

基于能力分析的空间对抗装备体系效能评估方法*

周黎妮** 朱启超 舒宇

(国防科技大学国家安全与军事战略研究中心,长沙 410073)

摘要:首先研究了空间对抗的核心能力要素;然后研究了空间对抗装备体系的构成,即将核心能力要素细化为基本能力要素并映射到空间对抗装备子系统;最后构建由作战能力指标→核心能力指标及权重赋值→基本能力指标及权重赋值→单项效能指标及权重赋值组成的指标体系,并提出基于该指标体系的单项效能评价→系统综合评价→体系综合评价→作战效能评价→结果验证的综合评估途径。

关键词:空间对抗装备体系;能力分析;核心能力;效能评估;指标体系

中图分类号:TP393 **文献标识码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1006-6055.2013.04.014

Effectiveness Evaluation Approach to Counterspace Weapon Systems-of-systems Based on Capability Analysis*

ZHOU Lini** ZHU Qichao SHU Yu

(Center for National Security and Military Strategic Studies, National University of Defense Technology, Changsha 410073)

Abstract: Firstly, the kernel capabilities of the counterspace are analyzed. Secondly, the composition of the counterspace weapon systems-of-systems is researched by chopping the kernel capabilities for elemental capabilities and mapping these elemental capabilities into counterspace weapon subsystems. Finally, the index systems-of-systems are designed as operation capability indices→kernel capability indices and coefficient matrix→basic capability indices and coefficient matrix→monomial capability indices and coefficient matrix. And the approach of the effectiveness evaluation is proposed based on the index systems-of-systems as monomial effectiveness evaluation→systemic integrated evaluation→systems-of-systems evaluation→operational effectiveness evaluation→results verification.

Key words: counterspace weapon systems-of-systems; capability analysis; kernel capabilities; effectiveness evaluation; index systems-of-systems

1 引言

随着空间技术的不断发展和国家利益的日益拓展,空间已成为事关国家安全和利益的战略“高边疆”。适应未来空间作战需要,加快建设空间对抗装备体系,是拓展国家战略空间,牵引科技、经济、军事发展,维护国家安全和利益的必然选择^[1,2]。目前,美国一直引领着空间对抗技术发展和装备体系建设的方向,在先进空间对抗技术、空间态势感知系统技术、空间电子攻防对抗技术、天基空间对抗前沿技术等领域都处于绝对优势;美国已部署部分空间对抗装备,具备一定的空间对抗实战能力,但是空间对抗装备体系研究仍在不断发展。其他国家或地区本着摆脱依赖、局部突破的原则,积极发展空间对抗装备技术^[3-6]。

信息化时代,空间对抗也必然是体系与体系的对抗。空间对抗装备的发展便不能单纯以单一装备的高性能为唯一目标,而应着力于国家空间对抗装备体系的构建。目前国内在航天装备体系研究方面取得了很多好的成果^[7-9],而对于空间对抗装备体系的研究仍处于初步探讨阶段。此外,杨凡德等^[10]对临近空间系统效能进行基于能力的分解,并未对基于能力的体系效能评估方法进行深入的研究。本文围绕国家空间安全战略需求,提出了基于能力分析的空间对抗装备体系效能评估方法。研究与对手或潜在对手展开空间对抗的核心能力,并将这些核心能力映射为满足这些能力要求

的空间对抗装备体系,并通过评估体系最终是否能完成这些能力以及完成这些能力的程度对空间对抗装备体系进行效能评估。

2 空间对抗的核心能力要素

2009年1月6日,美军参谋长联席会议正式发布了新版的《空间作战条令》(JP3-14)。新的《空间作战条令》明确了美军空间作战的4个主要任务领域,即空间力量增强、空间支持、空间控制和空间应用四个任务领域^[3]。其中,空间控制是空间作战最基本的核心任务,美国空军更多地称其为空间对抗,全文中采用美国空军的空间对抗的提法。空间对抗具体包括进攻性空间对抗(阻止对手利用空间)、防御性空间对抗(保护己方空间设施)和空间态势感知三类活动。进攻性的空间对抗主要通过高效精确打击实现,通过对敌方空间或地面目标实施干扰、破坏等攻击行为,以达到欺骗、中断、拒止、剥夺、摧毁等目的。防御性空间对抗,主要是利用空间预警能力对敌方威胁进行预警并采用相应的防护措施。空间态势感知能力既可以提供对空间目标和空间环境的精确预报,也可以对地面情况进行观测。

