用到与保障性分析有关的专业工程分析中的结果清单。

401.2.4 将订购方认可的修理级别分析结果应用到合同规定的与保障性分析有关的成果中。

401.2.5 确定对装备进行进一步分析的要求,并在需要时修订修理级别分析工作计划。

401.3 工作项目输入

401.3.1 工作项目 301 所作评估的结果和提出的建议。

401.3.2 修理级别分析工作计划和工作项目 301.2.4 得出的修理级别分析报告。

401.3.3 订购方的决定以及对承制方的修理级别分析报告所作的评审结果。

401.3.4 保障性分析的有关结果。

401.3.5 与保障性分析有关的专业工程分析的结果。

401.4 工作项目输出

401.4.1 合同中规定的、修订后的与保障性分析有关的结果。

401.4.2 确定应用到与保障性分析有关的专业工程分析中的结果。

401.4.3 向设计部门提交一份措施与建议的清单,用以影响装备的设计工作。

401.4.4 确定进一步分析的必要性和对修理级别分析工作计划的修订。

401.5 规定的细节

如果适用,由订购方在工作说明中规定的细节应包括下列内容:

401.5.1 确认用得到的结果去修正与保障性分析有关的结果。(R)

401.5.2 确定和修理级别分析工作相衔接的与保障性分析有关的专业工程分析,同时还要确定将修理级别分析结果应用到这些专业工程分析中。

附录 A

非经济性分析

(补充件)

A1 范围

A1.1 主题内容

本附录为进行非经济性修理级别分析提供方法。

A1.2 适用范围

本附录适用于需进行修理级别分析的各种装备。

A2 概述

非经济性修理级别分析从超过费用影响方面的限制因素和现有的类似装备的修理级别分析决策出发,确定修理或报废的维修级别。实施该分析虽不注重费用因素,然而,可以根据非经济性评估结果提出的建议给出经济性估价。限制因素一般是指将修理或报废的决策限制在特定的维修级别的因素或限定了可用的备选保障方案的那些因素。

A3 实施

非经济性修理级别分析是一个通过考虑影响修理或报废决策的限制因素来进行问答的逻辑过程。对于待分析产品清单中的任一产品都应回答表 A1 中的问题,答案应是:是或否;修理或报废决策受限制的维修级别及受限制的原因。在回答完所有问题后,分析人员将“是”的回答及原因组合起来,然后基于“是”的回答确定初始维修方案。所列限制因素可能不完全适用于被分析的产品,应通过剪裁来满足被分析产品的需要。必须指出,不能仅凭非经济性修理级别分析来作出修理或报废的决策。

表 A1 非经济性修理级别分析

非 经 济 性 限 制 因 素	是	否	影响或限制的维修级别 ¹⁾			限制原因
			O	I	D	
1. 安全性 存在将产品限制在特定级别修理的危险因素吗? 危险因素包括(但不限于)下列方面: 高电压;辐射;极限温度;化学或有毒气体;过大的噪音;爆炸物;超重。						
2. 保密 存在将产品限制在特定级别修理的保密因素吗?						
3. 法规或现有维修方案 存在影响产品能否在该级别修理的有关法规吗? 其中包括类似装备中可用作比较基准的现有的维修方案或法规。						

续表 A1

非 经 济 性 限 制 因 素	是	否	影响或限制的维修级别 ¹⁾			限制原因
			O	I	D	
4. 产品修理限制 存在将产品限制在特定的级别修理或报废的保证性内容吗? 5. 战备完好性或任务成功性 如果产品在特定的维修级别修理或报废, 对战备完好性或任务成功性会产生不利影响吗? 6. 装卸与运输 存在影响将产品从使用单位送往维修机构进行修理的运输限制因素吗? 这些因素包括: 重量; 外廓尺寸; 特殊装卸要求; 易损性; 其它。 7. 保障设备 a. 存在将产品限制在特定的级别修理的特殊工具、测试设备要求吗? b. 由于产品灵敏度要求或在某一级别缺乏设备而需在特定级别修理吗? c. 保障设备的适用性、机动性、尺寸或重量限制了维修级别吗? 8. 包装与储存 a. 产品的尺寸、重量或体积对储存有限制性要求吗? b. 产品存在特殊的包装要求吗? 包括计算机硬件、软件、危险材料、易碎材料的包装, 气候限制及运输期间易损材料的包装。 9. 人力与人员 a. 在某一特定的级别修理有足够数量的熟练修理技术人员吗? b. 在某一级别修理或报废对现有的工作负荷将造成影响吗? 10. 设施 a. 有特殊的设施要求吗? 包括高标准的工作间; 保障设备体积; 气候限制; 腐蚀限制; 锻造、铸造、充压; 先进校准设备; 抗核能力要求等。						

续表 A1

非 经 济 性 限 制 因 素	是	否	影响或限制的维修级别 ¹⁾			限制原因
			O	I	D	
b. 有特殊的修理工艺要求吗? 包括气密装置;修理次数的影响;磁微粒检查;X线检查。 c. 有特殊的测试方法要求吗? 包括振动与冲击试验;风洞测试。 d. 有特殊的调整要求吗? 11. 其它因素						

注:1)O为基层级代码;I为中继级代码;D为基地级代码。在O、I、D栏内填修理或报废。

附 录 B
航空装备修理级别分析方法
(补充件)

B1 范围

B1.1 主题内容

本附录提供了航空装备修理级别分析的方法。

B1.2 适用范围

本附录适用于除地面保障设备外的所有航空装备修理级别分析,其它装备亦可参照使用。

B2 航空装备维修级别

航空装备维修级别分三级,基层级(外场级)、中继级(野战级)和基地级(后方级)。

B2.1 基层级(外场级)

指使用现场(机务大队定检中队)。

B2.2 中继级(野战级)

指师(院)修理厂或军区中心航修厂。

B2.3 基地级(后方级)

指空军大修厂或制造厂。

B3 产品的维修级别编码

维修级别编码过程旨在将产品的约定层次与维修级别进行结合,即用代码的形式指定产品的约定层次在哪一级修理。

B3.1 产品的层次

被分析产品可分别是设备、部件等,可分为三层:

- a. 外场可更换件(LRU);
- b. 内场可更换件(SRU);
- c. 内场可更换子部件(SSRU)。

B3.2 代码

对应三级修理有三个代码,另外还有一个报废决策代码。

- a. 基层级代码为 O;
- b. 中继级代码为 I;
- c. 基地级代码为 D;
- d. 报废代码为 X。

三个维修级别代码的高低次序依次为 D、I、O。

B3.3 代码选择

修理级别分析的待分析产品(它可能是包括产品本身在内的任一约定层次中的某一部分)均有 B3.2 中的四个代码可供选择。执行 B4 的非经济性分析,代码选择范围可能减少。为执行 B3.4 的编码原则,必须按表 B1 确定代码的选择范围。

表 B1 代码选择表

代 码 产 品	D	I	O	X
...	...	...	...	...

表 B1 中,对选择的代码应打√,否则以空格表示。

B3.4 编码原则

进行编码时必须遵循以下的原则:产品中的任一可更换部分的维修级别代码不能低于比该部分所在层次高的部分或产品的维修级别代码,如图 B1 所示。

照此原则,按 B3.3 中表 B1 规定的产品代码选择范围进行任意组合,就得到了产品的所有代码组合方案。

以某产品为例:①产品分为外场可更换件、内场可更换件、内场可更换子部件三层;

②产品代码选择表见表 B2。

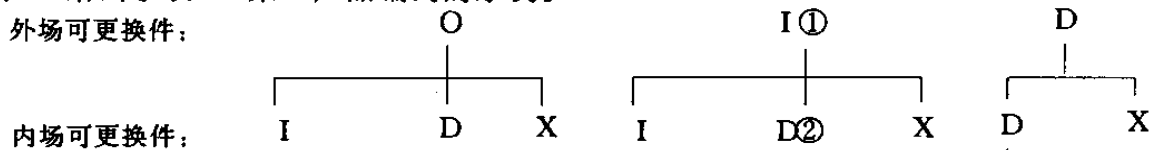
表 B2 代码选择表

代 码 产 品	D	I	O	X
外场可更换件	√	√	√	
内场可更换件	√	√		√
内场可更换子部件	√			√

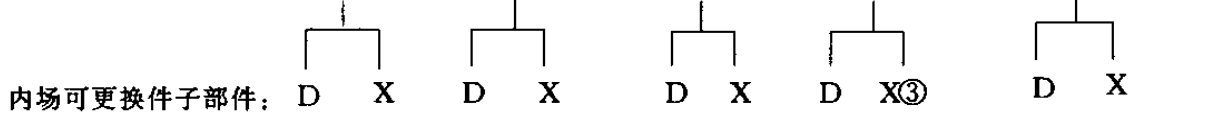
B3.5 编码图示例

图 B1 给出了表 B2 某一产品编码的示例。

外场可更换件:



内场可更换件:



内场可更换件子部件:



图 B1 编码图例

在图 B1 中,共有 13 种代码组合(即 13 种备选方案)。例如,图中①、②和③的组合决定了一个代码组合。它指定外场可更换件在中继级修理(代码为 I),内场可更换件在基地级修理(代码为 D),而内场可更换件子部件为报废(代码为 X)。

B4 非经济性分析

非经济性分析的方法见附录 A。其结果是得到一份非经济性分析记录表及本附录 B3.3 中的产品代码选择表。

B5 经济性分析

经济性分析的目的在于定量计算所有备选修理方案对应的修理费用,然后对这些费用进行比较,以选择费用最低的修理方案。本附录的 B8 与 B9 提供了进行经济性分析费用计算的方法。

B6 修理级别分析执行过程

图 B2 给出了进行修理级别分析的流程图。

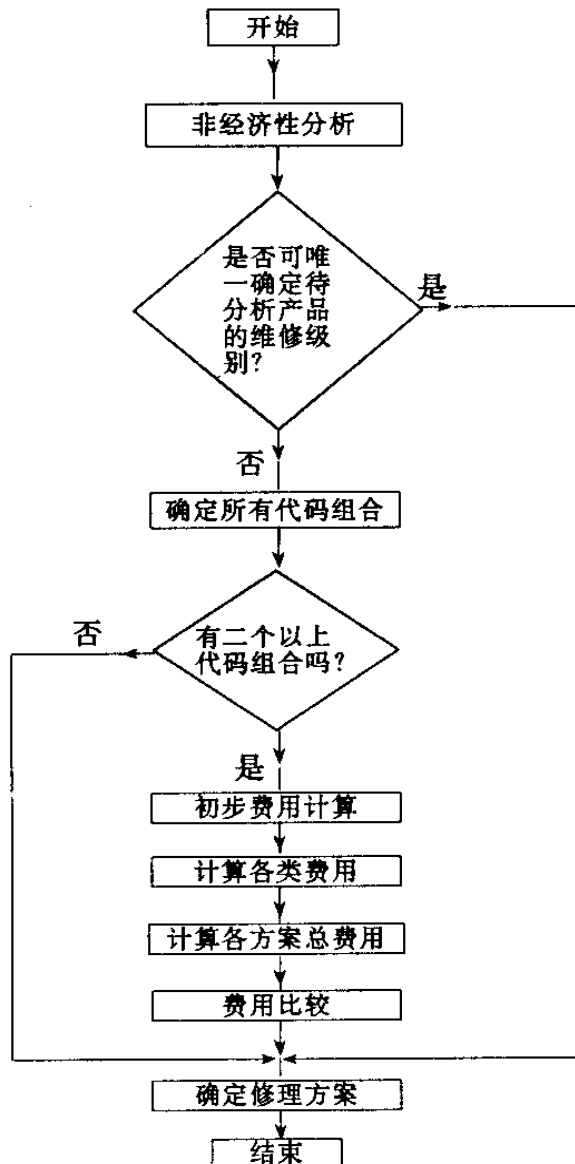


图 B2 修理级别分析流程图

B7 费用分类与费用计算

在本附录中将与修理活动有关的费用分成七类：

B7.1 备件费用

备件费用是对产品进行修理时所需备件的总费用。它由购置费用、库存费用及运输与包装费用构成。

B7.1.1 可修产品备件费用 C_{SP}

可修产品备件的购置、运输与包装是一次性的，而库存每年都有。

$$\begin{aligned} C_{SP} &= N_{SR} \cdot (P_S + C_{SPT}(W_{SP}, D_M)) + N_{SR} \cdot C_{ST}(V_S) \cdot R_Q \\ &= N_{SR} \cdot (P_S + C_{SPT}(W_{SP}, D_M) + C_{ST}(V_S) \cdot R_Q) \quad \dots\dots\dots (B1) \end{aligned}$$

