

“十五”国家重点图书

保障性工程

Supportability Engineering

徐宗昌 编著

兵器工业出版社

“十五”国家重点图书

保障性工程

徐宗昌 编著

SUPPORTABILITY ENGINEERING

兵器工业出版社

2002·北京

内 容 简 介

本书是一部系统、全面地介绍装备保障性工程的基本理论与工程方法的专著，它是在总结我国保障性工程的理论研究成果和工程实践经验，以及国内外最新的理论与方法的基础上编著而成的。全书共分六章，内容涉及保障性工程的基本概念及其相关的专业工程基础、保障性分析、保障性设计研制及生产控制、保障性评估和保障性工程管理等。

本书可作为军事部门和国防工业部门从事装备论证、设计、研制、生产、订购、监造与使用保障的工程技术人员和管理人员指导工作的参考书；也可以作为高等院校相关专业的教师、研究生、本科生使用的教材或参考书。

图书在版编目(CIP)数据

保障性工程 / 徐宗昌编著. —北京：兵器工业出版社，

2002.8

ISBN 7-80172-077-6

I. 保… II. 徐… III. 武器装备—后勤保障—中国 IV. E237

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 069365 号

出版发行：兵器工业出版社
责任编辑：杨建华 调宣季·赵成森
责任技编：魏丽华
社 址：100089 北京市海澱区车道沟 10 号
经 销：各地新华书店
印 刷：兵器工业出版社印刷厂
版 次：2002 年 8 月第 1 版第 1 次印刷
印 数：1—1750

封面设计：底晓娟
责任校对：王 锋 全 静
责任印制：王京华
开 本：787×1092 1/16
印 张：32.125
字 数：786.24 千字
定 价：68.00 元

(版权所有 翻印必究 印装有误 负责调换)

谨以此书献给
为我国国防现代化
而奋斗的人们。

徐宗昌

2002年2月

序

随着现代科学技术的飞速发展,装备迅速地向信息化、智能化、精良化发展,大型、复杂、精良的装备不断地涌现,其远程攻击能力大大地增强,打击精度空前地提高,杀伤力成倍地增长,使得在高技术条件下作战效能的发挥更加依赖于装备的保障性和精确、敏捷、高效的技术保障。因此,如何从设计、研制、制造、运行、维修、报废及管理等诸多方面提高装备保障性,成为发展现代装备的关键,必然引起世界各国军事部门的普遍关注。

装备的保障性工程是20世纪80年代以后,继可靠性、维修性等共性技术之后发展起来的新兴学科。随着人们对现代战争和装备发展规律认识的不断深化,认识到装备技术保障能力是装备保持持续作战能力的重要基础,保障性是构成装备系统效能的关键因素之后,有的学者就将装备性能分成两大部分:一是作战特性,即通常所说的战术技术性能;二是保障性,即保障性。这样,保障性就包括了可靠性与维修性等要素。

《保障性工程》一书,从大保障性的角度出发进行研究,形成了一种新的学术思想,成了一种新的理论体系。该书据此对保障性工程的基本概念、保障性工程技术基础、保障性分析、保障性设计研制及生产控制、保障性评估,以及保障性工程管理等进行了较为全面系统的阐述。

作者在《保障性工程》一书中,以保障性工程的目标为出发点、以系统理论为基础,认真地总结我国装备建设发展过程中成功的工程实践经验和现有的先进技术成果,积极地吸取当代国际上最新的系统工程(SE)、并行工程(CE)、产品与过程综合研制(IPPD)、全寿命信息管理(CALS)等理论和方法,创造性地从工程技术和系统方法层面上,全面、系统、深入地研究了在装备研制、生产与使用维修过程中有关保障性工程的各种问题。特别是运用综合集成的理论,建立了适合于我国实际的保障性工程的理论结构框架,进行了卓有成效的探索。本书是作者长期从事保障性工程的研究成果和教学经验的结晶,对该领域的研究具有开拓意义。

