

Integrated Support  
Engineering Science of Materiel

# 装备保障工程学

Integrated Support  
Engineering Science of Materiel

徐永成 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

013060061

E144  
30

# 装备保障工程学

Integrated Support Engineering  
Science of Materiel

徐永成 编著



国防工业出版社

·北京·

E144  
30



北航

C1666260

130030810

图书在版编目(CIP)数据

装备保障工程学/徐永成编著. —北京:国防工业出版社,2013.7

ISBN 978-7-118-08893-9

I. ①装... II. ①徐... III. ①武器装备—后勤保障 IV. ①E144

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 153080 号



※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

\*

开本 787 × 1092 1/16 印张 20¼ 字数 501 千字

2013 年 7 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 56.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)88540777

发行邮购: (010)88540776

发行传真: (010)88540755

发行业务: (010)88540717

## 前 言

信息化条件下联合作战的战争进程快、时间空间小、物资损耗大,高技术装备的种类多、型谱大、技术水平高、结构复杂、故障模式多样、出动强度大,导致装备保障任务十分繁杂。联合作战对装备保障的依赖性越来越强,装备保障成为决定战争胜负的重要因素。“装备的保障力就是战斗力”,信息化战争不仅是作战能力的对抗,也是保障能力的对抗。

装备保障工程技术是高技术装备快速形成保障力和战斗力、保持和恢复战备完好率的关键支撑性技术。如何为装备管理机关和装备使用保障部门培养一大批“懂高科技知识、懂军事指挥、懂装备保障”的新型复合型军事人才、为国防工业部门培养一大批“理解装备保障工程概念内涵、掌握装备保障工程设计分析手段、确保新研装备保障特性优异”的专业技术人才和工程管理人才是当前我国面临的紧要问题。

装备的可靠性、维修性、测试性、保障性、安全性是与装备使用和保障密切相关的保障特性,这些保障特性在装备设计中被“赋予”——即“优生”、在装备使用中得到“发挥”——即“优育”。本书重点介绍装备保障特性“优生”、“优育”过程中保障能力的形成、保持和发挥,主要体现在以下3个方面的综合和集成:

(1) 主装备及其保障系统之间的综合——“全系统”。

(2) 装备论证、设计、生产、使用、保障、报废等全寿命周期各个阶段装备保障工程的综合——“全寿命”。

(3) 装备可靠性、维修性、测试性、保障性、安全性等保障特性的综合——“全特性”。

“装备保障工程学”就是研究装备“全寿命”、“全系统”、“全特性”保障工程中基本理论和关键技术的科学,重点包含两方面技术内涵——装备研制阶段的装备保障工程技术、装备服役阶段的装备保障系统运用技术:

(1) 装备保障工程技术:是指“在论证、设计、研制、生产、试验、定型过程中的装备保障工程技术”,包含了传统意义上的装备“五性”工程(可靠性、维修性、测试性、保障性、安全性工程),重点是“五性”的分析、设计、试验与评估,此外还包含了软件保障工程、装备保障工程管理。主要目的是保证装备保障特性的“优生”——使得装备自身具有良好适用的各项保障特性、具备“好保障”的前提条件。

(2) 装备保障系统运用技术:是指“主装备及其保障系统投入部署使用之后,装备保障系统运用流程中装备状态监控与故障诊断、装备保障物流供应链、装备保障信息系统、装备保障优化决策、装备使用与保障等主要环节的支撑技术”。主要目的是立足装备“优生”之后自身具备的良好保障特性,再通过装备保障系统的最佳运用,提高装备战备完好率和任务成功率,保证装备保障特性的“优育”,实现“保障好”的军事运用目标。

上述两部分内涵的关系密切、各有侧重:前者重点在于国防工业部门如何进行装备保障特性设计,后者重点在于装备使用单位如何进行装备保障系统的综合运用。这两者相互依存、相互影响、相互促进。



本书紧密结合装备保障的工程实际,充分借鉴国内外装备保障工程领域的最新教学科研成果和工程应用案例,系统地阐述装备保障工程学的基本概念、基本原理、基本方法、适用技术、发展现状和综合应用。各个章节安排的思路如图 0-1 所示。

