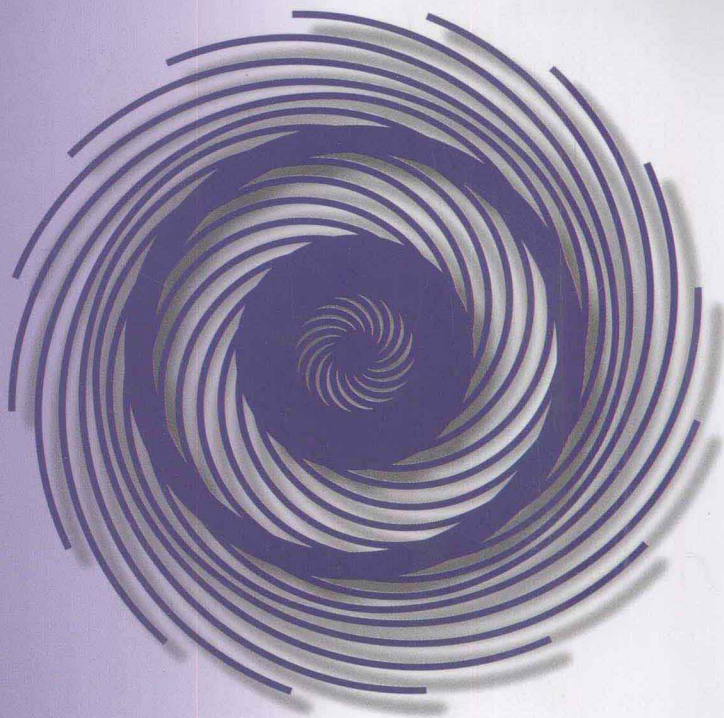


章文晋 郭霖瀚 主编



高等学校研究生教材

装备保障性分析技术



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

高等学校研究生教材

装备保障性分析技术

章文晋 郭霖瀚 主编

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书全面跟踪国内外保障性分析技术的发展,系统总结了在装备设计过程中应用保障性分析技术的经验,以装备设计的系统工程过程为主线,选取目前工程上常用的保障性分析技术,重点阐述各分析技术的应用流程。全书共分10章,内容涉及保障性分析技术的地位与作用及保障性分析流程、故障模式及影响分析(FMEA)、损坏模式及影响分析(DMEA)、修复性维修工作项目确定分析、以可靠性为中心的维修分析(RCMA)、使用与维修工作分析(O&MTA)、修理级别分析(LORA)、保障资源设计要求分析、保障费用分析(LSCA)和保障性分析评估。在编写过程中,结合我校多年研究生教育的教学实践经验,以大量案例解析复杂的理论,增强了本书的先进性、实用性和可读性。

本书既可作为高等院校相关专业本科生和研究生的教材,也可作为指导工程技术人员开展保障性分析的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

装备保障性分析技术 / 章文晋, 郭霖瀚主编. -- 北京: 北京航空航天大学出版社, 2012. 9
ISBN 978-7-5124-0833-3

I. ①装… II. ①章… ②郭… III. ①武器装备—后勤保障 IV. ①E144

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 121022 号

版权所有,侵权必究。

装备保障性分析技术

章文晋 郭霖瀚 主编

责任编辑 宋淑娟

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱: bhpess@263.net 邮购电话:(010)82316936

北京市媛明印刷厂印装 各地书店经销

*

开本: 787×1 092 1/16 印张: 16 字数: 410 千字

2012 年 9 月第 1 版 2012 年 9 月第 1 次印刷 印数: 2 000 册

ISBN 978-7-5124-0833-3 定价: 39.00 元

若本书有倒页、脱页、缺页等印装质量问题,请与本社发行部联系调换。联系电话:(010)82317024

前 言

装备在使用过程中必须有与之相匹配的保障系统才能确保装备设计功能的正常发挥。要想做到二者匹配,在装备研制阶段就必须考虑装备保障问题,同步研制装备及其保障系统,使装备保障既能影响装备设计,又能根据装备设计提出正确的保障资源设计要求。保障性分析正是将装备的任务要求根据装备的设计特性转换为装备保障要求的有效分析方法,是联系装备设计与保障系统设计的桥梁和纽带,是装备设计系统工程过程的一个重要组成部分。

