

基于体系贡献率的电子信息装备 评估指标体系框架研究

董泽俊^{1,2}, 张岩岫², 云超², 王金锁², 潘刚²

(1. 中国人民解放军战略支援部队信息工程大学, 郑州 450001;

2. 中国人民解放军 63891 部队, 河南 洛阳 471000)

摘要: 为提高靶场电子信息装备体系贡献率评估的可靠性、可信性, 做到把握重点、明确目标、有的放矢, 必须深入研究并建立适合靶场电子信息装备体系贡献率评估的指标体系框架, 指标体系框架的科学性与适用性直接影响评估工作的有准确性和有效性, 因此, 首先从电子信息装备相关理论入手, 对电子信息装备体系概念与结构、体系效能的内涵外延进行了梳理分析, 并对武器装备对作战贡献的特征和机理进行了研究, 在此基础上, 明确了靶场评估指标体系建立原则和方法, 建立适用于靶场电子信息装备体系贡献率评估的指标体系框架, 主要包括体系功能适应性、体系结构优化性和体系能力提升度, 相关成果能够为后续靶场体系贡献率评估任务奠定坚实的基础, 进而为靶场条件建设中装备遴选提供参考依据。

关键词: 体系贡献率; 电子信息装备; 原则和方法; 指标体系框架; 参考依据

Research on the Framework of Electronic Information Equipment Evaluation Index System Based on System Contribution Rate

DONG Zejun^{1,2}, ZHANG Yanxiu², YUN Chao², WANG Jinsuo², PAN Gang²

(1. Information Engineering University, Strategic Support Force of PLA, Zhengzhou 450001;

2. Unit 63891 of PLA, Luoyang 471000, China)

Abstract: In order to improve the reliability and credibility of the contribution evaluation of electronic information equipment systems in shooting ranges, grasp keys, clarify goals, and have a define object, an in-depth research is conducted, and an indicator system framework suitable for evaluating the contribution of electronic information equipment systems in shooting ranges is presented. The scientificity and adaptability of this indicator system framework directly affect the accuracy and effectiveness of evaluation. Therefore, from the relevant theories of electronic information equipment, this paper first sorts out and analyzes the concept and structure of electronic equipment systems, as well as the connotation and extension of system effectiveness, and studies the characteristics and mechanisms of weapon equipment's contribution to combat. Based on this, it clarifies the principle and method for establishing the target evaluation index system, establishes the indicator system framework for evaluating the contribution of electronic information equipment systems in shooting ranges, and the indicator system framework mainly includes the system functional adaptability, system structure optimization, and system capability improvement. Relevant research results lay a solid foundation for the subsequent assessment of the contribution of electronic information equipment in shooting ranges which provides a reference for equipment selection in the construction of shooting ranges.

Keywords: system contribution rate; electronic information equipment; principles and methods; indicator system framework; reference basis

收稿日期:2023-10-20; 修回日期:2024-01-11。

作者简介:董泽俊(1984-),男,硕士研究生。

引用格式:董泽俊,张岩岫,云超,等.基于体系贡献率的电子信息装备评估指标体系框架研究[J].计算机测量与控制,2025,33(1):311-316,324.

0 引言

为全面推进靶场装备体系建设和创新发展,促进联合作战试验鉴定能力生成。需要构建先进实用的靶场试验鉴定体系,从而切实摸清装备性能底数和效能底数,推动武器装备跨越式发展,在电子信息装备试验鉴定评估阶段,应将其纳入体系作战能力下,研究并分析其战技指标、体系融合度和体系贡献率。因此,必须持续加强联合任务试验环境建设,不断完善靶场装备条件体系,才能为武器装备成体系建设发展提供条件支撑。

目前,国内对装备体系贡献率评估主要集中在 4 个方面:基础理论、概念内涵外延、评估流程和评估应用^[1]。前三方面研究主要服务于具体评估应用,而评估应用是所有体系贡献率研究的最终目标,即服务应用并指导实践。近年来,对体系贡献率的研究在装备建设领域中已有初步研究成果,国内各个大学及研究机构根据自身需求面向不同领域研究体系贡献率基础理论中的评估方法,并进行了不同类型典型场景下的评估应用^[2-7]。综合体系贡献率评估当前研究现状,主要针对不同应用场景下典型任务或为解决特定问题进行体系贡献率评估模型建立、方法研究和案例分析,从而用于本领域内武器装备发展的辅助决策。而针对靶场条件建设领域中的体系贡献率评估研究基本空白。因此,论文主要研究基于体系贡献率的电子信息装备评估指标体系框架,从而为后续靶场条件建设体系贡献率评估奠定坚实的基础,并在评估过程中不断提高评估工作的质量和效益。

