

武器装备作战能力指标的探索性分析与设计(第2版)

胡剑文 著



國防工業出版社

National Defense Industry Press

武器装备作战能力指标的探索性分析与设计

(第2版)

胡剑文 著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

系统能力指标的分析与设计是系统开发的一个关键环节。本书以武器装备作战能力指标分析与设计为背景,基于复杂系统观与指标空间探索的基本策略,探讨了系统能力指标探索性分析与设计方法的相关概念、模型、算法以及应用实例等。

本书可供运筹学、系统工程等相关专业设计与管理人员参考,也可作为武器系统总体设计专业的研究生教材。

图书在版编目(CIP)数据

武器装备作战能力指标的探索性分析与设计 / 胡剑文著.

—2版. —北京:国防工业出版社,2012.10

ISBN 978-7-118-08220-3

I. ①武... II. ①胡... III. ①武器装备-作战能力-研究 IV. ①E92

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 240083 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 880 × 1230 1/32 印张 6½ 字数 177 千字

2012 年 10 月第 2 版第 1 次印刷 印数 1—2500 册 定价 28.00 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

本书在第1版的基础上对内容做了一些调整与发展。首先,第2版不刻意强调武器装备体系,本书的理论方法同样适合于体系与非体系的武器装备指标分析与设计。在实例中也加入了一些非体系的武器装备指标论证的内容。其次,理论方法做了一定的发展。例如,增加了离散型指标的探索性分析与优化的内容。相对于第1版,第2版强调离散型与连续型指标并重,并采取从离散到连续逐步细化的分析设计模式;在连续型指标需求轨迹算法中提出了超盒的合并方法,大大降低了算法时间复杂度;另外,还提出了主观需求轨迹的概念与生成方法、指标空间区域的筛选分析算法、指标的协调性分析模型等。第三,略去了一些繁杂而实际应用不是太广泛的数学模型与求解算法,如优化蒙特卡罗积分算法等。

本书在写作过程中,也相应地开发了一个通用平台。平台用户只要准备好自己手头问题的模型插件后(一个*.exe文件实现分析指标与需求目标的映射关系,模型文件的输入指标放入一个input.txt文件,输出的需求目标值放入output.txt文件中即可),即可在该平台上运用本书所涉及的指标分析与设计方法解决实际问题。平台的使用与技术服务可以通过邮件(hjwc3i@sina.com)与作者联系。

作 者

2012年6月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 武器装备作战指标分析与设计的重要意义与困难	1
1.1.1 武器装备作战指标分析与设计的重要意义	1
1.1.2 武器装备作战指标分析与设计的困难	2
1.2 研究背景	4
1.2.1 从作战效能评估到作战指标的分析与设计	4
1.2.2 从传统分析策略到探索性仿真实验分析策略	9
1.3 国内外研究现状	11
1.3.1 探索性分析方法的研究	11
1.3.2 作战指标分析与设计的一般性方法	13
第 2 章 武器装备作战指标预处理	16
2.1 作战指标的选取	16
2.1.1 作战指标的选取原则	16
2.1.2 武器装备作战指标体系的构建	17
2.2 作战指标的类型及其规范量化方法	17
2.3 指标缩减技术	21
2.3.1 利用综合指标	21
2.3.2 利用方差分析判断显著因素	21
2.3.3 主成分分析以缩减指标个数	22
2.3.4 分枝定界筛选方法	23
第 3 章 探索性分析方法概述	25
3.1 基本概念与背景	25
3.2 探索性分析的类型	26

3.3	探索性分析方法的主要过程	27
3.4	主要困难及其关键技术	30
3.5	探索性分析框架	33
3.6	探索性分析方法与传统分析方法的区别	36
第4章	基于离散指标空间探索性仿真实验的	
	指标分析与设计	38
4.1	离散型指标空间探索性仿真实验概述	38
4.2	基于 2^k 型指标空间的灵敏性与关联性分析	44
4.2.1	2^k 型指标空间实验设计	44
4.2.2	2^k 型指标空间的灵敏性与关联性计算	45
4.2.3	2^k 型指标空间因子实验设计过程及 灵敏性与关联性分析	47
4.3	基于 N^k 全排列型指标空间的需求分析	52
4.4	基于 N^k 全排列型指标空间的 OLAP 与数据 挖掘分析	56
4.4.1	OLAP 分析	57
4.4.2	数据挖掘规则发现功能	61
4.5	基于正交抽样实验的指标优化设计	68
4.5.1	正交实验设计与分析概述	69
4.5.2	基于正交实验武器装备指标优化	69
第5章	基于连续型指标空间探索性仿真实验的	
	指标分析与设计	78
5.1	复杂系统观对武器装备作战指标分析与设计的启示 ..	78
5.2	单调指标空间的公设与基本概念	79
5.3	单调指标空间中区域的预筛选	81
5.4	单调指标需求轨迹的生成算法	86
5.4.1	相关概念	86
5.4.2	算法步骤	89
5.4.3	算法的深入探讨	91
5.4.4	一个简例	97
5.5	基于单个需求轨迹的运算	98

