

系统建模与仿真及其军事应用系列丛书

# 装备效能评估概论

郭齐胜 鄧志刚 杨瑞平 李巧丽 马亚龙 叶红兵 杨立功 编著



国防工业出版社  
National Defense Industry Press

TJ01

56/60

系统建模与仿真及其军事应用系列丛书

# 装备效能评估概论

郭齐胜 邳志刚 杨瑞平 李巧丽 马亚龙 叶红兵 杨立功 编著



计算机出版社  
(北京海淀区中关村大街22号)  
(100044)  
国防工业出版社印刷厂  
解放军出版社

开本 287 × 1092 1/16 印张 19.5 278 千字  
2002年8月第1版 2002年8月第1次印刷

国防工业出版社

国防工业出版社 · 北京 ·  
发行部: (010) 68411232 编辑部: (010) 68411232

## 内 容 简 介

本书是国内第一部系统介绍装备效能评估理论和方法的著作。书中系统地介绍了装备效能评估的基本概念、装备效能的指标体系、装备单项效能指标的评估模型、装备多效能指标的综合评估方法、装备系统效能的评估方法(包括ADC方法、SEA方法等)、装备作战效能评估的作战模拟法和分布交互仿真法、C<sup>3</sup>I系统的效能评估方法和装备体系效能评估方法。

本书可供高等院校有关专业作为本科生和研究生教材或参考书,也适合科研人员和工程技术人员作为技术参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

装备效能评估概论 / 郭齐胜等编著. —北京: 国防工业出版社, 2005.8

ISBN 7-118-03892-X

I. 装... II. 郭... III. 武器装备-性能-评估-概论 IV. TJ01

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 030491 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 787 × 1092 1/16 印张 16 $\frac{3}{4}$  378 千字

2005 年 8 月第 1 版 2005 年 8 月北京第 1 次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 30.00 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

# 序 言

仿真科学与技术具有广阔的应用前景,正在向一级学科方向发展。仿真科技人才的需求也在日益增大。目前很多高校招收仿真方向的硕士和博士研究生,军队院校中还设立了仿真工程本科专业。仿真学科的发展和仿真专业人才的培养都在呼唤成体系的仿真技术丛书的出版。目前,仿真方面的图书较多,但成体系的丛书极少。因此,我们编写了“系统建模与仿真及其军事应用”丛书,旨在满足有关专业本科生和研究生的教学需要,同时也可供仿真科学与技术工作者和有关工程技术人员参考。

本丛书是作者在装甲兵工程学院和北京理工大学多年教学和科研的基础上,系统总结而写成的,绝大部分初稿已在装甲兵工程学院和北京理工大学相关专业本科生和研究生中试用过。作者注重丛书的系统性,在保持每本书相对独立的前提下,尽可能地减少不同书中内容的重复。

本丛书部分得到了总装备部“1153”人才工程专项经费的资助。中国工程院院士、中国系统仿真学会副理事长、《系统仿真学报》编委会副主任、总装备部仿真技术专业组特邀专家、哈尔滨工业大学王子才教授在百忙之中为本丛书作序。丛书的编写和出版得到了中国系统仿真学会副秘书长、中国自动化学会系统仿真专业委员会副主任委员、《计算机仿真》杂志社社长兼主编吴连伟教授、装甲兵工程学院训练部副部长王树礼教授、学科学位处处长谢刚副教授、培养处处长钟孟春副教授、装备指挥与管理系主任王凯教授、政委范九廷大校和国防工业出版社的关心、支持和帮助。作者借鉴或直接引用了有关专家的论文和著作。在此一并表示衷心的感谢!

