



国防科技图书出版基金

保障性工程 理论与应用

The Theory and Practice of
Supportability Engineering

杨建昊 朱玉岭 周红 田平 孙书鸿 编著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

保障性工程理论与应用

The Theory and Practice of
Supportability Engineering

杨建昊 朱玉岭
周红 田平 孙书鸿 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

保障性工程理论与应用/杨建昊等编著. —北京:国防工业出版社, 2013. 7

ISBN 978-7-118-08755-0

I. ①保... II. ①杨... III. ①武器装备—后勤保障—研究—中国 IV. ①E237

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 127166 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)

北京嘉恒彩色印刷有限责任公司

新华书店经售

*

开本 710×1000 1/16 印张 18 字数 315 千字

2013 年 7 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 78.00 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

致 读 者

本书由国防科技图书出版基金资助出版。

国防科技图书出版工作是国防科技事业的一个重要方面。优秀的国防科技图书既是国防科技成果的一部分,又是国防科技水平的重要标志。为了促进国防科技和武器装备建设事业的发展,加强社会主义物质文明和精神文明建设,培养优秀科技人才,确保国防科技优秀图书的出版,原国防科工委于1988年初决定每年拨出专款,设立国防科技图书出版基金,成立评审委员会,扶持、审定出版国防科技优秀图书。

国防科技图书出版基金资助的对象是:

1. 在国防科学技术领域中,学术水平高,内容有创见,在学科上居领先地位的基础科学理论图书;在工程技术理论方面有突破的应用科学专著。
2. 学术思想新颖,内容具体、实用,对国防科技和武器装备发展具有较大推动作用的专著;密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的高新技术内容的专著。
3. 有重要发展前景和有重大开拓使用价值,密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的新工艺、新材料内容的专著。
4. 填补目前我国科技领域空白并具有军事应用前景的薄弱学科和边缘学科的科技图书。

国防科技图书出版基金评审委员会在总装备部的领导下开展工作,负责掌握出版基金的使用方向,评审受理的图书选题,决定资助的图书选题和资助金额,以及决定中断或取消资助等。经评审给予资助的图书,由总装备部国防工业出版社列选出版。

国防科技事业已经取得了举世瞩目的成就。国防科技图书承担着记载和弘扬这些成就,积累和传播科技知识的使命。在改革开放的新形势下,原国防科工委率先设立出版基金,扶持出版科技图书,这是一项具有深远意义的创举。此举势必促使国防科技图书的出版随着国防科技事业的发展更加兴旺。

设立出版基金是一件新生事物,是对出版工作的一项改革。因而,评审工作需要不断地摸索、认真地总结和及时地改进,这样,才能使有限的基金发挥出巨大的效能。评审工作更需要国防科技和武器装备建设战线广大科技工作者、专家、教授,以及社会各界朋友的热情支持。

让我们携起手来,为祖国昌盛、科技腾飞、出版繁荣而共同奋斗!

国防科技图书出版基金 评审委员会

国防科技图书出版基金 第七届评审委员会组成人员

主任委员 王 峰

副主任委员 吴有生 蔡 镭 杨崇新

秘 书 长 杨崇新

副 秘 书 长 邢海鹰 贺 明

委 员 才鸿年 马伟明 王小谟 王群书

(按姓氏笔画排序) 甘茂治 甘晓华 卢秉恒 巩水利

刘泽金 孙秀冬 陆 军 芮筱亭

李言荣 李德仁 李德毅 杨 伟

肖志力 吴宏鑫 张文栋 张信威

陈良惠 房建成 赵万生 赵凤起

郭云飞 唐志共 陶西平 韩祖南

傅惠民 魏炳波

前 言

装备是军队战斗力的物质基础,装备质量的优劣往往成为战争成败的关键,因此,装备质量以及与质量相关的研究历来受到人们的重视。装备质量以特性表达,质量特性分为功能特性和保障特性,传统的装备开发和研制着眼于功能特性。随着装备及其保障的发展,人们逐步认识到保障特性的地位和作用,它与功能特性相辅相成,共同构成系统效能,关注的对象也由装备延伸到保障系统,由功能特性延伸到保障特性,建立了装备全系统、全寿命的概念,强调系统的效能,以装备使用为核心的保障性工程由此诞生。

