

基于作战仿真的装甲车辆作战效能评估方法*

王正元,刘靖旭,谭跃进,沙红兵

(国防科技大学人文与管理学院,湖南长沙 410073)

摘要 在研制开发装甲车辆的过程中需要预先知道设计的装备是否满足未来战场需要,主要是它的作战效能是否能满足要求。为了获得研制中装备的作战效能,较好的办法是建立作战模型进行仿真。在仿真结果的基础上,通过选取作战效能评估的主要评价指标,建立装甲车辆作战效能的一个综合评估模型,得到了作战效能。

关键词 作战仿真;作战效能;综合评估;装甲车辆

中图分类号 TP391.9 **文献标识码** A

Combat Effectiveness Evaluation of the Armored Vehicle Based on
Combat Simulation

WANG Zheng-yuan, LIU Jing-xu, TAN Yue-jin, SHA Hong-bin

(College of Humanities and Management, National Univ. of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract It is very important to know whether the combat effectiveness of the armored vehicle is good enough to satisfy the requirements in the future war. Combat modeling and simulation is a good method to know combat effectiveness of the Armored Vehicle in its development. On the base of the combat simulation, the main index in the evaluation, of the combat effectiveness is selected and synthesis model is built to evaluate the combat effectiveness.

Key words combat simulation; combat effectiveness; comprehensive evaluation; armor

武器装备的作战效能是特定的作战部队使用一定编制体制结构下的某一武器装备集合所构成的作战系统,在执行作战行动任务中所能达到的预期可能目标的程度,及执行作战任务的有效程度^[1]。作战效能评估的方法主要有建立在兰彻斯特方程基础上的解析计算法^[1],军事指数法^[1],作战仿真评估方法^[1,5],QADC 模型^[2],ADC 模型^[3],定性方法^[4],解析法,统计试验法,多指标评价方法^[5],乘法模型,加法模型等^[6]。这些方法都有自身特点和适用范围。除了统计试验方法和仿真方法外都依赖于一些指数,在评价中很难获取较为精确的指数,限制了这些方法的应用。统计试验法需要从实验中获取数据,不适合研制中武器装备的作战效能评估。

在装甲车辆的研制开发过程中,希望设计的装甲车辆满足战术技术指标,具备较高的作战效能。利用作战仿真方法建立装甲车辆的作战模型,进行作战仿真,在仿真结果的基础上评价研制开发中装甲车辆的作战效能是一种行之有效的办法。

1 装甲车辆作战效能的构成

装甲车辆的作战效能主要包括防护性能、火力性能、机动性能和通信观察性能,从系统角度看包括系统的可用性、可信性和固有性能。由于作战效能是相对的,并且作战效能值与任务有关,完成不同的任务得到的作战效能不同,装甲车辆的防护性能、火力性能、机动性能、通信指挥性能与作战效能没有直接的关系,系统的固有性能需要通过试验才知道,因此综合装甲车辆单方面的性能或者系统性能都不能得到研制中装甲车辆的作战效能。

虽然作战效能的定义是完成任务的程度,但是在实际应用中仅仅用完成任务量来反应作战效能是

* 收稿日期 2003-10-25

作者简介:王正元(1971—),男,讲师,博士。

不够的。在同样的作战环境下,红方使用三个坦克连消灭蓝方一个坦克连与使用两个坦克连消灭蓝方一个坦克连,最终结果会有差异,这种差异包括完成作战任务的时间、自身伤亡情况等,甚至使用两个坦克连时根本不能完成作战任务,而使用三个连的兵力却能完成任务。如果只考虑作战任务完成程度,两种情况下红方一辆坦克的作战效能截然不同。实际上,两种情况下红方一辆坦克的作战效能不应该有较大的差异。为了解决这一问题,利用作战仿真方法求取作战效能时,考虑作战双方最终的损耗情况、任务完成情况、双方初始投入的兵力和作战时间等。如果红方的作战任务是歼灭蓝方,那么基于作战仿真的作战效能应该包括:

(1) 对于红方,包括初始投入坦克数量 t_1 、弹药配备数量 b_1 、坦克可用度下降总量 t_3 、下降速度 V_1 ; 弹药消耗量 b_3 、消耗速度 V_3 、作战任务完成情况 P 。

(2) 对于蓝方,包括初始投入坦克数量 t_2 、弹药配备数量 b_2 、坦克可用度下降总量 t_4 、下降速度 V_2 ; 弹药消耗量 b_4 、消耗速度 V_4 。

