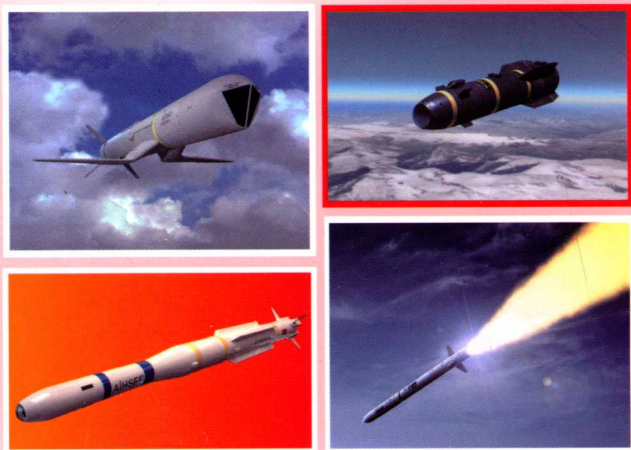


# 导弹武器系统

# 生存能力分析方法

■ 汪民乐 彭司萍 杨先德 李朋飞 著



国防工业出版社  
National Defense Industry Press

# 导弹武器系统 生存能力分析方法

汪民乐 彭司萍 杨先德 李朋飞 著

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目 ( CIP ) 数据

导弹武器系统生存能力分析方法 / 汪民乐等著. —北京:  
国防工业出版社, 2015. 5

ISBN 978 - 7 - 118 - 10212 - 3

I. ①导… II. ①汪… III. ①导弹—系统分析  
IV. ①TJ760. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 113374 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)

北京嘉恒彩色印刷有限责任公司

新华书店经售

\*

开本 710 × 1000 1/16 印张 16¼ 字数 285 千字

2015 年 5 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 48.00 元

---

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

机动弹道导弹武器系统作为高科技武器装备和远程纵深突击力量,其重要的战略地位决定了其在未来的高技术战争中必将受到敌方的重点关注,成为敌方优先打击的重要目标。当前,在核威胁远未消除的情况下,高技术常规威胁也日益增大,特别是随着现代高科技广泛运用于军事领域,信息技术与武器系统的高度融合,使战场透明度大大增加,远程精确打击已逐渐成为现代作战的主要手段,机动导弹系统未来所处的战场环境将更加恶劣,生存形势更为严峻。因此,发展有效的生存防护技术和方法,不断改进和提高机动导弹系统的生存能力,对确保弹道导弹继续发挥应有的作用具有重要意义。

要有效地提高机动导弹武器系统的生存能力,就必须从机动导弹生存防护系统总体论证、设计、生存防护技术及机动导弹作战运用开始,充分考虑影响机动导弹系统生存能力的各种因素,对导弹生存防护手段进行综合分析和综合集成。而所有这些提高机动导弹系统生存能力的活动,都离不开对机动导弹系统论证、研制方案及作战运用方案在生存方面有效性的评估与分析。其本质是一定条件下机动导弹系统生存能力分析,目前国内还缺乏可供参考的机动导弹系统生存能力分析方面的专著,而本书正是基于这一需要,在作者多年研究成果的基础上,参考国内外相关文献编著而成。全书由三篇共16章构成:第一篇包括第1章~第6章;第二篇包括第7章~第11章;第三篇包括第12章~第16章。本书由汪民乐策划,并设计全书总体框架和编写纲目,由汪民乐、彭司萍、杨先德、李朋飞共同撰写,最后由汪民乐负责对全书统稿。本书的编著与出版获得军队“2110工程”及第二炮兵工程大学学术专著出版基金的资助,并得到第二炮兵工程大学科研部及其相关业务处领导和同志们的大力支持与帮助。此外,第二炮兵工程大学理学院的领导和同志们也曾对本书提出宝贵建议,在此一并致谢!