随着我国装备制造业的蓬勃发展,目前在装备设计过程中开展保障性分析工作的需求日益迫切,具备条件的装备设计单位已经开展了相关工作,具有保障性分析技能的人才数量与涌现出的庞大的工程需求之间的矛盾日益突出,为了进一步提高国内各类装备设计单位后备人员在开展装备保障性分析工作中的理论水平、规范性和熟练程度,迫切需要对即将从事型号设计工作的工程系统工程类学生开设一门保障性分析技术课程,使其在走上工作岗位之前能够受到系统化的专业培训,加强其理论修养,提高解决实际保障性分析问题的能力。

本书在明晰装备综合保障工程基本概念的前提下,全面跟踪国内外保障性分析技术的发展,系统总结了近年来在国内装备设计过程中应用保障性分析技术的经验,以装备设计的系统工程过程为主线,选取了目前工程上常用的若干保障性分析技术,重点阐述了各分析技术的应用流程,并佐以丰富的工程应用案例,以满足工程系统工程专业本科生和研究生的培养需要,同时也为装备设计人员有效开展保障性分析工作提供一定的参考。

本书共分 10 章,第 1 章绪论,主要阐述保障性分析技术在综合保障工程中的地位和作用,概括性地介绍主要的保障性分析技术。在此基础上,第 2 章阐述故障模式及影响分析(FMEA),第 3 章为损坏模式及影响分析(DMEA),第 4 章为修复性维修工作项目确定分析,第 5 章为以可靠性为中心的维修分析(RCMA),第 6 章为使用与维修工作分析(O&MTA),第 7 章为修理级别分析(LORA),第 8 章为保障资源设计要求分析,第 9 章为保障费用分析(LSCA),第 10 章为保障性分析评估。

本书由章文晋、郭霖瀚主编,章文晋主要负责编写第 1,4,5,6,7,8 章,郭霖瀚主要负责编写第 2,3,9,10 章。全书由康锐主审。

本书吸收了国内外的有关文献和技术资料,尤其是北京航空航天大学可靠性

与系统工程学院多年来的研究成果,得到康锐教授、石荣德教授和吕川教授的大力支持和帮助,同时感谢肖波平副教授、马麟副教授、王乃超博士的大力协助。此外还要感谢学院的研究生,尤其是杨德真、付永涛、邱燕琳、孙萍、鹿轩、李新伟、龚盈盈、蓝楠,他们作为作者的助手做了大量基础性和辅助性的工作,在此一并表示衷心感谢。

本书可供高等院校本科生和研究生学习使用,也可供工程技术人员学习与参考。鉴于编者水平有限,对于书中的错误和疏漏之处,恳请读者谅解和指正。

编 者
2011 年 10 月

目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 基本概念	1
1.1.1 保障性	1
1.1.2 保障资源	2
1.1.3 保障系统及保障方案	4
1.1.4 综合保障工程	8
1.2 保障性分析	11
1.2.1 保障性分析的主要内容	11
1.2.2 保障性分析技术之间的关系	16
1.3 保障性分析的国内外相关技术标准	17
1.3.1 国外标准	17
1.3.2 国内标准	19
习 题	21
第 2 章 故障模式及影响分析(FMEA)	22
2.1 概 述	22
2.1.1 FMEA 的目的和作用	22
2.1.2 FMEA 的基本原理	22
2.2 FMEA 方法	23
2.2.1 FMEA 的步骤及实施	23
2.2.2 输出 FMEA 报告	33
2.2.3 FMEA 的要点	34
2.3 FMEA 的应用案例	35
习 题	40
第 3 章 损坏模式及影响分析(DMEA)	41
3.1 概 述	41
3.1.1 DMEA 的目的和作用	41
3.1.2 DMEA 的相关概念	42
3.2 DMEA 方法	44
3.2.1 DMEA 的步骤及实施	44
3.2.2 输出 DMEA 报告	48
3.2.3 DMEA 的要点	49
3.3 DMEA 的应用案例	50
3.3.1 案例 1: 某型飞机燃油系统的 DMEA	50