水平和时间所限,不妥之处在所难免,欢迎批评指正。

郭齐胜

2005年3月

# 前 言

军事装备的效能评估在军事装备的设计、研制、试验、采购、使用及维护等各个阶段都是一个十分重要的问题,也是装备论证必不可少的。只有对装备效能评估作出准确的判断,才能为武器装备的研制、采购提供客观的、定量的数据,避免造成人力、物力和财力的浪费。虽然效能评估方法很多,但目前尚没有一本系统介绍装备效能评估的书。本书是国内第一部这方面的教材,是在深入研究效能及其各种评估方法的基础上,针对研究生教学需要编著而成的。全书共 10 章:第 1 章为绪论,第 2 章为装备效能的指标体系,第 3 章为装备单项效能指标的评估模型,第 4 章为装备多指标效能的综合评估方法,第 5 章为装备系统效能评估的 ADC 方法,第 6 章为装备系统效能评估的其他方法,第 7 章为装备作战效能评估的作战模拟法,第 8 章为装备作战效能评估的分布交互仿真法,第 9 章为 C<sup>3</sup>I 系统效能评估方法,第 10 章为装备体系效能评估方法。

本书由郭齐胜设计框架结构,郭齐胜、鄧志刚、杨瑞平、李巧丽、马亚龙、叶红兵和杨立功编写。感谢研究生刘东利为第 10 章的编写提供了部分素材。不妥之处在所难免,欢迎批评指正。

编者

2004 年 11 月

解放军

2005 年 3 月

# 目 录

第1章 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 效能的概念	1
1.2.1 效能定义	1
1.2.2 效能度量	1
1.2.3 效能指标	2
1.3 效能分析	6
1.4 效能评估	7
1.4.1 评估步骤	7
1.4.2 评估方法	7
1.5 本书的结构	8
第2章 装备效能的指标体系	9
2.1 引言	9
2.2 单项效能指标	9
2.2.1 射击效能	9
2.2.2 毁伤效能	10
2.2.3 火力效能	11
2.2.4 突防效能	11
2.2.5 机动效能	12
2.2.6 生存效能	12
2.2.7 防护效能	12
2.2.8 指挥效能	13
2.2.9 通信效能	14
2.2.10 情报处理效能	14
2.2.11 搜索效能	15
2.2.12 侦察效能	15
2.2.13 预警效能	16
2.2.14 制导效能	16
2.2.15 干扰效能	16
2.2.16 反侦察效能	17
2.2.17 反干扰效能	17

2.2.18	反潜效能	17
2.2.19	布雷效能	17
2.2.20	障碍(物)效能	17
2.2.21	作业效能	18
2.3	系统效能指标	18
2.3.1	可用性	18
2.3.2	可信性	18
2.3.3	能力	19
2.4	作战效能指标	19
2.4.1	地面防空兵的效能指标	19
2.4.2	地面战斗的效能指标	21
2.4.3	航空兵作战的效能指标	22
2.4.4	核战争的效能指标	22
2.4.5	后勤系统行动的效能指标	23
2.4.6	海战的效能指标	23
<b>第3章</b>	<b>装备单项效能指标的评估模型</b>	<b>25</b>
3.1	引言	25
3.2	射击效能指标评估	25
3.2.1	按目标数量	28
3.2.2	按目标可视情况	33
3.3	通信与指挥效能指标评估	34
3.3.1	通信系统的效能指标评估	34
3.3.2	指挥系统的效能指标评估	35
3.4	搜索效能指标评估	37
3.4.1	发现概率	37
3.4.2	发现目标平均数	42
3.4.3	发现目标平均时间	42
3.4.4	发现目标平均距离	43
3.5	机动效能指标评估	43
3.6	防护效能指标评估	44
3.7	生存效能指标评估	45
3.8	可用性指标评估	48
3.8.1	有关概念	48
3.8.2	三种稳态可用度评估	50
3.8.3	多部件系统的可用度评估	53
3.9	可信性指标评估	54
3.9.1	系统常用可信性指标评估	54
3.9.2	具体模型下的系统可靠性参数	56

