

# 弹道导弹 攻防对抗的建模与仿真

Attack-Defense Counterwork Modeling  
and Simulation of Ballistic Missile

罗小明 等著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

本书得到总装备部“1153”人才工程专项经费资助

# 弹道导弹攻防对抗的 建模与仿真

罗小明 杨娟 吴钰飞 贺平 著  
邹雪梅 单玉泉 申之明 王斌

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

弹道导弹攻防对抗的建模与仿真 / 罗小明等著. —北京:  
国防工业出版社, 2009. 1

ISBN 978 - 7 - 118 - 05906 - 9

I. 弹... II. 罗... III. ①弹道导弹—系统建模②弹道导  
弹—系统仿真 IV. E927

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 123238 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

\*

开本 787 × 1092 1/16 印张 16 字数 365 千字

2009 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 40.00 元

---

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

# 前 言

建模与仿真技术是继科学理论、科学实验之后的第三种认识和改造世界的手段。现代,由于建模与仿真技术的发展,给予弹道导弹武器系统作战效能评估以新的手段和便利的条件,能够保证这项工作的准确、全面、高分辨力、实时性和实用性,在很大程度上弥补了演习、试验和实战中不能大量发射导弹,也不能进行试射和修正的缺陷。建模与仿真作为弹道导弹攻防作战研究的重要支撑工具,它不仅可作为装备保障指挥中的决策或辅助决策手段,同时也可作为武器系统论证、试验、设计提供定量依据。

弹道导弹攻防对抗是联合作战的主要作战形式之一。弹道导弹武器系统和军用卫星系统是现代战争中重要的信息化武器装备,发挥着“撒手锏”作用。如何运用建模与仿真技术,建立弹道导弹作战效能评估指标体系和评估模型,建立军用卫星系统信息支援能力评价指标体系和评价分析模型,评估军用卫星系统信息支援下弹道导弹作战效能,分析弹道导弹发展建设的规模需求,这是弹道导弹和军用卫星发展建设、装备论证、作战运用、作战理论研究中具有挑战性和重大现实意义的课题。

本书主要为弹道导弹攻防作战效能评估、体系效能评估、体系优化提供基础数学模型和计算方法,并给出了建模与仿真的基础知识和总体思路,力求反映或揭示军用卫星系统信息支援下弹道导弹攻防作战的一些客观规律,定量分析满足不同目标要求时所需要的各种弹道导弹数量,以及用于打击各种目标的弹道导弹的种类和数量。

本书分为概论、弹道导弹攻防作战的概念建模方法及 Petri 网模型、弹道导弹攻防作战射前生存能力总体评价模型、战术弹道导弹攻防作战突防概率计算模型、战术弹道导弹攻防作战打击封锁概率计算模型、弹道导弹武器系统作战效能模拟模型、军用卫星系统信息支援能力评价分析模型、弹道导弹武器系统作战效能评估的系统动力学模型、战略弹道导弹防御系统及战略弹道导弹突防措施分析、无突防措施条件下单枚战略弹道导弹突防反导防御系统能力评估模型、有突防措施条件下多枚战略弹道导弹突防反导防御系统体系效能模型、战略弹道导弹规模需求的多目标规划模型、仿真技术及其在弹道导弹攻防作战中的应用等,共 13 章。

第 1 章主要论述弹道导弹、弹道导弹防御系统的基本概念和组成,以及武器系统效能的概念及效能评估的运行流程;第 2 章~第 8 章重点研究军用卫星系统信息支援下弹道导弹武器系统作战效能评估问题;第 9 章~第 12 章主要研究战略弹道导弹突防能力和规模需求问题;第 13 章主要论述仿真技术在弹道导弹攻防作战中的应用问题。

本书第 1 章~第 6 章由罗小明、杨娟、单玉泉执笔,第 7 章和第 8 章由邹雪梅、罗小明执笔,第 9 章~第 12 章由吴钰飞、贺平、罗小明、申之明执笔,第 13 章由王斌执笔。本书由罗小明拟订编写大纲和统稿。

本书是在我们多年弹道导弹攻防作战和空间作战模拟研究成果的基础上,经过进一步的组织、补充、修改、完善而完成的,目的是建立一套分辨力较高、系统性较强、实用性较好、可信度较高的弹道导弹攻防作战效能评估与体系优化方法体系。期望本书的出版能对推动弹道导弹武器系统发展、提高弹道导弹装备论证科学性、加强航天装备军事应用、促进弹道导弹作战理论深化发挥一定作用。

2007年11月25日,总装司令部在北京组织召开了“弹道导弹攻防对抗的建模与仿真”成果鉴定会。鉴定委员会由来自总装、总装武器装备论证研究中心、总装科技信息研究中心、总装炮兵防空兵装备技术研究所、空军装备研究院、海军装备研究院、二炮装备研究院的9名专家组成,沈荣骏院士担任主任委员。鉴定委员会一致认为:该成果覆盖领域广,技术难度大,模型合理,具有先进性、探索性和前瞻性;在弹道导弹攻防作战效能评估研究方面达到国内领先水平;成果已在总部和军兵种的装备论证中得到应用,取得了明显的军事效益,具有重要的推广应用价值。