5.5.1	快速判断点是否在需求轨迹内的算法	98
5.5.2	需求轨迹点中某一维距离指标需求轨迹超面 的距离	99
5.5.3	指标需求轨迹的特征向量的求解	101
5.5.4	需求轨迹切片运算	103
5.6	多个需求轨迹间的集合运算	103
5.6.1	多个需求轨迹的交运算	103
5.6.2	需求轨迹之间的合成运算	106
5.7	作战指标的有效性分析	106
5.8	作战指标的不确定性分析	108
5.8.1	灵敏度分析	108
5.8.2	稳定性分析	111
5.9	作战指标的关联性分析	112
5.10	作战指标优化设计模型	114
5.11	作战指标的模糊分析与设计模型	117
5.11.1	基于模糊作战指标的有效性分析	117
5.11.2	基于模糊需求轨迹的系统能力分析与设计	119
5.12	简例:一抽象分布式信息处理系统的作战指标的 分析与设计	121
5.12.1	基本问题与关键指标	122
5.12.2	指标的灵敏度分析	123
5.12.3	指标的优化设计	124
5.12.4	模糊指标分析	125
第6章	连续指标空间中的主观需求轨迹的生成方法	127
6.1	主观需求轨迹生成的基本流程	127
6.2	主观需求轨迹生成的实现原理	131
6.2.1	评判表的生成	131
6.2.2	抽样点细化区的筛选	133
6.2.3	专家评判	134
6.2.4	基于证据理论的专家判断综合	135
6.2.5	三隶属度模糊支持向量机原理	137

6.3	简例:某战斗机作战指标主观需求轨迹的生成	139
第7章	武器装备作战能力指标的探索性分析与设计	
	案例	151
7.1	反隐身防空体系的能力分析	151
7.1.1	反隐身作战基本原理	151
7.1.2	基本想定	152
7.1.3	仿真模型	154
7.1.4	系统能力分析	154
7.2	高炮防空作战指标探索性仿真实验分析与优化	157
7.2.1	基于蒙特卡罗法的高炮抗击空中目标模型 的建立	158
7.2.2	基于离散指标空间的高炮作战指标探索性 仿真实验分析	161
7.3	某型作战飞机核心作战指标的综合论证	175
7.3.1	构建指标空间	176
7.3.2	不同想定背景下的指标需求轨迹的生成	177
7.3.3	指标综合论证	179
7.4	一概念上的战区信息化武器装备体系能力规划	182
7.4.1	问题背景	182
7.4.2	能力分析与规划	183
第8章	总结与展望	189
8.1	内容的总结	189
8.2	后续研究的主要工作	191
	参考文献	195

第1章 绪 论

武器装备作战能力指标(简称作战指标)是指武器装备执行相关作战任务能力的量化标度。例如,对一防空体系其作战指标就包括了决策延迟、射击精度等。这些指标即是对应某些功能运转的量化标度。武器装备分析与设计人员不仅要使系统能够完成相应的功能,而且完成这些功能也应满足一定的条件。如上述防空体系仅仅能够实现辅助决策是不够的,其决策延迟还要小于某个值等。然而,由于技术水平与经费、时间条件等限制,武器装备作战指标不可能无限提高,所以需要一套有效的分析与设计方法来分析设计这些指标。

如何在武器装备论证当中分析与设计这些指标是本项课题的主要内容,其对武器装备开发建设的成败有着重要的影响,也是系统工程领域中的一项重要研究内容。本书提出了一种基于复杂系统观,以武器装备作战指标空间为对象的探索性仿真实验分析与设计方法,并开发出相应的环境平台,运用到了我军多项高新武器装备作战指标的分析与设计论证当中。