3.3.2 案例 2: 某型飞机发动机系统的 DMEA	51
习 题	54
第 4 章 修复性维修工作项目确定分析	55
4.1 概 述	55
4.1.1 目的和作用	55
4.1.2 基本原理	55
4.2 修复性维修工作项目确定分析的方法	55
4.2.1 步骤及实施	56
4.2.2 输出报告	57
4.2.3 分析要点	61
4.3 应用案例	61
4.3.1 案例 1: 升降舵操纵分系统修复性维修工作项目确定分析	61
4.3.2 案例 2: 发动机系统修复性维修工作项目确定分析	63
习 题	68
第 5 章 以可靠性为中心的维修分析(RCMA)	69
5.1 概 述	69
5.1.1 RCMA 的目的	69
5.1.2 RCMA 的基本原理	69
5.1.3 RCMA 的范围	74
5.2 RCMA 方法	74
5.2.1 系统和设备 RCMA 方法	74
5.2.2 结构 RCMA 方法	91
5.2.3 区域 RCMA 方法	108
5.2.4 补充的 RCMA 工作	112
5.2.5 RCMA 工作项目的确定	113
5.2.6 输出 RCMA 报告	116
5.2.7 RCMA 的要点	116
5.3 RCMA 的应用案例	118
5.3.1 案例 1: 系统和设备 RCMA	118
5.3.2 案例 2: 结构 RCMA	123
5.3.3 案例 3: 区域 RCMA	127
习 题	129
第 6 章 使用与维修工作分析(O&MTA)	130
6.1 概 述	130
6.1.1 O&MTA 的目的	130
6.1.2 O&MTA 的基本原理	130

6.2 O&MTA 方法	131
6.2.1 O&MTA 的步骤及实施	131
6.2.2 输出 O&MTA 报告	140
6.2.3 O&MTA 的要点	144
6.3 O&MTA 的应用案例	146
6.3.1 案例 1: 某型飞机使用工作分析	146
6.3.2 案例 2: 某型船舶操纵系统维修工作分析	147
6.3.3 案例 3: 某型信号发生仪维修工作分析	154
习 题	158
第 7 章 修理级别分析(LORA)	159
7.1 概 述	159
7.1.1 LORA 的目的和作用	159
7.1.2 LORA 的相关概念	159
7.2 LORA 方法	162
7.2.1 LORA 的步骤及实施	162
7.2.2 输出 LORA 报告	168
7.2.3 LORA 的要点	169
7.3 LORA 的应用案例	170
7.3.1 案例 1: 某型飞机无线电高度表的 LORA	170
7.3.2 案例 2: 某型舰减速设备的 LORA	171
7.3.3 案例 3: 某型军用飞机控制组件的 LORA	173
习 题	175
第 8 章 保障资源设计要求分析	176
8.1 保障人员、专业和技术水平要求	176
8.1.1 确定人员数量、技术专业和技术等级要求	176
8.1.2 人员来源与补充	179
8.2 供应保障要求的确定	179
8.2.1 供应保障工作的主要内容	180
8.2.2 确定备件品种和数量	181
8.2.3 备件库存控制	183
8.3 保障设备研制要求的确定	186
8.3.1 保障设备的分类	186
8.3.2 保障设备的研制过程	186
8.3.3 保障设备的保障	189
8.4 技术资料编制要求的确定	189
8.4.1 技术资料的种类	190
8.4.2 技术资料的编写要求	192

8.4.3 技术资料的编制过程	193
8.5 训练和训练保障要求的确定	193
8.5.1 训练阶段与训练类型	193
8.5.2 确定训练要求	195
8.5.3 研制训练器材的要求	196
8.6 计算机资源要求的确定	197
8.6.1 对嵌入式计算机保障资源的要求	197
8.6.2 计算机软件的保障工作	197
8.7 保障设施要求的确定	199
8.7.1 保障设施的类型	199
8.7.2 确定设施要求	200
8.7.3 设施规划与设施的设计原则	202
8.8 包装、装卸、储存、运输要求的确定	202
8.8.1 包装、装卸、储存和运输计划的制定原则和要求	202
8.8.2 确定包装要求	204
8.8.3 确定装卸要求	205
8.8.4 确定储存要求	205
8.8.5 确定运输要求和运输方式	205
8.9 建立保障系统和提供保障资源应注意的问题	206
8.9.1 保障资源的提供	206
8.9.2 保障系统的建立	207
习 题	209
第9章 保障费用分析 (LSCA)	210
9.1 概 述	210
9.1.1 保障费用的定义及内涵	210
9.1.2 保障费用分析的目的和作用	211
9.1.3 保障费用参数	211
9.1.4 保障费用影响因素分析	212
9.2 保障费用分析方法	213
9.2.1 保障费用分解结构的建立	213
9.2.2 估算费用分解结构中的费用	214
9.2.3 年度保障费用修正	217
9.2.4 绘制服役期保障费用剖面	219
9.2.5 高保障费用影响因素分析	219
9.3 保障费用分析算例	221
习 题	224

