

# 导弹攻防对抗作战效能仿真分析方法论<sup>\*</sup>

陈景亮 朱一凡 张学斌 王维平

(国防科技大学系统工程与数学系 长沙 410073)

**摘要** 本文介绍了在基于攻防对抗仿真的导弹作战效能分析时应该面对的四个主要环节, 提出了采用攻防对抗仿真进行导弹作战效能分析的一般过程。该方法适用于各类导弹等武器系统攻防对抗仿真作战效能研究。

**关键词** 攻防对抗仿真, 导弹, 作战效能

**分类号** T J760.622 TP391.9

## Methodology for Simulation of Missile System Combat Effectiveness Evaluation

Chen Jingliang Zhu Yifan Zhang Xuebin Wang Weiping

(Department of Systems Engineering and Mathematics, NUDT, Changsha 410073)

**Abstract** This paper deals with the four critical areas in the evaluation of the missile combat effectiveness based on engagement simulation. A common procedure for this method is presented, which can be used for the application of engagement simulation to the evaluation of the combat effectiveness of all kinds of missile systems.

**Key words** engagement simulation, missile, combat effectiveness

当前, 导弹已成为局部战争特别是军事突发事件中的重要角色, 在现代战争中显示了前所未有的威力。经过越南、中东和海湾等几次较大规模的战争, 导弹技术得到全面的发展, 性能不断提高, 作战效能也越来越高。导弹作战效能的高低直接影响甚至将决定战争的进程<sup>[2][3]</sup>。新型号导弹研制出来后, 需要对它的作战效能作出科学、合理的评价。一般来说, 作战效能是指武器系统完成给定战斗任务的有效程度, 标志着武器系统完成给定战斗任务的能力。武器系统的作战效能, 归根结底要由运用武器系统的作战兵力在实际作战使用环境下完成作战任务的程度来评定<sup>[4]</sup>。显然, 在现实世界中造就这样一个作战环境来评定武器系统的作战效能不仅耗费巨大, 还可能造成人员伤亡、物资损耗和环境破坏。所以人们期望寻求一种可替代实际试验的易于定量分析的作战环境。随着计算机技术和系统仿真技术的发展, 利用计算机化的作战模拟和仿真构造一个虚拟的导弹攻防对抗的作战环境已成为可能。这种作战环境不仅可以定量描述作战环境的各种特点和行为, 而且避免了作战环境实际试验中必须付出的高昂代价<sup>[1]</sup>。因此这种基于攻防对抗仿真进行的导弹作战效能分析具有很大优越性。

效能分析和评价是军事运筹学的一项基本研究内容。在军事运筹学中, 作战效能分析和评价通常要包括: (1) 定义效能参数, 选择合理的效能指标; (2) 根据给定条件, 计算效能指标的值; (3) 进行多指标效能的综合评价, 即由诸效能参数的指标值求出效能综合评价。这是适用于一般情况下的作战效能分析方法<sup>[4]</sup>。

基于攻防对抗仿真的导弹作战效能分析方法, 就是要依据一定的导弹作战效能指标体系, 利用攻防对抗仿真方法来获取导弹的作战效能指标值。一方面, 它是作战效能分析, 要遵循上述作战效能分析的过程。首先要建立导弹作战效能分析评价的指标体系, 建立系统各层次上指标、参数间的因果关系、约束关系和定量计算关系; 然后获取数据, 利用指标体系的关系模型计算指标值, 进行多指标效能的综合评价。另一方面, 作战效能的分析评价是在攻防对抗仿真条件下进行的, 需要建立导弹攻防

\* 重大试验技术研究项目资助

1998年10月5日收稿

第一作者: 陈景亮, 男, 1973年生, 硕士生

对抗的作战模型,通过对导弹攻防对抗过程进行仿真,获取和分析导弹作战效能指标,据此进行导弹作战效能的综合评价。

基于攻防对抗仿真的导弹作战效能分析包括四个主要环节:(1)建立导弹作战效能指标体系;(2)导弹攻防对抗过程的建模与仿真;(3)导弹作战效能指标的获取和分析;(4)导弹作战效能的仿真验证和表现。

