



装备费用 ——效能分析——

ZHUANGBEI FEIYONG XIAONENG FENXI



王玉泉 主编



国防工业出版社
National Defense Industry Press

装备费用—效能分析

王玉泉 主编

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

装备费用—效能分析 / 王玉泉主编. —北京: 国防工业出版社, 2010. 12

总装部队军事训练“十一五”统编教材

ISBN 978 - 7 - 118 - 07222 - 8

I. ①装... II. ①王... III. ①武器装备—设备时间利用率—教材②武器装备—性能分析—教材 IV. ①E144. 7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 247095 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)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 880 × 1230 1/32 印张 8 1/2 字数 240 千字

2010 年 12 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 21.00 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

总装备部军事训练统编教材 编审委员会

(2008)

主任委员 夏长法

副主任委员 邱爱慈 聂 峰

委 员 于俊民 徐克俊 周朝猛 安敏建

史续生 陈 波 孙宝升 冯书兴

唐清安 单志伟 杨 军 魏震生

张大伟 姜世忠 熊家新 田 禾

秘 书 宋安基 石根柱

本书编委会名单

主 编 王玉泉

编 委 郭齐胜 陈永龙 刘福胜

何成铭 吴 伟 王洪炜

前 言

装备的费用—效能分析是系统工程原理和方法在装备系统工程应用中的重要组成部分,是研究对有限的资源进行合理分配以获得最佳军事利益的方法,是进行武器装备系统方案选优的重要决策支持工具和关键技术。随着现代武器装备系统性能和复杂程度的不断提高,装备效能和费用上涨的矛盾日益尖锐。发达国家特别是美国已高度重视,提出了装备效能和寿命周期费用的概念,并对武器装备的费用和效能进行了深入系统的研究,建立了装备费用—效能分析的科学方法,在装备系统的寿命周期内开展全过程实施与控制,在陆、海、空、天各类武器装备的规划、研制、部署和作战使用中得到了广泛应用,取得了显著成效。

为使军队院校研究生学员更好地通过装备费效分析知识的学习,了解费效分析在装备建设中的重要地位和作用,熟练掌握装备费效分析的基本原理和方法,为学员从事装备采办和装备全寿命管理工作以及相关科学研究打牢必要的理论和方法基础,我们在总结本领域国内外最新研究成果的基础上,结合近年来的教学与科研实践,按照 GJB 1364《装备费用—效能分析》所规范的基本思想,从技术和应用角度对装备费效分析的理论和方法展开论述,编著了《装备费用—效能分析》教材。

本教材共 7 章。第 1 章介绍装备费效分析的基本概念、目的、任务、重要性及其发展;第 2 章和第 3 章分别对装备费用分析和效能分析展开论述,包括费用的定义及其类别、寿命周期费用的概念、费用的时间价值和可比性、费用的分解结构、费用估算程序、费用估算方法和费用模型、费

用分析以及效能的定义、效能的度量、效能分析、效能模型、效能评估方法等;第4章阐述装备费效分析的基本内容,主要是费效分析的概念和性质、费效分析基本原理和要素与基本程序以及费效分析中的不确定性和风险;第5章讨论装备费用—效能分析的主要方法,包括费效比分析、费效权衡的比例模型、费效分析评价方法以及费效分析中的不确定性与风险的分析方法;第6章介绍装备费用—效能分析管理的内容,主要包括费效分析管理的目的和要求、寿命周期各阶段费效分析管理和费效分析的要点、费效分析报告及其评审;第7章是装备费用—效能分析综合应用,介绍了性能指标的权衡、备选方案的选择、寿命周期费用分析,给出了军用飞机的费效分析、舰船装备的费效分析、坦克装甲车辆的费效分析等几个典型应用案例。

本教材参考和吸收了当今有关装备费效分析研究和应用方面的最新成果。在编写过程中,得到了装备指挥技术学院冯书兴教授、装甲兵工程学院单志伟教授等多位学者的指导和帮助,在此一并表示衷心的感谢。

本书适用于军队院校武器系统与运用工程及其相关专业研究生教学使用,也可作为本科生的学习参考书;同时可作为装备采办管理与技术人员的培训教材,也可供装备承制部门的工程技术人员借鉴。