本书结构严谨、思路新颖、可读性和实用性强,是一部学术水平高、内容有创见的专著。它既可为从事装备论证、研制、生产、监造与使用保障等工程实践的工程技术人员和管理人员提供指导,也可以作为院校教师、本科生、研究生的好教材或参考书。本书的出版有利于促进我国武器系统与运用工程学科的建设与发展,满足了加速武器装备发展和解决高技术条件下局部战争提高装备系统保障性和技术保障能力的需要,为我国的国防现代化作出贡献。

中国工程院院士



2002年3月2日

前 言

装备系统保障性是在寿命周期费用约束下,从可靠性、维修性等决定主装备需保障及易保障的设计特性和保障资源的充足及适用程度,这两个方面描述装备保障需求和保障能力的一个重要的综合性设计特性。如何以较少的保障资源消耗保证装备随时执行作战任务,并在作战过程中持续地发挥其作战效能,乃是对现代军事装备最基本的要求。为了能达到这一要求,必须通过设计和制造赋予装备系统良好的保障性,并在使用过程中得以维持。保障性工程就是研究提高装备系统保障性的系统工程。它是20世纪80年代以来,继可靠性工程及维修性工程之后,发展起来的一门独立的学科。科学技术的高度发展及其军事上的广泛应用,大型、精良和复杂的装备不断地涌现,使得装备系统保障性和部队的技术保障能力成为决定现代高技术战争胜负的一个重要因素。因此,发展保障性工程,提高我军装备的保障性,增强装备的技术保障能力,是打赢高技术条件下局部战争的迫切需要。编著本书的目的正是为了满足这种需要。

保障性工程是运用系统思想解决现代装备保障问题的一门正在发展的新兴学科。在国外,20世纪60年代中期美国国防部最早提出综合后勤保障(ILS)策略措施,其后80年代定义了保障性和发表了大量有关保障性工程的论文及论著,90年代中期以后又提出“采办后勤”的策略,这些为保障性工程的发展奠定了基础。我国于20世纪80年代后期开始研究保障性工程,90年代初发布第一个国军标GJB 1371《装备保障性分析》以后,保障性工程的研究与应用得到了迅速发展,并取得了可喜的成果。随着现代科学技术的飞速发展,不仅保障性工程的相关技术与方法不断地发展,而且保障性工程的管理手段与方法也不断地改进。当前最流行的解决保障性工程的管理科学方法是组成多功能的产品综合工作组(IPT),在装备研制的最初阶段对装备及其相关过程,包括制造和保障过程,进行综合和并行设计。这是运用系统综合集成的思想,将并行工程原理溶入系统工程管理和产品与过程综合研制(IPPD)的做法。这种方法与利用现代信息技术的“持续采办与寿命周期保障”(CALS)的策略相结合,正愈来愈显示出巨大的优越性。可以预见,保障性工程一定会随着科学技术的进一步发展而向前发展,但是,其最核心的理论与方法是不会变的。本书就是阐述保障性工程与管理的最基本的理论和方法。

本书根据系统理论,认真地总结了我国装备发展建设的工程实践经验,积极地吸收国内相关研究成果和国外最新的理论与方法,建立了适合于我国实际的保障性工程的理论结构框架。在此基础上,系统、全面地论述了在装备研制、生产与使用过程中,各项保障性工程的工程技术和活动。全书分为六章:第一章绪论,在介绍装备的保障、综合技术保障、保障性和保障性分析的概念的基础上,阐述了保障性工程的定义、目标、基本内容,以及寿命周期各阶段保障性工程的任务;第二章保障性工程基础,主要介绍了可靠性、维修性、测试

