

全生命周期视角下武器装备售后保障效能评估方法

赵施斌¹ 李旭斌²

上海航天电子技术研究所

DOI: 10.32629/jpm.v7i2.8747

[摘要] 武器装备的售后保障是装备全生命周期管理的主要环节，会直接决定装备战备的完好性、任务成功性与寿命周期费用合理性，是提升部队战斗能力的关键性支撑。对于现阶段武器装备售后保障和全生命周期各个阶段适配性不足的问题，文章在全生命周期理论的基础上，结合 GJB 3872A-2022 等军工标准的要求，既定武器装备售后保障的全生命周期核心的阶段与内涵，创建包含装备服役初期、中期和后期的全维度效能评估指标体系，整合层次分析法 (AHP) 和模糊综合评价法，提出了适配全生命周期各个阶段的售后保障效能评估方法，以期能够提升武器装备的全生命周期售后保障能力。

[关键词] 全生命周期；武器装备；售后保障；效能评估

Methodology for Evaluating After-Sales Support Efficiency of Weapon Systems from a Full Life Cycle Perspective

Zhao Shibin¹ Li Xubin²

Shanghai Institute of Space Electronics Technology

[Abstract] After-sales support for weapon systems constitutes a critical component of lifecycle management, directly determining operational readiness, mission success rates, and cost-effectiveness. As a pivotal enabler for enhancing combat capabilities, this study addresses the current inadequacies in post-commissioning support and lifecycle compatibility. Grounded in lifecycle theory and aligned with military standards like GJB 3872A-2022, the research defines core phases and dimensions of weapon system after-sales support. A comprehensive evaluation framework covering initial, mid-term, and end-stage phases is established. By integrating Analytic Hierarchy Process (AHP) and fuzzy comprehensive evaluation methods, the paper proposes a lifecycle-adaptive assessment methodology to optimize after-sales support capabilities throughout weapon systems' operational lifespan.

[Key words] full life cycle; weapons and equipment; after-sales support; effectiveness evaluation

武器装备的售后保障是贯穿于装备交付之后的服役、维护和升级直到退役处置的全部过程，不仅是衔接装备的生产和实战应用之间的关键性纽带，更是装备全生命周期管理中，保障装备性能的问题、延长服役的寿命、充分发挥作战效能的主要支撑。现阶段，我国的武器装备售后保障工作已经逐渐地从传统的经验型转向科技驱动型，但是在效能评估上还是存在着一些短板，很难在兼顾全生命周期各个阶段复杂性、模糊性特征的基础上，全面且客观地反映出售后保障的综合效能。GJB 3872A-2022《装备综合保障通用要求》中明确提出，要关注装备在部署之后的使用过程中的保障性评价和持续改进，要创建能够覆盖全生命周期的保障系统和相关的评估机制，以此保障装备能够获得经济且有效的保障资源。在这样的背景之下，从全生命周期的角度出发，创建科学、系统且操作性强的武器装备售后保障效能评估方法，就成为破解现阶段保障评估的难题、提升装备保障能力的迫切需求。

一、相关概念界定

(一) 武器装备全生命周期与售后保障内涵

武器装备的全生命周期具体是指，装备从设计定型、生产

交付、服役使用到维护升级、退役处置的一个完整的过程，而售后保障是全生命周期的主要组成部分，其特指装备在交付之后，为了保障装备的正常运行、恢复装备的性能、延长服役的寿命所进行的相关保障活动的总称。和传统的售后保障相比较，全生命周期视角之下的武器装备售后保障有着非常明显的阶段性、系统性和动态性的特点。其中，阶段性会表现为不同生命周期阶段在保障重点和需求及任务上存在显著的差异；系统性会体现在为守护保障需要同时协调保障的资源、人员和技术等的多种要素，从而形成一个完整的保障体系；而动态性则体现在保障的对策需要按照装备的实际服役状态和不同的需求及技术发展开展动态化的调整。

按照 GJB 3872A-2022 标准的相关要求，武器装备的售后保障全生命周期可以被换成三个阶段^[1]：

1. 服役阶段。即为交付之后的 1—3 年，其主要任务为装备的调试、人员的培训和故障排查，其主要目的为保障装备快速形成战斗力，并收集装备在使用上和保障上的基础数据；