“弹道导弹攻防对抗的建模与仿真”是一项创新性较强、极具挑战性的研究领域。由于研究的难度、资料的匮乏以及作者科研学术水平的限制,构建弹道导弹攻防作战效能评估与体系优化方法体系这一愿望未必能如愿以偿。尽管如此,我们仍希望能推出这一成果,以便与同行们商榷和切磋,并欢迎得到批评与斧正。

在本书的撰写过程中,我们参阅了国内外许多专家学者的研究成果,不少专家审阅了本书部分或全部章节的内容,提出了许多宝贵的建设性意见,在此谨向他们表示衷心感谢!另外,本书得到了装备指挥技术学院各级领导和机关的大力支持,得到了常显奇教授、李云芝教授、陈庆华教授、冯书兴教授、赵新国教授、李新明教授、李霖教授、耿艳栋教授、朱诗兵教授、陆镇麟研究员、王正青高工、邱成龙研究员、陶西平研究员、蔡业泉研究员、郭齐胜教授、吕彬研究员、刘加明研究员、韩祖南研究员、王建平高工、靳卫研究员、李东胜研究员、刘博强研究员、谷奇平副研究员、陈浩光副教授、张守玉副教授、管清波副教授、杜红梅副教授、刘广军副教授等专家学者的支持与帮助,在此谨向他们表示衷心感谢!对支持本书出版的各级领导和机关的同志们表示衷心感谢!

本书在撰写过程中难免有疏漏和不足之处,敬请同行专家和读者批评指正。

罗小明

2008年3月18日

# 目 录

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| 第 1 章 概论                         | 1  |
| 1.1 导弹与导弹武器系统                    | 1  |
| 1.1.1 导弹的概念                      | 1  |
| 1.1.2 导弹的分类                      | 1  |
| 1.1.3 弹道导弹的概念及其分类                | 2  |
| 1.1.4 常规导弹与战略导弹                  | 2  |
| 1.1.5 弹道导弹武器系统的基本组成              | 2  |
| 1.2 弹道导弹防御系统                     | 3  |
| 1.2.1 弹道导弹防御系统的概念                | 3  |
| 1.2.2 弹道导弹防御系统的组成                | 3  |
| 1.2.3 弹道导弹防御系统的分类                | 3  |
| 1.3 弹道导弹攻防对抗的基本过程                | 4  |
| 1.4 武器系统效能的概念及效能评估的运行流程          | 5  |
| 1.4.1 武器系统效能的概念                  | 5  |
| 1.4.2 效能的分类                      | 5  |
| 1.4.3 效能评估的运行流程                  | 6  |
| 1.4.4 效能动态评估的框架                  | 8  |
| 1.5 弹道导弹作战仿真模型体系框架               | 9  |
| 1.5.1 模型与仿真以及模型体系框架的概念           | 9  |
| 1.5.2 弹道导弹作战仿真模型体系总体结构和层次结构      | 10 |
| 第 2 章 弹道导弹攻防作战的概念建模方法及 Petri 网模型 | 13 |
| 2.1 概念建模理论与方法                    | 13 |
| 2.1.1 体系结构框架与产品                  | 13 |
| 2.1.2 军事需求与军事需求工程                | 16 |
| 2.1.3 概念建模工程                     | 19 |
| 2.1.4 概念建模过程                     | 21 |
| 2.1.5 概念建模的相关技术                  | 22 |
| 2.1.6 任务空间概念模型                   | 23 |
| 2.2 Petri 网的相关理论                 | 26 |
| 2.3 弹道导弹攻防作战的 Petri 网模型          | 27 |
| 2.3.1 射前生存阶段的 Petri 网模型          | 28 |
| 2.3.2 弹道导弹突防阶段的 Petri 网模型        | 32 |