由于作者水平有限,书中疏漏之处在所难免,恳请读者批评指正。

作者

2015年3月

**第一篇 硬毁伤威胁下机动导弹系统生存能力分析**

第 1 章 硬毁伤下机动导弹系统生存能力分析导论 .....	3
1.1 引言 .....	3
1.2 国内外研究现状 .....	5
1.2.1 武器装备论证方法研究现状 .....	5
1.2.2 导弹生存能力论证方法研究现状 .....	7
1.3 第一篇的主要内容 .....	8
1.4 第一篇的结构安排 .....	9
第 2 章 机动导弹系统面临的硬毁伤威胁分析 .....	11
2.1 机动导弹系统面临的电磁威胁环境分析 .....	11
2.1.1 电磁威胁环境的构成 .....	11
2.1.2 复杂电磁环境对机动导弹系统的威胁 .....	13
2.2 机动导弹系统面临的侦察威胁分析 .....	13
2.2.1 太空侦察分析 .....	14
2.2.2 航空侦察分析 .....	15
2.2.3 侦察监视对机动导弹系统的威胁 .....	16
2.3 机动导弹系统面临的精确打击威胁分析 .....	17
2.3.1 机动导弹系统面临的精确打击形势分析 .....	17
2.3.2 精确打击对机动导弹系统的威胁 .....	18
2.4 机动导弹系统面临的临近空间飞行器威胁分析 .....	18
2.4.1 临近空间飞行器的军事应用前景 .....	19

2.4.2	临近空间飞行器对机动导弹系统的威胁 .....	20
2.5	本章小结 .....	20
<hr/>		
第3章	机动导弹系统生存能力概念设计 .....	21
<hr/>		
3.1	生存能力的基本定义 .....	21
3.2	机动导弹系统生存能力的系统分析 .....	21
3.2.1	机动导弹系统的结构分析 .....	21
3.2.2	机动导弹系统的任务目标分析 .....	22
3.3	机动导弹系统生存能力新概念 .....	23
3.3.1	现有生存能力概念的不足 .....	23
3.3.2	机动导弹系统生存能力的新定义 .....	24
3.3.3	生存能力的相关概念 .....	25
3.4	基于UML的机动导弹系统生存能力概念模型 .....	26
3.4.1	机动导弹系统生存能力用例图 .....	26
3.4.2	机动导弹系统生存能力静态概念模型 .....	27
3.4.3	机动导弹系统生存能力动态概念模型 .....	29
3.5	本章小结 .....	32
<hr/>		
第4章	机动导弹系统生存能力指标设计 .....	33
<hr/>		
4.1	机动导弹系统生存能力影响因素分析 .....	33
4.1.1	机动导弹系统生存能力影响因素分类 .....	33
4.1.2	生存能力相关因素分析 .....	34
4.2	机动导弹系统生存能力指标构建 .....	36
4.2.1	指标构建原则 .....	36
4.2.2	机动导弹系统生存能力指标体系 .....	36
4.3	机动导弹系统生存能力指标量化分析 .....	37
4.3.1	隐蔽伪装能力 $A$ 的量化 .....	38
4.3.2	机动能力 $B$ 的量化 .....	39
4.3.3	防护能力 $C$ 的量化 .....	40
4.3.4	恢复能力 $D$ 的量化 .....	44
4.4	本章小结 .....	44