<b>第4章 装备多指标效能的综合评估方法</b>	62
4.1 引言	62
4.1.1 多指标综合评估的定义和分类	62
4.1.2 多指标综合评估的评估过程	63
4.1.3 多指标综合评估的指标体系	64
4.1.4 多指标综合评估中的权重	76
4.2 广义指标法	78
4.3 概率综合法	78
4.4 多属性效用分析法	83
4.5 模糊综合评估法	87
4.6 基于正负理想点的距离评估方法	89
4.7 主成分分析法	90
4.8 灰色关联分析评估法	93
4.9 最小二乘灰色关联度分析法	94
4.10 灰色聚类评估法	96
4.10.1 评估方法	96
4.10.2 评估步骤	96
4.10.3 应用实例	97
4.11 灰色层次分析法	100
4.11.1 步骤	100
4.11.2 应用示例	103
4.12 集对分析法	106
4.12.1 集对分析的基本概念	106
4.12.2 建立集对分析的评估模型	107
4.12.3 集对分析评估模型的特点	109
4.13 非线性动力系统理论方法	109
4.13.1 引言	109
4.13.2 武器装备作战能力的技术创新扩散模型	110
4.13.3 模型的分析	111
4.13.4 应用举例	113
4.13.5 模拟结果分析	117
4.14 基于灰色理论和物元分析模型的综合评估法	118
<b>第5章 装备系统效能评估的ADC方法</b>	123
5.1 引言	123
5.2 ADC方法的基本内容	124
5.3 ADC方法的应用说明	126
5.3.1 可用性	126

5.3.2	可信性	126
5.3.3	能力	128
5.4	ADC方法应用示例	134
5.5	ADC方法的讨论	139
5.6	ADC方法的修正模型	141
5.6.1	ARC模型	141
5.6.2	QADC模型	141
5.6.3	KADC模型	141
5.6.4	CADS模型	141
<b>第6章 装备系统效能评估的其他方法</b> 142		
6.1	专家评定法	142
6.2	试验统计法	142
6.3	作战模拟法	142
6.4	指数法	143
6.5	参数效能法	144
6.5.1	参变量、效能值选取	144
6.5.2	建立效能模型方程	144
6.6	PAU方法	145
6.7	PRD方法	145
6.8	SEA方法	145
6.8.1	SEA方法的背景	146
6.8.2	SEA方法的基本内容	147
6.8.3	SEA方法在系统效能分析中的应用	149
6.8.4	SEA方法总结	149
6.9	装备系统效能分析中的灵敏度分析法	150
6.9.1	灵敏度分析的概念	150
6.9.2	灵敏度分析的一般步骤	150
6.9.3	灵敏度分析的作用	151
6.9.4	应用举例	153
6.9.5	总结	154
<b>第7章 装备作战效能评估的作战模拟法</b> 155		
7.1	引言	155
7.2	作战模拟建模过程简介	155
7.2.1	模拟要点	155
7.2.2	战场分解	155
7.2.3	数学描述	155
7.3	指数法	156

7.3.1	引言	156
7.3.2	火力打击能力指数计算模型	159
7.3.3	机动能力指数计算模型	161
7.3.4	防护能力指数计算模型	165
7.3.5	指挥控制能力指数计算模型	166
7.3.6	人机环境适应能力指数计算模型	168
7.4	兰彻斯特战斗理论	168
7.4.1	引言	168
7.4.2	一类动态交互分布式作战模拟数学模型	170
7.5	蒙特卡洛法	173
7.5.1	蒙特卡洛法的基本原理	173
7.5.2	应用实例	174
<b>第8章</b>	<b>装备作战效能评估的分布交互仿真法</b>	<b>179</b>
8.1	引言	179
8.2	某型装甲战斗车辆作战效能评估	181
8.2.1	主要目的	181
8.2.2	作战任务剖面分析	182
8.2.3	作战效能评估指标体系	182
8.2.4	实验数据	183
8.2.5	实验方案	183
8.2.6	实验环境	184
8.2.7	单车登陆作战效能评估	187
8.2.8	建制营登陆作战效能评估	196
<b>第9章</b>	<b>C<sup>3</sup>I系统效能评估方法</b>	<b>198</b>
9.1	概述	198
9.1.1	C <sup>3</sup> I系统效能评估的含义	198
9.1.2	C <sup>3</sup> I系统效能评估的内容	199
9.1.3	C <sup>3</sup> I系统效能评估的原则	200
9.1.4	C <sup>3</sup> I系统效能评估的目的和意义	201
9.1.5	C <sup>3</sup> I系统效能评估的指标	201
9.1.6	C <sup>3</sup> I系统效能评估步骤	202
9.1.7	C <sup>3</sup> I系统的效能评估方法	204
9.2	C <sup>3</sup> I系统的系统效能评估	205
9.2.1	C <sup>3</sup> I系统的有效性度量	205
9.2.2	C <sup>3</sup> I系统的效能评估	209
9.3	C <sup>3</sup> I系统的作战效能评估	215
9.3.1	基于影响图模型的作战效能评估	215

