第1卷第4期　　空 军 工 程 大 学 学 报(自然科学版)　　Vol.1 No.4
2000年10月　　JOURNAL OF AIR FORCE ENGINEERING UNIVERSITY(NATURAL SCIENCE EDITION)　　Oct. 2000

防空战略作战的势战律建模研究

王凤山，　申卯兴
(空军工程大学 导弹学院，陕西 三原　713800)

摘　要:基于对防空战略作战势战律的认识,首次引入了防空战略体系的势函数的概念,建立了势的比较、等势面、势的发展等概念,提出了势的规划问题。并结合模型对防空战略作战体系建设得到了一些非常有益的启示。

关键词:势函数;势战律;防空战略作战
中图分类号:E816　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1009-3516(2000)04-0080-03

1　势函数的概念

防空战略作战的势战律是指:防空战略作战总是依托其防空体系对战略空袭所形成的“势”进行作战,势的优劣是相对的,在一定条件下可以互相转化。在防空战略作战中,促进“势”转化的主要因素有:防空战略作战实力的增强或减弱;防空战略作战布局对战略空袭的适应度;防空战略作战指导的正确与否等。其中,作战指导是决定性因素。

防空战略体系中各个系统均具有客观的实体系统和能量信息系统,其有机构成使防空体系形成了自己的作战实力。防空作战中的作战实力为 P,可利用指数化的思想方法将 P 表现为一个正实数,$P\in[0,+\infty)$;记防空作战中的布局对战略空袭的适应度为 R,$R\in[0,1)$;记防空作战中的作战指导正确率为 G,$G\in[0,1)$,这其中的 R、G 的值可以利用系统工程的方法有效地获取。

设防空战略体系的势函数为 $U=U(P,R,G)$,其状态变量 $X=(P,R,G)$,则 $U=U(X)$,其中 $P\in[0,+\infty)$,$R\in[0,1)$,$G\in[0,1)$。由于各状态变量对时间具有依赖性,由此时变性可设

$$\begin{cases} P=P(t) \\ R=R(t), \quad 其中,t\in[0,+\infty),t 为时间变量。\\ G=G(t) \end{cases}$$

则

$$X=X(t)\triangleq(P(t),R(t),G(t)),\quad U=U(t)\triangleq U(X(t)),$$

对任一时刻 $t=t_0$,有

$$X=X(t_0)\triangleq X_{t_0}=(P_{t_0},R_{t_0},G_{t_0}),\quad U=U_{t_0}=U(P_{t_0},R_{t_0},G_{t_0})=U(t_0),$$

显然,在初始时刻 $t=0$ 时,

$$X=X(0)\triangleq X_0=(P_0,R_0,G_0),\quad U=U_0=U(P_0,R_0,G_0)=U(0)$$

2　势的优劣比较

对于一个势函数 $U=U(X)$,设 X_1 和 X_2 为两个不同的状态,t_1 和 t_2 为两个不同的时刻,

若 $U(X_1)>U(X_2)$,则称状态 X_1 的势优于状态 X_2 的势,或称状态 X_2 的势劣于状态 X_1 的势。

若 $U(X_1)\geqslant U(X_2)$,则状态 X_1 的势不劣于状态 X_2 的势,或称状态 X_2 的势不优于状态 X_1 的势。

对于两个不同的时刻 t_1 和 t_2,可以如法定义。

两个势函数　$U=U_1(X)$,　$U=U_2(X)$,

收稿日期:2000-05-23
作者简介:王凤山(1945-),男,山西宁武人,教授,博士生导师,主要从事防空作战军事理论研究.