第5章 机动导弹系统研制中的生存能力论证建模 .....	45
5.1 论证模式分析 .....	45
5.1.1 论证的一般模式分析 .....	45
5.1.2 武器装备论证的基本模式分析 .....	45
5.2 机动导弹系统研制方案生存能力论证建模准备 .....	46
5.2.1 开展研制方案论证的目的 .....	46
5.2.2 系统设计方案 .....	47
5.2.3 机动导弹系统生存能力论证指标体系 .....	49
5.3 机动导弹系统研制方案生存能力论证模型 .....	49
5.3.1 模糊综合评判模型 .....	49
5.3.2 基于相邻优属度熵权的权重确定方法 .....	52
5.4 机动导弹系统研制方案生存能力论证示例 .....	59
5.4.1 论证条件 .....	59
5.4.2 论证步骤 .....	60
5.4.3 修改后再论证 .....	61
5.5 本章小结 .....	63
第6章 机动导弹系统作战运用中的生存能力论证建模 .....	64
6.1 机动导弹系统生存作战运用方案描述 .....	64
6.1.1 机动导弹系统生存作战过程分析 .....	64
6.1.2 机动导弹系统生存作战运用方案设计 .....	65
6.2 机动导弹系统生存作战策略论证模型 .....	66
6.2.1 机动导弹系统隐蔽伪装生存能力模型 .....	66
6.2.2 机动导弹系统防护生存能力模型 .....	71
6.2.3 机动导弹系统机动生存能力模型 .....	72
6.3 机动导弹系统作战运用中的生存能力总体论证模型 .....	74
6.3.1 存储阶段的机动导弹系统生存概率模型 .....	74
6.3.2 机动阶段的机动导弹系统生存概率模型 .....	75
6.3.3 待机阶段的机动导弹系统生存概率模型 .....	75
6.3.4 发射阶段的机动导弹系统生存概率模型 .....	75
6.4 机动导弹系统作战运用中的生存能力论证分析示例 .....	76
6.4.1 机动导弹系统生存作战方案想定 .....	76

6.4.2 机动导弹系统生存作战方案论证计算 .....	77
6.4.3 结果分析 .....	78
6.5 本章小结 .....	79
参考文献 .....	80

## 第二篇 综合电子战软毁伤威胁下机动导弹系统生存能力分析

第7章 综合电子战软毁伤下机动导弹系统生存能力分析导论 .....	85
7.1 引言 .....	85
7.2 国内外研究现状 .....	87
7.2.1 国外研究现状 .....	87
7.2.2 国内研究现状 .....	89
7.3 第二篇的主要内容及结构 .....	90
第8章 机动导弹系统综合电子战威胁环境分析 .....	92
8.1 导弹武器系统电子侦察威胁环境分析 .....	92
8.1.1 电子侦察卫星 .....	93
8.1.2 无人侦察机 .....	94
8.1.3 导弹预警雷达 .....	96
8.1.4 逆合成孔径雷达 .....	96
8.2 导弹武器系统电子干扰威胁环境分析 .....	97
8.2.1 有源干扰 .....	98
8.2.2 无源干扰 .....	100
8.3 导弹武器系统电子毁伤威胁环境分析 .....	101
8.3.1 电磁脉冲武器 .....	101
8.3.2 反辐射导弹 .....	104
8.4 本章小结 .....	105
第9章 机动导弹系统综合电子战生存防护技术分析 .....	106
9.1 导弹阵地电子战防护技术 .....	106
9.1.1 电子侦察卫星的弱点 .....	107



9.1.2	导弹阵地反电子侦察卫星可行性分析	107
9.1.3	导弹阵地反电子侦察技术	109
9.2	导弹飞行过程中的电子战防护技术	110
9.2.1	降低常规雷达对导弹的可探测性	111
9.2.2	反逆合成孔径雷达识别的防护技术	116
9.3	导弹突防中的电子战防护技术	117
9.3.1	反电子干扰防护技术	118
9.3.2	反电磁脉冲武器攻击防护技术	122
9.4	本章小结	125
第 10 章	机动导弹系统综合电子战生存防护效能评估	126
<hr/>		
10.1	机动导弹系统综合电子战防护效能评估指标体系设计	126
10.1.1	机动导弹系统综合电子战防护效能的概念	126
10.1.2	机动导弹系统综合电子战防护效能指标体系 建立原则	127
10.1.3	机动导弹系统综合电子战防护效能评估指标 体系建立	128
10.2	机动导弹系统综合电子战防护效能评估方法	129
10.3	导弹阵地电子战防护效能评估	131
10.3.1	导弹阵地运用欺骗性干扰对抗电子侦察卫星 效能评估	131
10.3.2	导弹阵地反电子侦察效能评估模型	133
10.4	导弹飞行过程中的电子战防护效能评估	137
10.4.1	导弹飞行过程中隐身性能指标分析	137
10.4.2	导弹飞行过程中诱饵性能指标分析	139
10.4.3	导弹飞行过程中电子战防护效能评估模型	141
10.5	导弹突防中的电子战防护效能评估	142
10.5.1	抗电子干扰防护效能分析及评价	142
10.5.2	反电磁脉冲武器攻击防护效能分析及评价	145
10.5.3	导弹突防中的电子战防护效能评估模型	150
10.6	机动导弹系统综合电子战防护效能总体评估模型	152
10.7	本章小结	153

