

体系作战需求与装备能力映射方法研究

黎潇, 张东俊, 张涛

中国人民解放军92337部队, 大连 116023

摘要 为使武器装备能力能够满足体系作战需求, 本研究提出了基于战略环境的体系作战需求分析方法, 从战略目标出发按照自顶向下逐层分解的方式获取作战能力需求, 以此为基础引入以价值为中心的方法构建了包含战略目标、作战使命、体系能力和装备能力4个层次的价值模型基础框架, 给出体系作战需求到装备能力映射方法。

关键词 体系作战需求; 映射关系; 价值模型; 评分函数

世界军事领域正处于深刻变革的时代, 高新技术的发展对作战理论、军事装备和作战方法等方面带来了巨大的影响。高技术作战, 是非线性、非对称的体系与体系的对抗, 呈现出空间多维化、时间实时化、对象多元化、样式多样化等新的特点。高技术作战的这些特征, 对武器装备能力提出了极大的挑战, 相应的武器装备能力必须适应体系作战的需求, 具备对多变的作战环境、多样的作战样式、多类的作战使命的广泛适应能力与快速反应能力^[1]。

为使武器装备能够满足作战使用需求, 需要合理规划各类武器装备的研发, 使之构成合理、稳定、高效的装备体系, 使其最终在作战使用中能够发挥最大的功效。

针对体系作战对武器装备能力需求问题, 目前被学术界普遍接受的是基于能力的武器装备体系需求论证, 以生成合理的武器装备体系规划方案^[2-4]。大部分的文献研究重在能力评估模型的构建上, 体系作战需求直接给出, 未建立体系作战需求与装备体系能力评估之间的关系, 无法确保装备能力能够与体系作战需求达到最优适配。

本研究在提出基于战略环境的体系作战需求分析方法的基础上, 开展以价值为中心的装备体系能力评估方法, 寻求从“需求”到“能力”的定性定量映射关系, 为装备发展提供精确的研制需求输入。

1 体系作战需求分析

1.1 体系作战需求分析必要性

随着科学技术发展, 武器装备的信息化水平不断提高, 装备之间的联系愈发紧密, 传统平台对抗的作战样式正逐步向以信息为支撑的体系对抗转变。信息的交互使得装备成为整个作战体系中的一环, 作战行动决策将面临越来越多的不确定因素, 只有着眼于未来战争体系对抗整体性、对抗性和不确定性特点的体系作战需求分析方法, 才能适应目前深层次、大范围新军事变革的需要。

1.2 体系作战需求内在关系分析

体系作战需求分析的核心是体系作战能力需求分析, 是指在作战过程中为有效完成作战任务而对其应具有的基本作战能力的基本要求。体系作战需求研究的目

收稿日期: 2018-10-31; 修回日期: 2019-02-26

基金项目: 中国博士后科学基金面上项目(2017M613384)

作者简介: 黎潇, 高级工程师, 研究方向为作战试验仿真与评估, 电子信箱: 39770416@qq.com

引用格式: 黎潇, 张东俊, 张涛. 体系作战需求与装备能力映射方法研究[J]. 科技导报, 2019, 37(5): 39-45; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2019.05.005

