

DOI:10.19651/j.cnki.emt.2518817

# 装备试验能力战斗力生成贡献度评价方法研究<sup>\*</sup>

徐保荣<sup>1</sup> 徐浩轩<sup>1</sup> 姚李刚<sup>2</sup> 王立勇<sup>3</sup> 郑长松<sup>4</sup>

(1. 中国人民解放军63966部队北京100072; 2. 中国人民解放军32212部队北京100093;  
3. 北京信息科技大学现代测控技术教育部重点实验室北京100072; 4. 北京理工大学机械与车辆学院北京100081)

**摘要:** 针对传统装备试验能力评价方法存在实战化导向不足、评价维度单一等问题,以战斗力生成为核心导向,构建了包含试验设计、实施效能和实战考核3个维度的综合评价体系。在该评价体系基础上,以满意度为规范化评价标尺解决多源异构数据归一化难题,运用层次分析法实现战斗力贡献度赋权,并引入体系贡献率对评价模型迭代修正,建立了具有作战映射特征的装备试验能力评价模型。通过所提方法对某试验战斗力生成贡献度进行评价,可得该试验能力的战斗生成贡献度为71.5,与实际满意度情况相符,试验改进后战斗生成贡献度提高了18.88%,有效破解了试验能力与战斗力生成贡献度的价值关联难题,为新型装备试验鉴定体系建设和战斗力生成模式转型提供了理论支撑与实践方法。

**关键词:** 战斗力生成贡献度;试验能力;满意度;作战映射特征

**中图分类号:** TJ02;TN06 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 460.4099

## Research on the evaluation method of equipment testing capability based on the contribution of combat power generation

Xu Baorong<sup>1</sup> Xu Haoxuan<sup>1</sup> Yao Ligang<sup>2</sup> Wang Liyong<sup>3</sup> Zheng Changsong<sup>4</sup>

(1. Unit 63966 of PLA, Beijing 100072, China; 2. Unit 32212 of PLA, Beijing 100093, China;  
3. Key Laboratory of Modern Measurement and Control Technology Ministry of Education,  
Beijing Information Science and Technology University, Beijing 100072, China;  
4. School of Mechanical and Engineering, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

**Abstract:** In response to the problems of insufficient practical orientation and single evaluation dimensions in traditional equipment testing capability evaluation methods, a comprehensive evaluation system was constructed with combat effectiveness as the core orientation, which includes three dimensions: Experimental design, implementation effectiveness, and practical assessment. On the basis of this evaluation system, satisfaction is used as a standardized evaluation criterion to solve the problem of normalizing multi-source heterogeneous data. The analytic hierarchy process is applied to weight the contribution of combat effectiveness, and the system contribution rate is introduced to iteratively revise the evaluation model. A equipment testing capability evaluation model with combat mapping characteristics is established. Through this method to evaluate the contribution of a test combat power generation, it can be concluded that the contribution of the test capability to combat power generation is 71.5, and it is relatively satisfied with the current test capability, which is consistent with the actual situation. After the test improvement, the contribution to combat power generation can be increased by 18.88%, which effectively solves the problem of the value correlation between the test capability and the contribution to combat power generation, and provides theoretical support and practical methods for the construction of new equipment test evaluation system and the transformation of combat power generation mode.

**Keywords:** contribution to combat effectiveness generation; experimental ability; satisfaction; operational mapping features

## 0 引言

随着战争形态向智能化、体系化方向演进,装备试验在

战斗力生成中的作用愈发凸显。试验装备就是实验战争,为实现从“数据验证”到“价值映射”的跨越,亟需构建面向战斗力生成的装备试验能力评价体系<sup>[1-2]</sup>。

收稿日期:2025-05-14

\* 基金项目:军内科研项目(012016018100A12318)资助

目前,较为成熟的试验能力战斗力生成贡献度评价体系尚未形成。从试验能力评价所考察的要素来看,传统试验能力评价方法多局限于单一维度性能指标分析,评价关注点主要是武器装备性能、作战适应性,对试验中与战斗力生成紧密相关的作战概念验证、战术战法运用、人装协同一致等要素考察较少<sup>[3-5]</sup>。近年来,作战试验的开展对试验能力评价向战斗力生成转变起到了一定的导向作用,但从战斗力生成角度来看,其能力评价体系仍不够健全<sup>[6-8]</sup>。

