

基于舰载平台的近程反导武器系统作战能力评估方法研究

时维科¹, 刘乔², 李绍隆²

(1. 中国人民解放军 92941 部队 41 分队, 辽宁 葫芦岛 125001; 2. 上海机电工程研究所, 上海 201109)

摘要: 近程反导武器系统由于受到舰载平台的安装位置、雷达探测能力等影响, 其作战能力难以全部发挥, 为了摸清该系统装舰后的实际作战能力, 文章综合运用层次分析法、专家打分法、指数法等评估方法, 构建了近程反导武器系统作战能力指标体系, 并对指标体系进行了二次优化, 建立评估模型、构造判断矩阵及计算指标权重、处理评估指标和试验数据, 最后得出基于舰载平台的该型近程反导武器系统作战能力评估结果为 0.797, 为近程反导武器系统在反导作战使用和装备升级改造中提供理论依据和支撑。

关键词: 近程反导武器系统; 作战能力评估; 层次分析法; 指数法

Evaluation Method Research Based on Short Range Antimissile Weapon System Operation Capability of Shipborne Platform

SHI Weike¹, LIU Qiao², LI Shaolong²

(1. 92941 army 41 unit, Huludao 125000, China;

2. Electromechanical engineering research institute of Shanghai 201109, China)

Abstract: Owing to the influence on installation position and radar detection capability for shipborne platform, the antimissile weapon system operation capability is difficult to be brought into use. In order To find out actual operation capability, the synthetically evaluation methods is made out by analytic hierarchy process (AHP) and score given by expert and exponential method, designs index system of short range antimissile weapon system operation capability, further optimizes index system, establishes evaluation model, constructs judgement matrix, and calculates index weighting, deals with evaluation index and test data. Finally evaluation result of short range antimissile weapon system operation capability is 0.797, theoretical basis and support for short range antimissile weapon system during campaign operation and alteration of equipment are made out.

Keywords: short range antimissile weapon system; operation capability evaluation; analytic hierarchy process (AHP); exponential method

0 引言

作战能力评估方法主要有试验统计法、层次分析法、指数法、区间数评估法、灰色系统分析法、模糊分析法等^[1-3], 每种方法都有自身的优势, 可根据武器系统的特点选择合适的方法进行评估。舰载近程反导

武器系统, 主要承担近程反导作战任务, 本文运用层次分析法确定影响舰载近程反导武器系统作战能力指标权重, 使用指数法对指标和试验结果进行处理和评价, 为舰载近程反导武器系统提供一种科学合理的评估方法。分析与评估基于舰载平台的该型近程反导武器系统作战能力, 找准制约舰艇反导作战能力形成和

收稿日期: 2021-02-25; 修回日期: 2021-03-24。

作者简介: 时维科(1984-), 男, 大学本科, 工程师, 主要从事导弹武器系统试验方向的研究。

引用格式: 时维科, 刘乔, 李绍隆. 基于舰载平台的近程反导武器系统作战能力评估方法研究[J]. 计算机测量与控制, 2022, 30(1): 282-287, 294.

提升的深层次矛盾, 可以摸清该型近程反导武器系统作战过程中的能力短板和薄弱环节^[4], 解决部队在作战指挥、操管训练、保障条件等方面的问题, 以及装备的改造升级, 有效提升舰艇平台的反导作战能力。