标是构建满足作战使命任务的作战能力体系^[5]。

体系作战能力需求分析的流程和内在关系应以国家安全战略为原始输入,着眼联合作战行动,以技术发展水平合理构建体系结构,形成满足体系作战能力需求的方案集,如图1所示。

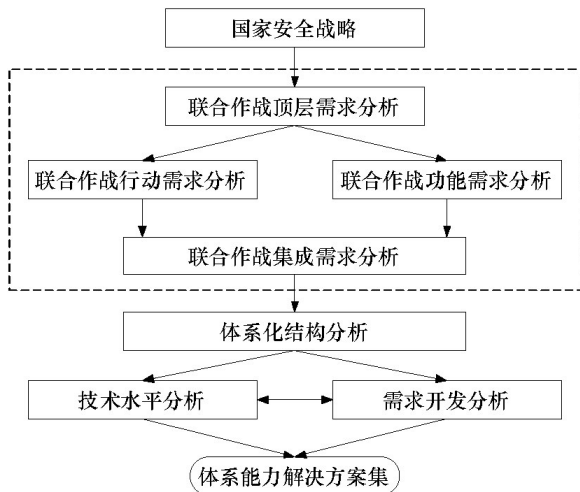


图1 体系能力需求分析内在关系

Fig. 1 The internal relationship of system capability demand analysis

1.3 基于战略环境的体系作战需求分析方法

基于战略环境的体系作战需求分析方法,就是要面向未来作战对手和潜在冲突区域,着眼于联合作战体系对抗的整体性、对抗性、不确定性等特征,构建从“战略目标”到“使命任务”再到“作战能力”的映射关系,从作战力量运用的角度分析在不同作战任务下对体系能力的需求。

基于战略环境的体系作战需求分析方法,按照“战略目标—使命任务—作战构想—体系能力”的流程展开分析。首先根据战略目标分析实现目标作战体系需要履行的使命任务;其次根据使命任务,考虑作战对手、作战规模、作战环境设计作战构想;再次根据作战构想下各作战力量的运用方式,分析不同任务下对体系作战能力的需求,包括能力构成、能力大小、相互关系等方面。体系作战能力需求分解层次图如图2所示。

2 体系作战能力需求与装备能力映射关系构建

通过上节的方法得到包括能力的表述、能力结构、支持资源、影响因素以及其之间的相互作用等方面的

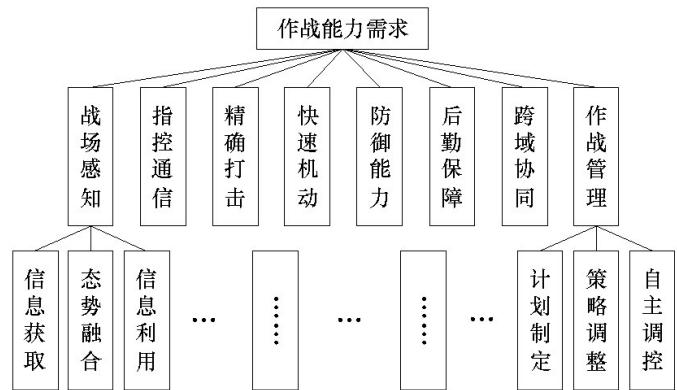


图2 体系作战能力需求分解层次图

Fig. 2 System operational capability requirements decomposition hierarchy diagram

体系作战能力需求,接下来就需要研究从体系作战能力需求到装备能力的映射关系。

在能力需求分析过程中,最常用的一种方法是以价值为中心的方法,即将顶层目标按照一定的层次结构不断分解,直到能够确定可度量、可操作和可理解的底层基本属性,本研究将其引入到武器装备体系能力需求分析中,主要探讨价值模型基础框架、装备能力评分函数和评估指标聚合方法。

依据价值模型所需具备的完备性、最小性、非冗余性和可操作性4个基本特征,构建具有4层结构的能力评估模型,即:战略目标、作战使命、体系能力和装备能力,如图3所示。作战使命用于表征武器装备体系面对的典型作战任务,如某方向联合防空作战、某方向海上军事冲突、某方向陆上军事冲突等;体系能力用于表征武器装备体系的能力,如侦察监视能力、指挥控制能力、火力打击能力、综合保障能力等;装备能力用于表征武器装备系统的能力,如导弹武器系统的有效突防

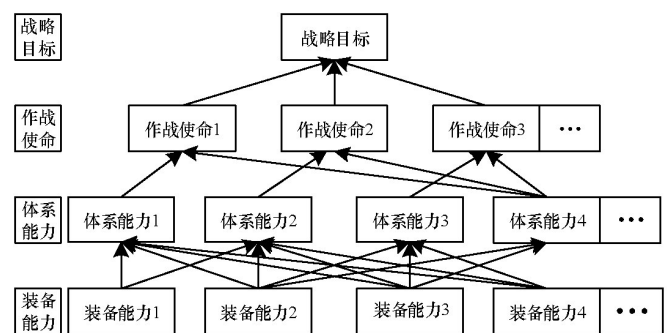


图3 体系作战能力需求与装备能力映射关系

Fig. 3 The mapping relation between system combat capability requirement and equipment capability

