

doi:10.3969/j.issn.1001-893x.2016.07.003

引用格式:王侃.目标作战能力建模与分析[J].电讯技术,2016,56(7):729-736.[WANG Kan. Analysis and modeling of target combat capability [J]. Telecommunication Engineering, 2016, 56(7): 729-736.]

目标作战能力建模与分析*

王侃**

(中国西南电子技术研究所,成都 610036)

摘要:为满足联合作战对目标作战能力定量化认知与分析的作战需求,在打击毁伤、生存自卫、信息支援、指挥控制、机动投送、综合保障六大目标作战能力研究框架基础上,完善了六大作战能力的概念内涵和理论外延。提出了基于能力要素的目标作战能力建模与分析方法,同时研究了基于作战场景的目标作战能力要素表征技术以及能力分析数据可视化技术,力求构建标准统一、要素齐全、功能完善的目标作战能力建模与分析理论方法体系,实现对目标作战能力的精细化建模与定量化分析。

关键词:联合作战;目标作战能力;能力要素;作战应用;精细化建模;定量分析

中图分类号:TN971;TP391 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-893X(2016)07-0729-08

Analysis and Modeling of Target Combat Capability

WANG Kan

(Southwest China Institute of Electronic Technology, Chengdu 610036, China)

Abstract: In order to satisfy the demand of joint operations for quantitative analysis of target combat ability, this paper proposes a new target combat capability analysis and modeling method by using the conception capability element with the foundation of the six combat capabilities theory including combat damage capability, self-survival capability, communication support capability, command and control capability, mobile transportation capability and comprehensive coverage capability. It completes the connotation of the six target combat ability theories, designs the capability element characterization technology and data visualization analyzing technology to describe scene-based target combat capability. The purpose of the method is trying to structure unified standard complete elements and perfect function target combat capability analysis and modeling methods architecture, and realize refine modeling and quantitative analysis of the target combat capability.

Key words: joint operation; target combat capability; capability element; combat application; refine modeling; quantitative analysis

1 引言

目标作战能力分析是目标数据的重要应用方向,也是基础情报信息为作战应用提供增值保障的主要技术手段。目前各职能部门在大力开展基础数据建设,力求构建标准统一的数据保障体系。目标作战能力分析是数据保障体系应用的重要环节,研究如何对目标作战能力精细化建模具有重大的作战应用价值^[1]。

20 世纪 90 年代,计算机技术、信息技术以及仿真理论技术的飞速发展,为联合作战提供了前所未有的技术平台和难得的历史机遇。美军历来重视基于目标特征的作战能力研究。美国参联会主席 2002 年发布的《联合目标选定》条令及其 2007 年修订版,都明确提出了“目标特征及作战能力”的定义和内涵。《目标数据清单》长期作为美军支持联合参谋部、作战部门、联合司令部中针对目标规划协同

* 收稿日期:2016-03-07;修回日期:2016-05-31 Received date:2016-03-07;Revised date:2016-05-31

** 通信作者:306616278@qq.com Corresponding author:306616278@qq.com

以及武器打击的数据标准,并以每年一次的频率更新,形成了以目标侦察、探测、定位、识别、行为预测、威胁评估为依托的精细化目标作战能力分析体系。

国内在此方向上的研究属起步阶段,尚未形成系统性的理论研究框架^[2]。2004 年,傅攀峰^[3]提出了空战武器体系超视距空战能力指标,研究重点在空战能力指标并未形成理论性的作战能力研究方法。2009 年,国防科技大学陈超^[4]提出了武器装备体系结构描述方法,但未涉及作战能力的深入分析。2011 年,第二炮兵工程学院的欧阳海波^[5]提出了基于灰色 AHP 法的武器装备体系作战能力评估方法,主要采用定性方法没有能力的定量分析。2011 年,国防大学陈国社^[6]提出了武器装备作战力量量化体系,提出应用打击力、防护力、机动力、信息力、保障力为框架的能力描述体系,但没有给出有效的分析方法。2013 年,中国西南电子技术研究所南建设等^[7]提出了包含固有特征、动态特征、感知特征的目标特征模型体系,规范了目标数据的建设标准,在此基础上形成了涵盖打击毁伤能力、生存自卫能力、综合保障能力、机动投送能力、信息支援能力和指挥控制能力的六大作战能力研究框架。

本文在文献[7]的基础上,结合六大作战能力的理论基础,构建基于能力要素的目标作战能力建模方法,提出了目标作战能力映射与表征技术,以构建作战能力的最小建模单元能力要素为手段,面向作战应用形成标准统一、要素齐全的目标作战能力建模与分析方法体系,为目标作战能力的量化分析提供新的思路和视角。