本教材由王玉泉主编,王玉泉、郭齐胜、陈永龙、刘福胜、何成铭、吴纬、王洪炜参加了编写工作。

由于作者水平有限,不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2010年2月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 装备费用—效能分析概述	1
1.1.1 费效分析的定义	1
1.1.2 费效分析的目的和任务	2
1.1.3 费效分析的内容	3
1.1.4 费效分析的时机	6
1.2 装备费用—效能分析的重要性	7
1.2.1 费效分析是装备采办决策的重要支持	7
1.2.2 费效分析是系统方案选优的重要途径	7
1.2.3 费效分析是装备系统工程管理的重要环节	8
1.2.4 费效分析是降低装备寿命周期费用的 重要保证	9
1.3 费用—效能分析的发展	12
第2章 装备费用分析	15
2.1 寿命周期费用的定义及费用单元	15
2.2 费用的时间价值及可比性	16
2.2.1 费用的时间价值	16
2.2.2 费用时间价值的计算	16
2.2.3 物价指数对费用的影响	19
2.2.4 学习曲线对费用的影响	21
2.2.5 费用的可比性	22
2.3 费用分解结构	25
2.3.1 费用分解结构的定义	25

2.3.2	对费用分解结构的要求	26
2.3.3	装备典型寿命周期费用分解结构	27
2.4	费用估算程序	29
2.5	费用估算方法	33
2.5.1	工程估算法	33
2.5.2	参数估算法	37
2.5.3	类比估算法	42
2.5.4	专家判断估算法	45
2.5.5	估算方法的适用性	50
2.6	寿命周期费用分析	50
2.6.1	寿命周期费用分析的概念	50
2.6.2	寿命周期费用分析的应用	52
第3章	装备效能分析	53
3.1	效能及其度量	53
3.1.1	效能的定义	53
3.1.2	效能的度量	53
3.2	效能分析	69
3.2.1	效能分析的基本步骤	69
3.2.2	效能分析的基本方法	71
3.2.3	效能模型	73
3.2.4	效能分析应注意的事项	75
3.3	指标效能模型	76
3.3.1	射击效能模型	77
3.3.2	搜索效能模型	81
3.3.3	可用性模型	88
3.3.4	可信性模型	92
3.4	系统效能模型	95
3.4.1	美国工业界装备效能咨询委员会的模型	96
3.4.2	美国海军的系统效能模型	109
3.4.3	由子模型联合的复合模型	109

3.4.4	效能指数的一般分析方法	110
3.5	作战效能模型	119
3.5.1	指数模型	119
3.5.2	兰彻斯特战斗模型	121
第4章	装备费用—效能分析基础	125
4.1	概述	125
4.1.1	费效分析的内涵	125
4.1.2	费效分析与武器系统分析	125
4.2	费效分析的性质	126
4.2.1	费效分析具有系统工程的特征	126
4.2.2	费效分析是有力的决策支持工具	127
4.2.3	费效分析强调方案权衡和定量分析	127
4.3	费效分析的基本原理和基本要素	128
4.3.1	基本原理	128
4.3.2	基本要素	129
4.4	费效分析的基本程序	129
4.4.1	收集信息	129
4.4.2	确定要求和目标	130
4.4.3	建立假定和约束条件	131
4.4.4	拟定备选方案	134
4.4.5	确定决策准则	141
4.4.6	分析效能和费用	142
4.4.7	权衡备选方案	142
4.4.8	分析风险和不确定性	142
4.4.9	分析结果的评价与反馈	143
4.4.10	输出结果	144
4.5	费效分析中的不确定性	144
4.5.1	需求的不确定性	145
4.5.2	质量的不确定性	145
4.5.3	使用维修的不确定性	146

4.5.4	效能和费用的不确定性	146
4.6	费效分析中的风险	147
4.6.1	技术风险	150
4.6.2	计划风险	150
4.6.3	保障性风险	151
4.6.4	费用和进度风险	151
4.6.5	各类风险的相互关系	152
4.7	费用和使用效能分析	153
第5章	装备费用—效能分析方法	155
5.1	费效比分析	155
5.1.1	费效比的概念	155
5.1.2	费效比的综合性特征	156
5.1.3	费效比分析	158
5.2	费效权衡的比例模型	158
5.2.1	费效指数	158
5.2.2	比例模型	159
5.2.3	基于比例模型的费效权衡分析	160
5.3	费效分析评价方法	161
5.3.1	关联矩阵法	162
5.3.2	基于理想点的多目标决策评价法	166
5.3.3	可拓工程方法	168
5.4	费效分析中的不确定性分析方法	172
5.4.1	随机性及其分析方法	172
5.4.2	模糊性及其分析方法	173
5.4.3	未确知性及其分析方法	173
5.5	费效分析中的风险分析方法	175
5.5.1	等风险轮廓线法	175
5.5.2	风险参数法	176
5.5.3	概率事件分析法	179
5.5.4	决策分析法	180