从试验能力评价的方法来看,目前试验能力的战斗力生成贡献度评价大多通过问卷调查、专家打分的方式进行评价,缺乏量化、客观的评价手段。虽然有关战斗力生成贡献度的试验能力评价方法研究较少,但其他的试验能力评价方法同样具有参考价值和借鉴意义:模糊综合评价与层次分析法(analytic hierarchy process, AHP)结合能够通过多级指标分解有效解决定性指标评价问题<sup>[9-12]</sup>,熵权法能够提升评价赋权的客观性<sup>[13]</sup>,但这两种方法均难以捕捉不同维度指标复杂的耦合关系,忽视了单一指标变化所带来的体系贡献;粗糙集评估法能够在数据缺失场景下实现武器装备体系贡献度评估<sup>[14]</sup>,仿真推演与推理计算结合能够得到四维框架下的武器装备体系贡献度<sup>[15]</sup>,这些体系贡献率评价方法从体系整体能力变化的角度出发,评价粒度难以对齐到实际试验科目,制约了其工程化应用<sup>[16-17]</sup>;人工智能、大数据等技术的军事应用也为试验能力评价提供了新的技术路径,能够极大解决数据分析不充分以及数据积压、数据超载等问题,但由于目前战斗力生成贡献度评价研究所累积的样本较少,这些方法也面临数据集稀疏、数据完整度不高等问题<sup>[18-19]</sup>。

本研究以战斗力生成贡献度为核心,通过结构化建模和贡献度量化分析的双向耦合,建立了考虑体系贡献率的装备试验能力战斗力生成贡献度评价模型,为新型装备试验鉴定体系建设和推动战斗力生成模式实战化转型提供理论支撑与实践方法。

## 1 装备试验能力评价体系

### 1.1 战斗力生成对装备试验能力的需求分析

现代战争形态加速向信息化、智能化演变,装备试验作为承接装备研制,支撑战场决策的战斗力生成链条关键环节,其作用愈发凸显。首先,装备试验是装备质量建设的风险屏障,质量是设计出来、生产出来的,也是试验考核出来的,只有提高试验能力,才能充分考核装备性能,保证装备质量这条生命线。其次,装备试验是连接训练和战场的桥梁,只有试验中模拟真实的战场环境和对抗条件,才能确保装备在实战中好用、耐用。装备试验还是装备升级改进、作战体系重塑的风向标,试验中暴露的装备能力不足和体系缺陷要反馈到新一代的武器装备立项论证中去,指导新式武器的研发和作战体系的构建。因此,装备试验能力直接关系到战斗力生成,必须紧跟战争演进步伐,为战斗力生成

提质增效。

当前的装备试验能力早已不仅仅涵盖装备能力的考核,考虑到战斗力生成的要素,在装备试验中考核的内容至少还应该包括作战概念、战术战法以及人员素质等。通过装备试验促进战斗力生成即要在试验阶段对这些战斗力生成要素考核评估,验证新型概念、摸清装备底数、模拟战术战法、提高人装协同,确保装备在复杂战场中可靠、协同、高效地发挥作用。从试验实施的全流程来看,对战斗力生成要素的考核要贯穿试验设计-试验实施-试验评估整个闭环链路,因此,战斗力生成对试验能力的需求就是作战概念、战术战法、装备性能、人员素质这些战斗力生成要素对试验设计、实施、评估能力的需求。

战斗力生成要素被分解到试验设计、试验实施和试验评估 3 个维度,其组成三横四纵的流程/要素矩阵如图 1 所示。其中,试验设计是战斗力生成的起点,在试验设计阶段基于任务剖面解构战斗力生成要素并提出相应的考核指标,使战斗力生成要素贯穿整个试验链路,确保试验要素齐全。试验实施效能是战斗力生成的保障,实施阶段高效、可靠的完成“摸边探底”工作,使战斗力生成要素从试验设计阶段的“静态指标”向“动态能力”过渡,确保试验质效优越。试验评估是试验链路的最后一环,在试验能力的战斗力生成贡献度评价中,是战斗力生成全要素的最终检验,本文将试验评估的重点集中在实战考核的评估,确保试验功能完整。则从试验设计、实施效能、实战考核 3 个维度即可评价试验能力是否具备高质量检验战斗力生成全要素的功能。

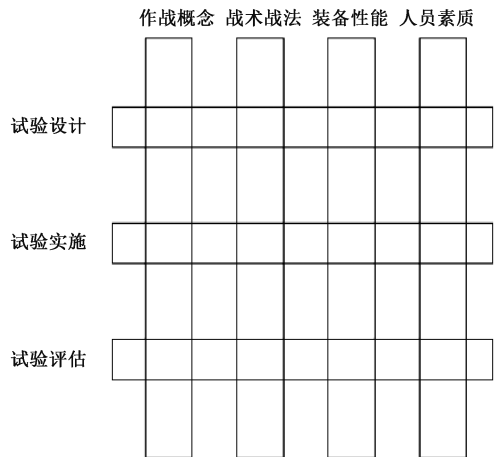


图 1 试验链路 with 战斗力生成的流程/要素矩阵  
Fig. 1 Process/element matrix of experimental link and combat power generatio

