doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2011.05.006

空间信息支援下的兰彻斯特作战模型

刘震鑫 [1]，于小红 [2]，杨庆 [1]
（1. 装备指挥技术学院 研究生管理大队，北京 101416；2. 装备指挥技术学院 试验指挥系 北京 101416）

摘要：为了有效评估空间信息支援对作战过程的影响，对兰彻斯特方程进行了改进，通过引入空间信息支援能力指数，构建了空间信息支援下的兰彻斯特作战模型，并分三种假设情况进行了算例仿真。结果表明，该模型可在一定程度上有效反映空间信息支援力量的影响，体现了信息化战争的作战思想。

关键词：空间；信息支援；兰彻斯特方程
中图分类号：N945.13　　**文献标志码**：A

Lanchester Combat Model Under Space Information Support

Liu Zhenxin[1], Yu Xiaohong[2], Yang Qing[1]
(1. Administrant Brigade of Postgraduate, Institute of Command & Technology of Equipment, Beijing 101416, China;
2. Dept. of Testing & Command, Institute of Command & Technology of Equipment, Beijing 101416, China)

Abstract: In order to effectively estimate the influence of space information support to operation process, improve the Lanchester combat equation and establish Lanchester combat model under the space information support through introducing the ability index of space information support. Then carry out simulation based on 3 hypothesizes. The result of simulation illustrate that the model can reflect the influence of the space information support to the operation and give expression to the operational ideology of the information warfare.

Keywords: space; information support; Lanchester combat equation

0 引言

随着空间“高地效应”的不断凸显，空间力量，尤其是空间信息支援力量已经成为现代战争中不可或缺的重要组成部分。美军近几场局部战争的实践证明，拥有以侦察、预警、通信、导航以及战场环境监测为代表的空间信息支援将赢得作战主动权，并最终赢得战争的胜利[1]。随着空间信息支援力量与作战各个层次融合程度的不断加深，如何正确量化评估空间信息支援的作用，是军事理论研究需要确定的问题。

兰彻斯特方程是一种定量研究作战过程的经典方法，它用数学方法描述战场的态势，成为广泛运用于研究战争和分析战争的定量工具，在不同领域均出现了诸多改进的兰彻斯特模型，用于特定分析研究。文献[2]构建了海战中卫星军事应用系统信息支援能力对作战结果的影响，文献[3]基于兰彻斯特方程分析了不同信息条件下的空战效能，文献[4]则进行了信息支援条件下的空战优势参数研究，文献[5]则构建了面向信息化战争的广义兰彻斯特作战模型。笔者通过构建基于空间信息支援下的兰彻斯特方程模型，定量描述在现代作战中，空间信息支援能力对作战过程的影响。

1 经典兰彻斯特方程

文献[6]对经典的兰彻斯特方程对战争中的 2 种战术情况进行了研究。第 1 种为线性律，根据远距离作战，如炮兵作战模型得出的。其假定条件是交战双方兵力互相隐蔽，每一方火力集中在对方战斗成员的集结区域，不对个别目标实施瞄准，火力为面火力。第 2 种为平方律，其建立在现代战斗模型之上，基本假定是双方兵力互相暴露在对方事先范围内，每一方都可以用其全部的兵力并集中火力射击对方的兵力。

兰彻斯特第二线性率方程的数学模型如下：

$$\begin{cases} \dfrac{\mathrm{d}r}{\mathrm{d}t} = -\beta_l rb \\ \\ \dfrac{\mathrm{d}b}{\mathrm{d}t} = -\alpha_l rb \end{cases} \tag{1}$$

式 (1) 中，r 为红方兵力数量；b 为蓝方兵力数量；β_l 为蓝方战斗成员作战效能；α_l 为红方战斗成员作战效能。β_l 和 α_l 分别由下式计算：

$$\beta_l = \frac{A_r}{A_1} n_b p(r), \quad \alpha_l = \frac{A_b}{A_2} n_r p(b) \tag{2}$$

式 (2) 中，A_1、A_2 分别为红、蓝战斗成员的平均分

收稿日期：2011-01-07；修回日期：2011-03-04
作者简介：刘震鑫（1981—），男，河南人，博士，工程师，从事军事航天应用研究。

布面积；A_r、A_b 是红蓝双方战斗成员的易损面积；n_r、n_b 则是战斗成员的战术射速；$p(r)$、$p(b)$是红蓝双方的毁伤概率。

兰彻斯特平方律方程的数学模型如式 (3)：

$$\begin{cases} \dfrac{\mathrm{d}r}{\mathrm{d}t} = -\beta_s b \\ \\ \dfrac{\mathrm{d}b}{\mathrm{d}t} = -\alpha_s r \end{cases} \tag{3}$$