(3) 战斗持续时间 T 。

这里的作战效能体现了特定的作战条件下,红方坦克相对蓝方坦克的作战效能。

2 装甲车辆作战效能评估方法

为了更好地评价一台装甲车辆的作战效能,作战环境和防御方的兵力部署相同时进攻方达到同样战果,装甲车辆作战效能评估应该满足4个前提条件:(1)作战持续时间 T 越长,进攻方坦克的作战效能越低;(2)进攻方消耗弹药 b_3 越多,进攻方坦克的作战效能越低;(3)进攻方坦克可用度下降量 t_3 越大,进攻方坦克的作战效能越低;(4)进攻方初始配备坦克 t_1 越多,进攻方坦克的作战效能越低。

分析可知,基于作战仿真结果的作战效能受多个因素的影响,作战效能评估方法可以分为两种:(1)直接以仿真得到的结果作为效能,即作战效能用向量的方式表示,但剔除多余的因素;(2)构造作战效能评估函数,对作战仿真得到的结果进行评估。

2.1 装甲车辆作战效能多因素评估方法

采用多个指标描述时,作战效能是一个向量。上节列出了多个指标,考虑到作战任务是红方歼灭蓝方,坦克可用程度下降速度和弹药消耗速度是平均速度,蓝方坦克数量、弹药的初始数量与消耗情况就反映了作战任务完成程度,坦克的可用程度下降量、弹药的消耗量与战斗持续时间可以反映出坦克、弹药的消耗速度,因此,作战效能的多因素评估表达式如下:

$$\{t_1, b_1, t_3, b_3, t_2, b_2, t_4, b_4, T\} \quad (1)$$

双方坦克可用程度下降速度、弹药消耗速度为

$$V_1 = t_3/T, V_3 = b_3/T, V_2 = t_4/T, V_4 = b_4/T \quad (2)$$

红方作战任务完成程度为

$$P = t_4/t_2 \quad (3)$$

作战效能的向量表达式中大部分元素可以直接量化,还有一些不能直接量化,如双方的坦克可用程度下降量。为了便于比较分析,应当把作战效能中各因素都予以量化。

从坦克受损的角度可以确定坦克的消耗量。坦克毁伤表现在4个方面:坦克通信观察性能、火力性能、防护性能和机动性能。不容易被对方摧毁的性能是通信观察性能,对敌人产生威胁的是火力性能和机动性能,对自身影响最大的是防护性能。由于防护性能不是孤立的,丧失了防护性能的坦克在受到打击时,火力性能不可能继续保持较高水平,而是紧跟着丧失,对机动性能的影响也是如此。因此,坦克的毁伤主要考虑对火力性能和机动性能的毁伤,可以定义单方面毁伤对坦克整体毁伤程度的影响如表1所示。

表1 坦克毁伤情况表
Tab.1 Damage of tanks

单个性能毁伤	坦克可用度下降量
没有毁伤	0
机动能力受损程度 α ($0 \leq \alpha \leq 1$)	αa
火力打击能力受损程度 β ($0 \leq \beta \leq 1$)	βb
火力打击能力受损程度 β 、机动能力受损程度 α	$1 - (1 - \alpha a)(1 - \beta b) + (1 - a)(1 - b)\alpha\beta$

说明 : a 、 b 为待定参数 $0 \leq a \leq 1$ $0 \leq b \leq 1$
根据表 1 的规定 ,各辆坦克的可用度下降量确定了作战双方坦克的消耗量 ,待定参数 a 和 b 分别表示机动能力、火力打击能力受损对坦克整体毁伤的影响程度 ,可用专家打分法获得。

红方坦克 i 的可用度下降量为 D_i^r ,蓝方坦克 j 的可用度下降量为 D_j^b 。作战双方坦克可用度下降量按照式(4)计算。

$$\begin{aligned} D_i^r &= 1 - (1 - \alpha_i^r a)(1 - \beta_i^r b) + (1 - a)(1 - b)\alpha_i^r \beta_i^r \\ D_j^b &= 1 - (1 - \alpha_j^b a)(1 - \beta_j^b b) + (1 - a)(1 - b)\alpha_j^b \beta_j^b \end{aligned} \tag{4}$$
$$t_3 = \sum_{i=1}^{t_1} D_i^r, t_4 = \sum_{j=1}^{t_2} D_j^b$$