5.5.5	风险评审技术	184
第6章	装备费用—效能分析管理	193
6.1	费效分析管理概述	193
6.1.1	管理目的	193
6.1.2	管理要求	193
6.2	装备寿命周期各阶段费效分析管理	195
6.2.1	论证阶段的费效分析管理	195
6.2.2	方案阶段的费效分析管理	195
6.2.3	工程研制阶段的费效分析管理	196
6.2.4	生产阶段的费效分析管理	196
6.2.5	使用阶段的费效分析管理	197
6.2.6	退役阶段的费效分析管理	197
6.3	费用—效能分析管理的要点	197
6.4	费效分析报告及评审	198
6.4.1	费效分析报告及其主要内容	198
6.4.2	费效分析报告的评审	199
6.4.3	评审核对表	199
第7章	装备费用—效能分析综合应用	204
7.1	性能指标的权衡	204
7.1.1	分析费用	204
7.1.2	分析效能	209
7.1.3	优化求解	211
7.1.4	关于性能指标间权衡的讨论	212
7.2	备选方案的选择	216
7.2.1	分析效能	217
7.2.2	分析费用	217
7.2.3	方案的权衡	218
7.2.4	灵敏度分析	219
7.3	寿命周期费用分析	220
7.3.1	费用估算	221

7.3.2	费用分析及结果	224
7.4	军用飞机的费效分析	226
7.4.1	飞机的经济寿命	226
7.4.2	飞机的寿命周期费用估算	231
7.4.3	飞机效能	239
7.4.4	费效分析	239
7.5	舰船装备的费效分析	241
7.5.1	舰船寿命周期费用构成	241
7.5.2	效费比指标	243
7.5.3	舰船寿命周期费用估算	244
7.6	坦克装甲车辆的费效分析	250
7.6.1	坦克装甲车辆的寿命周期费用	250
7.6.2	费用—效能分析方法	251
参考文献		255

第 1 章 绪 论

1.1 装备费用—效能分析概述

发展和研制任何一种装备系统都要考虑如何能使消耗的资源尽可能少,而取得的效能尽可能高。在武器系统的设计、研制、生产、使用过程中,人们经常使用“费用”与“效能”去衡量或评价各个系统方案的优劣。效能和费用是装备系统的分析与设计、开发与研制、生产与采购、使用与维修、保障与管理等决策的重要目标或制约条件。对于军用装备或复杂产品来说,在系统寿命周期费用的制约下求得最大的系统效能(或在保证一定的系统效能条件下使系统寿命周期费用最少)已受到更多的关注,费用效能准则已成为评价装备系统是否适用的主要准则,费用—效能分析(简称费效分析)则是装备系统分析中的重要内容之一,在装备系统的发展研制与装备使用过程中具有决定性的意义。

1.1.1 费效分析的定义

根据 GJB 1364《装备费用效能—分析》的定义,费用—效能分析是“通过确定目标,建立备选方案,从费用和效能两方面综合评价各方案的过程”。也即研究少花钱、收效大的方案,追求费用效果最佳匹配的过程。

装备的费用—效能分析着重从定量的角度对装备的费用和效能同时加以考虑,以便权衡备选方案的优劣。因此,对有限的资源进行合理的分配以获得最佳的军事利益,是费用—效能分析的基本出发点。费用—效能分析应有可信的供权衡分析用的数据,有可供使用的、合理的效能模型和费用模型。

1.1.2 费效分析的目的和任务

费用—效能分析是根据所需要达到的目标价值和所需消耗的资源的关系去寻求目标的优化方案,是一种研究从几个方案中选择出最优方案的系统分析方法。

费用—效能分析的主要目的是为决策者提供尽可能多的定量信息,费用—效能分析本身不是一个决策过程,而是帮助决策者作出正确决策的一种很有效的手段。虽然只是一种手段,但费用—效能分析的质量却直接关系到决策的准确程度。如果所做的费用—效能分析粗糙、局限甚至存在错误的话,无疑会对决策造成严重后果。因此,提高对费用—效能分析意义和作用的認識,加强对费用—效能分析和推进其应用应该始终是决策者十分重视的问题。

规划、研制、生产和使用任何一个装备系统,归根结底是为了实现该系统的效能。装备系统的全面质量涵盖了其功能特性和保障特性,前者即装备的战术技术性能,后者则包括其可靠性、维修性、保障性、安全性、测试性、时间性以及经济性等各个方面内容。除了经济性之外,其余内容都是从各个不同角度反映了装备的效能要求。

装备的效能和费用是决定装备配置、部署、目标分配、作战样式和频次以及装备保障的重要条件。在规划和研制装备系统时,效能、费用、研制周期以及风险成为评价装备系统优劣的主要因素。在各因素中,效能是核心,是关键因素,是要实现的目标价值,是讨论其他因素的前提;而研制周期和风险可以转化为费用,因此以上各个因素便转化为装备的效能和费用问题。