2. 服役中期。即为交付之后的 4—15 年，其主要的任务是常态化的维护、故障的维修和备件供应，其主要目的是为保障

装备在性能上的稳定性，并控制保障的成本，进行保障性的评估和保障系统的优化；

3. 服役后期。即为交付之后的 16 年——退役，其主要的任务是一些老旧部件的更换、性能升级和退役的处置，其主要的目的是保障装备剩余价值的最大化，降低退役处置的成本和对环境产生的影响。

(二) 售后保障效能评估核心内涵

武器装备的售后保障效能具体是指，售后保障系统在一定的资源的投入之下，完成保障任务、满足装备运行的需求、提升装备作战效能的能力和水平，其主要的评估维度包含：保障效率、保障质量、保障成本、保障可靠性和保障适应性。在全生命周期角度下的售后保障效能评估，其主要是打破了单一阶段和单一维度在评估上的局限，并按照装备在不同的服役阶段不同的保障需求，全方面地衡量保障系统在各个阶段的实际运行效果，从而识别在保障过程中的一些薄弱环节，给保障对策的优化与资源的配置调整提供更多的科学参考。

和传统的效能评估方式相比较，全生命周期视角之下的评估有着三个较为明显的特点：

- 1、全面性。全生命周期视角之下的评估包含了装备售后保障的全部阶段和全部要素，会兼顾定量的指标和定性的指标；
- 2、动态性。会按照装备服役阶段的变化，动态性地调整评估的指标权重与评估的标准；
- 3、实用性。评估的方法需要贴合装备保障的实际，数据要容易获取、计算要渐变，可以直接地应用在工程的实践中。