|            |                                   |           |
|------------|-----------------------------------|-----------|
| 2.3.3      | 打击评估阶段的 Petri 网模型 .....           | 35        |
| <b>第3章</b> | <b>弹道导弹攻防作战射前生存能力总体评价模型 .....</b> | <b>37</b> |
| 3.1        | 弹道导弹武器系统射前生存能力模拟框架 .....          | 37        |
| 3.2        | 发射状态下弹道导弹武器系统生存能力总体评价模型 .....     | 38        |
| 3.3        | 存储状态下弹道导弹武器系统生存能力总体评价模型 .....     | 38        |
| 3.4        | 机动状态下弹道导弹武器系统生存能力总体评价模型 .....     | 38        |
| 3.4.1      | 成像侦察卫星发现目标概率的计算模型 .....           | 39        |
| 3.4.2      | 空中侦察发现目标概率的计算模型 .....             | 41        |
| 3.4.3      | 空地雷达发现目标概率的计算模型 .....             | 42        |
| 3.4.4      | 巡航导弹毁伤概率的计算模型 .....               | 43        |
| 3.4.5      | 轰炸机毁伤概率的计算模型 .....                | 43        |
| <b>第4章</b> | <b>战术弹道导弹攻防作战突防概率计算模型 .....</b>   | <b>45</b> |
| 4.1        | 可靠性计算模型 .....                     | 45        |
| 4.2        | 预警卫星对目标的预警探测能力计算模型 .....          | 45        |
| 4.2.1      | “国防支援计划”预警探测能力计算模型 .....          | 46        |
| 4.2.2      | “天基红外系统”预警探测能力计算模型 .....          | 47        |
| 4.2.3      | 蒙特卡罗模拟 .....                      | 48        |
| 4.2.4      | 预警卫星功能仿真原理 .....                  | 49        |
| 4.3        | 预警雷达发现目标概率的计算模型 .....             | 50        |
| 4.3.1      | 雷达最大作用距离的计算 .....                 | 50        |
| 4.3.2      | 不同距离上雷达系统发现概率的计算 .....            | 51        |
| 4.3.3      | 雷达检测概率计算仿真流程 .....                | 51        |
| 4.4        | 地面观察哨系统发现目标概率的计算模型 .....          | 52        |
| 4.5        | “爱国者”导弹拦截击毁概率的计算模型 .....          | 53        |
| 4.6        | 突防概率的计算模型 .....                   | 54        |
| 4.6.1      | 最少和最多拦截真弹数的计算 .....               | 54        |
| 4.6.2      | 突防概率的计算 .....                     | 55        |
| 4.7        | 突防弹头数的计算模型 .....                  | 57        |
| <b>第5章</b> | <b>战术弹道导弹攻防作战打击封锁概率计算模型 .....</b> | <b>58</b> |
| 5.1        | 封锁机场跑道毁伤判据及效能指标 .....             | 58        |
| 5.1.1      | 机场跑道毁伤效果指标 .....                  | 58        |
| 5.1.2      | 机场跑道被封锁的空间条件 .....                | 59        |
| 5.1.3      | 机场跑道被封锁的时间条件 .....                | 59        |
| 5.1.4      | 机场封锁强度的要求 .....                   | 59        |
| 5.1.5      | 封锁机场跑道的效能指标 .....                 | 59        |
| 5.2        | 瞄准点的选取 .....                      | 59        |
| 5.3        | 战斗部子弹群抛撒半径的确定 .....               | 60        |
| 5.4        | 计算母弹投影点坐标 .....                   | 60        |
| 5.5        | 计算命中跑道的子弹落点坐标 .....               | 61        |

|            |                           |           |
|------------|---------------------------|-----------|
| 5.6        | 打击效果评估                    | 62        |
| 5.6.1      | 机场跑道被封锁的判定方法              | 62        |
| 5.6.2      | 蒙特卡罗模拟                    | 63        |
| <b>第6章</b> | <b>战术弹道导弹武器系统作战效能模拟模型</b> | <b>65</b> |
| 6.1        | 基于综合集成赋权法的权重计算模型          | 65        |
| 6.1.1      | 基于目标偏好的综合集成赋权法            | 66        |
| 6.1.2      | 基于熵的综合集成赋权法               | 69        |
| 6.2        | 基于模糊层次分析法的权重计算模型          | 71        |
| 6.3        | 模糊综合评估法                   | 73        |
| 6.4        | 模型假设条件                    | 78        |
| 6.5        | 战术弹道导弹武器系统主战分系统作战效能模拟模型   | 78        |
| 6.6        | 战术弹道导弹武器系统保障分系统作战效能模拟模型   | 79        |
| 6.7        | 战术弹道导弹武器系统作战指挥分系统作战效能模拟模型 | 82        |
| 6.8        | 战术弹道导弹武器系统作战效能模拟模型        | 82        |
| 6.8.1      | 主战分系统与保障分系统作战效能综合模拟模型     | 82        |
| 6.8.2      | 战术弹道导弹作战效能综合模拟模型          | 83        |
| 6.9        | 战术弹道导弹作战火力分配模型            | 83        |
| 6.10       | 战术弹道导弹作战规模需求分析模型          | 84        |
| <b>第7章</b> | <b>军用卫星系统信息支援能力评价分析模型</b> | <b>85</b> |
| 7.1        | 军用卫星系统的结构组成               | 85        |
| 7.2        | 军用卫星系统对弹道导弹攻防作战的信息支援作用    | 85        |
| 7.2.1      | 情报侦察监视卫星的信息支援作用           | 85        |
| 7.2.2      | 环境监视卫星的信息支援作用             | 87        |
| 7.2.3      | 通信中继卫星的信息支援作用             | 88        |
| 7.2.4      | 导航定位卫星的信息支援作用             | 88        |
| 7.3        | 军用卫星系统信息支援能力指标分析          | 89        |
| 7.3.1      | 信息获取能力                    | 92        |
| 7.3.2      | 信息传输分发应用能力                | 93        |
| 7.3.3      | 信息综合与融合处理能力               | 94        |
| 7.3.4      | 信息安全与防护能力                 | 95        |
| 7.4        | 军用卫星系统作战效能评估过程的数学描述       | 97        |
| 7.5        | 军用卫星系统信息支援能力评估模型          | 100       |
| 7.5.1      | 探索性分析方法                   | 100       |
| 7.5.2      | 信息支援能力评估总控流程              | 102       |
| 7.5.3      | 信息质量评估模型                  | 103       |
| 7.5.4      | 协同评估模型                    | 104       |
| 7.5.5      | 网络复杂度分析模型                 | 105       |
| 7.5.6      | 军用卫星系统信息支援能力评估模型          | 106       |
| 7.6        | 基于 Bayes 网的作战效能评估模型       | 107       |