1 作战能力指标体系建立

评价基于载舰平台的近程反导武器系统作战能力, 主要考虑反导作战过程中, 从前端传感器到武器末端整个链路中各个环节涉及的因素, 建立指标体系, 如图 1 所示。

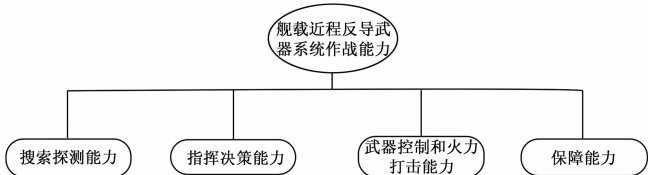


图 1 舰载近程反导武器系统作战能力指标体系

舰载近程反导武器系统作战能力包括搜索探测能力、指挥决策能力、武器控制和火力打击能力、保障能力^[5-8]。其中, 搜索探测能力的装备实体为载舰雷达和电子侦察系统, 主要包括搜索目标能力、跟踪目标能力、目标识别能力、目标信息数据处理能力等; 指挥决策能力的装备实体为指挥控制系统, 主要包括收集处理目标信息能力、辅助决策能力、目标指示能力和指挥控制能力等; 武器控制及火力打击能力的装备实体为近程反导武器系统, 主要包括战斗准备时间、工作状态选择能力、作战方式选择能力、系统反应时间、指导方式、射界范围、发射方式、连射间隔时间、拦截范围、杀伤概率、多目标服务能力、载弹量和导弹抗干扰能力; 保障能力的装备实体为近程反导武器系统及其保障设备, 主要包括导弹装填速度、可靠性、维修性和测试性等。

在实际评估过程中, 我们既要全面考虑各种因素, 又要对各因素进行适当的取舍, 对一些难以赋予权值且没有直接影响的指标必须忽略, 对有相似影响的因素要进行合并规整^[5]。由于本文重点研究近程反导武器系统的作战能力, 针对前端的搜索探测能力、指挥决策能力不是本文研究的主要内容, 因此, 本文以典型作战式样为背景, 结合装备作战任务特点和评估实际^[9-12], 将搜索探测能力、指挥决策能力合并为目指信息能力, 建立指标体系, 如图 2 所示。

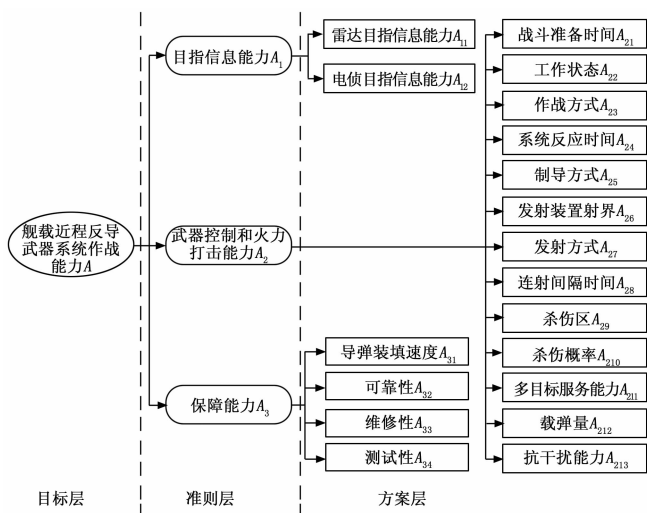


图 2 舰载近程反导武器系统作战能力指标体系

舰载近程反导武器系统作战能力 A 由目指信息能力 A_1 、武器控制和火力打击能力 A_2 、保障能力 A_3 组成。其中, 目指信息能力 A_1 的装备实体为雷达、电子侦察系统和指挥控制系统, 包括雷达目指信息能力 A_{11} 、电侦目指信息能力 A_{12} ; 武器控制及火力打击能力 A_2 的装备实体为近程反导武器系统, 主要包括战斗准备时间 A_{21} 、工作状态选择能力 A_{22} 、作战方式选择能力 A_{23} 、系统反应时间 A_{24} 、制导方式 A_{25} 、射界范围 A_{26} 、发射方式 A_{27} 、连射间隔时间 A_{28} 、拦截范围 A_{29} 、杀伤概率 A_{210} 、多目标服务能力 A_{211} 、载弹量 A_{212} 和导弹抗干扰能力 A_{213} ; 保障能力 A_3 的装备实体为近程反导武器系统及其保障设备, 主要包括导弹装填速度 A_{31} 、可靠性 A_{32} 、维修性 A_{33} 和测试性 A_{34} 等。

