

电源车作战全过程总体战场生存能力评估

邓岳, 王盛春, 李龙, 张颖超

(解放军陆军工程大学通信士官学校, 重庆 400035)

摘要: **目的** 分析各防护措施对电源车全过程总体战场生存能力的影响, 探究提升电源车总体战场生存能力的途径方法。**方法** 基于德尔菲法和层次分析模型建立电源车战场生存能力的综合评估指标体系, 计算各指标权重。结合实例, 根据电源车作战各阶段的使用特点, 对某部现役和改进两型电源车作战全过程的总体战场生存能力进行定量评估与分析比较。**结果** 采取预警机动措施后, 现役电源车生存能力相对提升了179.4%, 改进型电源车相对提升了41%; 在采用新型可见光隐形涂料、电磁隐身外形和红外隐身技术后, 电源车的总体战场生存能力相对提升了76.4%。**结论** 通过对电源车伪装隐身、干扰诱偏和预警机动等性能指标的综合改进和使用, 使其全过程总体战场生存能力得到大幅提升, 达到了预期目标。电源车较明显的热辐射特征仍是制约其战场生存的主要因素, 是下一步亟需解决的重点方向。

关键词: 电源车; 作战运用; 总体战场生存能力

中图分类号: TM624

文献标识码: A

文章编号: 1672-9242(2021)02-0013-07

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2021.02.003

Estimation of Overall Battlefield Survivability for the Whole Battle Process of Power Vehicle

DENG Yue, WANG Sheng-chun, LI Long, ZHANG Ying-chao

(Communication NCO Academy, Army Engineering University of PLA, Chongqing 400035, China)

ABSTRACT: To analyze the influence of each protective measure on the overall battlefield survivability of power vehicles and improve the overall battlefield survivability of power vehicles, according to the Delphi and AHP (analytic hierarchy process), this paper firstly establishes a comprehensive estimation index system for battlefield survivability of power vehicles and calculates the value of each indicator. Combined with examples, it quantitatively evaluates and analyzes the overall battlefield survivability of power vehicles during the whole battle process. The survivability of the active service power vehicles increased by 179.4%, the survivability of the improved power vehicles increased by 41% after adopting the early warning and motorized measures; the overall battlefield survivability of the power vehicles increased by 76.4% after adopting the new visible light stealth coating material, electromagnetic stealth shape and infrared stealth technology. The overall battlefield survivability of the power supply vehicle has been greatly improved through the comprehensive improvement and use of the technical indexes, such as camouflage and stealth ability, interference and decoy ability, early warning and motility.

收稿日期: 2020-08-25; 修订日期: 2020-09-29

Received: 2020-08-25; Revised: 2020-09-29

作者简介: 邓岳(1992—), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为军事装备学。

Biography: DENG Yue (1992—), Male, Master, Research focus: science of military equipment.

通讯作者: 王盛春(1977—), 男, 博士, 副教授, 主要研究方向为装备伪装与隐身。

Corresponding author: WANG Sheng-chun (1977—), Male, Doctor, Associate professor, Research focus: equipment camouflage and stealth.

引文格式: 邓岳, 王盛春, 李龙, 等. 电源车作战全过程总体战场生存能力评估[J]. 装备环境工程, 2021, 18(2): 013-019.

DENG Yue, WANG Sheng-chun, LI Long, et al. Estimation of overall battlefield survivability for the whole battle process of power vehicle [J]. Equipment environmental engineering, 2021, 18(2): 013-019.

KEY WORDS: power vehicle; operational application; overall battlefield survivability

生存能力是装备在作战全过程中能得以生存并具备完成任务的能力,是装备效能评估领域的重点之一,对其进行研究的目的是尽可能增加装备在战场上的生存概率^[1]。电源车广泛应用于情报侦察、预警探测、电子对抗、通信指挥等关键领域,是重要的供电保障装备,其战场生存能力对其伴随保障的重要作战系统的作战效能具有重要影响。当前,高技术侦察和精确打击已成为最主要的作战样式,作为重要保障装备的电源车,由于暴露特征明显,已成为其伴随保障作战系统的重要暴露源之一。因此,对电源车等保障类装备的战场生存能力评估十分重要。

目前军内外对于战场生存能力的研究主要集中在主战武器装备和基于研发的装备,忽视了电源车等保障装备在整个作战过程中的战场生存能力研究,导致理论与战场应用效果存在较大偏差^[2-7]。文中基于