|       |                                         |     |
|-------|-----------------------------------------|-----|
| 7.7   | 军用卫星系统信息支援能力评价分析模型 .....                | 110 |
| 7.7.1 | 成像侦察卫星系统情报侦察能力评价分析模型 .....              | 110 |
| 7.7.2 | 电子侦察卫星系统情报侦察能力评价分析模型 .....              | 111 |
| 7.7.3 | 导航定位卫星系统导航定位能力评价分析模型 .....              | 112 |
| 7.7.4 | 环境监测卫星系统环境监测能力评价分析模型 .....              | 114 |
| 7.7.5 | 预警卫星系统预警探测能力评价分析模型 .....                | 115 |
| 7.7.6 | 通信中继卫星系统信息传输分发应用能力评价分析模型 .....          | 115 |
| 7.7.7 | 军用卫星系统信息支援能力评价分析模型 .....                | 116 |
| 7.8   | 军用卫星系统信息支援下弹道导弹武器系统指挥控制能力改善的信息熵模型 ..... | 117 |
| 第8章   | 战术弹道导弹武器系统作战效能评估的系统动力学模型 .....          | 120 |
| 8.1   | 系统动力学方法概述 .....                         | 120 |
| 8.2   | 系统动力学模型 .....                           | 123 |
| 8.2.1 | 模型相关参数 .....                            | 123 |
| 8.2.2 | 系统流图 .....                              | 125 |
| 8.2.3 | DYNAMO 方程式的建立 .....                     | 129 |
| 8.2.4 | 函数关系的确定 .....                           | 130 |
| 8.3   | 系统动力学仿真实验结果分析 .....                     | 138 |
| 8.3.1 | 输入参数 .....                              | 138 |
| 8.3.2 | 仿真实验结果 .....                            | 140 |
| 第9章   | 战略弹道导弹防御系统及战略弹道导弹突防措施分析 .....           | 143 |
| 9.1   | 战略弹道导弹的基本概念及弹道划分 .....                  | 143 |
| 9.1.1 | 基本概念 .....                              | 143 |
| 9.1.2 | 弹道划分 .....                              | 143 |
| 9.2   | 战略弹道导弹防御系统的组成与功能 .....                  | 144 |
| 9.2.1 | 预警探测系统 .....                            | 144 |
| 9.2.2 | 火力拦截系统 .....                            | 145 |
| 9.2.3 | 作战管理与指挥控制通信系统 .....                     | 146 |
| 9.3   | 战略弹道导弹防御系统的作战过程 .....                   | 147 |
| 9.4   | 美国国家导弹防御系统的部署方案 .....                   | 150 |
| 9.5   | 战略弹道导弹突防信息流分析 .....                     | 151 |
| 9.6   | 战略弹道导弹主要突防措施分析 .....                    | 153 |
| 9.6.1 | 突防措施及其分类 .....                          | 153 |
| 9.6.2 | 主要突防措施分析 .....                          | 153 |
| 9.6.3 | 诱饵对战略弹道导弹突防能力的影响分析 .....                | 154 |
| 9.7   | 战略弹道导弹防御系统的拦截方式和拦截策略分析 .....            | 155 |
| 9.7.1 | 分层拦截 .....                              | 155 |
| 9.7.2 | 各层拦截的优缺点 .....                          | 155 |
| 9.7.3 | 拦截策略 .....                              | 156 |