### 1.2 基于战斗力生成贡献度的评价体系

战斗力生成对装备试验能力的需求可以分解到试验设计、试验实施、实战考核 3 个维度,基于战斗力生成贡献度的评价体系同样可以从这 3 个维度构建。试验设计维度确保试验方案的科学性和前瞻性,主要考虑试验设计是否具有全域覆盖能力,能否满足新型作战概念催生多样化试验

需求,是否能从装备体系化发展趋势出发,在试验场景构建方面突破单一装备验证模式,是否能够前瞻技术迭代周期,对新质新域作战力量进行验证。实施效能维度保障试验过程的可靠性和经济性,主要考虑试验实施结果是否可靠,试验能否挖掘装备的边界、极限性能以及试验实施的周期和经济性。实战考核维度强化试验环境的对抗性和真实性,主要考虑复杂电磁环境、网络空间等新域需要能否构建等效试验环境,红蓝对抗强度能否达到模拟实战的要求,能否体现实战化的要素,试验对人机协同、人员压力的模拟是否达到实战考核需求。

结合试验实际,试验设计维度的评价指标应该包含需求覆盖率、场景复杂度、新质新域比例。需求覆盖率涵盖作战任务映射度、技术指标完备性、威胁要素覆盖率等;场景复杂度涵盖多域协同程度、动态博弈强度、任务场景覆盖率

等;新质新域比例涵盖前沿技术占比、新型领域占比、新型概念占比等。

实施效能维度应该包含置信度、边界性能比例、试验经济性、周期压缩率。置信度涵盖数据采集完整性、试验验证充分性等;边界性能比例涵盖极限环境验证时长、超指标测试频次、失效模式触发率等;试验经济性涵盖效费比、资源复用率等;周期压缩率涵盖并行试验比例、虚拟验证占比等。

实战考核维度应该包含环境构设能力、红蓝对抗强度、人员压力模拟。环境构设能力涵盖电磁环境复杂度、地理环境逼真度、气象扰动强度等;红蓝对抗强度涵盖体系对抗完备性、战术战法想定等;人员压力模拟涵盖认知负荷强度、生理检测指标等。所建立战斗力生成贡献度评价体系如图2所示。

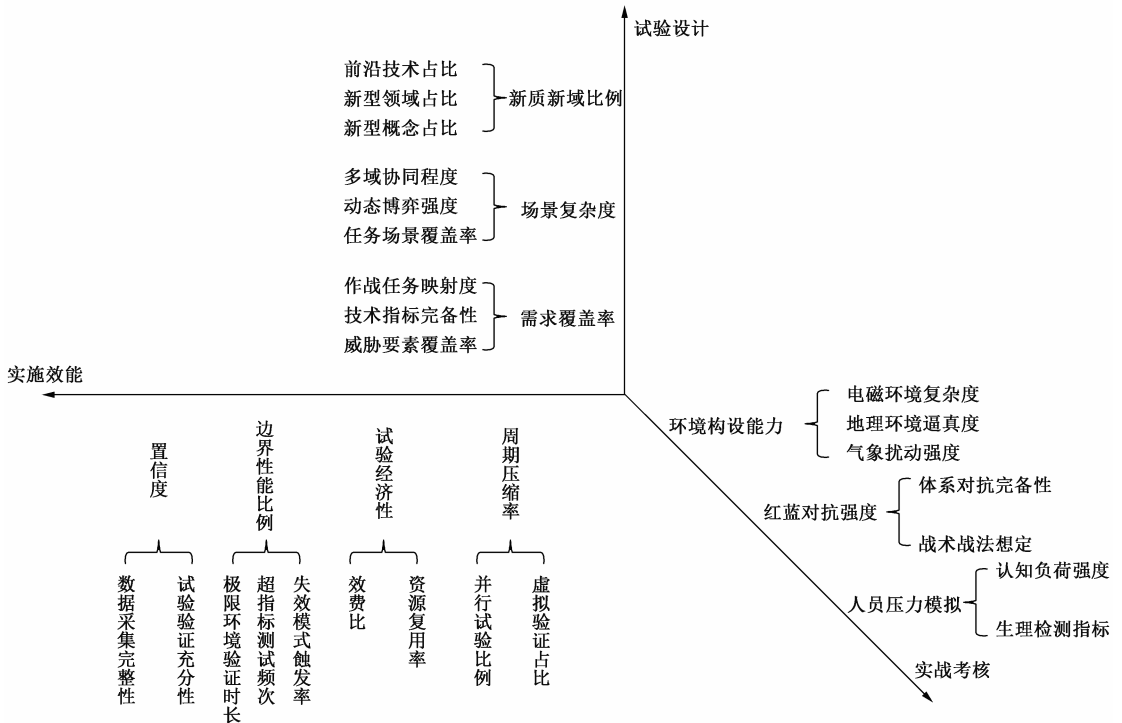


Fig. 2 Evaluation system for contribution of combat power generation

## 2 战斗力生成贡献度模型

### 2.1 基于满意度的规范化评价标尺

从评价体系所包含的指标来看,需求覆盖率、新质新域比例、置信度、边界性能比例、试验经济性、周期压缩率是定量考评的指标,而场景复杂度、环境构设能力、红蓝对抗强度、人员压力模拟这类指标一般仅有定性的评价。为解决多源异构数据归一化难题,通过基于满意度的评价方法,为每个指标建立规范化评价标尺。