式中： N_{SR} ——可修产品备件数。见 B8.3.1；

P_S ——备件单价，元；

$C_{SPT}(W_{SP}, D_M)$ ——单个备件运输与包装费用，元。见 B8.8；

W_{SP} ——单个备件重量，t；

$C_{ST}(V_S)$ ——单个备件库存费用，元。见 B8.7；

V_S ——单个备件体积， m^3 ；

D_M ——相应的平均运送距离，其取值为 D_{PO} 、 D_{PI} 与 D_{PD} ，km；

R_Q ——现值折算率。见 B8.1。

B7.1.2 报废产品备件费用 C_{SD}

$$C_{SD} = N_{DR} \cdot (P_S + C_{SPT}(W_{SP}, D_M) + C_{ST}(V_S)) \cdot R_Q \quad \dots\dots\dots (B2)$$

式中： N_{DR} ——报废产品备件数。见 B8.3.2；

P_S ——备件单价，元；

$C_{SPT}(W_{SP}, D_M)$ ——单个备件运输与包装费用，元。见 B8.8；

W_{SP} ——单个备件重量，t；

$C_{ST}(V_S)$ ——单个备件库存费用，元。见 B8.7；

V_S ——单个备件体积， m^3 ；

D_M ——相应的平均运送距离，其取值为 D_{PO} 、 D_{PI} 与 D_{PD} ，km；

R_Q ——现值折算率。见 B8.1。

B7.2 设施费用 C_F

设施费用是对产品进行修理时使用场所相关设施的费用(用该产品对设施的占用率进行分摊)。

$$C_F = C_{YF} \cdot R_{uf} \cdot R_Q \quad \dots\dots\dots (B3)$$

式中： C_{YF} ——全部某一级别上所有场地设施的年维持费用，元；

R_{uf} ——产品对设施的利用率，以百分比表示；

R_Q ——现值折算率。见 B8.1。

B7.3 人员费用 C_P

人员费用是对产品进行修理时所需人员的全部费用(含人员的培训,劳务费用及工作空间费用)。

$$C_P = (N_P \cdot (C_{YP} + C_A(A_P) + N_{yp} \cdot C_{YT}) \cdot R_Q \dots\dots\dots (B4)$$

式中: N_P ——人员总数。见 B8.6;

C_{YP} ——人年工资,元;

$C_A(A_P)$ ——单人空间费用,元。见 B8.9;

A_P ——人均占用面积, m^2 ;

N_{yp} ——年均人员更替数;

C_{YT} ——人年培训费,元;

R_Q ——现值折算率。见 B8.1。

B7.4 资料费用 C_T

资料费用是对产品进行修理时所需文件资料的费用(按页数计算)。

$$C_T = N_{pf} \cdot P_f \cdot N_f \dots\dots\dots (B5)$$

式中: N_{pf} ——产品修理所需的每套资料页数;

P_f ——每页资料平均价格,元;

N_f ——所需资料的套数(一般情况下 $N_i = N_s$)。

B7.5 材料费用 C_M

材料费用是对产品进行修理时消耗的材料费用(主要为其购置费,而不考虑其贮存、运输费用)。

$$C_M = F_y \cdot C_{YM} \cdot R_Q \dots\dots\dots (B6)$$

式中: F_y ——年故障数;

C_{YM} ——单个产品所需材料费,元;

R_Q ——现值折算率。见 B8.1。

B7.6 保障设备费用 C_{SE}

保障设备费用是对产品进行修理时所需全部保障设备的费用(含购置、其自身的维护及占用的空间费用);它由二项构成,专用保障设备费用(为该产品特有)和通用保障设备费用(与其它产品按占用率分摊)。

保障设备费用由通用保障设备费用与专用保障设备费用二项构成。

$$C_{SE} = R_{ue} \cdot N_{GSE} \cdot (P_{GS} + C_{SPT}(W_G, D_{M1}) + (C_{YG} + C_A(A_G)) \cdot R_Q) \\ + N_{SSE} \cdot (P_{SS} + C_{SPT}(W_S, D_{M2}) + (C_{YS} + C_A(A_S)) \cdot R_Q) \dots\dots\dots (B7)$$

式中: R_{ue} ——产品修理对此类通用保障设备的利用率,以百分比表示;

N_{GSE} ——通用保障设备台数。见 B8.4.2;

N_{SSE} ——专用保障设备台数。见 B8.4.1;

P_{SS} 、 P_{GS} ——专用、通用保障设备的单台价格,元;

$C_{SPT}(W_G, D_{M1})$ ——单台通用保障设备运输与包装费用,元。见 B8.8;

$C_{SPT}(W_S, D_{M2})$ ——单台专用保障设备运输与包装费用,元。见 B8.8;

W_S, W_G ——专用、通用保障设备的单台重量, t;

D_{M2}, D_{M1} ——运送专用、通用保障设备到使用场所的平均距离, 其取值为 D_{PO}, D_{PI} 与 D_{PD} , km。见 B8.5;

C_{YS}, C_{YG} ——专用、通用保障设备的单台年维护费用, 元;

A_S, A_G ——专用、通用保障设备的单台的占用面积, m^2 ;

R_Q ——现值折算率。见 B8.1。

实际上, 上述公式只计算某一类型专用与通用保障设备的费用。所以, 对使用多种类型保障设备的情况, 应分别计算后相加才能得到保障设备的总费用。

B7.7 送修产品的运输与包装费用 $C_{P\&T}$

运输与包装费用是对产品进行修理时产品在不同级别之间运送的费用。

$$C_{P\&T} = 2C_{SPT}(W_I, D_M) \cdot R_Q \cdots \cdots (B8)$$

式中: 2 倍的含义在于送修是往返路程;

$C_{SPT}(W_I, D_M)$ ——送修产品总运输与包装费用, 元。见 B8.8;

W_I ——年送修产品的总重量, 其值为 F_I 乘以单个产品重量, t;

D_M ——送修平均距离, 其取值只能是 D_{OI}, D_{ID} 与 D_{OD} , km。见 B8.5;

R_Q ——现值折算率。见 B8.1。

表 B3 给出了与修理级别分析有关的数据单元表。

B8 基本费用参数计算

B8.1 现值折算率 R_Q

$$R_Q = \frac{(1+Q)^T - 1}{Q \cdot (1+Q)^T} \cdots \cdots (B9)$$

式中: Q ——年利率;

T ——装备使用寿命, a。

此公式适用于在装备使用寿命周期 T 内每年年末所付款项相同情况下现时值的计算。

表 B3 数据单元表

序号	代 码	数据单元名称	单 位	来 源	备 注
1	A_G	GSE 单台占用面积	m^2	承制方	所有 GSE 均应取值
2	A_P	人均占用面积	m^2	承制方	三级不同
3	A_S	SSE 单台占用面积	m^2	承制方	所有 SSE 均应取值
4	A_w	单位空间费用	元	订购方	三级不同
5	C_A	空间费用	元		
6	C_D	后方级修理费用	元		
7	C_I	资料费用	元		
8	C_F	设施费用	元		
9	C_r	产品修理费用	元		
10	C_l	中继级修理费用	元		

续表 B3

序号	代 码	数据单元名称	单 位	来 源	备 注
11	C _M	产品所需材料费	元	承制方	三级不同
12	C _O	基层级修理费用	元		
13	C _P	人员费用	元		
14	C _{SD}	报废产品备件费用	元		
15	C _{SE}	保障设备费用	元		
16	C _{SP}	可修产品备件费用	元		
17	C _{SPT}	运输与包装费用	元		
18	C _{ST}	库存费用	元		
19	C _T	修理方案费用	元		
20	C _{TS}	组合方案费用	元		
21	C _{VF}	设施年维持费	元	订购方	三级不同
22	C _{YG}	单台 GSE 年维护费	元	承制方	所有 GSE 均应取值
23	C _{YM}	单个产品所需材料费	元	承制方	三级不同
24	C _{YP}	人年劳务费	元	订购方	三级不同
25	C _{YS}	单台 SSE 年维护费	元	承制方	所有 SSE 均应取值
26	C _{YT}	人年培训费	元	承制方	三级不同
27	D _i	运送距离	km	订购方	要求获得全部运送距离数据
28	D _M	平均运送距离	km		
29	G	产品层次数		承制方	
30	n	共用 GSE 项目数		承制方	所有 GSE 均应取值
31	N _{DR}	报废产品备件数			
32	N _{GSE}	GSE 数			
33	N _i	资料套数		订购方	
34	N _i	产品数		订购方	
35	N _P	人员数			
36	N _{pt}	资料页数		承制方	
37	N _s	场地数		订购方	三级不同
38	N _{SR}	可修产品备件数			
39	N _{SSE}	SSE 数			
40	N _{yp}	人员年更替数		订购方	三级不同
41	P	不缺件概率		订购方	三级不同
42	P _C	运输与包装系数		承制方	不同产品不同数值
43	P _i	每页资料价格	元	承制方	
44	P _{GS}	GSE 单价	元	承制方	所有 GSE 均应取值
45	P _s	备件单价	元	承制方	
46	P _{SS}	SSE 单价	元	承制方	所有 SSE 均应取值
47	P _w	单位运输与包装价格	元/吨·公里	承制方	
48	Q	年利率		承制方	
49	r _{ind}	故障检出率		承制方	三级不同
50	R	误拆率		订购方	三级不同

续表 B3

序号	代 码	数据单元名称	单 位	来 源	备 注
51	R _Q	现时折算率			
52	R _{uf}	设施利用率		承制方	三级不同
53	R _{use}	GSE 利用率		承制方	所有 GSE 均应取值
54	S _C	库存系数		订购方	不同产品不同数值
55	S _w	单位库存价格	元/立方米	订购方	三级不同
56	t _{BF}	产品平均故障间隔时间	h	承制方	产品与产品组成部分不同
57	t _{DR}	采购期内产品工作时间	h	订购方	三级不同
58	t _{EMH}	产品修理时间	h	承制方	三级不同
59	t _{EMP}	人均年工作时间	h	订购方	三级不同
60	t _{ISE}	产品修理占用 SE 时间	h	订购方	所有 SE 均应取值
61	t _{SR}	周转期内产品工作时间	h	订购方	三级不同
62	t _y	产品年均工作时间	h	订购方	产品与产品组成部分不同
63	t _{YSE}	SE 平均工作时间	h	承制方	所有 SE 均应取值
64	T	装备使用寿命	a	承制方	
65	V _s	单个备件体积	m ³	承制方	
66	W _G	GSE 单台重量	t	承制方	所有 GSE 均应取值
67	W _I	产品重量	t	承制方	
68	W _s	SSE 单台重量	t	承制方	所有 SSE 均应取值
69	W _{sr}	单个备件重量	t	承制方	
70	λ	产品失效率		承制方	产品与产品组成部分不同
71	F _y	年故障数			