|                                        |     |
|----------------------------------------|-----|
| 9.8 战略弹道导弹防御系统防御模型 .....               | 156 |
| 9.8.1 战略弹道导弹突防模型 .....                 | 156 |
| 9.8.2 战略弹道导弹防御系统防御模型 .....             | 157 |
| <b>第10章 无突防措施条件下单枚战略弹道导弹突防反导防御系统能力</b> |     |
| <b>评估模型</b> .....                      | 160 |
| 10.1 发现能力计算模型 .....                    | 160 |
| 10.1.1 预警卫星预警探测能力计算模型 .....            | 160 |
| 10.1.2 预警雷达探测概率计算模型 .....              | 161 |
| 10.1.3 发现能力计算模型 .....                  | 162 |
| 10.2 跟踪能力计算模型 .....                    | 162 |
| 10.3 识别能力分析 .....                      | 163 |
| 10.3.1 反导防御系统的识别链 .....                | 163 |
| 10.3.2 反导防御系统的识别机理 .....               | 164 |
| 10.3.3 识别能力分析 .....                    | 164 |
| 10.4 拦截能力计算模型 .....                    | 164 |
| 10.4.1 激光武器拦截概率计算模型 .....              | 165 |
| 10.4.2 动能拦截弹拦截能力计算模型 .....             | 168 |
| 10.4.3 中段反导防御系统拦截概率计算模型 .....          | 170 |
| 10.5 突防能力计算模型 .....                    | 170 |
| 10.6 目标威胁度多属性评估模型 .....                | 170 |
| <b>第11章 有突防措施条件下多枚战略弹道导弹突防反导防御系统体系</b> |     |
| <b>效能模型</b> .....                      | 172 |
| 11.1 体系效能模型的功能 .....                   | 172 |
| 11.2 体系效能模型的建模思路 .....                 | 172 |
| 11.3 解析计算模型 .....                      | 173 |
| 11.3.1 多枚战略弹道导弹突防效能模型 .....            | 173 |
| 11.3.2 反导防御系统所需拦截弹数计算模型 .....          | 185 |
| 11.4 解析仿真模型 .....                      | 188 |
| 11.4.1 主要思路 .....                      | 188 |
| 11.4.2 主要参数说明 .....                    | 188 |
| 11.4.3 解析仿真模型 .....                    | 188 |
| 11.5 解析计算模型和解析仿真模型的实现 .....            | 193 |
| 11.5.1 解析计算模型的实现 .....                 | 193 |
| 11.5.2 解析仿真模型的实现 .....                 | 193 |
| 11.6 体系效能模型算例结果分析 .....                | 194 |
| 11.6.1 基于准则一的解析计算模型和解析仿真模型算例结果分析 ..... | 194 |
| 11.6.2 灵敏度分析 .....                     | 197 |
| 11.6.3 基于准则二的解析计算模型算例结果分析 .....        | 202 |
| <b>第12章 战略弹道导弹规模需求的多目标规划模型</b> .....   | 205 |

|             |                            |            |
|-------------|----------------------------|------------|
| 12.1        | 多目标规划模型的主要功能               | 205        |
| 12.2        | 多目标规划模型的建模思路               | 205        |
| 12.3        | 战略弹道导弹对各类目标单枚杀伤概率的计算模型     | 207        |
| 12.4        | 多目标规划模型的构建                 | 209        |
| 12.4.1      | 约束条件                       | 209        |
| 12.4.2      | 目标函数                       | 211        |
| 12.5        | 多目标规划模型的实现                 | 212        |
| 12.6        | 多目标规划模型算例结果分析              | 213        |
| <b>第13章</b> | <b>仿真技术及其在弹道导弹攻防作战中的应用</b> | <b>216</b> |
| 13.1        | 导弹攻防作战仿真                   | 216        |
| 13.2        | 作战仿真技术                     | 218        |
| 13.2.1      | 分布式交互仿真技术                  | 218        |
| 13.2.2      | 基于多智能体的建模与仿真技术             | 226        |
| 13.2.3      | 建模与仿真的 VV&A 技术             | 230        |
| 13.3        | 基于 HLA 的弹道导弹攻防作战仿真示例       | 236        |
| 13.3.1      | 需求分析                       | 236        |
| 13.3.2      | 仿真系统的总体结构                  | 237        |
| 13.3.3      | 联邦成员的开发                    | 238        |
| 13.3.4      | 联邦测试                       | 240        |
| <b>参考文献</b> |                            | <b>241</b> |

# 第 1 章 概 论

如果从德国的 V-2 导弹开始算起,弹道导弹的发展已经有了 60 多年的历史。它比火箭晚约 100 年,比火炮晚约 600 年~700 年。导弹武器的出现,是武器发展史中的一次质的飞跃。它对战略思想、战争规模、作战方式、作战理论、装备发展、军队体制编制以及作战心理等方面均产生了重大的影响,同时也给未来战争带来一系列新的特点。第二次世界大战以来的历次局部战争的实践和世界军事形势的发展变化,都说明了这一点。

导弹攻防对抗是联合作战的主要作战形式之一。导弹攻防对抗是围绕探测与反探测、识别与反识别、拦截与反拦截、摧毁与反摧毁来开展的,而且要在有限的时间和空间内实现这些方面的对抗。导弹武器系统在现代战争中担负战略作战任务、战役作战任务、战术作战任务、特殊作战任务和军事威慑任务,是战略战役战术运用的“撒手锏”。导弹武器的威力在当今世界多次战争中,以及世界的军事、政治格局中,均有体现并大放异彩。