对于定量考评的指标,设指标所反映的试验能力能够完全满足装备试验需求为  $G_{\max}$ ,试验能力最低标准为  $G_{\min}$ ,则对

于指标  $G$ ,其基于满意度的规范化评价  $G_s$  可以表示为:

$$G_s = \frac{G - G_{\min}}{G_{\max} - G_{\min}} \times 100 \quad (1)$$

对于定性的指标,则需要通过模糊综合评价法得到定量的规范化评价结果。首先,根据专家经验建立该指标的满意度隶属函数并对该指标进行评价,评价结论可以是对指标非常满意(试验能力达到装备试验需求上限)、较为满意(试验能力覆盖多数装备试验需求)、基本满意(试验能力勉强满足装备试验需求)、不满意(试验能力无法满足装备试验需求)等。在专家给出评价结论后,结合不同评价的比例将评价意见明晰化得到定量评价结果,本文隶属度

函数采用梯形隶属度,对于模糊指标  $G=(a,b,c,d)$ ,其明晰化公式设计为:

$$\begin{cases} x = \frac{(c^2 + cd + d^2) - (a^2 + ab + b^2)}{3(d + c - b - a)} \\ y = \frac{1}{3} \left[ 1 + \frac{(c - b)}{(d + c) - (a + b)} \right] \\ G_s = \frac{1}{2}(x + y + xy) \end{cases} \quad (2)$$

其中,  $x, y$  均为中间变量。

### 2.2 基于层次分析法的贡献度赋权

AHP 是一种经典的多准则决策方法。其核心思想

是通过构建层次化结构模型,将定性分析与定量计算相结合,最终确定各评价指标的权重。AHP 的优势在于能同时处理定量指标与定性指标,既允许专家经验参与判断,又通过数学方法降低主观偏差,适应于装备试验能力的战斗力生成贡献度评价这类多维度综合评价场景。

使用 AHP 首先要根据评价体系构建评价问题的层级结构模型,将装备试验能力评价体系按照层次分析法的要求展开(本文不再展开第 3 级指标,其计算方法同理),如图 3 所示。

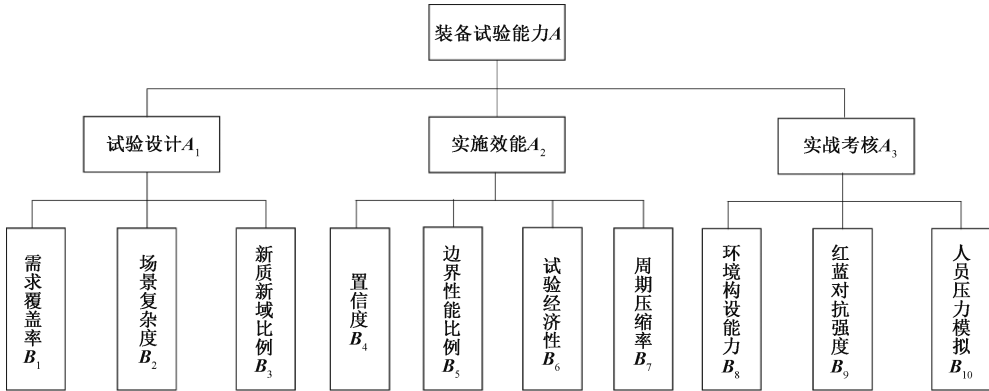


图 3 装备试验能力评价体系层级结构模型

Fig. 3 Hierarchical structure model of equipment testing capability evaluation system

在确定层级模型后,即可为各层次上不同元素的贡献度赋权,AHP 判断矩阵标度及其定义如表 1 所示。

表 1 AHP 判断矩阵标度及其定义

Table 1 Scale and definition of AHP judgment matrix

| 标度值     | 定义  |
|---------|---|
| 1       | 指标 $i$ 与 $j$ 同等重要                                   |
| 3       | 指标 $i$ 比 $j$ 稍微重要                                   |
| 5       | 指标 $i$ 比 $j$ 明显重要                                   |
| 7       | 指标 $i$ 比 $j$ 强烈重要                                   |
| 9       | 指标 $i$ 比 $j$ 极端重要                                   |
| 2,4,6,8 | 上述相邻判断的中间值  |
| 倒数      | 若 $j$ 比 $i$ 的重要程度为 $a_{ji}$ , 则 $a_{ij} = 1/a_{ji}$ |