串行评估方法论,采用层次分析模型构建了电源车战场生存能力综合评估指标体系,重点讨论了各种防护措施对电源车在整个作战过程中总体生存能力的影响,为电源车及其保障系统的战场生存能力建设提供参考^[8-11]。

1 建立评估指标体系

在现代战场上,对电源车的生存能力产生影响的因素有很多,同时,其生存能力不仅与己方因素相关,还受到客观战场环境和敌方武器的制约。电源车生存能力的提升途径主要是减少被发现和命中的概率,同时增强自身的机动能力和所保障系统的预警能力。因此,电源车战场生存能力指标体系主要选取伪装隐身能力、干扰诱偏能力和预警机动能力这三个方面进行构建,如图1所示。

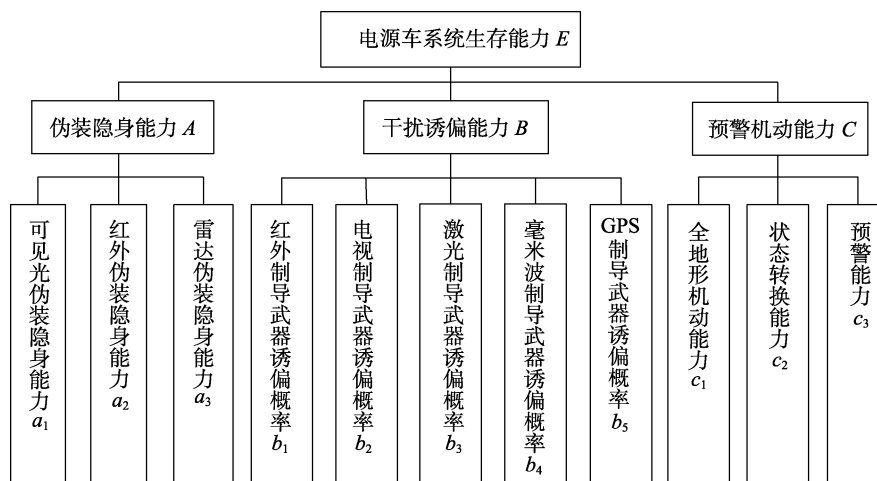


Fig.1 Estimation index system of power vehicle survivability

2 指标量化分析

效能度量是效能参数大小的尺度,通常用百分比、概率、时间、空间和数量等具体数值或物理量表示。文中所分析的电源车生存能力指的是电源车及其伴随保障系统与敌方进行一次对抗之后的生存概率,在无特殊说明的情况下,其相关效能指标参数均用概率表征。

2.1 伪装隐身能力 A

战场侦察技术和打击手段的快速发展已经严重威胁电源车的生存。因此,有必要加强电源车的伪装隐身能力,使其可见光、红外、雷达等暴露特征最小化,躲避敌方武器的侦察、识别和打击。

2.1.1 可见光伪装隐身能力 a_1

天基和空基可见光侦察是电源车所面临的重要侦察威胁,敌方光学探测设备的发现概率可通过可见光伪装隐身技术的应用实现大幅降低。可见光伪装隐身能力与目标和背景的亮度有关^[12],即:

$$a_1 = \begin{cases} 1 & r \leq 0.2 \\ 1 - \sqrt{\frac{r-0.2}{0.2}} & 0.2 < r < 0.4 \\ 0 & r \geq 0.4 \end{cases}$$

式中: $r = \frac{|r_o - r_b|}{r_o}$, r_o 、 r_b 分别为目标亮度和目标所在背景亮度。

2.1.2 红外伪装隐身能力 a_2

红外探测技术在军事领域应用广泛,使其成为现代战争中军事装备和设施面临的主要威胁之一^[13-14]。电源车在工作时,车辆发动机和车载电站都会产生大量的热辐射,极易被敌红外侦察设备捕捉。红外伪装隐身能力和装备与背景的温度差 Δt 有关,即:

$$a_2 = \begin{cases} 0 & \Delta t \geq 4 \\ 1 - \sqrt{\frac{\Delta t - 1}{3}} & 1 < \Delta t < 4 \\ 1 & \Delta t \leq 1 \end{cases}$$