式 (3) 中，r 为红方兵力数量；b 为蓝方兵力数量；β_s、α_s 分别是红蓝方每一战斗成员在单位时间内平均毁伤对方战斗成员的数量。β_s、α_s 由下式计算：

$$\beta_s = n_b p(r), \quad \alpha_s = n_r p(b) \tag{4}$$

式 (4) 中，n_r、n_b 则是战斗成员的战术射速；$p(r)$、$p(b)$是红蓝双方的毁伤概率。

2　空间信息支援下的兰彻斯特方程

2.1　数学模型

通过分析兰彻斯特第二线性律方程以及平方律方程的特点，结合空间信息支援力量的特点和作用，可认为当红蓝双方均具有很好的空间信息支援能力时，双方可实现对战场态势的完全感知，即满足兰彻斯特方程平方律的条件，而当双方均没有空间信息支援能力时，可认为满足兰彻斯特第二线性律的假设条件，所以引入空间信息支援能力指数 I_r 和 I_b，构建空间信息支援能力下的兰彻斯特方程，如下：

$$\begin{cases} \dfrac{\mathrm{d}r}{\mathrm{d}t} = -I_b\beta_e b - (1-I_b)\beta_c rb \\ \\ \dfrac{\mathrm{d}b}{\mathrm{d}t} = -I_r\alpha_e b - (1-I_r)\alpha_c rb \end{cases} \tag{5}$$

式 (5) 中，I_r 和 I_b 分别是红蓝双方的空间信息支援能力指数，$0 \le I_r \le 1$，$0 \le I_b \le 1$；r 为红方兵力数量；b 为蓝方兵力数量；β_e 为蓝方对暴露的红方战斗成员的毁伤系数；β_c 为蓝方对隐蔽的红方战斗成员的毁伤系数；α_e 为红方对暴露的蓝方战斗成员的毁伤系数；α_c 为红方对隐蔽的蓝方战斗成员的毁伤系数。

式 (5) 中，当 $I_r = I_b = 0$ 时，得到第二线性律的标准形式，同时也满足基本假定；$I_r = I_b = 1$ 时，得到平方律的基本形式，即交战双方在拥有完全空间信息支援的情况下，交战的假设条件从而符合平方律对交战双方相互暴露的假定，这也基本上体现了现代作战从简单到复杂，再由复杂到简单的思想。

将式 (5) 写成差分形式：

$$\begin{cases} r(t+1) = r(t) - \beta_e b(t) I_b - (1-I_b)\beta_c r(t) b(t) \\ \\ b(t+1) = b(t) - \alpha_e r(t) I_r - (1-I_r)\alpha_c r(t) b(t) \end{cases} \tag{6}$$

基于式 (6)，利用 4 阶龙格–库塔法仿真不同条件下的战斗结果。

2.2　仿真实验及结果

基于上述提出的空间信息支援下的兰彻斯特方程，利用 Matlab7.1 软件编写模型算法，分以下 3 种仿真假设情况进行仿真。

1) 仿真假设 1：红蓝双方兵力毁伤系数相当，红方兵力处于劣势，分析红蓝双方不同空间信息支援能力对作战结果的影响。

仿真条件：红方兵力 r=6，蓝方兵力 b=10，$\beta_e = \alpha_e = 0.1$，$\beta_c = \alpha_c = 0.001$，$I_r$ 分别取 0.8、0.6，对应 I_b 为 0.1 和 0.5。仿真结果如图 1、图 2。

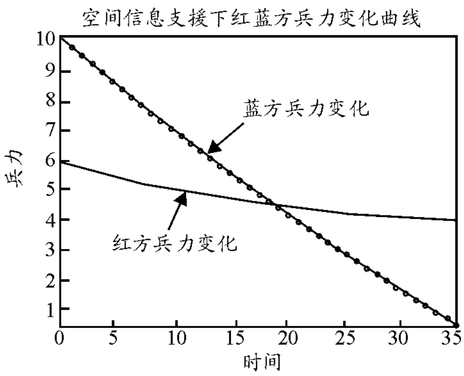

图 1　仿真假设 1，$I_r = 0.8$，$I_b = 0.1$ 作战结果图

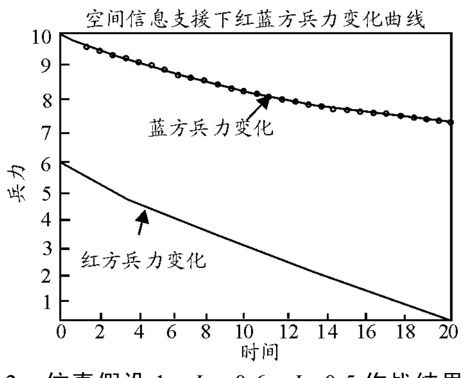

图 2　仿真假设 1，$I_r = 0.6$，$I_b = 0.5$ 作战结果图

由图 1 可知，在红方兵力处于劣势，但空间信息支援能力处于较大优势时，红方击败蓝方的损失大致为 1.56，时间大约需要 35 个单位时间。可见，在一方兵力处于劣势但空间信息支援能力处于绝对优势的情况下，能以很小的作战代价赢得战争的胜利。但从图 2 可以看出，当双方空间信息支援能力相差不大时，决定作战结果的还是交战双方的初始兵力，与仿真假设红方拥有绝对空间信息支援优势在兵力处于劣势仍获得作战胜利不同，当交战双方空间信息支援能力指数相差不大时，拥有兵力优势的蓝方击败红方，蓝方作战耗时 20 个单位时间，损耗仅为 2.3。

