

# 对抗条件下防空导弹武器系统的作战效能分析

汤阳春, 张多林

(空军工程大学 导弹学院, 陕西 三原 713800)

**摘要:**对基于对抗条件防空导弹武器系统的作战效能进行了研究,分析了影响武器系统效能的主要因素。根据防空导弹武器系统射击目标的过程,建立了对抗条件下导弹武器系统作战效能研究的数学模型并详细分析了影响系统作战能力的重要因素,为在这方面的进一步研究提供一定的参考。

**关键词:**导弹武器系统;作战效能;对抗

**中图分类号:**TJ761.1<sup>+</sup>3 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3516(2002)04-0013-03

防空导弹武器系统是由多个子系统组成的复杂大系统,如何反映在对抗条件下防空导弹武器系统的作战效能已成为决策机构较为关心的问题<sup>[1]</sup>。

关于武器系统效能,应用最广泛的是ADC模型,它认为效能是系统可用性、可信性和固有能力的函数。根据防空导弹武器系统担负的作战任务,可以将其作战效能定义为:整个系统在规定条件下,按规定的方式工作,能够成功地完成对目标拦截任务的概率。这个概率也便是防空导弹全系统的有效性、系统在整个作战过程中的可靠性和对目标损伤能力的函数。

## 1 防空导弹武器系统作战能力的体系分析

根据导弹武器系统杀伤空中目标的工作过程,对其作战能力的体系分析如图1所示。

其中,目标特性指武器系统所对付的典型目标的战术技术指标的综合,它间接地反映了武器系统的作战能力。雷达性能指武器系统的雷达子系统能够准确捕获、有效跟踪并准确地将导弹引导到目标区域的能力。射击能力是武器系统能够有效地击毁或杀伤其火力范围内目标的能力。抗干扰能力是指在电子战环境中,采用一定的措施,武器系统能够保证己方有效地使用电磁频谱的能力。生存能力指导弹武器系统在特定环境中能够保持作战能力或遭到打击后经快速修复仍能投入作战的程度。

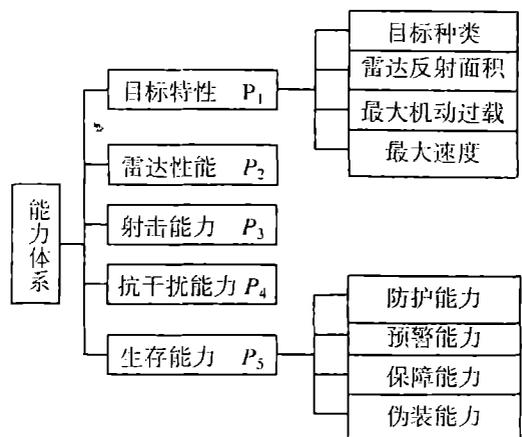


图1 体系分析框图

## 2 作战能力的影响因素分析

根据对抗条件下敌我双方斗争的过程和特点,武器系统的作战效能应看作是系统各个不同的组成部分共同作用的结果,另一方面,同一种武器系统对付不同的目标

收稿日期:2001-10-02

作者简介:汤阳春(1976-),男,湖北公安人,硕士生,主要从事防空作战建模与仿真研究。  
张多林(1958-),男,山东单县人,教授,主要从事防空作战建模与仿真研究。

其作战效能可能会迥然不同,因此,在研究对抗条件下的作战效能时,必须考虑到目标性能的影响。

### 2.1 来袭目标性能的影响

首先我们进行了如下假设:1)空中目标属于防空导弹武器系统初始设计时的目标范畴;2)空中目标只使用机载常规武器实施攻击;3)空中目标以毁伤防空导弹武器系统为主要作战任务。

在上述假设的前提下,应用模糊数学的方法与原理,提出空中目标的一些有代表性的战术性能指标,用 Delphi 法确定各项指标的加权系数,然后通过与同类目标作横向比较,建立隶属度,得到映射值和空中目标的作战能力综合量度。

### 2.2 导弹武器系统自身性能的影响

导弹武器系统作战效能的发挥是其各个环节共同作用的结果,在这些环节中,不仅有导弹系统的硬件因素,还有软件因素,其中一些因素,例如操作人员的技术水平、指挥员的决策水平等都非常难以量化,本文仅将这些因素看作理想情况不做考虑,而只对导弹系统自身的一些有关因素进行研究,主要是以下几个方面:

#### 2.2.1 雷达性能的影响

雷达性能表现为搜索雷达搜索到目标,将目标信息传给跟踪雷达后,能有效地跟踪目标,并能有效地将导弹引导到目标区域的概率。即:

$$P_1 = P_{11} P_{12} P_{13} \quad (1)$$

这里的  $P_{11}$ ,  $P_{12}$ ,  $P_{13}$  分别表示搜索雷达能够有效地发现目标的概率,跟踪雷达能够有效地跟踪目标的概率和制导雷达能够准确地将导弹引导到目标区域的概率。

#### 2.2.2 武器系统射击能力的影响

射击能力对武器系统的作战效能有很重要的影响,因为只有击毁或杀伤来袭目标,才能有效地保证自身的安全。它是武器系统火力范围远近界、高低界、导弹机动过载及系统反映时间的综合量化。