2 运用层次分析法构造判断矩阵及计算指标权重

2.1 构造判断矩阵确定确定权重

根据以上建立的指标体系, 构建 $A-A_i$ ($i=1, 2, 3$) 的判断矩阵。其中各级指标之间相对于其上一层级目标 A 的重要性程度的打分形式可用两两比较打分法确定, 具体打分值的定量评价采用专家咨询法。

从而可得 $A-A_i$ ($i=1, 2, 3$) 的判断矩阵如表 1 所示。

同理, 可构造关于目指信息能力 A_1 、武器控制和火力打击能力 A_2 和保障能力 A_3 的判断矩阵。由于篇幅限制, 本文不再一一赘述。其中, 根据层次分

表 1 关于目标 A 的准则层判断矩阵

舰载近程反导武器系统作战能力 A	目指信息能力 A ₁	武器控制和火力打击能力 A ₂	保障能力 A ₃
目指信息能力 A ₁	a ₁₁ =1	a ₁₂	a ₁₃
武器控制和火力打击能力 A ₂	a ₂₁ =1/a ₁₂	a ₂₂ =1	a ₂₃
保障能力 A ₃	a ₃₁ =1/a ₁₃	a ₃₂ =1/a ₂₃	a ₃₃ =1

备注:1. a_{ij} 表示指标 a_i 比指标 a_j 重要的程度量化值; 2. 易见判断矩阵 A-A_i 具有以下性质:(1)a_{ii}=1;(2)a_{jj}=1/a_{ij};(3)a_{ij}>0.

析法的使用方法, 需要进行专家咨询构造判断矩阵, 构造准则层相对于目标层的重要性判断矩阵如下:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \quad (1)$$

进行层次单排序及其一致性检验。判断矩阵 A 的最大特征值相应的特征向量 ω 用求和法计算过程如下。

- Step 1: 判断矩阵 A 按列归一化;
- Step 2: 将归一化后的矩阵的同一行的各列相加;
- Step 3: 对行和归一化, 即求得特征向量 W;
- Step 4: 判断矩阵 A 的最大特征根 λ_{max} 为:

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(A\omega)_i}{\omega_i} \quad (2)$$

Step 5: 一致性指标 C.I (Consistence Inndex) 为:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

Step 6: 一致性评价指标 C.R (Consistence Ratio) 为:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (4)$$

其中: 随机一致性指标 R.I (Random Consistency Index) 的具体数值如表 2 所示。若一致性评价指标小于 0.1, 则认为该武器系统作战能力评估的权重一致性满足要求。

表 2 随机一致性指标

阶数	2	3	4	5	6	7	8
R.I	0	0.58	0.89	0.12	1.24	1.32	1.41
阶数	9	10	11	12	13	14	15
R.I	1.45	1.49	1.52	1.54	1.56	1.58	1.59

针对各分目标, 咨询专家构造判断矩阵, 求得各分目标的权重值为: {目指信息能力, 武器控制和火力打击能力, 保障能力} = {ω_{A1}, ω_{A2}, ω_{A3}}。

同理, 可得出“目指信息能力”之底层指标 A₁-A_{1j} (j=1, 2) 的权重值为: {雷达目指信息能力, 电侦目指信息能力} = {ω_{A11}, ω_{A12}}; “武器控制和火力打击能力”之底层指标 A₂-A_{2j} (j=1, 2, 3...13) 的权重值为: {战斗准备时间, 工作状态, 作战方式, 系统反应时间, 制导方式能力, 射界范围, 发射方式, 连射间隔时间, 拦截范围, 杀伤概率, 多目标服务能力, 载弹量, 抗干扰能力} = {ω_{A21}, ω_{A22}, ω_{A23}, ω_{A24}, ω_{A25}, ω_{A26}, ω_{A27}, ω_{A28}, ω_{A29}, ω_{A210}, ω_{A211}, ω_{A212}, ω_{A213}}; “保障能力”之底层指标 A₃-A_{3j} (j=1, 2, 3, 4) 的权重值为: {导弹装填速度, 可靠性, 维修性, 测试性} = {ω_{A31}, ω_{A32}, ω_{A33}, ω_{A34}}。