9.3.2	基于仿真的 C <sup>3</sup> I 系统作战效能评估	233
<b>第 10 章</b>	<b>装备体系效能评估方法</b>	<b>238</b>
10.1	概述	238
10.1.1	装备体系	238
10.1.2	装备体系效能	239
10.1.3	装备体系效能评估原理	240
10.1.4	装备体系效能评估方法	240
10.2	装备结构优化方法	241
10.3	装备体系对抗表法	241
10.4	RAND 战略评估法	241
10.5	体系仿真方法	242
10.6	试探性建模与仿真方法	243
10.6.1	装备体系对抗与体系对抗系统属性	243
10.6.2	装备体系对抗探索性仿真方法 <sup>[68]</sup>	243
10.7	探索性评估方法 <sup>[69]</sup>	246
10.7.1	探索性分析	246
10.7.2	探索性评估方法	247
10.7.3	基于仿真的武器装备体系效能探索性评估方法思路	247
<b>参考文献</b>		<b>250</b>

# 第1章 绪 论

## 1.1 引 言

军事装备是用以实施和保障军事行动的武器、武器系统和其他军事技术器材的统称,主要指武器力量编制内的武器、弹药、车辆、机械、器材、装具等。军事装备是赢得现代战争胜利的重要物质基础,是关系军事斗争成败的重要因素。军事装备的发展是军事变革中最直接的推动因素,也是军队现代化建设的一项重要内容。

军事装备研制的思想在历史上经历了4个转变:从只重视性能到重视效能;从只重视主装备的研制到重视整个装备系统的研制;从只重视采购费到重视全寿命周期费用;从分散脱节管理到整个系统的管理。人们逐渐把系统的思想引入到围绕装备或系统的活动中。效能用来体现装备或系统所具有的价值,是军事装备研究中的重要概念。这里的价值是指装备能达到的某个或某些任务目标的能力的大小。装备的效能不仅是其所具有的内在的执行任务的能力,在装备的全寿命周期中围绕装备的一些活动所取得的效果也称之为装备的效能。装备论证、装备效能评估、装备综合保障等与装备有关的研究几乎都与效能有关。只有对装备系统效能作出准确的评估,才能为武器装备的研制、采购提供客观的、定量的参考,避免造成人力、物力和财力的浪费。因此,装备效能及其评估显得非常重要。

本章重点介绍效能的概念,简要介绍效能分析、评估的理论和方法。

## 1.2 效能的概念

### 1.2.1 效能定义

效能的一般定义:效能是一个系统满足一组特定任务要求程度的能力(度量);或者说是在规定条件下达到规定使用目标的能力。“规定的条件”指的是环境条件、时间、人员、使用方法等因素;“规定使用目标”指的是所要达到的目的;“能力”则是指达到目标的定量或定性程度。

效能的概率定义:系统在规定的条件下和规定的时间内,能够满足作战要求的概率。

本书讨论军事装备的效能。军事装备的效能是指在特定条件下,装备被用来执行规定任务时,所能达到预期可能目标的程度。军事装备效能是对军事装备能力的多元度量,并随着研究角度的不同而具有不同的具体的内涵。本书中的军事装备既可以是单个军事装备,也可以是军事装备系统,还可以是军事装备体系,简称装备。

### 1.2.2 效能度量

效能度量是效能大小的尺度,可用概率或其他物理量表示。任务的多样性决定了单

项度量的多样性,进而影响综合的度量也不一样。效能的度量可从静态考虑,有指标效能(单一、综合)和系统效能或效能指数;从动态考虑,有作战效能。

### 1.2.3 效能指标

在装备论证中,为了评价相应于某个新型装备的不同型号系统方案的优劣,必须采用某种定量尺度去度量各个型号系统方案的系统效能。这种定量尺度称为效能指标(准则)或效能量度。例如,用单发毁伤概率去度量导弹的射击效能,则效能指标是单发毁伤概率。由于作战情况的复杂性和作战任务要求的多重性,效能指标常常不可能是单个明确定义的效能指标,而是一组效能指标。这些效能指标分别表示装备系统功能的各个重要属性(如毁伤能力、机动性、生存能力等)或作战行动的多重目的(如对敌毁伤数、推进距离等)。