2.1.3 雷达伪装隐身能力 a_3

雷达侦察装备在军事上有广泛的应用,其中比较典型的就合成孔径雷达,其分辨率很高,对电源车辆的生存威胁较大。目标的雷达伪装隐身能力 a_3 主要和其雷达散射截面 (Radar Cross Section, RCS) 有关^[15],一般取经验值如下: 0.910 (圆形)、0.865 (矩形)、0.840 (正方形)、0.695 (长条形)、0.672 (复杂形)。

综上所述,电源车伪装隐身能力可以表示为:

$$A = \sum_{i=1}^3 a_i \times \omega_{a_i}$$

式中: ω_{a_i} 为各三级指标的加权系数且有

$$\sum_{i=1}^3 \omega_{a_i} = 1。$$

2.2 干扰诱偏能力 B

干扰诱偏能力是指装备伪装隐身失效且被敌侦察识别后,在遭受敌精确打击的情况下,实施干扰诱偏手段,使敌打击失效的能力^[1]。干扰诱偏能力 B 可表示为:

$$B = \sum_{i=1}^5 c_i \cdot \omega_{b_i} b_i$$

式中: c_i 为系统的预警能力,是电源车及其所保障系统对敌实施干扰诱偏的先决条件; ω_{b_i} 为各能力的加权系数,且有 $\sum_{i=1}^5 \omega_{b_i} = 1$, b_i 取决于电源车及其伴随保障系统中各干扰诱偏装备的性能参数,可从装备厂家或随装备配发的技术手册中直接获取。

2.3 预警机动能力 C

当电源车被敌锁定打击,在实施干扰诱偏的同时,也可以快速实施状态转换和阵地转移^[1]。电源车的综合机动能力 $c_{2,3}$ 需要预警能力 c_1 作为支撑,二者成串联关系。

2.3.1 预警能力 c_1

电源车预警能力主要取决于伴随保障系统的预警时间,由于预警反应时间取值越小越好,属于经济

型指标,故用功效系数法将其表示为:

$$c_1 = \begin{cases} 1 & t \leq t_{\min} \\ \frac{t_{\min}}{t} & t_{\min} < t < t_{\max} \\ 0 & t \geq t_{\max} \end{cases}$$

式中: t 为作战过程中电源车的实际预警时间; t_{\max} 为电源车规避敌打击的正常预警时间, t_{\min} 为电源车规避敌打击所需的最短预警时间。

2.3.2 综合机动能力 $c_{2,3}$

电源车的综合机动能力主要包括两个方面:一是被敌侦察发现后,为了规避打击而迅速从工作状态转换到机动状态的能力,用转换时间表征;二是在机动过程中,电源车保持机动状态的能力,用功率、速度、坡度等物理量表征。建立电源车综合机动能力层次分析结构模型,如图 2 所示。

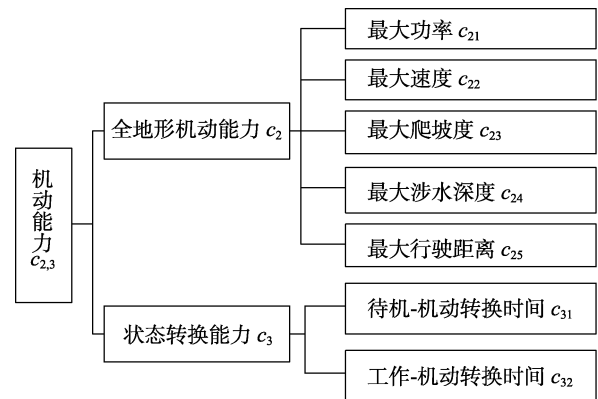


图 2 电源车综合机动能力层次分析模型
Fig.2 Hierarchical analysis model of comprehensive mobility capability power vehicle

在指标能力量化的过程中,常常出现数值相差较大和量纲不统一的情况,对后续指标聚合产生影响^[20]。由于综合机动能力指标之间属性不同,取值不同,量纲不统一,因此可采用模糊数学中有关隶属度和隶属函数的方法对机动能力指标进行归一化处理。综合机动能力各基本层指标的隶属函数可写为:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & x \leq x_{\min} \\ \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} & x_{\min} < x < x_{\max} \\ 1 & x \geq x_{\max} \end{cases}$$

式中: x_{\min} 为该指标的最小值; x_{\max} 为该指标的最大值。

电源车综合机动能力共有 7 项基本层指标,运用正负理想点法^[21]中欧氏距离的计算,实现对综合机动能力的量化:

$$c_{2,3} = \left(1 - \sqrt{\sum_{i=1}^7 \lambda_i \times [1 - \mu(x_i)]^2} \right)$$