2 目标作战能力研究框架

2.1 目标特征模型及能力模型

“目标特征”就是目标特点的象征和标志,它是区分目标类别的独特特征集也是目标作战能力分析的数据基础。如图 1 所示目标特征模型包括目标的固有特征、动态特征和感知特征^[7]。其中固有特征是目标在研制生产定型后所具有的技术性能和状态,主要包括功能特征、物理特征、机动特征、武器装备特征;动态特征是指目标投入使用并形成战斗力后所具有的与集群和作战相关联的特征,主要包括作战序列、指挥协同、属性状态以及行为规律;感知特征是由多种探测、侦测、监测、观测传感器获得的可表征目标特性的参数,主要包括图像特征、信号特征以及测量特征等。

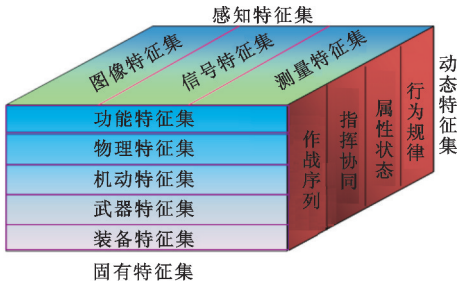


图 1 目标特征模型
Fig. 1 Target feature model

在目标特征模型的基础上可构建对目标作战能力的精细化定量建模与分析。目标作战能力的现有研究方法中,大多应用子能力分解的方式来描述作战能力,如图 2 所示,这样的描述方法固然有其逻辑关联意义,但也造成了建模分析力度不均衡、标准不统一、结构繁杂的研究现状^[8],同时对目标作战能力的宏观描述上没有形成有效的理论框架。本文在文献[7]的基础上,完善了六大作战能力理论的内涵和外延,并应用能力要素来标准化构建作战能力分析模型。

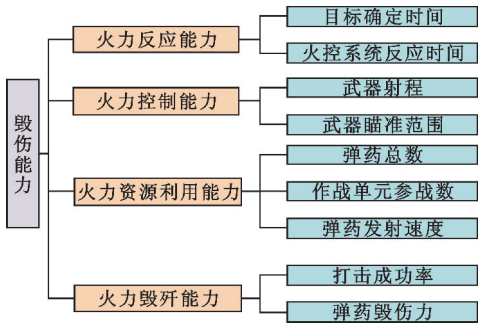


图 2 作战能力子能力分解表示
Fig. 2 Sub competence decomposition indication

如图 3 所示,本文应用六大作战能力的理论框架来描述目标作战能力。其中六大作战能力包括打击毁伤能力、生存自卫能力、综合保障能力、机动投送能力、信息支援能力和指挥控制能力,六大作战能力形成了目标遂行作战任务所应具有的能力集合。



图 3 目标六大作战能力
Fig. 3 The six combat capabilities of target

(1)打击毁伤能力:指对对方有生力量和技术装备进行毁伤破坏的能力。

(2)生存自卫能力:是指有生力量、武器装备、技术器材等所具有的抵御对方杀伤、破坏和恶劣自然条件侵害,有效保存力量的能力。信息化条件下的生存自卫能力中的抵御,既有被动的防御,也有主动的抗击,是防抗一体的主动防御。

(3)综合保障能力:指为保证军队有效遂行作战任务而实施的战时政治工作和作战、后勤、装备保障的能力。

(4)机动投送能力:指兵力或兵器所具有的进行空间位移的能力。

(5)信息支援能力:是获取、传递、处理、利用和控制信息情报的能力。

(6)指挥控制能力:指依托指挥信息系统,指挥和调动所属部队达成作战目的的能力。

2.2 目标作战能力分析框架

在六大作战能力理论框架的基础上,将目标作战能力分析划分为作战基础能力分析、作战应用能力分析以及作战综合能力分析三个层次^[9],每一层均由目标特征模型中的数据提供支持。目标作战能力的分析框架如图 4 所示。