2.2 层次总排序权重和一致性检验

2.2.1 总排序权重

判断矩阵一致性检验通过后, 判断矩阵中各指标权重得以确定, 此时便可以得出各准则和底层方案对于舰载近程反导武器系统作战能力评估所占的总排序权重值, 如表 3 所示。

表 3 底层方案相对于舰载近程反导武器系统作战能力的总排序权重

准则层	准则层权重 (A-A _i)	方案层	各方案层权重(A _i -A _{ij})	总排序权重
目指信息能力 A ₁	ω _{A1}	雷达目指信息能力 A ₁₁	ω _{A11}	ω ₁ = ω _{A11} ω _{A1}
		电侦目指信息能力 A ₁₂	ω _{A12}	ω ₂ = ω _{A12} ω _{A1}
武器控制和火力打击能力 A ₂	ω _{A2}	战斗准备时间 A ₂₁	ω _{A21}	ω ₃ = ω _{A21} ω _{A2}
		工作状态 A ₂₂	ω _{A22}	ω ₄ = ω _{A22} ω _{A2}
		作战方式 A ₂₃	ω _{A23}	ω ₅ = ω _{A23} ω _{A2}
		系统反应时间 A ₂₄	ω _{A24}	ω ₆ = ω _{A24} ω _{A2}
		制导方式 A ₂₅	ω _{A2}	ω ₇ = ω _{A25} ω _{A2}
		射界范围 A ₂₆	ω _{A26}	ω ₈ = ω _{A26} ω _{A2}
		发射方式 A ₂₇	ω _{A27}	ω ₉ = ω _{A27} ω _{A2}
		连射间隔时间 A ₂₈	ω _{A28}	ω ₁₀ = ω _{A28} ω _{A2}
		杀伤区 A ₂₉	ω _{A29}	ω ₁₁ = ω _{A29} ω _{A2}
		杀伤概率 A ₂₁₀	ω _{A210}	ω ₁₂ = ω _{A210} ω _{A2}
		多目标服务能力 A ₂₁₁	ω _{A211}	ω ₁₃ = ω _{A211} ω _{A2}
		载弹量 A ₂₁₂	ω _{A212}	ω ₁₄ = ω _{A212} ω _{A2}
		抗干扰能力 A ₂₁₃	ω _{A21}	ω ₁₅ = ω _{A213} ω _{A2}
保障能力 A ₃	ω _{A3}	导弹装填速度 A ₃₁	ω _{A31}	ω ₁₆ = ω _{A31} ω _{A3}
		可靠性 A ₃₂	ω _{A32}	ω ₁₇ = ω _{A32} ω _{A3}
		维修性 A ₃₃	ω _{A33}	ω ₁₈ = ω _{A33} ω _{A3}
		测试性 A ₃₄	ω _{A34}	ω ₁₉ = ω _{A34} ω _{A3}

经过上述的计算后, 可得层次间的指标总排序的

计算结果。

2.2.2 总层次一致性检验

方案多层次总排序的一致性检验公式为:

$$CR = \frac{\omega_{A1}CI_1 + \omega_{A2}CI_2 + \omega_{A3}CI_3}{\omega_{A1}RI_1 + \omega_{A2}RI_2 + \omega_{A3}RI_3} \quad (5)$$