以  $B_1, B_2, B_3$  的判断矩阵为例,设  $B_{i,j}$  是  $B_i$  相对  $B_j$  的重要程度,则判断矩阵  $B_{123}$  为:

$$B_{123} = \begin{bmatrix} 1 & \cdots & B_{1,j} \\ \vdots & 1 & \vdots \\ B_{j,i} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

设判断矩阵  $B_{123}$  满足:

$$B_{123}W = \lambda_{\max}W \quad (4)$$

式中:  $\lambda_{\max}$  为  $B_{123}$  的最大特征值;  $W$  为对应的特征向量。则  $W$  经归一化即可作为权向量  $Q$ 。得到权向量后,还需对所赋权值进行一致性检验,一致性指标  $CI$  为:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (5)$$

式中:  $n$  为判断矩阵阶数。根据一致性指标  $CI$  和平均随机一致性指标  $RI$  可得一致性比例  $CR$ :

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (6)$$

其中,平均随机一致性指标  $RI$  可由表 2 查得,当  $CR < 0.1$  时,判断矩阵满足一致性要求,否则需重新调整判断矩阵。

### 2.3 考虑体系贡献率的评价模型修正

根据规范化评价标尺所得的指标满意度以及 AHP 所得指标贡献度权重,可以逐级求得试验能力的战斗力生成贡献度。这种方法所得战斗力生成贡献度是由各指标逐级迭代生成的,同一层级不同维度之间的指标之间存在错综复杂的耦合关系,无法通过 AHP 判断权重,但其共同作用对体系的影响是不可忽视的。从系统工程的角度来看,体系具有整体性、相关性和涌现性,单个指标的改变会使整体出现新的功能、性质、要素,因此还需要从体系贡献率的角度修正评价模型权重,正确评价各指标变化所带来的

表2 随机一致性指标 RI 参照(1~10阶)

Table 2 Random consistency index RI reference (levels 1~10)

| 矩阵阶数 $n$ | RI   |
|----------|------|
| 1        | 0    |
| 2        | 0    |
| 3        | 0.58 |
| 4        | 0.90 |
| 5        | 1.12 |
| 6        | 1.24 |
| 7        | 1.32 |
| 8        | 1.41 |
| 9        | 1.45 |
| 10       | 1.49 |

隐性贡献。定义协同增益系数为:

$$\mu_{i,j} = \frac{B_j | (\Delta B_i) - B_j}{B_j} \cdot \frac{B_i}{\Delta B_i} \quad (7)$$

式中:  $B_j | (\Delta B_i)$  为  $B_j$  在  $B_i$  变化为  $\Delta B_i$  时所发挥的作用。则协同增益矩阵  $U$  可以写为:

$$U = \begin{bmatrix} 0 & \cdots & \mu_{i,j} \\ \vdots & 0 & \vdots \\ \mu_{j,i} & \cdots & 0 \end{bmatrix} \quad (8)$$

权重向量  $Q$  变化为:

$$Q' = Q + UQ \quad (9)$$

将  $Q'$  标准化即可得到模型修正的权重系数。

### 3 某试验能力的战斗力生成贡献度评估

对于某试验通过以上评价方法评估其战斗力生成贡献度。对于定量指标,将试验结果通过式(1)转化为标准化形式;对于定性指标,建立满意度评价隶属度函数如表3所示。综合定性、定量指标评价结果,可得体系中各指标的满意度规范化评价如表4所示。

得到满意度规范化评价后,需要确定各指标权重。以  $A = (A_1, A_2, A_3)$  的权重计算为例,该试验中  $A_1, A_2$  同等重要,较  $A_3$  稍微重要一些,则判断矩阵根据式(3)可以写为:

$$A_{123} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 3 \\ 1 & 1 & 3 \\ 1/3 & 1/3 & 1 \end{bmatrix} \quad (10)$$

根据式(4)、(10)可求得此时最大特征根  $\lambda_{\max} = 3$ , 求得对应标准化的权重向量为  $[0.43, 0.43, 0.14]$ 。由式(5)、(6)及表2可求得此时  $CI = CR = 0$ , 满足一致性条件,同理可依次求得各指标权重如表5所示。

根据式(7)、(8)和该试验中各指标的协同增益关系得协同增益矩阵如式(11)所示。以式(11)矩阵第1行第4列元素为例,代表当前状态下需求覆盖率提升1%,则其通过提高试验验证充分性使置信度水平提高0.2%,其他元素同理。