注:SE 代表保障设备;GSE 代表通用保障设备;SSE 代表专用保障设备。

B8.2 年故障数 F_y

年故障数 F_y 是表征产品年修理量的一个基本参数。

$$F_y = \frac{t_y}{t_{BF}} \cdot N_I \cdot (1 + R \cdot (1 - r_{fd})) \cdots \cdots (B10)$$

式中: t_y ——产品年均工作时间, h;

t_{BF} ——对可修产品为平均故障间隔时间, 对不可修项目为平均故障前时间, h;

N_I ——使用此产品的总数;

R ——误拆率, 它等于实际拆卸数减实际故障数与实际故障数的比值;

r_{fd} ——误拆检出率, 即通过对误拆产品进行筛选而检测出的误拆产品所占百分数。

B8.3 备件数

对失效率服从指数分布的产品, 它的备件满足概率为一泊松过程。其备件数分为可修产品数 N_{SR} 和报废产品数 N_{DR}。

B8.3.1 可修产品备件数 N_{SR}

$$N_{SR} = [\lambda \cdot N_I \cdot t_{SR} + U_P \cdot \sqrt{\lambda \cdot N_I \cdot t_{SR}}] \cdots \cdots (B11)$$

式中: t_{SR} ——修理周转时间内产品的有效工作时间, h;

λ ——产品失效率;

N_I ——使用此产品的总数;

U_P ——标准正态分布相应概率为 P 的上侧分位点, P 为不出现缺件的概率。

注:公式中的“[]”表示向上取整运算。

B8.3.2 报废产品备件数 N_{DR}

$$N_{DR} = [\lambda \cdot N_I \cdot t_{DR} + U_P \cdot \sqrt{\lambda \cdot N_I \cdot t_{DR}}] \dots\dots\dots (B12)$$

式中: t_{DR} ——备件采购时间内产品的有效工作时间, h;

λ ——产品失效率;

N_I ——使用此产品的总数;

U_P ——标准正态分布相应概率为 P 的上侧分位点, P 为不出现缺件的概率。

B8.4 保障设备数 N_{SSE} 、 N_{GSE}

B8.4.1 专用保障设备数 N_{SSE}

$$\text{当 } \frac{F_y \cdot t_{ISE}}{t_{YSE}} > N_s \text{ 时, } N_{SSE} = \left[\frac{F_y \cdot t_{ISE}}{t_{YSE}} \right] \dots\dots\dots (B13)$$

$$\text{当 } \frac{F_y \cdot t_{ISE}}{t_{YSE}} < N_s \text{ 时, } N_{SSE} = N_s \dots\dots\dots (B14)$$

式中: N_s ——某一级别的场地数, 它可代表 N_{SO} (基层级场地数)、 N_{SI} (中继级场地数)、 N_{SD} (基地级场地数);

F_y ——年故障数。见 B8.2;

t_{ISE} ——产品一次修理所用保障设备的平均时间, h;

t_{YSE} ——单台专用保障设备的年均工作时间, h。

B8.4.2 通用保障设备数 N_{GSE}

$$\text{当 } \frac{\sum_{i=1}^n F_{yi} \cdot t_{ISE}(i)}{t_{YSE}} > N_s \text{ 时, } N_{GSE} = \left[\frac{\sum_{i=1}^n F_{yi} \cdot t_{ISE}(i)}{t_{YSE}} \right] \dots\dots\dots (B15)$$

$$\text{当 } \frac{\sum_{i=1}^n F_{yi} \cdot t_{ISE}(i)}{t_{YSE}} < N_s \text{ 时, } N_{GSE} = N_s \dots\dots\dots (B16)$$

式中: n ——共用此保障设备的产品数;

F_{yi} —— n 个产品中第 i 个产品的 F_y 。见 B8.2;

$t_{ISE}(i)$ —— n 个产品中第 i 个产品的 t_{ISE} ;

t_{YSE} ——单台通用保障设备的年均工作时间, h。

B8.5 平均运送距离 D_M

平均运送距离有 6 个, 统一用 D_M 代表, 它们分别为:

a. D_{PO} 为产品从购买地到基层级各场地的平均距离。

$$D_{PO} = \frac{1}{N_{SO}} \sum_{i=1}^{N_{SO}} D_i \dots\dots\dots (B17)$$

式中: D_i ——购买地到 N_{SO} 中第 i 个场地的距离, km;

N_{SO} ——基层级场地数。

b. D_{PI} 为产品从购买地到中继级各场地的平均距离。

$$D_{PI} = \frac{1}{N_{SI}} \sum_{i=1}^{N_{SI}} D_i \dots\dots\dots (B18)$$

式中: D_i ——购买地到 N_{SI} 中第 i 个场地的距离, km;

N_{SI} ——中继级场地数。

c. D_{PD} 为产品从购买地到基地级各场地的平均距离。

$$D_{PD} = \frac{1}{N_{SD}} \sum_{i=1}^{N_{SD}} D_i \dots\dots\dots (B19)$$

式中: D_i ——购买地到 N_{SD} 中第 i 个场地的距离, km;

N_{SD} ——基地级场地数。

d. D_{OI} 为产品从基层级送往中继级的平均距离。

$$D_{OI} = \frac{1}{N_{SO} \cdot N_{SI}} \sum_{j=1}^{N_{SI}} \sum_{i=1}^{N_{SO}} D_{ij} \dots\dots\dots (B20)$$

式中: D_{ij} ——从 N_{SI} 中的第 j 个场地到 N_{SO} 中的第 i 个场地的距离, km;

N_{SI} ——中继级场地数;

N_{SO} ——基层级场地数。

e. D_{ID} 为产品从中继级送往基地级的平均距离。

$$D_{ID} = \frac{1}{N_{SI} \cdot N_{SD}} \sum_{j=1}^{N_{SI}} \sum_{i=1}^{N_{SD}} D_{ij} \dots\dots\dots (B21)$$

式中: D_{ij} ——从 N_{SI} 中的第 j 个场地到 N_{SD} 中的第 i 个场地的距离, km;

N_{SI} ——中继级场地数;

N_{SD} ——基地级场地数。

f. D_{OD} 为产品从基层级送往基地级的平均距离。

$$D_{OD} = \frac{1}{N_{SO} \cdot N_{SD}} \sum_{j=1}^{N_{SO}} \sum_{i=1}^{N_{SD}} D_{ij} \dots\dots\dots (B22)$$

式中: D_{ij} ——从 N_{SO} 中的第 j 个场地到 N_{SD} 中的第 i 个场地的距离, km;

N_{SO} ——基层级场地数;

N_{SD} ——基地级场地数。

B8.6 所需人员数 N_p

$$N_p = [(F_y \cdot t_{EMH}) / t_{EMP}] \dots\dots\dots (B23)$$

式中: t_{EMH} ——产品修理时所需要的单人时间, h;

t_{EMP} ——人年均工作时间, h;

F_y ——年故障数。见 B8.2。

B8.7 库存费用 $C_{ST}(V)$

库存费用按占用的空间体积进行计算。

$$C_{ST}(V) = S_w \cdot S_c \cdot V \quad \text{..... (B24)}$$

式中: S_w ——年均库存费用, 元/立方米;

S_c ——库存级别加权系数, 以反映不同的存贮要求;

V ——库存空间变量, m^3 。

B8.8 运输与包装费用 $C_{ST}(W, D)$

$$C_{ST}(W, D) = P_w \cdot P_c \cdot W \cdot D \quad \text{..... (B25)}$$

式中: P_w ——运输与包装费用, 元/吨, ·公里;

P_c ——运输与包装加权系数, 以反映对运输与包装的不同要求;

W ——要进行运输与包装的物品重量变量, t;

D ——需运输的距离变量, km。

B8.9 空间费用 $C_A(A)$

空间费用按占用的面积进行计算。

$$C_A(A) = A_w \cdot A \quad \text{..... (B26)}$$

式中: A_w ——占用面积的年均费用, 元/平方米;

A ——占用的空间面积变量, m^2 。

B9 修理方案费用比较与敏感性分析

B9.1 修理方案费用

B7 中的费用公式提供了计算各维修级别上七类费用的方法, 而修理方案总费用 C_T 应是各级费用之和。

设产品可分为 G 层, 则:

$$C_T = \sum_{i=1}^G C_i \quad \text{..... (B27)}$$

式中: C_i ——产品或子产品在某一维修级别修理的费用, 即 C_i 的取值只能是 C_0 、 C_1 或 C_D 。

C_0 ——基层级上某一产品的修理费用, 元;

C_1 ——中继级上某一产品的修理费用, 元;

C_D ——基地级上某一产品的修理费用, 元。

则:

$$C_i = C_{SP} + C_F + C_P + C_J + C_M + C_{SE} + (C_{P\&T}) \quad \text{..... (B28)}$$

式中: C_{SP} ——备件费用, 元;

C_F ——设施费用, 元;

C_P ——人员费用, 元;

C_J ——资料费用, 元;

C_M ——材料费用, 元;

C_{SE} ——保障设备费用, 元;

$C_{P\&T}$ ——送修产品的运输与包装费用, 元。

当产品为报废时,则 C_{SP} 应用 C_{SD} 代替,且无 C_M 一项。 $C_{P\&T}$ 应只在产品要进行送修时才能包括。

对于不同的维修级别,各级上的七类费用的计算公式虽然一致,但其输入数据单元的取值是不同的。如人员的劳务费水平,由于三级人员技能水平的不同,其取值也应不同,故三级的各类费用应分别计算。

表 B4 中给出了对应表 B2 例子的费用构成表。其中,产品及产品组成部分的维修级别用代码表示。

表 B4 费用构成表

方 案 费 用			C_0	C_1	C_D	$C_{P\&T}(W_1, D_{OI})$	$C_{P\&T}(W_1, D_{ID})$	$C_{P\&T}(W_1, D_{OD})$
设备	组件	部件						
O	I	D	✓	✓	✓	✓	✓	
O	I	X	✓	✓		✓		
O	D	D	✓		✓			✓
O	D	X	✓		✓			✓
O	X	/	✓					
I	I	D		✓	✓	✓	✓	
I	I	X		✓		✓		
I	D	D		✓	✓	✓	✓	
I	D	X		✓	✓	✓	✓	
I	X	/		✓		✓		
D	D	D			✓			✓
D	D	X			✓			✓
D	X	/			✓			✓

注:①产品及产品组成部分的 C_0 、 C_1 与 C_D 应分别计算。

②“✓”表示选择此项。

B9.2 修理方案费用比较

在得到各方案的费用后,就可进行费用比较,以确定费用最低的修理方案及相应的维修级别。

在进行费用比较的同时,必须考虑保障设备共享问题,由于不同产品的修理共用一台保障设备,所以在费用比较时,要求将这些由于共享而引起多个产品的所有方案进行组合后再作比较,以寻求最低费用的相关产品修理方案组合,这样也就同时得到了这些产品的最终维修级别。

例如:有二个产品共用一台保障设备。产品 a 有 5 种修理方案,则有 $C_{Ta}(i=1\cdots 5)$; 产品 b 有 7 种修理方案,则有 $C_{Tb}(j=1\cdots 7)$ 。这时,在费用比较时,应对二个产品的组合方案费