当 $CR < 0.1$ 时, 则判断矩阵通过整体一致性检验。

3 评估指标数据和试验结果的处理

3.1 指标的分类

指标数据的处理又称作指标值的规范化^[13], 定型指标值的处理可采用直接打分法、量化标尺量化法等。定量指标值的处理可根据效益型、成本型、固定型和区间型四种指标的类型^[14]。有的指标值越大越好, 称为效益型指标; 有的指标值越小越好, 称为成本型指标; 有的指标越靠近目标值越好, 称为固定型指标; 有的指标越接近某个区间越好, 称为区间型指标。指标类型如表4所示, 按表5进行分类计算。

表4 指标类型

序号	指标名称	指标类型
1	雷达目指信息能力 r_1	效益型
2	电侦目指信息能力 r_2	效益型
3	战斗准备时间 r_3	成本型
4	工作状态 r_4	定性指标
5	作战方式 r_5	定性指标
6	系统反应时间 r_6	成本型
7	制导方式 r_7	定性指标
8	射界范围 r_8	效益型
9	发射方式 r_9	定性指标
10	连射间隔时间 r_{10}	成本型
11	杀伤区 r_{11}	效益型
12	杀伤概率 r_{12}	效益型
13	多目标服务能力 r_{13}	效益型
14	载弹量 r_{14}	效益型
15	抗干扰能力 r_{15}	效益型
16	导弹装填速度 r_{16}	效益型
17	可靠性 r_{17}	效益型
18	维修性 r_{18}	成本型
19	测试性 r_{19}	效益型

3.2 指标和试验结果归一化处理

3.2.1 指标归一化处理

近程反导武器系统标准状态下的指标为 $R_{标准态}$ 、装舰后的近程反导武器系统的指标为 $R_{装舰态}$, 将 $R_{装舰态}$ 与 $R_{标准态}$ 进行归一化处理, 以标准状态下的指标 $R_{标准态}$

表5 指标类型公式表

指标类型	计算公式
效益型	$r_{i,j} = \frac{x_{i,j}}{\max_i x_{i,j}}$
成本型	$r_{i,j} = \frac{\min_i x_{i,j}}{x_{i,j}}$
固定型	$r_{i,j} = \begin{cases} 1 - \frac{ x_{i,j} - \alpha_j }{\max_i x_{i,j} - \alpha_j }, & x_{i,j} \neq \alpha_j \\ 1, & x_{i,j} = \alpha_j \end{cases}$
区间型	$r_{i,j} = \begin{cases} \frac{\min_i d_{i,j}}{d_{i,j}}, & x_{i,j} \notin [q_j^1, q_j^2] \\ 1, & x_{i,j} \in [q_j^1, q_j^2] \end{cases}$

作为参考标准设为1, 装舰后的近程反导武器系统定性指标按照直接打分法进行归一化处理, 定量指标按照效益型、成本型、固定型和区间型指标处理方法进行归一化处理^[15]。其中, 工作状态、作战方式、制导方式、发射方式等定性指标按照直接打分法进行归一化处理; 雷达目指信息能力、电侦目指信息能力、射界范围、杀伤区、杀伤概率、多目标服务能力、载弹量、抗干扰能力、导弹装填速度、可靠性、测试性等效益型定量指标, 按照效益型指标处理方法进行归一化处理; 战斗准备时间、系统反应时间、连射间隔时间、维修性等成本型定量指标, 按照成本型指标处理方法进行归一化处理。可得各能力指标的归一化处理结果为: {雷达目指信息能力, 电侦目指信息能力, 战斗准备时间, 工作状态, 作战方式, 系统反应时间, 制导方式, 射界范围, 发射方式, 连射间隔时间, 杀伤区, 杀伤概率, 多目标服务能力, 载弹量, 抗干扰能力, 导弹装填速度, 可靠性, 维修性, 测试性} = { $r_1, r_2, r_3, r_4, r_5, r_6, r_7, r_8, r_9, r_{10}, r_{11}, r_{12}, r_{13}, r_{14}, r_{15}, r_{16}, r_{17}, r_{18}, r_{19}$ }。