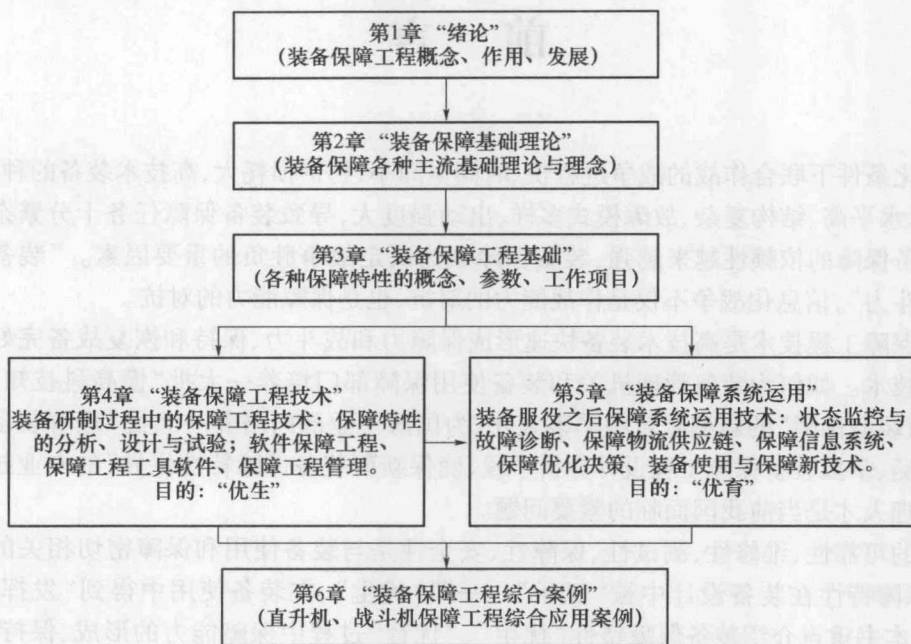


图 0-1 《装备保障工程学》各章内容安排示意图

**第 1 章“绪论”**:系统介绍装备保障、综合保障、维修保障、保障特性等基本概念;阐述信息化条件下联合作战装备保障的作用和地位;介绍装备保障工程的国内外发展历程。

**第 2 章“装备保障基础理论”**:介绍装备维修保障、综合保障的主流基础理论和重要理念:装备全系统全寿命保障理论和并行工程思想;修复性维修、预防性维修、预测性维修等装备维修保障主流基础理论;信息化战争条件下新兴的精确保障/聚焦保障理论。

**第 3 章“装备保障工程基础”**:阐述可靠性、维修性、测试性、保障性、安全性的基本概念和内涵、主要特征参数及其计算方法、工程活动的工作项目。

**第 4 章“装备保障工程技术”**:阐述装备研制过程中的保障工程技术,主要包含以下三方面的技术环节:①故障树分析、故障模式、影响与危害度分析、维修级别分析、使用与维修工作分析等保障特性分析技术;②可靠性、维修性、测试性、保障性、安全性等保障特性设计技术;③可靠性、维修性、测试性、保障性、安全性等保障特性试验与评估技术。此外,还专题介绍软件保障工程、国内外典型的装备保障工程工具软件、装备保障工程管理。最后通过 K8 教练机保障工程综合案例展示装备保障工程技术的实际应用及其工程管理。

**第 5 章“装备保障系统运用”**:阐述主装备及其保障系统部署服役之后装备保障系统运用的主要技术环节:装备状态监控与故障诊断、装备保障物流供应链、装备保障信息系统、装备保障优化决策、装备使用与保障新技术,重点介绍装备保障系统运用过程中的各种实用工程技术、基本原理及其军事应用效果。

**第 6 章“装备保障工程综合案例”**:系统介绍国内外直升机可靠性、维修性、保障性工程,重点剖析直升机健康与使用监控系统(HUMS)的体系结构、主要功能和系统运用;以 F-35 联

合攻击机为例,介绍先进战斗机保障特性设计和保障系统构建等装备保障工程全寿命、全系统的主要技术环节。通过这两个装备保障工程的综合案例,系统展示装备保障工程的运用过程和军事效果。

由于装备保障工程学涉及的工程范围广、学科交叉多、基础概念多、知识面宽泛、技术更新快。因此,本书重点在于阐述“装备保障工程学”较为完整的技术体系结构、重要的概念内涵、主流的理论理念、关键的技术环节、技术的基本原理,强调各项装备保障工程技术在国内外的运用过程和军事效果。由于本书篇幅所限,同时基于“有所为、有所不为”、“突出基本方法和工程应用”的原则,诸如可靠性物理、可靠性数学、故障树计算方法、维修备件库存优化模型、维修保障经济学分析等更加专业化的理论技术,本书暂时没有列入,但是给出了相关的教材、专著、学位论文、学术论文等参考文献,供感兴趣的读者拓展自学。

本书的着眼点在于培养装备保障领域的工程应用型人才,因此在内容体系上强调以下三个方面:基本概念与理论、工程实用方法、最新技术成果。在保持装备保障工程学相对完整的内容体系的基础上,突出展示装备保障工程学在装备研发、使用中涉及的理论技术的主线索和主脉络,第4章中的软件保障工程、典型装备保障工程商业软件、装备保障工程管理等章节内容可以安排选学。本书中装备保障工程大量的基本概念都来源于国内外最新国军标和专业词典,有的重要概念同时摘引于多个数据来源,保证了基本概念的准确性和权威性。本书强调装备保障工程学中理论与方法的工程应用,在各个相关章节中都介绍了国内外工程案例,便于理解理论与方法的工程运用过程,体现理论与实践的结合。本书大量介绍了装备保障工程领域国内外最新科研成果,希望为读者开展相关科研和工程工作提供参考和借鉴。每章后面安排了习题,分为基础概念、综合研讨两大类,后者需要读者结合本书内容查阅技术文献、创造性地研究才能顺利完成,利于工程应用能力和创新思维能力的培养。

