

Lanchester 战斗理论在防空作战中的应用

黄 飞, 李安平, 商长安
(空军工程大学 导弹学院, 陕西 三原 713800)

摘 要: Lanchester 战斗理论是高技术兵器出现前提出的经典战斗理论。讨论了其在防空作战中的应用问题,并以 Lanchester 方程的基本框架为基础,给出了基于防空作战和面向防空 C³I 系统建模的 Lanchester 方程。

关键词: Lanchester 方程;防空作战;防空 C³I;模型

中图分类号: E911 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3516(2003)06-0034-03

Lanchester 战斗理论出自英国工程师 F. W. Lanchester 在 1914 年英国工程杂志上发表的一系列论文。它主要基于古代冷兵器战斗和近代运用枪炮进行战斗的特点,在一些简化假设的前提下,建立了一系列描述交战过程中双方兵力变化数量关系的微分方程组,一般称之为 Lanchester 方程^[1]。主要内容包括:Lanchester 第一线性律、第二线性律、平方律和混合交战律等。二战结束后,人们根据现代作战条件,特别是高技术条件下作战的特点,以不同的侧重点对 Lanchester 方程进行了改进和扩展,并与其它相关技术结合构成多种作战模型,在军事决策领域发挥着重要作用。

1 防空作战的 Lanchester 方程

1.1 Lanchester 平方律

防空作战的 Lanchester 方程的基础是 Lanchester 平方律。平方律建立在近代战斗模型的基础上,假设双方兵力相互暴露,每一方可以运用它的全部兵力并集中火力射击对方兵力,同时要求双方的战术和指挥通信最佳,其模型为

$$\begin{cases} \frac{dr}{dt} = -\beta b \\ \frac{db}{dt} = -ar \end{cases}, \text{应用对等条件 } \frac{1}{r} \frac{dr}{dt} = \frac{1}{b} \frac{db}{dt}, \text{即可得到 } \beta b^2 = ar^2。$$

其中: r 、 b 分别为红、蓝方战斗成员数; a 、 β 分别为红、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目。

1.2 防空作战的 Lanchester 方程

防空作战具有区别于其它作战形态的特殊性,因而需要对描述它的 Lanchester 方程进行一定的修改。

首先,现代高技术条件下的防空作战并不是以毁伤对方来袭兵力为唯一目的的,还要考虑攻防双方所要保卫的其它目标^[2],如重要的政治目标、经济目标以及关系国计民生的目标(如电站、水库)等等。因此,在这样的条件下,需将 Lanchester 方程表示为

$$\begin{cases} \frac{dR}{dt} = -\beta b \\ \frac{dB}{dt} = -ar \end{cases}, \text{其中 } \begin{cases} R = r + p \\ B = b + q \end{cases} \quad (1)$$

收稿日期:2003-04-11

作者简介:黄 飞(1976-),男,云南盐津人,硕士生,主要从事军事防空作战指挥专家系统研究;
李安平(1961-),男,陕西周至人,教授,主要从事军事运筹及计算数学研究。

式中 r, b 表示红、蓝双方的作战单位(如地空导弹营、高炮营或航空兵编队等)数,而 p, q 则表示红、蓝双方在防空作战中除作战单位外其它需要保卫的目标数量。由于防空作战单位本身也可以被视为需要保卫的目标,所以将 R, B 统称为红、蓝双方在防空作战中需保卫的目标数,以它们之间的数量变化关系作为描述防空作战的依据。此时, a, β 则表示为红、蓝方每一作战单位在单位时间内平均毁伤对方的目标数,即毁伤率系数,分别描述红、蓝双方每个战斗成员的平均作战效能。

其次,现代高技术条件下的防空作战是系统对系统、体系对体系的对抗,它需多兵种、多武器系统的协同,并非单一兵种所能完成。因此,在充分考虑这一情况,并在式(1)的基础上,将 Lanchester 方程表示为

