

# 装备技术 保障运筹分析

郝杰忠 杨建军 杨若鹏 著



国防工业出版社  
National Defense Industry Press

# 装备技术保障运筹分析

郝杰忠 杨建军 杨若鹏 著

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

装备技术保障运筹分析 / 郝杰忠, 杨建军, 杨若鹏著.  
北京: 国防工业出版社, 2006. 9

ISBN 7-118-04710-4

I. 装... II. ①郝...②杨...③杨... III. 武器装备 - 军械技术保障 - 研究 IV. E075

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 091934 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 100044)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

\*

开本 850 × 1168 1/32 印张 7 $\frac{3}{4}$  字数 200 千字

2006 年 9 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 16.00 元

---

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

## 前 言

装备技术保障是装备保障的重要组成部分,它贯穿于装备服役的整个过程。在现代高技术局部战争中,装备技术保障已成为军事活动的重要组成部分,影响着战役战术的制定和运用,制约着战争的规模、进程和结局,其地位作用尤为突出。因此,搞好装备技术保障与发展武器装备、搞好军事训练一样,具有同等重要的意义。

在美军标准中,装备技术保障属于“综合后勤保障”(Integrated Logistic Support, ILS)范畴,在伊拉克战争中,美军已实现了“精确化”后勤保障。面对世界新军事变革的挑战,如何实现装备技术保障的科学化、精确化便成为部队日常管理和未来作战运用面临的研究课题。然而,仅靠传统的定性分析方法,技术保障的许多问题,例如可靠性分析、费用—效能分析、维修策略制定、备件储备与保障、技术保障力量运用等都无法得到满意的解决方案,于是,针对这些问题运用定量或定量和定性相结合的方法对其研究,将为科学决策提供支持。这便是作者撰写该书的初衷。

全书共8章,第1章主要论述装备技术保障概念、装备技术保障运筹分析研究的内容与方法以及分析准则;第2章简要介绍了装备技术保障运筹分析基础理论;第3章阐述了故障模式影响及危害性分析以及故障树分析的理论和方法;第4章定量研究了装备技术保障中的费用管理、装备费用—效能分析、装备库存与更新管理和装备质量监控;第5章阐述了装备维修

方案、维修级别分析、维修任务分析等内容;第6章主要研究了装备备件需求量、装备备件保障系统建模、装备备件运行量等内容;第7章定量分析了装备技术保障任务、技术保障人员和设备确定以及维修保障力量运用的决策方法;第8章论述了装备战场损伤评估与修复分析的有关理论。

全书由郝杰忠策划设计并负责统筹定稿,撰写具体分工:第1章、第3章至7章由郝杰忠执笔,第2章、第8章、附录由杨建军、杨若鹏执笔。

本书是在系统总结和吸收我军装备技术保障实践与研究成果基础上撰写的,同时也参考、吸取了各军兵种和院校的相关著作、论文和教材,并得到军事科学院、解放军理工大学、军械工程学院、第二炮兵指挥学院等许多单位和学者的支持和帮助,在此一并表示感谢。

装备技术保障发展迅速、实践性强,尽管我们在撰写过程中特别注重内容的创新以及与实践的结合,但是由于作者水平有限,错误和不妥之处在所难免,敬请各位同行和读者批评指正。

作者

2006年6月

# 目 录

<b>第 1 章 绪论</b> .....	1
1.1 概述 .....	1
1.1.1 装备技术保障定义 .....	1
1.1.2 装备技术保障基本内容及其相互关系 .....	1
1.1.3 装备技术保障地位和作用 .....	4
1.2 装备技术保障运筹分析研究的内容与方法 .....	6
1.2.1 装备技术保障运筹分析定义及特性 .....	6
1.2.2 装备技术保障运筹分析研究的内容 .....	7
1.2.3 装备技术保障运筹分析的步骤与方法 .....	9
1.3 装备技术保障运筹分析准则 .....	12
1.3.1 系统化准则 .....	12
1.3.2 目标准则 .....	13
1.3.3 优化与满意准则 .....	14
1.3.4 定性与定量相结合准则 .....	15
<b>第 2 章 装备技术保障运筹分析基础理论</b> .....	17
2.1 线性规划 .....	17
2.1.1 基本概念 .....	17
2.1.2 标准数学模型 .....	19
2.1.3 数学模型的特征及建模步骤 .....	19
2.1.4 线性规划求解 .....	20
2.2 动态规划 .....	20
2.2.1 基本概念 .....	20
2.2.2 基本方程 .....	22
2.2.3 利用动态规划模型解题的步骤 .....	25