空间对抗的核心能力要素是指确保空间行动自由并挫败竞争对手利用空间的必要因素。空间对抗除了需要具备进攻性空间对抗、防御性空间对抗和空间态势感知能力外,为了利用空间态势感知能力完成进攻性或防御性的空间对抗行动,还需要具备快速进入空间、天地系统协同的能力。快速进入空间能力确保航天器在恰当的时间出现在恰当的地点,这既包括航天器的按需发射和返回,也包括基于大机

* 国防科技大学 2013 年度科研项目资助

** E-mail: zhoulini@nudt.edu.cn; Tel: 0731-84574824

动能力的在轨力量部署。天地系统协同能力是空间安全的神经中枢,负责采集、处理、分发各种信息,为遂行空间对抗的指挥、控制和决策提供有效支持。这五个能力共同组成空间对抗的五大核心能力要素。

3 基于能力分析的空间对抗装备体系层次分析

空间对抗装备是空间对抗的物质基础,是完成空间对抗能力和任务的根本出发点。按照系统工程观点,任何系统都具有层次性,空间对抗装备体系是系统的系统,因此对空间对抗装备体系进行效能评估,首先要理清空间对抗装备的层次及各层次与空间对抗核心能力的关系。从空间对抗装备满足核心能力要求出发,将空间对抗的五大核心能力要素细化为基本能力要素,然后将基本能力要素物化为空间对抗装备的子系统,从而揭示空间对抗装备子系统与基本能力要素的对应关系,为基于能力分析的空间对抗装备体系效能评估提供权重分析思路。最后将空间对抗装备子系统综合为系统和体系,为基于能力分析的空间对抗装备体系效能评估提

供评估分析思路。具体过程如图 1 所示。

3.1 能力细化

空间对抗的核心能力要素包括空间态势感知、快速进入空间、进攻性空间对抗、防御性空间对抗和天地系统协同。这五个能力要素作为空间对抗的核心能力,其内涵相当丰富,很难直接抽象出完成这些核心能力的系统或者分系统。因此,首先需要将核心能力要素细化为基本能力要素。

从要实现的功能方面分析,空间态势感知能力应包括对空间环境监测与预报、目标探测识别与跟踪、空间目标分类编目与预报、空间毁伤评估等;快速进入空间能力应包括按需发射、轨道机动、按需返回等;进攻性空间对抗能力应包括信息链路攻击、空间目标软杀伤、空间目标硬杀伤和天基对地攻击等;防御性空间对抗能力应包括威胁识别预警、被动防御、主动防御和自主恢复等;天地系统协同能力应包括信息综合管理、空间导航和空间综合指挥控制等。