第 10 章 保障性分析评估	225
10.1 概 述.....	225
10.1.1 保障性分析评估的目的.....	225
10.1.2 保障性分析评估方法分类.....	225
10.2 保障性分析评估指标.....	225
10.2.1 战备完好性参数.....	226
10.2.2 任务持续性参数.....	226
10.2.3 保障系统特性参数.....	227
10.3 保障性仿真评估.....	227
10.3.1 概 述.....	227
10.3.2 保障性仿真模型.....	228
10.3.3 输出参数计算与分析方法.....	231
10.3.4 输出参数敏感性分析.....	233
10.4 保障性仿真评估案例.....	234
10.4.1 保障性仿真建模输入数据.....	235
10.4.2 仿真结果和分析.....	241
习 题.....	242
参考文献	243

第1章 绪论

1.1 基本概念

1.1.1 保障性

保障性是一种重要的武器装备质量特性。如果在装备研制过程中没有很好地考虑保障性的设计,那么装备的保障性水平就不能满足使用要求,装备的使用效能将受到直接影响,战斗力也将受到制约。正是根据多年来在装备使用过程中积累的经验,渐渐形成了“保障性”这一概念。现在保障性已经发展成为一项装备研制的关键设计特性。

保障性(supportability)是装备的设计特性和计划的保障资源能够满足平时战备和战时使用要求的能力。

保障性概念中“装备的设计特性”指与装备保障有关的设计特性,与装备的可靠性、维修性、测试性、安全性和生存性等一样,是由设计赋予装备的固有属性。这些设计特性需要设计人员充分考虑装备具有便于使用保障和维修保障的特征,如便于对装备进行充填加挂、便于对装备进行修复性维修和预防性维修。通过对这些特性进行设计来满足装备的保障要求。

保障性概念中“计划的保障资源”指装备使用与维修保障中所需要的人、物、信息等资源,由这些资源构成的保障系统与装备相互匹配,以保证装备投入使用后,为了达到规定的使用要求,而能及时获得所需的设施、设备、备件、器材、工具、人力和技术资料等,使装备能够得到及时的保障。

保障性概念中“平时战备和战时使用要求”指由装备的作战或训练任务经过转化得到的装备使用要求,主要包括装备动用数量、装备动用周期以及装备使用频度等信息。装备满足平时战备和战时使用要求的能力通常用战备完好性和任务持续性来度量。

保障性是现代装备设计所考虑的一个综合的系统特性,是装备的设计特性及其保障资源组合在一起的装备系统的属性。装备的保障性水平高说明装备不仅具有便于保障的设计特性,而且还能够得到有效保障资源及时的保障。保障性在装备研制过程中是与性能、费用和进度同等重要的参数。

在装备研制过程中若要提高装备保障性设计水平,首先需要明确装备的保障性设计要求,并在装备设计过程中不断细化分解装备的保障性设计要求,而要完成这些工作则须借助保障性分析。通过具体的保障性分析技术,以装备的其他固有设计特性和外部使用环境条件为输入,将装备的使用任务要求转化为装备的保障要求,并进一步将装备的保障要求转化为装备的保障资源设计要求。

1.1.2 保障资源

保障资源是装备使用和进行装备维修等保障工作的物质基础。保障资源包括物资资源(如保障设备、设施、备件等)、人力资源(如使用保障人员与维修保障人员)和信息资源(如技术手册与计算机软件等)。通过信息资源将物资资源和人力资源与装备有机地结合起来。装备使用与维修保障所需的资源通常是不同的,这两方面的资源一般不通用,但研制的基本过程是相似的。

按照使用惯例通常将保障资源划分为 8 个方面,即人力与人员、供应品、保障设备、技术资料、训练保障资源、计算机保障资源、保障设施,以及包装、装卸、储存和运输资源。

1. 人力与人员

人力与人员是维护装备的主体,装备投入使用后,需要一定数量、专业和技术等级的人员从事装备的使用保障和维修保障工作。

如对于飞机装备,维修人员的专业通常划分为:外场维修专业(机械、军械、特设、通导、火控、飞控 6 个专业)和内场定检专业(机械、军械、特设、通导、火控、自控、座椅、电抗、附件、修理 10 个专业)。维修人员的技术等级包括专业负责人、专业军官、专业士官和专业士兵。