## 1.1 导弹与导弹武器系统

### 1.1.1 导弹的概念

导弹是一种携带战斗部,依靠自身动力装置推进,由制导系统引导、控制其飞行路线、导向并摧毁目标的武器。导弹主要由弹体、动力装置、制导系统、弹头(战斗部)四部分组成。

### 1.1.2 导弹的分类

导弹种类繁多,分类方法也有多种。据不完全统计,世界各国研制各类导弹达 600 多种。

#### 1. 按发射点和目标点位置分类

(1) 面对面导弹:地地导弹、潜地导弹、舰地导弹、岸舰导弹、舰舰导弹、舰潜导弹、潜舰导弹、潜潜导弹。

(2) 面对空导弹:地空导弹、舰空导弹、潜空导弹。

(3) 空对面导弹:空地导弹、空舰导弹、空潜导弹。

(4) 空对空导弹。

#### 2. 按推进剂种类分类

液体推进剂导弹、固体推进剂导弹和固液混合推进剂导弹。

### 3. 按作战任务分类

战略导弹、战役战术导弹。

### 4. 按攻击目标的种类分类

反卫星导弹、反导弹导弹、反舰导弹、反飞机导弹、反辐射导弹、反坦克导弹、攻击地面目标导弹。

### 5. 按飞行方式分类

弹道导弹、巡航导弹。

### 6. 按射程分类

(1) 洲际导弹：射程大于 8000km。

(2) 远程导弹：射程为 3000km ~ 8000km。

(3) 中程导弹：射程为 1000km ~ 3000km。

(4) 近程导弹：射程小于 1000km。

美国、俄罗斯将射程为 1000km ~ 5500km 的弹道导弹定义为中程弹道导弹，射程为 5500km ~ 8000km 的弹道导弹定义为远程弹道导弹。

## 1.1.3 弹道导弹的概念及其分类

弹道导弹是在火箭发动机推力作用和制导系统控制下按预定程序飞行，发动机关机后按自由抛物体轨迹飞行的导弹。

弹道导弹的主要战术技术指标有：射程、战斗部质量与威力、命中精度、反应时间、基地生存能力、弹头突防能力、使用环境条件及可靠性等。

弹道导弹按作战使命分为战略弹道导弹和战术弹道导弹。前者射程较远，通常携带核弹头，用于打击敌对方领土上的战略目标；后者射程较近，可携带核弹头，也可携带常规弹头，主要用于打击敌对方战役战术纵深目标。按发射点与目标位置分为地地弹道导弹和潜地弹道导弹；按射程分为洲际、远程、中程和近程弹道导弹；按使用推进剂分为液体推进剂弹道导弹和固体推进剂弹道导弹；按结构分为单级弹道导弹和多级弹道导弹。

## 1.1.4 常规导弹与战略导弹

弹头或战斗部有许多分类方法，按战斗部装药分为常规战斗部导弹、核战斗部导弹。另外，还有装填生物或化学战剂战斗部的特种导弹。通常把常规战斗部导弹简称常规导弹，把核战斗部导弹简称为核导弹。

常规导弹装填物为高能炸药，引爆后，通过化学反应释放出能量，与战斗部其他部件配合形成金属射流、破片、冲击波等杀伤因素。根据战斗部对目标的破坏作用，一般可分为杀伤战斗部、爆破战斗部、破甲战斗部、侵彻爆破战斗部和特种战斗部等。

战略导弹多为中程以上，用来威慑或攻击敌方各种战略目标，带核战斗部的导弹。

## 1.1.5 弹道导弹武器系统的基本组成

弹道导弹武器系统由弹道导弹、地面（潜射）设备系统、目标信息获取系统和指挥控制系统四部分组成，其基本组成如图 1-1 所示。弹道导弹武器系统既能与其他类型的武器系统协同作战，也能独立执行作战任务。

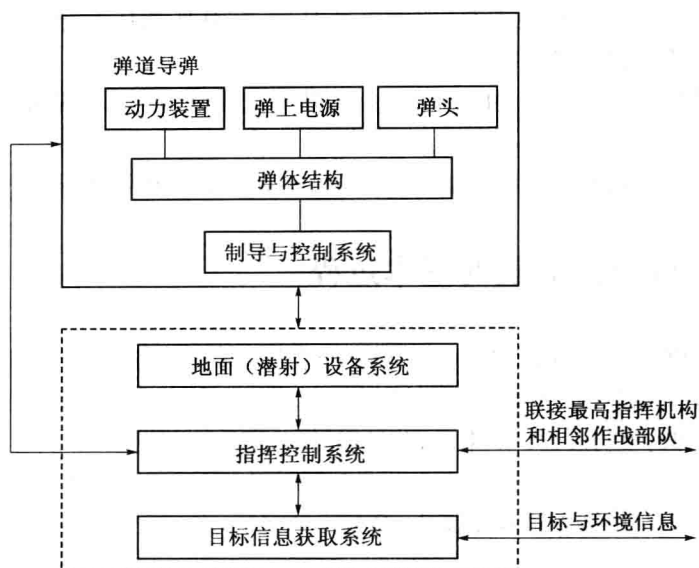


图 1-1 弹道导弹武器系统基本组成图

## 1.2 弹道导弹防御系统

### 1.2.1 弹道导弹防御系统的概念

弹道导弹防御系统是用于探测、拦截并摧毁正在高速飞行的敌对方弹道导弹弹头,使弹头失去进攻能力的武器系统。

### 1.2.2 弹道导弹防御系统的组成

### 1. 目标探测、识别、跟踪系统

要求能全天候监视敌对方弹道导弹发射阵地动向,及时准确地探测到敌对方弹道导弹发射,迅速可靠地发出弹道导弹攻击预警并确定其攻击规模和可能攻击的目标;正确识别真假弹头;实施精确跟踪以便有效拦截真假弹头并判定防御效果。