表3 满意度评价隶属度函数

Table 3 Membership function of satisfaction evaluation

| 指标     | 等级或类别 | 梯形模糊数           | 专家评分比例 |
|--------|-------|-----------------|--------|
| 场景复杂度  | 很简易   | [0,10,15,20]    | 0      |
|        | 简易    | [15,20,35,45]   | 0.1    |
|        | 一般    | [35,45,50,60]   | 0.3    |
|        | 复杂    | [55,60,75,85]   | 0.5    |
| 环境构设能力 | 很复杂   | [80,90,100,100] | 0.1    |
|        | 较弱    | [0,0,30,35]     | 0      |
|        | 一般    | [30,35,50,55]   | 0.3    |
|        | 强     | [50,55,85,90]   | 0.5    |
| 红蓝对抗强度 | 很强    | [85,90,100,100] | 0.2    |
|        | 很低    | [0,0,15,20]     | 0.1    |
|        | 低     | [15,20,35,40]   | 0.3    |
|        | 一般    | [35,40,55,60]   | 0.3    |
| 人员压力模拟 | 高     | [55,60,75,85]   | 0.3    |
|        | 极高    | [75,85,100,100] | 0      |
|        | 轻度    | [0,0,20,25]     | 0.1    |
|        | 中度    | [20,30,60,65]   | 0.2    |
|        | 重度    | [60,65,80,85]   | 0.6    |
|        | 极重度   | [80,85,100,100] | 0.1    |

表4 各指标的满意度规范化评价

Table 4 Standardized evaluation of satisfaction with various indicators

| 指标     | 规范化评价 |
|--------|-------|
| 需求覆盖率  | 73    |
| 场景复杂度  | 65    |
| 新质新域比例 | 81    |
| 置信度    | 75    |
| 边界性能比例 | 66    |
| 试验经济性  | 88    |
| 周期压缩率  | 71    |
| 环境构设能力 | 72    |
| 红蓝对抗强度 | 62    |
| 人员压力模拟 | 69    |

表5 各指标权重

Table 5 Weight of each indicator

| 指标     | 权重   |
|--------|------|
| 需求覆盖率  | 0.17 |
| 场景复杂度  | 0.15 |
| 新质新域比例 | 0.11 |
| 置信度    | 0.16 |
| 边界性能比例 | 0.10 |
| 试验经济性  | 0.09 |
| 周期压缩率  | 0.08 |
| 环境构设能力 | 0.07 |
| 红蓝对抗强度 | 0.04 |
| 人员压力模拟 | 0.03 |

$$U = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0.2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.3 & 0.2 \\ 0 & 0 & 0 & 0.1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.1 & 0.1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.5 & 0 & 0.2 & 0.1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0 & 0 & 0.3 & 0.2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.1 & 0 & 0 & 0.4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (11)$$

由式(8)、(9)、(11),可得修正后的各指标权重如表 6 所示,通过表 6 修正的权重系数与表 4 中规范化评价结果可得,该试验能力的战斗生成贡献度为 71.5。根据基于满意度的规范化评价标尺,如果将最终战斗力生成贡献度的评价结果分为贡献度很低(0~20)、贡献度较低(21~40)、贡献度一般(41~60)、贡献度较高(61~80)、贡献度很高(81~100),则可判断,该试验能力对战斗力生成贡献度较高,对当前试验能力较为满意,该评价与实际情况相符。

表 6 各指标修正后权重

Table 6 Weight of each indicator after correction

| 指标     | 权重   |
|--------|------|
| 需求覆盖率  | 0.14 |
| 场景复杂度  | 0.13 |
| 新质新域比例 | 0.09 |
| 置信度    | 0.11 |
| 边界性能比例 | 0.09 |
| 试验经济性  | 0.06 |
| 周期压缩率  | 0.06 |
| 环境构设能力 | 0.13 |
| 红蓝对抗强度 | 0.10 |
| 人员压力模拟 | 0.09 |

结合表 4、5 各指标规范化评价与所占权重的指导,对试验进行改进。试验改进后,试验样本需求覆盖率提高 31.3%,试验结果置信度提高 21.3%,边界性能比例提高 26%,试验周期压缩率提高 40%,场景复杂度、环境构设能力、红蓝对抗强度与人员压力模拟的专家满意度如表 7 所示,其他指标不变。

