

doi: 10.7690/bgzd.2014.08.012

基于 SEA 的装甲兵岛上进攻作战效能评估

孙文纪^{1,2}, 屈洋², 陈艳彪^{1,2}

(1. 国防大学研究生院, 北京 100091; 2. 装甲兵学院参谋系, 安徽 蚌埠 233050)

摘要: 针对传统方法难以对装甲兵作战效能进行有效评估的问题, 基于系统效能分析(system effectiveness analysis, SEA)方法进行装甲合成分队作战效能评估。该方法将系统能力和使命要求放在同一公共属性空间进行比较, 得到对系统评价总的量度, 以红军装甲部队对岛上实施阵地防御的蓝军守备部队进攻作战为背景, 研究坦克营担任红军合成预备队反逆袭作战效能, 分别建立了基于 SEA 方法的系统映射模型和使命映射模型, 并用 Matlab 进行算法分析。仿真结果表明: SEA 提供了实施动态效能评估的工具, 在装甲合成分队作战效能评估上的应用对装甲兵作战效能评估的研究有一定指导意义。

关键词: SEA; 装甲兵; 作战效能评估**中图分类号:** TP319 **文献标志码:** A

On Armored Force Offensive Operational Effectiveness Evaluation Based on SEA

Sun Wenji^{1,2}, Qu Yang², Chen Yanbiao^{1,2}

(1. College of Graduate, National Defense University, Beijing 100091, China;

2. Department of Staff, Armored Force Academy, Bengbu 233050, China)

Abstract: It is difficult to effectively evaluate the armored force operational effectiveness (AFOE) by using traditional methods, this paper evaluates the AFOE based on system effectiveness analysis (SEA) method. This method compares the system capabilities and the mission demands on the same common attribute space and gains the gross measurement about the system evaluation. On the background of the Red Army Troops' offensive operation to the Blue Defend Army Troops on the island, the combined reserve unit's operational effectiveness of anti-counterassault operation (ACO) is discussed by building the mapping models of the system and the mission based on SEA and using the Matlab language to conduct the algorithmic analysis. The result shows that the SEA method provides a tool to conduct the dynamic effectiveness evaluation and its application on the evaluation to effectiveness of the armored combined units will give reference to the AFOE.

Keywords: SEA; armored force; operational effectiveness evaluation

0 引言

装甲兵是集信息、火力、突击、防护为一体的合成兵种, 是未来岛上作战的重要突击力量。装甲合成分队作为装甲兵部队的重要作战单元, 未来其合成化程度将进一步提高, 尤其在作战编成上, 将更加注重合成化、模块化、小型化, 其作战力量多元、作战过程复杂、作战任务多样的特点, 使得难以用传统方法对其作战效能进行有效评估。系统效能分析(system effectiveness analysis, SEA)方法是由美国麻省理工学院信息与决策系统实验室的 A.H. Levis 等人于 20 世纪 80 年代中期提出, 并应用到军事系统作战效能评估领域^[1-4]。该方法将系统能力和使命要求放在同一公共属性空间进行比较, 最终得到对系统评价总的度量, 这与其他方法相比具有更高的应用价值^[5]。笔者以红军装甲部队对岛上

实施阵地防御的蓝军守备部队进攻作战为背景, 研究坦克营担任合成预备队反逆袭作战效能, 探讨基于 SEA 的装甲机械化合成分队作战效能评估一般分析流程。

1 使命任务及性能量度

红军装甲部队对岛上实施阵地防御的蓝军守备部队进攻战斗中, 守备部队在装甲部队第一梯队即将突破其主战阵地前沿时, 以其预备队一部在被突破方向上占领预备阵地, 阻止对方向纵深发展; 以炮火封锁突破口, 并对预定逆袭目标实施火力准备, 主力在下级预备阵地一线展开, 向红军突入兵力翼侧实施逆袭。