能力、精确打击能力、综合毁伤能力。为了建立武器装备系统与作战使命之间的关联关系,论文引入系统角色的概念,用于表征武器装备系统承担的任务,如弹道导弹都具备火力打击能力,但不同类型的导弹承担着不同的作战任务。

作战使命、体系能力、装备能力和系统角色4者之间的关系为:体系能力考虑的重要度,在作战使命约束下进行比较(表1);装备能力考虑其对体系能力的重要度,向体系能力聚合需考虑系统数量、角色(表2);系统角色为不同作战使命下武器装备系统承担的任务,以其与同类装备的重要度比较结果度量(表3)。重要度采用经典方式,即划分为同等重要、比较重要、很重要、非常重要、极为重要5个层级,取值分别为1、3、5、7、9。

表1 体系能力的重要度

Table 1 Importance of system capacity

作战使命 重要度	体系能力			
	A_1	...	A_l	
M_1	A_1	1	...	$a_{1,l}$
	...	...	1	...
	A_l	$a_{1,l}$	...	1
M_m	A_1	1	...	$a_{m,l}$
	...	...	1	...
	A_l	$a_{m,l}$	...	1

表2 系统能力的贡献度

Table 2 Contribution of system capacity

体系能力 重要度	系统能力			
	C_1	...	C_j	
A_1	C_1	1	...	$C_{1,j}$
	...	...	1	...
	C_j	$C_{1,j}$	...	1
A_l	C_1	1	...	$C_{l,j}$
	...	...	1	...
	C_j	$C_{l,j}$	...	1

3 体系作战需求满足度评估方法

3.1 装备能力评分函数

在武器装备能力评估模型中,每个体系能力都对应于相对可度量的各种装备能力,而每一项装备能力

表3 装备系统的重要度

Table 3 Importance of equipment system

作战使命 重要度	装备系统			
	S_1	...	S_s	
M_1	S_1	1	...	$S_{1,l}$
	...	...	1	...
	S_s	$S_{1,l}$	...	1
M_m	S_1	1	...	$S_{m,k}$
	...	...	1	...
	S_s	$S_{m,k}$	...	1

又被赋予各自的评价指标用于度量武器装备的性能,如识别采用准确性表征、探测采用分辨率表征。为统一量纲,引入装备能力评分函数,将武器装备的性能映射为相应装备能力的价值分数^[6-7]。例如,评分函数将武器装备的性能“83%能够正确识别”转换为相应的装备能力 C (识别) P (准确性)的价值分数92;武器装备的性能“探测的分辨率为米级”转换为相应的装备能力 C (探测) P (分辨率)的价值分数80,如图4所示。

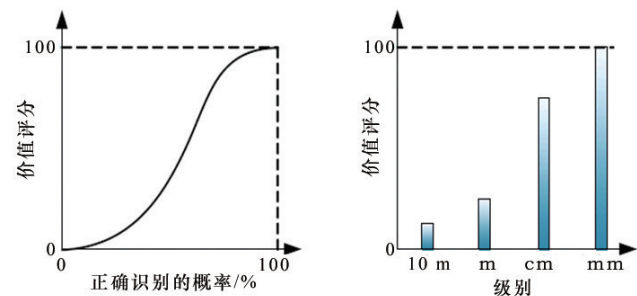


图4 装备能力评分函数示意

Fig. 4 Schematic diagram of equipment capability score function

评分函数的开发在武器装备能力需求评估模型设计中是一项非常重要的分析工作,同时也是比较困难的工作。因为分析人员必须洞悉决策者对每一项装备能力在整个评价指标范围内的价值判断。但一般情况下,评分函数的形状大多符合图5所示的5种基本模式:递减增量模式(f_1)、递增增量模式(f_2)、递增后递减增量模式(f_3)、递减后递增增量模式(f_4)、线性增量模式(f_5)。