式中: λ_i 为各基本层指标对综合机动能力 $c_{2,3}$ 的

组合权重系数，且有 $\sum_{i=1}^7 \lambda_i = 1$ 。

综上所述，由于电源车实施综合机动以躲避敌打击是以前预警能力为前提，二者成串联关系，因此可得电源车预警机动能力 $C = c_1 \cdot c_{2,3}$ 。

3 权重系数的确定

上述的量化计算过程都引入了加权系数，这些系数要根据实际情况确定。由于部分指标数据不易得到和进行量化对比，为了便于分析，可结合层次分析法和德尔菲法^[17-19]，根据1—9标度表（见表1），请相关领域专家对各指标重要度进行比较，根据反馈匿名函询机制，将专家结论经过若干轮的整理、归纳、统计、反馈和修改，最终得到意见一致的两两判断矩阵。根据判断矩阵，计算最大特征值 λ_{max} 对应的特征向量，并通过一致性比例 CR 进行一致性检验，其中

$CR = CI/RI$ ，一致性指标 $CI = (\lambda_{max} - n)/(n - 1)$ ， RI 为平均随机一致性指标，取值见表2。当 $CR < 0.1$ 时，可以认为判断矩阵具有满意的一致性，则归一化的特征向量即为各因素的权重值，否则应该对判断矩阵的元素进行调整直到其具有满意的一致性为止^[11]。

表1 1—9标度表
Tab.1 1—9 Scale tables

标度 (ω_{ij})	定义
1	i 因素比 j 因素同等重要
3	i 因素比 j 因素略重要
5	i 因素比 j 因素较重要
7	i 因素比 j 因素非常重要
9	i 因素比 j 因素绝对重要
2、4、6、8	为以上两状态中间状态对应标度值
倒数	若 j 比 i 比较，则取倒数

表2 各阶矩阵的平均随机一致性指标
Tab.2 Average random consistency index of each order matrix

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

4 电源车作战过程任务分析

装备执行作战任务时常呈现出多阶段特性^[20]，根据电源车在整个作战过程中所承担保障任务的不同，可以将其作战过程划分为三个阶段：先期开设阶段、供电保障阶段、转换机动阶段。

1) 先期开设阶段。作为伴随供电保障装备，电源车应先于保障对象进行开设，此时其生存能力主要与伪装隐身能力有关。于是，电源车在先期开设阶段的生存能力 E_1 可表示为： $E_1 = A$ 。

2) 供电保障阶段。电源车开设完成后，启动电站为保障对象提供电能，保障完成各项作战任务。此时电源车的生存能力 E_2 不仅与自身伪装隐身能力有关，还与所保障对象的预警和干扰诱偏能力有关，可表示为： $E_2 = 1 - (1 - A)(1 - B)$ 。

3) 转换机动阶段。这一阶段由于暴露时间长，可认为始终处于敌方的侦察监视之下，虽进行了伪装隐身，但仍是遭受打击的重点阶段。此时电源车的生存能力 E_3 主要取决于自身伪装隐身能力和预警机动

能力，可以表示为： $E_3 = 1 - (1 - A)(1 - C)$ 。

上述电源车作战各阶段生存能力模型之间互相关且成串联关系，因此可得电源车作战全过程总体战场生存能力 $E = E_1 \cdot E_2 \cdot E_3$ 。

5 算例分析

某部队对现役电源车的伪装隐身能力进行改进，采用了新型隐身涂料，对外形进行隐身处理，并采取了发动机、电站的红外隐身措施。现对电源车改进前后的生存能力进行评估，其各单项指标的量化取值见表3。

需要说明的是，伪装隐身能力指标 a_2 和 a_3 在不同阶段取值不同。由于系统处于先期开设阶段时发动机和电站未启动，无红外辐射，故 a_2 分别取1（先期开设阶段）和0/0.42（供电保障阶段和转换机动阶段）。由于改进型系统对车辆外形进行隐身化处理，故 a_3 分别取0.695（转换机动阶段）和0.910（先期开设阶段和供电保障阶段）。