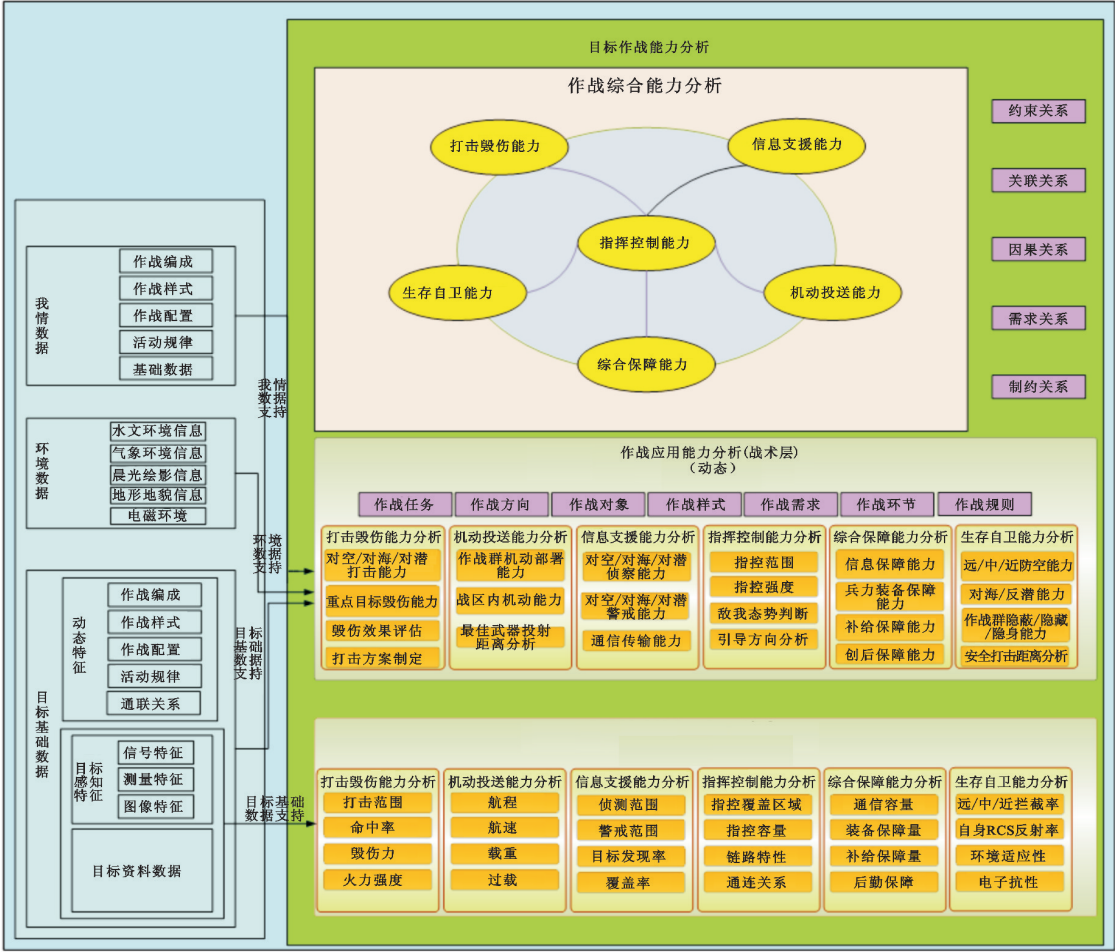


图 4 作战目标能力分析框架

Fig. 4 The analytical framework of target combat capability

作战基础能力分析是目标完成作战任务和遂行作战行动所具备的基础能力,主要是根据作战需求通过抽选和筹组作战目标静态参数,对目标基础数据进行整合和数学建模而形成,主要用于使用者对目标作战基础属性及作战能力进行快速查询,为作战指挥迅速、全面的提供目标作战能力参考。作战基础能力模型的主要表现为基于目标数据库各种基础数据排列组合以及基于基础数据的数学建模分析,作战基础能力分析根据提供的

目标基础数据实现对单目标静态的作战基础能力分析。

作战应用能力是指目标各种武器装备使用能力,以及装备综合使用可能达成的预期效果。作战应用能力是一种动态的、相对的作战能力,是对目标基础作战能力的具体运用和比较。在实际作战中,作战应用能力是衡量敌我双方作战能力的重要参考值,对于指挥员作战决策的制定,指挥机构拟制作战方案计划具有重要意义,作战应用能力分析一方面

需要结合我方情况、战场环境以及目标基础数据等敌、我、地方面的现实数据;另一方面,重点考虑作战任务、作战方向、作战对象、作战样式、作战需求、作战环节、作战规则对作战能力的影响。

作战综合能力是利用作战基础能力模型以及作战应用能力模型,对目标作战能力进行系统的描述,六大作战能力相互依存并有机整合,共同形成完备的目标作战能力描述框架。其中,指挥控制能力是整个作战能力的核心,它有序开展整体作战活动,按照作战需求的不同统筹协调其他五大能力的侧重范围,从而构建基于不同作战需求的目标能力描述体系。同时,各目标作战能力对其他能力的需求和响应都是由指挥控制能力统一协调,作战综合能力分析是打击毁伤、信息支援、指挥控制、机动投送、生存自卫、综合保障六大能力的有机整合,六大能力共同构成目标完成作战任务所必须具备的完整能力体系,缺一不可。