1.1 武器装备作战指标分析与设计的重要意义与困难

1.1.1 武器装备作战指标分析与设计的重要意义

武器装备作战指标(又称为作战能力指标)分析与设计是研制高效能武器装备的关键要素,作战指标分析与设计贯穿于武器装备研制的方案论证、研制实施以及投入使用等阶段。

在武器装备研制方案论证阶段,首先需要对作战指标进行需求分析,确定指标的有效设计需求,然后在此基础上评价各种可能的方

案,优化设计相关的作战指标,以指导后续开发。

在武器装备研制实施阶段,需要有效的作战指标分析与设计手段进行跟踪评价与优化。在这一阶段难免对系统方案的某些细节进行调整,这些调整会带来对效能进行反复评估并选择最优调整方案。

武器装备系统的开发是演进式的,在初步建成投入使用后还需要有效的作战指标分析与设计手段用于系统的改进发展。在一定的条件(如时间、经费等)约束下,有必要确定对系统效能的最佳改进措施,包括确定需求、确定多种备选系统方案、评估其优劣、找出瓶颈,使其不断完善。

总之,武器装备作战指标分析与设计是把握系统优劣、达到用户需求,极大地促进武器装备系统开发的有效手段;同时,也是武器装备系统优化设计、节省经费与缩短研制周期,科学地完成武器装备系统的开发与演进的必要手段。因此,武器装备作战指标分析与设计对武器装备发展建设具有重要意义。

1.1.2 武器装备作战指标分析与设计的困难

作战指标分析与设计有着非常重大的实际意义,但是对复杂系统进行作战指标分析与设计的困难同样是巨大的,集中表现在以下几个方面。

(1) 武器装备系统建模是进行武器装备作战指标分析与设计的基础,而其又是一大难点。复杂系统的分析模型可以归结为两大类:解析模型与仿真模型。然而这两类模型都具有一定的缺陷。

解析模型的特点是根据描述作战指标与给定条件(通常是低层次系统的指标及环境条件)之间函数关系的解析表达式计算指标值。这个解析表达式可以直接根据运筹理论建立,也可以用数学方法求解所建立的效能方程得到。例如,运用雷达方程可以建立雷达探测模型;应用排队论可建立信息流系统的分析模型;在兰彻斯特方程的基础上融入 C^3I 因素可建立考虑 C^3I 系统影响的作战模型等。解析法虽然有公式透明性好、易于理解、计算较简单、能够进行变量间的关系分析、便于应用等优点,但其缺点也是鲜明的,突出表现为:考虑因素少,只在严格限定的假设条件下有效;建立考虑人和组织因

素的模型是相当困难的;在对抗条件下难以有效地建模。

仿真模型是以计算机仿真为实验手段,通过在给定数值条件下运行模型来进行仿真实验,得到的数据可直接或经过统计处理后作为作战指标估值,它是一种行而知之的研究方法。仿真模型能较详细地考虑影响实际系统运作过程的诸因素,因而较适合于复杂作战系统的分析。它相对于解析模型有较大的优势,目前已成为复杂系统的主流建模方法。这种建模方法对于最难以建模的指挥决策问题也有不少有价值的模型与工具。然而,仿真模型的运行对计算机硬件性能要求非常高,尤其遇到多维的情况。这也是仿真模型的一个缺陷。不过随着计算机硬件性能的提高,以及与解析模型的结合使用,可以在一定程度上克服这个缺陷。

(2) 复杂系统特性使得很多常规的作战指标分析与设计方法变得不适用。复杂系统具有整体不可分割性、非线性、开放性以及不确定性等特性,这样使得一些传统的作战指标分析与设计方法变得不适用。例如,许多传统方法处理多指标时采用线性加权和以得出系统总的效能值,这显然违背了复杂系统的整体性与非线性的本质特征,过于简单化了整体与部分的关系。系统的开放性使得武器装备作战指标分析与设计必须考虑外界环境,做到“因时而异,因地制宜,因人而异。”复杂系统的另一个重要特性——不确定性也使得实际武器装备作战指标值呈现出模糊与随机性。