此时可得该试验能力的战斗生成贡献度提升到 85,提高了 18.88%,达到贡献度很高的水平。

表 7 试验改进后的专家满意度

Table 7 Expert satisfaction after experimental improvement

| 指标     | 等级或类别 | 梯形模糊数           | 专家评分比例 |
|--------|-------|-----------------|--------|
| 场景复杂度  | 很简易   | [0,10,15,20]    | 0      |
|        | 简易    | [15,20,35,45]   | 0      |
|        | 一般    | [35,45,50,60]   | 0.1    |
|        | 复杂    | [55,60,75,85]   | 0.2    |
|        | 很复杂   | [80,90,100,100] | 0.7    |
| 环境构设能力 | 较弱    | [0,0,30,35]     | 0      |
|        | 一般    | [30,35,50,55]   | 0.2    |
|        | 强     | [50,55,85,90]   | 0.4    |
|        | 很强    | [85,90,100,100] | 0.4    |
| 红蓝对抗强度 | 很低    | [0,0,15,20]     | 0      |
|        | 低     | [15,20,35,40]   | 0      |
|        | 一般    | [35,40,55,60]   | 0.1    |
|        | 高     | [55,60,75,85]   | 0.5    |
| 人员压力模拟 | 极高    | [75,85,100,100] | 0.4    |
|        | 轻度    | [0,0,20,25]     | 0      |
|        | 中度    | [20,30,60,65]   | 0.2    |
|        | 重度    | [60,65,80,85]   | 0.3    |
|        | 极重度   | [80,85,100,100] | 0.5    |

### 4 结 论

本研究分析了战斗力生成对装备试验能力的需求,建立了包含试验设计、试验实施、实战考核 3 个维度的试验能力战斗力生成贡献度评价体系,并通过模糊综合评价、AHP 建立了具有作战映射特征的装备试验能力评价模型,所设计的战斗力生成贡献度评价体系突破了装备试验数据到战斗力生成贡献度的映射难题,能够对试验能力的战斗力生成贡献度量化评价。在此基础上,考虑体系贡献率的协同增益对模型进行了修正,经修正后,各指标权重更符合实际情况。所得评价结果可以作为新型装备试验鉴定体系建设和战斗力生成模式转型的依据。

模糊综合评价与 AHP 的应用引入了专家经验指导,但也带来了一定的主观偏差,各指标权重未来还需结合多轮试验评价反馈结果进行迭代优化。

### 参 考 文 献

[1] 习近平. 习近平关于国防和军队建设重要论述选编[M]. 北京:解放军出版社,2014:45.  
 XI J P. Selected important discourses of Xi Jinping on national defense and army building[M]. Beijing: PLA Press, 2014:45.  
 [2] 赵勋. 试验装备就是实验战争[N]. 解放军报,2021-12-14(007).