本书是在国防科技大学本科生教材《装备综合保障技术》、《装备保障工程学》的基础上不断拓展、修改、逐步完善的,经过了多年的教学实践和研究积累。在本书撰写过程中,得到国防科技大学机电工程与自动化学院装备综合保障技术重点实验室各级领导和老师们的关怀和支持,对本书的编写提出了大量建设性意见和建议,本书相关章节部分参考借鉴了本学科领域的教学科研成果,在此谨表示真挚谢意。数10年来,国内外学者在装备可靠性工程、维修工程、综合保障工程领域进行了卓有成效的工作,编写了大量教材;制定了大量标准,发表了大量论文,在工程实践中取得了显著成效,本书参考借鉴了其中的部分成果,并已在参考文献中列出,在此谨对国内外同行的杰出工作表示感谢。本书的选题立项与出版,得到了国防工业出版社的大力支持,在此表示衷心的感谢。

装备保障工程学是一门新兴的交叉学科,随着国内外军民用重大装备的不断发展,新的装备保障工程需求和技术挑战不断涌现,科学问题、关键技术、工程方法还需不断研究解决。由于作者知识水平所限,恳请读者对书中的缺点、错误和不妥之处提出宝贵意见和建议,以便不断修正提高,共同为我国军民用装备保障工程的人才培养、科学研究和工程实践做出不懈的努力。

编者

2013年4月长沙,浏阳河畔

# 目 录

<b>第1章 绪论</b> .....	1
1.1 装备保障的作用和地位.....	1
1.1.1 装备保障的重要性 .....	1
1.1.2 信息化条件下联合作战装备保障的作用和地位 .....	3
1.1.3 装备保障技术在重大装备安全可靠服役中的作用 .....	3
1.1.4 装备保障工程的人才培养需求 .....	4
1.2 装备保障工程概念与内涵.....	5
1.2.1 装备保障工程基本概念 .....	5
1.2.2 装备保障工程基本内涵与界定 .....	8
1.2.3 装备保障工程学的理论与技术体系 .....	8
1.3 装备保障工程发展历程 .....	10
1.3.1 保障技术在战争史中的作用.....	10
1.3.2 战争史各发展阶段的保障技术.....	11
1.3.3 装备保障工程发展概况.....	12
1.3.4 美军装备保障工程研发机构与计划.....	13
1.3.5 我国装备保障工程发展概况.....	15
思考题.....	16
<b>第2章 装备保障基础理论</b> .....	17
2.1 装备全系统全寿命保障理论 .....	17
2.1.1 装备全系统全寿命保障问题提出.....	17
2.1.2 装备全系统全寿命保障基本概念.....	18
2.1.3 装备保障工程的“全系统”问题 .....	19
2.1.4 装备保障工程的“全寿命”问题 .....	22
2.2 装备维修保障基础理论 .....	24
2.2.1 装备维修保障理论的发展.....	24
2.2.2 修复性维修.....	25
2.2.3 预防性维修.....	26
2.2.4 改进性维修.....	29
2.2.5 预测性维修.....	30
2.2.6 其他维修理论和策略.....	31
2.2.7 几种装备维修理论比较与综合运用.....	32
2.3 精确保障与聚焦保障新理论 .....	34

2.3.1	信息化战争条件下一体化联合作战装备保障的新要求	34
2.3.2	精确保障、聚焦保障的概念与内涵	34
2.3.3	适应信息化战争要求的装备精确/聚焦保障系统	37
2.4	装备保障工程发展趋势	38
2.4.1	装备保障工程的一体化	38
2.4.2	装备保障信息的集成化	38
2.4.3	装备保障资源的体系化	38
	思考题	38
<b>第3章</b>	<b>装备保障工程基础</b>	<b>40</b>
3.1	可靠性工程基础	40
3.1.1	可靠性基本概念	40
3.1.2	可靠性主要参数	40
3.1.3	可靠性特征量及其计算公式	42
3.1.4	常用失效分布及其可靠性特征量	46
3.1.5	可靠性工程及其工作项目	47
3.2	维修性工程基础	49
3.2.1	维修性基本概念	49
3.2.2	维修性定性定量要求和参数	50
3.2.3	维修性特征参数及其计算方法	51
3.2.4	维修性工程及其工作项目	52
3.3	测试性工程基础	54
3.3.1	测试性基本概念	54
3.3.2	测试性定性定量要求和参数	54
3.3.3	测试性特征量计算方法	56
3.3.4	测试性工程及其工作项目	58
3.4	保障性工程基础	59
3.4.1	保障性基本概念	59
3.4.2	保障性主要参数	60
3.4.3	保障性特征量计算方法	61
3.4.4	保障性工程及其工作项目	61
3.5	安全性工程基础	67
3.5.1	安全性基本概念	67
3.5.2	安全性主要参数	68
3.5.3	安全性主要参数计算方法	68
3.5.4	安全性指标要求实例	69
3.5.5	安全性工程及其工作项目	70
3.6	装备保障工程综合参数	71
3.6.1	装备保障工程的综合特性	71
3.6.2	装备保障工程中的各种时间概念	72
3.6.3	装备保障工程的综合参数	73