实施装备全系统全寿命管理是解决装备形成战斗力问题、实现装备系统目标优化、提高系统效能的根本途径,这是多年来装备工作的经验总结和已经达成的共识。实施装备全系统全寿命管理除了体制上的保证外,还必须建立相应的运行机制,提供相应的工程方法。

保障性工程就是以装备使用为核心,直面保障,涵盖一切与装备保障有关的内容,按系统工程方法,实现系统保障性 with 装备功能特性之间的平衡,以可接受的费用达到要求的系统效能和使用适用性。

保障性工作围绕保障性目标进行。在型号论证中进行作战使命和任务需求分析,提出系统保障性要求,明确关键性能参数,拟定保障方案,确定保障性目标;在工程研制中应用各种相关的技术方法和保障规划,达成保障性目标;新装备列装后,建立和完善保障系统,实现预定的保障性目标;在装备长期使用中,进行持续保障和保障性评价,继而进行系统改进,以提高系统保障性水平。随着装备的发展和战术技术运用的多样化,保障性工程的应用也越来越广泛,并显现出更强的生命力。当前研究“装备保障性工程”学科适应了装备发展及新时期装备质量建设和新装备形成战斗力的需要,反映可靠性、维修性和保障性及其他相关学科向综合化方向发展的趋势,有助于实现装备保障建设新跨越,并为装备全系统全寿命管理提供工程方法。

全书共分7章。第1章概论,主要介绍保障性工程产生的背景及其目标和研究内容;第2章装备系统采办与运行,主要阐述装备采办过程、装备系统工程方法及装备保障性分析技术与应用;第3章确定保障性目标,主要阐述保障性要求的分类、内容、确定程序和方法;第4章实现保障性目标,主要描述可靠性工

程、维修性工程应用及为实现保障性目标而开展的相应保障规划工作;第5章保障系统建立、完善与改进,从全系统管理的角度提出保障系统建立与完善的途径和方法,以及保障系统改进的必要性与装备维修改革的经验做法;第6章保障性试验与评价,分别阐述可靠性、维修性、保障要素试验与评价以及战备完好性评估的方法与实施;第7章保障性管理,提出应遵循的原则,分列了装备寿命周期各阶段保障性工程活动及军方应发挥的职能作用等。该书是作者在近十多年来装备保障工作实践的基础上,对装备保障性工程理论和应用问题进行的系统研究,强调了装备全系统全寿命管理和系统优化,可供装备管理机关、论证部门、研制生产部门以及使用部门的保障专业人员和管理人员参考,也可作为高等院校本科生、研究生的参考书。

感谢总装备部技术基础管理中心宋太亮研究员、王江山副研究员在本书编写的过程中给予的技术支持;感谢军械工程学院甘茂治教授对本书的评审及提出的宝贵建议;感谢总装备部技术基础管理中心张康宝高工、曾天翔研究员、孙惠琴研究员、俞沼研究员等专家对本书提出的宝贵意见;对中国工程院徐滨士院士和杨秀敏院士对本书的推荐表示衷心的感谢;感谢国防科技图书出版基金评审委员会有关专家对本书提出的建议;此外,对在本书编写过程中给予关心和支持的各级领导、专家以及同行表示衷心的感谢。