1 电子信息装备体系相关理论

1.1 功能、性能与效能的概念

功能、性能与效能等含义相近,实质又有区别,但相互又有联系。装备的功能可以直观的定义能完成的工作、能执行的任务;装备的能力可以直观地定义装备能完成某一工作的本领等。从上述定义可以看出,装备的功能、装备的能力含义很接近,在实际武器装备效能评估活动中,通常使用装备的能力来包含装备的功能和能力两方面。

装备能力在很大程度上依赖于分配给他的任务或工作,用于完成特定工作或任务的装备,对于该工作或任务,其能力可能很高,但是换一个工作或任务,其能力就可能很低,甚至为零。特定工作或任务对应特定装备,装备不同,他完成的工作或任务也不同,工作或任务不同,对装备能力要求也不同。

装备性能通常定义为装备完成某一工作、执行某一任务所体现出来的能力。在实际武器装备效能评估活动中,性能通常由装备的单一战技指标来衡量,如侦察概率、侦察距离等,在很多情况下,面向作战任务讨论装备性能时,如侦察性能,当由依赖于具体侦察任务的侦

察概率、侦察距离等多个单一性指标进行综合时,实质上等同于侦察能力。

综上所述,对于装备的效能、性能描述不能离开任务环境,必须在一定作战背景下考核装备的效能、性能,并进行装备的效能评估。因此,对装备进行评估可以基于性能和能力构建装备效能评估体系;装备的效能评估必须面向规定的任务进行,离开作战任务剖面讨论装备的效能是没有实际意义的。

1.2 电子信息装备体系概念与结构

按照电子装备的分类和功能用途,不同种类和数量的电子装备可以形成不同的电子装备体系,电子装备体系的规模也可大可小。一种典型的电子装备体系如图 1 所示,主要包括:情报侦察监视系统、预警探测系统、指挥控制系统、军事通信系统、导航定位系统、电子对抗系统六大类主要组成系统。

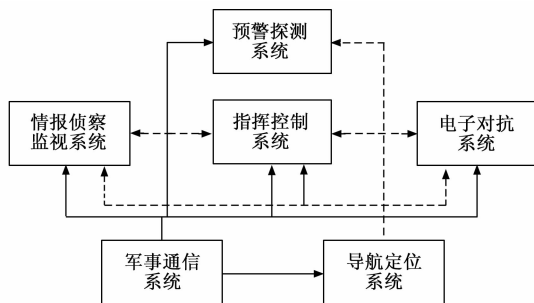


图 1 电子装备体系结构

图 1 中每一种组成系统有其自身完整的系统,只是针对相对小的应用或功能而独立运行,当这些构成的系统与显著不同的主题域关联起来时,体系的特殊性就会出现。

1.3 电子信息装备体系效能

电子信息装备体系效能可以按照静态/动态进行分类:电子信息装备体系的静态效能就是不考虑电子信息装备的作战环境、作战任务等条件,在理想条件下直接根据电子信息装备的战术技术指标要求解析计算其体系效能,该体系效能表现为电子信息装备体系作战能力,是基于不面向作战任务的最大效能;电子信息装备的动态效能就是在所处的作战环境、执行规定作战任务等实际条件下电子信息装备能够达到的效能,这种效能通常又称为电子信息装备体系作战效能,在数值上要低于电子信息装备体系静态效能。

综上所述,针对电子信息装备体系作战效能,体系执行作战任务应覆盖电子信息装备体系在实际作战中可能承担的各种主要作战任务,且涉及到整个作战过程,体系作战效能是电子信息装备最终效能和根本质量特征。

2 武器装备对作战贡献率分析

武器装备对作战体系体系的贡献机理如图 2 所示,

通过分析武器装备对作战体系的贡献机理, 可将武器装备体系贡献率影响因素归纳为以下 3 个方面: 1) 待评装备对体系功能适应性 (环境、运用) 产生的影响; 2) 待评装备对体系结构优化 (组成、结构) 产生的影响; 3) 待评装备对体系作战能力和效能 (能力、信息) 产生的影响。通常情况下待评装备由于受作战任务的约束, 或多或少都会对上述 3 个方面产生不同程度的影响, 可能是直接的贡献也可能是间接的贡献, 但从体系贡献率评估角度出发, 主要关注的是待评装备在体系作战中所能发挥的优势包括哪些内容。因此, 从上述 3 个方面进行分析, 进而构建武器装备体系贡献率评估指标体系。