3.6.4	装备保障工程综合参数的计算方法	74
3.6.5	装备保障工程中各个专业工程之间关系	75
思考题		75
<b>第4章</b>	<b>装备保障工程技术</b>	<b>77</b>
4.1	概述	77
4.1.1	装备保障工程的内涵	77
4.1.2	装备保障特性的重要性	77
4.1.3	装备保障特性之间的耦合关系	79
4.1.4	装备保障工程的工作项目及其集成	81
4.2	装备保障特性分析	84
4.2.1	可靠性分析	84
4.2.2	维修性分析	97
4.2.3	测试性分析	103
4.2.4	保障性分析	110
4.2.5	安全性分析	116
4.3	装备保障特性并行设计	119
4.3.1	可靠性设计	119
4.3.2	维修性设计	129
4.3.3	测试性设计	139
4.3.4	保障性设计	149
4.3.5	安全性设计	154
4.4	装备保障特性试验与评估	159
4.4.1	可靠性试验与评估	159
4.4.2	维修性试验与评定	165
4.4.3	测试性试验与验证	170
4.4.4	保障性试验与评估	172
4.4.5	安全性试验与评估	177
4.5	软件保障工程	181
4.5.1	软件保障的作用与意义	181
4.5.2	软件保障基本概念	182
4.5.3	软件保障国外发展现状	184
4.5.4	软件保障工程要点	185
4.5.5	软件保障的组织模式	187
4.6	国内外常用的装备保障工程软件	188
4.6.1	可靠性设计分析和工程管理软件平台 Relex	188
4.6.2	可靠性维修性保障性工程软件 CARMES	190
4.6.3	装备维修性分析与设计仿真软件 CATIA 及其 DELMIA 模块	192
4.6.4	测试工程和维修系统软件 TEAMS	195
4.6.5	装备综合保障系统软件包 SYSTECON ILS	197
4.7	装备保障工程管理	201

4.7.1	装备保障工程管理的重要性 .....	201
4.7.2	装备保障工程管理中的集成产品和过程设计( IPPD)方法 .....	202
4.7.3	订购方的装备保障工程管理组织机构 .....	205
4.7.4	承制方的装备保障工程管理组织机构 .....	206
4.7.5	装备部署服役阶段的装备保障工程管理 .....	208
4.8	装备保障工程技术与管理综合案例 .....	208
4.8.1	K8 教练机简介 .....	208
4.8.2	K8 教练机研制定位 .....	208
4.8.3	K8 教练机保障工程的技术实施 .....	209
4.8.4	K8 教练机保障工程管理 .....	212
4.8.5	K8 教练机保障工程的显著成效 .....	215
	思考题 .....	215
<b>第5章</b>	<b>装备保障系统运用</b> .....	<b>218</b>
5.1	概述 .....	218
5.2	装备状态监控与故障诊断 .....	219
5.2.1	状态监控与故障诊断的地位和作用 .....	219
5.2.2	状态监控与故障诊断技术的基本概念与基本原理 .....	220
5.2.3	故障诊断技术的分类 .....	222
5.2.4	状态监控与故障诊断一般步骤 .....	224
5.2.5	状态监控与故障诊断理论方法 .....	225
5.2.6	国外装备故障诊断技术现状 .....	228
5.2.7	装备状态监控与故障诊断应用案例——坦克发动机油液分析 .....	229
5.2.8	装备状态监控与故障诊断技术发展趋势 .....	231
5.3	装备保障物流供应链 .....	233
5.3.1	装备保障物流供应链 .....	233
5.3.2	美军全资产可视化系统 .....	234
5.3.3	射频识别(RFID)基本原理及其供应链系统应用 .....	236
5.3.4	射频识别(RFID)及其供应链系统存在问题与发展趋势 .....	240
5.4	装备保障信息系统 .....	240
5.4.1	信息孤岛问题 .....	241
5.4.2	装备保障信息系统国外发展现状 .....	246
5.4.3	装备保障数据集成 .....	247
5.4.4	装备保障应用集成 .....	253
5.5	装备保障优化决策 .....	256
5.5.1	装备保障优化决策的作用 .....	256
5.5.2	决策的概念与分类 .....	256
5.5.3	决策的一般过程和常用方法 .....	259
5.5.4	优化决策的基本原理、分类和过程 .....	261
5.5.5	优化决策常用计算方法 .....	262
5.5.6	美军装备综合保障优化决策运用 .....	266

5.5.7	美军典型的保障决策支持系统 .....	267
5.6	装备使用与保障新技术 .....	268
5.6.1	装备使用与保障概念和作用 .....	269
5.6.2	装备使用与保障过程中几种新型技术手段 .....	269
5.6.3	装备战场快速抢修 .....	270
5.6.4	远程维修支援 .....	275
5.6.5	虚拟维修训练与支持 .....	277
5.6.6	交互式电子技术手册 .....	280
	思考题 .....	283
<b>第6章</b>	<b>装备保障工程综合案例</b> .....	<b>285</b>
6.1	直升机健康与使用监控系统 .....	285
6.1.1	直升机的保障问题分析 .....	285
6.1.2	国外直升机可靠性、维修性、保障性工程 .....	286
6.1.3	美军 AH-64 直升机可靠性、维修性、保障性工程 .....	288
6.1.4	直升机健康与使用监控系统及其作用 .....	289
6.1.5	国内外直升机健康与使用监控系统发展情况 .....	292
6.1.6	直升机中尾减速器健康与使用监控系统案例分析 .....	294
6.2	先进战斗机综合保障系统 .....	297
6.2.1	美国 F-35 联合攻击机 .....	297
6.2.2	F-35 综合保障理念 .....	297
6.2.3	F-35 保障特性设计 .....	298
6.2.4	F-35 故障预测与健康管理系统 .....	300
6.2.5	F-35 联合分布信息系统 .....	304
6.2.6	F-35 自主保障系统 .....	305
6.2.7	F-35 联合攻击机保障工程小结 .....	307
	思考题 .....	307
	<b>参考文献</b> .....	<b>309</b>