导弹作战效能指标体系主要是选取导弹作战效能分析、比较和评价的一系列参数和建立相应指标,并通过分析、假设和定义等方法确定它们之间的各种关系。一方面在一定的可信和可用程度上衡量并说明导弹武器系统的优劣,另一方面在一定可信和可用程度上比较和优化导弹攻防对抗作战的战术战法。作战效能指标体系的科学性和完备性在一定程度上决定了导弹作战效能分析的可信和可用程度。

导弹攻防对抗作战过程的建模与仿真主要实现获取、验证和表现作战效能指标体系的参数和指标的对抗过程。通常要进行必要的问题界定和假设,并在此基础上构造导弹攻防对抗模型,利用计算机软硬件环境和运用仿真方法实现。这个环节不仅要依据所建立的导弹作战效能指标体系,而且要依据导弹攻防对抗的军事实践原则、方法和经验,还要依据现有的计算机技术水平和可用的仿真实验方法。

导弹作战效能指标的获取和分析是通过导弹攻防对抗作战仿真,获取导弹作战效能指标体系的参数和指标,并对它们进行计算和分析。首先要设计比较合理的各类参数、指标的数据结构,再选择易于计算机实现的采集、存取方案,在得到的各种数据的基础上,依据所建立的导弹作战效能指标体系关系,实现导弹作战效能的计算、分析。

导弹作战效能的仿真验证和表现是针对仿真模拟的导弹攻防对抗作战过程,对导弹作战效能进行度量、比较、验证和表现;是一种求真反馈和精益求精的过程。它使基于攻防对抗的导弹作战效能分析不仅准确反映指标体系关系,而且正确描绘现实的攻防对抗过程。

由于导弹攻防对抗过程非常复杂,影响因素很多,可重复性较低,所以要以导弹作战效能指标体系为指导,界定导弹攻防对抗过程的环境条件、对抗规模、战术原则和评判方法,再进行导弹攻防对抗过程的建模与仿真。而导弹作战效能指标的获取和分析与导弹作战效能的仿真验证和表现,就必然要依赖于所建立的导弹攻防对抗作战过程的仿真模型。

## 1 基于攻防对抗仿真的导弹作战效能分析的一般过程

虽然导弹作战效能问题比较复杂,而且攻防对抗仿真比较困难,但是在一定的可信和可用程度上,基于攻防对抗仿真的导弹作战效能分析可以采用如下的过程:(1)构建指标体系;(2)描述对抗过程;(3)建立对抗模型;(4)设计仿真方案;(5)实现仿真对抗;(6)处理试验数据;(7)评价验证表现。

### 1.1 构建指标体系

从系统观点来看,无论武器系统的性能还是其作战运用的效能,其实都不过是一个复杂大系统——战争系统中不同层次子系统的效能<sup>[4]</sup>。根据战术导弹武器系统的设计目标和运用方式,与它相关的战争系统层次可分为如下四层:

- 第一层 战争层,确定作战的大框架,界定作战的环境、任务与规模;
- 第二层 格斗层,导弹和敌方武器系统在一定原则下进行对抗,由一系列的战术和决策事件组成;
- 第三层 武器系统层,由进行火力对抗和电子对抗等一系列攻防对抗事件组成;
- 第四层 子系统技术层,战术导弹系统和与之作战效能密切相关的其它武器装备的技术参数与性能。

上述四个层次确定了导弹武器系统效能分析的大框架,战争层次界定了导弹武器系统运用的边界,效能分析主要在格斗层次和武器系统层次上展开,而子系统技术层次则是进行导弹作战效能分析的基础。

针对导弹攻防对抗的这种层次关系,构造导弹作战效能指标体系。目前采用较多的是,基于美国咨询委员会的武器系统效能分析模型建立的由导弹武器系统的可用性 A、导弹武器系统的可信赖性 D 和导弹武器系统的能力 C 组成的指标体系。其中导弹武器系统的能力是对导弹精度和毁伤能力的度

量，比如用单发导弹命中目标后对目标的毁伤效果的期望值来度量，也可用单发导弹命中目标的概率来度量<sup>[4]</sup>。

### 1.2 描述对抗过程

对抗过程主要包括制定导弹攻防对抗的作战想定和分析可能采用的对抗措施。

任何武器系统的效能分析都是在一定的作战使用条件下展开的，制定作战想定就是提供这样一个特定的作战使用条件。导弹攻防对抗的过程描述内容有<sup>[1][4]</sup>：