#### 1.2.3.1 效能指标的选择

##### 1. 特点

由于效能概念的复杂性,效能度量不像物理量的度量那样直接。在选择效能指标或定义效能时,一般应考虑以下一些特点。

(1) 随机性。由于作战行动的随机性,效能指标必须用具有概率性质的数字特征表示。例如,当作战行动的目的在于获得某个预定结果时,可取“获得预定结果的概率”为效能指标;当作战行动的目的是对敌方造成尽可能多的毁伤时,可定义敌方毁伤数平均值或数学期望值为效能指标。

(2) 多尺度。效能的量度可取多种尺度,不同尺度体现决策者不同的主观价值判断。选择哪种尺度取决于决策者要求的作战行动目的。因而,同一作战行动,随着它的目的的不同,可以有不同的效能指标。例如在第二次世界大战期间英国商船安装高炮一事,若用高炮击落敌机概率为效能指标,则效能几乎等于零。但是,若用商船损失概率来评价,则损失概率由 25% 降至 10% 以下,说明安装高炮效能相当高。

(3) 不确定性。某些效能参数由于作战行动目标不明确或与人的行为因素关系密切而难以量化,例如指挥行动的效能。这种情况下的效能量度可应用定性评价的定量表示法,即选用表示相对效能主观评价的百分数作为效能指标。

(4) 局限性。效能指标可能并不包含相应效能特性的全部信息。对作战行动效能起重要影响的许多因素如人员的士气、能力等从根本上讲是难以量化的。因此,在根据效能指标做出像武器战斗运用方法选择那样的决定时,必须考虑到效能指标的局限性。

##### 2. 原则

在确定评估指标体系时应遵循以下的基本原则:

(1) 系统性原则。评估指标体系应能全面反映被评价对象的综合情况,从中抓住主要因素,既能反映直接效果,又要反映间接效果,以保证综合评价的全面性和可信用度。

(2) 简明性原则。在基本满足评估要求和给出决策所需信息的前提下,应尽量减少指标个数,突出主要指标,以免造成评估指标体系的过于庞大,给以后的评价工作造成困难,并且应避免各指标间的相互关联,使指标体系的选择做到既必要又充分。

(3) 客观性原则。评估指标的确定应避免加入个人的主观意愿,指标含义尽量明确,并注意参与指标确定的人员的权威性、广泛性和代表性,有时还需要广泛征集社会环境的意见。

(4) 时效性原则。随着科学技术、生产力的发展,人们生活水平不断提高,社会各方面都发生了巨大的变化,人们的价值观念也在不断改变,因此评估指标需要随着社会价值观念的变化而不断调整,否则会因不合时宜导致决策失误。

(5) 可测性原则。可测性是指标的定量表示,即指标能够通过数学公式、测试仪器或试验统计等方法获得。指标本身便于实际使用,度量的含义明确,具备现实的收集渠道,便于定量分析,具备可操作性。

(6) 完备性原则。影响系统效能的所有指标均应在指标集中,指标集具有广泛性、综合性和通用性。

(7) 独立性原则。独立性是指指标间应是不相关的,指标之间应减少交叉,防止互相包含,要具有相对的独立性。

(8) 一致性原则。各个指标应与分析的目标相一致,所分析的指标间不相互矛盾。

对于复杂系统评估的研究要遵循从高到低,从复杂到简单向下划分的原则,采用分层细化方法对系统问题进行研究。指标的选取不是越多越好,关键要考虑指标所起作用的大小,在选取指标评价时不可能把全部指标都考虑进去,因为如果选取的指标过多,就会分散对主要指标因素的评价,反而适得其反。指标的确定是要在动态的过程中反复平衡,有些指标需要分解,另外一些指标需要综合或删减。