为尽可能保证价值评分的准确性,通常会邀请多名专家进行装备能力评分函数的确定,当专家意见不一致时,为了充分考虑个人意见,突出群体智慧,采用

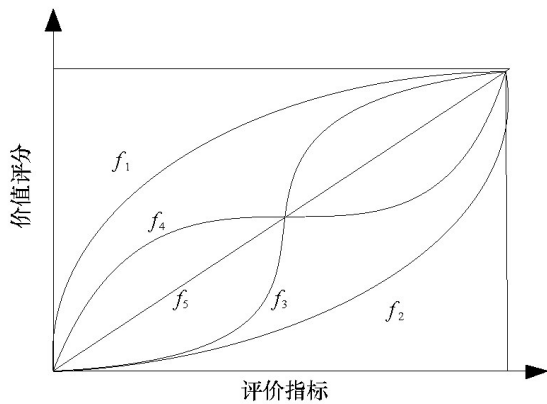


图5 装备能力评分函数的一般形式

Fig. 5 General form of equipment capability score function

如下方法进行价值评分。

$$\begin{cases} p = \sum_{i=1}^n \frac{a_i^2}{\rho} p_i \\ \rho = \sum_{i=1}^n a_i^2 \end{cases} \quad (1)$$

式中, p 为装备性能的最终价值评分; ρ 为专家总体智慧; n 为评分函数数量, 取值为 5; a_i 为选择第 i 个评分函数的专家数量; p_i 为武器装备性能通过第 i 个评分函数转换而成的价值分数。

3.2 体系作战需求满足度评估指标聚合方法

以 m 作为作战使命的编号, i 作为体系能力的编号, j 作为装备能力的编号, s 作为装备系统的编号, f 作为装备体系的表征, T 作为战略目标的表征。对于重要度比较, 计算其几何均值, 则作战使命的重要度为

$$z(m) = \left(\prod_k \alpha(m, k) \right)^{1/M} \quad (2)$$

式中, $\alpha(m, k)$ 为两两比较的结果, 即 1、3、5、7、9 或 1、1/3、1/5、1/7、1/9 中的某一个值; M 为作战使命的数量。

体系能力的重要度为

$$x(i, m) = \left(\prod_k r(i, k, m) \right)^{1/I} \quad (3)$$

式中, $r(i, k, m)$ 为两两比较的结果; I 为体系能力的数量。

装备能力的贡献度为

$$u(j, i) = \left(\prod_k \lambda(j, k, i) \right)^{1/J} \quad (4)$$

式中, $\lambda(j, k, i)$ 为两两比较的结果; J 为装备能力的数量。

系统角色, 即装备系统的重要度为:

$$y(s, m) = \left(\prod_k \beta(s, k, m) \right)^{1/S} \quad (5)$$

式中, $\beta(s, k, m)$ 为两两比较的结果; S 为同类装备系统的数量。

进行归一化处理:

$$\begin{aligned} Z(m) &= z(m) / \sum_k z(k) \\ X(i, m) &= x(i, m) / \sum_k x(k, m) \\ U(j, i) &= u(j, i) / \sum_k u(k, i) \\ Y(s, m) &= y(s, m) / \sum_k y(k, m) \end{aligned} \quad (6)$$

考虑武器装备的性能、数量、角色, 采用如下方法对评估指标进行聚合, 获取某一作战使命下, 武器装备体系对体系作战能力的贡献度^[8]:

$$\begin{cases} q(s) = N(s) / \sum_s N(s) \\ b(s, m) = q(s) Y(s, m) / \left(\sum_k q(k) Y(k, m) \right) \\ B(f, i, m) = \prod_j \left(\sum_s b(s, m) P(j, s, m) N(s) \right)^{U(j, i)} \end{cases} \quad (7)$$