表3 某部队电源车单项指标量化值
Tab.3 Quantitative value of single index of the power vehicle

指标	a_1	a_2	a_3	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	c_1	$c_{2,3}$
改进前	0.3	1/0	0.695	0.80	0.7	0.88	0.6	0.92	0.85	0.44
改进后	0.5	1/0.42	0.910/0.695	0.80	0.7	0.88	0.6	0.92	0.85	0.44

5.1 构建各指标判断矩阵

通过邀请部队专家和一线部队装备使用人员对各项指标的重要程度进行判断打分，得到各指标的判断矩阵，并用 Matlab 求出矩阵的最大特征值及其特征向量并归一化，再进行一致性检验。其中伪装隐身能力和干扰诱偏能力各指标判断矩阵及其计算结果分别见表 4、表 5。

5.2 计算指标权重

根据判断矩阵，计算得出伪装隐身能力和干扰诱偏能力各指标的权向量：

表 4 伪装隐蔽能力各指标判断矩阵
Tab.4 The judgment matrix of each index of camouflage ability

A	a ₁	a ₂	a ₃
a ₁	1	1/2	3
a ₂	2	1	5
a ₃	1/3	1/5	1

$\lambda_{maxA}=3.0037, CI=0.0074, RI=0.58, CR= CI/ RI=0.012<0.1$

表 5 干扰诱偏能力各指标判断矩阵
Tab.5 The judgment matrix of each index of interference ability

B	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅
b ₁	1	5	2	5	3
b ₂	1/5	1	1/3	1	1/2
b ₃	1/2	3	1	3	2
b ₄	1/5	1	1/3	1	1/2
b ₅	1/3	2	1/2	2	1

$\lambda_{maxB}=5.0153, CI=0.004, RI=1.12, CR= CI/ RI=0.003<0.1$

$$A^A = (0.3, 0.58, 0.12)$$

$$A^B = (0.44, 0.08, 0.25, 0.08, 0.15)$$

5.3 评估电源车生存能力 E

根据上述各能力指标的权重及其量化值，计算电源车在不同防护措施方案下的生存能力，并对改进前后电源车的生存能力进行比较。当电源车采取某项防护措施时，其对应的能力指标参数为有效，否则记为 0。各防护措施与电源车生存能力的关系见表 6，计算结果的 Origin 仿真曲线如图 3 所示。

表 6 防护措施与电源车各阶段生存能力的关系
Tab.6 Relationship between protective measures and survivability of power vehicle at all stages

防护措施方案	先期开设阶段 生存能力		供电保障阶段 生存能力		转换机动阶段 生存能力		作战全过程 生存能力	
	E ₁	E' ₁	E ₂	E' ₂	E ₃	E' ₃	E	E'
a ₁ —a ₃	0.753	0.839	0.173	0.503	0.173	0.477	0.023	0.201
a ₁ —a ₃ , b ₁	0.753	0.839	0.421	0.652	0.173	0.477	0.055	0.261
a ₁ —a ₃ , b ₁ —b ₂	0.753	0.839	0.460	0.675	0.173	0.477	0.060	0.270
a ₁ —a ₃ , b ₁ —b ₃	0.753	0.839	0.615	0.768	0.173	0.477	0.080	0.307
a ₁ —a ₃ , b ₁ —b ₄	0.753	0.839	0.648	0.788	0.173	0.477	0.084	0.315
a ₁ —a ₃ , b ₁ —b ₅	0.753	0.839	0.745	0.847	0.173	0.477	0.097	0.339
a ₁ —a ₃ , b ₁ —b ₅ , c ₁ , c _{2,3}	0.753	0.839	0.745	0.847	0.483	0.673	0.271	0.478

注：E 和 E' 分别表示改进前后电源车的生存能力

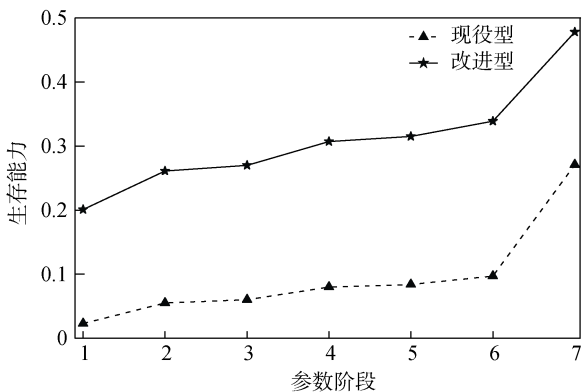


图 3 不同防护措施方案下现役型和改进型电源车作战全过程生存能力对比
Fig.3 Comparison of survivability of the active and improved power vehicles under different protective measures