若 $U_1(X) > U_2(X)$,则称 $U_1(X)$ 优于 $U_2(X)$,或称 $U_2(X)$ 劣于 $U_1(X)$;

若 $U_1(X) \geqslant U_2(X)$,则称 $U_2(X)$ 不优于 $U_1(X)$,或称 $U_1(X)$ 不劣于 $U_2(X)$。

当然存在 $U_1(X)$ 与 $U_2(X)$ 不可比的情形。但是,对于一个特定的时刻或一个特定的状态,势的比较却必然有可比性,类似于一个势函数的情形,这就是数值大小的比较。

3 等势面

将集合 $\{X \mid U(X_1) = U(X_2), X_2 \in D\}$ 等称为等势面,即状态空间中所有具有相同势的状态之集合构成等势面。在以 (U,P,R,G) 为向量的空间中,等势面的方程为

$$\begin{cases} U(P,R,G) = U_c \\ U = U_c \end{cases},\quad \text{其中 } U_c \text{ 为一个确定的势值常数。}$$

随着状态变量的改变或时间的改变都会使函数的值发生变化,通常是从一个等势面变化到另一个等势面。我们将势函数在状态空间的变化称为势的发展,将势函数在时间轴上的变化称为势的时变,将势的发展与势的时变统称为势的演变。

4 势的发展

在状态空间中,可以将势函数近似地表达成 2 阶 Taylor 展开式,取

$$U(X) \doteq U_0 + \mathbf{grad}U \cdot (X - X_0) + \frac{1}{2}(X - X_0)^T H(X - X_0)$$

其中,$\mathbf{grad}U = \left\{\frac{\partial U}{\partial P}, \frac{\partial U}{\partial R}, \frac{\partial U}{\partial G}\right\}$ 为 $U(X)$ 在 X_0 处的梯度向量,H 为 $U(X)$ 在 X_0 处的 Hesse 矩阵。

用 $\mathbf{grad}U > 0$ 表示 $\frac{\partial U}{\partial P} > 0, \frac{\partial U}{\partial R} > 0, \frac{\partial U}{\partial G} > 0$,那么,$\mathbf{grad}U > 0$ 就分别表示了随着作战实力 P、布局适应度 R、作战指导正确率 G 各自的增加而使战略作战的势随着增加,也就是说,势 U 是状态变量 P、R、G 各自的递增函数,而 $\frac{\partial U}{\partial P}, \frac{\partial U}{\partial R}, \frac{\partial U}{\partial G}$ 各自的变化速率体现在 H 中。当 R、G 保持不变,而 $\frac{\partial U}{\partial P}$ 单调递增即 $\frac{\partial^2 U}{\partial P^2} > 0$ 时,会使势 U 单调递增,但当 $\frac{\partial U}{\partial P}$ 单调递增到一定的阀值后,$\frac{\partial U}{\partial P}$ 的单调递增就会使 U 单调递减;当 P、G 保持不变,而 $\frac{\partial U}{\partial R}$ 单调递增即 $\frac{\partial^2 U}{\partial R^2} > 0$ 时,会使势 U 单调递增;当 P、R 保持不变,而 $\frac{\partial U}{\partial G}$ 单调递增即 $\frac{\partial^2 U}{\partial G^2} > 0$ 时,会使势 U 单调递增。从数量比较上看,依势战律概念,有 $\frac{\partial U}{\partial G} > \frac{\partial U}{\partial R} > \frac{\partial U}{\partial P} > 0$,这反映了防空战略作战指导的正确率 G 对势 U 的影响最大,防空战略作战布局对战略空袭的适应度 R、防空战略作战实力 P 对势 U 的影响依次位居第二、第三位。作战指导正确率 G 是决定性因素。

5 势的时变

随着战略作战的进程演变,战略作战的势在发生着一个时变的过程。在数值上表现为

$$\frac{dU}{dt} = \mathbf{grad}U \cdot \frac{dX}{dt} \triangleq \frac{\partial U}{\partial P}\frac{dP}{dt} + \frac{\partial U}{\partial R}\frac{dR}{dt} + \frac{\partial U}{\partial G}\frac{dG}{dt} = \mathbf{grad}U \cdot \frac{dX}{dt} \cdot \cos\theta$$