但是以上原则在具体应用中可能会出现一定的矛盾,一般可作如下处理:

(1) 评估的有效性和评估的简便性相矛盾。当评估的有效性和评估的简便性相矛盾时,应在满足有效性的前提下,尽可能使评估简便,而不是反而求之。

(2) 指标的系统性与指标的可获得性相矛盾。指标体系必须要包括各有关方面的多种因素。但是,有些指标不易获得或不易测度,不能满足评估所需要的全部数据。因此,在建立指标体系时,对若干与评估关系甚大的指标,虽然目前尚无法获得数据,仍要作为建议指标提出,以保证评估指标体系的系统性和科学性。

(3) 指标的精确性与指标的可信度问题。评估应尽可能精确。如果有些指标目前不能做到很精确,与其为了追求精确而假设数据,或因得不到数据而将一些指标舍去,不如由专家根据经验做定性的描述,给某些指标以质的规定更为可信。

以上原则,在指标体系确定以及简化过程中,力求遵循,由专家或评估人员一并考虑。

### 3. 要求

一般说来,恰当的效能指标应符合以下要求:

(1) 针对研究的特定任务,表示完成相应军事任务的真实目的。例如,当研究的问题是武器装备论证或战术研究时,应首先确定适合于所研究问题的作战行动,然后根据完成相应作战行动任务的要求选择效能指标。

(2) 对决策变量或装备系统的性能参数相当敏感。

(3) 物理意义明显,可利用现有或新建的模型求解,这类模型应简单,便于计算。

(4) 可用试验方法加以评估。

选择性能指标有两个关键:一是确定与研究对应的相关作战行动规模,二是根据作战行动目的选择相应性能指标。

#### 1.2.3.2 效能指标的层次结构

装备系统效能描述装备系统完成其任务的总体能力。因此,须明确装备系统的任务

轮廓。

在装备论证中,为了评价各备选系统方案在效能上的优劣,使各备选方案在同等条件下进行比较,在进行系统效能分析时,论证人员应当对武器装备系统在未来战场上将要完成的作战任务作预先的想定。这种任务想定就是所谓的任务轮廓。确定任务轮廓的目的就是为了给各备选系统方案在系统效能的评价方面提供可比条件。

在装备系统概念分析中,应根据发展新型武器装备的总体要求确定武器装备系统的目标任务及其任务剖面。因此,在进行系统效能分析时,可以将所确定的任务剖面进一步细化,以获得足以用于分析系统效能的任务轮廓。

倘若已经准确地规定了任务轮廓,确定效能指标的问题就简单多了。在这种情况下,可以用完成整个系统任务或完成某一部分系统任务的概率去表示效能。在其他情况下,即在不能得到一组具体任务轮廓的情况下,一定要把效能同系统的实际特性联系起来,比如说,同距离、信道容量、速度等联系起来。

要确定新型武器装备在作战使用过程中的任务轮廓并不是一件容易的事,因为每个武器装备系统在其作战使用过程中,与其他同类的和不同类的武器装备往往进行组合编配,以遂行作战任务。为了分析研究武器装备的系统效能,必须在想定其任务轮廓时有意识地将该武器装备系统所完成的任务与其他相关的武器装备所完成的具体任务区分开来。对此,论证人员应当了解作战任务的层次结构,以及整个武器装备系统效能的层次结构。因为以系统的观点来看,无论是作战行动的效能还是武器装备系统的效能,其实都不过是战争这个复杂大系统中不同层次子系统的效能。系统的层次结构决定了不同层次之间子系统效能参数的相互联系。了解并运用这个联系是确定新型武器装备的任务轮廓及分析其系统效能的基础。

效能指标是系统完成给定任务所达到程度的度量。在层次结构中,各层次系统功能不同,因而应当有与其功能目标相一致的不同效能属性和不同效能指标,显现出效能的层次结构特性。例如在战争系统中,战略层的效能指标是资源消耗率;战役或区域作战的效能指标是毁伤率;格斗的效能指标是损耗交换比;武器装备系统的效能指标是单发毁伤概率。在武器子系统层次,效能指标有时称为品质因数,如脱靶距离、致死率等。技术层次一般取性能指标作为效能指标,如光电跟踪器的性能指标是跟踪速率和观测能力等,以体现跟踪器的敏感度、分辨率、信噪比、调制传递函数和视场大小等特性。