用 C_{TS} 进行比较。

$$C_{TSK} = C_{T_{ai}} + C_{T_{bj}} \dots\dots\dots (B29)$$

方案 i 与方案 j 规定共用的保障设备在同级修理。

式中 $K=1\dots\dots Z$, Z 为组合方案数目。在此例中 $Z \leq 5 \times 7 = 35$ 。

这样 $C_{Min}C_{TSK}$, $K=1\dots\dots Z$ 为最低的费用, 而 K 的取值确定了费用是产品组成部分 a 与 b 的最佳维修级别, 它可能不是产品 a 或 b 本身的最佳维修级别。

B9.3 敏感性分析

在进行修理级别分析之后应对各项输入参数进行敏感性分析, 并按其敏感度进行排序, 以确定各输入参数对修理方案总费用的影响。据此在进行权衡分析的基础上可针对性地影响设计和调整修理方案, 以获取最佳的修理方案。

附录 C
海军舰船装备修理级别分析方法
(补充件)

C1 范围**C1.1 主题内容**

本附录提供了海军舰船装备修理级别分析的方法。

C1.2 适用范围

本附录适用于海军舰船装备的修理级别分析,其它装备亦可参照使用。待分析的产品及其层次由订购方在合同中规定。

C2 舰船装备维修级别

舰船装备维修级别分三级,基层级(舰员级)、中继级和基地级。

C2.1 基层级(舰员级)

指舰船现场。

C2.2 中继级

指修理所、修理船或抢修队等。

C2.3 基地级

指海军修理工厂和地方工厂。

C3 修理级别分析过程

修理级别分析采用定性与定量相结合的方法进行。研制阶段早期,如获取的各种数据不充分,可以定性分析方法为主,通过非经济性分析和类比分析确定待分析产品的维修级别。图 C1 给出了以定性分析方法为主时,修理级别分析流程图。随着研制工作的深入,当获取的各种数据充分时,应以定量分析方法为主,确定待分析产品的维修级别。图 C2 给出了以定量分析方法为主时,修理级别分析流程图。

C4 非经济性分析

非经济性分析的方法见附录 A。

C5 类比分析

在研制阶段早期,如果非经济性分析不能唯一确定修理所在的维修级别,可采用类比分析方法进行修理级别分析。类比分析是将待分析产品与所选类似装备的产品进行分析对比,进而确定维修级别的方法。

C6 修理能力评估**C6.1 基层级评估**

首选应确定基层级在现有保障资源条件下是否具有产品修理的能力。若基层级具有修理能力,则建议该产品在基层级修理。若基层级不具备产品修理能力,则确定基层级修理所需的各种额外修理保障资源,以便于进行经济性分析。

C6.2 中继级评估

若基层级不具备修理能力,则应进一步确定中继级在现有保障资源条件下是否具备修复

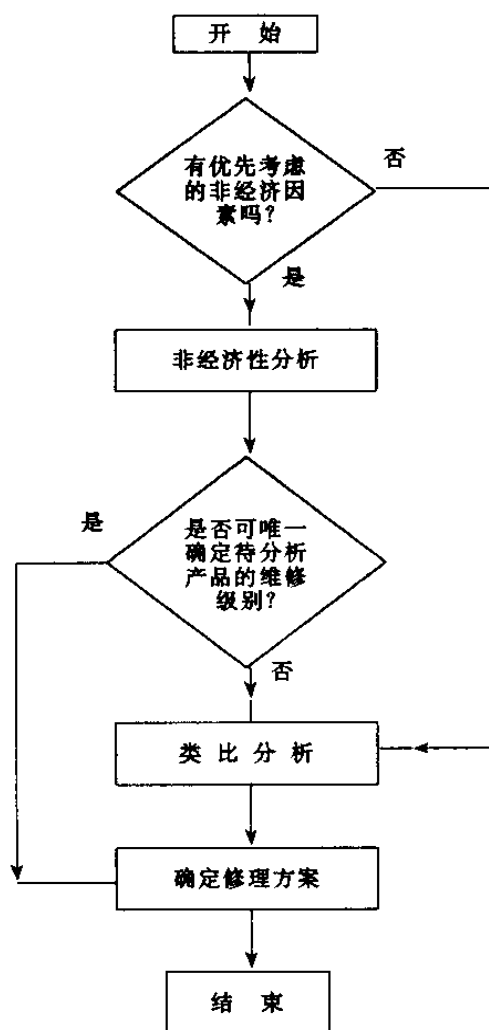


图 C1 定性修理级别分析流程图

能力。若中继级具有修复能力,则建议该产品在中继级修理。若中继级不具备修理能力,则确定中继级修理所需的各种额外修理保障资源,以便于进行经济性分析。

C6.3 基地级评估

若中继级不具备产品修理能力,则确定基地级修理所需的各种额外修理保障资源,以便于进行经济性分析。

C7 经济性分析

若基层级和中继级不具备产品修理能力,应进行经济性分析,以确定使产品年度总费用最低的维修级别,并判断是否应报废。年度总费用为年度修理费用与年度额外保障资源费用之和。

表 C1 给出了数据单元表。

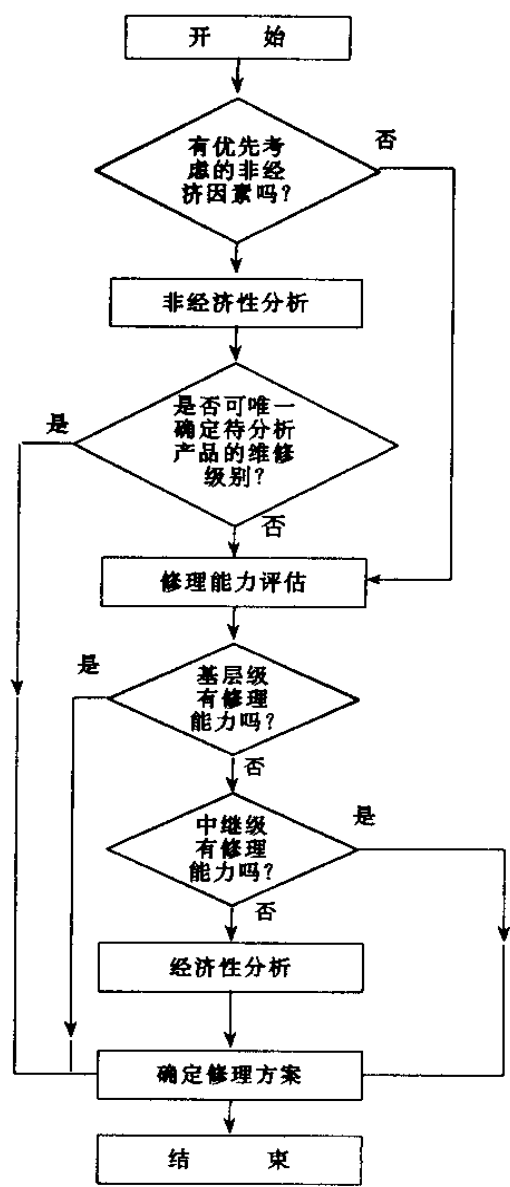


图 C2 定量修理级别分析流程图

C7.1 现值折算率 R_Q

现值折算率 R_Q 通过年利率和使用寿命计算。它将一次性支付的费用转换成年度费用，以使各种费用计算结果具有可比性。

表 C1 数据单元表

序号	代码	数 据 单 元 名 称	单位	来源	备 注
1	C_{BGD}	备件购置单价	元	承制方	
2	C_{GDO}	基层级工时单价	元	订购方	
3	C_{JCS}	每套教材费用	元	承制方	三级不同

续表 C1

序号	代码	数 据 单 元 名 称	单位	来源	备 注
4	C _{SGO}	基层级保障设备采购费	元	订购方	
5	C _{SYO}	基层级保障设备研制费	元	承制方	
6	C _{XFS}	训练辅助设施费用	元	订购方	三级不同
7	C _{XGD}	产品购置单价	元	承制方	
8	C _{XQG}	训练器材采购费用	元	订购方	三级不同
9	C _{XQY}	训练器材研制费用	元	承制方	三级不同
10	C _{XYR}	每个学员费用	元	订购方	三级不同
11	C _{ZGO}	基层级资料采购费用	元	订购方	
12	C _{ZZO}	基层级资料制订费用	元	订购方	
13	D _{BF}	备件补给间隔天数	d	订购方	三级不同
14	D _{BXC}	保险储备天数	d	订购方	三级不同
15	D _{JRK}	检验入库天数	d	订购方	三级不同
16	D _{SQZ}	使用前准备天数	d	订购方	三级不同
17	N _{BLD}	平均每天备件需求量		订购方	三级不同
18	N _{JXZ}	舰队中系统的总数		订购方	
19	N _{JCS}	年度教材数量		订购方	三级不同
20	N _{SIZ}	装备中产品的总数		承制方	
21	N _{XYR}	年度学员人数		订购方	三级不同
22	Q	年利率		承制方	
23	R _{FTO}	基层级保障设备分摊系数		订购方	
24	R _{XLF}	训练费用分摊系数		订购方	三级不同
25	R _{SLI}	产品的年使用率		订购方	
26	R _{SLS}	装备的年使用率		订购方	
27	R _{XLO}	基层级修理费用占保障设备采购费用的百分率		订购方	
28	R _{XQO}	基层级修理器材费用占产品购置单价的百分率		订购方	
29	R _{ZLO}	基层级资料分摊系数		订购方	
30	S _{CDO}	基层级场地数		订购方	
31	T	装备使用寿命	a	承制方	
32	t _{BF}	产品的平均故障间隔时间	h	承制方	
33	t _{MR}	对产品进行一次修理的平均工时数	h	订购方	

$$R_Q = \frac{(1+Q)^T - 1}{Q \cdot (1+Q)^T} \dots\dots\dots (C1)$$

此公式适用于在装备使用寿命周期 T 内每年年末所付款项相同情况下现时值的计算。

式中: R_Q ——现值折算率;

Q ——年利率;

T ——使用寿命, a。

C7.2 年度修理量计算

年度修理量表示产品年度修理需求量的大小。

$$N_{XLS} = \frac{8760 \cdot R_{SLS} \cdot R_{SLI} \cdot N_{SIZ}}{t_{BF}} \dots\dots\dots (C2)$$

式中: N_{XLS} ——整个系统产品的年度修理次数;

R_{SLS} ——系统的年使用率;

R_{SLI} ——产品的年使用率;

N_{SIZ} ——系统中产品的总数;

t_{BF} ——产品的平均故障间隔时间, h。

$$N_{XLF} = N_{XLS} \cdot N_{JXZ} \dots\dots\dots (C3)$$

式中: N_{XLF} ——整个舰队产品的年度修理次数;

N_{JXZ} ——舰队中系统的总数。

C7.3 备件补给量计算

备件补给量一般由经常性备件补给量和保险性备件补给量组成。经常性备件补给量和保险性备件补给量可采用下式计算,它对基层级、中继级及基地级均适用。

$$N_{BLZ} = (N_{BLJ} + N_{BLB}) \cdot N_{JXZ} \cdot R_{SLS} \cdot N_{SIZ} \cdot R_{SLI} \dots\dots\dots (C4)$$

式中: N_{BLZ} ——备件补给量;

N_{BLJ} ——经常性备件补给量;

N_{BLB} ——保险性备件补给量;

N_{JXZ} ——舰队中系统的总数;

R_{SLS} ——系统的年使用率;

N_{SIZ} ——系统中产品的总数;

R_{SLI} ——产品的年使用率;

$$N_{BLJ} = N_{BLD} \cdot (D_{BBJ} + D_{JRK} + D_{SQZ}) \dots\dots\dots (C5)$$

式中: N_{BLD} ——平均每天备件需求量;

D_{BBJ} ——备件补给间隔天数, d;

D_{JRK} ——检验入库天数, d;