其中 α_i^r 表示红方坦克 i 机动能力受损程度 β_i^r 表示红方坦克 i 火力打击能力受损程度 $i = 1 \dots t_1$; α_j^b 表示蓝方坦克 j 机动能力受损程度 β_j^b 表示蓝方坦克 j 火力打击能力受损程度 $j = 1 \dots t_2$ 。

此外 ,计算弹药的消耗量时 ,如果一辆坦克的弹药没有用完 ,但是这辆坦克的可用度为 0 ,那么它的弹药就算全部消耗完毕。

2.2 装甲车辆作战效能综合评估

为了便于比较 ,需要综合评估装甲车辆作战效能。虽然作战任务是红方歼灭蓝方 ,但在实际作战过程中 ,最终结果是多样的 ,可能蓝方把红方歼灭 ,也可能达成平局。装甲车辆作战效能是相对的 ,它与作战任务、作战环境、作战双方的兵力配置、指挥等都有关系 ,脱离作战的具体条件 ,作战效能就没有意义。这里主要考虑作战双方的初始投入、初始弹药数量、坦克可用程度下降量、弹药消耗量、实际作战持续时间以及规定作战持续时间。

令综合评估进攻方(红方)坦克作战效能的表达式为

$$E_1 = \min \left\{ 1, \frac{t_2 e^{(b_4/b_2 + t_4/t_2)}}{t_1 e^{(b_3/b_1 + t_3/t_1)}} e^{1 - T/\Delta T} \right\} \tag{5}$$

防守方(蓝方)坦克作战效能 E_2 的表达式为

$$E_2 = \min \left\{ 1, \frac{t_1 e^{(b_3/b_1 + t_3/t_1)}}{t_2 e^{(b_4/b_2 + t_4/t_2)}} e^{1 - T/\Delta T} \right\} \tag{6}$$

其中 ΔT 表示规定作战持续时间 , t_1 和 t_2 分别表示进攻、防守双方初始配备坦克数 , t_3 和 t_4 表示双方毁损坦克数 , b_1 和 b_2 表示初始配备弹药数 , b_3 和 b_4 表示消耗弹药数。从式(5)可以看出 ,蓝方坦克毁伤越大、消耗弹药越多 ,则红方坦克的作战效能越大 ;红方坦克毁伤量越大、消耗弹药越多 ,则红方坦克的作战效能越小 ;红方初始坦克越多 ,作战效能越低 ;作战时间越长 ,红方作战效能越低。

由式(5)(6)不难看出 ,作战效能是相对的 ,红方坦克的作战效能是相对于蓝方坦克而言的 ,同样 ,蓝方坦克的作战效能是相对于红方坦克的。这种作战效能建立在仿真结果的基础上 ,装甲装备的性能参数虽然和作战效能没有直接联系起来 ,但是通过仿真结果可以反映出来。换一句话说 ,要确定不同性能参数的装甲车辆的作战效能 ,只要把装甲车辆的性能参数输入到作战仿真模型中 ,进行仿真 ,然后在仿真结果的基础上做出评价 ,就可以看到不同设计方案的坦克对应的作战效能。

3 应用实例

假设在一定的作战环境下按照给定的作战想定进行装甲车辆作战仿真 ,仿真如下 :

红方作战任务:歼灭防御阵地上全部蓝方坦克。规定红方在 1h 内结束战斗,蓝方在 2h 内结束战斗。红方投入兵力:A 型坦克 60 辆,每辆坦克配备炮弹 40 发。蓝方投入兵力:B 型坦克 30 辆,每辆坦克配备炮弹 40 发。实际战斗历时 2h。战斗结束时,红方坦克毁伤情况是:15 辆坦克完全损坏,6 辆坦克只丧失火力打击能力,机动能力完好;10 辆坦克丧失机动能力,火力打击能力完好;另外 4 辆坦克机动能力损毁程度达 0.8,火力打击能力损毁程度达 0.9。剩余可用炮弹总数 720 发。蓝方坦克毁伤情况是:14 辆坦克完全破坏,15 辆坦克丧失火力打击能力,但机动能力完好;另外 1 辆坦克机动能力损毁程度达 0.9,火力打击能力损毁程度达 0.9。没有剩余炮弹。要确定红方坦克的作战效能。

假设按照专家打分法得到参数值为 $a = 0.3$, $b = 0.7$ 。按照所述的方法计算,各项指标为:

红方指标:初始坦克总数 $t_1 = 60$ 辆,初始炮弹数量 $b_1 = 40 \times 60 = 2400$ (发)。剩余炮弹 720 发,炮弹消耗量 $b_3 = b_1 - 720 = 1680$ (发)。对于完全损坏的坦克,可用度下降量为 1;对只摧毁了机动能力的坦克,可用度下降量为 $1 - (1 - a) = a$;对只摧毁了火力打击能力的坦克,可用度下降量为 $1 - (1 - b) = b$;对机动能力损毁程度达 0.8、火力打击能力损毁程度达 0.9 的坦克,可用度下降量为 $1 - (1 - 0.3 \times 0.8) - (1 - 0.7 \times 0.9) + (1 - 0.3) \times (1 - 0.7) \times 0.8 \times 0.9 = 0.87$ 。红方坦克可用度下降量为 $t_3 = 15 + 6 \times 0.7 + 10 \times 0.3 + 4 \times 0.87 = 25.68$ 。

蓝方指标: $t_2 = 30$ 辆, $b_2 = 1200$ 发,没有剩余炮弹,故 $b_4 = 1200$ 发。 $t_4 = 1$,对坦克机动能力损毁程度达 0.9,火力打击能力损毁程度达 0.9,可用度下降量为 $1 - (1 - 0.3 \times 0.9) - (1 - 0.7 \times 0.9) + (1 - 0.3) \times (1 - 0.7) \times 0.9 \times 0.9 = 0.9$ 。蓝方坦克可用度下降量为 $t_4 = 14 + 15 \times 0.7 + 0.9 = 25.4$ 。

战斗持续时间 2h。多因素评估结果为

$$\{t_1, b_1, t_3, b_3, t_2, b_2, t_4, b_4, T\} = \{60, 2400, 25.68, 1680, 30, 1200, 25.4, 1200, 2\}$$

红方作战效能为

$$E_1 = \frac{t_2 e^{(b_4/b_2 + t_4/t_2)}}{t_1 e^{(b_3/b_1 + t_3/t_1)}} e^{1 - T/\Delta T} = \frac{30 e^{(1200/1200 + 25.4/30)}}{60 e^{(1680/2400 + 25.68/60)}} e^{1 - 2/1} = 0.3774$$

蓝方作战效能为

$$E_1 = \frac{t_1 e^{(b_3/b_1 + t_3/t_1)}}{t_2 e^{(b_4/b_2 + t_4/t_2)}} e^{1 - T/\Delta T} = \frac{60 e^{(1680/2400 + 25.68/60)}}{30 e^{(1200/1200 + 25.4/30)}} e^{1 - 2/2} = 0.9748$$

根据综合评估结果,不难看出,红方坦克的作战效能并不高。这与作战仿真结果比较吻合:红方以 60 辆坦克对付蓝方 30 辆坦克,最后以可用度下降 25.68% 相当于被彻底摧毁 25.68 辆坦克,占总投入兵力的 42.8% 的代价花费 2h 才赢得战斗的胜利。虽然红方获胜,但是红方坦克的作战效能低于蓝方坦克的作战效能。

4 结 论

针对研制开发中的装甲车辆没有成型产品用于试验获得数据、装甲车辆本身和战场的复杂非线性特性,提出基于作战仿真结果的装甲车辆作战效能评估模型,其中多因素评估方法直观地给出了装甲车辆的作战效能的几个主要因素,综合评估方法评价的结果利于比较不同的装甲车辆的作战效能。考虑到装甲车辆作战效能的相对性,不能单看装甲车辆作战效能的数值,而应采用装甲车辆作战效能的相对变化量。通过装甲车辆作战效能的相对变化来确定一种方案的好坏。

参 考 文 献:

- [1] 李明,刘澎等.武器系统发展系统论证方法与应用[M].北京:国防工业出版社,2000.9:62-92.
- [2] 卜广志,张宇文.鱼雷武器系统作战效能研究方法初探[J].系统工程理论与实践,2001.2(2):49-54.
- [3] 魏继才,胡晓峰.武器系统效能建模方法研究与应用[J].系统工程与电子技术,2002.24(6):20-24.
- [4] 徐瑞恩.武器装备效能模型和方法概说[J].装备指挥技术学院学报,2002.2.13(2):1-5.
- [5] 徐培德,崔卫华.导弹综合效能分析与评价模型[J].国防科技大学学报,1997.4.13(2):20-24.
- [6] 吴久良.防空导弹武器系统反 TBM 作战效能研究[D].国防科技大学,2001.3:18-23.