在此情况下, 红军装甲部队为保持进攻节奏, 迅速突破防御, 组织合成预备队在敌实施逆袭及时前出, 执行反逆袭作战任务。

收稿日期: 2014-02-20; 修回日期: 2014-03-17

作者简介: 孙文纪(1978—), 男, 安徽人, 硕士, 讲师, 从事作战指挥、领率机关研究。

1.1 合成预备队反逆袭战斗使命任务

合成预备队由坦克兵和一定的机械化步兵、工兵、陆军航空兵等兵力编成。按照战术要求，将合成预备队反逆袭战斗的使命任务总结为：

- 1) 采取攻势行动，遂行以攻对攻的战斗行动，采用有效战法将蓝方逆袭兵力阻挡距离红方突入兵力一定距离之外(简称拦阻敌人)；
- 2) 必须保证在反逆袭战斗中取胜(简称交战取胜)。

1.2 性能量度

- 1) 反映拦阻敌人的性能量度 MOP_1 。

拦阻敌人的实质意义是：在整个反逆袭战斗过程中，使蓝方逆袭兵力接近红方突入蓝方防御阵地的兵力的距离 D_{BT} 大于其编成内直瞄武器系统的最大有效射程 D_{Bmax} 。若 D_{BT} 表示为战斗结束时逆袭兵力进攻前沿至其防御前沿(红方突破口边缘)的距离(简称拦阻距离)，则逆袭兵力被拦阻与否取决于战斗结束时，逆袭兵力进攻前沿相对红方突破口的距离 D_{BT} 与 D_{Bmax} 的关系(见图 1)。因此，关于“拦阻敌人”的性能量度 MOP_1 可取为：

$$MOP_1 = D_{BT} / D_{Bmax}$$

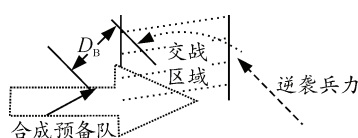


图 1 交战态势

显然，蓝方逆袭兵力被拦阻的充要条件为 $MOP_1 > 1$ 。

- 2) 反映交战取胜的性能量度 MOP_2 。

假设合成预备队、逆袭兵力的初始投入兵力分别为 R_0 、 B_0 ，合成预备队、逆袭兵力双方的兵力失败边界(即维持战斗的最小兵力)分别为 $(R_E$ 、 $B_E)$ ，其中 $R_E \geq 0, B_E \geq 0$ 。

交战取胜的实质意义是：在某一时刻，对方兵力达到失败边界，而此时己方兵力大于失败边界。令这一时刻为 T_f 。则合成预备队取胜可定义为：

$$B(T_f) = B_E \text{ 且 } R(T_f) > R_E$$

逆袭兵力取胜可定义为：

$$R(T_f) = R_E \text{ 且 } B(T_f) > B_E$$

若双方平局，则有

$$\begin{cases} R(T_f) = R_E \text{ 或 } T_f \rightarrow \infty \\ B(T_f) = B_E \end{cases}$$

有 2 种交战模式：一种模式是交战双方均以“血战到底”为决心，另一种模式是交战双方均规定了一个完成预定作战任务的最低兵力界限。笔者研究后一种交战模式的 MOP_2 。

此时， $R_E > 0, B_E > 0$ 。令

$$\tau_R = R(T_f) / R_E \quad (1)$$

$$\tau_B = B(T_f) / B_E \quad (2)$$

显然， $\tau_R \geq 1, \tau_B \geq 1$ ，则合成预备队取胜的充要条件是：

$$MOP_2 = \tau_R / \tau_B > 1$$

逆袭兵力取胜的充要条件是：

$$MOP_2 = \tau_R / \tau_B < 1$$

2 系统映射

2.1 系统属性

系统属性反映系统的固有能力。这里考虑合成预备队作战系统如下 3 个方面的属性。(信息、保障等属性通过对火力、机动、防护的影响而体现出来。)

- 1) 火力属性：蓝方兵力损耗 $(MOP)_{S1}$ ；
- 2) 机动属性：推进速率 $(MOP)_{S2}$ ；
- 3) 防护属性：红方兵力损耗 $(MOP)_{S3}$ 。