二、全生命周期视角下武器装备售后保障效能评估指标体系构建

(一) 指标体系构建原则

为了保证评估指标体系的科学性、系统性与可操作性，按照武器装备售后保障全生命周期的特点和军工标准的要求，创建指标体系要遵循以下四个基本原则^[2]：

1. 科学性。指标的设计要符合全生命周期管理理论和装备保障的规律，并贴合 GJB 3872A-2022 中“使用期间保障性评

价与改进”的相关要求，指标的含义要明确、计算的方法要规范，要能够客观地反映出售后保障效能的实际水平；

2. 系统性。指标的体系需要覆盖售后保障的全阶段和全要素，要包含保障的效率、质量、成本和可靠性等维度，进而形成完整的评价框架，避免遗漏一些关键指标；

3. 可操作性。指标的数据要方便获取，要优先选择可量化的指标，定性的指标要具有明确的评价标准，保证评估的工作能够顺利地展开；

4. 动态适应性。指标的体系要按照装备不同的服役阶段对于保障的需求，动态化地调整指标的权重和分配，适配各个阶段在保障上的重点。

(二) 指标体系构建思路

文章在全生命周期视角之下，结合武器装备售后保障的三个主要阶段，按照“目标层—准则层—指标层”这样的三层结构创建评估指标的体系：

目标层：该层为全生命周期武器装备售后保障的综合效能；

准则层：该层为保障效率、保障质量、保障成本、保障可靠性和保障适应性 5 个主要的维度，包含了装备售后保障的主要要素；

指标层：该层融合了各个服役阶段在保障上的重点，设置了具体的定量和定性的指标，以此保证指标和阶段需求能够更好地适配。

(三) 具体评估指标体系

按照以上基本创建原则和思路，创建全生命周期视角之下的武器装备售后保障效能评估指标体系，具体为：

1. 目标层

全生命周期武器装备售后保障综合效能 (U)：主要衡量武器装备在整个售后保障周期之内，保障系统完成保障任务、满足装备运行和作战需求的综合能力。

2. 准则层及指标层

具体情况如图 1 所示：

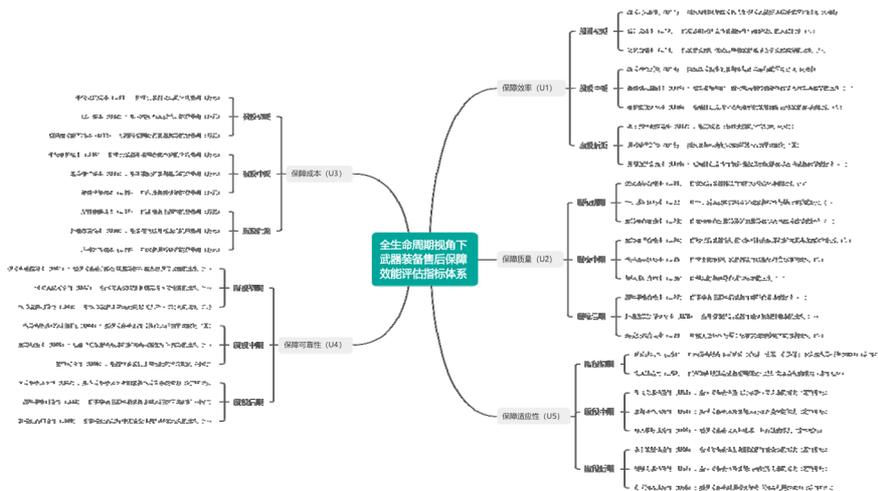


图 1 全生命周期视角下武器装备售后保障效能评估指标体系

(四) 指标标准化处理

由于以上的评估指标体系中包含了定量和定性指标，且各个指标的量纲和数量级存在差异，需要对相关指标开展标准化的处理，以此消除量纲的影响，保证各个指标具有可比性。文章使用极差标准化法对定量的指标开展处理，使用模糊评分法对于定性的指标开展量化处理。

3. 定量指标标准化

定量指标会分为正向的指标 (指标的数据越大，效能越好)

与负向指标 (指标的数值越小，效能越好)，其标准化的公式为：

$$\text{正向指标: } x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)}$$

$$\text{负向指标: } x'_{ij} = \frac{\max(x_j) - x_{ij}}{\max(x_j) - \min(x_j)}$$

其中， x'_{ij} 为第 i 个评价对象第 j 个指标的标准化值， x_{ij}

为第 i 个评价对象第 j 个指标的原始值, $\max(x_j)$ 为第 j 个指标的最大值, $\min(x_j)$ 为第 j 个指标的最小值。

4. 定性指标量化

定性指标使用 5 级模糊评分法, 邀请相关专业人员组成评价小组, 对于各个定性指标开展评分, (1 分表示极差, 2 分表示较差, 3 分表示一般, 4 分表示较好, 5 分表示优秀), 并把评分的结构按照极差标准化法开展标准化的处理, 并转化成 0-1 之间的数值。

三、全生命周期视角下武器装备售后保障效能评估方法设计

按照武器装备售后保障全生命周期的复杂性和模糊性的特点, 单一的评估方法很难全面且客观地反映出保障的效能, 文章结合层次分析法 (AHP) 和模糊综合评价法, 创建全生命周期视角之下的售后保障效能评估方法。其中, 层次分析法主要用来确定各个层次指标的实际权重, 并解决指标重要性排序的问题; 而模糊综合评价法则主要处理评估中的模糊性, 对于各个阶段保障效能开展综合评价, 二者之间的结合可以兼顾指标权重的科学性和评估结果的客观性。

(一) 层次分析法确定指标权重

层次分析法 (AHP) 是一种将复杂问题分解为多个层次, 通过两两比较判断各指标重要性, 进而确定指标权重的方法, 其核心步骤如下:

1. 构建层次结构模型

按照文章所创建的评估指标体系, 明确了目标层、准则层和指标层之间的层次关系, 进而形成完整的层次结构模型。

2. 构造判断矩阵

邀请相关专业人员组成评价小组, 按照 1-9 标度法 (1 表示两个指标同等重要, 3 表示前者比后者稍重要, 5 表示前者比后者明显重要, 7 表示前者比后者强烈重要, 9 表示前者比后者极端重要, 2、4、6、8 为中间值), 对相同层次的指标开展两两比较, 构造判断矩阵 A 。

3. 一致性检验

因为评价人员可能存在主观的判断偏差, 要对判断的矩阵开展一致性的检验, 以此保障权重法分配的科学性。一致性检验的步骤为:

① 计算判断矩阵的最大特征值 λ_{\max} ;

② 计算一致性指标 CI : $CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$ (其中 N 为判断矩阵的阶数);

③ 计算一致性的比例 CR : $CR = CI / RI$ (其中 RI 为随机一致性指标, 按照 N 的取值来确定);

④ 如果 $CR < 0.1$, 则判断矩阵满足一致性的要求, 否则需要调整判断矩阵, 直到满足相关要求。

4. 计算指标权重

按照满足一致性要求的判断矩阵, 计算各个指标的权重, 归一化处理之后得到各个指标的权重向量。其中, 准则层的权重向量为 $W = [w_1, w_2, w_3, w_4, w_5]$ (w_1 - w_5 分别为保障效率、保障质量、保障成本、保障可靠性、保障适应性的权重), 指标层的权重向量为 $W_i = [w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{ik}]$ (其中 k 为第 i 个准则层对应的指标数量)。