性、人素工程、安全性等与保障性相关的专业工程，以及可用性、效能与寿命周期费用、系统工程等基础知识；第三章保障性分析，主要阐述保障性分析作为一种系统分析方法的一般分析程序、GJB 1371《装备保障性分析》的工作项目，以及与保障性分析相关的辅助分析，包括可靠性与维修性预计，故障树分析（FTA），故障模式、影响及危害性分析（FMECA），以可靠性为中心的维修分析（RCMA），修理级别分析（LORA），使用与维修工作分析（OAMTA），生存性分析（SA）和寿命周期费用分析（LCCA）等；第四章保障性设计研制和生产控制，在论述保障性设计研制过程及其控制的概念基础上，分别介绍制定保障性要求、制定与优化保障系统方案、功能分析与保障性指标要求分配、保障性特性设计、保障资源设计，以及装备生产过程控制；第五章保障性评估，主要介绍保障性评估的概念、内容和方法及保障性试验、保障性评价；第六章保障性工程管理，主要论述保障性工程接口、保障性工程管理的方法、保障性工程的组织机构和专业人员配备、保障性工程的规划与控制、保障性工程的风险管理、保障性信息管理等。为便于在装备的研制、生产及技术保障中的工程应用，本书配有例题。

装甲兵工程学院梁永生院长非常关心和支持本书的编著工作，中国工程院院士、中国设备管理协会副会长、总装维修工程技术专业组组长徐滨士教授对本书的编著与出版给予了悉心的指导。海军工程大学罗云教授、空军工程大学陈学楚教授、北京航空航天大学章国栋教授、空军雷达学院叶安健教授、海军航空工程学院李启明教授、装甲兵工程学院刘世参教授审阅了本书，并提出了许多宝贵的修改意见和建议。本书在编写过程中还得到了黄益嘉、杨宏伟、单志伟、王铁宁、董运刚、谢刚以及刘义乐等同志的热情支持与帮助，在此深表感谢。

由于本人水平所限，本书错误与不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

徐宗昌

2002年2月于装甲兵工程学院

目 录

第一章 绪论	1
第一节 装备的保障与综合技术保障	1
一、装备系统和装备保障	1
二、装备保障问题的严重性	3
三、装备综合技术保障	5
第二节 保障性与保障性分析	10
一、保障性的概念	10
二、保障性分析	13
第三节 保障性工程概述	17
一、保障性工程的基本概念	17
二、保障性工程的目标与基本内容	19
三、寿命周期各阶段保障性工程的任务	22
四、保障性工程的特点	26
第二章 保障性工程基础	27
第一节 可靠性基础	27
一、可靠性的基本概念	27
二、产品的故障规律	34
三、可靠性的主要参数	36
四、常用的寿命分布	37
五、系统可靠性	44
第二节 维修性与可用性基础	51
一、维修性基本概念	51
二、常用的维修时间统计分布	54
三、维修性的主要参数	59
四、系统维修时间计算模型	61
五、可用性	65
第三节 测试性基础	70
一、测试和测试性的基本概念	70
二、测试性的主要参数	73
第四节 人素工程基础	75
一、人素工程的基本概念	75

二、装备人素工程设计的一般要求	77
三、装备研制中人素工程的主要工作	80
第五节 安全性基础	81
一、安全性的基本概念	81
二、装备系统安全性设计的要求	83
三、装备系统安全措施的优先次序要求	84
四、危险分析	84
第六节 效能与寿命周期费用基础	87
一、效能	87
二、寿命周期费用	94
第七节 系统工程基础	108
一、系统的概念与原理	108
二、装备系统工程过程	112
三、技术状态管理	116
四、装备系统工程的其它工作	118
第三章 保障性分析	120
第一节 保障性分析方法和 GJB 1371《装备保障性分析》	120
一、保障性分析方法	120
二、GJB 1371《装备保障性分析》介绍	128
三、保障性分析记录	133
第二节 可靠性、维修性与可用性预计	136
一、可靠性预计	136
二、维修性预计	140
三、可用性预计	145
第三节 故障树分析	146
一、故障树分析的概述	146
二、故障树的建立	147
三、故障树的定性分析	150
四、故障树的定量计算	153
五、重要度分析	155
六、故障树法的评价	157
第四节 故障模式影响及危害性分析	158
一、概述	158
二、故障模式影响及危害性分析的基本内容	159
三、故障模式影响及危害性分析的实施	162
四、故障模式影响及危害性分析在保障性工程中的作用	164
第五节 以可靠性为中心的维修分析	165
一、以可靠性为中心的维修分析的基本理论与概念	165