## 2. 反弹道导弹导弹

也称为反导拦截导弹或反导拦截器,用于拦截、摧毁来袭的敌对方弹道导弹真弹头。

### 3. 作战管理与指挥控制通信系统

将目标探测、识别、跟踪系统和反弹道导弹导弹有效联系起来,成为一个密切协同的整体,进行有效的弹道导弹防御。

具体地说,弹道导弹防御系统的基本组成主要包括以预警卫星为主的弹道导弹预警探测系统、以远距离识别跟踪雷达为主的目标识别与跟踪系统、以反导拦截导弹为主的反弹道导弹系统、以及作战管理与指挥控制通信系统。

### 1.2.3 弹道导弹防御系统的分类

弹道导弹防御系统的防御范围大到战区,小到点防御,安装的平台有天基(预警卫

星)、机载、舰载和陆基(包括地下井、地面机动等)。按其作战任务分为战略弹道导弹防御系统和战术弹道导弹防御系统。

战略弹道导弹防御系统主要防御的目标是陆基洲际弹道导弹和陆基远程弹道导弹以及潜射弹道导弹。

战术弹道导弹防御系统是指防御射程 3500km 以内的中程弹道导弹的防御系统。

1.3 弹道导弹攻防对抗的基本过程

弹道导弹的攻防对抗,实际上是弹道导弹的弹头所采取的各种以电子战为主的突防措施和弹道导弹防御系统中以光电、雷达为主的探测、识别、跟踪系统之间的斗争,这种斗争贯穿于整个弹道导弹的攻防过程。如果没有弹道导弹防御系统的探测、识别与跟踪系统对弹头目标的“及时发现、正确识别和精确跟踪”,反导拦截导弹就不可能对真弹头进行“有效拦截”。

弹道导弹攻防对抗基本过程如图 1-2 所示。

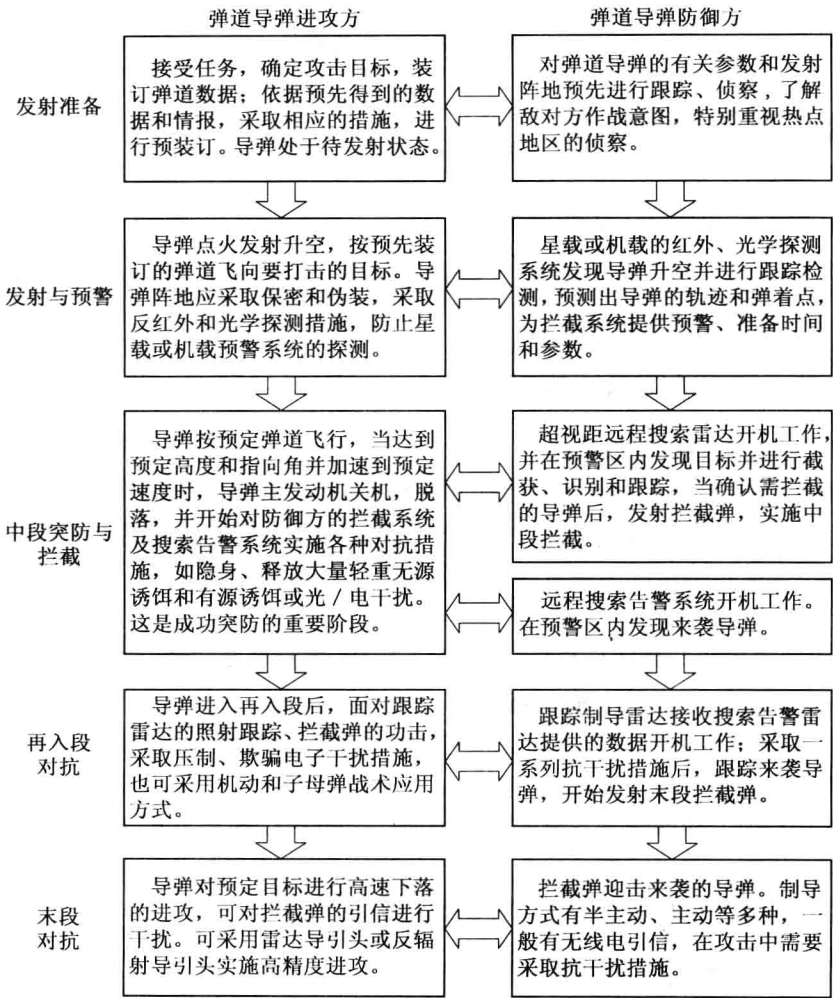


图 1-2 弹道导弹攻防对抗基本过程图

## 1.4 武器系统效能的概念及效能评估的运行流程

### 1.4.1 武器系统效能的概念

国军标 GJB 1364—92 对武器系统效能的定义为：在规定的条件下达到规定使用目标的能力。“规定的条件”指的是环境条件、人员、时间、使用方法等因素；“规定的使用目标”指的是所要达到的目的；“能力”则是指达到目标的定量或定性程度。

效能体现的是武器系统所具有的价值,这里价值是指武器系统达到某个或某些任务目标的能力大小,是一种内在的执行任务的能力,但对于其外在表现却是一种应用价值,是预期一个系统满足其特定任务要求程度的度量,和具体的使命及任务相关。