各层次系统功能之间的联系决定了各层次系统效能参数之间的联系。层次结构中每一层的效能参数依赖于其下属各层的参数。各层次效能参数之间存在着链状关系作用,因此,某一个层次参数的变化将影响其上层各层次的参数,但这种影响是逐层减弱的。在战争系统中,武器装备系统层是技术和作战层次之间的连接环节。这一层的效能参数是单发命中概率之类的指标。格斗属于武器装备系统的上一层次,对格斗的分析提供了战斗效能参数(如损耗率或交换比)与武器装备系统效能参数之间的连接,格斗公式的基本输入是单发命中概率和射击规则(齐射、点射或单发连射)。技术层次是有效作战武器的基础。新技术或子系统改进对战斗效能的影响由于战争结构的复杂和涉及参数的众多,不可能直接量化。然而,新技术或子系统改善对作战层次的影响可以通过评价它们对武器装备系统层次的影响加以量化。这说明战争层次结构和等级组织结构有直接相似性,上层的效能依赖于下层的效能,但由最下层改善引起的上层效能变化不可能直接量化,需

要一个中间环节提供评价的连续性。武器装备系统层次就是这样的中间环节。正是由于效能的层次结构特性,可以通过武器装备系统效能参数确定格斗效能参数,进而通过格斗效能参数确定战斗效能参数。

以数字化部队作战效能为例,图 1.1 是其中的一种指标体系,仅供参考。

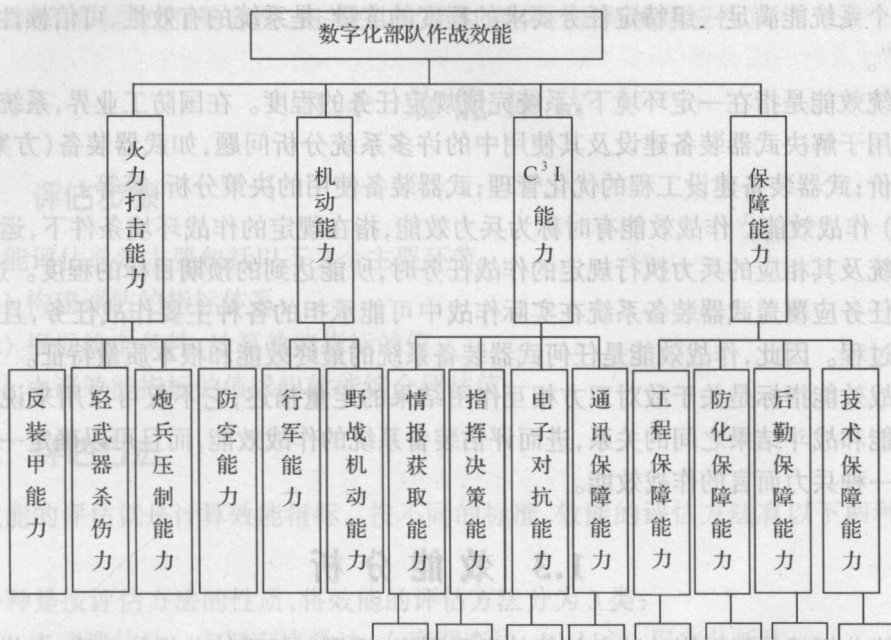


图 1.1 数字化部队作战效能指标体系主框架

### 1.2.3.3 效能指标的分类

常用的效能指标如下。

(1) 单项效能。单项效能是指运用装备系统时,达到单一使用目标的程度。如防空武器装备系统的射击效能、探测效能、指挥控制通信效能等。单项效能对应的作战行动是目标单一的行动,如侦察、干扰、布雷、射击等火力运用与火力保障中的各个基本环节。

(2) 系统效能。系统效能是指装备系统在一定条件下,满足一组特定任务要求的可能程度。它是对武器装备系统效能的综合评价,又称为综合效能。装备的系统效能是在型号论证时主要考虑的效能参数。