2) 仿真假设 2：红蓝双方兵力及兵力毁伤系数相当，但双方空间信息支援能力不同。

仿真条件：红方兵力 r=10，蓝方兵力 b=10，$\beta_e=\alpha_e=0.1$，$\beta_c=\alpha_c=0.001$，I_r 取 0.8，对应 I_b 为 0.1。仿真结果如图 3。

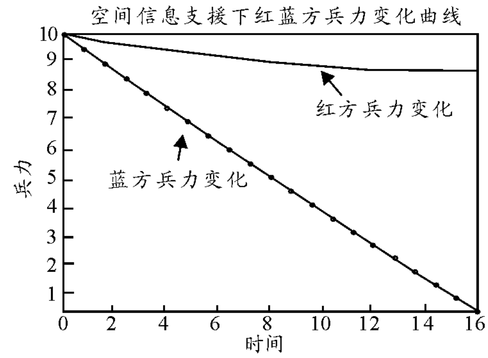

图 3　仿真假设 2 作战结果图

由图 3 可以看出，当作战双方兵力及兵力毁伤系数相当时，空间信息支援能力指数成为决定作战结果的决定性关键因素，拥有空间信息支援优势的红方在击败蓝方时，兵力损耗为 1.2，而作战消耗时间为 16 个单位时间。

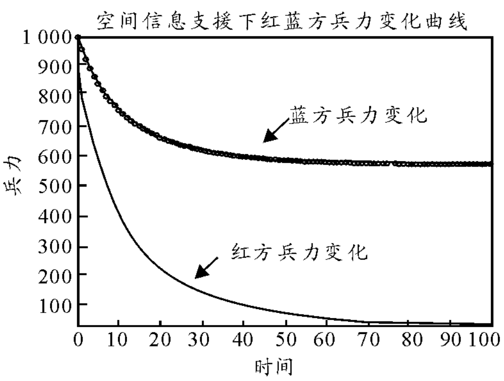

图 4　线性律作战结果

3) 仿真假设 3：比较不同兰彻斯特方程下的作战结果。

仿真条件：红方兵力 r=900，蓝方兵力 b=1 000，$\beta_e=0.2$，$\alpha_e=0.1$，$\beta_c=0.000\ 02$，$\alpha_c=0.000\ 01$，I_r 取 0.8、0.7，I_b 取 0.1，分别按线性律、平方律以及空间信息支援下的作战模型进行仿真计算，仿真结果如图 4～图 7。

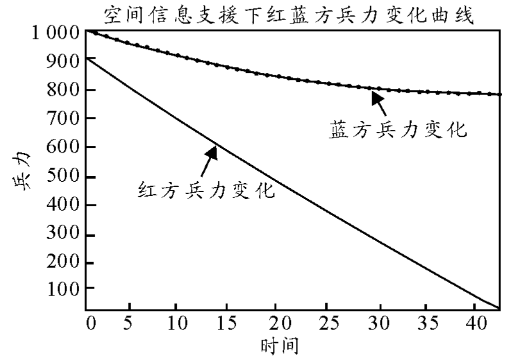

图 5　平方律作战结果

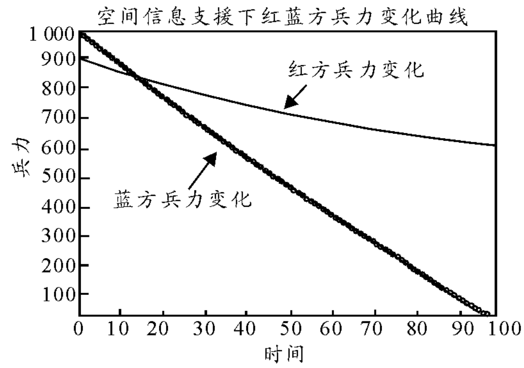

图 6　$I_r=0.8$，I_b=0.1 作战结果

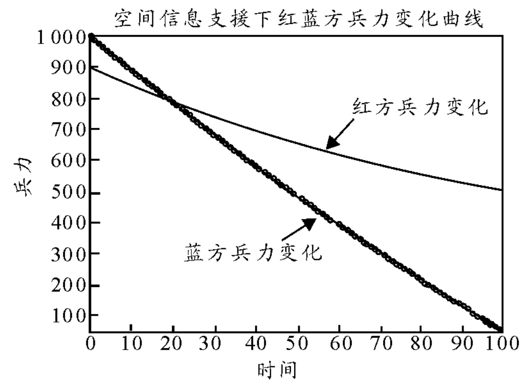

图 7　$I_r=0.7$，I_b =0.1 作战结果

从图 4～图 5 可以看见，在红方兵力、火力均处于劣势的情况下，在不考虑空间信息支援的影响时，蓝方均最终击败红方，赢得作战的胜利。而考虑空间信息支援的影响时，由于红方相对蓝方拥有空间信息优势，其可将其转化为作战优势，并击败蓝方。

（下转第 25 页）