保障性工程是一门处于发展和不断完善的学科,由于作者水平有限,书中不当之处,恳请读者批评指正。

作者

2013年3月

目 录

第1章 概论	1
1.1 系统思想及相关概念	1
1.1.1 系统的定义	1
1.1.2 系统的特性	2
1.1.3 系统的类型	3
1.1.4 系统的结构及功能	3
1.2 装备全系统全寿命管理	4
1.2.1 装备全系统的概念	4
1.2.2 装备寿命周期过程	5
1.2.3 装备全系统全寿命管理的实施	5
1.3 系统保障性	8
1.3.1 保障性的系统特性	8
1.3.2 保障性的内涵与界定	9
1.3.3 保障性要求与保障性目标	11
1.3.4 系统保障性与作战适用性	12
1.3.5 保障性与装备质量	13
1.3.6 对保障性定义不同理解的分析	15
1.4 保障性工程的背景	17
1.4.1 可靠性工程、维修性工程的发展与应用	17
1.4.2 维修工程学科的发展	18
1.4.3 可靠性系统工程的发展与应用	19
1.4.4 美军采办改革给我们的启示	21
1.4.5 装备保障发展的要求	23
1.5 保障性工程的目标及研究内容	26
1.5.1 装备战斗力的形成机制	26
1.5.2 保障性工程的目标	27
1.5.3 保障性工程的研究内容	28
1.5.4 当前推行保障性工程的意义	28

第2章 装备系统采办与运行	30
2.1 装备系统采办	30
2.1.1 采办准则	30
2.1.2 采办目标	31
2.1.3 采办类型	33
2.1.4 采办过程	34
2.1.5 采办策略	34
2.2 装备系统工程方法与应用	36
2.2.1 装备系统工程概念	36
2.2.2 系统工程方法	37
2.2.3 装备系统采办中的系统工程过程	40
2.3 费用—效能分析	43
2.3.1 装备寿命周期费用	43
2.3.2 效能的度量及模型	44
2.3.3 费用—效能分析应用	45
2.4 装备保障性分析方法及技术运用	46
2.4.1 故障模式、影响及危害性分析	48
2.4.2 故障树分析	50
2.4.3 以可靠性为中心的维修分析	50
2.4.4 修理级别分析	54
2.5 装备系统运行	55
2.5.1 装备运用	55
2.5.2 装备使用中的故障	57
2.5.3 装备维修	65
2.5.4 装备技术运用过程的控制	70
2.6 装备使用与维修保障策略	72
2.6.1 维修保障手段	72
2.6.2 维修新技术引进与应用	73
2.6.3 状态监测与故障诊断	74
2.6.4 装备保障建设的发展	77
第3章 确定保障性目标	79
3.1 保障性要求的内容及确定程序	79
3.1.1 任务需求	79
3.1.2 作战适用性要求	82
3.1.3 系统保障性要求	84

3.1.4	装备保障特性要求和保障系统的要求	85
3.1.5	要求确定的程序	86
3.2	保障特性要求的分类	88
3.2.1	装备系统与作战适用性相对应的要求	88
3.2.2	装备系统及各分系统的要求	88
3.2.3	装备整机要求与重要零部件的要求	89
3.2.4	定量要求与定性要求	89
3.2.5	使用参数与合同参数	90
3.2.6	使用指标与合同指标	94
3.2.7	关键参数	94
3.3	保障特性要求的基础与约束	95
3.3.1	寿命剖面与任务剖面	95
3.3.2	保障方案	96
3.3.3	装备的寿命时间结构	97
3.3.4	故障判别准则	98
3.4	保障性要求确定的依据与要求	99
3.4.1	确定保障性要求的依据	99
3.4.2	确定系统保障性要求的原则	100
3.5	确定保障性要求的方法	101
3.5.1	确定任务需求	101
3.5.2	确定系统保障性要求的程序和步骤	103
3.5.3	可用度要求确定示例	107
3.5.4	使用要求向合同要求的转换	111
3.5.5	在综合论证中确定保障性要求	118
3.6	保障方案	119
3.6.1	保障方案的类别与编制程序	120
3.6.2	保障方案的内容	121
3.6.3	保障方案的编制	124
第4章	实现保障性目标	129
4.1	可靠性工程应用	129
4.1.1	概述	129
4.1.2	可靠性工作项目	131
4.1.3	可靠性工程的发展与应用	136
4.2	维修性工程应用	145
4.2.1	概述	145