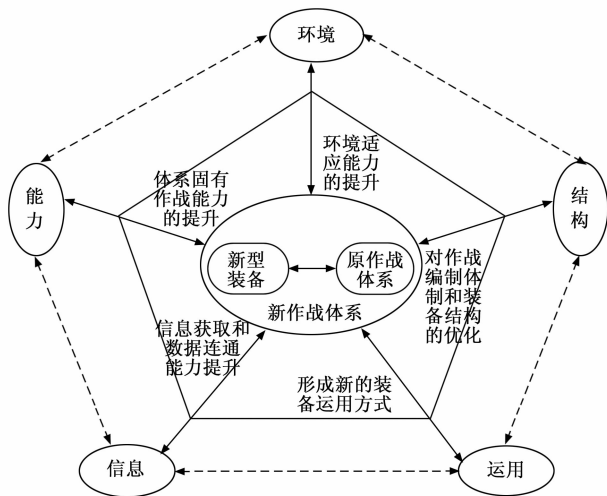


图 2 武器装备对作战体系的贡献机理

武器装备效能评估是对装备及其系统在规定条件下执行规定任务所能达到的预期目标程度进行分析和评价的方法。其目的是在规划、论证、工程研制和使用等全寿命周期活动中, 评估装备系统执行作战任务的效能, 针对装备系统在实际作战中可能承担的主要作战任务以及涉及的整个作战过程, 对不同装备系统或相同装备系统的不同套量优劣进行评价比较, 为决策制定提供理论指导和套量依据。

武器装备效能评估就是对装备完成给定作战任务所能达到的预期目标程度的具体评估, 有时也称为效能评价、效能分析等, 其含义基本相同。本文中武器装备效能评估特指靶场电子信息装备在试验训练的中的效能评估, 一般要针对特定的试训想定任务由顶层体系裁剪的电子信息装备体系。电子信息装备体系作战能力是该体系完成作战任务的内在条件或本领, 一般不依赖于具体的作战想定任务。

武器装备体系作战效能评估是依据特定作战规则、在特定作战环境、与特定的作战对象在具体作战条件下进行的, 其评估条件是通过“作战过程分析”和“作战

过程建模”得以反映, 通常以作战想定的形式出现。武器装备体系作战效能评估模型是体系效能评估各种基础模型和作战效能指标聚合模型。作战效能评估与分析的目的是分析影响体系作战效能的关键因素, 对武器装备组成的一定规模的体系作战效能进行预测估计, 根据分析结果对体系中装备的重点发展方向、体系组成比例、规模结构优化等提出建议。

3 评估指标建立原则及方法

效能评估指标体系是对武器装备体系的本质特征、结构及其构成要素以及完成规定任务程度的客观描述, 全面反映武器装备体系完成规定任务所具备的作战能力和满足完成规定任务的程度, 指标体系越全面, 效能评估结果越客观、越合理。

3.1 建立原则

效能评估指标体系是效能评估的一个重要组成部分, 通过建立一套能够全面反映靶场电子信息装备体系及其完成规定试验训练任务的总目标和特征, 并具有内在联系、起互补作用的指标集合。效能指标是效能参数的量化表示, 效能指标的选取对定量分析的成败具有决定意义。但由于效能指标概念的复杂性, 其度量不像物理量度量那么直接, 在效能选取时应当遵循的原则如图 3 所示^[9]。

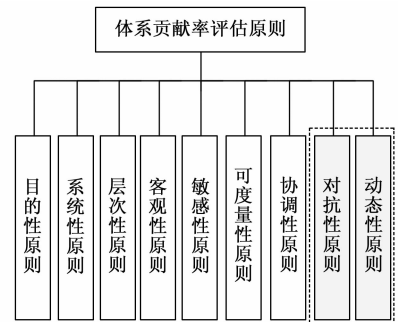


图 3 体系贡献率评估原则

3.1.1 目的性原则

电子信息装备体系的建设目的是完成规定的作战任务, 作战任务是电子信息装备体系建设的出发点和最终目标, 所以建立电子信息装备效能评估指标体系必须要突出完成作战任务这个基本目标, 围绕这个目标确定电子信息装备体系各个方面具体指标。即确定的指标必须能够反映军事任务的真实目的, 能反映电子信息装备体系的主要功能, 而且该指标对作战进程的影响是明显的。