3.2.2 试验结果归一化处理

装舰后的近程反导武器系统的指标为 $Z_{装舰态}$, 试验结果为SY, 将 $Z_{装舰态}$ 与SY进行归一化处理, 以装舰后的近程反导武器系统的指标为参考标准设为1, 计算方法与指标归一化处理的计算方法一致, 根据指标分类的计算公式, 可得试验结果的归一化处理结果为: {雷达目指信息能力, 电侦目指信息能力, 战斗准备时间, 工作状态, 作战方式, 系统反应时间, 制导方式, 射界范围, 发射方式, 连射间隔时间, 杀伤区, 杀伤概率, 多目标服务能力, 载弹量, 抗干扰能

力, 导弹装填速度, 可靠性, 维修性, 测试性} = {S₁, S₂, S₃, S₄, S₅, S₆, S₇, S₈, S₉, S₁₀, S₁₁, S₁₂, S₁₃, S₁₄, S₁₅, S₁₆, S₁₇, S₁₈, S₁₉}。

4 舰载近程反导武器系统作战能力计算

舰载反导武器系统作战能力指数表达形式上表现为幂指数乘积的形式, 因此, 基本计算模型可表示为:

$$I = \prod_{m=1}^M X_m^{\omega_m} \quad (6)$$

其中: M 代表武器系统作战能力要素的数量, 本文中, $M=19$; ω_m 是根据第 m 项要素对武器系统作战能力贡献的大小, 应用层次分析方法计算出的幂指数, 并且 $\omega_1 + \omega_2 + \dots + \omega_m = 1$; X_m 代表第 m 项要素的能力系数。

舰载近程反导武器系统作战能力的表达形式上表现为幂指数乘积的形式, 单项指标的作战能力系数 X 可以表示为:

$$X_m = r_m \cdot S_m (m = 1, 2, \dots, 19) \quad (7)$$

因此, 舰载近程反导武器系统作战能力指数可用公式 (6) 和 (7) 计算得出:

$$I = \prod_{m=1}^M X_m^{\omega_m} = \prod_{m=1}^M (r_m \cdot S_m)^{\omega_m} = (r_1 \cdot S_1)^{\omega_1} \cdot (r_2 \cdot S_2)^{\omega_2} \cdot \dots \cdot (r_{19} \cdot S_{19})^{\omega_{19}} \quad (8)$$

5 案例分析

本文主要选择以下 4 名专家: 一是武器系统设计人员 (专家 1); 二是装备操作人员 (专家 2); 三是试验鉴定人员 (专家 3); 四是装备指挥管理人员 (专家 4)。由于篇幅限制, 本文仅以设计人员 (专家 1) 打分结果为例, 构造准则层相对于目标层的重要性判断矩阵如下:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 9 \\ 1/3 & 1 & 4 \\ 1/9 & 1/4 & 1 \end{bmatrix}$$

进行层次单排序及其一致性检验。判断矩阵 A 的最大特征值相应的特征向量 ω 为:

$$\omega = (0.516 \ 217 \ 012, 0.425 \ 625 \ 666, 0.058 \ 157 \ 321)^T$$

一致性评价指标 $C.R$ 为:

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0}{0.58} = 0 < 0.1$$

因此可认为目指信息能力、武器控制和火力打击能力、保障能力关于舰载近程武器系统作战能力评估的权重为 $\omega = (0.516 \ 217 \ 012, 0.425 \ 625 \ 666, 0.058 \ 157 \ 321)^T$ 。