(3) 武器装备作战指标分析与设计涉及多个学科领域,只研究其中某一个领域的人员将无法进行有效的作战指标分析与设计,这样就涉及不同知识背景人员的交流协作问题。武器装备作战指标分析与设计远不只是做一道数学题那样简单,它需要的知识非常广泛,如数学、工程技术、武器装备领域知识等。真正精通所有这些领域知识的所谓通才在目前来说那是凤毛麟角。因此,只有具备不同知识背景的各类人员通力合作才能有效地完成这项艰巨的任务。例如,对于复杂武器装备系统的作战指标分析与设计,军事人员给出系统的应用背景与基本想定,军事人员与建模人员合作建立有效的分析模型,分析人员进行数据的综合分析等。这样就出现了他们之间如何有效的协作、如何交流等难题。这些困难制约了他们各自作用的

发挥。美军目前试图利用标准化的概念空间理论解决这一难题,但这项研究还远未成熟。

1.2 研究背景

1.2.1 从作战效能评估到作战指标的分析与设计

武器装备系统效能评估是对武器装备系统有效性的一个评价。我们所提出的武器装备作战指标的分析与设计是更广义的效能评估,它不仅包含了传统的效能评估技术,还包含了指标的需求分析、灵敏性分析、关联性分析、不确定性分析以及作战指标的规划设计。

武器装备系统开发人员应该从多个方面进行作战指标的分析与设计,其中主要包括以下几种类型。

1. 作战指标分析类型

(1) 作战指标的需求分析。作战指标需求分析是指整体地确定关键作战指标要素的取值范围,以满足任务需求。作战指标的需求区域的确定通常要放在具体的应用背景中,通过建模分析的手段来获取有效的需求区域。由于复杂系统的整体性,所以不能单独地去分析各个指标,而是要整体地分析。武器装备作战指标的需求分析是其他类型作战指标分析的基础。确定需求是系统建设的最关键环节之一,也是难点重点。

(2) 作战指标的有效性分析。评价相关的作战指标能否满足相应的需求,以及满足的程度如何,即是通常所说的效能分析。效能分析是系统开发的基础。

(3) 作战指标的特性分析。其中包括不确定性分析、关联性分析、协调性分析等。武器装备系统的运行充满了不确定性,其技术状态与运行环境都具有很大的不确定性,只有充分考虑这种不确定性才能使作战指标具有更强的稳健性。因此,作战指标的不确定性分析也是作战指标分析的重要部分。关联分析是量化求解作战指标要素之间的关联程度,以其作为一种评判依据。作战指标的关联性分析也是一项非常有意义的分析工作。它可用来确定相关作战指标之

间的影响关系,为作战指标的规划设计给予启示。作战指标关联性分析模型与算法是一个很值得研究的问题。协调性是指系统指标的协调与平衡性分析。通过协调性分析能知道系统发展的合谐程度,以辅助决策。

2. 作战指标规划设计

作战指标分析是规划设计的基础,作战指标规划设计是作战指标分析的目标。系统关键作战指标的规划设计是系统工程研究中重要问题之一。世界军事强国非常重视武器装备作战指标发展规划,如在军用系统方面,美军提出的基于作战指标的计划(CBP)就是一种武器装备作战指标的规划设计思想。

作战指标规划设计目标通常有以下几类。

(1) 达到需求并具有一定的稳健性。作战指标并不需要无限的强,但必须达到需求。需求是衡量作战指标有效性的尺度,若达不到需求,那么作战指标再强也是无效的。然而需求是难以精确地描述与确定的,存在很大的不确定性。首先需求类型存在不确定,有何需求?其次,难以精确地确定需求范围,如以量化的方式精确描述作战目标是很困难的。实际武器装备作战指标也存在不确定性,不一定是固定值或精确值。对于这些不确定性,作战指标的设计规划要具有一定的稳健性(或称为鲁棒性),使得作战指标能够适应各种不确定性条件。