2.2 系统映射的建立

2.2.1 武器系统生命力量化

把战场生命力作为武器系统生存能力的衡量指标。通常情况下，作战环境如地形、电子环境、气象条件等都对武器系统生命力产生影响从而使其动态变化。因此，这里将武器系统生命力看作随环境变化的变量。笔者运用幂指数法来确定武器系统生命力指数。

记武器系统战场生命力指数函数为 $I = F(x)$ ，

$$I = kx^\alpha y^\beta \cdots z^\gamma \quad (3)$$

其中： x, y, \dots, z 表示影响武器系统生命力指数的因素，即武器系统的可测战术技术性能指标； $\alpha, \beta, \dots, \gamma$ 表示各因素的相应权重。

该模型中的性能指标在战场上受到环境因素的影响产生变化时，武器系统战场生命力的大小会随之改变，从而其生命力指数随战场环境的改变而动态变化。这更贴近战斗实际情况。

2.2.2 作战过程模拟

1) 毁伤模型。

运用基于生命力指数的兰切斯特方程将合成预备队作战毁伤过描述如下：

$$\begin{cases} \frac{dB_i}{dt} = -\sum_{j=1}^J \beta_{ji} \psi_{ji} R_j (i=1, \dots, I) \\ \frac{dR_j}{dt} = -\sum_{i=1}^I \alpha_{ij} \phi_{ij} B_i (j=1, \dots, J) \end{cases} \quad (4)$$

式中： R_j 、 B_i 分别表示合成预备队第 j 类作战单位、逆袭兵力第 i 类作战单位在时刻 t 时的生命力指数； α_{ij} 、 β_{ji} 表示双方两类作战单位之间的单位指数毁伤率； ϕ_{ij} 、 ψ_{ji} 表示双方两类作战单位之间的火力分配系数。

在 Δt 时间内，双方损失数为：

$$\Delta B_i(t) = \sum_{j=1}^J \beta_{ji} \psi_{ji} R_j \Delta t \quad (5)$$

$$\Delta R_i(t) = \sum_{i=1}^I \alpha_{ij} \phi_{ij} B_i \Delta t$$

在时间 t 时，双方作战单位剩存指数为

$$B_i(t) = B_i(t - \Delta t) - \Delta B_i(t) \quad (6)$$

$$R_j(t) = R_j(t - \Delta t) - \Delta R_j(t)$$

红蓝双方各作战单位的火力分配系数分别为：

$$\psi_{ji}(t) = \alpha_{ij} \beta_{ji} / \sum_j \alpha_{ij} \beta_{ji} \quad (7)$$

$$\phi_{ji}(t) = \alpha_{ij} \beta_{ji} / \sum_i \alpha_{ij} \beta_{ji}$$

2) 机动模型。

采用时间步长法建模，并对机动模型的描述作如下假设：

① 使用笛卡尔直角坐标系，以点描述各编组，动点与编组单位有相同含义。编组单位中的所有元素(各类武器系统)以相同的速度运动。

② 若干首尾相连的直线段所构成的折线表示机动路线，当编组单位向目的地(节点)机动时，机动路线为直线，没有考虑可能的曲线运动。

对红方运用战法 k 时第 m 个作战编组 $G^k(m)$ ，其编成内有 W_m 种武器，则，

$$v_m = \begin{cases} \min\{v_1, \dots, v_j, \dots, v_{w_m}\} & R > R^* \\ 0 & R \leq R^* \end{cases} \quad (8)$$

式中： v_m 为编组 $G^k(m)$ 的整体运动速度； v_j 为编组 $G^k(m)$ 中各元素的运动速度； R^* 为关键兵力比(兵

力比大于 R^* ，则实施攻击；否则，组织防御)；

由上式可得编组 $G^k(m)$ 在时间步长 Δt 内的推进距离：

$$\Delta D_m = v_m \Delta t \quad (9)$$

其进攻前沿位置坐标为：

$$\begin{cases} x_R(t + \Delta t) = x_R(t) + \Delta D_m \cos \theta_R \\ y_R(t + \Delta t) = y_R(t) + \Delta D_m \sin \theta_R \end{cases}$$