$$\frac{[dR_1(t) \quad dR_2(t) \quad \cdots \quad dR_m(t)]^T}{dt} = - \begin{bmatrix} k_{11}\lambda_{11} & k_{12}\lambda_{12} & \cdots & k_{1b}\lambda_{1b} \\ k_{21}\lambda_{21} & k_{22}\lambda_{22} & \cdots & k_{2b}\lambda_{2b} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ k_{m1}\lambda_{m1} & k_{m2}\lambda_{m2} & \cdots & k_{mb}\lambda_{mb} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ \vdots \\ B_b \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\frac{[dB_1(t) \quad dB_2(t) \quad \cdots \quad dB_n(t)]^T}{dt} = - \begin{bmatrix} h_{11}\gamma_{1r} & h_{12}\gamma_{12} & \cdots & h_{1b}\gamma_{1r} \\ h_{21}\gamma_{21} & h_{22}\gamma_{22} & \cdots & h_{2r}\gamma_{2r} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ h_{n1}\gamma_{n1} & h_{n2}\gamma_{n2} & \cdots & h_{nr}\gamma_{nr} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ \vdots \\ R_r \end{bmatrix} \quad (3)$$

其中, $R_i (i=1, 2, \dots, r)$ 表示在 t 时刻红方第 i 种作战单位的存在数量; r 为红方 m 类保卫目标中作战单位的类别数,显然 $m > r$ 。 $B_j (j=1, 2, \dots, b)$ 表示在 t 时刻蓝方第 j 种作战单位的存在数量, b 为蓝方 n 类保卫目标中作战单位的类别数,且 $n > b$ 。 $k_{ij}, \lambda_{ij} (i=1, \dots, m, j=1, \dots, b)$ 分别表示蓝方第 j 类作战单位对红方第 i 类目标的毁伤系数和可能用于毁伤红方第 i 类目标的概率。类似地, $h_{ij}, \gamma_{ij} (i=1, 2, \dots, n, j=1, 2, \dots, r)$ 分别表示红方第 j 类作战单位对蓝方第 i 类目标的毁伤系数和可能用于毁伤蓝方第 i 类目标的概率。

1.3 两点说明

1) 现代高技术条件下的防空作战,不但防御方存在着大量非作战单位以外需要保卫的政治、经济、军事等目标,基于攻势防空的思想,进攻一方同样存在这样的目标,因而式(2)、(3)中 $m > r, n > b$ 是成立的;

2) 建立起防空作战的 Lanchester 方程,便可以结合计算机作战模拟进行防空作战的效能评估以及其它的重要决策,如采取何种部署,如何进行火力分配(例如为使作战效能最大,如何确定式(2)、(3)中的 λ_{ij} 和 γ_{ij})等。

2 基于 Lanchester 方程的防空 C³I 系统模型

C³I 系统是集指挥(command)、控制(control)、通信(communication)和情报(intelligence)一体的军事信息系统,它把作战部队、作战单位、作战武器与作战指挥控制连成一体,有效地提高了各种作战系统和整个作战体系的作战效能,因而 C³I 系统又被称为“兵力倍增器”。建立防空 C³I 系统模型的根本问题,就是如何对防空 C³I 系统进行正确、合理的描述。Lanchester 方程是通过一系列微分方程来描述交战双方的作战效能,所以,我们不妨考虑以防空作战的 Lancheste 方程为基础,以作战效能为依据来建立防空 C³I 系统的模型。

为不使模型表述过于复杂,我们以式(3)中第 i 分量的等式 $\frac{dB_i(t)}{dt} = - \sum_{j=1}^r h_{ij}\gamma_{ij}R_j$ 为例加以说明。

典型的防空 C³I 系统由雷达录取系统、通信系统、计算机显示系统、指挥控制系统、指挥控制中心组成,其作战过程为:信息采集、传递、处理(决策)、命令。因此 C³I 系统对防空作战效能的影响主要表现在以下几个方面:①发现目标:防空 C³I 系统对目标的发现能力(探测能力)直接影响着防空作战的结果。显然,对于不同类型的目标 C³I 系统的发现能力是不同的,如对固定的地面目标的发现能力通常大于空中目标,特别是隐身目标。对不同目标的发现能力不同将直接影响作战单位对目标的毁伤系数 h_{ij} ,因此,需在毁伤系数前加入一个介于 $[0, 1]$ 之间的修正系数 δ_{ij} ,以描述防空 C³I 系统对某一类型目标的发现能力;②信息处理:C³I 系统在发现目标后,需进行一系列的信息处理活动(如目标识别、威胁评估、火力分配等),这将大大提高防空作战的效能。这一点主要体现在概率系数 γ_{ij} 上,因为经过一系列的信息处理后,将使作战单位分配于它最有利的毁伤目标,以便提高作战效能,这就如同增大了作战单位被分配对付相应目标的概率系数 γ_{ij} ,改进