(2) 费用少。作战指标的提高受到有限经费的限制。作战指标规划设计目标之一就是用较少的经费达到相应的作战指标,以实现需求目标。

(3) 时间少。达到相应的作战指标需求,不仅要消耗经费,而且还需要一定的发展时间。如何能够以最快的速度达到相应的作战指标需求也是作战指标规划设计的目标。

对于武器装备作战指标各种类型的分析与设计,它们的关系如图 1.1 所示。

3. 武器装备作战指标分析与设计的形式化描述

可以用一个形式化的模型说明武器装备作战指标分析与设计问题。

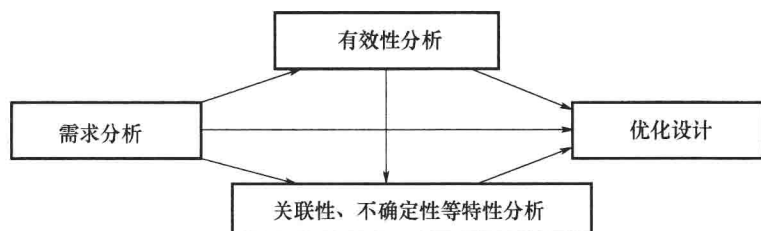


图 1.1 各种类型的作战指标分析与设计关系图

武器装备指标分析与设计描述为如下的模型形式：

$$\mathbf{R} = F(\mathbf{P})$$

式中： $\mathbf{R}$ 为武器装备系统的任务指标向量，例如对于防空体系来说，其需求指标即为基于某些特定想定情况下，击落敌机的概率、百分比等，由于武器系统完成任务是多样化的，因此任务需求 $\mathbf{R}$ 是一向量； $\mathbf{P}$ 是指武器装备系统的能力指标向量，例如对于上述的防空体系，能力指标包括最大探测距离、最快反应速度和武器的单发命中概率等。

建立任务指标与武器装备作战指标的定量关系是进行指标分析与设计的关键，由于问题的复杂性，对于绝大多数实际问题是无法用一个理论上正确的简明解析式表达这种关系的，通常只能求助于仿真手段。如上式中的映射 F ，主要通过仿真手段实现此映射关系。

对于武器装备指标分析与设计问题，对任务指标的限定通常是预先给出的，其通常是一些作战目标，如敌我损失比大于某一值、消灭敌人的数量超过多少、最早完成任务的时间等。这些目标确定后，武器装备作战指标分析与设计所第一项要做的工作就是，确定能够完成这些任务目标的武器装备系统的关键作战能力指标需求。根据决策目标，通常先确定一个在任务指标向量 $\mathbf{R}$ 上的一个单调的需求效用函数 U 。这类函数通常由决策者根据作战需求预先确定，其形式通常是一些数据划分。如对某防空系统，其对敌某型机击落概率大于 0.6，其需求效用值就为 1，否则为 0。

这个指标需求应用一个指标需求空间的形式来表达。对于上

式,为了问题描述方便,假设需求指标 R 为单个任务需求指标,其需求描述设为 $R > K$,即 $U(R) = \begin{cases} 1, & R > K \\ 0, & R \leq K \end{cases}$,作战指标由 N 个构成,指标空间可以描述为 $P = P_1 \times P_2 \times \cdots \times P_N$;能力指标需求空间定义如下:

定义 1.1 $\forall p \in Pl, Pl \subseteq P, U(F(p)) = 1, Pl$ 就是作战指标需求空间(又称为指标需求轨迹(locus)^①)。

定义 1.1 表示在作战指标向量空间中,通过映射,能够使任务需求指标大于 K 的有效区域。

以上介绍的是关于武器装备能力有效需求的描述问题。以下介绍关于指标分析与设计中另外一个问题:基于需求的指标有效性的分析问题。可以把有效性值定义如下:

定义 1.2 武器装备作战指标的有效性 $E = \Pr(p \in Pl)$,其中 p 为某个作战指标向量值, Pl 是前面定义的指标需求空间, $\Pr$ 代表一种测度(通常是概率、可能性、可信性等测度),指标的有效性即是指标向量 p 属于需求空间中的概率、可能性、可信性值等。实际情况中,由于不确定性, p 通常也是用概率密度函数、模糊隶属函数来描述。

指标分析与设计的第三个的问题是武器装备作战指标特性分析问题,包括作战指标的灵敏性、稳定性、关联性与协调性等。

灵敏性指当实际指标取值存在扰动变化时,其完成任务的有效性的变化分析。指标 p_i 的灵敏性可以形式化的定义为 $S_i = \frac{\partial E}{\partial p_i}$,指标 p_i, p_j 关联性定义为 $R_{ij} = \frac{\partial^2 E}{\partial p_i \partial p_j}$,稳定性可以定义为指标向量点距离需求空间边界的距离。对于指标的协调性,可以使用向量熵进行测度。