θ 由 $G^k(m)$ 在 t 时刻的运动方向确定。

据此可得出 t 时刻敌我各编组距离

$$d(t) = \sqrt{(x_B - x_R)^2 + (y_B - y_R)^2} \quad (10)$$

2.2.3 映射综合

通过以上建立的模型，可以实现从底层指标(原始参数)向性能量度指标的映射，由图 2 所示的四级映射组成。第一级映射为物理过程，有关武器装备性能中的技术参数到武器系统火力能力、机动能力和防护能力则涉及众多的物理原理，笔者没有深入涉及。第二级映射为武器系统生命力、毁伤能力的映射，通过幂指数法获得的。第三级映射为交战过程，取决于交战过程分析。第四级为指标定义过程，是通过对系统能力(MOP)_s 的抽象获得的。

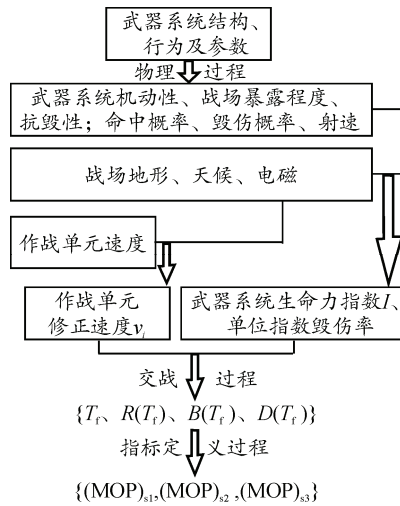


图 2 系统映射过程

3 使命映射

3.1 拦阻敌人 MOP₁

设使命要求合成预备队“阻止”逆袭之敌的位置相对红方翼侧突破口边缘 A_0 的距离为 D_T ，则关于阻止敌人的 MOP₁ 为

$$MOP_1 = \frac{D_T}{D_d} \quad (12)$$

其中 D_T 、 D_d 为使命原始参数(使命本原)。按照 1.1 节所述的合成预备队作战系统的使命要求，有 $D_T > D_d$ 。因此，由上式可得到相应的 MOP_2 值域

$$MOP_1 \in [1, +\infty) \quad (13)$$

D_d 是反逆袭战斗结束时敌方剩存的武器中直瞄有效射程最大值。由于战斗过程随机性的特点， D_d 也不是一个定值，其与 D_T 的比值也是变化的，这反映了系统完成任务的概率特征。

3.2 交战取胜 MOP_2

1.2 节中事实上已描述了合成预备队反逆袭战斗交战取胜的使命映射。即 $MOP_2 = \tau_R / \tau_B > 1$ ，其中 $\tau_R = R(T_f) / R_E$ ， $\tau_B = B(T_f) / B_E$ ，分别为合成预备队、逆袭之敌在作战结束时刻的兵力与作战失败最低兵力界限的比值。所以有 MOP_2 的值域区间为

$$MOP_2 \in (1, +\infty) \quad (14)$$

4 效能分析与评估

利用以上建立的模型，设定红蓝双方作战编组，即可对合成预备队反逆袭作战效能分析求解。笔者运用 Matlab 语言对该问题进行模拟求解，得出了合成预备队在不同作战编成条件下的反逆袭作战效能(表 1)，确定了合成预备队岛上反逆袭的作战行动方案。

容易看出，表 1 中最大值为 plan(2,1,4)，最小值为 plan(1,2,1)，也就是说，合成预备队取编组 2，逆袭兵力取编组 1，运用战法 4 时取得作战效能最大值；合成预备队采取编组 1，逆袭兵力采取编组 2，运用战法 1 时取得作战效能最小值。但这并不可以说明合成预备队采用编组 2、战法 4 时能够对敌不同的作战编组都能获得高效益。从表 1 的结果很难选出针对逆袭兵力各个编组方案都比较合适的合成预备队编组方案。为此，笔者采用对策论方法获得合成预备队在给定编成下较满意的编组方案。