从表 6 和图 3 可以看出，随着干扰诱偏和预警机动等防护措施的实施应用，电源车的总体战场生存能力不断提高，特别是采取预警机动措施后，现役型电源车作战全过程生存能力相对提高了 179.4%，改进型电源车相对提升了 41%。通过对电源车的伪装隐身能力进行改进，改进型电源车的作战全过程生存能力提升了 76.4%，说明提升装备伪装隐身能力对提高其战场生存能力有着十分重要的作用；但是使用的防护手段较多，导致成本大幅提高且操作使用复杂，只适合对特别重要目标伴随保障时的防护。

通过上述分析，改进型电源车生存能力仍然偏低，这是由于电源车红外伪装隐身的难度较大，特别在供电保障和转换机动过程中发动机和发电机产生大量的热辐射，很容易被敌方发现识别并摧毁。下一

步可通过采用低红外辐射特征的全水冷电站或对车辆表面喷涂新型多波段兼容迷彩涂料等手段,有效提升电源车的红外伪装隐身能力,进一步提升电源车及其伴随保障系统的战场生存能力。

6 结语

文中在考虑电源车全作战过程各阶段的使用特点的基础上,对实施改进前后的电源车总体战场生存能力进行了定量评估,分析总结了影响电源车战场生存能力的主要影响因素和有待后续改进的技术性能指标,为电源车及其保障系统的战场生存能力建设提供依据,也能为其他勤务保障装备的生存能力评估提供参考。

参考文献:

- [1] 汪民乐, 彭司萍, 杨先德, 等. 导弹武器系统生存能力分析[M]. 北京: 国防工业出版社, 2015.
WANG Min-le, PENG Si-ping, YANG Xian-de, et al. Analysis of the survivability of missile weapons systems[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2015.
- [2] 袁东海, 夏敏学, 郭宜忠. 基于 AHP 的雷达抗硬杀伤能力评估研究[J]. 空军雷达学院学报, 2007(4): 244-247.
YUAN Dong-hai, XIA Min-xue, GUO Yi-zhong. Estimation of radar anti hard-killing capability based on AHP[J]. Journal of Air Force Radar Institute, 2007(4): 244-247.
- [3] 黄桂生, 苏五星. 基于层次分析法的地面雷达战场生存能力评估[J]. 现代电子技术, 2008(7): 47-49.
HUANG Gui-sheng, SU Wu-xing. Evaluation for the survivability of ground radar in battlefield based on analytic hierarchy process[J]. Modern electronic technology, 2008(7): 47-49.
- [4] 靳顺尧, 陈东林. 贝叶斯网络理论在航空装备战场生存能力评估中的应用[J]. 航空维修与工程, 2010(3): 68-70.
JIN Shun-yao, CHEN Dong-lin. Application of the Bayesian network theory in battlefield survivability for air weapon equipment[J]. Aviation maintenance and engineering, 2010(3): 68-70.
- [5] 周锐, 林琪. 机动导弹系统战场生存能力评估[J]. 装备指挥技术学院学报, 2010, 15(2): 88-92.
ZHOU Rui, LIN Qi. Evaluation of battle survivability for mobile missile system[J]. Journal of the Academy of Equipment Command & Technology, 2010, 15(2): 88-92.
- [6] 郑翔玉, 陈晓磊, 黄雁群, 等. 两栖装甲车辆战场生存能力评估模型研究[J]. 舰船电子工程, 2015, 35(10): 84-132.
ZHENG Xiang-yu, CHEN Xiao-lei, HUANG Yan-qun, et al. Survivability evaluation models of amphibious armored vehicle[J]. Ship electronic engineering, 2015, 35(10): 84-132.
- [7] 戴小云. 常规导弹旅在敌精确打击下的生存仿真评估[D]. 西安: 第二炮兵工程学院, 2007.
DAI Xiao-yun. Simulation evaluation of the survivability of conventional missile brigade under enemy strike[D]. Xi'an: Second Artillery Engineering College, 2007.
- [8] 黄炎焱. 面向军民领域的系统仿真及效能评估技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2014.
HUANG Yan-yan. System simulation and effectiveness evaluation technology for civil and military field[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2014.
- [9] 郭齐胜, 鄧志刚, 杨瑞平, 等. 装备效能评估概论[M]. 北京: 国防工业出版社, 2005.
GUO Qi-sheng, ZHI Zhi-gang, YANG Rui-ping, et al. Introduction of equipment efficiency assessment[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2005.
- [10] 郭齐胜, 张磊. 武器装备系统效能评估方法研究综述[J]. 计算机仿真, 2013, 30(8): 1-4.
GUO Qi-sheng, ZHANG lei. Research summary of weapons equipment systems effectiveness evaluation methods[J]. Computer Simulation, 2013, 30(8): 1-4.
- [11] 柯宏发, 陈永光, 赵继广, 等. 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.
KE Hong-fa, CHEN Yong-guang, ZHAO Ji-guang, et al. Effectiveness evaluation theory and application of electronic equipment system of systems[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2018.
- [12] 杨英萍. 飞机可见光隐身技术的研究与进展[J]. 通讯世界, 2019, 26(10): 311-312.
YANG Ying-ping. Research and progress of visible light stealth technology in aircraft[J]. Telecom world, 2019, 26(10): 311-312.
- [13] 高原, 刘剑, 张俊举, 等. 武器装备红外隐身效果评估方法研究[J]. 制导与对抗, 2017, 39(11): 1060-1065.
GAO Yuan, LIU Jian, ZHANG Jun-ju, et al. Research on weapon equipment based on method for infrared stealth effect evaluation[J]. Infrared technology, 2017, 39(11): 1060-1065.
- [14] 张海, 王波, 桂泰江, 等. 红外隐身涂料的研究与进展[J]. 现代涂料与涂装, 2019, 22(12): 26-30.
ZHANG Hai, WANG Bo, GUI Tai-Jiang, et al. Research and progress of infrared stealth coatings[J]. Modern paint and finishing, 2019, 22(12): 26-30.
- [15] 畅黎鹏. 通信车的隐身设计[J]. 现代导航, 2019, 10(6): 458-462.
CHANG Li-peng. Stealth design of communication vehicle[J]. Modern navigation, 2019, 10(6): 458-462.
- [16] 程贲, 谭跃进, 黄魏, 等. 基于能力需求视角的武器装备体系评估[J]. 系统工程与电子技术, 2011, 33(2): 320-323.
CHENG Ben, TAN Yue-jin, HUANG Wei, et al. Weapon system-of-systems evaluation based on capability requirement perspective[J]. Systems Engineering And Electronics, 2011, 33(2): 320-323.
- [17] 张杰, 唐宏, 苏凯. 效能评估方法研究[M]. 北京: 国防