二、以可靠性为中心的维修分析方法	171
三、以可靠性为中心的维修分析应用示例	190
第六节 修理级别分析	197
一、修理级别分析的基本概念	197
二、修理级别分析方法	199
三、修理级别分析模型	202
四、修理级别分析方法在保障性分析中的应用	206
第七节 使用与维修工作分析	206
一、使用与维修工作分析的基本概念	206
二、使用与维修工作分析方法	208
三、使用与维修工作分析举例	212
第八节 生存性分析	215
一、生存性与战伤修理的概念	215
二、生存性分析的方法	218
第九节 寿命周期费用分析	224
一、寿命周期费用分析概述	224
二、寿命周期费用分析应用举例	226
第四章 保障性设计研制和生产控制	230
第一节 保障性设计研制过程及其控制	230
一、保障性设计研制过程	230
二、保障性设计研制过程控制	237
第二节 制定保障性要求	244
一、装备系统的保障性要求	244
二、保障性要求的制定过程	249
三、保障性要求实例	255
第三节 制定与优化保障系统方案	257
一、与保障系统有关的概念	257
二、制定与优化保障系统方案的分析过程	262
三、制定与优化保障系统方案的主要分析	265
第四节 功能分析与保障性指标要求分配	270
一、功能分析	270
二、保障性指标要求分配	275
第五节 保障性特性设计	290
一、可靠性设计	290
二、维修性设计	297
三、测试性设计	301
四、人素工程设计	308
第六节 保障资源设计	314

一、确定保障资源要求	314
二、对人力与人员的设计	319
三、器材保障设计	322
四、保障设备的规划设计	330
五、技术资料的编制	332
六、训练和训练器材的规划设计	333
七、计算机资源保障设计	335
八、保障设施的规划设计	338
九、包装、装卸、储存和运输资源的规划设计	340
第七节 装备生产过程控制	342
一、装备生产性与生产要求	342
二、工业工程与运行分析	347
三、生产管理	351
四、质量控制	355
五、技术状态更改控制	358
第五章 保障性评估	360
第一节 保障性评估概述	360
一、保障性评估	360
二、保障性试验与评价	363
第二节 保障性试验	368
一、可靠性试验	368
二、维修性试验	383
三、测试性验证试验	394
四、保障验证试验	399
五、人素工程试验	401
六、技术资料的审查和验收	401
七、装备系统综合试验	401
第三节 保障性评价	402
一、保障性评价的作用与基本过程	402
二、保障性综合参数指标的评价	404
三、评价装备保障包和综合技术保障要素	407
第六章 保障性工程管理	411
第一节 保障性工程的接口	411
一、保障性工程接口的概念与分类	411
二、综合技术保障要素之间的接口	412
三、工程学科之间的接口	412
四、承制方内部的接口	415
五、承制方与订购方及供应方的接口	417

第二节 保障性工程管理的方法.....	418
一、系统工程管理	418
二、并行工程	426
第三节 保障性工程的组织机构和专业人员的配备.....	432
一、保障性工程组织机构	432
二、承制方与供应方综合技术保障的组织结构形式.....	435
三、产品综合工作组的组织方法	438
四、保障性工程专业人员的配备	442
第四节 保障性工程的规划与控制.....	443
一、保障性工程的规划	443
二、保障性工程的控制	457
三、装备由生产向作战使用转移的控制	462
第五节 保障性工程的风险管理.....	465
一、风险和风险管理的概念	465
二、保障性工程的风险与控制	467
三、保障性风险管理	471
第六节 保障性信息管理.....	475
一、保障性信息管理概述	475
二、全寿命信息管理	477
三、保障性信息系统	485
附录	
附表 1 相关系数检验表	492
附表 2 F 分布临界值表	493
附表 3 t 分布临界值 (单侧) 表	496
参考文献.....	497