2. 供应品

供应品主要包括备件和消耗品。备件用于在装备维修时更换有故障的或到寿的零部件。消耗品是在进行装备保障时消耗掉的材料,如油料、标准件和涂料等。

通过保障性分析进行供应品规划,以确定装备备件及消耗品的采购、分类、接收、储存、转运、配发以及报废处理等要求所需要的全部管理活动、规程、方法与技术。它包括初始供应保障、后续供应保障以及停产后的供应保障。

3. 保障设备与工具

保障设备与工具是装备使用和维修时所需的全部设备(移动的、固定的、临时的设备)和工具。保障设备与工具包括搬运设备、拆装设备、维修设备/工具、计量与校准设备、试验设备、测试及监测故障诊断设备和修理工艺设备等,还包括保障设备自身的保障设备,如清洗油车的清洗设备。

以飞机装备为例,地面保障设备通常分为如下 4 大类:专用地面维护设备、技术维护工具、地面检测设备、通用地面维护设备。

专用地面维护设备通常分为:牵引和系留设备、起重设备、梯架、拆装设备、系统维护设备、特种系统维护设备、停放维护设备、维护用具和检测设备等。

技术维护工具通常分为:飞机技术维护工具、机械专业技术维护工具、军械专业技术维护工具、氧气专业技术维护工具、仪表专业技术维护工具、无线电专业技术维护工具、电气专业技术维护工具、飞机/发动机定检工具、军械定检工具、航空设备定检工具、无线电设备定检工具和救生系统定检工具等。

地面检测设备通常分为:移动式地面检测设备、飞机/发动机维护地面检测设备、航空军械维护地面检测设备、无线电电子设备维护地面检测设备、航空设备维护地面检测设备。

通用地面维护设备通常分为：充电设备、加油设备、充制气设备、油液分析设备、无损探伤设备等。

4. 技术资料

技术资料主要包括工程图样、技术规范、技术手册、技术报告、规程、细则、说明书和计算机软件文档等。这一切都是用于主装备、保障设备、训练器材、运输与搬运设备以及各种设施等的使用及维护说明。

以飞机装备为例,技术资料主要分为4部分。第1部分为编号文件,是关于飞机、发动机、机载设备、地面设备和检测仪器的出厂履历本或合格证。第2部分为标准(校准)资料,是关于飞机各系统的技术说明与维修工艺方面的使用维护技术资料。第3部分为配套产品文件,是关于机载成品附件的技术使用手册,包括发动机、飞机各系统、航空军械、无线电设备、航空设备方面的机载成品附件的技术说明、使用手册、电路图册与航空弹药资料汇编等。第4部分为地面保障设备与检测仪器的技术说明与使用技术资料。

5. 训练保障资源

训练保障资源主要包括装备使用维护的培训大纲及教材、训练器材和训练设备。

通过保障性分析来规划训练大纲的编制要求,以及训练器材和训练设备的研制要求。这些保障资源通常是针对单兵和集体训练、新装备训练、初始训练和在职训练。

6. 计算机保障资源

计算机保障资源主要侧重在与软件相关的保障资源,主要包括嵌入式软件测试设备、软件设计文档和专用测试软件等。

7. 保障设施

保障设施是使用与保障装备和设备所需的永久性与半永久性的构筑物及其设备,如维修车间、训练场地及仓库、码头、船坞等。

通过保障性分析主要提出保障设施的设计要求,主要包括对设施类型、设施设计与改进、选址、空间大小、环境及设备等方面的要求。

8. 包装、装卸、储存和运输资源

包装、装卸、储存和运输资源是装备及其供应品和保障设备在包装、装卸、储存和运输时所需的资源。

通过保障性分析主要考虑在储存运输周期和储存运输环境条件下提出装备的包装、装卸、储存和运输资源的设计要求以及相关作业程序及要求。

在装备研制过程中,装备保障资源设计要求的提出离不开保障性分析。通过保障性分析可以确定的保障资源设计要求主要包括保障资源的功能要求、保障资源的配置数量要求、保障资源的使用条件及注意事项等。

1.1.3 保障系统及保障方案

1. 保障系统

(1) 保障系统的组成

保障系统是使用与维修装备所需的所有保障资源及其管理的有机组合。其中保障资源是1.1.2小节提到的保障装备所需的人力、供应品、设备和工具、技术资料、训练资源、设施、嵌入式计算机所需的软件保障资源以及包装、装卸、储存和运输资源等。如果只有保障资源,则还不能直接形成保障能力,而只有通过保障活动,才能将分散的各种资源有机地组合起来,相互配合形成具有一定功能的系统,充分发挥每种资源的作用。