# 第1章 绪论

本章主要讲述三方面内容:①装备保障的作用和地位;②装备保障工程主要概念;③装备保障工程发展历程。

## 1.1 装备保障的作用和地位

### 1.1.1 装备保障的重要性

#### 1. 古今中外军事家关于保障的论述

关于保障的重要性,古今中外有许多著名论述:

(1)“兵马未动,粮草先行。”——古语。

(2)“军无辎重则亡,无粮食则亡,无委积则亡。”——孙武。

(3)“战斗在第一枪打响之前是由军需官决定的。”——隆美尔。

(4)“淮海战争是独轮车推出来的。”——陈毅。

(5)未来战争将由“打钢铁”转向“打硅片”,由“打物质”转向“打信息”……

#### 2. 装备保障案例1——中东战争

1973年,第四次中东战争,叙以双方争夺戈兰高地。战争开始时,叙利亚坦克部队分三路突破以军防线,发生激战交战,双方损失惨重。

由于叙军装备保障能力弱,损伤坦克仅有数十辆得到修复,其余数百辆战损坦克全部丢弃;同时又得不到后方的大量补充。经过几天激战,叙军可作战的坦克急剧减少。

以军在前18小时内就有约77%的坦克丧失了战斗力。但是以军装备保障能力强,实施了大量战场抢修:使80%战损坦克不到1天就恢复了战斗力。有些坦克甚至修复、损坏又修复达5次之多;还把叙军抛弃的大量战伤坦克修复并为己有。

以军出色的装备保障能力使其保持了持续的作战能力,“坦克越打越多”,扭转了不利战局。

该战例充分证明,装备保障力就是战斗力,装备保障在现代战争中的作用越来越重要。

#### 3. 装备保障案例2——马岛战争

1982年英阿马岛战争中,阿根廷虽然在家门口作战,却遭受失败,原因很多,战后战争分析家认为,保障不力是其中非常重要的原因:在战争准备上,阿方虽有夺占马岛的决心却无长期坚守的物质准备,导致驻岛阿军缺衣少食,弹药匮乏;没有自己的国防工业,缺乏战略物资储备,禁运后飞机、导弹方面弹尽援绝。

另一方面,英军劳师远征,兵家大忌,却能获胜,其中一个重要原因是保障的高效率:英军后勤舰船80%从民船中征用,在两三天里就完成了征用改装,惊人的高效;远离本土的英军后勤保障指挥十分出色,建立中途补给、前进补给、滩头补给基地,运用现代化的海空运输工具,



通过周密科学的计划组织,对部队进行源源不断的补给。

马岛战争从正反两个方面说明了装备保障对战争胜负的巨大影响。

#### 4. 装备保障案例3——伊拉克战争

回顾伊拉克战争,这是现代战争中“打后勤、打保障”的综合案例。装备保障是伊拉克战争中美军取胜的关键因素之一。

战后总结美军保障的第一个特点是全资产可视化。全资产可视化,就是为保障过程中的决策和管理人员提供全部资源有关位置、运动和状况的准确信息,随时掌握部队、人员、装备和补给的能力,从而提高保障工作的整体性能。利用射频识别技术,美军在装备、物资上安装电子标签,在物资集结点、码头、机场等路口安装读取装置,指挥官和作战单位能够实时获取物资信息,实现保障透明化。全资产可视化使美军可以从工厂到一线部队全程跟踪发运物资和装备的位置、状况,形成并提供及时、准确的各类保障物资信息。

美军装备保障的第二个特点:保障优化决策。根据保障需求态势,美军保障指挥部门依据作战要求、保障资源、保障能力、运输条件等决策分析,寻求较好的保障方案,以提高保障效率,在较短的时间内作出反应,以最快的速度满足保障需求。

美军保障的第三个特点:精确投送。海湾战争期间,美军运到海湾地区的4万个集装箱中有价值30亿美元的8000个集装箱没有开封就运回国内,造成了很大的浪费。在伊拉克战争中,美军总结海湾战争教训,只在海湾地区前置了一少部分物资和弹药,后勤物资主要通过空中和海上投送,美军充分利用以信息技术为核心的高科技手段和各种先进的快速投送平台,力求在准确的时间、地点为部队提供准确的人员、物资和技术保障。实现了适时、适地、适量的精确保障。例如,美军运用GPS技术给每辆供给运输车安装了能随时发送信号、精确显示其所在位置的无线电传感器。

因此,美国军事专家指出,“今天的战争没有必要建立大规模的资源储备,而是需要标准很高的技术系统的支持”。

即便美军装备保障技术如此先进,近年来几次局部战争中美军保障仍暴露出不少问题。例如,伊拉克战争中:

(1) 高技术兵器的日常维护复杂,保障困难,故障率高,发生了“因为机械故障坠毁的阿帕奇武装直升机,曾经被盛传为遭伊拉克民兵使用轻武器击落”的事件。

(2) 运输保障战线长,保障部队防卫弱,易受攻击。例如,后勤部队遭受攻击,女兵林奇被俘。

(3) 美军包括信息链路在内的保障链路在高对抗条件下的防护与生存能力问题已日显突出。如果其对手是比阿富汗、南联盟和伊拉克强大得多,并具备一定高技术对抗能力的其他国家,那么它过于依赖信息网络并且越来越长的保障链路将成为极其脆弱的环节和对手的重点攻击目标,很容易遭到毁灭性的打击。

#### 5. 关于装备保障重要性的结论

(1) 信息化条件下联合作战大量运用高技术装备,作战对装备保障的依赖性越来越强,装备保障成为决定战争胜负的重要因素,装备的保障力就是战斗力。

(2) 高技术装备结构复杂、故障模式多样,出动强度大,要保证装备战备完好率和任务成功率,装备保障面临严峻挑战。

### 1.1.2 信息化条件下联合作战装备保障的作用和地位

信息化条件下局部战争是体系与体系的对抗,基本作战形式是一体化联合作战,作战中大量运用高技术装备,战争进程加快、时间空间缩小、战争损耗巨大,各种高技术装备种类多、型谱大、技术水平高、结构复杂、故障模式多样、出动强度大,技术保障十分复杂,保障任务极其繁重,作战对装备保障的依赖性越来越强。信息化战争不仅是作战能力的对抗,也是保障能力的对抗。装备保障成为决定战争胜负的重要因素,装备保障能力是打赢未来信息化战争的重要保证。

以信息化为突出特点的新军事变革和大量高技术装备的应用使得装备保障呈现以下特点:

(1) 装备保障技术难度显著加大。原先以机械维修为主,逐渐转向以光、电子、电气系统维修为主;大量现代高技术装备自身技术密度高,在复杂电磁环境下,装备损伤机理由原来单一的硬摧毁发展为软杀伤与硬摧毁相结合的综合性破坏,使得装备保养、检测、诊断、维修的技术难度大大提高。高技术装备保障专业分工细密、保障力量构成复杂;战场形势瞬息万变,装备保障体系中每个要素都可能对作战胜负产生重要影响,使得诸军兵种武器系统和装备体系的一体化保障组织指挥更加复杂。

(2) 装备保障工作量显著增加。现代战争面临的是高精度、远距离、高毁伤的火力打击,高技术装备投入量大和作战强度日趋增大,装备战损成倍增加,保障物资、器材的种类和数量都急剧增长。

(3) 装备保障时效性要求更高。现代战争快节奏、高速度的特点,使得战争对装备保障的时效性要求大大提高,诸如战斗机等高技术装备的出动强度要求更高,装备保障能否做到及时、高效,对整个战争的进程和结局将产生重大影响。

综上所述,信息化战争不仅仅是作战能力的对抗,而且也是保障能力的较量。综合保障与情报信息、指挥控制、火力打击并列,成为支撑一体化联合作战的四大支柱。随着科学技术的进步,高新技术被不断引入装备保障领域当中,并在各军事大国的军队现代化建设进程和近年来世界上发生的几次局部战争中得到广泛应用,使保障效能大大提高,为赢得战争胜利发挥了重要作用。

### 1.1.3 装备保障技术在重大装备安全可靠服役中的作用

空天运载装备、大型冶金装备、高速列车、大型火水核电机组和盾构掘进机等军/民用重大装备不断追求高性能、高效率、高精度,为了保障大型复杂装备长期安全、可靠运行,需要针对现代装备的技术性能新特点研发针对性的安全可靠服役保障技术手段。

综合分析当今新型重大装备系统的技术挑战和指标要求,大致可以划分为两大类:

一类是高速、重载、高温、高压、高精度、高效率、大功率、特殊极端服役环境等技术性能要求;另一类是高可靠性、高安全性、超长运行寿命、易维护、低费用等安全服役保障需求。

#### 1. 当今重大装备系统的技术性能新要求

(1) 高速:高档数控机床的主轴转速达到几十万转每分钟。

(2) 重载:盾构掘进机必须适应  $500 \sim 125000 \text{ kN} \cdot \text{m}$  范围内的突变载荷,采用多达 30 多组液压缸、50 台液压马达、24 台泵和 12 台电动机组成的并联冗余驱动系统来完成任务。

(3) 高温:推重比 15 ~ 20 以上的航空发动机,其涡轮前进口温度可达  $1980 \sim 2080^\circ\text{C}$ 。

- (4) 高压:制造出 A380 客机横截面直径达  $\phi 5.5\text{m}$  的承载框架需要采用 7.5 万 t 压力机。
- (5) 高精度:现代连轧机可使轧制材料在 1km 长度范围内的纵向延伸偏差控制在 1mm 以内;高档数控机床的重复定位精度可以达到  $1\mu\text{m}$ 。
- (6) 高效率:超超临界机组最高热效率已达 47%,等效可用系数超过了 95%。
- (7) 大功率:目前先进核电机组的最大单机功率可高达 1500MW。
- (8) 极端服役环境:下一代可重复使用空天飞行器需要经历大气层再入、跨大气层飞行、空间极端冷热温差等特殊服役环境。