- 1) 作战背景 包括：① 作战任务，如导弹的作战使命、目的、时间和攻击目标等；② 作战地域及其季节和自然特征等；③ 作战环境地理、天文、气象条件；
- 2) 单个目标或目标群 包括：① 目标的类型、特性、防御火力配备、电子战装备等；② 目标群的构成样式、C<sup>3</sup>I系统、电子战系统及对抗作战能力等；
- 3) 导弹武器系统 包括：① 导弹发射平台类型、导弹火控系统、飞行制导和寻的性能；② 指挥控制系统及情报支援系统等；
- 4) 导弹系统的战术原则 包括：① 导弹系统作战原则；② 导弹发射决策方法；③ 电子干扰的使用原则等；
- 5) 单个目标或目标群的战术原则，包括：① 发现目标的反应过程；② 针对目标的应战方法和战术原则；③ 电子对抗的作战原则等。

在制定作战想定过程中，要对研究问题的上述几个方面进行界定和假设，得到导弹攻防对抗过程的一般描述，明确对抗过程中的基本事件序列和可能的对抗措施。

### 1.3 建立对抗模型

针对上述的对抗过程，建立有关的对抗模型。一般主要包括导弹飞行攻击模型、导弹命中目标后的目标毁伤模型、目标区的警戒模型、目标区防御的火力拦截模型、目标区内的电子对抗模型、对抗的效果评判模型等。

这些模型的形式可能多种多样，有时是某一个模型的一部分，有时是一个复合模型的子模型，有时又被分成几部分放于若干的模型中。

### 1.4 设计仿真方案

基于已确定的作战原则和对抗模型，设计导弹攻防对抗仿真方案的模型框架。考虑导弹攻防对抗仿真过程的启动和推进，效能指标体系的相关参数和指标值的采集和获取。图 1所示是一个机载飞航式导弹攻击舰艇的仿真模型框架。

### 1.5 实现仿真对抗

采用仿真工具软件或高级编程语言，实现导弹攻防对抗仿真的软件系统。一般主要采用图 2所示的软件组织结构形式。

其中人机交互单元提供各种可能的运行选择，可以根据不同的分析目的，选择相应的参数输入，对导弹武器系统的作战效能进行相应层次的评估和分析。

导弹攻防对抗仿真支持环境可以选用现有的仿真软件或用高级编程语言自行构建。

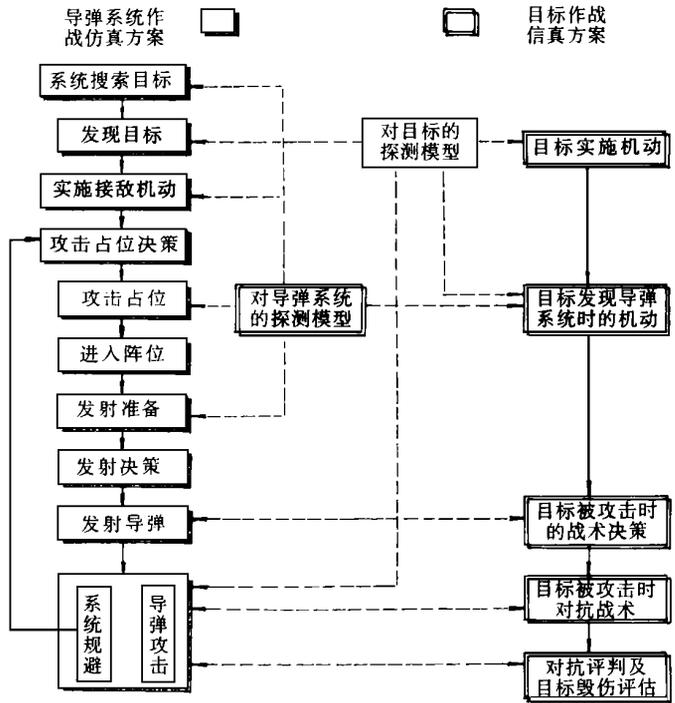


图 1 导弹攻防对抗仿真方案的模型框架

Fig 1 Model framework for missile combat scenario based on engagement simulation

导弹攻防对抗仿真数据库系统用于存取各类数据并对其进行管理, 包括: ① 各类基础数据, 如导弹技术参数, 目标技术参数, 作战环境数据等; ② 仿真应用数据, 如仿真结果, 仿真抽样数据等; ③ 仿真表现数据, 如系统演示所需的多媒体数据和结果数据。