3.2 能力映射

能力映射是指实现从基本能力要素映射到体系分系统

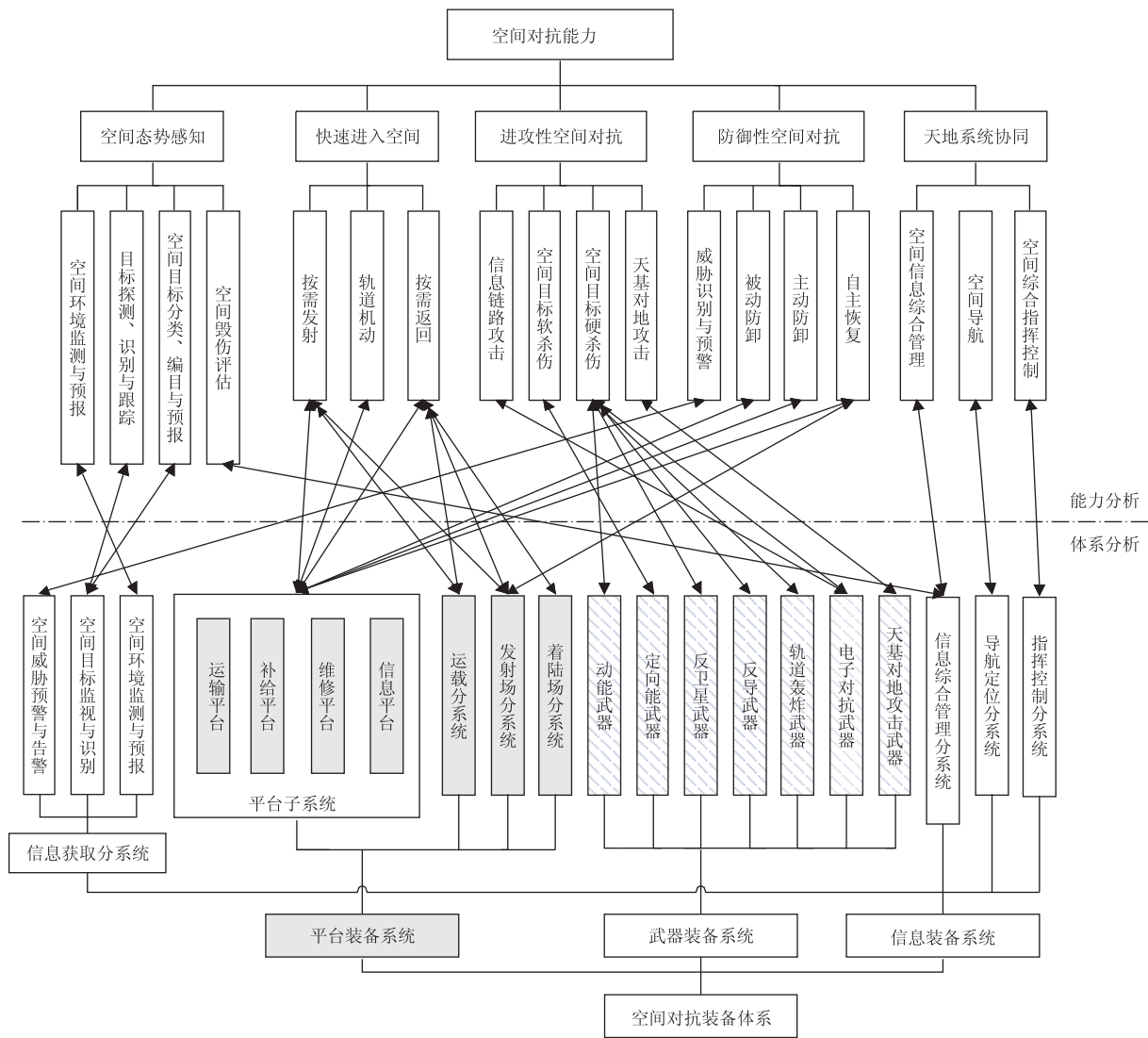


图 1 基于能力分析的空间对抗装备体系分析图
Figure 1 Structure of counterspace weapon systems-of-systems based on capability analysis

的过程,也是从技术的角度讨论满足基本能力需求的空间对抗装备子系统的过程。一方面,为了完成空间对抗的某种基本能力,可以采用几种技术手段实现。例如,为完成快速进入空间能力中的按需发射任务,可以对现有发射方式的各个环节进行改进,如采用操作简便的地面发射设施、可重复使用的运载器、可按需发射的飞行器平台等。

另一方面,一种技术手段也可能满足几种基本能力的要求。例如,平台子系统由于设计目的不同而具有多种形态,通常可以分为运输平台、补给平台、维修平台、信息平台等,可以完成多项能力要求:通过运输平台上的二次发射实现按需发射任务;通过运输平台的推进系统完成轨道机动、返回任务;通过运输平台的变轨机动自主规避空间威胁达到主动防御目的;维修平台能对受空间攻击的航天器进行在轨修复,达到自主恢复的目的。

4 基于能力分析的空间对抗装备体系效能评估步骤

空间对抗装备体系整体效能集中体现在有效满足军事作战需求^[7],对具体作战想定,要达到一定的作战效能,需要体系完成许多功能。前面分析了空间对抗体系的核心能力,并对这些核心能力进行了细化,那么是否能完成这些能力以及完成这些能力的程度便是对空间对抗装备体系最好的评估途径。首先,以军事需求为切入点,通过作战概念分析获得空间对抗装备体系的明确有效的核心能力要求;其次,寻找图 1 中对应的基本能力要求,转化为指标要求,并进行系统单项效能评估;然后,通过统筹协调完成空间对抗装备体系的综合评价;最后,利用作战效能评估技术对所形成的空间对抗装备体系进行作战能力评估。整个过程如图 2 所示,该方法包括建立指标体系和综合评估两大步骤。

4.1 构建指标体系

从图 2 可以看出,该评估方法是由需求入手,自顶向下、逐层深入地提出了由作战能力指标、核心能力指标及权重赋值、基本能力指标及权重赋值、单项效能指标及权重赋值组成的指标体系。具体过程如下:

Step1 作战能力指标分析。

Step1.1 基于排除规则^[8],结合作战样式、主战武器系统的研究,采用任务规划技术,抽象出能够有效描述该作战样式实际作战效果的作战能力指标,并对照空间对抗装备体系的核心能力要求,将这些有实战作战效果的核心能力要求作为核心能力指标。