## 2. 重大装备系统安全可靠服役的保障新要求

- (1) 超高运行可靠性:超超临界机组强迫停机率  $< 0.5\%$ ;重型燃气轮机联合循环机组可靠性接近 94% ~ 96%。
- (2) 高安全性:日本东京电力福岛核电站事故之后,世界各国对核电机组的安全性高度重视,我国的核安全管理标准是“确保绝对安全”。
- (3) 超长运行寿命:一般核电站设备设计寿命为 40 年,目前最先进的 AP1000 已达 60 年;重型燃气轮机联合循环机组的叶片寿命高达 2.4 万小时,整机寿命约为 30 年。
- (4) 易维护:深海资源开发装备的作业环境为海底 2000 ~ 6000m,水压力 20 ~ 60MPa,这种极端服役环境下的装备运行需要尽量减少维护工作,最好实现免维护;载人空间站的长期在轨运行需要尽量减少检查、维护和修理等工作,空间狭小,成本高昂。
- (5) 全寿命周期费用低:设备/装备的全寿命周期包含了论证、设计、生产验收、使用、报废等寿命阶段。大型武器系统的维修费用是整个全寿命周期运行费用的 1/3,如果计入维修设备、备件、人员等,设备维修费用总额可达设备原价的 10 倍甚至更多。

### 1.1.4 装备保障工程的人才培养需求

综合保障是部队形成战斗力的物质要素,是一体化联合作战的四大支柱之一。一体化联合作战中的装备保障成为决定战争胜负的重要因素,其中,人才是关键。装备保障工程对于装备管理人员和使用维护人员来说,既是一种科技知识,更是一种专业素养、一种综合能力,是信息化战争对于高素质军事人才的共同要求。

因此,如何为装备管理、使用与保障单位培养一大批适应新军事变革需求、“懂高科技知识、懂军事指挥、懂装备保障”新型复合型军事人才、为国防工业部门培养一大批“理解装备保障工程内涵和意义、掌握装备保障工程技术手段、确保装备研制过程保障特性优生”的专业技术人才和工程管理人才是当前我国面临的紧要问题。

新型军事人才必须具备哪些装备保障方面的专业知识基础和科学素养?采取何种教学方式才能有效培养这些素质和能力?无论工程技术类、军事指挥类本科生,还是硕士生、博士生、继续教育干部培训,都会涉及装备保障素质和能力的培养。这就要求我们在装备保障工程学的教学要求基础上,结合部队人才培养现状、军事斗争需求进行综合分析,研究其中的最为重要的教学内容、教学方法和教学规律,探讨培养模式,建设符合信息化条件下联合作战新特点的、科学合理的装备保障工程学教学体系,从而形成一整套解决方案,以满足我国装备保障工程管理与技术干部不同层次的急迫需求。

在欧美国家,装备保障工程理论研究和商业应用起步较早,相对而言,民用化倾向明显,这是因为欧美在装备(设备)的保障工程中强调军民两用化,以成熟的民用商业技术带动军事应用。



美国在装备保障工程领域的理论和技术已经发展得比较成熟,许多科研院所装备保障工程领域开展了大量卓有成效的研究工作。美国许多大学都开设了装备保障工程的学位与职业教育,例如,马里兰大学可靠性工程的教育与技术研究很有特色,可靠性工程专业是马里兰大学材料与核工程系中的一个跨系、跨学科专业,目前,拥有可靠性工程中心、技术风险研究中心等两个学术机构,美国国家可靠性工程信息中心也设在马里兰大学。加利福尼亚州理工大学伯克利分校、佛罗里达大学、国防大学等开设了“保障系统分析”、“保障网络设计和供应链管理”、“军事保障和动员策略”、“系统安全性工程”、“可靠性工程”、“可靠性工程的数学技术”、“可靠性工程管理”、“高级可靠性与维修性工程”、“可靠性模型的高级方法”、“贝叶斯可靠性分析”、“维修性工程”、“微电路的可靠性与质量”等装备保障工程领域的研究生课程。

英国、法国、瑞典等西欧国家的许多大学开设了大量装备保障系统设计与分析仿真方面的课程,在该领域的技术研究成果在军用和民用两个市场上都得到了成功应用。

国外相关军事研究机构和国防工业集团,例如美国空军技术研究院采办与后勤保障研究所、国防后勤局、格鲁曼公司、洛克希德·马丁公司、英国BAE系统公司等联合相关大学,结合军队和工业部门的人才培养需求,开展装备保障工程相关的联合办学和继续教育,为军队培养指挥、技术、保障复合型人才,为工业部门培养技术研发和科研管理人才。

目前,国内装备保障工程方兴未艾,国内学术界跟踪、翻译、分析了国外大量装备保障工程相关的标准规范和应用案例,特别是近10年来,随着大型军民用重大装备保障工程需求的日益提高,装备保障工程领域呈现井喷式快速发展,教材专著和研究论文不断涌现,对于推进我国军民用装备保障工程的理念推广、技能培训、科学研究和工程应用发挥了重要作用,但还是远远不能满足我国军民用重大装备的建设和发展需求,装备保障工程领域的专门人才缺口非常大,装备管理机关、国防工业部门、装备使用单位急需大量装备保障工程领域理论基础扎实、技术手段熟练、工程经验丰富的专门人才。