4.2.2	维修性工程的特点	146
4.2.3	维修性工作项目	148
4.2.4	维修性工程方法的应用	152
4.3	保障规划	152
4.3.1	概述	153
4.3.2	规划保障的工作内容、方法和要求	153
4.3.3	确定保障要求	154
4.3.4	制定保障计划	158
4.3.5	规划保障资源	160
4.4	软件质量管理	162
4.4.1	需求分析与管理	163
4.4.2	软件工程方法	164
4.4.3	软件 RMS	166
4.4.4	软件过程改进方法	167
4.5	系统安全与人素工程	170
4.5.1	系统安全工作的目标与措施	171
4.5.2	系统安全性工作	171
4.5.3	人素工程	176
第 5 章	保障系统建立、完善与改进	178
5.1	概述	178
5.1.1	保障系统的含义	178
5.1.2	保障系统的任务	178
5.1.3	装备全系统全寿命管理中的保障系统	180
5.1.4	保障系统与保障体制	181
5.2	保障系统建立	182
5.2.1	装备系统的部署保障	182
5.2.2	保障系统建立的时机与条件	185
5.2.3	保障系统建立的方法	186
5.2.4	保障系统建立的标志	190
5.3	保障系统的完善	191
5.3.1	保障系统完善的必要性	191
5.3.2	保障系统完善的准则	194
5.3.3	保障系统完善的途径与方法	195
5.4	保障系统的改进	198
5.4.1	保障系统改进的必要性和可能性	199

5.4.2	20 世纪 80 年代的装备维修改革实践	201
5.4.3	装备维修改革要点	203
第 6 章	保障性试验与评价	209
6.1	试验与评价的目的、分类与实施	209
6.1.1	试验与评价的手段	209
6.1.2	试验与评价的功能和目的	210
6.1.3	试验与评价的分类与实施	211
6.1.4	试验与评价在装备采办各阶段的应用	212
6.2	试验与评价的规划与管理	214
6.2.1	试验与评价过程	214
6.2.2	试验与评价的规划	217
6.2.3	试验与评价总计划	219
6.2.4	试验与评价计划	220
6.2.5	试验保障计划	221
6.3	可靠性试验与评价	222
6.3.1	可靠性试验与评价的目的与分类	222
6.3.2	可靠性鉴定试验和验收试验的统计试验方案	225
6.4	维修性试验与评价	231
6.4.1	维修性试验与评价的目的与分类	231
6.4.2	维修性试验与评价的内容与方法	232
6.5	保障要素的试验与评价	234
6.5.1	试验与评价要点	234
6.5.2	保障方案和保障计划的评价	235
6.5.3	保障资源的试验与评价	236
6.5.4	保障演示与样机分解	239
6.6	战备完好性评估	243
6.6.1	战备完好性评估的实施	243
6.6.2	使用可靠性评估与改进	243
第 7 章	保障性管理	245
7.1	概述	245
7.2	保障性管理应遵循的原则	246
7.3	保障性管理组织机构及职责	248
7.3.1	军方的保障性管理组织机构及职责	249
7.3.2	承制方的保障性管理组织机构及职责	250
7.3.3	保障性联合管理组及职责	250

7.4	保障性工程接口及接口管理	251
7.4.1	保障性工程接口	251
7.4.2	保障性工程接口管理	252
7.5	保障性工程的管理方法	252
7.5.1	系统工程管理	252
7.5.2	并行工程	255
7.6	装备寿命各阶段的保障性工程活动	256
7.6.1	立项论证阶段	256
7.6.2	总要求论证阶段	257
7.6.3	工程研制阶段	257
7.6.4	定型阶段	258
7.6.5	使用阶段	258
7.6.6	退役处置阶段	259
7.7	保障性评审	259
7.7.1	概述	259
7.7.2	保障性评审的类型	259
7.7.3	保障性评审应注意的问题	260
7.8	装备保障性管理中的军方主导作用	260
7.8.1	当前制约装备形成战斗力的因素	261
7.8.2	军方在保障性管理中的职责和工作内容	262
参考文献		263