D_{SQZ} ——使用前准备天数, d。

$$N_{BLB} = D_{BXC} \cdot N_{BLD} \dots\dots\dots (C6)$$

式中: D_{BXC} ——保险储备天数, d;

N_{BLD} ——平均每天备件需求量。

C7.4 修理费用计算

$$C_{XLO} = (C_{GDO} + t_{MR} + R_{XGO} \cdot C_{XGO}) \cdot N_{XLF} + (N_{BLZO} \cdot C_{BGD} \cdot R_Q) \dots\dots\dots (C7)$$

式中: C_{XLO} ——基层级年度修理费用, 元;

C_{GDO} ——基层级工时单价, 元;

t_{MR} ——对产品进行一次修理的平均工时数, h;

R_{XGO} ——基层级修理器材费用占产品购置单价的百分率;

C_{XGO} ——产品购置单价, 元;

N_{XLF} ——整个舰队产品的年度修理次数;

N_{BLZO} ——基层级备件补给量;

C_{BGD} ——备件购置单价, 元。

$$C_{XLI} = (C_{GDI} \cdot t_{MR} + R_{XQI} \cdot C_{XGD}) \cdot N_{XLF} + (N_{BLZI} \cdot C_{BGD} \cdot R_Q) \dots\dots\dots (C8)$$

式中: C_{XLI} ——中继级年度修理费用, 元;

C_{GDI} ——中继级工时单价, 元;

t_{MR} ——对产品进行一次修理的平均工时数, h;

R_{XQI} ——中继级修理器材费用占产品购置单价的百分率;

C_{XGD} ——产品购置单价, 元;

N_{XLF} ——整个舰队产品的年度修理次数;

N_{BLZI} ——中继级备件补给量;

C_{BGD} ——备件购置单价, 元。

$$C_{XLD} = (C_{GDD} \cdot t_{MR} + R_{XQD} \cdot C_{XGD}) \cdot N_{XLF} + (N_{BLZD} \cdot C_{BGD} \cdot R_Q) \dots\dots\dots (C9)$$

式中: C_{XLD} ——基地级年度修理费用, 元;

C_{GDD} ——基地级工时单价, 元;

R_{XQD} ——基地级修理器材费用占产品购置单价的百分率;

C_{XGD} ——产品购置单价, 元;

N_{XLF} ——整个舰队产品的年度修理次数;

N_{BLZD} ——基地级备件补给量;

C_{BGD} ——备件购置单价, 元。

C7.5 额外保障资源费用

额外保障资源费用为保障设备年度费用、年度训练费用及年度资料费用之和。

C7.5.1 保障设备年度费用计算

$$C_{BZO} = (C_{SYO} + C_{SGO} \cdot S_{CDO} + R_{XLO} \cdot C_{SGO} \cdot S_{CDO}) \cdot R_{FTO} \cdot R_Q \dots\dots\dots (C10)$$

式中: C_{BZO} ——基层级保障设备年度费用, 元;

C_{SYO} ——基层级保障设备研制费, 元;

C_{SGO} ——基层级保障设备采购费, 元;

S_{CDO} ——基层级场地数;

R_{XLO} ——基层级修理费用占保障设备采购费用的百分率;

R_{FTO} ——基层级保障设备分摊系数。

$$C_{BZI} = (C_{SYI} + C_{SGI} \cdot S_{CDI} + R_{XLI} \cdot C_{SGI} \cdot S_{CDI}) \cdot R_{FTI} \cdot R_Q \cdots \cdots (C11)$$

式中: C_{BZI} ——中继级保障设备年度费用, 元;

C_{SYI} ——中继级保障设备研制费, 元;

C_{SGI} ——中继级保障设备采购费, 元;

S_{CDI} ——中继级场地数;

R_{XLI} ——中继级修理费用占保障设备采购费用百分率;

R_{FTI} ——中继级保障设备分摊系数。

$$C_{BZO} = [C_{SYD} + C_{SGD} \cdot S_{CDD} + R_{XLD} \cdot C_{SGD} \cdot S_{CDD}] \cdot R_{FTD} \cdot R_Q \cdots \cdots (C12)$$

式中: C_{BZO} ——基地级保障设备年度费用, 元;

C_{SYD} ——基地级保障设备研制费, 元;

C_{SGD} ——基地级保障设备采购费, 元;

S_{CDD} ——基地级场地数;

R_{XLD} ——基地级修理费用占保障设备采购费用的百分率;

R_{FTD} ——基地级保障设备分摊系数。

C7.5.2 年度训练费用计算

下述公式对基层级、中继级和基地级均适用。

$$C_{XLF} = [(C_{XQY} + C_{XQG} + C_{XFS}) \cdot R_Q + N_{XYR} \cdot C_{XYR} + N_{JCS} \cdot C_{JCS}] \cdot R_{XLF} \cdots \cdots (C13)$$

式中: C_{XLF} ——年度训练费用, 元;

C_{XQY} ——训练器材研制费用, 元;

C_{XQG} ——训练器材采购费用, 元;

C_{XFS} ——训练辅助设施费用, 元;

N_{XYR} ——年度学员人数;

C_{XYR} ——每个学员费用, 元;

N_{JCS} ——年度教材数量;

C_{JCS} ——每套教材费用, 元;

R_{XLF} ——训练费用分摊系数。

C7.5.3 年度资料费用计算

$$C_{ZLO} = (C_{ZZO} + C_{ZGO} \cdot S_{CDO}) \cdot R_{ZLO} \cdot R_Q \cdots \cdots (C14)$$

式中: C_{ZLO} ——基层级年度资料费用, 元;

C_{ZZO} ——基层级资料制订费用, 元;

C_{ZGO} ——基层级资料采购费用, 元;

S_{CDO} ——基层级场地数;

R_{ZLO} ——基层级资料分摊系数。

$$C_{ZLI} = (C_{ZZI} + C_{ZGI} \cdot R_{CDI}) \cdot R_{ZLI} \cdot R_Q \dots\dots\dots (C15)$$

式中: C_{ZLI} ——中继级年度资料费用, 元;

C_{ZZI} ——中继级资料制订费用, 元;

C_{ZGI} ——中继级资料采购费用, 元;

S_{CDI} ——中继级场地数;

R_{ZLI} ——中继级资料分摊系数。

$$C_{ZLO} = (C_{ZZD} + C_{ZGD} \cdot S_{CDD}) \cdot R_{ZLO} \cdot R_Q \dots\dots\dots (C16)$$

式中: C_{ZLO} ——基地级年度资料费用, 元;

C_{ZZD} ——基地级资料制订费用, 元;

C_{ZGD} ——基地级资料采购费用, 元;

S_{CDD} ——基地级场地数;

R_{ZLO} ——基地级资料分摊系数。

C7.6 年度总费用计算

$$C_O = C_{XLO} + C_{EZO} \dots\dots\dots (C17)$$

式中: C_O ——基层级年度总费用, 元;

C_{XLO} ——基层级年度修理费用, 元;

C_{EZO} ——基层级年度额外保障资源费用, 元。

$$C_I = C_{XLI} + C_{EZI} \dots\dots\dots (C18)$$

式中: C_I ——中继级年度总费用, 元;

C_{XLI} ——中继级年度修理费用, 元;

C_{EZI} ——中继级年度额外保障资源费用, 元。

$$C_D = C_{XLD} + C_{EZD} \dots\dots\dots (C19)$$

式中: C_D ——基地级年度总费用, 元;

C_{XLD} ——基地级年度修理费用, 元;

C_{EZD} ——基地级年度额外保障资源费用, 元。

C7.7 报废分析

通过对修理产品在每一级别年度总费用的计算, 就可选择出年度总费用最低的备选方案。在最低费用备选方案条件下, 若单机修理费超过报废门限值, 则应建议对该产品作报废处理。单机修理费用按下式计算。

$$C_{DXO} = \frac{C_O}{N_{XLF}} \dots\dots\dots (C20)$$

式中: C_{DXO} ——基层级单机修理费, 元;

C_O ——基层级年度总费用, 元;

N_{XLF} ——整个舰队产品的年度修理次数。

$$C_{DXI} = \frac{C_I}{N_{XLF}} \dots\dots\dots (C21)$$

式中: C_{DXI} ——中继级单机修理费, 元;

C_I ——中继级年度总费用, 元;

N_{XLF} ——整个舰队产品的年度修理次数。

$$C_{DXD} = \frac{C_D}{N_{XLF}} \dots\dots\dots (C22)$$

式中: C_{DXD} ——基地级单机修理费, 元;

C_D ——基地级年度总费用, 元;

N_{XLF} ——整个舰队产品的年度修理次数。

报废门限值按下式计算:

$$C_{MXO} = C_{XGD} \cdot 1.00 \dots\dots\dots (C23)$$

式中: C_{XGD} ——产品购置单价, 元;

C_{MXO} ——基层级报废门限值, 元。

$$C_{MXI} = C_{XGD} \cdot 1.00 \dots\dots\dots (C24)$$

式中: C_{XGD} ——产品购置单价, 元;

C_{MXI} ——中继级报废门限值, 元。

$$C_{MXD} = C_{XGD} \cdot 0.75 \dots\dots\dots (C25)$$

式中: C_{XGD} ——产品购置单价, 元;

C_{MXD} ——基地级报废门限值, 元。

C7.8 敏感性分析

在进行修理级别分析之后应对各项输入参数进行敏感性分析, 并按其敏感度进行排序, 以确定各输入参数对修理方案总费用的影响。据此在进行权衡分析的基础上可针对性地影响设计和调整修理方案, 以获取更佳的修理方案。

附录 D
陆军装备修理级别分析方法
(补充件)

D1 范围

D1.1 主题内容

本附录提供了陆军装备修理级别分析的方法。

D1.2 适用范围

本附录适用于陆军装备的修理级别分析,其他装备亦可参照使用。待分析产品的层次和产品由订购方在合同中规定。

D2 陆军装备维修级别

陆军装备维修级别分三级。

D2.1 基层级

指旅、团修理分队和使用分队。

D2.2 中继级

指军或师修理厂、修理营和修理所。

D2.3 基地级

指总部、军区修理厂和地方工厂。

D3 备选修理方案

在对某一产品进行修理级别分析时,通常要考虑几种可行的备选修理方案。通过计算这几种方案的使用寿命期内费用,选择费用最低的方案。备选修理方案有:

- a. 基层级的修理;
- b. 中继级的修理;
- c. 基地级的修理;
- d. 报废(可在任一级别进行)。

D4 非经济性分析

非经济性分析的方法见附录 A。

D5 经济性分析

经济性分析的目的在于计算每个产品的每一备选修理方案的费用,通过比较选择费用最低的修理方案。

D6 修理级别分析过程

图 D1 给出了修理级别分析的流程图。

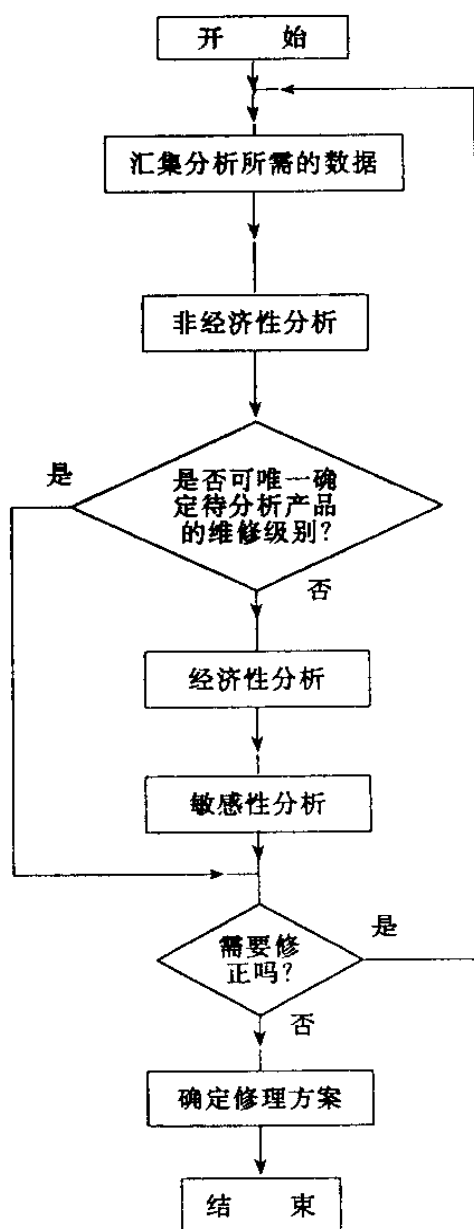


图 D1 修理级别分析流程图

D7 费用分类

进行修理级别分析时,仅考虑与每个维修级别选择相关的使用寿命期内的费用,即分析时仅包括那些直接影响维修级别决策的费用。对于每一待分析产品应考虑如下费用:

- a. 备件费用;
- b. 维修人力费用;
- c. 材料费用;
- d. 保障设备费用;
- e. 运输与包装费用;

f. 训练费用;

g. 设施费用;

h. 资料费用。

表 D1 给出了数据单元表。

D8 修理级别分析基本参数与公式

本节提供了陆军装备修理级别分析所使用的通用数学公式。

D8.1 产品年平均故障数 F_y

年平均故障数 F_y 是表征产品年修理量的一个基本参数。

$$F_y = \frac{N \cdot N_I \cdot t_Y}{t_{BF}} \dots\dots\dots (D1)$$

式中: t_{BF} ——产品的平均故障间隔时间, h;

t_Y ——产品年平均工作时间, h;

N_I ——装备中含有该产品的个数, 即单车(机)基数;

N ——所保障的装备数量。

D8.2 备件数 N_R

D8.2.1 初始备件消耗数 N_{MR}

初始备件是指为保证装备初始部署期间(一般为 1~2 年)消耗的备件。确定初始备件数的方法有多种, 下面仅给出两种供选择:

a. 理论公式计算

$$N_{MR} = \frac{N \cdot N_I \cdot t_P}{t_{BF}} \dots\dots\dots (D2)$$

式中: t_{BF} ——产品的平均故障间隔时间, h;

t_P ——初始备件所保证的使用时间, h;

N_I ——装备中含有该产品的个数, 即单车(机)基数;

N ——所保障的装备数量。

b. 泊松分布近似公式计算

对失效率服从指数分布的产品, 它的备件满足概率为一泊松过程。初始备件消耗量为:

$$N_{MR} = N \cdot (\lambda \cdot N_I \cdot t_P + U_P \cdot \sqrt{\lambda \cdot N_I \cdot t_P}) \dots\dots\dots (D3)$$

式中: t_P ——初始备件所保证的使用时间, h。

N_I ——装备中含有该产品的个数, 即单车(机)基数;

N ——所保障的装备数量。

λ ——产品的失效率;

U_P ——标准正态分布相应概率为 P 的上侧分位点, P 为不出现缺件的概率。

表 D1 数据单元表

序号	代码	数 据 单 元 名 称	单 位	来 源	备 注
1	C _F	某一级别设施的年维持费	元	订购方	三级不同
2	C _P	包装费用	元	承制方	
3	D	运输里程	km	承制方	
4	H _{Ri}	第 i 种维修人员的小时工资	元	承制方	
5	N	所保障的装备数量		订购方	
6	N _B	保障设备的种类总数		承制方	
7	N _{Bi}	报废时使用第 i 种保障设备的数量		承制方	
8	N _I	装备中含有该产品的个数(单车基数)		承制方	
9	N _L	维修人员的种类总数		承制方	
10	N _R	受训人数		承制方	
11	N _{Xi}	修理时使用第 i 种保障设备的数量	台	承制方	
12	N _Y	资料页数		承制方	
13	P _{Bi}	第 i 种保障设备的单价	元	承制方	
14	P _S	备件单价	元	承制方	
15	P _W	运价	元/千克·公里	订购方	
16	Q	年利率		订购方	
17	R _B	产品修理时保障设备对此产品利用率		承制方	
18	R _K	设施单位空间(场地)费用	元/平(立)方米	订购方	
19	R _P	备件管理费用占备件采购单价百分比		订购方	
20	R _{PC}	保障设备保障费用系数		订购方	
21	R _R	人员更换率		订购方	
22	R _T	每人培训每小时的费用	元	订购方	
23	R _X	修理材料费与故障产品采购单价之比		订购方	
24	R _Z	每页资料费用	元	承制方	
25	S _K	设施空间	m ² 、m ³	承制方	三级不同

续表 D1

序号	代码	数 据 单 元 名 称	单 位	来 源	备 注
26	T	装备使用寿命	a	订购方	
27	t_{BF}	产品平均故障间隔时间	h	承制方	
28	t_P	初始备件所保证的使用时间	h	订购方	三级不同
29	t_R	受训时间	h	承制方	
30	t_{SXi}	第 i 种维修人员完成报废的工时	人-小时	承制方	三级不同
31	t_{SXi}	第 i 种维修人员完成修理的工时	人-小时	承制方	三级不同
32	t_y	产品年平均工作时间	h	订购方	
33	U_F	设施利用率		承制方	三级不同
34	W	产品重量	kg	承制方	
35	λ	产品的失效率		承制方	
36	μ	修复产品数占故障总数的百分比		承制方	三级不同

D8.2.2 消耗备件数 N_{ZN}

所谓消耗备件是指装备正常使用期间所消耗的备件数,它与产品平均故障数有直接关系。

对于报废方案:

$$N_{ZN} = F_y \cdots \cdots (D4)$$

式中: F_y ——产品年平均故障数。

对于修理方案:

$$N_{ZN} = F_y \cdot (1 - \mu) \cdots \cdots (D5)$$

式中: F_y ——产品年平均故障数;

μ ——修复产品数占故障总数的百分比。

D8.3 现值折算率 R_Q

现值折算率 R_Q 体现了货币的时间价值,可由此式计算费用的现值。

$$R_Q = \frac{(1 + Q)^T - 1}{Q \cdot (1 + Q)^T} \cdots \cdots (D6)$$

式中: Q ——年利率;

T ——装备使用寿命, a。

此公式适用于在使用寿命 T 内每年年末所付款项相同情况下现时值的计算。

D9 费用计算公式

D9.1 备件费用 C_R

备件费用包括初始备件的费用、消耗备件的费用和备件的管理费用之和。

D9.1.1 备选报废方案的备件费用 C_{BR}

$$C_{BR} = (N_{MR} + F_Y \cdot R_Q) \cdot (1 + R_P) \cdot P_S \dots\dots\dots (D7)$$

式中: N_{MR} ——初始备件消耗数;

F_Y ——产品年平均故障数;

R_P ——备件管理费用占备件采购单价的百分比;

R_Q ——现值折算率;

P_S ——备件单价, 元。

D9.1.2 备选修理方案的费用 C_{XR}

$$C_{XR} = (N_{MR} + F_Y \cdot (1 - \mu) \cdot R_Q) \cdot (1 + R_P) \cdot P_S \dots\dots\dots (D8)$$

式中: N_{MR} ——初始备件消耗数;

F_Y ——产品年平均故障数;

μ ——修复产品数占故障总数的百分比;

R_P ——备件管理费用占备件采购单价的百分比;

R_Q ——现值折算率;

P_S ——备件单价, 元。

D9.2 维修人力费用 C_L

维修人力费用包括那些与维修活动有关的人员的费用, 用维修人员占用时间和小时工资计算。

D9.2.1 备选报废方案的人力费用 C_{BL}

$$C_{BL} = F_Y \cdot \sum_{i=1}^{N_L} t_{SBi} \cdot H_{Ri} \dots\dots\dots (D9)$$

式中: F_Y ——产品年平均故障数;

N_L ——维修人员的种类总数;

t_{SBi} ——第 i 种维修人员完成报废的工时, 人-小时;

H_{Ri} ——第 i 种维修人员的小时工资, 元/人-小时。

D9.2.2 备选修理方案的人力费用 C_{XL}

$$C_{XL} = F_Y \cdot \sum_{i=1}^{N_L} t_{SXi} \cdot H_{Ri} \dots\dots\dots (D10)$$

式中: F_Y ——产品年平均故障数;

N_L ——维修人员的种类总数;

t_{SXi} ——第 i 种维修人员完成修理的工时, 人-小时;

H_{Ri} ——第 i 种维修人员的小时工资, 元/人-小时。

D9.3 修理材料费 C_C

修理材料费用是指修理所需的零件和消耗品(如密封垫、螺栓、插头、导线、清洗用品及油

料、焊条)及水电能源等所支付的费用。这部分费用用材料费用占故障产品的采购费用之比(费用系数)来计算。

D9.3.1 备选报废方案的材料费用 C_{BC}

由于报废方案不需要替换件和消耗品,所以此项费用为零。

$$C_{BC} = 0 \cdots \cdots \cdots (D11)$$

D9.3.2 备选修理方案的材料费用 C_{XC}

$$C_{XC} = F_y \cdot \mu \cdot P_s \cdot R_Q \cdot P_x \cdots \cdots \cdots (D12)$$

式中: F_y ——产品年平均故障数;

μ ——修复产品数占故障总数的百分比;

P_s ——备件单价,元;

R_Q ——现值折算率;

R_x ——修理材料费与故障产品采购单价之比。

D9.4 保障设备费用 C_B

保障设备费用包括保障设备的采购费用及其保障费用两部分。

D9.4.1 备选报废方案的保障设备费用 C_{BB}

$$C_{BB} = \sum_{i=1}^{N_B} (N_{Bi} \cdot P_{Bi} \cdot R_B \cdot (1 + R_{PC} \cdot R_Q)) \cdots \cdots \cdots (D13)$$

式中: N_{Bi} ——报废时使用第 i 种保障设备的数量;

P_{Bi} ——第 i 种保障设备的单价,元;

R_B ——产品修理时保障设备对此产品的利用率,以百分比表示;

R_{PC} ——保障设备保障费用系数;

R_Q ——现值折算率;

N_B ——保障设备的种类总数。

D9.4.2 备选修理方案的保障设备费用 C_{XB}

$$C_{XB} = \sum_{i=1}^{N_B} (N_{Xi} \cdot P_{Bi} \cdot R_B \cdot (1 + R_{PC} \cdot R_Q)) \cdots \cdots \cdots (D14)$$

式中: N_{Xi} ——修理时使用第 i 种保障设备的数量;

P_{Bi} ——第 i 种保障设备的单价,元;

R_B ——产品修理时保障设备对此产品的利用率,以百分比表示;

R_{PC} ——保障设备保障费用系数;

R_Q ——现值折算率;

N_B ——保障设备的种类总数。

D9.5 运输与包装费用 C_Y

运输与包装费用是指将故障产品送到修理地点和在不同修理场所与供应场所间进行传送及包装所需费用。

D9.5.1 备选报废方案的费用 C_{BY}

$$C_{BY} = F_y \cdot (W \cdot P_w \cdot D + C_p) \cdot R_Q \quad \dots\dots\dots (D15)$$

式中: F_y ——产品年平均故障数;

R_Q ——现值折算率;

W ——产品质量, kg;

P_w ——每公里每千克的价格(运价), 元/千克·公里;

D ——运输里程, km;