2.3 目标作战能力要素构建

传统的子能力建模方法由于模型建立者对目标认知程度不同存在主观的建模模型差异,并且分解的子能力之间存在标准不统一、要素耦合的问题,本

文提出基于能力要素的作战能力构建技术来解决这一难题,应用能力要素构建描述作战能力的最小建模单元。

从作战目标固有特征、动态、感知特征数据中抽取、挖掘、分析目标作战基础能力数据,对敌方部队部署态势、编成关系、指挥协同关系、活动范围、武器装备配属情况(含装备数量)、武器性能、抗打击数据、综合保障数据以及战术战法等数据进行数学建模处理,形成目标作战能力要素项集合。

能力要素项按照时域要素、空域要素、效率要素、覆盖要素、本征要素、抗性要素等进行表征分类,构建标准统一、要素齐全、格式完整的目标能力全域要素集合,如图 5 所示。根据作战需求、作战空间以及具体作战内容筛选目标能力全域要素集合,按照作战需求挑选能力要素项并形成要素集合,按照作战空间筛选要素集合中具体要素项以便适合当前的作战样式,按照作战内容将要素项关联、组合、调整并最终形成基于当前作战任务的唯一目标能力描述要素集,进而形成对目标打击毁伤能力、生存自卫能力、信息支援能力、机动投送能力、指挥控制能力、综合保障能力的特定描述。