用效能和费用评价一个装备系统时,人们往往用效费比(效能/费用)或费效比(费用/效能)作为综合评价的指标。因此,费用、效能、效费比或费效比的合理性就成为论证、研制、生产和使用装备系统所追求的总目标,研究装备费用和效能的合理匹配问题则成为装备费用—效能分析的核心问题。

据此,在装备系统规划、研制、生产过程中,费用—效能分析的主要任务是:

(1) 评价装备系统未来的各种发展方案,并与现役同类装备系统进行对比,分析拟发展的新型武器装备可能达到的效果,为制定武器装备发展规划和规划的实施提供分析和决策依据。

(2) 评价装备系统的各个设计方案,比较各种备选方案的优劣,比较各种选型、结构和参数匹配的合理性,为决策者选择方案提供依据。

(3) 在装备系统寿命周期的相应阶段,预测系统的效能和费用是否满足使用要求,为管理机关和使用部门提供决策依据。

(4) 及时指出对装备进行维修的必要性和经济性,并比较维修工作的效果。

(5) 为装备系统进行改型设计提供依据,并比较系统改进的效果。

在装备的使用保障过程中,费用—效能分析的主要任务是:

(1) 评定装备系统的作战效果与给定任务相符合的程度,为确定装备系统的配置、部署、最佳编制和数量提供依据。

(2) 评定装备系统的各种运用方案,为确定最佳的运用方案提供依据。

(3) 评价现役装备满足未来战争需求的程度,为提出对新型装备系统的功能特性和保障特性等方面的要求和发展建议提供依据。

1.1.3 费效分析的内容

概括地讲,费用—效能分析的主要内容包括目标、方案、费用、效能、模型和评价准则六个要素。

1. 目标

确定目标、任务应当和装备系统的功能分析结合起来,并且把功能要求作为进行设计和系统分析的基础。在充分了解功能要求的基础上,才有可能设计出达到目标、保证完成任务的系统方案。在系统分析过程中常出现这样的情况,即仅根据规定系统的目标和任务,并不一定需要研制一种新的武器系统,只要对现有装备做适当的改装就能达到目标。因此,目标任务的确定和功能分析是紧密相关的,不能有片面性。同时,在确定目标时,不能对系统实现目标的途径加以过多的限制,也不能对目标的定义和界限模糊不清。确定目标时,不应当把目标同速度、质量、毁伤概率

等性能指标混为一谈。

目标可以是单一的或多个的。这里所指的目标是指那些备选系统和设备所要完成的任务,换句话说,是被用来干什么的。目标的选择是非常关键的,也是非常基本的,对于费用—效能分析来讲,确定目标是分析的首要要素。目标必须是真实的、合理的和可达的。要使得目标符合这几个方面的要求,是一件较为困难的事情,特别是在涉及重大决策的典型问题时。初始目标也许是含糊不清的,或非常概略的,不够具体。在有些情况下,目标可能会与达到目标的方案混淆不清,也可能用系统的某些性能参数来替代目标,费用—效能分析人员的职责就是应当协助决策者对目标加以准确和合理的描述。处于考虑之中的目标应当由任务需求来确定,应当反映系统用户的要求。不论目标多么难于确定或陈述,其总是存在的。在费用—效能分析中,首要的一步是研究所要分析的问题,寻找目标并准确对其进行表述。

2. 方案

方案是指对有可能达到目标、任务要求的各个备选方案进行分析比较。通过费用—效能分析选择最优方案,是费用—效能分析的重要任务。尽管目标总是首先确定,但在费用—效能分析流程中的各步骤并非按照一固定的顺序。分析人员应当根据其他步骤的情况来考虑某个步骤,从某一步骤到另一步骤然后再返回,当试图列出值得考虑的方案时,首要的问题是:所拟定的方案在费用、进度和性能方面将受到何种限制?也许要在对影响费用、效能的关键变量加以研究后,才能比较容易地回答该问题。通常,系统的研制周期和研制费用不仅限制着方案的选择,也限制着费用—效能分析的规模和深度。虽然不存在一套规范化的方法步骤用来拟定较好的方案,但还是可以总结出一些原则用来指导拟定和选择方案,这些指导原则的应用效果在很大程度上取决于费用—效能分析人员的聪明才智、经历和经验、所处的角度和位置以及与其他有关专业人员的相互交流。

确定方案之前应对现有系统、正在研制的系统、改进的系统和探索中的系统甚至包括国外的系统逐个加以分析研究,特别是方案论证阶段进行费用—效能分析时,应在方案分析方面多做些工作。