C_p ——包装费用, 元。

D9.5.2 备选修理方案的费用 C_{SY}

$$C_{SY} = F_y \cdot ((C_p + W \cdot P_w \cdot D_1) \cdot 2) \quad \dots\dots\dots (D16)$$

式中: F_y ——产品年平均故障数;

W ——产品质量; kg;

P_w ——每公里每千克的价格(运价), 元/千克·公里;

D_1 ——从故障点到修理地点的里程, km;

C_p ——包装费用, 元。

D9.6 训练费用 C_T

训练费用是指培训修理人员所需的费用。备选报废方案和备选修理方案的训练费用计算公式相同。

$$C_T = N_R \cdot t_R \cdot R_T \cdot (1 + R_R \cdot R_Q) \quad \dots\dots\dots (D17)$$

式中: N_R ——受训人数;

t_R ——受训时间, h;

R_T ——每人培训每小时的费用, 元;

R_R ——人员更换率;

R_Q ——现值折算率。

D9.7 设施费用 C_S

设施费用是指占用设施的空间费用和设施的年维持费用。

$$C_S = S_K \cdot R_K + C_F \cdot U_F \cdot R_Q \quad \dots\dots\dots (D18)$$

式中: S_K ——占用设施的单位空间场地, m^2 、 m^3 ;

R_K ——占用设施单位空间场地的费用, 元/平方米、元/立方米;

C_F ——某一级别上设施的年维持费, 元;

R_Q ——现值折算率;

U_F ——设施利用率, 以百分比表示。

D9.8 资料费用 C_w

资料费用是指产品报废或修理时所需资料的费用, 以标准页数计。

$$C_w = N_Y \cdot R_Z \quad \dots\dots\dots (D19)$$

式中: N_y ——所需资料的页数;

R_z ——每页资料资料的费用, 元。

D10 备选修理方案的费用

将 D9 中的各项费用按备选报废或备选修理方案求和, 用于比较各项备选方案的费用, 找出费用最低的方案。

D10.1 备选报废方案的费用

$$C_B = C_{BR} + C_{BL} + C_{BB} + C_{BY} + C_T' + C_S + C_W \dots\dots\dots (D20)$$

式中: C_{BR} ——备选报废方案备件费用, 元;

C_{BL} ——备选报废方案人力费用, 元;

C_{BB} ——备选报废方案保障设备费用, 元;

C_{BY} ——备选报废方案运输与包装费用, 元;

C_T ——训练费用, 元;

C_S ——设施费用, 元;

C_W ——资料费用, 元。

D10.2 备选修理方案的费用

$$C_X = C_{XR} + C_{XL} + C_{XC} + C_{XB} + C_{XY} + C_T + C_S + C_W \dots\dots\dots (D21)$$

式中: C_{XB} ——备选修理方案备件费用, 元;

C_{XL} ——备选修理方案人力费用, 元;

C_{XC} ——备选修理方案材料费用, 元;

C_{XB} ——备选修理方案保障设备费用, 元;

C_{XY} ——备选修理方案运输与包装费用, 元;

C_T ——训练费用, 元;

C_S ——设施费用, 元;

C_W ——资料费用, 元。

D11 敏感性分析

在进行修理级别分析之后应对各项输入参数进行敏感性分析, 并按其敏感度进行排序, 以确定各输入参数对修理方案总费用的影响。据此在进行权衡分析的基础上可针对性地影响设计和调整修理方案, 以获取最佳的修理方案。

附录 E

应用指南

(参考件)

E1 范围

本附录为本标准选择与剪裁各项修理级别分析工作项目提供了指南(本附录供订购方和承制方使用)。

E2 一般应用指南

E2.1 修理级别分析过程

修理级别分析过程是装备寿命周期内反复进行的综合性评估过程。这个过程要综合设计、使用、性能、费用和保障等方面的特性,以便确定并细化该装备的维修与保障方案。

E2.2 协调与接口

修理级别分析工作的成效取决于各项工作的协调,修理级别分析的全部活动应与装备保障性分析及其他专业工程分析综合并协调。所有涉及到的部门和单位之间的协调工作应在修理级别分析工作计划中予以说明。对修理级别分析工作计划应予以评审,以保证输入与输出关系、职责范围及研制计划的正确实施,从而避免工作的重复、遗漏或进度延误。

E2.3 工作项目的选择与分析范围

修理级别分析工作项目选择的基本原则和分析的详细程度要按下列因素进行剪裁。分析工作的范围应剪裁得与装备的研制要求及所处的寿命周期阶段相适应。

E2.3.1 研制项目的类型

研制项目的类型能影响到修理级别分析工作的目标和工作量。例如:对于重大的改型,可能对已进行的一些修理级别分析需要应用新的方法或可能重新进行分析。较小的改型可能要集中在与装备改型部分有关的保障风险上和集中在通过保障性特性的改进使整个装备改进的可能性上。而在产品改进中,进行修理级别分析主要是为了确定产品改进如何影响该装备的维修要求。

E2.3.2 设计自由度的大小

设计自由度的大小在修理级别分析中是要考虑的关键因素,它与装备研制计划中所考虑各种因素有关,即:阶段划分、进度安排等。如果一项装备研制的设计与维修法规在确定之前是同时提出的,那么在形成最优的保障系统过程中,修理级别分析对其非常有利。在停产后的阶段内,进行修理级别分析以评估维修方案并确定通过更改维修方案可得到潜在的益处。

E2.3.3 资源的可用程度

修理级别分析的完成要有人员和资金方面的支持。如果资金短缺,则要对修理级别分析工作进行调整以弥补资金的不足,具体的调整内容由订购方和承制方协商确定。

E2.3.4 进度的约束

进度安排方面的约束。例如:要加快研制工作进程,会使用于完成对设计有影响的修理级别分析工作的时间减少。

E2.3.5 数据的可用程度

相似装备的经验与历史数据的可用及准确程度对于在装备研制的早期完成修理级别分析

是具有决定性的。如果以往的数据不可用,那么修理级别分析工作的效果要受到影响。

E2.3.6 装备的寿命周期阶段

修理级别分析的广度和深度应与新研装备所处的寿命周期阶段相适应。表 E1 按阶段标明了修理级别分析工作项目的适用性。该表仅用作一般性指导,应针对装备的具体情况作出调整。下列信息可用于确定在每个阶段中应进行的修理级别分析活动的工作量:

a. 论证阶段 在该阶段,对修理级别分析要有选择地实施并需进行剪裁。在本阶段有最有利的时机去确定各种备选方案、进行权衡并从保障性的角度对设计施加影响。由于各项工作刚开始,所以在这一阶段进行的修理级别分析的广度主要取决于数据的可用程度。该阶段的修理级别分析工作通常是工程研究、评估工作、历史数据及专家意见去确定初步的维修方案,并且只应分析各种基本方案。

b. 方案阶段 在该阶段,装备的战术技术指标已确定,可以通过权衡分析,研究备选的保障、设计和使用方案。在这一阶段实施修理级别分析是进行各种权衡和影响装备设计的一个有效的办法。如果在时间上给予保证并作了适当剪裁,则修理级别分析能有助于确立维修方案;有助于提出费用效益好的可靠性要求并将这些要求从产品的最高层次分配到更低的层次;也有助于确定出费用效益好的测试性要求。还可以通过进行修理级别分析确定那些显然应该设计成出现故障即报废而不进行修理的产品。

c. 工程研制阶段 在该阶段,对设计工作的影响限定在分系统内及以下层次的产品,以及诸如包装、测试性和可达性等细节上。保障系统要完整地予以确定。修理级别分析用来优化保障系统和确定出一个最好的维修方案。修理级别分析与详细工程设计分析相结合,可以验证模块级的维修级别或备选报废方案的经济性和工程上的可行性。通过机内测试还是自动测试设备间的权衡可使设计优化。这个阶段进行的修理级别分析是详细的,而且要同时考虑维修级别或备选报废方案的经济性因素与非经济性因素。

d. 生产与部署使用阶段 在该阶段,设计已固定,对设计进行权衡或进一步优化受到限制。如果出现了未预计到的需要对装备作出设计更改的情况,可能需要再进行修理级别分析。根据使用经验或对工程更改建议和产品改进计划所作的评估结果要调整修理级别分析决策时,也可能需要进行修理级别分析。

表 E1 修理级别分析工作项目的适用性和文件

工 作 项 目	阶 段 的 适 用 性				形成的文件	备 注
	论证 阶段	方案 阶段	工程研制 阶 段	生产与部署 阶 段		
101 规划和计划	G	G	G	C	修理级别分析 工作计划	
102 评 审	G(1)	G	G	G(1)	会议纪要 修理级别分析 工作计划	可用于任何评审工 作 仅用于工作项目 102.2.1

续表 E1

工 作 项 目	阶 段 的 适 用 性				形成的文件	备 注
	论证 阶段	方案 阶段	工程研制 阶 段	生产与部署 阶 段		
201 输入数据准备	S	G	G	C	修理级别分析 输入数据报告	当订购方进行评估 工作时需要
301 评估的实施与 报告制订	S	G	G	S	修理级别分析 报 告	如果合同中要求有 修理级别分析报告, 则修理级别分析输入 数据报告不再需要
401 分析结果的应 用	G	G	G	G		

符号定义:

S——有选择地采用。

G——一般适用。

C——一般只适用于设计更改。

(1)——对单独研制的设备可有选择地采用。

E2.3.7 以前作过的分析

以前进行过的分析工作可能影响工作项目的选择。这些作过的分析包括修理级别分析、装备保障性分析和其他相关的专业工程分析。为了准确和可靠,要对以前的工作加以评价。如果对写成文件的先前的工作结果认可,则仅需要对所作的分析进行修订,而不必重新进行分析。

E2.3.8 订购方的要求

订购方必须规定出要完成的修理级别分析工作项目和负责完成的单位。

E2.4 实施分析方式的选择

修理级别分析中的各工作项目可以用三种方式完成。第一种方式为承制方按合同负责整个修理级别分析工作,这包括输入数据汇编、评估实施和修理级别分析报告的准备。第二种方式为订购方和承制方共同工作。采用此方式时,承制方负责以修理级别分析输入数据报告的形式(工作项目 201.2.3)提供输入数据和分析结果,然后由订购方利用这些分析结果进行修理级别分析评估并编制修理级别分析报告。第三种方式为由订购方自己负责完成全部的分析工作。以上方式可由订购方和承制方协商后,在合同中规定。无论选用什么方式,都必须将相应的工作项目文件编制得能让其他单位用该工作项目的结果作为完成其修理级别分析工作项目的输入,或者作为以后工程阶段中的输入,使同一工作项目的分析进行得更为详细。当订购方完成一部分工作项目而其他工作项目由承制方完成时,必须制定双方进行数据交换的工作

程序,以确保文件内容的一致性。

E2.5 数据与资料的用途和要求

本标准中的各项修理级别分析工作项目得到的数据与提供的资料用于:对所完成的分析工作的前提条件及所作的影响装备保障性的决策提供核查、跟踪;为装备寿命周期内的后续分析工作项目的输入提供分析结果;为订购方制订有关文件提供输入;防止分析工作的重复;为将来新装备的研制提供有效的数据。