以合成预备队采取战法 4 作战时不同交战状态下的作战效能值作为赢得矩阵：

$$A = \begin{pmatrix} 0.38 & 0.35 & 0.4 \\ 0.43 & 0.36 & 0.4 \\ 0.41 & 0.38 & 0.33 \end{pmatrix}$$

表 1 模拟结果

交战状态	效能值	交战状态	效能值
Plan(1,1,1)	0.230 0	Plan(2,1,1)	0.150 0
Plan(1,1,2)	0.320 0	Plan(2,1,2)	0.240 0
Plan(1,1,3)	0.230 0	Plan(2,1,3)	0.220 0
Plan(1,1,4)	0.380 0	Plan(2,1,4)	0.430 0
Plan(1,2,1)	0.030 0	Plan(2,2,1)	0.040 0
Plan(1,2,2)	0.260 0	Plan(2,2,2)	0.210 0
Plan(1,2,3)	0.130 0	Plan(2,2,3)	0.300 0
Plan(1,2,4)	0.350 0	Plan(2,2,4)	0.360 0
Plan(1,3,1)	0.090 0	Plan(2,3,1)	0.080 0
Plan(1,3,2)	0.280 0	Plan(2,3,2)	0.360 0
Plan(1,3,3)	0.270 0	Plan(2,3,3)	0.260 0
Plan(1,3,4)	0.400 0	Plan(2,3,4)	0.400 0
Plan(3,1,1)	0.230 0	Plan(3,2,3)	0.200 0
Plan(3,1,2)	0.300 0	Plan(3,2,4)	0.380 0
Plan(3,1,3)	0.230 0	Plan(3,3,1)	0.210 0
Plan(3,1,4)	0.410 0	Plan(3,3,2)	0.270 0
Plan(3,2,1)	0.160 0	Plan(3,3,3)	0.230 0
Plan(3,2,2)	0.290 0	Plan(3,3,4)	0.330 0

注：Plan(i,j,k)表示我方合成预备队采用第 i 种编组、逆袭之敌采用第 j 种作战编组时，我方合成预备队采用第 k 种战法战斗。其中， $i, j=1, 2, 3$ ； $k=1, 2, 3, 4$ 。

这是一个无鞍点的矩阵对策，解得其最优混合策略分别为：

$$X^* = (0, 5/9, 4/9)^T, \quad Y^* = (0, 7/9, 3/9), \quad \text{对策值 } V=0.37.$$

因此，合成预备队实施反逆袭时，应采用第 4 种战法，并倾向于第 2 种作战编组，这样能获得较高的作战效能。

5 结束语

随着作战研究的深入，装甲机械化合成分队的研究逐渐向定性定量相结合、静态分析与动态评估相结合、系统能力与任务需求相结合的方向发展。SEA 提供了实施动态效能评估的工具，在装甲机械化合成分队作战效能评估上的应用对装甲兵乃至军兵种联合作战效能评估的研究都有一定借鉴意义。

参考文献：

- [1] 吴晓峰, 周智超. SEA 方法及其在 C³I 系统效能分析中的应用(II)-交战模型[J]. 系统工程理论与实践, 1998(12): 60-61.
- [2] 薛向锋, 侯智斌, 孙彦飞. 基于 SEA 的炮兵空中力量侦察效能动态评估[J]. 现代电子技术, 2012(11): 52-57.
- [3] 罗来科, 陈军, 唐亮. 基于 SEA 方法的部队火力战效能分析[J]. 兵工自动化, 2009(3): 13-14.
- [4] 许桂明, 赵树林, 武攀. SEA 方法对指挥信息系统的效能分析[J]. 指挥信息系统与技术, 2011(4): 31-35.
- [5] 杨槐, 宫研生. 作战数据在指挥决策中的作用评估方法研究[J]. 兵工自动化, 2012, 31(6): 25-27.