针对各分目标, 咨询专家构造判断矩阵, 求得各分目标的权重值为: $\{\omega_{A1}, \omega_{A2}, \omega_{A3}\} = \{0.340 \ 897 \ 627, 0.491 \ 603 \ 272, 0.167 \ 499 \ 101\}$ 。同理, 可得出“目指信息能力”之底层指标的权重值为: $\{\omega_{A11}, \omega_{A12}\} = \{0.770 \ 833 \ 333, 0.229 \ 166 \ 667\}$; “武器控制和火力打击能力”之底层指标的权重值为: $\{\omega_{A21}, \omega_{A22}, \omega_{A23}, \omega_{A24}, \omega_{A25}, \omega_{A26}, \omega_{A27}, \omega_{A28}, \omega_{A29}, \omega_{A210}, \omega_{A211}, \omega_{A212}, \omega_{A213}\} = \{0.032 \ 981 \ 128, 0.010 \ 914 \ 105, 0.011 \ 515 \ 828, 0.109 \ 358 \ 656, 0.046 \ 418 \ 554, 0.046 \ 423 \ 49, 0.022 \ 751 \ 625, 0.038 \ 898 \ 194, 0.152 \ 033 \ 227, 0.249 \ 443 \ 663, 0.130 \ 783 \ 793, 0.052 \ 986 \ 558, 0.095 \ 491 \ 18\}$; “保障能力”之底层指标的权重值为: $\{\omega_{A31}, \omega_{A32}, \omega_{A33}, \omega_{A34}\} = \{0.118 \ 801 \ 603, 0.498 \ 011 \ 033, 0.199 \ 347 \ 694, 0.183 \ 839 \ 67\}$ 。

因此, 根据表 3 中总排序权值的计算公式可得, 方案层指标相对于舰载近程反导武器系统作战能力所占的总排序权重值计算结果, 如表 6 所示。

表 6 各指标总排序权值

方案层指标 总排序(A-A _{ij})	准则层 权重(A-A _i)	各方案 层权重(A _i -A _{ij})	方案层指标 总排序权值
雷达目指信息能力 ω_1	ω_{A1}	ω_{A11}	0.397 917 28
电侦目指信息能力 ω_2		ω_{A12}	0.118 299 732
战斗准备时间 ω_3	ω_{A2}	ω_{A21}	0.014 037 615
工作状态 ω_4		ω_{A22}	0.004 645 323
作战方式 ω_5		ω_{A23}	0.004 901 432
系统反应时间 ω_6		ω_{A24}	0.046 545 851
制导方式 ω_7		ω_{A2}	0.019 756 928
射界范围 ω_8		ω_{A26}	0.019 759 029
发射方式 ω_9		ω_{A27}	0.009 683 675
连射间隔时间 ω_{10}		ω_{A28}	0.016 556 07
杀伤区 ω_{11}		ω_{A29}	0.064 709 243
杀伤概率 ω_{12}		ω_{A210}	0.106 169 625
多目标服务能力 ω_{13}		ω_{A211}	0.055 664 939
载弹量 ω_{14}		ω_{A212}	0.022 552 439
抗干扰能力 ω_{15}	ω_{A21}	0.040 643 497	
导弹装填速度 ω_{16}	ω_{A3}	ω_{A31}	0.006 909 183
可靠性 ω_{17}		ω_{A32}	0.028 962 988
维修性 ω_{18}		ω_{A33}	0.011 593 528
测试性 ω_{19}		ω_{A34}	0.010 691 623