式中, $N(s)$ 为武器装备系统的数量; $P(j, s, m)$ 为武器装备系统的装备能力价值分数。

继而, 可得

$$C(f, m) = \prod_i B(f, i, m)^{X(i, m)} \quad (8)$$

则武器装备体系对战略目标的贡献度为

$$D(f, T) = \sum_m C(f, m) Z(m) \quad (9)$$

4 算例分析

与经典方法相比, 本研究最大的特点是将装备系统角色引入到体系贡献率的分析之中, 因此算例主要围绕这方面展开。

4.1 算例背景

有一战略目标由 3 大使命任务 M_1 、 M_2 、 M_3 组成, 每个使命任务都由侦 (A_1) 控 (A_2) 抗 (A_3) 打 (A_4) 保 (A_5) 5 大体系能力达成, 现有火力打击体系 S_1 、 S_2 、 S_3 组成, 计划发展一型装备, 有 S_4 、 S_5 两种备选方案。

4.2 算例结果

基于算例背景,此处只对火力打击能力进行分析,体系能力、系统能力的重要度相同。

1) 使命任务的重要度。

使命任务两两对比结果见表4。

表4 使命任务比较结果

Table 4 Mission comparison results

重要度	M_1	M_2	M_3
M_1	1	比较不重要(1/3)	同等重要(1)
M_2	比较重要(3)	1	比较重要(3)
M_3	同等重要(1)	比较不重要(1/3)	1

各使命任务的重要度为: $Z(1)=0.2, Z(2)=0.6, Z(3)=$

0.2

2) 装备系统的重要度。

(1) 使命任务1(表5)。

表5 使命任务1装备系统比较结果

Table 5 Mission 1 Results of comparison of equipment system

重要度	S_1	S_2	S_3	S_4
S_1	1	同等重要(1)	同等重要(1)	同等重要(1)
S_2	同等重要(1)	1	同等重要(1)	同等重要(1)
S_3	同等重要(1)	同等重要(1)	1	同等重要(1)
S_4	同等重要(1)	同等重要(1)	同等重要(1)	1

对使命任务1,方案1各装备系统的重要度为

$$Y_1(1,1)=0.25, Y_1(2,1)=0.25, Y_1(3,1)=0.25,$$

$$Y_1(4,1)=0.25$$

同理可得,对使命任务1,方案2各装备系统的重要度为:

$$Y_1(1,1)=0.25, Y_1(2,1)=0.25, Y_1(3,1)=0.25,$$

$$Y_1(5,1)=0.25$$

(2) 使命任务2(表6)。

表6 使命任务2装备系统比较结果

Table 6 Mission 2 Results of comparison of equipment system

重要度	S_1	S_2	S_3	S_4
S_1	1	同等重要(1)	同等重要(1)	比较不重要(1/3)
S_2	同等重要(1)	1	同等重要(1)	比较不重要(1/3)
S_3	同等重要(1)	同等重要(1)	1	比较不重要(1/3)
S_4	比较重要(3)	同等重要(3)	同等重要(3)	1

对使命任务2,方案1各装备系统的重要度为:

$$Y_1(1,2)=0.167, Y_1(2,2)=0.167, Y_1(3,2)=0.167,$$

$$Y_1(4,2)=0.499$$

同理可得,对使命任务2,方案2各装备系统的重要

度为:

$$Y_1(1,2)=0.167, Y_1(2,2)=0.167, Y_1(3,2)=0.167,$$

$$Y_1(5,2)=0.499$$

(3) 使命任务3(表7)。

表7 使命任务3装备系统比较结果

Table 7 Mission 3 Results of comparison of equipment system

重要度	S_1	S_2	S_3	S_4
S_1	1	同等重要(1)	同等重要(1)	比较重要(3)
S_2	同等重要(1)	1	同等重要(1)	比较重要(3)
S_3	同等重要(1)	同等重要(1)	1	比较重要(3)
S_4	比较不重要(1/3)	比较不重要(1/3)	比较不重要(1/3)	1