3.1.2 系统性原则

电子信息装备体系是一个复杂大系统, 基于作战效能评估, 描述其完成规定作战任务的程度, 描述作战效能的指标集合也应该是一个体系, 完全地描述和刻画电子信息装备体系的相应性能及其完成规定作战任务的

程度。

3.1.3 层次性原则

电子信息装备体系是一个多层次的分层结构, 所以其效能评估指标体系也应该具备层次性, 通过不同层次的指标, 描述不同层次对作战任务要求的满足程度, 反映不同作战任务与电子信息装备体系作战能力之间的映射关系。

3.1.4 客观性原则

电子信息装备体系效能评估指标体系应该客观反映其满足规定作战任务要求程度, 为了客观反映作战效能的实际情况, 要尽可能选择客观的指标参数, 避免主观指标的出现。这里要注意的是, 反映人在回路中的一些交互性指标不能与指挥员的指挥能力指标相混淆。

3.1.5 敏感性原则

所选择的效能指标必须对电子信息装备的性能参数和规定作战任务的完成情况有相当敏感的反应, 从而真正反映不同电子信息装备体系组成和不同作战任务下作战效能的关系差异。

3.1.6 可度量性原则

建立电子信息装备体系效能评估指标体系的目的是对不同组成的电子信息装备体系效能进行评估、比较或对其效能进行优化, 所以指标的可度量性是一个基本的要求, 只有可以度量并具有军事意义和物理意义, 指标才有具体实现上的可操作性, 才能进行必要的数学运算, 或者建立模型定量求解, 或者用试验方法测量, 或者用实兵演习、仿真模拟等方法获取。指标的度量也可以是基于专家知识的定性描述。

3.1.7 协调性原则

电子信息装备体系效能评估指标体系描述了装备体系完成规定作战任务的各个方面, 而装备体系的这些方面之间是相互联系的, 所以描述指标之间也存在着相关性, 部分指标会对其他指标有一定的影响, 因此, 选择评估指标必须分清主次, 避免评估指标之间相互冲突, 处理好指标体系的简单明了与冗长繁杂之间的矛盾。

由于电子信息装备体系在完成规定作战任务是一种体系与体系之间的对抗, 因此, 在建立电子信息装备体系效能评估指标体系时还必须遵守以下两个原则:

1) 对抗性原则。随着网电作战的发展, 装备对抗提升到一个新的高度, 电子信息装备体系成为主要的对抗目标, 在选取电子信息装备体系效能评估指标时, 必须能够体现电子信息装备的对抗特征。

2) 动态性原则。电子信息装备体系效能是通过多方对抗展现的, 是不断变化的, 不存在绝对的、唯一的效能数值, 应该处于一个动态的范围内。因此, 选取的指标不能只为一次评估, 要能反映效能的动态变化特征, 要能对效能进行分析。

3.2 建立方法

3.2.1 基于军事模型概念的描述方法

概念模型是指为了特定研究而对研究对象进行数学的、逻辑的或者语言的描述。军事概念模型, 就是关于研究对象存在于实际作战环境中的结构、行为功能、信息交换以及相关数据和算法的描述。

军事概念模型更多地应用于建模与仿真领域, 是领域专家和仿真开发者之间的信息交流载体, 是关于武器装备体系及其环境中的过程、实体、环境因素以及与构成特定使命、行动或任务的关系和交互功能的描述。概念模型建立起了系统功能和作战情况之间的联系, 侧重于从作战系统的内部原因上推测、构想战斗进程, 并诱导出可能的作战效果, 因此, 以上描述恰恰是武器装备体系作战效能评估指标体系的建立依据, 其关系如图 4 所示^[9]。