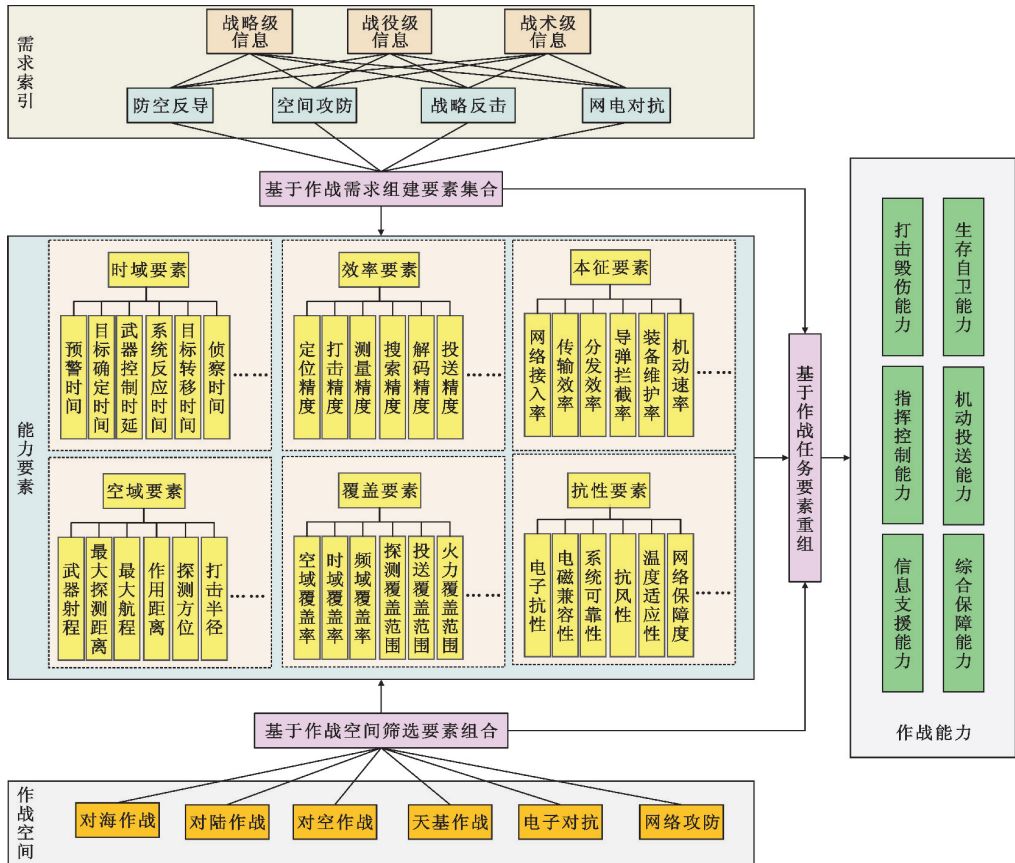


图 5 基于能力要素的目标作战能力分析框架

Fig. 5 The analytical framework of combat capability by competency elements

2.4 能力要素内涵解析

能力要素框架中包含时域要素、空域要素、效率要素、覆盖要素、本征要素、抗性要素。

(1)时域要素:以时间概念为本质特征的能力,能力要素项包括操控时间、部署时间、态势生成时间、武器控制时延等。

(2)空域要素:以空间概念为本质特征的能力,能力要素项包括作战半径、巡航高度、飞行高度、作用距离等。

(3)效率要素:以效率概念为本质特征的能力,能力要素项包括精度、速率、概率、误差等。

(4)覆盖要素:以广义范围概念为本质特征的能力,能力要素项包括时间覆盖、空间覆盖、频率覆盖、方向角覆盖、视场、范围、数目、容量等。

(5)本征要素:以目标本体基础特征为本质特征的能力,能力要素项包括外形尺寸、发动机、速度、加速度、载油量等。

(6)抗性要素:以目标抵抗某种因素的影响为本质特征的能力,能力要素项包括抗风性、防水性、系统可靠性、电磁兼容性、战场环境适应性、生存适应性等。

目标作战能力分析以能力要素集合进行描述,每一能力要素通过要素表征规则形成能力要素集,能力要素集进一步表征目标作战能力。

2.5 基于能力要素的作战能力表征

能力要素通过数据描述的建模方法提供精细化建模,根据具体问题具体建模分析,下述的表征规则为整体规则,主要解决相互独立的要素领域间如何描述同一目标作战能力^[10]。

在进行作战能力要素精细化建模中,要素聚合方式主要有两种:一是加法关系,即求加权和,下层作战能力要素以不同的权重聚合到上层作战能力;二是乘法关系,即求加权积,对于上层作战能力而言,每个下层作战能力要素的权重虽然不同,但是都不可缺少。只要一个下层作战能力指标为零,都会导致上层作战能力指标为零。

根据具体标准,确定具体的合成原则为:

- (1)将各个能力要素量按可加性或相乘性的原则进行综合;
- (2)相加的各个能力要素必须有相同的量纲或至少形式上保持一致性。

在能力要素对能力进行描述时要首先进行归一化的处理,所有的能力要素转化到[0,1]区间进行

描述。

在每一作战能力要素模块中,作战能力要素以乘法形式描述作战能力要素模块,作战能力要素模块以加权形式描述某一特定能力,基于武器平台种类、作战需求以及作战任务不同权重取值也不同。作战能力要素以乘法的形式描述能力,六大要素域以加权的形式描述综合能力。

3 目标作战能力分析实现与应用设计

在基于能力要素的目标作战能力建模构建后,需对能力分析的结果进行展示并紧密同作战应用结合。根据任务需求及作战指引,发挥建模与分析的理论优势,设计了目标作战能力开放式的开发框架如图 6 所示,提供了一套完整的分析流程及作战能力分析管理平台,以服务支撑为依托开展目标作战能力的应用设计。

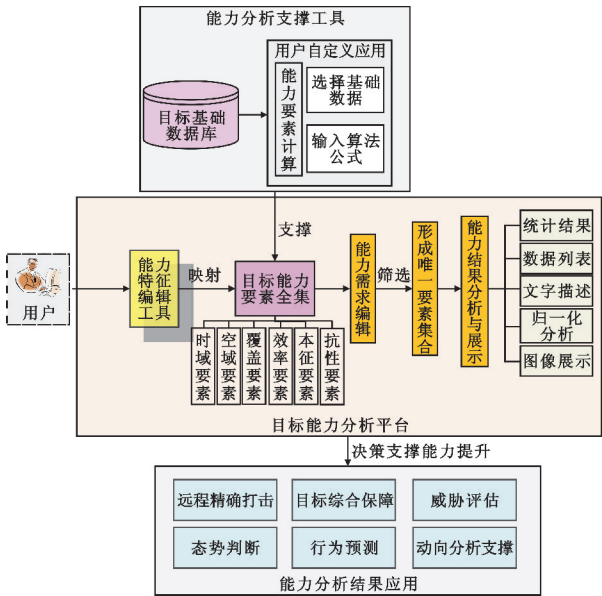


图 6 目标作战能力开放式的开发模式
Fig. 6 Open type development model of target combat capability

3.1 能力分析结果展现形式

目标作战能力分析结果以统计结果、数据展示、文字描述、归一化分析、包络图 5 种形式展示,具体描述如下:

(1)统计结果

利用当量分析数学方法,对目标作战能力的影响因素定量描述,分析其对作战能力影响百分比,直观展示目标特性对作战能力的影响因子、科学分析目标特性与作战能力之间的内在联系。

(2)数据展示

提供影响目标作战能力的数据列表,包括数据项、数值大小、单位及影响百分比,提供给指挥人员辅助判别。

(3)文字描述

提供目标作战能力简要文字描述,结合目标特性,对当前目标作战能力进行科学客观的评估,辅助统计结果及数据展示,提供更加详实的能力描述。

(4)归一化分析

利用正则归一化数学方法,科学化的对不同种类具备共同作战用途的武器装备作战能力进行分析比较,既可比较整体能力也可比较具体作战能力影响因素,从宏观和微观层面直观科学的提供当前敌我双方能力对比,为指挥者提供不同决策视角。