第一章 绪 论

随着现代科学技术的飞速发展，武器装备迅速地走向电子化、数字化、智能化、精良化，大型复杂精良的装备不断地涌现，使得在高技术条件下装备作战效能的发挥更加依赖于装备的保障性与技术保障能力，因此，如何从设计、研制、制造及管理提高装备保障性成为各国军事部门普遍关注的问题。保障性工程是在这种情况下产生与发展起来的。

本章在介绍装备的保障、综合技术保障、保障性和保障性分析的概念的基础上，阐述了保障性工程的定义、目标、基本内容以及寿命周期各阶段保障性工程的任务。本章还论述了保障性与综合技术保障的关系、与可靠性维修性的关系，以及综合技术保障与技术保障的关系。

第一节 装备的保障与综合技术保障

一、装备系统和装备保障

(一) 装备系统的概念

我们研究的对象是用于作战的军事技术装备或武器装备。装备构成一个系统，叫武器系统或装备系统。装备系统（materiel system）由主装备与保障系统构成。装备系统定义为：装备及其保障系统，包括使用与维修人员在内所构成的能执行规定任务的一个完整的有机组合体。其中直接执行任务的装备硬件与软件部分称为主装备，保障主装备的部分称为保障系统。装备系统的构成示意图如图 1-1 所示。

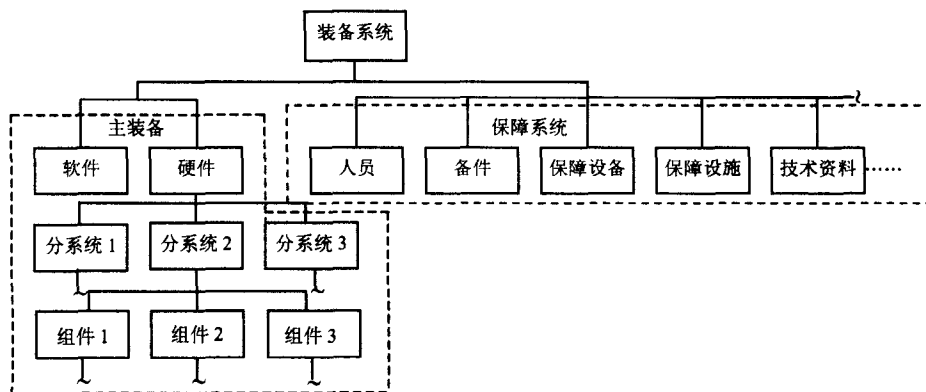


图 1-1 装备系统构成示意图

主装备按功能与结构可划分为若干层次,如分系统(subsystem)、机组(set)、单机(group)、单元(unit)、组件(assembly)、分组件(subassembly)、元(零)件(part)等。划分的层次多少,主要取决于装备的复杂程度。一般来说,装备愈复杂,划分的层次愈多。保障系统(support system)的功能是为主装备正常的运行提供有效的保障。保障系统定义为:装备的寿命周期内,用于使用与维修装备的所有保障资源的有机组合。保障资源是指使装备系统满足战备完好性与持续作战能力的要求所需的全部物资与人员。保障系统一般由使用与维修人员、备件、保障设备、保障设施、技术资料等保障资源组成。为了保证能对主装备提供经济、高效的保障,主装备与保障系统必须具有良好的匹配关系。这种匹配关系要在装备系统的设计、研制过程中建立。装备的保障系统是建立技术保障体系的基础。

(二) 装备的保障

良好的装备要求具有能随时执行作战任务和在执行期间能持续地执行其作战任务的能力。要使装备能在平时的战备训练和战时执行作战任务中保持其设计的功能并持续地发挥其作战效能,就必须由它的保障系统提供有效的保障。装备的保障任务是保障主装备的正常使用(运行),因此,装备的保障实质是使用保障。对于大多数装备来说,装备保障的主体是装备的维修工作,除维修外,还有其它的一些保障勤务工作。