对使命任务3,方案1各装备系统的重要度为:

$$Y_1(1,2)=0.3, Y_1(2,2)=0.3, Y_1(3,2)=0.3,$$

$$Y_1(4,2)=0.1$$

同理可得,对使命任务3,方案2各装备系统的重要度为:

$$Y_1(1,2)=0.3, Y_1(2,2)=0.3, Y_1(3,2)=0.3,$$

$$Y_1(5,2)=0.1$$

3) 装备能力的价值评分。

火力打击能力主要考虑快反能力、突防能力和毁伤能力。依据各装备系统的性能,其评分见表8。

表8 装备系统能力价值评分

Table 8 Equipment system capability score

价值评分	快反能力	突防能力	毁伤能力
S_1	0.20	0.40	0.25
S_2	0.20	0.40	0.25
S_3	0.20	0.40	0.25
S_4	1.00	0.40	0.25
S_5	0.6	0.45	0.25

以费用为约束,确定装备系统 S_4 、 S_5 的数量,则所有装备系统数量见表9。

表9 装备系统数量

Table 9 Number of equipment system

装备系统	数量
S_1	60
S_2	40
S_3	20
S_4	40
S_5	40

由上述数据及分析可得, $X(i,m)=0.2$, $U(j,4)=1/3$, 则武器装备体系对体系作战能力的贡献度:

(1) 方案1。

本文方法:

$$\begin{cases} B(1,4,1) = \sum_{s \neq 5}^5 Y(s,1)N(s) \sum_j^3 P(j,s,1)U(j,4) = 14.00 \\ B(1,4,2) = \sum_{s \neq 5}^5 Y(s,2)N(s) \sum_j^3 P(j,s,2)U(j,4) = 16.66 \\ B(1,4,3) = \sum_{s \neq 5}^5 Y(s,3)N(s) \sum_j^3 P(j,s,3)U(j,4) = 12.40 \end{cases}$$

经典方法:

$$\begin{cases} B(1,4,1) = \sum_{s \neq 5}^5 0.25 \cdot N(s) \sum_j^3 P(j,s,1)U(j,4) = 14.00 \\ B(1,4,2) = \sum_{s \neq 5}^5 0.25 \cdot N(s) \sum_j^3 P(j,s,2)U(j,4) = 14.00 \\ B(1,4,3) = \sum_{s \neq 5}^5 0.25 \cdot N(s) \sum_j^3 P(j,s,3)U(j,4) = 14.00 \end{cases}$$

(2) 方案2。

本文方法:

$$\begin{cases} B(2,4,1) = \sum_{s \neq 5}^5 Y(s,1)N(s) \sum_j^3 P(j,s,1)U(j,4) = 12.83 \\ B(2,4,2) = \sum_{s \neq 5}^5 Y(s,2)N(s) \sum_j^3 P(j,s,2)U(j,4) = 14.33 \\ B(2,4,3) = \sum_{s \neq 5}^5 Y(s,3)N(s) \sum_j^3 P(j,s,3)U(j,4) = 11.93 \end{cases}$$

经典方法:

$$\begin{cases} B(2,4,1) = \sum_{s \neq 5}^5 0.25 \cdot N(s) \sum_j^3 P(j,s,1)U(j,4) = 12.83 \\ B(2,4,2) = \sum_{s \neq 5}^5 0.25 \cdot N(s) \sum_j^3 P(j,s,2)U(j,4) = 12.83 \\ B(1,4,3) = \sum_{s \neq 5}^5 0.25 \cdot N(s) \sum_j^3 P(j,s,3)U(j,4) = 12.83 \end{cases}$$

只考虑火力打击能力, 则武器装备体系对战略目标的贡献度如下。

本文方法:

$$\begin{cases} D(1,T) = \sum_m^3 C(1,m)Z(m) = 15.28 \\ D(2,T) = \sum_m^3 C(2,m)Z(m) = 13.55 \\ \frac{D(1,T) - D(2,T)}{D(2,T)} \cdot 100\% = 9.2\% \end{cases}$$