后的概率系数记为 γ_{ij} ; ③指挥控制: 指挥控制系统是 C^3I 系统的核心, 它将控制武器系统直接毁伤目标, 因而指挥控制的精度将是除武器系统性能外, 另一个影响作战效能的重要方面, 并最终表现为作战单位对目标的毁伤能力。所以, 需要在毁伤系数 h_{ij} 前再加入修正项 $\rho_{ij} \in [0, 1]$, 用以表示指挥控制精度对作战效能的影响; ④通信: 通信系统是防空作战各个分系统的联系纽带, 但是通信网输入流量、通信延迟、通信可靠性及生存性等问题将对作战效能的发挥产生不利影响, 反映到结果上将是降低毁伤系数, 为此需用一个大于 1 的修正项 θ_{ij} 去除毁伤系数; ⑤战况报告: 这一点对于作战效能而言, 相当于不必再为那些已被毁伤的目标分配作战单位, 从而提高作战效能。这将主要影响概率系数 γ_{ij} , 因此需加入修正系数 $\zeta_{ij} \in [0, 1]$; ⑥系统性能: C^3I 系统作战效能是系统性能指标在作战过程中的体现, 所以其自身性能(如可靠性、完备性、兼容性、抗干扰性等)的优劣将在很大程度上影响防空作战效能的高低, 由于现代高技术条件下的防空作战是在复杂电磁环境中进行的, 所以我们这里主要考虑电子战(EW)中系统电磁兼容(EMC)、抗电磁干扰(EMI)性能好坏的影响, 其直接表现在影响作战单位对目标的毁伤能力。所以, 需要在毁伤系数 h_{ij} 前再加入修正项 $\eta_{ij} \in [0, 1]$, 用以表示系统自身性能对作战效能的影响。

综上, 可以将式(3)修正为防空 C^3I 系统的 Lanchester 战斗模型:

$$\frac{dB_i(t)}{dt} = - \sum_{j=1}^r \frac{\delta_{ij} \rho_{ij} \zeta_{ij} \eta_{ij} h_{ij} \gamma_{ij} R_j}{\theta_{ij}} \quad (4)$$

同理, 将式(2)加以类似的修正, 并与式(4)联立, 便可得到防空 C^3I 系统的 Lanchester 战斗模型。该模型不但构成了防空 C^3I 系统分析、设计、改进、效能评估等工作的基础, 而且对于整个防空作战系统的研究(如武器装备发展等)也将有帮助。

3 结束语

由于 Lanchester 战斗模型可以充分考虑作战过程中各种可量化的因素, 并建立起这些因素与目标毁伤的约束关系, 因而便于分析人员进行灵敏度分析, 以便防空作战决策人员迅速调整兵力编成、部署, 改善武器系统性能等, 以最大限度的提高作战效能。同时, 在防空作战问题的研究中, 基于不同的研究目的, 还可以将模型进行不同的修改和扩充, 使所要研究的问题得以充分的反映。

参考文献:

- [1] 张最良, 李长生. 军事运筹学[M]. 北京: 军事科学出版社, 1993.
- [2] 陈鸿猷. 现代防空论[M]. 北京: 解放军出版社, 1991.
- [3] 王维平, 朱一凡. 离散事件系统建模与仿真[M]. 长沙: 国防科技大学出版社, 1997.
- [4] 周林, 娄寿春, 赵杰. 防空 C^3I 系统的建模与仿真方法论[J]. 空军工程大学学报(自然科学版), 2000, 1(4): 35 - 38.

(编辑: 田新华)

Application on Lanchester Fight Theory in Antiaircraft Fight

HUANG Fei, LI An - ping, SHANG Chang - an

(The missile Institute, Air Force Engineering University, Sanyuan, Shaanxi 713800, China)

Abstract: Lanchester fight theory is the classical theory proposed before high - tech weapons appeared. The problem how to apply the Lanchester fight theory to antiaircraft fight is discussed in this paper. The Lanchester equations for antiaircraft fight and a model of antiaircraft C^3I system are proposed based on the basic structure of Lanchester equations.

Key words: Lanchester equation; antiaircraft fight; antiaircraft C^3I ; model