## 1.2 装备保障工程概念与内涵

装备保障工程是一个较为广泛的技术领域,由于技术发展的历史原因、国内外军队编制体制不同,对该领域的一些专业术语容易产生歧义。下面就该技术领域的一些重要概念进行系统介绍,其基本概念和内涵严格依据我国最新版本的国军标进行界定。

### 1.2.1 装备保障工程基本概念

#### 1. 保障的相关概念

(1) 装备系统:按照GJB 451A—2005《可靠性维修性保障性术语》定义,装备系统是指“装备及其保障系统的有机组合”。

(2) 保障:按照《中国人民解放军军语》(1997)定义,保障是指“军队为遂行各种任务而采取的各项保证性措施与进行的相应活动的统称”。按任务,分为作战保障、后勤保障、技术保障、政治工作保障;按层次,分为战略保障、战役保障、战斗保障等。按照《中国人民解放军军语》(2011)定义,保障是指“军队为遂行任务和满足其他需求而在有关方面组织实施的保证性和服务性的活动。按任务,分为作战保障、后勤保障、装备保障;按层次,分为战略保障、战役保障、战斗保障等。”

(3) 作战保障:按照《中国人民解放军军语》(2011)定义,是指“军队各级指挥机关为满足



作战需要而组织实施的直接服务于作战行动的保障。包括侦察情报、警戒、通信、机要、信息防护、目标、工程、交通、伪装、核生化防护、测绘导航、气象水文、战场管制、电磁频谱管理、航海、声纳、防险救生、领航等方面的保障。”

(4) 联合保障:按照《中国人民解放军军语》(2011)定义,是指“两个以上军兵种或两支以上军队,在统一的计划下共同组织实施的保障。”

(5) 装备保障:按照《中国人民解放军军语》(2011)定义,是指“军队为满足作战及其他任务的需要在装备调配、维修、经费等方面组织实施的保障。”

(6) 技术保障:按照《中国人民解放军军语》(1997)定义,是指“为保持和恢复武器装备的良好技术状态而采取的各项保证性措施与进行的相应活动的统称”。主要包括对武器装备及其零部件的供应、保养、检查、维修、改装等。《中国人民解放军军语》(2011)无此词条定义。

(7) 后勤保障:按照《中国人民解放军军语》(2011)定义,是指“军队为满足作战、建设和生活需要而在后勤方面组织实施的保障。包括财务、物资、卫勤、军事交通运输、基建营房等方面的保障。”

(8) 装备综合保障:按照 GJB 3872—99《装备综合保障通用要求》定义,装备综合保障是指“在装备的全寿命周期内,为满足系统战备完好性要求,降低寿命周期费用,综合考虑装备的保障问题,确定保障性要求,进行保障性设计,规划并研制保障资源,及时提供装备所需保障的一系列管理和技术活动。”

按照 GJB 451A—2005《可靠性维修性保障性术语》定义,装备综合保障是指“在装备的寿命周期内,综合考虑装备的保障问题,确定保障性要求,影响装备设计,规划保障并研制保障资源,进行保障性试验与评价,建立保障系统等,以最低费用提供所需保障而反复进行的一系列管理和技术活动。”

装备综合保障的主要任务:①确定装备系统的保障性要求;②在装备的设计过程中进行保障性设计;③规划并及时研制所需的保障资源;④建立经济而有效的保障系统,使装备获得所需的保障。

(9) 保障设备:按照 GJB 3872—99《装备综合保障通用要求》、GJB 451A—2005《可靠性维修性保障性术语》的定义,保障设备是指“使用与维修装备所需的设备,包括测试设备、维修设备、试验设备、计量与校准设备、搬运设备、拆装设备、工具等”。是综合保障要素之一。

(10) 保障资源:按照 GJB 3872—99《装备综合保障通用要求》的定义,保障资源是指“为满足装备战备完好性与持续作战能力要求,直接用于装备使用与维修所需的人力、物资和信息等的统称”。按照 GJB 451A—2005《可靠性维修性保障性术语》定义,保障资源是指“使用与维修装备所需的硬件、软件与人员等的统称”。

(11) 保障系统:按照 GJB 3872—99《装备综合保障通用要求实施指南》定义,是指“装备使用和保障所需各类保障资源的有机组合,是为达到保障性目标使所需保障资源相互关联相互协调而形成的一个系统。”按照 GJB 451A—2005《可靠性维修性保障性术语》定义,保障系统是指“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”。

(12) 综合保障要素:按照 GJB 1371—92《装备保障性分析》的相关定义,综合保障要素是指“综合保障工程十方面工作:人员数量与技术等级;供应保障;保障设备;技术资料;训练保障;计算机资源保障;保障设施;包装、装卸、储存和运输;维修规划;设计接口。”

按照 GJB 451A—2005《可靠性维修性保障性术语》定义,综合保障要素是指“综合保障的各组成部分,一般包括:规划保障;人力与人员;供应保障;保障设备;技术资料;训练与训练保