经典方法:

$$\begin{cases} D(1,T) = \sum_m^3 C(1,m)Z(m) = 14.00 \\ D(2,T) = \sum_m^3 C(2,m)Z(m) = 12.83 \\ \frac{D(1,T) - D(2,T)}{D(2,T)} \times 100\% = 9.2\% \end{cases}$$

由计算结果可知, 引入系统角色, 有利于面向使命任务, 基于装备性能进行装备发展论证, 从而能够有效避免采用作战效能进行装备论证面临的作战场景设置难题。

5 结论

从方法论层面给出了基于作战环境的体系作战需求分析方法和体系作战需求与装备能力的映射方法, 具有普适性, 可在一定程度上指导武器装备发展需求论证工作的开展。在下一步研究过程中, 将结合具体问题对映射方法进行深化并以此开展相应的武器装备发展论证工作, 为武器装备体系的规划提供建设性方案意见, 以促进武器装备体系的平稳、有序发展。

参考文献 (References)

- [1] 吴红, 许永平, 王磊, 等. 武器装备体系能力需求论证方法初探[J]. 计算机仿真, 2009, 26(2): 27-30.
Wu Hong, Xu Yongping, Wang Lei, et al. Preliminary research on capability requirement demonstration methodology of armament system of system[J]. Computer Simulation. 2009, 26(2): 27-30.
- [2] 赵新会. 作战能力与作战效能的概念开发[M]//军队建设与军事系统工程. 北京: 金盾出版社, 2002: 383-385.
Zhao Xinhui. Conceptual development of operational capability and operational effectiveness[M]//Military Construction and Military System Engineering. Beijing: JinDun Publishing House, 2002: 383-385.
- [3] 徐瑞恩. 作战理论基本概念: 战斗力、作战能力和作战效能度量[J]. 军事运筹与决策, 2002, 158-170.
Xu Ruien. Basic concepts of combat theory: Measurement of combat effectiveness, combat capability and operational effectiveness[J]. Military operations and decision-making, 2002, 158-170.
- [4] 罗鹏程, 傅攀峰, 周经伦. 武器装备体系作战能力评估框架[J]. 系统工程与电子技术, 2005, 27(1): 72-75.

- Luo Pengcheng, Fu Panfeng, Zhou Jinglun. Framework to evaluate the combat capability of weapons SoS[J]. *Systems Engineering and Electronics*, 2005, 27(1): 72-75.
- [5] 王剑飞, 郭嘉诚, 黄谦, 等. 作战需求分析方法研究[J]. *指挥控制与仿真*, 2009, 31(2): 9-13.
- Wang Jianfei, Guo Jiacheng, Huang Qian, et al. The research of method of operational requirement analysis[J]. *Command Control & Simulation*, 2009, 31(2): 9-13.
- [6] Bernard P Z. Multifaceted modelling and discrete event simulation[M]. Orlando: Academic Press, 1984.
- [7] Bernard P Z, Herbert P, Tag G K. Theory of modeling and simulation[M]. New York: Academic Press, 2000.
- [8] 刘磊. 面向武器装备体系发展的体系演化建模与探索分析方法研究[D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2011.
- Liu Lei. Research on evolution modeling and exploratory analysis methodology for weapon equipment system of systems development[D]. Changsha: National University of Defense Technology, 2011.

System operational capability requirements and equipment capability mapping method research

LI Xiao, ZHANG Dongjun, ZHANG Tao

Unit 92337 of People's Liberation Army, Dalian 116023, China

Abstract In order to make the capability of weapons and equipment to meet the system operational capability requirements, propose an analysis method of system operational capability requirements based on strategic environment. The requirements of combat capability are acquired according to the way of top-down decomposition. And the overall demand is derived from the strategic goal. The value-centered approach is introduced to construct the basic framework of value model. The value model conclude four levels of strategic objectives, operational mission, hierarchy capability and system capability, based on which, the equipment capability mapping method for the system operational capability requirements is given.

Keywords system operational capability requirements; mapping relationship; value model; scoring function ●



(编辑 徐丽娇)