(5)包络图

利用空间矢量分析方法,将目标作战能力以图像形式生动展示。综合考虑任务、环境及当前自身属性的影响,在态势图上直观展示目标当前具备的

区域到达能力。

3.2 能力分析数据动态可视化初探

场的概念最早是 1837 年由英国物理学家法拉第提出的,他认为物体间的非接触相互作用的发生,如万有引力、静电力以及磁力作用等,都必须通过某种中间媒质的传递才能实现,而这种传递相互作用的媒质就是场。随着场论思想的发展,人们将其抽象为一个数学概念。

如果在全部空间或部分空间中的每一点都对应着某个物理量的一个确定的值,就说在这空间里确定了该物理量的一个场。学者提出了很多的战场分析模型,但这些模型都是针对某个具体对象,或某个作战过程,而缺少对整个战场系统分析的模型及其可视化^[11]。本文借助“场”的理论,在目标能力分析的框架基础上提出“能力场”的概念,对分析结果的数据进行动态可视化展示。飞机平台基于能力要素的“能力场”建模框架及涉及的具体能力要素内容如图 7 所示。

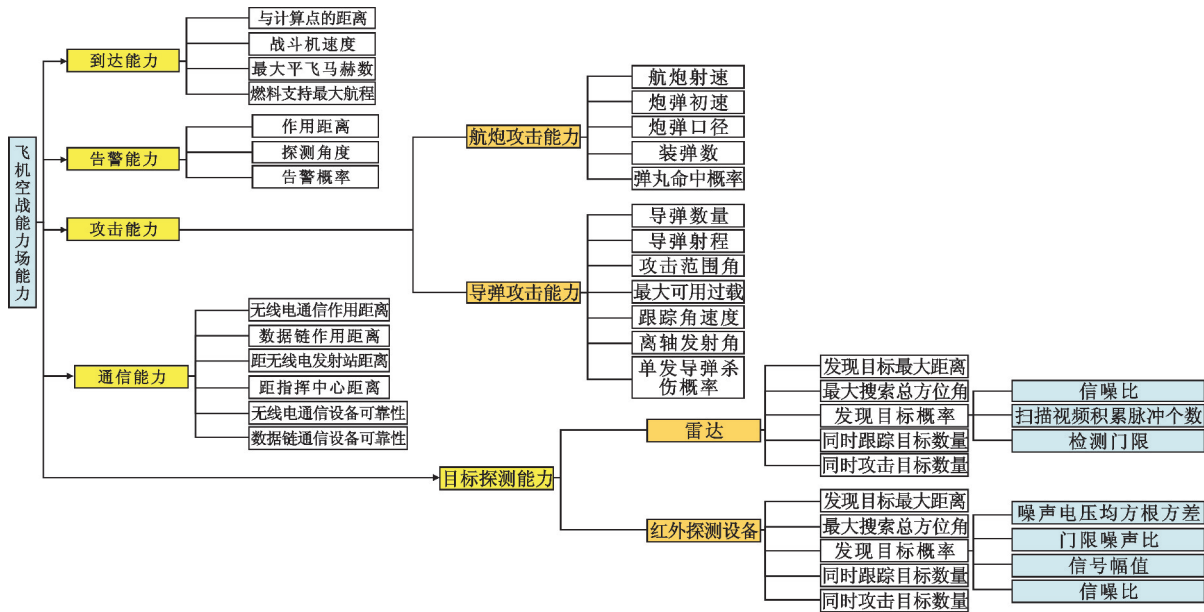


图 7 基于能力要素的能力场建模框架
Fig. 7 Capability element based capability field modeling framework

应用“能力场”的方式可以将目标作战能力分析的结果以直观形象的方式进行展现,同时通过对“能力场”的叠加属性分析、“0”场强位置分析、场强梯度方向的变化情况分析可分别判断敌我当前态势优劣、安全距离位置以及给出飞机的方向引导建议,丰富目标作战能力分析的作战应用内涵。

3.3 能力分析应用实例解析

下面以目标作战半径分析为例,展现目标作战能力建模与分析的过程及结果形式。目标的作战半

径主要受到自身属性、战场环境以及作战对象的影响,详细的建模流程如图 8 所示。自身属性中包含静态要素(如发动机静推力、推重比等)和动态要素(如挂架组合、载油量等);战场环境因素主要包括地形、电磁环境、气象以及防空识别区;作战对象以飞机为例主要包括敌雷达探测参数、红外探测参数以及电子对抗参数等。通过上述的作战能力要素构建基于当前任务信息的目标作战半径定量分析模型。