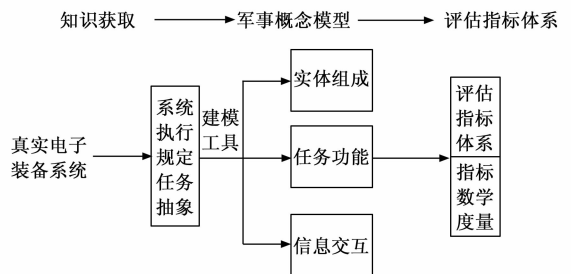


图 4 电子信息装备系统军事概念建模

研究电子信息装备系统的军事概念建模, 对作战效能评估指标体系的建立具有特别的指导作用, 由于电子信息装备体系的复杂性和人类知识的有限性, 在进行体系效能评估时, 必须抽取相关度较大的概念和概念关系, 忽略其他相关度较小的因素, 并提取其基于信息的数据交换过程和算法, 才能建立简化的、可理解的评估指标体系。

军事概念模型通常包括实体、行为、任务和交互四类基本要素, 大部分军事概念模型表达方法和建模方法均基于这四方面开展。

实体是指作战体系中可以单独辨识的一切主体和客体, 是在战争空间内对各类组成部分的抽象, 在电子信息装备体系效能评估活动中, 将侦察情报、预警探测、指挥控制、军事通信、导航定位、信息对抗等系统作为一个实体进行军事概念模型研究。

3.2.2 基于军事概念模型建立评估指标体系

军事概念模型提供了对于现实电子信息装备系统的部分成分或现象的概念描述, 他与最终建立的作战效能评估体系无关, 但其却是作战效能评估建立的依据。其实质就是一个分析和认识现实电子信息装备系统的过程, 常用的分析方法有面向过程法、面向对象法以及过程和对象相结合的面向实体法。

面向效能评估指标体系的建立需求, 课题基于过程和对象相结合的面向实体法, 建立不同电子信息装备系统(如预警探测系统、情报侦察系统等)军事概念模型。这些系统的军事概念模型描述(对描述对象所涉及的基本概念给出明确定义)和数据需求, 其中核心是规则描述。

评价装备对体系的贡献度首先要从体系本身出发, 考虑装备是否能够融入体系结构, 发挥自身的实力。作战效能评估指标体系的建立属于一个知识获取过程, 也是对武器装备实体、作战活动、作战任务和作战关系的组织过程, 是根据一定的知识获取方法和参数搜集的资料, 对评价和估计思路进行再现过程^[9]。图 5 给出了基于军事概念模型的指标体系建立步骤。

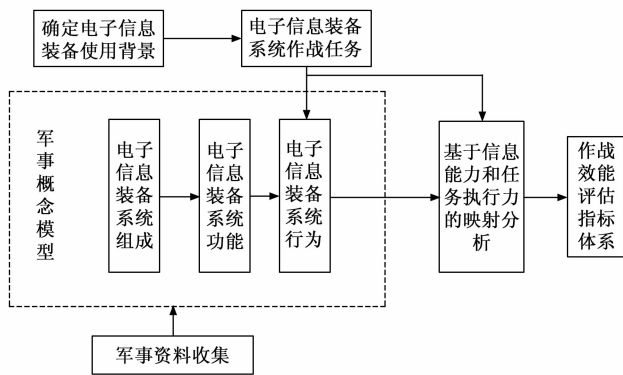


图 5 基于军事概念模型的指标体系建立步骤

确定电子信息装备系统使用背景是确定其战场使用环境条件、作战目的、限制和约束等相关信息, 为电子信息装备系统作战任务想定的拟制提供支持。

电子信息装备系统作战任务模块主要完成作战想定的拟制工作, 依据电子信息装备系统编成和作战时序确定每个阶段的作战任务、系统的作战运行以及与其他系统的物理交互、信息交互情况等。该部分内容为军事概念模型的功能描述、信息行为描述以及效能评估指标选择、指标数学度量等提供技术依据。

基于信息能力和任务执行力的映射模块对电子信息装备完成作战想定任务的情况进行映射分析, 主要包括: “任务—能力”映射和“能力—任务效果”映射分析, 基于映射对应转换关系选择影响该电子信息装备完成作战想定任务程度的信息能力、效能指标。“任务—能力”映射分析是把电子信息装备执行的任务活动转化为电子信息装备系统的“本领”, 即能力指标, 其关键是得到合理的执行任务的能力需求与电子信息装备系统概念模型中的功能、信息能力指标的对应关系。评估是一个复杂的过程, 包含了统计、分析、对比、思维等一系列活动, 需要定量计算和定性判断的结合。作为一类“复杂巨系统”问题, 体系贡献率评估更是如此。我们