保障系统的功能是维持装备的正常使用,保障系统既要在装备使用时能够保证装备操作动用,又要在装备故障时能够及时修复装备。为了实现保障系统的功能,需要在相应的保障组织开展相应的保障活动,这些活动在执行时需要使用或消耗一定的保障资源,将相应的保障资源部署到保障组织中,才能保证保障系统功能的正常执行。

由保障系统的定义可知,保障系统由实体部分和非实体部分有机结合而成,这说明保障系统若要正常执行其设计功能,除了需要实体的保障资源外,还需要非实体的保障组织。可以将保障系统从功能、资源和组织三维要素角度进行展开,如图1-1所示。

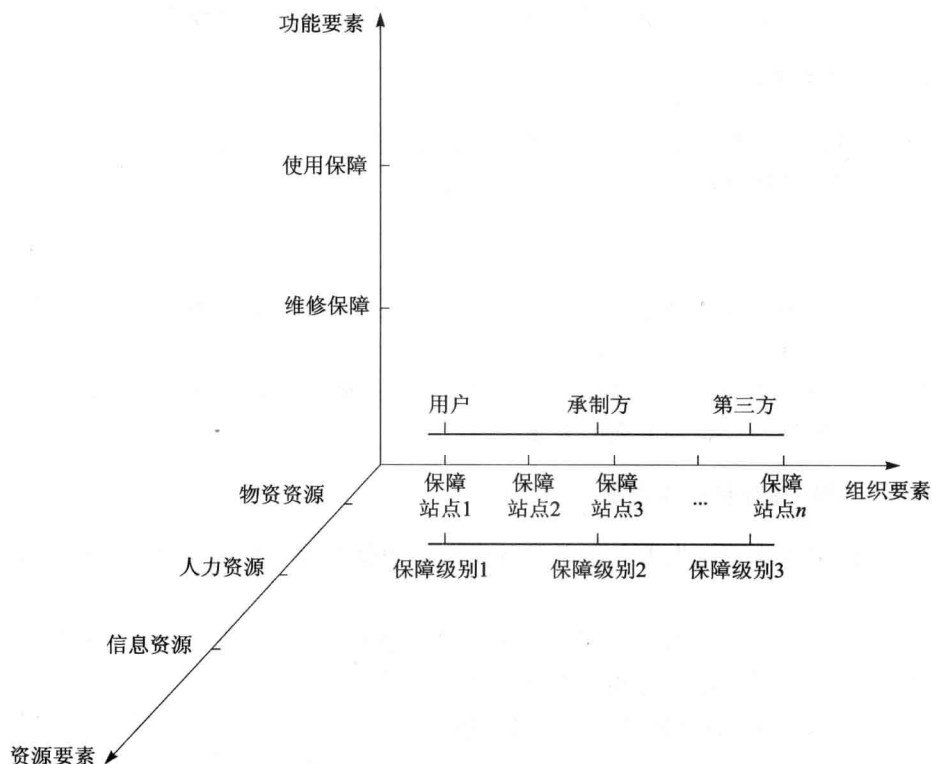


图 1-1 保障系统的三维要素

1) 功能要素

功能要素指保障系统需要完成的功能,具体包括:

(a) 使用保障功能

即在装备储存、运输和使用时,保障系统能够提供相应的保障功能,以保证装备随时可用。

(b) 维修保障功能

即在装备故障时,保障系统能够为故障装备提供维修功能,以恢复其完好的技术状态;或者为了预防装备出现故障而提供维修功能,以保持装备完好的技术状态。

保障系统的最主要功能是使用与维修保障功能。为了确保实现使用与维修保障功能,保障系统需要完成相关的预备工作,即实现各类保障资源的就绪。这些预备工作包括:为使人员具备相应技术等级的训练工作,为储备一定数量供应品的供应筹措工作,为保证供应品及时供应的包装、装卸和运输工作等。

2) 资源要素

资源要素是进行装备使用 and 维修等保障工作的物质基础。保障资源要素如 1.1.2 小节所述,可以分为 8 种,但从其性质来看,可分为物资资源、人力资源和信息资源 3 大类。

(a) 物资资源

物资资源包括备件/消耗品、设备/工具、设施、计算机保障资源,以及包装、装卸和运输资源。

(b) 人力资源

人力资源包括使用与维修装备的技术人员、训练人员、管理人员和供应保障人员等。

(c) 信息资源

信息资源主要指技术资料类和软件类资源。

3) 组织要素

组织要素指平时和战时装备保障机构的设置。保障组织由保障站点组成,保障站点是完成保障活动的场所。站点内包含执行若干保障业务的部门,也称为子站点,如军用飞机基层级的某站点由维修车间、使用外场、备件仓库、工具房、设备间、七股八连(航材股、油料股、军械股、导弹中队、四站一连等)等部门构成。因此,保障组织要素指保障站点及子站点。