指标分析与设计的第四个问题是,如何优化设计作战指标,使其

① 轨迹(locus)在韦氏大词典中的定义是:“符合一定代数约束条件点的集合称为轨迹”。在这里强调一下,轨迹这一概念经常被误解只是点的一条运动曲线(trajecory)。

能满足任务需求,代价最小。能力指标进行优化设计通常具有两种目标:一是费用优化;二是时间优化。其简化模型如下:

令 $C(p_0, p_e)$ 为从能力点 p_0 发展到 p_e 时所需要的费用, $T(p_0, p_e)$ 表示时间。优化模型即是如何优化发展作战指标,使得其基于需求的有效性达到一定的值,而所花费费用较少或时间最短。

$$\text{Min}(C(p_0, p_e)) \quad \text{或} \quad \text{Min}(T(p_0, p_e))$$

$$\text{s. t. } E \geq RE$$

RE 是一个指定的指标有效性阈值。

以上从形式上,宏观地描述了武器装备作战指标的分析与设计问题。在后续章节中,将运用探索性仿真实验的方法,逐步解决上述问题。

4. 指标空间的类型

武器装备作战指标分析与设计的基本对象是作战指标合成的一个向量空间(以下简称为指标空间)。可将指标空间分为三类: 2^K 型、 N^K 型与 L^K 型。

2^K 型是指作战指标空间中指标取值只有两段。例如,对于弹道导弹精度指标 CEP,只探索实验其最大与最小值,如 50m 与 200m,其取值只有两种,往往采取 2^K 实验模式,这类实验模式可以用来确定实验因子主效应、交互效应、筛选关键要素等功能。

N^K 型又称为离散型,它是指在指标空间中,每个指标分割成若干段。例如,可以把弹道导弹的精度指标 CEP 分为 50m、100m、150m、200m 等若干离散值。对于离散型可以借助相应寻需算法,以及数据挖掘、回归分析技术近似的生成指标需求空间,借用传统的各类实验设计与分析技术,完成概略的指标优化论证。

L^K 型又称连续型,它是指在指标空间中,每个指标连续取值。例如,把弹道导弹的精度指标 CEP 的取值范围定为 $[50\text{m}, 200\text{m}]$ 连续区间。连续型的指标空间,可以精密地完成各种类型的指标分析与设计。

以上三种类型的指标空间, 2^K 计算量最小,适合应用于初始大量指标的宏观分析; L^K 计算量大,适合应用于关键指标的精密分析与设计,在实际中它们往往综合运用,是一个从 $2^K \rightarrow N^K \rightarrow L^K$ 逐步求

精的过程。

1.2.2 从传统分析策略到探索性仿真实验分析策略

1. 武器装备作战指标的复杂系统特性

武器装备作战指标呈现出整体性、非线性、时变性、对抗性和不确定性的特点。

(1) 整体性,是指武器装备作战总体效能不是各作战指标的简单累加,不能用各个武器装备作战指标的简单组合,如加性或拟加性函数表示整体效能,而是各武器装备系统能力在具体作战任务背景下聚合而成的整体能力,是为达成具体目标的各武器装备系统能力的综合集成。

(2) 非线性,武器装备作战指标之间难以用基于线性关系的数学模型甚至是一般的解析模型来建模,难以在武器装备作战指标与武器装备系统整体使命需求指标之间建立显式的函数关系。

(3) 时变性,由于武器装备系统在其全生命周期内是随着使命任务、技术条件以及外界环境的变化而不断变化的,应该考虑整个时间轴上而不是某一时间点上的需求。

(4) 对抗性,武器装备系统只有在对抗条件下才能确定其作战能力指标,静态的脱离实际背景应用环境而探讨其能力是毫无意义的。

(5) 不确定性,一方面武器装备作战指标具有随机性与模糊性,很难精确地表述其值;另一方面,武器装备系统实际能力只能在具体的作战环境下体现,处于不同的作战环境武器装备系统能力可能不一样,应综合考虑各种典型外部环境等诸多不确定性因素。

正是由于武器装备作战指标的分析与设计具有复杂系统特性,这样传统的基于还原论思想的分析与设计策略变得不适用,实际问题的需求呼唤新的基于复杂系统观的方法论,由此提出了基于探索性分析策略的武器装备作战指标分析与设计方法。

2. 探索性仿真实验分析方法

探索性分析就是对各种不(未)确定性要素所产生的结果进行整体研究。复杂系统存在着大量不(未)确定的要素,这些不(未)确