2.3	决策论 .....	26
2.3.1	基本概念 .....	26
2.3.2	确定型决策与不确定型决策 .....	28
2.3.3	风险型决策 .....	30
2.4	排队论 .....	32
2.4.1	基本概念 .....	32
2.4.2	排队系统常用分布 .....	33
2.4.3	排队服务系统的分类 .....	34
2.4.4	排队服务系统的运行指标 .....	34
2.4.5	排队论的典型模型介绍 .....	35
2.5	网络评审法 .....	41
2.5.1	基本原理 .....	41
2.5.2	网络图的构成 .....	41
2.5.3	网络评审法的工作步骤 .....	41
<b>第3章</b>	<b>装备系统可靠性分析 .....</b>	<b>47</b>
3.1	可靠性参数及指标 .....	47
3.1.1	可靠性概念 .....	47
3.1.2	常用可靠性参数 .....	49
3.1.3	可靠性指标的确定要求 .....	53
3.2	系统可靠性模型建立 .....	55
3.2.1	系统可靠性的概念 .....	55
3.2.2	串联系统 .....	56
3.2.3	并联系统 .....	57
3.2.4	混联系统 .....	60
3.3	装备故障模式及影响分析 .....	61
3.3.1	FMEA 的列表分析法 .....	62
3.3.2	FMEA 的矩阵分析法 .....	64
3.4	故障树分析 .....	68
3.4.1	故障树的建立 .....	69
3.4.2	故障树的评价 .....	73

3.4.3	故障树分析法的优缺点 .....	80
3.4.4	故障树分析实例 .....	81
<b>第4章</b>	<b>装备管理运筹分析 .....</b>	<b>88</b>
4.1	技术保障费用管理运筹分析 .....	88
4.1.1	装备技术保障费用组成 .....	89
4.1.2	装备技术保障费用分析的一般步骤 .....	89
4.1.3	装备技术保障费用估算 .....	92
4.1.4	费用资金的时间价值 .....	95
4.2	技术保障费用—效能分析 .....	98
4.2.1	效能的概念 .....	98
4.2.2	装备技术保障费用—效能分析过程 .....	99
4.2.3	装备技术保障费用—效能综合权衡模型 .....	102
4.3	装备库存与更新管理 .....	105
4.3.1	装备库存管理 .....	105
4.3.2	装备更新管理 .....	110
4.4	装备质量监控 .....	114
4.4.1	装备质量控制方法 .....	114
4.4.2	装备状态监测技术 .....	120
<b>第5章</b>	<b>装备维修运筹分析 .....</b>	<b>125</b>
5.1	维修方案的确定 .....	125
5.1.1	维修方案的概念 .....	125
5.1.2	维修方案的作用 .....	125
5.1.3	修理策略的选择 .....	126
5.1.4	维修方案的形成 .....	128
5.2	维修级别分析 .....	130
5.2.1	维修级别的划分 .....	130
5.2.2	维修级别分析 .....	131
5.3	维修工作分析 .....	137
5.3.1	维修工作确定 .....	137
5.3.2	维修工作分析 .....	139