理解, 体系贡献率评估的过程分析远比计算得到某个具体值更为重要, 如只是单纯的计算体系贡献率等于 0.1 或 0.2, 对武器装备发展决策没有太多指导意义, 因为相关决策部门更加关注的是某一型装备系统的增、减、改、替对当前装备体系功能、结构和作战体系能力变化带来的综合性影响, 并进而决定该装备要不要发展以及发展多少, 这才是体系贡献率评估的根本目的。

体系贡献率评估是一个典型的定性定量相结合的研究过程。针对武器装备体系贡献率评估工作的范围, 目前主要有两种思路: 一种是扩大化的评估范围, 该思路包括武器装备对于作战体系的各个方面, 这样得到的是武器装备一个较为全面的贡献率数据; 另一种思路是大范围小核心, 从有利于提高体系作战能力提升的角度出发, 对于武器装备提高体系作战能力为重点展开相关评估, 而不用全范围覆盖, 评估的重点内容要根据任务和需求进行动态调整, 但评估工作的范围并不事先划定。其次是定性分析, 重点在于分析待评装备的使命任务, 设计作战体系, 确定作战场景、作战任务、作战对手、使用兵力、装备种类与规模、作战指挥与作战编组、战场环境等, 并建立体系贡献率评估指标和定性判断准则, 即对体系贡献率评估问题的设计; 然后是定量计算, 重点在于根据作战体系设计和体系对抗要求, 建立所需的量化计算模型, 收集计算需要的各种数据, 确定体系贡献率各指标的具体值和综合评定结果; 最后通过综合分析, 重点对经过计算得到的定性和定量结果进行分析, 获取有价值的信息, 提出装备或体系发展建设的意见建议等。

4 电子信息装备评估指标体系

靶场电子信息装备体系贡献率评估服务于装备建设和试验训能力建设, 信息化条件下靶场电子装备体系具有复杂性、交扰性、涌现性和演化性等等级特点, 因此在分析研究靶场电子信息装备体系贡献率评估时, 要多视角多维度建立评估指标体系。靶场电子信息装备体系贡献率主要从体系功能适应性视角、体系结构优化视角、体系需求满足度视角构建相应的指标体系, 其 3 个维度如图 6 所示。

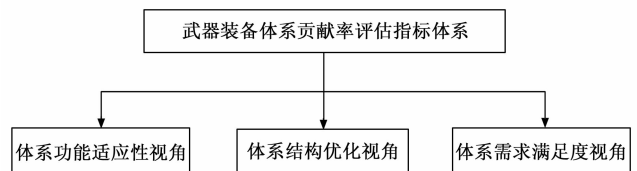


图 6 武器装备体系贡献率评估 3 个维度

4.1 体系功能适应性

武器装备体系贡献率评估服务于装备建设和作战力量建设, 主要需要从两个层面进行考虑: 1) 作战任务

适应性对于作战体系功能的总体要求；2) 要对战争形态和作战行动方式的变化进行研究和预测分析。靶场装备体系贡献率评估主要服务于靶场试训能力建设，体系功能适应性主要考虑两方面内容：1) 试验训练任务适应性对于试训体系能力形成的顶层要求；2) 对未来试验训练领域形态发展和试训行动方式的变化进行深入研究并预测分析。该贡献率指标可以进一步分解为执行任务适应性贡献率和行动方式先进性贡献率^[11]。

4.2 体系结构优化性

对作战任务适应性的贡献率是指武器装备要素在扩展任务覆盖范围和增强任务适应能力方面的价值度量。未来靶场将面多样化、多类型的试训任务，靶场电子信息装备通过自身功能的准确定位和试训运用体现出其对试训体系覆盖多类型任务的贡献率。长期以来，靶场各单位按自身使命定位和专业方向其装备体系独立运行，装备系统功能相对单一，装备种类繁多且类型复杂^[9]，执行联合试训一体化程度较低。因此，必须将新建装备对于体系结构优化作为重要评估指标。该贡献率可以进一步分解为：装备体系结构优化贡献率和靶场各单位编制优化贡献率^[11]。