其中 $\theta = (\mathbf{grad}U, X)$ 是梯度向量 $\mathbf{grad}U$ 与状态时变速度向量 $\dot{X} = \frac{dX}{dt}$ 的夹角。可见,随着战略作战的时间进程演变,应使状态的变化方向尽可能与势函数的梯度方向一致,以使势函数具有最大的改变,得到尽可能的优势。

6 势的规划

利用数学规划知识可知,势的规划问题是如下的一个数学规划

$$\max U = U(P,R,G) \qquad s.t.\begin{cases}0 \leqslant P < +\infty, \\ 0 \leqslant R \leqslant 1, \\ 0 \leqslant G \leqslant 1.\end{cases}$$

当作战实力 P 受到定量限制时,该规划的可行域为一个长方体。

7 相关启示与结论

通过模型分析,我们可以对防空战略作战体系建设得到许多非常有益的启示。防空战略作战中的指挥控制是决定防空战略作战整体局势及其发展结果的决定性环节,其操作着是防空战略作战中的指挥员。防空战略作战的势战律要求指挥员必须着眼于全局,审时度势,谋局造势,围绕谋求和营造利我弊敌的防空战略作战的总态势,对状态变量 $\boldsymbol{X}=(P,R,G)$ 进行适时适度的调整,使势函数 $U=U(P,R,G)$ 取得尽可能大的势值这个中心,因时、因地、因敌正确判断空防对抗的态势,科学地把握和分析势函数 $U=U(P,R,G)$ 随状态 $\boldsymbol{X}=(P,R,G)$ 的变化方向,以尽可能使状态的变化方向 $\frac{\mathrm{d}\boldsymbol{X}}{\mathrm{d}t}$ 与势函数的梯度方向 $\mathbf{grad}U$ 一致,并预见其发展变化,谋划防空作战的战略布局,造成有利的防空战略态势。在此,应把握好准确度势(设计势函数)、量情造势(进行势规划)、善于用势(把握势变)。准确度势,就是要求指挥员必须通过各种途径和手段,全面了解和及时掌握整个战场的态势并通过认真的分析和研究,以求对敌我之势作出客观全面的认识,设计出势函数 $U=U(P,R,G)$,以保证得出正确的判断结论。特别应利用势函数的相关性质及一切可利用的信息,判断出敌我之强势和弱势、有利之势和不利之势,当前之势和尔后之势,做到知已知彼,准确掌握战场的全局态势,从而,为构造良好的状态 $\boldsymbol{X}=(P,R,G)$ 做好准备。量情造势,就是根据当前战场上所呈现的敌我双方总体态势及可能发展,对状态变量 $\boldsymbol{X}(P,R,G)$ 进行恰当的规划设计,正确实施兵力部署,运用机动、集中、分散、洋装、伪装、防护等手段及其它作战行动,尽量减弱敌方强势,缩小我方弱势,努力造成一个利于我、弊于敌的双方不平衡之势。善于用势,就是在准确度势和量情造势的基础上,充分利用避强击弱、趋利避害和出奇制胜等策略,巧妙地反馈和修正势函数 $U=U(P,R,G)$ 的有关特性,正确地运用兵力,灵活机动地运用战略战术,积极主动地打击敌人,以夺取防空战略作战的最终胜利。

参考文献:

[1] 陈鸿猷. 防空战略学[M]. 北京:解放军出版社,1999.

Researches on Modeling the Potential Warfare Law of Air Defense Strategy

WANG Feng-shan, SHEN Mao-xing
(The Missile Institute,AFEU. ,Sanyuan 713800,China)

Abstract: The concept of potential function is firstly introduced for air-defence strategy system based on the knowledge of the potential warfare law. By this point, the comparison of potential function, the isopotential surface, the evolvement of potential function and the potential program are presented in succession. With these models, we also give some valuable conclusions for the construction of air-defence strategy system.

Key words: potential function; evolvement of potential function; potential warfare law; air-defence strategy warfare