对于不同的装备系统,可以用不同的方法定义其系统效能。美国工业界武器装备系统效能咨询委员会认为:系统效能是衡量一个系统满足一组特定任务要求的程度的量度,是系统的可用性、可信赖性和能力的函数。该委员会不仅对武器装备的系统效能作了较为科学的定义,而且还给出了评估(或计算)系统效能的基本模型框架,即系统效能由系统的可用性、可信赖性和能力三个方面共同构成,这就是后面要介绍的装备系统效能评估的 ADC 方法。

关于装备系统效能的定义目前没有统一,主要有如下几种:

① 美国航空无线电研究公司的定义:“在规定条件下使用系统时,系统在规定时间内满足作战要求的概率”。

② 美国海军的定义:“系统能在规定条件下和在规定时间内完成规定任务之程度的

指标”或“系统在规定条件下和在规定时间内满足作战需要的概率”。

③ 美国麻省理工学院的 A.H. Levis 等人在评价 C<sup>3</sup>I 的效能时的定义：“系统与使命的匹配程度。”

目前大多数认为较好的定义是美国工业界武器效能咨询委员会的定义：“系统效能是预期一个系统能满足一组特定任务要求的程度的度量，是系统的有效性、可信性和能力的函数”。

系统效能是指在一定环境下，系统完成规定任务的程度。在国防工业界，系统效能分析已应用于解决武器装备建设及其使用中的许多系统分析问题，如武器装备（方案）的综合性评价；武器装备建设工程的优化管理；武器装备使用的决策分析，等等。

(3) 作战效能。作战效能有时称为兵力效能，指在规定的作战环境条件下，运用武器装备系统及其相应的兵力执行规定的作战任务时，所能达到的预期目标的程度。这里，执行作战任务应覆盖武器装备系统在实际作战中可能承担的各种主要作战任务，且涉及整个作战过程。因此，作战效能是任何武器装备系统的最终效能和根本质量特征。

作战效能指标是关于敌对双方相互作用结果的定量描述，它不仅可以用来说明装备系统效能和战斗结果之间的关系，进而评估装备系统的作战效能，而且可以确定一种兵力相对另一种兵力而言的作战效能。

### 1.3 效能分析

效能分析就是根据影响装备效能的主要因素，运用一般系统分析的方法，在收集信息的基础上，确定分析目标，建立综合反映装备达到规定目标的能力测度算法，最终给出衡量装备效能的测度与评估。其中，影响装备效能的主要因素有装备的可靠性、维修性、保障性、测试性、安全性、生存性、耐久性、人的因素和固有能力等。运用的系统分析方法主要有建模方法、基于数学模型的解析方法、模拟方法和计算机仿真方法。

系统效能分析的一个重要内容是要对系统进行分析。系统的分析包含系统本身的分析、系统的环境分析、系统的目标分析和系统的结构分析。

系统分析是从系统长远和总体的最优出发，在选定系统目标和准则的基础上，分析构成系统的各个层次分系统的功能和相互关系，以及系统同环境的相互影响。

系统与环境是相互依存的。了解问题的环境是接近问题的第一步。不论问题如何复杂，解决问题的方案完善程度总是依赖于对整个环境问题的了解程度。对环境了解的不恰当，将导致解决问题方案的失败。因此，系统环境分析是系统分析的一项重要内容。系统环境分析的目的，就是要认识系统与环境的依存关系、一般因素的影响及后果，从而在解决系统问题时予以充分估计。

系统目标是系统分析与系统设计的出发点，是系统目的的具体化。系统目标分析的目的是论证目标的合理性、可行性和经济性，获得分析的结果——目标集。系统目标分析的首要作用，就是要经过分析，说明总目标建立的合理性，确定系统建立的综合价值。这样就可以防止盲目性，有效避免造成损失和浪费。同时还能通过目标分析，使建立系统的方向性更加明确，因而减少为明确目标而造成的物资、人力和时间的耗费。

系统结构是系统行使和发挥作为系统基本要求的功能作用的基础。比如科学结构、