- ZHAO X. Experimental equipment is experimental war[N]. PLA Daily, 2021-12-14(007).
- [3] 霍明亮,王小龙,王瑜,等. 武器装备效能指标体系构建研究[J]. 舰船电子工程, 2025, 45(2): 161-164, 171.
- HUO M L, WANG X L, WANG Y, et al. Research on the construction of weapon equipment effectiveness index system[J]. Ship Electronic Engineering, 2025, 45(2): 161-164, 171.
- [4] 刘倬立,李亮,郭齐胜. 作战概念驱动的陆上无人装备作战试验设计[J]. 火力与指挥控制, 2025, 50(2): 197-205.
- LIU ZH L, LI L, GUO Q SH. Design of operational test of ground unmanned equipment driven by operational concepts[J]. Fire Control & Command Control, 2025, 50(2): 197-205.
- [5] 张兵志,郭齐胜. 陆军武器装备需求论证理论与方法[M]. 北京:国防工业出版社, 2012: 37-39.
- ZHANG B ZH, GUO Q SH. Theory and method of demand demonstration for army weaponry and equipment[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2012: 37-39.
- [6] 王金良,郭齐胜,李玉山,等. 陆军开展装备作战试验的总体思考[J]. 装甲兵工程学院学报, 2016, 30(3): 1-6.
- WANG J L, GUO Q SH, LI Y SH, et al. General reflection on the army equipment operational test[J]. Journal of Academy of Armored Force Engineering, 2016, 30(3): 1-6.
- [7] 吴溪,王铁虎,高振辉. 武器装备作战试验评估指标体系构建及优化方法[J]. 火力与指挥控制, 2020, 45(3): 75-80.
- WU X, WANG T H, GAO ZH H. Research on establishment and optimization method of evaluation index system for weapons equipment operational test[J]. Fire Control & Command Control, 2020, 45(3): 75-80.
- [8] 薛益新,周玠. 武器装备作战试验鉴定指标体系建立方法[J]. 装备学院学报, 2016, 27(4): 102-107.
- XUE Y X, ZHOU B. Establishment method of index system for weapons and equipment operational test and evaluation[J]. Journal of Equipment Academy, 2016, 27(4): 102-107.
- [9] 孔刚鹏. 基于AHP-模糊综合评定的炮兵连作战试验能力评价方法研究[J]. 兵工自动化, 2024, 43(11): 52-56.
- KONG G P. Research on evaluation method of artillery company operational test capability based on AHP-fuzzy comprehensive evaluation[J]. Ordnance Industry Automation, 2024, 43(11): 52-56.
- [10] 卢昌宇,杨建民,陈启航. 基于层次分析-模糊综合评价法的深海采矿车通行性评估[J]. 中国造船, 2024, 65(3): 135-149.
- LU CH Y, YANG J M, CHEN Q H. Assessment of deep-sea mining vehicle traversability based on analytic hierarchy process-fuzzy comprehensive evaluation method[J]. Shipbuilding of China, 2024, 65(3): 135-149.
- [11] 娄泉,田行军,闫辉,等. 基于知识与数据联合驱动的断路器状态评估系统研究[J]. 国外电子测量技术, 2023, 42(6): 63-69.
- LOU G, TIAN X J, YAN H, et al. Research on circuit breaker state evaluation system driven by knowledge and data [J]. Foreign Electronic Measurement Technology, 2023, 42(6): 63-69.
- [12] 崔成涛,李丽敏,王莲霞,等. 基于组合赋权与物元分析法的滑坡危险性评价[J]. 国外电子测量技术, 2023, 42(2): 23-29.
- CUI CH T, LI L M, WANG L X, et al. Landslide risk assessment based on combinatorial empowerment and material element analysis[J]. Foreign Electronic Measurement Technology, 2023, 42(2): 23-29.
- [13] 胡浩,冯辅周,朱俊臻,等. 基于熵权-主客观赋权法的装备保障单元效能评估研究[J]. 现代防御技术, 2025, 53(1): 173-181.
- HU H, FENG F ZH, ZHU J ZH, et al. Research on equipment support units effectiveness evaluation based on entropy weight-subjective and objective weighting method [J]. Modern Defense Technology, 2025, 53(1): 173-181.
- [14] 王楠,杨娟,何榕. 基于粗糙集的武器装备体系贡献度评估方法[J]. 指挥控制与仿真, 2016, 38(1): 104-107.
- WANG N, YANG J, HE R. Evaluation method of equipment's contribution system warfighting based on rough set[J]. Command Control & Simulation, 2016, 38(1): 104-107.
- [15] 罗小明,杨娟,何榕. 基于任务-能力-结构-演化的武器装备体系贡献度评估与示例分析[J]. 装备学院学报, 2016, 27(3): 7-13.
- LUO X M, YANG J, HE R. Research and demonstration of contribution evaluation of weapon equipment system based on task-capability-structure-evolution[J]. Journal of Equipment Academy, 2016, 27(3): 7-13.
- [16] 罗承昆,陈云翔,项华春,等. 装备体系贡献率评估方法研究综述[J]. 系统工程与电子技术, 2019, 41(8): 1789-1794.
- LUO CH K, CHEN Y X, XIANG H CH, et al. Review of the evaluation methods of equipment's

- contribution rate to system-of-systems [J]. Systems Engineering and Electronics, 2019, 41(8): 1789-1794.
- [17] 钱晓超,唐伟,陈伟,等.面向关键能力的陆军全域作战体系贡献率评估[J].系统仿真学报,2018,30(12): 4786-4793.
- QIAN X CH, TANG W, CHEN W, et al. Evaluation of contribution of army combined arms in all-domains weapon system-of-systems based on critical capability[J]. Journal of System Simulation, 2018, 30(12): 4786-4793.
- [18] 金光,包阳.基于大模型的智能系统试验数据分析技术初探[J/OL].系统工程与电子技术,1-13[2025-06-22]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2422.TN.20240517.1849.015>.
- JIN G, BAO Y. Research on test data analysis for intelligent system using LLMs [J/OL]. Systems Engineering and Electronics, 1-13. [2025-06-22]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2422.TN.20240517.1849.015>.
- [19] 汪灵姿,刘桂雄,张国才,等.应用 VA-UNet 的 DR 图像缺陷分割与评定方法[J].电子测量技术,2025,

48(6):179-187.

WANG L Z, LIU G X, ZHANG G C, et al. The defect segmentation and evaluation method of DR image using VA-UNet [J]. Electronic Measurement Technology, 2025, 48(6): 179-187.

## 作者简介

**徐保荣**, 博士, 正高级工程师, 主要研究方向为装备试验鉴定。

E-mail: congju2007xbr@163.com

**徐浩轩**(通信作者), 博士, 工程师, 主要研究方向为装备试验鉴定。

E-mail: 1325639661@qq.com

**姚李刚**, 博士, 正高级工程师, 主要研究方向为装备试验鉴定。

E-mail: ylg008@sohu.com

**王立勇**, 博士, 教授, 主要研究方向为车辆传动系统检测诊断与控制技术。

E-mail: wangliyong@bistu.edu.cn

**郑长松**, 博士, 副教授, 主要研究方向为车辆传动技术、车辆故障诊断及在线监测技术。

E-mail: zhengchangsong@bit.edu.cn