

doi: 10.7690/bgzd.2015.10.003

集群目标战场价值综合评估

孔德鹏¹, 徐克虎¹, 张志勇², 陈金玉¹

(1. 装甲兵工程学院控制工程系, 北京 100072; 2. 装甲兵工程学院科研部, 北京 100072)

摘要: 针对目前装甲机械化部队作战过程中缺乏对装甲集群目标整体价值评估的问题, 提出一种通过敌武器平台的数量、作战效能、综合价值系数以及武器平台的位置分布等因素对集群目标价值进行综合评估并排序的方法。介绍集群目标价值指标的构成, 给出确定部署兵力类型和数量的原则, 并通过仿真验证。评估结果表明: 该方法合理有效, 能较好地反映集群目标对我方的威胁程度, 为我方的兵力分配等决策过程提供参考依据。

关键词: 集群目标; 战场价值; 评估

中图分类号: TJ811 **文献标志码:** A

Comprehensive Assessment of Group Target Battlefield Value

Kong Depeng¹, Xu Kehu¹, Zhang Zhiyong², Chen Jinyu¹

(1. Department of Control Engineering, Academy of Armored Force Engineering, Beijing 100072, China;

2. Department of Scientific & Research, Academy of Armored Force Engineering, Beijing 100072, China)

Abstract: Aimed at the problem that whole value assessment of armor group target is lacked in the process of operation of armored mechanized troops, put forwards a group target value comprehensive assessment and ranking method by the number of enemy weapon platform, operational effectiveness of weapon platform, integrated value coefficient, the position distribution factors and so on. Introduce the structure of group target value indicators, propose the principle of determine the type and number of troops, and verified through the simulation. The results show that, the method is reasonable and effective, can better reflect group target threat degree to our part, and provide reference for our part forces allocation decision process.

Keywords: group target; battlefield value; assessment

0 引言

对集群目标中的个体目标威胁进行评估与排序是实现“武器-目标”分配的基础; 对多个目标集群中的群体目标整体价值度进行评估与排序, 是实现分队级以上规模兵力部署的基础。目前装甲机械化部队的作战过程中, 通常只对分队级的单目标威胁进行评估^[1-2], 缺乏对于装甲集群目标的整体价值评估, 造成上级对装甲机械化部队的兵力部署完全依靠指挥员的主观判断进行, 没有量化数据的支撑。与单武器平台的直接进行威胁评估不同, 集群目标具有群体特性, 存在协调分配和群体打击问题, 应采用集群目标的战场价值评估。获取战场集群目标的整体作战价值排序, 可为优化兵力分配部署提供科学的依据。

1 集群目标战场价值评估指标

装甲机械化部队作战是集群式作战, 整体的作战价值不仅与单个武器平台有关, 而且与武器平台之间的指挥控制、协同、配合和辅助保障等密切相关^[3]。文中的集群目标战场综合价值是指打击价

值, 即我方可在多大程度上消灭敌作战力量, 它与敌集群中武器目标的数量、类型、作战效能以及我方对其打击概率有关。评估指标需要符合完整性、独立性、层次性和可处理性的原则进行选取; 因此, 集群目标战场价值的综合估计从单武器平台效能评估、综合价值系数估计和我方的打击程度估计 3 个方面进行。主要考虑以下影响因素: 1) 集群目标中包含的武器类型, 武器数量, 武器的作战效能; 2) 对其他武器的影响程度与数量; 3) 集群目标的战场分布, 我方对其打击概率与效果等^[4]。评估指标体系如图 1 所示。

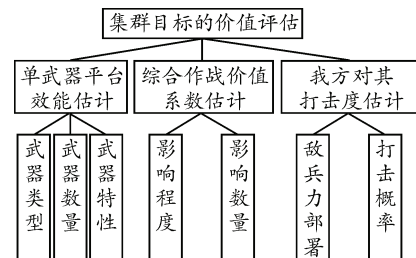


图 1 集群目标价值指标构成

2 集群目标战场价值

一般敌方的武器平台作战能力越强、数量越多,

收稿日期: 2015-05-11; 修回日期: 2015-06-23

基金项目: 军队科研计划项目(2013ZB15)