在规划、研制武器系统时,效能、费用、周期和风险成为评价武器系统优劣的四大要素。在这些要素中,效能是中心,是关键,是考核其他要素的前提。武器系统的效能是研制、使用该系统所追求的总目标,是规划、研制、配置和部署武器系统的基本依据,是评价武器系统优劣最重要的综合性指标,是武器装备作战对抗的动力和判断胜负的主要依据。通过武器系统的效能分析,可以解决大量的工程技术、战术运用和武器系统作战对抗等方面的问题。

### 1.4.2 效能的分类

“先评估,后决策”是现代管理的一种发展趋势,是从“经验决策”到“科学决策”的必由之路。没有正确的评估,就没有正确的决策。效能评估研究是一个从简单到复杂,从原始到高级,从单一方法到多种方法不断丰富和发展的过程。按照武器系统效能评估的需要,其效能可分为3类。

#### 1. 单项效能

单项效能是指运用武器系统时,就单一使用目标所能达到的有效程度。例如:用对目标的探测概率来度量部队的探测效能;用对目标的毁伤概率和毁伤期望来度量部队的进攻作战效能;用自身的战场生存概率来度量防护效能;用机动速度和距离来度量机动效能;C<sup>4</sup>ISR 系统的指挥控制效能等。现代战争中,通常一件装备要完成多项任务,因此它具有一个单项效能集。

单项效能对应的是目标单一的作战行动,而且以射击效能研究较为普遍,方法也较为成熟,在武器系统的计划、研制、定型、生产、使用过程中具有广泛的应用。

#### 2. 系统效能

系统效能是指武器系统在规定的条件下,满足一组规定任务要求的可能程度。

美国工业界武器系统效能咨询委员会(Weapon System Effectiveness Industry Advisory Committee, WSEIAC)提出的评价模型认为:“系统效能是指系统能够满足(或完成)一组特定任务要求程度的量度”。

系统效能是系统可用性(Availability)、可信性(Dependability)与固有能力(Capability)的函数,即系统效能 = 可用性 × 可信性 × 固有能力。

系统效能一般用于描述武器系统完成其任务的总体能力。系统在开始执行任务时的



状态(可用性)、在执行任务过程中的状态(可信性)、最后完成规定任务的程度(固有能力),三者共同构成了系统效能,如图 1-3 所示。

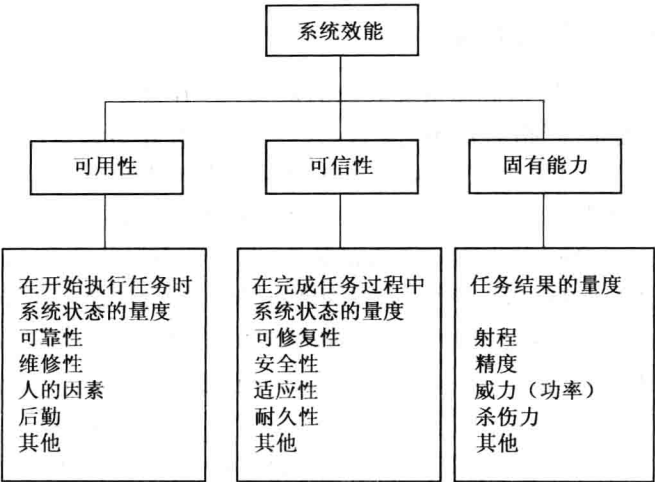


图 1-3 武器系统效能结构图

3. 作战效能

作战效能是指在规定的条件下,运用武器系统的作战兵力执行作战行动任务所能达到的预期可能目标的程度,简言之,即执行作战行动的有效程度。执行作战行动任务应覆盖武器系统在实际作战中可能承担的各种主要作战任务,且涉及整个作战过程。

单项效能和系统效能是武器系统本身所具有的基本效能,而作战效能是在有兵力和对抗条件下的动态效能。系统效能是对武器系统单项效能的综合评价,也是作战效能的前提和约束条件。作战效能的度量依赖于系统效能的度量 and 环境因素,体现武器系统与其他系统和人结合后在实际的作战环境中完成任务程度的度量。作战效能是系统在外环境中表现的特征和能力的描述。系统效能高并不意味着作战效能也高。系统效能与作战效能的根本区别在于:系统效能不考虑人的因素和敌方对抗。

一般地,通过武器装备的技术性能试验和使用性能试验就可以对单项效能和系统效能进行评估,而作战效能的评估必须通过作战试验(实物试验或仿真试验)或实战后才能完成。

1.4.3 效能评估的运行流程

武器系统效能评估是一项复杂的统计活动过程,同时也是一个定量思维过程,有其基本的评估运行体系。作为一项统计活动过程,武器系统效能评估是一个“定性→定量→定性”的辩证过程。武器系统效能评估运行流程如图 1-4 所示。

1. 明确评估目标

主要是汇集并明确评估实施单位对武器系统效能评估最基本、最重要的目标需求;并把这种需求转化为对所建效能仿真与评估系统的实体构成、功能和运行结果等方面的指标要求。明确评估目标有助于确定评估系统的组成结构、功能以及各子系统在完成任务