5.3.3	维修工作分析所需信息 .....	143
5.3.4	维修工作分析中应注意的问题 .....	143
<b>第6章</b>	<b>装备备件保障运筹分析 .....</b>	<b>145</b>
6.1	装备备件需求量分析与确定 .....	145
6.1.1	装备备件确定的程序与步骤 .....	145
6.1.2	平时备件需求量的计算 .....	147
6.1.3	战时备件消耗量的计算 .....	148
6.2	装备备件保障系统模型 .....	150
6.2.1	三级备件保障系统的结构及保障流程 .....	150
6.2.2	备件保障系统的基本参量 .....	151
6.2.3	备件保障度 .....	152
6.2.4	三级备件保障系统建模 .....	153
6.3	装备备件运行量分析与确定 .....	155
6.3.1	基于保障度的备件运行量模型 .....	155
6.3.2	基于运输能力的备件运行量模型 .....	157
<b>第7章</b>	<b>装备技术保障力量运用运筹分析 .....</b>	<b>161</b>
7.1	装备技术保障任务定量分析 .....	161
7.1.1	装备保养任务量的计算 .....	161
7.1.2	装备备件需求量确定 .....	162
7.1.3	装备修理任务量预计 .....	162
7.2	装备技术保障人员的确定 .....	167
7.2.1	使用人员确定 .....	167
7.2.2	维修人员确定 .....	168
7.3	装备技术保障设备的选配 .....	171
7.3.1	技术保障设备分类 .....	171
7.3.2	技术保障设备选配时应考虑的因素 .....	172
7.3.3	技术保障设备需求确定 .....	173
7.3.4	技术保障设备的获取 .....	174
7.4	战时装备技术保障力量配置 .....	175
7.4.1	战时维修保障力量配置的方法 .....	176

7.4.2	维修保障力量配置策略 .....	177
7.4.3	维修保障力量需求决策 .....	180
<b>第8章</b>	<b>装备战场抢修运筹分析 .....</b>	<b>184</b>
8.1	装备战场抢修的研究方法 .....	184
8.1.1	装备战场损伤评估与修复(BDAR)分析的基本原理 .....	184
8.1.2	装备战场损伤评估与修复(BDAR)的分析程序 .....	186
8.2	装备损伤模式及影响分析 .....	190
8.2.1	有关概念 .....	190
8.2.2	损坏模式及影响分析的方法 .....	191
8.3	装备战场损伤评估 .....	198
8.3.1	战场损伤评估的内容 .....	198
8.3.2	战场损伤评估的程序 .....	198
8.3.3	战场损伤评估的检测方法 .....	198
8.3.4	损伤评估方法 .....	199
8.3.5	战场损伤评估报告 .....	202
8.4	装备战场损伤修复 .....	204
8.4.1	装备战场损伤修复方法 .....	204
8.4.2	高新技术在装备战场抢修中的应用 .....	207
<b>附录</b>	<b>与装备技术保障有关的常用词汇(英汉对照) .....</b>	<b>215</b>
<b>参考文献</b>	<b>.....</b>	<b>223</b>

# 第1章 绪论

## 1.1 概述

### 1.1.1 装备技术保障定义

装备技术保障是我军的提法,这一表述有它自己的特色和发展历史,下面结合我军对装备的研究现状以及自己的认识,来探讨“装备技术保障”的定义。

总起来说,技术保障的定义有狭义、广义之分。

狭义的定义是指为保持与恢复列装后装备的规定性能而进行的保养、修理、检查、改装、管理等活动的统称。

较为广义的定义就是“综合保障工程”,即在装备设计中综合规划所需的保障问题,并在装备部署使用的同时,以最低费用为目标,提供与装备相互匹配的保障资源,建立保障体系,来满足战备和任务要求所进行的一系列技术与管理活动。

狭义的定义基本符合目前我军的实际情况,而广义的定义则是所期望的较为理想的状况。

### 1.1.2 装备技术保障基本内容及其相互关系

#### 1.1.2.1 装备技术保障基本内容

关于装备技术保障的基本内容,既与技术保障定义的理解密切相关,又与编制体制的状况有关。按照我军目前的编制体制,技术保障活动一般是指从装备开始服役到报废为止这一过程中的保障活动,或者更明确一点说,我军技术保障的基本内容一般只包括装备全生命周期中的服役直至退役这一特定阶段所需的技术性和