1. 维修

维修(maintenance)是装备在储存和使用(服役)过程中,为保持、恢复或改善装备的规定状态所进行的全部技术与管理工作。按照维修活动的目的与时机,可以划分为:

(1) 预防性维修

预防性维修(preventive maintenance)是在故障发生前预先对装备所进行的维修活动,其目的是消除可能的故障隐患,保持装备处于规定状态。它包括:调整、润滑与保养、定期检查和定期更换等。对于其故障后果危及安全、任务成功或导致较大经济损失的装备或装备部分,预防性维修有明显的效果。装备失效或出现故障是有规律可循的,通过“以可靠性为中心的维修分析(reliability centered maintenance analysis, RCMA)”和逻辑决断的方法,制订预防性维修大纲(见第三章第五节),可以使预防性维修的安排更加科学、经济和更加有计划性。因此,预防性维修也叫计划维修。

(2) 修复性维修

修复性维修(corrective maintenance)是故障发生后对装备所进行的维修活动,其目的是排除已出现的故障,恢复装备到规定状态,所以也叫排除故障或故障维修。修复性维修通常包括:故障定位、故障隔离、分解、更换零部件、再组装、调校及检测,以及修复损坏件等活动。

(3) 战场抢修

战场抢修(battlefield damage assessment and repair, BDAR)是装备在战斗中遭受损伤或发生故障后,在评估损伤的基础上,采用快速诊断与应急修复技术所进行的修理活动,其目的是尽快修复战斗损伤部位或排除故障使装备恢复到所要求的状态。这个要求的状态是指根据实际需要与可能恢复装备全部功能或部分必要的作战功能,如装甲车辆恢复行驶或射击功能、飞机恢复到能返回我方阵地的功能。战场抢修实质是修复性维修,因此,有的专著^[6]将其归入修复性维修。由于战场抢修是在恶劣的战斗环境下、时间十分紧迫、战损部位与故

障部位有明显的区别, 以及修理的技术标准、器材供应、维修人员等条件都与平时的修理有较大的不同, 所以, 本书将其另归一类。

2. 其它保障勤务

其它保障勤务是指装备维修之外, 装备使用分队为保障装备正常运行, 即作战使用的保障勤务工作。这些保障勤务的内容, 对于不同的装备, 有较大的差别, 通常包括: 使用(战斗)前的准备如检查与测试、补充弹药、加注燃料、充电与充气、挂弹, 使用后保养、校正, 再出动准备, 运输, 安全防护与舱内卫生保健, 以及转移阵地时的撤收与展开等。

有的军、兵种如空军的飞机维修大纲, 将上述的其它保障勤务归入装备的维修工作。另外, 有的专著^{[6][14]}将装备保障分为维修保障与使用保障, 其中使用保障是指上述其它保障勤务。作者认为所有的装备保障工作都是为了保障装备的使用, 统称为使用保障, 并将装备维修之外属于使用分队的装备勤务工作归入其它保障勤务。

二、装备保障问题的严重性

二次大战以来, 科学技术日新月异地发展, 特别是晶体管、集成电路的出现, 推动着以计算机技术、通信技术与网络技术为主要标志的现代信息技术的发展。在激烈的军备竞争中, 各国都首先将最新的科技成果用于军事与发展武器装备。这样, 随着科学技术的发展, 各国武器装备向电子化、数字化、精良化、智能化发展, 大型复杂精良的装备不断地涌现, 一方面装备作战性能的迅速提高使现代战争变得空前激烈、残酷, 致使装备的战损率迅速地增大; 另一方面, 装备作战效能的发挥更加依赖于装备保障性与技术保障能力。装备的保障问题日益严重, 成为制约装备发展的瓶颈问题, 并愈来愈引起世界各国军事部门的关注。由装备技术复杂程度的增大而引起装备保障问题的严重性, 主要表现在以下几个方面:

1. 寿命周期费用显著增长

随着装备的技术复杂程度的增大, 首当其冲的是采购费大幅度上升, 武器装备采购费用的增长情况见表 1-1, 美军战斗机和坦克价格增长情况见表 1-2、1-3。更严重的是装备使用与保障费用尤为急剧地增涨, 已占到寿命周期费用的 60%, 甚至 80%。例如, 美国空军装备的采购费用与使用保障费用之比, 1962 年为 6:4, 1968 年为 5:5, 1977 年为 4:6。典型武器装备的寿命周期费用分配见表 1-4。从 50 年代中期开始, 美国国防部平均每天用于武器装备维修的费用高达 2600 万美元, 每年 90 亿美元, 占国防总预算的 25%。20 世纪 90 年代初美国国防部声称, 虽然在过去的 30 年内军费预算基本保持不变(以不变的美元计), 但此期间, 使用与保障费用却每年以大于 3% 的速率增长(以不变的美元计), 而这一时期军费预算在国民生产总值中所占比例在不断下降。因此, 由技术复杂程度的增大而引起的采购费用和使用与保障费用的增长, 使装备寿命周期费用(LCC)显著增长, 成为不堪重负的国防负担。

表 1-1 武器装备采购费的增长(单位: 方美元)

装备种类	1940~1945 年	1972 年	增长倍数
歼击机	5.3	1200.0	226
轰炸机	21.8	3000.0	136
潜 艇	470.0	17500.0	37
航空母舰	5500.0	9000.0	16
坦 克	7.0	90.0	13

表 1-2 美军坦克采购费增长情况

型 号	时 间	价 格/万美元
M3	20 世纪 40 年代	12.5
M48	20 世纪 50 年代	17.5
M60	20 世纪 60 年代	20.0
M60A2	20 世纪 70 年代	50.0
M1	20 世纪 80 年代初期	150.0
M1A	20 世纪 80 年代末期	200.0
M1A2	20 世纪 90 年代	440.0

表 1-3 美军飞机采购费增长情况

型 号	时 间	价格/万美元
F-86	20 世纪 40 年代末期	40
F-100	20 世纪 50 年代中期	110
F-104	20 世纪 50 年代后期	160
F-4	20 世纪 60 年代初期	350
F-15	20 世纪 70 年代中期	1300
F-16	20 世纪 80 年代后期	2000
F-18E / F	本世纪初	3600
F-22	本世纪初	7100

我军装备的寿命周期费用，随装备技术复杂程度的增大而显著增长的情况同样地十分严重。近年来，装备的研制费用、采购费用以及使用与保障费用都成倍地增加。据不完全统计，我军装备的使用与保障费用已占到寿命周期费用的 70%~80%，甚至更高。飞机的使用与保障费用分别占寿命周期费用的 73%与 65%，某型坦克的使用与维修费用已超出购置费的 10 倍。在国防经费有限的情况下，由于维修费用的急剧增长与经费的不足的矛盾日趋严重，导致一些装备严重的失修，因此，出现了“装备买得起，养不起”的现象。

表 1-4 典型武器装备寿命周期费用分配

武器装备种类	采购费用	使用与保障费用
飞机（歼击机）	30%~50%	50%~70%
战 车	20%~30%	70%~80%
军舰（驱逐舰）	25%~40%	60%~75%

2. 战备完好性明显下降

装备技术复杂化之后，如不注意保障性（含可靠性、维修性）的设计，必然出现故障率高、维修频繁、等待保障与保障所需时间长，使得能工作时间缩短，不能工作时间增长，导致装备的战备完好性（如使用可用度、出动率、能执行任务率）明显下降。

表 1-5 列出美军 20 世纪 60 年代设计的几种主要飞机的统计资料。可见，随着飞机技术复杂程度的增大，能执行任务率（每 24h 装备能执行任务时间的百分比）明显下降。F-15A 战斗机是一个典型的例子。该飞机 1969 年开始设计时，由于只重性能轻可靠性维修性，以至于 1975 年投入使用后可靠性低（MFHBF=0.68h），维修困难（MMH/FH=44 工时/h），战备完好性差（MC=40%）。服役后较长一段时间内，每出动飞行一次需要维修 15h，平均只有 9%