Step1.2 采用专家打分法^[9]分析有实战效果的核心能力指标在作战能力要求中的权重赋值矩阵 K。请 N 位专家对 Step1.1 中有效的核心能力指标进行打分,然后求出 N 位专家咨询的指标的平均值,即得到权重赋值矩阵 K。

Step2 核心能力指标分析。基于图 1 中核心能力与基本能力的对照关系,查找并提取与 step1.1 中有实战作战效果的核心能力对应的基本能力指标,并采用专家打分法分析其权重赋值矩阵 B。

Step3 基本能力指标分析。由于基本能力指标并不能

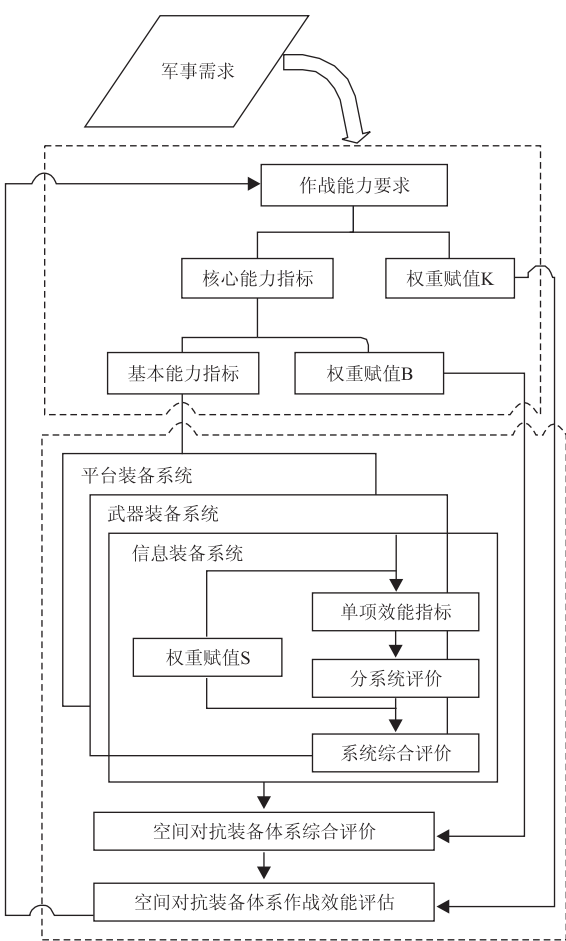


图 2 基于能力分析的空间对抗装备体系效能评估步骤
Figure 2 Steps of effectiveness evaluation approach to counterspace weapon systems-of-systems based on capability analysis

通用,因此需要进一步将基本能力指标分解为技术上可以衡量的单项效能指标,同样采用专家打分法分析各单项效能指标的权重赋值矩阵 S。单项效能指标与具体的作战样式无关,具有通用性,也可用于其他作战研究。

需要说明的是,评价过程中用到的核心能力指标和基本能力指标并不是图 1 中所有的能力要求所对应的指标,而是需要寻找能够反映对作战能力要求指标构成影响的主导技术因素。以某导弹对某目标实施攻击为例,对该空间对抗过程进行效能评估,分析对抗过程中涉及的作战能力,得到需要评估的核心能力指标仅包括图 1 的“空间态势感知”、“快速进入空间”、“进攻性空间对抗”和“天地系统协同”,而无需包括“防御性空间对抗”。进一步往下细化,提取对此次空间对抗有实际作战效果的基本能力指标,包括:“空间态势感知”和“天地系统协”同中的所有基本能力指标,“快速进入空间”的“按需发射”和“轨道机动”指标,以及“进攻性空间对抗”中的“空间目标硬杀伤”指标。

4.2 综合评估

依照指标体系采用由底层向上、逐步综合的方法进行空间对抗装备体系的效能评估,其途径可以概括为单项效能评价→系统综合评价→体系综合评价→作战效能评价→结果

验证,具体步骤如下:

Step1 单项效能评价。采用 ADC 模型分析法^[8,9]对系统的单项效能进行评价。因为一项基本能力可能由几个分系统或几个子系统完成,所以对所有参加此次作战的分系统或者子系统的该单项效能进行评价,因此是分系统级别的评价。