按照责任主体划分,保障组织要素中的保障站点可以分为用户、承制方和第三方。不同的责任主体承担着保障组织要素的不同角色。每个责任主体通常要负责多个站点的保障工作。

参照目前通常采用的维修机构的级别划分,保障组织要素中的站点又可分为两级或三级,如常见的三级保障组织结构是基层级、中继级和基地级。

(a) 基层级

基层级保障组织由装备的使用操作人员和装备所属单位的维修人员组成,他们进行使用和维修保障工作,并只限定完成较短时间且简单的保障工作。

(b) 中继级

中继级保障组织有较高的维修能力,有数量较多和能力较强的维修人员及保障设备,承担一些基层级所不能完成的维修任务。

(c) 基地级

基地级保障组织具有更高的修理能力,承担装备大修和大部件的修理、备件制造和中继级

所不能完成的保障工作。

同一级保障级别上可以设有多个保障站点。

保障组织可以用保障站点间的保障关系,以及保障站点内部的业务关系来描述。构成保障组织的各级保障站点所具有的使用与维修能力是实现特定保障功能的前提,保障站点间的相互联系及保障策略决定着保障工作项目是否能够及时开始。对于保障系统来说,外场的保障功能直接作用于装备,即保障系统在外场为装备的使用提供使用保障,为装备的故障单元进行更换或原位维修,为重要功能产品进行预防性维修保障。可以说,直接影响装备任务的是在外场所实现的保障功能。

(2) 保障系统的设计

保障系统通常采用自顶向下的方法进行设计,且保障系统的设计与装备的设计并行开展。在独立研制的基础上采用面向专业领域的分析方法,在分析设计过程中不断协作,而不是等到进行最终系统综合和试验时再面对大量的不兼容、设计修改和资源浪费问题。

保障系统的设计通常分为方案设计、初步设计、详细设计研制、生产及建造、部署及使用和退役几个过程。在保障系统设计的每一个过程中,其主要的设计工作本质上都是围绕分析、综合与评价的迭代过程展开的,只是每个过程的综合、分析与评价的对象和层次都不同。保障系统的设计过程是实现保障系统的组织结构、保障资源以及保障活动达到较优匹配的一系列分析、综合与评价的方法集合。

分析是针对保障系统的顶层设计要求,依照保障系统内部各要素之间的逻辑关系,自顶向下对保障系统各个层次的功能进行分解的方法。通过保障系统分析能够得到表征保障系统各个层次功能的一系列设计参数。

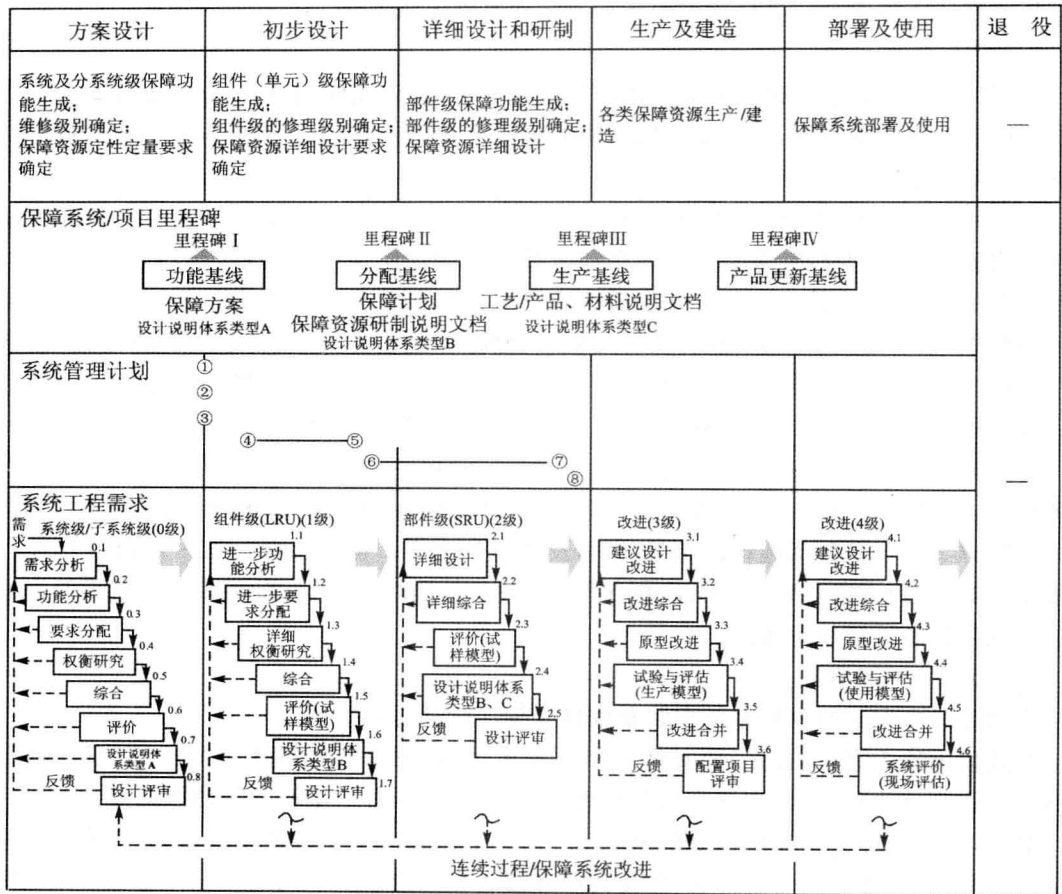
综合是把已知要素放在一起,根据模型、知识和技术手段,根据保障系统各个层次的功能要求来确定保障系统的备选设计方案。