- 工业出版社, 2014.
- ZHANG Jie, TANG Hong, SU Kai. Study on the method of effectiveness evaluation[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2014.
- [18] 常旺, 缪世胜, 丁天元, 等. 基于德尔菲法的航母及舰载机应急医学救援情景清单构建研究[J]. 中华灾害救援医学, 2019, 7(10): 541-546.
- CHANG Wang, MIAO Shi-sheng, DING Tian-yuan, et al. Study on the identification of emergency medical rescue scenarios with aircraft carriers and carrier aircrafts based on Delphi[J]. Chinese journal of disaster medicine, 2019, 7(10): 541-546.
- [19] 许庆, 侯兴明. 基于 DAF 综合评价法的航天装备维修保障效能评估[J]. 兵工自动化, 2019, 38(1): 48-51.
- XU Qing, HOU Xing-ming. Effectiveness evaluation of aerospace equipment maintenance support based on DAF integrated evaluation method[J]. Ordnance industry automation, 2019, 38(1): 48-51.
- [20] 许双伟, 朱安石, 刘兵. 装备多阶段作战任务成功性仿真评估[J]. 指挥控制与仿真, 2011, 33(2): 320-323.
- XU Shuang-wei, ZHU An-shi, LIU Bing. Mission success evaluation of equipment multi-phase combat mission using simulation method[J]. Command control & simulation, 2011, 33(2): 320-323.
- [21] 管怀建, 唐亮, 邓志江. 基于正负理想点法的火炮武器系统作战效能评估[J]. 兵工自动化, 2010, 29(3): 44-46.
- GUAN Huai-jian, TANG Liang, DENG Zhi-jiang. Operational effectiveness evaluating of gun weapon System based on positive and negative ideal point[J]. Ordnance industry automation, 2010, 29(3): 44-46.