Step2 系统综合评价。将分系统的单项效能评估结果乘以权重赋值矩阵 S,聚合为系统的综合评价,即得到系统级别的基本能力指标的具体评价价值。

Step3 体系综合评价。将各系统的综合评价乘以权重赋值矩阵 B,得到空间装备体系的综合评价,即体系级别的核心能力指标的具体评价价值。

Step4 作战效能评价。将体系综合评价乘以权重赋值矩阵 K 得到空间对抗装备体系的整体作战效能评估值。

Step5 结果验证。体系的整体研究方案能否满足军事需求,最终需要将其置于作战环境下进行演练,评估其作战效能。如不能满足需求,则需要调整指标体系,重新展开评估。

5 结束语

空间对抗装备的发展是一项复杂的系统工程。本文基于能力需求初步研究了空间对抗装备体系,总结了空间对抗的五大核心能力,基于细化的空间对抗基本能力分析了空间对抗装备体系的组成,最后采用基于能力分析的体系效能方

法初步研究了空间对抗装备的整体效能评估方法。基于能力需求的体系分析方法和面向军事需求的整体效能评估方法对于其它武器装备体系的研究有一定的借鉴意义。

参考文献

[1]杨学军,张望新. 优势来自空间:论空间战场与空间作战[M]. 北京:国防工业出版社,2006:1.

[2]石卫平,朱华桥,罗开元. 世界军用航天装备与技术发展态势分析[J]. 中国航天,2011,(5):21-22.

[3]JOINT CHIEF OF STAFF. Space Operations [EB/OL]. (2009-01-06)[2009-02-01]. http://www.fas.org/irp/doddir/dod/jp3_13.pdf

[4]吴勤. 美国空间对抗装备与技术新进展[J]. 国际太空,2010,(1):27-32.

[5]曹秀云. 国外空间对抗装备技术的发展途径与趋势[J]. 航天电子对抗,2010,(1):21-25.

[6]张瑞通,刘法明,张银涛. 美军新作战理论浅析[J]. 科技信息,2010,(3):39-39.

[7]梁彦刚,陈磊,李海阳,等. 基于任务分析的航天装备体系研究方法[J]. 火力与指挥控制,2009,34(1):56-59.

[8]常显奇,李云芝,罗小明,等. 军事航天学[M]. 北京:国防工业出版社,2005:392-412.

[9]梁金登,李东旭. 空间武器系统效能评估模型研究[J]. 宇航学报,2007,28(5):1 422-1 428.

[10]杨凡德,杨维东. 邻近空间系统效能分析研究[J]. 装备指挥技术学院学报,2008,19(3):63-67.

作者简介

周黎妮(1980-),女,博士,助理研究员,主要研究方向:空间安全战略与政策研究;

朱启超(1976-),男,博士,副主任、副研究员,主要研究方向:武器装备体系发展战略研究;

舒宇(1981-),男,博士,助理研究员,主要研究方向:武器装备体系建模。

(上接第 446 页)

[6]王慧,李华君,刘丹丹. 液压支架用电磁先导阀的可视化模拟分析[J]. 世界科技研究与发展,2010,32(3):323-325.

[7]付永领,祁晓野. AMESim 系统建模和仿真[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2005.

[8]AMESim7.0 用户软件帮助手册[M/OL]. 公司网站, www.amesim.com,2005.

[9]张利平. 液压控制系统及设计[M]北京:化学工业出版社,2006.

[10]游有鹏. 液压与气压传动[M]. 北京:科学出版社,2008.

[11]姚伯威,孙悦. 控制工程基础[M]. 成都:电子科大出版社,2003.

[12]机械设计手册编委会. 机械设计手册(液压传动与控制单行本)

[M]. 北京:机械工业出版社,2007.

[13]TU Jiangtao,HUANG Minghui. Simulation research of a synchronous balancing system for hydraulic press based on AME/simulink[C]. 2009 International Conference on Measuring Technology and Mecha-tronics Automation, ICMTMA 2009,2:359-362.

[14]XU Busuan,REN Guangsheng. Modeling and Co-simulation for Hy-draulic System of Test-bed of Semi-automatic Coupler Draft Gear based on AMESimSimulink[J]. Advanced Material Research,2011,199-200:1 230-1 235.

[15]李晓豁,吴占岭. 基于 Simulink 的铲运机连杆机构动力学建模[J]. 世界科技研究与发展,2009,31(5):867-868.

作者简介

徐步算(1987-),男,硕士,主要研究方向:机械制造,流体传动;

任光胜(1963-),男,副教授,主要研究方向:数字化产品设计;

尹小庆(1967-),男,博士,主要研究方向:工业工程。