管理性的保障活动。因此,这里主要是根据我军装备技术保障的现行状况来描述装备技术保障的基本内容。

我军装备技术保障的基本内容可主要划分为5个方面:

(1) 关于装备本身的保障活动,主要包括装备在使用、保养、修理中所需的各项保障活动;

(2) 关于保障系统筹措与部署活动,主要包括保障系统的采购、储存、分配、输送及使用管理;

(3) 对使用装备及其保障系统各类人员的编配、培训和管理;

(4) 技术保障各项规章制度、标准、规范的制定和贯彻;

(5) 关于保障系统的研制工作,既包括重新研制,也包括补充研制。

#### 1.1.2.2 装备技术保障各项基本内容之间的关系

我军装备技术保障的5个方面基本内容的相互关系,如图1-1所示。

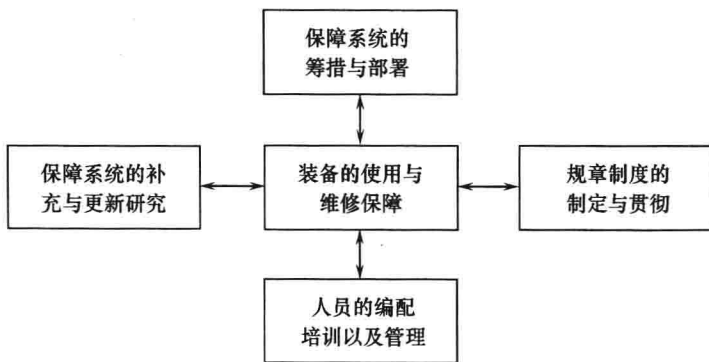


图1-1 装备技术保障基本内容及其相互关系

##### 1. “装备的使用与维修保障”与其他各内容的关系

“装备的使用与维修保障”是技术保障的基础和核心,既决定着保障系统的构成,也是“人员的编配培训以及管理”的依据和“规章制度的制定与贯彻”的目的,同时也是“保障系统的补充与更新研究”工作的出发点和归宿。

## 2. “保障系统的筹措与部署”与其他各内容的关系

“保障系统的筹措与部署”是“装备的使用与维修保障”得以实施的先决条件,它同时也影响保障“人员的编配培训以及管理”以及保障“规章制度的制定与贯彻”,显然,“保障系统的筹措与部署”的水平及有效性,又同“保障系统的补充与更新研究”密切相关。

## 3. “规章制度的制定与贯彻”与其他各内容的关系

技术保障的规章制度虽然立足于“装备的使用与维修保障”的实践活动,但规章制度一旦制定,就对该实践活动具有无条件的规范、指导作用;技术保障的规章制度与“保障系统的筹措与部署”的关系,可以用这样一句话来概括:没有技术保障的规章制度就没有保障系统的筹措与部署,有什么样的规章制度,就只能也应该有什么样的保障系统。这句话有两层意思:一是一切保障系统的筹措与部署活动都需要在一定规章制度下才能实施,二是一切保障系统的筹措与部署活动都必须和只能在一定规章制度下实施。第一和第二两层意思分别强调规章制度对保障系统筹措与部署的必要性和强制性。

## 4. “保障系统的补充与更新研究”与其他各内容的关系

“保障系统的补充与更新研究”,不仅是促进“保障系统”技术进步的主要动力,而且在制式的“保障系统”被接受之前,即可直接在“装备的使用与维修保障”活动中起作用,同时这种更新研究还对规章制度的改革和人员培训质量的提高有着重大的推动作用。因此,可以毫不夸大地说,围绕“保障系统的更新”而开展的形式多样的技术保障科研工作“效费比”最高的工作,是促进装备技术保障迅速发展的最活跃的因素。