导弹攻防对抗仿真模型库用于存放和管理导弹作战效能仿真的各类模型 如上述的攻防对抗模型、效能评估模型以及系统仿真支持模型

演示分析单元一般采用图文并茂的形式演示导弹攻防对抗过程, 并计算和显示效能评估和分析结果 演示主要采用动画和图表的方式进行; 利用平面动画、三维动画的移动、旋转、切换等手段, 以较生动逼真的对抗动画过程演示导弹攻防对抗仿真的虚拟态势的推演

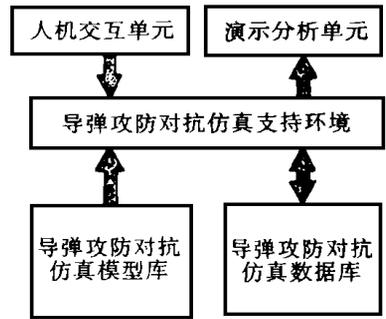


图 2 导弹攻防对抗仿真软件系统结构  
Fig 2 the software architecture for the missile combat effectiveness based on engagement simulation

### 1 6 处理试验数据

导弹攻防对抗仿真的目的是获得导弹作战效能, 而仿真试验中得到的试验数据并不能直接达到这一目的, 必须依据仿真结果的分析方法和所构建的指标体系, 经过分析、整理、计算才能得到。

### 1 7 评价验证表现

评价和验证均应包含两方面的内容: 一是对仿真模型的评价、验证, 利用相关的理论、方法进行<sup>[6]</sup>; 二是利用仿真结果对导弹作战效能进行评价、比较, 并据此在一定程度上可对导弹攻防对抗的作战效能进行仿真验证 表现是对导弹攻防对抗仿真的过程的演示和对数据分析处理结果的显示。

## 2 导弹攻防对抗仿真研究方法中若干问题的思考

### 2 1 导弹作战效能指标体系的构建

作战效能分析的结果与效能指标体系直接相关, 因此作战效能指标的选取最好要遵循以下原则: ① 能表示完成军事任务的真实程度; ② 物理意义明显, 可利用模型求解; ③ 对导弹的性能参数有足够的敏感性; ④ 用仿真方法评估, 并遵循有关的建模原则和方法; ⑤ 能使用户对导弹的作战效能有一个全面、透彻的认识

应该认识到目前导弹作战效能指标体系的片面性, 需跳出“毁伤”、“命中”等传统指标的束缚, 建立一个囊括“毁伤”、“命中”的全面一些的适应未来高技术战争需要的指标体系。

### 2 2 导弹作战效能的仿真表现

现在的仿真表现已经多媒体化, 并且向着虚拟现实的方向发展 由于采用这些形象直观的表现手段, 仿真利用的深度和广度都得到了不同程度的提高 在导弹作战效能的仿真表现中也逐渐广泛地使用多媒体的形式, 使得导弹攻防对抗作战的过程活灵活现地展现在人们面前。一方面, 在直接感官上就可以得到很多的导弹攻防对抗过程信息, 增进对仿真模型和仿真过程的认识和理解; 另一方面, 又可促进对仿真模型和仿真过程的深入思考和不断改进优化, 使导弹攻防对抗仿真更加接近现实, 由此获得的导弹作战效能具有更好的可信和可用性。

## 参考文献

- 1 张野鹏. 作战模拟基础. 北京: 解放军出版社, 1995
- 2 孙旭, 何树才, 孙快吉, 黎晓明. 导弹与战争. 北京: 国防工业出版社, 1995
- 3 高技术武器选介, 国防科技信息研究所, 1993
- 4 张最良, 李长生, 赵文志, 丁富力. 军事运筹学. 北京: 军事科学出版社, 1993
- 5 王维平, 朱一凡, 华雪倩, 张汉江. 离散事件系统建模与仿真. 长沙: 国防科技大学出版社, 1997