4.3 体系需求满足度

体系需求满足度贡献率指标是指新建装备或者装备系统性能改进提升对于执行试训任务能力提升或者效能涌现的价值度量。从靶场装备完成试训任务和装备自身成体系发展两个角度对装备对体系需求满足度影响进行分析研究。不同种类试训力量将围绕联合构建目标环境为目的共同遂行试训任务，各专业方向领域执行试训任务行动方式运用的独立性逐渐减弱，更多的是在一体化联合条件下统一行动，需要满足一体化联合试训任务的多变性和拓展性。靶场试训体系需求满足度贡献率指标是指装备系统对于试训任务能力需求满足度和体系未来发展需求满足度贡献率，当前靶场电子信息装备的发展目标是种类齐全、功能完备、模块化组合，这就要求靶场装备体系能够支持多类型、多任务、多场区并行的试训体系模式。该贡献率可以进一步分解为：试训体系能力需求满足度贡献率和试训体系能力发展满足度贡献率^[11]。

5 结束语

目前，对武器装备体系贡献率评估的研究仍处于不断探索发展阶段，考虑到靶场电子信息装备体系贡献率评估的特殊性和复杂性，为了全面、准确地反映靶场装备在体系中的贡献率，应该建立一个统一、合理的衡量标准，即为评估指标。由反映评估对象各个要素评估指标所构成的有机整体或集合，即为评估指标体系。体系贡献率评估指标体系的建立必须遵循一定的原则，指标的选取是否合适，直接影响到评估结论的正确与否。因

此，本文首先分析了电子信息装备体系相关理论，接着阐述了武器装备体系贡献率评估指标体系的构建原则及方法，重点研究了适用于靶场装备特点的指标体系框架结构，并按该框架构建了三维视角的电子信息装备体系贡献率评估指标体系框架，该框架结构能够为后续评估任务执行提供基础和支撑。

参考文献：

- [1] 杜敏, 程中华, 董恩志. 陆军防空旅装备体系贡献率评估理论研究 [J]. 系统工程与电子技术, 2022, 44 (1): 209-217.
- [2] 魏东涛, 刘晓东, 等. 许旺基于熵权群组分析的装备体系贡献率评估 [J]. 信息工程大学学报, 2021, 12 (4): 124-132.
- [3] 孔德鹏, 马溢清, 郑保华, 等. 面向不确定多任务场景的海上联合作战装备体系贡献率评估方法 [J]. 系统工程与电子技术, 2022, 44 (12): 3775-3782.
- [4] 刘鹏, 赵丹玲, 谭跃进, 等. 面向多任务的武器装备体系贡献度评估方法 [J]. 系统工程与电子技术, 2017, 41 (8): 1763-1770.
- [5] 刘泽水, 徐向前, 向南, 等. 面向多时期的基于武器装备体系贡献率评估的装备选择 [C] // 第三届体系工程学术会议—复杂系统与体系工程管理论文集, 2022: 35-41.
- [6] 陈立新, 徐仲祥, 王从容, 等. 面向相互比较的装备体系建设贡献率评估 [J]. 兵工学报, 2022, 43 (5): 1208-1214.
- [7] 王莹, 师帅, 卜广志, 等. 武器装备体系贡献率模型研究 [J]. 现代防御技术, 2019, 47 (4): 102-107.
- [8] 张宇, 黄建新, 崔建波. 武器装备体系贡献度评估方法研究进展 [C] // 全军武器装备体系研究第十届学术研讨会论文集, 2016, 54-57.
- [9] 柯宏发, 陈永光. 电子装备体系效能评估理论及应用 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2018.
- [10] 胡润涛, 于芹章, 李瑞军, 等. 基于因果溯源的主战装备贡献度分析方法研究 [C] // 全军武器装备体系研究第八届学术研讨会论文集, 2014: 261-264.
- [11] 李炜, 张恒, 王纬. 评价舰船装备体系贡献度的一种方法 [J]. 舰船科学技术, 2015, 37 (10): 1-5.
- [12] 李云龙, 于小红, 刘高强. 基于系统函数的天基信息系统体系贡献度评价 [C] // 全军武器装备体系研究第九届学术研讨会论文集, 2015: 213-217.
- [13] 叶紫晴, 屈也频. 基于规则推理的海军航空作战装备体系贡献度分析 [J]. 指挥控制与仿真, 2015, 37 (5): 29-33.
- [14] 梁家林, 熊伟, 等. 武器装备体系贡献度评估方法综述 [J]. 兵器装备工程学报, 2018, 39 (4): 67-71.
- [15] 管清波, 于小红. 新型武器装备体系贡献度评估问题探析 [J]. 装备学院学报. 2015, 26 (3): 1-5.

(下转第 324 页)