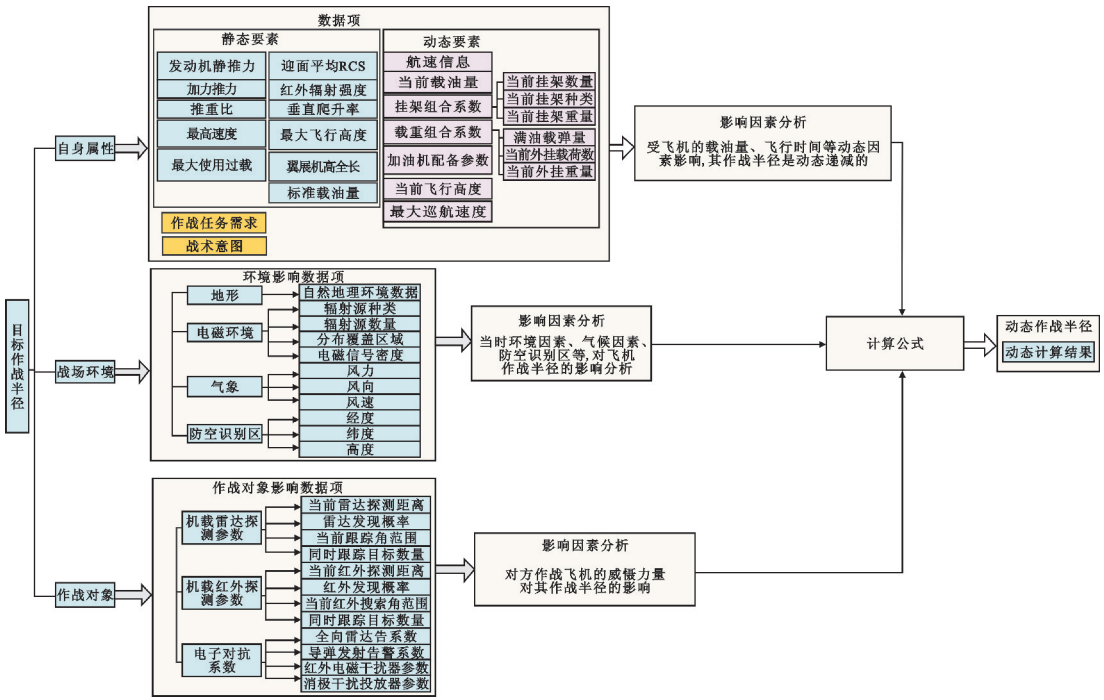


图 8 目标作战半径建模实例
Fig. 8 Example of target combat radius modeling

3.4 目标作战能力应用设计

目标特征模型提供了目标作战能力分析完善的数据保障体系,基于能力要素的建模方法构建了量化分析作战能力的模型支撑,依托目标特征模型体系以及目标能力模型可拓展非常广阔的作战场景应用。下面介绍 4 种依托本文方法的典型作战应用场景。

(1) 基于态势信息的目标作战半径分析

将目标的作战半径同态势图紧密结合在一起,通过对目标载重、飞行高度、巡航速度、当前载油重量、平台空重、最大过载的获取,可实时计算目标当前的有效作战半径,并在态势图上以目标当前位置为中心进行可视化展示,直观描述目标当前具备作战能力的空间范围。

(2) 多跑道易损性分析

动态展示某固定长宽尺寸及材质厚度的跑道,应用某特定武器对其毁伤后的封锁效果,并可估算跑道被封锁后,敌方修复此跑道使其恢复飞机起降能力所需要的最小时间。

(3) 打击毁伤能力评估

对飞机平台基于当前挂架组合对特定目标的打击毁伤能力进行定量分析,评估其对空打击能力以及对地打击能力。结合当前作战任务可分析出满足当前任务需求的最小挂架组合,并基于当前平台情

况,给出最佳的挂架组合建议^[12]。

(4) 侦察探测能力分析

对敌方在某固定区域内所有侦察手段的综合探测能力进行量化分析,对我方关注区域内的敌探测力量可有效分析其静态物理组成、动态组网效果以及综合侦察能力,获取其有效侦察时间、侦察范围、侦察盲区、威胁等级等。