经一致性检验满足要求, 故方案层各个指标相对于舰载近程反导武器系统作战能力所占的总排序权重

表 7 指标和试验结果归一化处理结果

序号	指标名称	指标归一化结果	指标名称	试验结果归一化
1	雷达目指信息能力 r_1	0.788 307 29	雷达目指信息能力 S_1	1
2	电侦目指信息能力 r_2	0.820 483	电侦目指信息能力 S_2	1
3	战斗准备时间 r_3	1	战斗准备时间 S_3	1.142 857
4	工作状态 r_4	1	工作状态 S_4	1
5	作战方式 r_5	1	作战方式 S_5	1
6	系统反应时间 r_6	1	系统反应时间 S_6	1.032 169
7	制导方式 r_7	1	制导方式 S_7	1
8	射界范围 r_8	0.411 914	射界范围 S_8	1.003 689 545
9	发射方式 r_9	1	发射方式 S_9	1
10	连射间隔时间 r_{10}	1	连射间隔时间 S_{10}	1.139 818
11	杀伤区 r_{11}	0.535 197	杀伤区 S_{11}	0.610 049 876
12	杀伤概率 r_{12}	1	杀伤概率 S_{12}	1.004 125
13	多目标服务能力 r_{13}	0.583 333	多目标服务能力 S_{13}	0.925 837 53
14	载弹量 r_{14}	1	载弹量 S_{14}	1
15	抗干扰能力 r_{15}	1	抗干扰能力 S_{15}	1.09
16	导弹装填速度 r_{16}	1	导弹装填速度 S_{16}	1.538 461 538
17	可靠性 r_{17}	1	可靠性 S_{17}	1.106 891 907
18	维修性 r_{18}	1	维修性 S_{18}	1
19	测试性 r_{19}	1	测试性 S_{19}	1.015 818 713

值计算结果为 $\{\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4, \omega_5, \omega_6, \omega_7, \omega_8, \omega_9, \omega_{10}, \omega_{11}, \omega_{12}, \omega_{13}, \omega_{14}, \omega_{15}, \omega_{16}, \omega_{17}, \omega_{18}, \omega_{19}\} = \{0.397\ 917\ 28, 0.118\ 299\ 732, 0.014\ 037\ 615, 0.004\ 645\ 323, 0.004\ 901\ 432, 0.046\ 545\ 851, 0.019\ 756\ 928, 0.019\ 759\ 029, 0.009\ 683\ 675, 0.016\ 556\ 07, 0.064\ 709\ 243, 0.106\ 169\ 625, 0.055\ 664\ 939, 0.022\ 552\ 439, 0.040\ 643\ 497, 0.006\ 909\ 183, 0.028\ 962\ 988, 0.011\ 593\ 528, 0.010\ 691\ 623\}$ 。

根据实际反导武器系统标准状态下的指标 $R_{标准态}$ 、装舰后反导武器系统的指标 $R_{装舰态}$ 、实际试验结果 S ，分别进行指标归一化处理和试验结果归一化处理，得到结果如表 7 所示。由于部分能力指标在设计时留有一定的余量，为了客观的表示舰载近程反导武器系统的实际作战能力，本文试验结果的归一化值可能会存在大于 1 的情况。

因此，可计算得出舰载近程反导武器系统作战能力指数为：

$$I = 0.797\ 164\ 087$$

6 结束语

综上所述，装舰后的近程反导武器系统作战能力

与标准状态下相比有所下降。下降的原因主要包括指标体系、指标权重、指标数据和试验结果四部分。其中，指标体系和指标权重都是专家根据经验建立和得出的，具有一定的主观性，可通过邀请更多的本领域专家对指标体系进行多次优化和量化打分，降低主观因素的影响，使指标体系更趋于合理，使各指标的权重值更趋于客观。而指标数据和试验结果，是根据舰艇平台的现实情况和实际测试得出的客观结果。因此，要提高近程反导武器系统装舰后的实际作战能力，要从舰艇平台入手，尽可能减少舰艇平台的限制因素，使其发挥更大的作战效能。

参考文献：

- [1] 韩朝超, 黄树彩, 张东洋. 反导作战能力评估方法研究综述 [J]. 科技导报, 2009 (27): 76-80.
- [2] 张迪, 郭齐胜, 李智果. 基于型号性能指标的武器装备体系作战能力评估方法 [J]. 火力指挥与控制, 2015, 40 (5): 12-16.
- [3] 吴国栋. 基于 ANP 的武器装备作战能力幂指数评估方法研究 [D]. 长沙: 国防科学技术大学: 研究生院, 2010.

(下转第 294 页)