由以上简要说明可见,我军现行的装备技术保障工作,尽管仅限于装备的服役阶段,但是其本身也构成了一个相当复杂的系统。在这个系统中运动着的東西可以概括为物质流和信息流两大类。装备技术保障所需的各种物质手段,例如:零配件、工具、器材、仪器、设备等的采购、储存、分配、运送及使用属于物质流的运动;而

各项规章制度、标准、规范的制定及贯彻,技术保障各层次、各部门之间的相互联络与协调等各项管理活动,以及科研工作的全过程及其成果的推广运用,则属于信息流动的运动。因此可以说装备技术保障的全部内容就是对这种特定的物质流和信息流的运动的认识、控制和运用,图 1-1 所示的装备技术保障的 5 个组成部分之间的连线实质上是代表各组成部分之间的物质流和信息流的运动。

### 1.1.3 装备技术保障地位和作用

#### 1.1.3.1 装备技术保障是武器装备发挥最佳作战效能的前提

随着高新技术在装备领域的运用,现代武器装备在侦察监测能力、突防能力、命中精度、毁伤威力、机动能力、生存能力等方面都有显著的提高。然而,在其军事效能大大提高的同时,也变得非常复杂和脆弱,储存、保管、使用、维修的技术要求也都极为严格,装备技术保障工作的好坏直接关系到其战术技术性能的发挥。

在海湾战争中,美军的高技术武器装备之所以能够较好地发挥了其军事效能,是与其良好的装备技术保障工作分不开的。在战争期间,由于美军指挥官强调根据沙漠地区特点,对 M1-A1 坦克的空气滤清器经常进行清洗、检查和保养,使其在整个作战行动中保持了很高的战备完好率,避免了许多沙漠环境下可能发生的故障。相反,因为装备技术保障工作跟不上而影响武器装备发挥效能甚至不能发挥作用的也不乏其例。如在英阿马岛战争中,阿根廷军队从联邦德国买来的两艘现代化潜艇,由于其装备技术保障措施跟不上,致使在战斗中跟踪英舰时发射的鱼雷没有爆炸,贻误了战机,制造厂家又迟迟不来修理,最终这两艘潜艇在战争中根本没有发挥作用。

由此可见,高技术武器装备需要有高质量的装备技术保障,离开了良好的装备技术保障这个前提,再先进的高技术武器装备也只能是徒有虚名。

### 1.1.3.2 装备技术保障是军队战斗力的“倍增器”

装备使用强度大,装备故障和损伤的比例高,是现代战争装备面临的主要问题。这就需要采取及时有效的技术措施,恢复受损武器装备的战术技术性能,使损坏的武器得以“再生”。因此,装备技术保障工作对于恢复和保持军队的战斗力具有非常重要的意义。

据预测,在现代战争中,坦克的昼夜损坏率可达 1/3,甚至一半,能否使损坏的坦克恢复战斗能力,直接关系到部队战斗力的增减。一支坦克部队在连续作战时,坦克每昼夜的平均损坏率按 10%~20% 计算,如果没有修复能力,经过 5 昼夜,能够连续作战的坦克数量只有 40%~50%。如果有一定的修复能力,能够修复 60%~70% 的损坏坦克,那它经过 12 个~16 个昼夜战斗,能继续作战的坦克数量还能达到参战时的 40%~50%,也就是说,有修复能力情况下的坦克利用率可比没有修复能力情况下提高 1 倍~2 倍。可见,搞好装备技术保障工作,可以大大恢复和提高部队战斗力。

### 1.1.3.3 装备技术保障具有军事和经济双重效益

装备技术保障的作用,不仅在于它能够使军队的武器装备保持高水平的战备完好率,战时能最大限度地发挥其军事效能,产生较高的军事效益,而且它也能带来明显的经济效益。这一点在高技术战争中显得尤为突出。这是因为武器装备高技术含量越高,造成装备价格昂贵,在加上战争的激烈程度越强,造成的损失也越严重。如此高投入、高损坏,必然给参战国带来难以承受的财政负担,而高质量的装备技术保障则是解决这一难题的有效手段。