上述内容只阐述了应用本文方法的 4 个基本典型应用场景,结合不同的作战需求,应用目标特征模型以及目标能力分析模型可产生多样化的作战应用服务支撑。

4 结束语

目标作战能力分析是一个全新的研究方向,是情报处理技术的主要作战支撑手段,也是未来面向联合作战的情报保障核心技术之一。目前,国外多是基于武器装备的作战能力分析,并没有扩展到广义的目标作战能力上,国内在此方向上的研究尚属起步阶段,没有形成系统性的理论研究框架。依托目标模型体系的研究成果,本文提出了基于能力要素的目标作战能力建模与分析理论方法体系,通过构建作战能力的最小建模单元能力要素来完成对目标作战能力的标准化建模与量化分析,结合应用场景将理论成果应用于基于态势信息的目标作战半

径分析、多跑道易损性分析、打击毁伤能力评估、侦察探测能力分析。本文提出的基于能力要素的目标作战能力建模与分析方法具备良好的应用基础,为目标作战能力研究提供了新的思路和视角。

参考文献:

- [1] 强勇, 缙水平, 王永刚. 战场感知系统目标识别技术的进展[J]. 火控雷达技术, 2008, 37(1): 108-113.
QIANG Yong, GOU Shuiping, WANG Yonggang. Development and prospect of target recognition in battlefield perception system[J]. Fire Control Radar Technology, 2008, 37(1): 108-113. (in Chinese)
- [2] 傅攀峰, 罗鹏程, 周经伦. 空战武器体系超视距空战能力指标研究[J]. 系统工程与电子技术, 2004, 26(8): 1072-1075.
FU Panfeng, LUO Pengcheng, ZHOU Jinglun. Research on the BVR air combat capability index of air-to-air weapon systems[J]. Systems Engineering and Electronics, 2004, 26(8): 1072-1075. (in Chinese)
- [3] 周立伟. 目标探测与识别[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2008: 131-140.
ZHOU Liwei. Object detection and identification[M]. Beijing: Beijing University of Technology Press, 2008: 131-140. (in Chinese)
- [4] 陈超, 王长春, 刘军伟. 武器装备体系结构描述方法[J]. 火力指挥与控制, 2011, 36(8): 2-10.
CHEN Chao, WANG Changchun, LIU Junwei. Weapons and equipment architecture description methods[J]. Fire Control and Command Control, 2011, 36(8): 2-10. (in Chinese)
- [5] 欧阳海波, 李朋飞, 赵海龙, 等. 基于灰色 AHP 法的武器装备体系作战能力评估[J]. 现代计算机, 2011, 8(23): 55-61.
OUYANG Haibo, LI Pengfei, ZHAO Hailong, et al. Combat capability evaluation of weapon system of systems based on gray hierarchy method[J]. Modern Computer, 2011, 8(23): 55-61. (in Chinese)
- [6] 陈国社, 马亚平. 武器装备作战能力量化体系[J]. 火力指挥与控制, 2011, 36(4): 47-50.

CHEN Guoshe, MA Yaping. Research on quantization system of weapon equipment combat capability[J]. Fire Control and Command Control, 2011, 36(4): 47-50. (in Chinese)

- [7] 南建设, 张芹. 目标特性研究[J]. 电讯技术, 2013, 53(1): 13-16.
NAN Jianshe, ZHANG Qin. Research on target feature[J]. Telecommunication Engineering, 2013, 53(1): 13-16. (in Chinese)
- [8] 雷厉. 侦察与监视[M]. 北京: 国防工业出版社, 2008: 78-82.
LEI Li. Reconnaissance and surveillance[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2008: 78-82. (in Chinese)
- [9] 南建设, 张芹. 电子信息装备一体化的思考[J]. 电讯技术, 2008, 48(4): 117-121.
NAN Jianshe, ZHANG Qin. Conception for integrative design of electronic information equipment[J]. Telecommunication Engineering, 2008, 48(4): 117-121. (in Chinese)
- [10] 南建设. 目标综合识别系统研究[J]. 电讯技术, 2007, 47(5): 55-61.
NAN Jianshe. Study on an integrated target identification system[J]. Telecommunication Engineering, 2007, 47(5): 55-61. (in Chinese)
- [11] US Air Force. US Air Force Pamphlet 14-210 Intelligence[R]. Washington DC: US Air Force, 1998.
- [12] HENSLER F R, GMB H I. Terra-SAR-X and TanDEM-X: global mapping in 3D using radar[C]//Proceedings of 2007 International Radar Symposium. Edinburgh: IEEE, 2007: 56-61.

作者简介:



王侃(1986—),男,黑龙江哈尔滨人,2013年获博士学位,现为工程师,主要研究方向为系统工程、复杂系统分析与建模。

WANG Kan was born in Harbin, Heilongjiang Province, in 1986. He received the Ph. D. degree in 2013. He is now an engineer.

His research concerns systems engineering, complex system analysis and modeling.

Email: 306616278@qq. com