作者简介: 孔德鹏(1990—), 男, 安徽人, 硕士, 从事合成分队指控系统决策优化技术研究。

价值越大；我方对其毁伤概率越大，价值越大。对于我方无法打击的目标，其对我方来说也就没有作战价值。对于以装甲机械化部队为主体力量的作战，敌方的第 i 个集群目标中第 k 种类型的目标，其战场价值为

$$V_{ik} = M_{ik} C_{ik} \left[1 - (1 - P_{ik})^{m_{ik}} \right], \quad (1)$$

第 i 个集群目标的战场综合价值为

$$V_i = \sum_{k=1}^{N_i} \eta_{ik} M_{ik} C_{ik} \left[1 - (1 - P_{ik})^{m_{ik}} \right]. \quad (2)$$

其中： η_{ik} 为第 i 个集群目标中第 k 种类型目标综合价值系数； M_{ik} 为第 i 个集群目标中第 k 种类型目标数量； N_i 为第 i 个集群目标类型数量； C_{ik} 为第 i 个集群目标中第 k 种类型目标的作战效能； P_{ik} 为我方对第 i 个集群目标中第 k 种类型目标的毁伤概率； m_{ik} 为第 i 个集群目标中第 k 种类型目标受到的平均攻击量。

2.1 目标综合价值系数 η_{ik} 的确定

集群目标的战场价值是以其打击价值来衡量的，有些装甲装备，如指挥车、通信车，虽然作战直接打击效能较低；但却为其他装备打击效能的发挥起至关重要的作用。为了方便对集群目标的价值进行比较，需要通过综合价值系数 η_{ik} 对其战场价值进行调整，它表示第 i 个集群目标中第 k 种类型的目标在作战中对其他装备发挥作用的影响大小。

$$\eta_{ik} = \sum_{j=1}^{F_{ik}} w_j^{ik} \frac{V_j^{ik}}{V_{ik}}. \quad (3)$$

其中： w_j^{ik} 为第 i 个集群目标中第 k 种类型目标所影响的装备对其依赖程度大小； F_{ik} 为第 i 个集群目标中第 k 种类型目标影响的数量； V_{ik} 为该类型目标的战场价值； V_j^{ik} 为该类型目标所影响的第 j 个装备的战场价值。依赖于该类型目标的装备战场价值越大，数量越多，依赖程度越高，其综合价值系数越大。在实际运用中，既可以根据装备的属性、任务、地位以及其发挥的作用由专家给出^[5]，又可以通过训练和演习中的实际数据获得。不同的依赖程度对应的区间值如表 1 所示。

表 1 不同依赖程度对应的区间值

依赖程度	w_j	依赖程度	w_j
很大	[1,0.8]	较小	[0.4,0.2]
较大	[0.8,0.6]	很小	[0.2,0]
一般	[0.6,0.4]		

2.2 目标作战效能 C_{ik} 的确定

科学评估装甲装备的战场实际作战效能是评估装备战场价值的基础。在效能评估的计算过程中，确定指标权重具有举足轻重的地位^[6]。在计算指标权重的方法中，可以根据指标的来源不同，将指标权重分为主观赋权法和客观赋权方法。单独的主观或者客观赋权方法都存在一定的局限性，组合赋权效能评估方法，既能兼顾评估专家对指标的偏好，又能减少赋权的主观随意性，使结果同时体现主观信息和客观信息^[7]。

2.2.1 组合权重的求取方法

对于集群目标中不同的装备，设方案集为 $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ ，指标集 $F = \{f_1, f_2, \dots, f_m\}$ ，权重向量 $W = \{w_1, w_2, \dots, w_m\}^T$ ，方案 S_i 关于 f_j 的评价为 x_{ij} ， $i \in N, j \in M$ 。其中 $N = \{1, 2, \dots, n\}$ ， $M = \{1, 2, \dots, m\}$ 。对指标进行规范化处理后变为 $Z = (z_{ij})_{n \times m}$ 。