首先,通过采取各种装备技术保障措施,维护、使用好武器装备,可使其自然磨损降低到最小程度,保持装备良好的战术技术性能,延长装备的使用寿命,从而体现出装备技术保障的军事效益与经济效益。其次,修理损坏的武器装备,使其“再生”,同样可以产生明显的军事效益和经济效益。再次,运用各种技术手段,通过对武器装备进行必要的改装和改造,既可以改善和提高武器装备的性能,也可以延长武器装备的使用寿命,从而产生明显的军事效益

和经济效益。

当然,装备技术保障工作需要投入一定的人力、物力和财力,而且,装备技术保障所需的这些投入呈现越来越多的趋势,但是,与其所产生的军事效益和经济效益相比,产出远远大于投入,这也是各国军队普遍重视装备技术保障工作的根本原因。

## 1.2 装备技术保障运筹分析研究的内容与方法

### 1.2.1 装备技术保障运筹分析定义及特性

#### 1.2.1.1 装备技术保障运筹分析的定义

装备技术保障运筹分析是研究装备技术保障问题的定量分析及决策优化的理论和方法。装备技术保障运筹分析是军事运筹学的一个重要分支。装备技术保障运筹分析,是为装备技术保障问题优化决策提供数量依据的一种科学实践活动。

#### 1.2.1.2 装备技术保障运筹分析的特性

##### 1. 全局性观点

装备技术保障运筹分析把对象视为多种要素和子系统组成的一个复杂系统。首先对其功能关系进行全面分析,使所有相互影响的重要功能关系与它们相关要素得以定量描述,然后对全系统进行整体功能优化,而不是只从子系统或部分功能上进行优化,它体现了装备技术保障问题的全局与局部之间,系统的目标、评价准则与功能、效果之间的辩证统一关系。

##### 2. 边缘学科交叉

战争和军事运筹实践表明,装备技术保障与军事学、数学、系统科学、计算机技术、经济学、技术科学及社会学等学科结合解决军事决策问题,不仅可以彼此取长补短,而且由于应用多种知识从不同角度分析综合问题,更能揭示问题的实质,更有把握获得问题求解的成功。随着科学技术的不断发展,大量高技术广泛应用于军事,使得装备技术保障这一领域运筹分析更需运用多学科知识。



### 3. 揭示新问题和规律

装备技术保障运筹分析在应用其基本理论与方法求解问题和为装备技术保障决策科学化咨询服务过程中,不仅能提供定量依据,而且还能进一步揭露新的问题,引发新的思维,发现问题的内在规律,从而促进军事理论和装备技术保障理论的发展,并产生新的装备技术保障运筹分析理论。

## 1.2.2 装备技术保障运筹分析研究的内容

### 1.2.2.1 装备可靠性分析

装备可靠性分析与装备技术保障的关系主要体现在以下两个方面。

(1) 装备可靠性分析为装备技术保障工作提供科学依据。使各种技术保障措施,诸如预防维修、定期保养、战备储备以及技术力量的培训和配置建立在更加可靠的科学的基础之上。

(2) 装备可靠性分析使得装备在列装前后的技术保障工作紧密结合在一起,各种信息在装备全寿命各阶段进行有效的流通,形成技术保障工作的良性循环。

装备的可靠性不完全是一项固有性能,对于装备的使用管理者来说,不应将装备可靠性看作是与己无关的“设计特性”。相反,装备的可靠性管理在列装后的各项管理活动中将起着举足轻重的作用。特别在装备的技术保障工作中,可靠性工作的作用具体体现在以下几个方面。

(1) 正确使用装备,尽可能减少人为因素造成的损坏,保持装备较高的战斗力。

(2) 通过装备的可靠性分析,得出各种型号装备的可靠性特点及故障规律,以此确定技术保障所需配件、材料及各种供应保障。

(3) 逐步确立以“可靠性为中心的维修”思想及相应的维修体制。

本书第3章首先介绍可靠性参数和指标以及系统可靠性模型