Contents

Chapter1 Introduction	1
1.1 Systems thought and related concepts	1
1.1.1 Definition of system	1
1.1.2 Characteristics of system	2
1.1.3 Type of system	3
1.1.4 Functionality and efficiency of system	3
1.2 Total life and total system management of equipment	4
1.2.1 Definition of equipment total system	4
1.2.2 Life cycle process of equipment	5
1.2.3 The total life management implementation of equipment system	5
1.3 Supportability of system	8
1.3.1 The equipment system of supportability	8
1.3.2 The meaning and definition of supportability	9
1.3.3 The requirements and objectives of supportability	11
1.3.4 System supportability and operational applicability	12
1.3.5 Supportability and equipment quality	13
1.3.6 The analysis of the supportability definition	15
1.4 The background of supportability engineering	17
1.4.1 The development and application of reliability & maintainability engineering	17
1.4.2 The development of maintenance engineering	18
1.4.3 The development and application of reliability systems engineering	19
1.4.4 The enlightenment from America military acquisition reform	21
1.4.5 Requirements of equipment support development	23
1.5 The objectives and research contents of supportability engineering	26
1.5.1 The formation mechanism of equipped battle effectiveness	26

1.5.2	The objectives of supportability engineering	27
1.5.3	The content of supportability engineering	28
1.5.4	The implementation significance of supportability engineering	28
Chapter 2	The acquisition and employment of equipment systems	30
2.1	Equipment systems acquisition	30
2.1.1	Acquisition standards	30
2.1.2	Acquisition target	31
2.1.3	Acquisition type	33
2.1.4	Acquisition process	34
2.1.5	Acquisition strategy	34
2.2	The method and application of system engineering	36
2.2.1	The definition of equipment system engineering	36
2.2.2	System engineering methods	37
2.2.3	System engineering process in equipment system acquisition process	40
2.3	Cost-effectiveness analysis	43
2.3.1	Equipment life cycle cost	43
2.3.2	Effectiveness measurement and model	44
2.3.3	The application of costs-effectiveness analysis	45
2.4	Equipment supportability analysis and technology applications	46
2.4.1	Failure modes, effects and criticality analysis	48
2.4.2	Fault tree analysis	50
2.4.3	Reliability-centered maintenance analysis	50
2.4.4	Level of repair analysis	54
2.5	Equipment system employment	55
2.5.1	Equipment employment	55
2.5.2	Equipment operation-failure	57
2.5.3	Equipment maintenance	65
2.5.4	Technology process control of equipment	70
2.6	Operation and maintenance support strategy of equipment	72
2.6.1	Means of maintenance support	72
2.6.2	The introduction and applications of new maintenance technologies	73
2.6.3	Condition monitoring and fault diagnosis	74
2.6.4	The development of equipment support	77

Chapter 3 The determination of supportability goal	79
3.1 Supportability requirements and determination procedures	79
3.1.1 Task demand	79
3.1.2 Operational suitability requirements	82
3.1.3 System supportability requirements	84
3.1.4 The requirements of equipment supportability and support system	85
3.1.5 The procedures of supportability requirements determination	86
3.2 The classification of supportability requirement	88
3.2.1 Operational suitability requirements of equipment systems	88
3.2.2 The requirements of equipment system and subsystems	88
3.2.3 The requirements of equipment and the important parts	89
3.2.4 Quantitative requirements and qualitative requirements	89
3.2.5 Operational parameter and contractual parameter	90
3.2.6 The operational indicators and contract indicators	94
3.2.7 Key parameters	94
3.3 The basis and constraints of the supportability requirements	95
3.3.1 Life-profile and mission-profile	95
3.3.2 Support concept	96
3.3.3 The life time structure of equipment	97
3.3.4 Failure criterion	98
3.4 The determination basis and principle of supportability requirements	99
3.4.1 The determination basis of supportability requirements	99
3.4.2 The principle of supportability requirements	100
3.5 The determination method of supportability requirements	101
3.5.1 Identifying mission requirements	101
3.5.2 Determining procedures and steps of system supportability requirements	103
3.5.3 The examples of availability requirement identify	107
3.5.4 The conversion of operation requirement and contract requirements	111
3.5.5 Identifying supportability requirements in demonstration process	118
3.6 Support concept	119
3.6.1 Support concept categories and establishing procedures	120