设决策者共有 q 种主观和客观赋权方法，其中主观方法 p 种。不同方法确定的权重指标 $u_k = (u_{k1}, u_{k2}, \dots, u_{km})$ ， $k = 1, 2, \dots, q$ ，式中 $\sum_{j=1}^m u_{kj} = 1, u_{kj} \geq 0 (j \in M)$ 。设集成后的指标权重表示为 $w = (w_1, w_2, \dots, w_m)^T$ ，各方案综合评价为 $y_i = \sum_{j=1}^m w_j z_{ij}, i \in N$ ，利用最小二乘原理求组合赋权的权值：

$$d_i^k = \sum_{j=1}^m \left[(w_j - u_{kj}) z_{ij} \right]^2, i = 1, 2, \dots, q.$$

构造目标函数

$$\min \mu \sum_{k=1}^p \alpha_k \left(\sum_{i=1}^n d_i^k \right) + (1 - \mu) \sum_{k=p+1}^q \alpha_k \left(\sum_{i=1}^n d_i^k \right), \quad (4)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{i=1}^m w_i = 1, w_i \geq 0, i \in M.$$

式中： μ 为偏好因子 $\mu \in [0, 1]$ ； $\alpha_k (k = 1, 2, \dots, p)$ ， $\alpha_k (k = p + 1, p + 2, \dots, q)$ 分别表示主观赋权方法和客观赋权方法的权系数，由专家根据各种方法的重要程度确定。

求解目标函数可得组合权重：

$$w_i = \left(\mu \sum_{k=1}^p \alpha_k u_{ki} + (1 - \mu) \sum_{k=p+1}^q \alpha_k u_{ki} \right), i = 1, 2, \dots, m. \quad (5)$$

2.2.2 单装备作战效能的计算

由式 (5) 可知单个装备的作战效能为

$$C_{ik} = \sum_{j=1}^m w_j z_{ik}(j), i \in N. \quad (6)$$

式中 $z_{ik}(j)$ 表示第 i 个集群目标的第 k 种类型装备的第 j 项指标的规范化效能值。

2.3 目标被毁伤概率 P_{ik} 的确定

确定集群目标被毁伤概率是对集群目标战场价值评估的重要方面。集群目标的打击概率与单个打击不同，在集群目标价值评估时无法确定具体的目标分配；因此，可以通过我方适合进行打击的武器平均毁伤概率来估计。

装甲机械化部队的作战都会依据一定的战术规则进行作战兵力划分，如主攻方向、助攻方向，一梯队、二梯队、支援分队、穿插分队、保障分队等^[8]。这里定义集群目标的集群特征距离：第 i 个集群中所有目标到中心的平均距离。通过特征距离来描述集群的队形对打击概率的影响。

对于第 i 个集群目标，特征距离为

$$d_i = \frac{\sum_{j=1}^{N_i} \sqrt{(x_j - \bar{x}_i)^2 + (y_j - \bar{y}_i)^2}}{N_i}.$$

其中 $\bar{x}_i = \frac{\sum_{j=1}^{N_i} x_j}{N_i}$, $\bar{y}_i = \frac{\sum_{j=1}^{N_i} y_j}{N_i}$ 。

第 i 个集群目标中第 k 种类型目标被毁伤概率可以表示为：

$$P_{ik} = \lambda_{ik}^{LF} \lambda_{ik}^{WE} \frac{D_{ik} - 2d_{ik}}{D_{ik}} P_{ik}^{basic}. \quad (7)$$

式中： λ_{ik}^{LF} 为地形系数； λ_{ik}^{WE} 为气象系数； P_{ik}^{basic} 为基本毁伤概率； $\frac{D_{ik} - 2d_{ik}}{D_{ik}}$ 体现集群特征距离 d_{ik} 的作用，即作战时需要成疏开战斗队形，有利于减少被打击概率。一般集群目标的特征距离 d_{ik} 都远小于探测距离 D_{ik} 。地形系数 λ_{ik}^{LF} 的确定可以参考文献^[9]。

表 2 给出了气象系数与战场能见度的关系^[10]。

表 2 气象系数

战场能见度	气象系数 λ^{WE}	战场能见度	气象系数 λ^{WE}
非常好	1.0	较差	0.6
较好	0.9	恶劣	0.4
一般	0.8		

需要说明的是：基本毁伤概率 P_{ik}^{basic} 表示我方适合打击的武器平台在有效射击范围内对其平均毁伤

概率，这个概率由我方参战武器特性决定。不同的武器平台有效射击距离不同，为了使价值评估可以为兵力优化部署提供依据，可认为此时我方适合进行打击的武器都位于有效射击距离内。这样获得战场价值就体现了作战中的综合打击价值，因而可根据价值最大原则来确定部署兵力的类型和数量。