表 1-5 飞机复杂化程度对能任务执行率的影响

飞机复杂化程度	平均故障飞行间隔飞行小时 MFHBF/h	每架次维修工时 MMH/S/h	能执行任务率 MC (%)
A-10 中等	1.2	18.4	67.4
A-7D 中等	0.9	23.8	61.4
A-4E 中等	0.4	38.0	65.9
F-15 上等	0.5	33.6	55.7
F-111F 上等	0.3	74.7	63.1
F-111D 上等	0.2	98.4	34.4

的飞机能连续保持空中飞行,大概有 20% 以上的时间是在地面等待备件,30% 以上的时间处于维修或等待维修。由于 F-15A 存在着可靠性差、维修和保障困难,经常在修理车间修理,故得了一个“车间女皇”的绰号。在装备设计时采取重视保障性设计以后,目前美军主要机种的能执行任务率可达 80%~90%。

由于我国的科学技术水平相对比较落后,装备的状况更加严重,某些坦克的使用可用度只达 40% 多。某个时期某些飞机的能执行任务率只有 20% 多,而且一个飞行中队转场时由于保障设备与设施的输送量比国外飞机成倍的增加,使机动作战能力差。仅就战备完好性来看,如果我国飞机的作战性能与国外先进国家飞机相当的话,那么,他们一个中队的飞机将抵得上我们四个中队飞机的作战能力。因此,战备完好性差将使我军的装备无法发挥作战效能。

3. 新研装备长期形不成战斗力

由于在装备研制时,没有考虑保障问题和研制配套的保障系统,新研装备到部队后,无配套的保障设备与设施、无零备件与使用维修手册,加之研制时没有考虑人员的编制、技术水平及训练等,使得一些新研装备长期形不成战斗力。比较典型的是我国某型飞机研制十多年后才配齐定检设备。更严重的是,我军花费大量经费研制出来的一些新装备,由于研制时没有考虑保障以及可靠性、维修性差等原因,结果没有列装或列装不久就被淘汰了。

综上所述,科学技术的飞速发展使现代武器装备的作战性能有了很大的提高,但是其技术复杂程度的增大使得保障问题成为严重制约作战效能发挥和装备发展的突出问题。因此,各国军事部门都设法从工程方法和装备采办的策略措施上去解决这个问题。

三、装备综合技术保障

为了解决由于装备技术复杂程度增大后所引起的装备保障问题,美国国防部于1964年首次发布指示 DoDD 4100.35 《系统与设备综合后勤保障研制》,推行综合后勤保障(integrated logistics support, ILS),并在其后30多年里发布了一系列指令、指示、条例及标准与规范来完善和支持这一重要的装备采办的策略措施(1996年后美国国防部改称为“采办后勤”,但无实质性更改)。我国于1988年开始引入综合后勤保障,由于我国受传统后勤观念的影响较深和考虑到我军后勤部门不承担装备保障工作的职能,为避免产生不必要的误解,曾将综合后勤保障改称为“综合保障”。由于当前我军很多军事部门将“综合保障”定义为作战保障、技术保障及后勤保障等诸多保障的综合,并考虑到美军装备的后勤保障主要是指装备的使用与维修保障工作,其属于我军部队现行技术保障的范畴和技术保障部门的职责。因此,本书采用多数军兵种与军事部门的叫法,将综合后勤保障称为“综合技术保障”。

(一) 综合技术保障的概念

1. 研制装备的两种设计方法

研制装备有两种设计方法:序贯设计法和综合设计法。

序贯设计法是装备研制的传统方法。它是先研制出满足作战性能要求的主装备,而后一再研制和购置所需的保障系统,最后组合成装备系统,见图 1-2(a)。这种方法的缺点是,不仅减缓研制进度,增加了研制费用,而且由于设计装备时未综合考虑保障问题往往造成先天不足,难以与而后配套的保障系统相匹配,无法达到满意的保障性能,而且增加使用与保障