#### 2.2.3 抗干扰能力的影响

武器系统抗干扰能力的量化是一项十分困难的工作,目前尚没有一个切实可行并得到公认的判断标准,一般只采用电子干扰和电子反干扰对雷达最大探测距离、发现概率、制导误差和杀伤概率的影响来反映导弹武器系统的抗干扰能力。为便于量化,将它分解成三个部分:目标探测阶段的抗干扰能力,目标跟踪阶段的抗干扰能力和导弹制导阶段的抗干扰能力。按上述分解标准确定权向量,然后比较同类型防空导弹系统三个方面的相对好坏,打分得映射值,最后加权综合得到系统总的“抗干扰能力”的映射值,详见参考文献[2]。

#### 2.2.4 武器系统生存能力的影响

武器系统的生存能力主要表现为一次攻防对抗后武器系统的生存概率,这里用  $P_2$  表示。如果空中只有一个来袭目标,则:

$$P_2 = 1 - q_h \quad (2)$$

其中  $q_h$  在一次攻防对抗中,目标对防空导弹的毁伤概率,可以表示为

$$q_h = q_1 q_2 q_3 q_4 \quad (3)$$

式中:  $q_1$  为空中目标有效地发现防空导弹武器系统并未被毁伤的概率;  $q_2$  为空中目标在向导弹武器系统投放空袭兵器之前未被防空武器毁伤的概率;  $q_3$  为空中目标能够成功地发射空袭兵器而未被损伤的概率;  $q_4$  为空中目标在成功发射空袭兵器的条件下,击毁地空导弹武器系统的概率。

于是

$$q_2 = 1 - q_1 q_2 q_3 q_4 \quad (4)$$

当有多个目标来袭时,导弹武器系统的生存概率可表示为

$$P_2 = 1 - \prod_{i=1}^m (1 - q_{hi}) \quad (5)$$

式中:  $m$  为来袭的目标数目;  $q_{hi}$  为第  $i$  个空中目标击毁导弹武器系统的概率。

## 3 对抗条件下防空导弹武器系统作战效能的数学模型

基于对抗条件,本文采用 ADC 模型的改进形式<sup>[2]</sup>进行研究,即:

$$E = QA[D][C] \quad (6)$$

其中  $Q$  为防空导弹武器系统在未被空中目标攻击的情况下,对空中目标进行攻击的概率。它是防空导弹武器系统性能的综合体现。

$$Q = P_A + (1 - P_A)(1 - \bar{P}\bar{R}) \quad (7)$$

式中  $P_A$  为防空导弹武器系统先于空中目标实施攻击的概率;  $\bar{P}$  为空中目标武器系统的作战能力;  $\bar{R}$  为空中目标武器系统正常工作概率;

$A$  为有效度矩阵,表示系统在开始执行任务时处于不同状态的概率,  $A = [a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_n]$ 。矩阵中元素  $a_i$  表示系统在开始执行任务时处于  $i$  状态的概率;  $n$  为开始执行任务时系统的状态数。

$D$  为可信度矩阵,表示导弹武器系统的可靠性和持续工作能力。

$$D = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \cdots & d_{1n} \\ d_{21} & d_{22} & \cdots & d_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ d_{n1} & d_{n2} & \cdots & d_{nn} \end{bmatrix}$$

其中的  $d_{ij}$  表示导弹武器系统由初始状态  $i$  经过对抗过程转变到状态  $j$  的概率。由于导弹武器系统在攻防对抗的过程中不能修理,所以矩阵中的部分元素为零。

$C$  为能力矩阵,表示在已知执行任务期间系统状态条件下,系统完成作战任务能力的量度。在对抗条件下,武器系统完成作战任务的能力是目标特性、雷达性能、武器系统的生存能力、射击能力和抗干扰能力的综合量化。当导弹武器系统在作战过程中满足马尔可夫假设时,能力矩阵:

$$C = [c_1, c_2, \dots, c_i, \dots, c_n]^T$$

其中  $c_i$  表示在第  $i$  个状态下系统完成规定作战任务的能力,

$$c_i = \sum_{j=1}^5 P_j \mu_j \quad (8)$$

其中  $\mu_j$  为第  $j$  个影响因素的权重值。

## 4 结束语

效能分析法为总体评估一套防空导弹武器系统的综合性能提供了一种简洁、有效的度量方法。本文根据防空导弹武器系统与来袭目标对抗的过程与特点,研究了处于对抗环境中防空导弹武器系统的作战效能,并提出了具体的数学模型。为了研究问题的方便,本文对影响武器系统作战效能的影响因素作了一定简化,今后还需不断完善。作为一个初步的探讨,它为在这方面的深入研究提供了一定的参考。

### 参考文献:

- [1] 高晓光,赵晓睿,罗继勋. 飞机攻防对抗作战效能仿真分析方法[J]. 空军工程大学学报(自然科学版),2000.1(4):71-76.
- [2] 徐安德. 用预测法量化防空导弹武器系统效能的研究[J]. 上海航天,1999.16(4):12-17.
- [3] 高尚,姜寿春. 武器系统效能评估方法综述[J]. 系统工程理论与实践,1998.18(7):109-114.

(编辑:田新华)

## Study on Combat Effectiveness of Air Defense Missile Weapon System Based on Conflict circumstance

TANG Yang - chun, ZHANG Duo - lin

(The Missile Institute, Air Force Engineering University, Sanyuan, Shaanxi 713800, Chian)

**Abstract:** This paper analyses the principal factors that affect the effectiveness of weapon system based on conflict circumstance. According to the process of air defense missile's firing target, the paper also presents a mathematical model and describes in detail the corresponding method for the study on combat effectiveness of missile weapon system and simultaneously offers a reference for further studies in this aspect.

**Key words:** missile weapon system; combat effectiveness; conflict