E2.5.1 交付资料的确认

需要交付给订购方的修理级别分析数据与资料要在合同资料要求清单和有关文件中予以规定。该清单明确了承制方按照合同应予提供的数据、信息和文件。

E2.5.2 资料费用的考虑

资料的采购范围必须划定,使之能以良好的费用效能满足使用需求。

E2.5.2.1 影响费用的因素

下列因素会影响资料的费用:

a. 准备和交付的时间安排。资料的提供或再订购应与设计和分析过程中完成和得到这类资料的时机相一致,这样在以后可不必另加经费再去重新编辑这类资料。为了采购到最完整的资料,资料的交付应延期到实际需要该资料的日期;

b. 具体的格式要求;

c. 需要的详尽程度;

d. 为获取资料所需的研究工作深度;

e. 要求验证的准确度和工作量;

f. 对资料的内容承担责任的期限;

g. 用以编制成套文件的原始资料的可用程度与准确程度。

E2.5.2.2 费用控制

资料文件费用可用下述方法控制:

a. 在准备合同文本之前筛选要求。对每一项资料的要求,都应就内容、格式、最终用途、交付进度及估计的费用进行评审,以避免重复要求并确保正确贯彻要求及合理的安排进度。

b. 在签订合同之前,请有关方面人员参加情况介绍会和规划会议。这样做可确保资料的要求符合实际并能最大限度地利用已有的资料。

E3 工作项目的详细指南

在研制的早期阶段,开始考虑装备的备选维修方案时,为了影响设计,修理级别分析的工作项目必须及时地完成,这包括要得到近期写成文件的修理级别分析工作项目的分析结果。其后,随着研制工作的进展,必须对修理级别分析工作项目及有关的分析结果予以修订,以反映所分析装备的当前状态。这种迭代的过程在装备的寿命周期内要不断地进行,并且要在完成修理级别分析工作期间落实到所有需实施的工作项目上。

E3.1 工作项目 100 系列 修理级别分析的规划与控制

E3.1.1 要点

a. 管理 管理工作主要包括:制定计划,该计划要确定出完成分析工作所需的全部必要

的活动;安排进度,要明确每一项活动的时间安排和每项活动的负责单位;制定工作程序,以确保按规定的时间得到正确的结果,从而能及时地作出决策;

b. 时间安排 为正确地安排修理级别分析活动的进度,必须要确保:所有需要的活动都能完成并且在需要时能得到所要的数据;只完成需要的活动并且只获取所需要的数据以防止浪费资源与时间;

c. 工作的实施 要使分析工作能正确地执行,就要不断地对工作进行监控,必须在问题发生时能予以确认,而且要确定解决问题的方法,以便将问题消除或减小到最低限度。要在修理级别分析工作与其它专业工程工作之间做好协调安排,以便明确彼此都关注的问题,最大限度地发挥工作项目的效益以及减少工作的重复。

E3.1.2 原则和计划(工作项目 101)

该工作项目是实施修理级别分析工作中最早进行的活动,也是有效地开展工作的第一步。虽然工作项目 101 适合于论证阶段,但在拟定包含有修理级别分析工作项目要求的招标书之前,该工作项目也是适用的。更有成效的工作和合理的安排进度,可确保修理级别分析工作得到完善地实施。所以,工作项目的进度安排和实施人员的组织必须与其他有关的专业工程分析及其执行单位相协调,以避免工作的重复。

E3.1.2.1 修理级别分析工作计划(工作项目 101.2.5)

a. 计划要点 修理级别分析工作计划是进行修理级别分析工作的基本依据。该计划应以文件形式说明哪些工作项目要完成、什么时间完成、由哪些单位负责完成以及如何对各工作项目的分析结果加以利用。该工作计划是一份单独的文件,但如果需要也可作为装备保障性分析计划的一部分。为响应招标书而提交的计划可以帮助订购方:评估承制方完成修理级别分析工作项目的方法;评估承制方对修理级别分析工作项目要求的理解程度及其完成工作项目的整个过程;评估完成修理级别分析工作的组织结构。为满足规定的目标,修理级别分析工作计划应与所分析的装备相适应。在拟定工作计划时,对时间和资源方面的约束条件必须加以考虑。当要求提交修理级别分析输入数据报告时,工作计划要明确地说明:应提供什么数据;何时提供这些数据;怎样提供这些数据(如影印件、磁盘等);待分析产品清单中的哪些产品数据应予提供;合同中规定的修理级别分析模型和按这种模型编排的数据。

b. 提交与批准 维修级别分析工作计划应由承制方作为招标书的回答而予以提出,并且经订购方认可后通常要成为工作说明的一个组成部分。当要求提交修理级别分析工作计划时,订购方应允许承制方提出招标书所列工作项目之外的附加工作项目或对工作项目的修改,但要有提出的理由,以表明会给整个工作带来益处。因此,修理级别分析工作计划应反映出当前装备研制工作的现状和预计要进行的各项活动。修理级别分析工作计划必须进行评审,经订购方认可后纳入合同中。

E3.1.3 评审(工作项目 102)

该工作项目为承制方和订购方提供了对修理级别分析工作的进展情况和按进度得出的阶段成果进行评审的机会。评审是订购方的一个重要的管理手段和技术工具,评审活动的计划安排和要求应在工作说明中予以规定。如果承制方与转承制方和订购方一起进行评审,则根据订购方的要求,应能得到这些评审会议的汇编成文的评审结果和纪要。

E3.1.3.1 协调会(工作项目 102.2.3)

评审应按合同中的规定定期地进行。最初的评审应作为一种详细的协调会议来安排,并且应在签订合同后尽快举行。协调会的目的是确立实施评审的工作程序、提供关于实施分析与数据要求的指导、说明在订购方与承制方之间进行数据交换的工作程序并判明存在的问题。后续的评审应按适当的时间间隔安排,以便对修理级别分析工作进行及时的管理和控制。

E3.1.3.2 评审的内容(工作项目 102.2.5)

评审的内容要随研制装备的类型、所处的寿命周期阶段和评审的方法而定。为了确保取得最大的效益,评审时应当列入一些核心内容,它应包括(但不局限于):

- a. 先前会议议定的各项活动的状况;
- b. 影响修理级别分析工作的合同修改问题及其它有关的问题;
- c. 修理级别分析的工作项目与进度情况;
- d. 修理级别分析的结果及建议的概要;
- e. 争论点、风险及下一步工作。

E3.2 工作项目 200 系列 数据的准备和管理

E3.2.1 输入数据准备(工作项目 201)

该工作项目确定了修理级别分析评估用的输入数据。可以从现有文件、类似的装备、历史数据库以及专家的知识等方面收集到有用的数据。当得不到有关数据时,则可用工程估算或计算得到的数值。然而,应注意确保数值的一致与可靠,并应使用最新的数据。与费用有关的数据单元必须用指定年度的不变价格的货币值表示,这样可以保证一致性和准确性。为了有效地进行修理级别分析工作,关键是要能利用类似装备的数据去预计所分析装备的修理方案。如果要预计设计参数,那么就必須首先确定出与所分析装备类似的当前在使用的装备。

E3.2.1.1 非经济性评估的因素(工作项目 201.2.1)

该工作项目所确定的是约束条件、硬性规定、特殊要求或其它制约维修方案或限定可用的备选保障方案的一些因素,这些因素用于实施修理级别分析的非经济性分析。影响维修方案的各种因素列于附录 A 表 A1 中,这些因素直接影响到所作出的修理决策,因而应与修理级别分析的经济性与敏感性分析结合起来考虑,以便确立出一个最优的维修方案。

E3.2.1.2 经济性评估的输入数据(工作项目 201.2.2)

该工作项目确定了列入附录 B 至 D 中的各数据单元的对应数值。所确定的这些数值是用来进行修理级别分析的经济性与敏感性评估的。从附录 B 到附录 D 中所列的各种计算方法就是用其计算结果去建立基准维修方案的。应按列入待分析产品清单中的产品去收集数据。

E3.2.1.3 修理级别分析输入数据报告(工作项目 201.2.3)

当进行工作项目 301 中所述的修理级别分析评估时,承制方应按列入待分析产品清单中的产品去收集修理级别分析输入数据并提供修理级别分析输入数据报告。

E3.3 工作项目 300 系列 评估

E3.3.1 要点

E3.3.1.1 迭代

属于本系列的工作项目都要按顺序反复地进行,而且适用于装备寿命周期的每个阶段。这样的过程要逐步进行到更低的约定层次并逐渐地详尽。

E3.3.1.2 时间安排

备选维修方案的提出与评估应该与设计和使用方案的拟定彼此协调一致,在寿命周期的早期,各备选维修方案只应确定到能分析它们的差异和能进行权衡的程度。只有在进行过权衡并将备选维修方案的范围缩小后,才能更详细地确定备选维修方案。

E3.3.2 评估的实施与报告的制订(工作项目 301)

如果在系统设计固定下来之前,进行修理级别分析时能考虑到费用、进度、性能和保障性,则可得到最大的效益。修理级别分析的工作量、范围及详细程度既取决于所处的寿命周期阶段,也取决于装备的复杂程度。随装备研制工作的进展和输入数据变得更为可靠,要逐步地对修理级别分析结果进行修正。

E3.3.2.1 修理级别分析的非经济性评估(工作项目 301.2.1)

该工作项目是利用工作项目 201.2.1 中确定的因素去决定受影响或制约的维修级别。本工作项目还要决定是否要对备选保障方案给以限制并说明施加约束或限制的理由。在附录 A 中给出了实施非经济性分析的方法。

E3.3.2.2 修理级别分析的经济性和敏感性评估(工作项目 301.2.2 与 301.2.3)

对所确定的备选保障方案进行经济性分析是为了确立费用效能最优的维修方案。可通过分析与设计、使用和保障资源等因素有关的各种备选保障方案作出评估。附录 B 到附录 D 中给出了用来进行修理级别分析的经济性与敏感性分析的各种方法。可用这些方法提出一个基准维修方案并用来进行敏感性分析。进行敏感性分析是为了评定对基准维修方案的影响,评定结果包括选定或否定备选方案的理由、前提条件及相关的风险,各结果都应编成文件以便用于后续的迭代分析。

E3.3.2.3 修理级别分析报告(工作项目 301.2.4)

对修理级别分析报告应定期地进行修订,以反映分析工作的现状。下面所列各项可用作提交修理级别分析报告的指导。所列内容应加以剪裁,使之适合所分析的具体装备的特定目标与要求。

- a. 在方案阶段,要在 GJB 1371 工作项目 401 完成之前再提交一份修理级别分析报告;
- b. 在方案阶段,要在批准《研制任务书》之前再提交一份修理级别分析报告;
- c. 在工程研制阶段,要在故障模式、影响及危害性分析结果作了修订之后编制出一份修理级别分析报告;
- d. 在工程研制阶段,要在拟定备件供应清单初稿之前再编制出一份修理级别分析报告;
- e. 最后的修理级别分析报告要在最终的故障模式、影响及危害性分析结果作了修订之后,但要在承制方提交正式备件供应清单之前编制出来。

E3.4 工作项目 400 系列 应用

E3.4.1 分析结果的应用(工作项目 401)

该工作项目规定了执行工作项目 301 时得出的各种分析评估的结果应如何利用。根据这些分析结果,即可得出一个最优的维修方案。这些分析结果应与其它专业工程的分析结果相

协调。在寿命周期的早期,修理级别分析结果能用来对设计施加影响并且用以帮助拟定出维修方案。修理级别分析结果还用于修正装备保障性分析有关成果。这样结果还应用来提出进一步分析的建议和修订以前得出的修理级别分析结果。当对现役装备进行修理级别分析时,其分析结果可用来评定现行维修方案并提出关于如何改进的建议。

附加说明:

本标准由空军提出。

本标准由空军第一研究所、总参装甲兵工程学院、海军工程学院、海军舰船修理部、总参机械工程学院、总参 61 所、北京航空航天大学负责起草。

本标准主要起草人:孟繁跃、陈 新、宋太亮、朱晓军、余 晖。

计划项目代号:2KJ08。