3 算例分析

3.1 作战背景

在较为平坦的丘陵地区，敌方对我开展陆上装甲机械化部队进攻作战。通过战场多源传感器的探测，获得了战场态势信息。发现敌方进攻部队的 5 个集群，并获得了这些集群目标的相关信息。

1) 敌方兵力部署。

敌方的集群目标兵力部署如图 2。

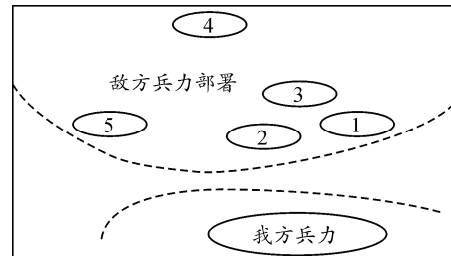


图 2 敌方的集群目标部署

2) 敌方集群目标的装备数量。

敌方集群目标的武器类型与数量如表 3。

表 3 集群目标的武器类型与数量

集群目标	I型坦克	II型坦克	I型指挥车	I型步战车	II型步战车	装甲输送车	装甲抢修车
1	3	2	0	1	1	0	0
2	2	3	1	2	0	0	0
3	2	2	1	0	1	0	0
4	0	0	0	1	1	3	3
5	2	3	1	1	2	0	0

3) 敌方兵力部署的位置坐标与特征半径。

敌方集群目标的地理位置信息如表 4。

表 4 集群目标的地理位置信息 km

集群目标	集群中心横坐标 X	集群中心纵坐标 Y	特征半径 d_i
1	3.5	1.0	0.25
2	2.5	1.1	0.20
3	3.0	2.5	0.10
4	2.0	5.5	0.10
5	1.0	1.5	0.25

3.2 价值计算

1) 计算不同装备的作战效能。

通过组合赋权法，求取各武器的作战效能。不同类型武器的单项作战效能如表 5，主客观赋权法得出的权重如表 6。

表 5 不同类型武器的单项作战效能

武器	火力打击能力	机动能力	抗毁伤能力	通信能力	环境适应能力	保障能力
I 型坦克	0.9	0.80	0.9	0.7	0.9	0.2
II 型坦克	0.8	0.90	0.8	0.7	0.8	0.2
I 型指挥车	0.3	0.90	0.7	1.0	0.7	0.2
I 型步战车	0.7	0.80	0.7	0.6	0.8	0.3
II 型步战车	0.6	0.80	0.6	0.6	0.8	0.3
装甲运输车	0.3	0.75	0.5	0.7	0.6	1.0
装甲抢修车	0.1	0.60	0.5	0.5	0.5	0.9

表 6 主客观赋权法得出的权重

主客观赋权法	火力打击能力	机动能力	抗毁伤能力	通信能力	环境适应能力	保障能力
环比系数法	0.30	0.10	0.10	0.20	0.10	0.20
层次分析法	0.25	0.15	0.15	0.20	0.10	0.15
信息熵法	0.30	0.15	0.10	0.15	0.10	0.20
离差最大化法	0.20	0.10	0.15	0.20	0.15	0.20

偏重于客观方法，可取 $\mu=0.4$ ，4 种评估方法的偏好程度 $a=[0.5 \ 0.5 \ 0.4 \ 0.6]$ ，那么得出权重向量 $w=[0.266 \ 0 \ 0.128 \ 0 \ 0.122 \ 0 \ 0.182 \ 0 \ 0.112 \ 0 \ 0.190 \ 0]$ ；作战效能指标 $C=[0.717 \ 8 \ 0.680 \ 6 \ 0.578 \ 8 \ 0.629 \ 8 \ 0.591 \ 0 \ 0.621 \ 4 \ 0.482 \ 4]$ 。

2) 计算毁伤概率。

我方武器对不同类型武器毁伤概率如表 7。

表 7 我方武器对不同类型武器毁伤概率

敌方武器	最大发现距离/km	基本毁伤概率 P_{ik}^{basic}
I 型坦克	5	0.50
II 型坦克	5	0.45
I 型指挥车	7	0.4
I 型步战车	5	0.45
II 型步战车	5	0.35
装甲运输车	4	0.3
装甲抢修车	3	0.3