这里需要注意的是, 因为武器装备售后保障的各个生命周期阶段的保障重点是不同的, 需要针对每一个阶段分别创造判断矩阵、确定指标权重, 保证权重的分类和阶段需求相互适配。如, 服役初期主要关注保障的效率和成本, 权重可以适当提升; 服役的中期主要关注保障的可靠性和成本, 权重可以适当调整; 服役后期主要关注保障适应性和成本, 权重需要相对应的优化。

(二) 模糊综合评价法进行效能评估

模糊综合评价法是一种基于模糊数学的综合评价方法, 可以处理评估中的模糊性和不确定性等问题, 较为适用于武器装备售后保障效能这类多指标、多维度的综合性评价, 其主要步骤为:

1. 确定评价等级

按照武器装备售后保障效能的情况, 把评价等级分为 5 个级别, 分别为: 优秀 (V1) 良好 (V2)、一般 (V3)、较差 (V4)、极差 (V5), 相对应的评价区间分别为 $[0.8, 1.0]$ 、 $[0.6, 0.8]$ 、 $[0.4, 0.6]$ 、 $[0.2, 0.4]$ 、 $[0, 0.2]$ 。

2. 构建模糊评价矩阵

按照标准化之后的指标数值, 结合评价的等级, 创建模糊评价矩阵 R 。其中, $R = [r_{ij}]_{m \times n}$ (其中, m 为指标数量, n 为评价等级数量), r_{ij} 表示第 i 个指标属于第 j 个评价等级的隶属度, 借助隶属函数计算得到。文章使用三角形隶属函数, 按照评价等级区间来确定隶属度, 保证隶属度的计算科学与合理。

3. 模糊综合运算

把指标的权重向量 W 和模糊评价矩阵 R 开展模糊综合运算, 得到的综合评价结果向量 $B = W \times R$ 。

4. 确定评价结果

按照综合评价结果向量 B , 使用最大隶属度的原则, 确定武器装备售后保障效能的评价等级。与此同时, 把综合评价的结果向量开展归一化的处理, 得到综合效能得分, 以此直观地反映出保障效能的水平。

(三) 全生命周期综合评估流程

结合层次分析法与模糊综合评价法, 全生命周期视角下武器装备售后保障效能评估的完整流程如下:

按照层次分析法和模糊综合评价法, 全生命周期视角之下的武器装备售后保障效能评估的完整流程为:

1. 明确评估的对象和范围。确定武器装备售后保障全生命周期的三个主要阶段;

2. 收集不同阶段的评估指标与数据。主要包含定量指标的原始数据和定性指标的评分数据, 以此保证数据的真实性与完整性;

3. 对于评估指标开展标准化处理, 以此消除量纲的影响, 并得到标准化之后的指标值;

4. 使用层次分析法, 对于各个阶段分别构造判断矩阵、开展一致性检验, 确定各个阶段的准则层和指标层的权重。

5. 使用模糊综合评价法。构建各个阶段的模糊评价矩阵, 开展模糊综合运算, 得到各个阶段的保障效能评价结果;

6. 整合各个阶段的评价结果, 对武器装备全生命售后保障综合效能开展整体评价, 识别各个阶段的保障薄弱环节;

7. 按照评价的结果提出针对性的保障对策和优化建议, 给装备售后保障的管理提供更多依据。

结束语:

文章从全生命周期的角度创建了武器装备售后保障效能评估的体系和方法, 弥补了传统评估视角单一、适配性不足的短板, 其指标体系和评估方法均符合 GLB 3872A-2022 标准的相关要求, 适配装备各个服役阶段对于保障的需求, 同时也给保障策略的动态优化和资源的科学配置提供更多依据。

[参考文献]

[1]徐恒威, 卢永刚, 卢正操, 等. 武器弹药毁伤效能仿真评估研究综述[J]. 火箭军工程大学学报, 2026, 40(01): 79-96.

[2]王端, 胡豪, 谢全威, 等. 基于模糊层次分析法的激光处置效能评估方法研究[J]. 科技创新与应用, 2026, 16(05): 16-19.