评价是对保障系统备选方案能够满足设计要求的程度给出定性或定量结果的过程。

通过保障系统分析得到下层设计的要求,通过保障系统综合确定保障系统的综合性能,通过保障系统评价给出综合性能满足设计要求的符合程度。保障系统的评价最终将影响保障系统的分析和综合,这又是一个自下而上的过程,形成了保障系统迭代的设计过程。这个设计过程称为保障系统分析的系统工程过程,如图 1-2 所示。

系统工程的主要目标是从最开始就确保所有系统要素(和所有相关的活动)都能够及时协调和综合。通过预先制定的规范和结构化的设计方法,随着系统功能的分解过程可同步实现设计目标。由于研制过程的保障方案是在各设计阶段对保障系统的描述,所以该研制过程也称为保障方案生成的系统工程过程。保障系统分析的系统工程过程中所包含的信息有两个主要来源:一是源于相似系统或基准系统;二是在没有相似系统的情况下依据系统工程过程原理逐步细化分解出来的信息。

由前述可知,保障系统的构成要素通常包括功能要素、组织要素和资源要素,因此保障系统的设计也是从保障系统的功能、组织和资源三个角度展开的。在研制过程的不同阶段,在转换阶段之前,冻结版本状态的保障系统设计说明及其设计规范形成了保障系统的研制基线,方案设计完成形成了保障系统的功能基线,初步设计完成形成了保障系统的分配基线,详细设计完成形成了保障系统的生产基线。基线使复杂保障系统的设计有了统一的尺度和标准。



注: ① 系统工程管理;
② 试验和评价计划;
③ 概要设计评审(系统要求评审);
④, ⑤: 系统设计评审;
⑥, ⑦: 设备/软件设计评审;
⑧: 关键设计评审。

图 1-2 保障系统分析的系统工程过程

保障系统在各阶段不断细化的设计过程与保障对象^①不断细化的设计过程是相互影响的。在方案设计阶段,保障系统的功能主要是针对系统及分系统级的保障对象,保障组织的主要设计工作是确定修理级别,保障资源设计的主要工作是确定资源的种类划分及宏观设计要求。在初步设计阶段,保障系统的功能主要是针对组件(LRU)级的保障对象,保障组织的主要设计工作是确定各组件的修理级别,保障资源的设计工作是确定保障资源的详细设计要求。在详细设计阶段,保障系统的功能主要是针对部件(SRU)级的保障对象,保障组织的主要设计工作是确定各部件的修理级别,保障资源的设计工作是完成保障资源的详细设计。

2. 保障方案

保障系统完整的总体描述称为保障方案。保障方案满足装备的保障要求并与装备设计方案及使用任务相协调,是对构成保障系统三维要素及其相互关系的完整说明,是保障系统的信

① 保障对象是装备保障系统行为的作用实体,可以是各个硬件分解结构层次的装备(部件)。