地形条件和气象条件良好，地形系数和气象系数都取 1。根据式 (7) 可得我方的打击概率 P_{ik} 。

3) 计算不同类型目标综合价值系数 η_{ik} 。

不同类型武器的综合价值系数如表 8。

表 8 不同类型武器的综合价值系数

集群目标	η	集群目标	η
I 型坦克	1.58	II 型步战车	1.00
II 型坦克	1.00	装甲运输车	1.35
I 型指挥车	3.62	装甲抢修车	2.15
I 型步战车	1.42		

4) 计算集群目标战场综合价值。

假设每个集群目标遭受的攻击量相等，平均遭到攻击量 m_i 为 0.5, 0.8, 1 时的各目标群的战场价值如表 9。

表 9 集群目标在不同打击量情况下的战场价值

集群目标	平均攻击量为 0.5	平均攻击量为 0.8	平均攻击量 1
1	1.496 7	2.214 4	2.630 7
2	1.929 2	2.859 1	3.400 2
3	1.549 3	2.286 3	2.711 9
4	1.208 8	1.829 8	2.205 8
5	1.880 1	2.798 0	3.336 5

由此可得集群目标的价值排序为 $2 > 5 > 3 > 1 > 4$ 。

4 结论

从评估结果可以看出：在相同的平均打击量之下，集群目标 2 的战场价值最大，集群目标 4 的战场价值最小。由态势信息可知，集群目标 2 是敌方的主攻方向力量，装备数量和质量明显占优，对我方威胁最大。集群目标 5 是助攻方向力量，其作用是配合主攻力量对我方进行突击作战，集群目标 5 对我方的作战打击价值仅次于集群目标 2。集群目标 4 为敌后方保障部队，位于战场后方，距离打击地域较远，其本身的攻击能力也较弱；所以其战场价值最小，对我方威胁程度最低。当平均打击量增加时，集群目标的战场价值相应增加，这与集中优势兵力的原则相符。综上所述：集群目标的价值评估与实际的作战规则相符，较好地反映了集群目标对我方的威胁程度，为我方的兵力分配等决策过程提供了参考依据。

文中的评估方法考虑了敌方的集群规模、武器装备情况、部署位置、实际环境影响和作战效能等因素，比较全面地反映了一个集群目标的战场价值；但是，作战是一个动态过程，没有考虑集群目标实际的运动属性对战场价值的影响，这也是模型需要改进的方向。

参考文献：

- [1] 杨懿, 武昌, 刘涵, 等. 基于集对分析的目标威胁评估与排序研究[J]. 现代防御技术, 2007, 35(3): 1-5.
- [2] 张堃, 周德云. 熵权与群组 AHP 相结合的 TOPSIS 法多目标威胁评估[J]. 系统仿真学报, 2008, 20(7): 1661-1664.
- [3] 宋跃进. 指挥与控制战[M]. 北京: 国防工业出版社, 2012: 16-24.
- [4] 王正元, 刘靖旭, 谭跃进, 等. 基于作战仿真的装甲车辆作战效能评估方法[J]. 国防科技大学学报, 2004, 26(2): 106-109.
- [5] 黄大荣, 郭安学, 李云生, 等. 基于专家知识属性重要度的集群目标威胁评估方法[J]. 兵工学报, 2009, 30(10): 1358-1361.
- [6] 张雷, 张兵, 李广强, 等. 装备效能评估中一种组合赋权方法研究[J]. 空军雷达学院学报, 2011, 25(4): 280-282.
- [7] 陈华友. 多属性决策中的一种最优组合赋权方法研究[J]. 运筹与管理, 2003, 12(2): 6-10.
- [8] 杨宝有, 潘凯. 装甲兵战术学[M]. 北京: 解放军出版社, 2011: 171-176.
- [9] 王忠义, 王钰. 坦克分队火力运用与指挥[M]. 北京: 海潮出版社, 2004: 6-30.
- [10] 黄大山, 徐克虎, 王天召. 坦克分队动态火力优化配置模型[J]. 火力与指挥控制, 2013, 38(11): 95-98.