第 11 章 机动导弹系统综合电子战生存防护策略分析 .....	154
11.1 导弹阵地电子战防护策略分析 .....	154
11.2 导弹飞行过程中的电子战防护策略分析 .....	159
11.3 导弹突防中的电子战防护策略分析 .....	163
11.4 机动导弹系统电子战防护策略综合分析 .....	168
11.5 本章小结 .....	168
参考文献 .....	169

### 第三篇 机动导弹作战体系生存能力分析与设计

第 12 章 机动导弹作战体系生存能力分析导论 .....	173
12.1 引言 .....	173
12.2 国内外研究现状 .....	174
12.2.1 作战体系研究现状 .....	174
12.2.2 生存能力研究现状 .....	175
12.2.3 体系效能评估方法研究现状 .....	178
12.3 第三篇的主要内容 .....	181
12.4 第三篇的结构安排 .....	181
第 13 章 机动导弹作战体系军事概念描述 .....	183
13.1 基本概念 .....	183
13.1.1 体系 .....	183
13.1.2 作战体系 .....	184
13.1.3 武器装备体系 .....	185
13.1.4 导弹作战体系 .....	186
13.2 导弹作战体系结构 .....	186
13.2.1 导弹作战体系的组成 .....	186
13.2.2 导弹作战体系功能结构 .....	187
13.2.3 导弹作战体系的功能关系 .....	189
13.3 导弹作战体系对抗过程分析 .....	189
13.3.1 对抗环境 .....	189

13.3.2	对抗流程	191
13.4	导弹作战体系生存能力分析	192
13.4.1	导弹作战体系生存能力定义	192
13.4.2	导弹作战体系面临的生存威胁	193
13.4.3	导弹作战体系生存能力影响因素	194
13.5	本章小结	196
<hr/>		
第 14 章	机动导弹作战体系生存能力评估指标体系	197
<hr/>		
14.1	导弹作战体系生存能力指标体系构建的基础理论	197
14.1.1	指标体系确定的理想条件	197
14.1.2	指标体系构建的总体思路	198
14.1.3	指标体系构建中的难点问题	199
14.1.4	指标值的预处理	199
14.2	导弹作战体系生存能力评估指标体系的构建	200
14.2.1	指标体系初建	200
14.2.2	指标筛选	201
14.2.3	指标体系结构优化	202
14.2.4	导弹作战体系生存能力指标体系	203
14.3	导弹作战体系生存能力指标量化分析	203
14.3.1	体系隐蔽能力的量化	203
14.3.2	体系机动能力的量化	204
14.3.3	体系防护能力的量化	205
14.3.4	体系重组能力的量化	206
14.4	本章小结	207
<hr/>		
第 15 章	机动导弹作战体系生存能力评估模型	208
<hr/>		
15.1	生存能力评估概述	208
15.1.1	生存能力评估基本内容	208
15.1.2	生存能力评估基本步骤	209
15.2	基于云模型和相邻优属度熵权的生存能力评估模型	210
15.2.1	云模型	210
15.2.2	基于相邻优属度熵权的权重确定方法	212

15.2.3	评估思路及基本步骤	216
15.2.4	导弹作战体系生存能力评估示例	218
15.3	基于灰色层次分析法的生存能力评估模型	222
15.3.1	基础理论	223
15.3.2	评估思路及基本步骤	223
15.3.3	评估示例	226
15.4	本章小结	228
<hr/>		
第 16 章	机动导弹作战体系生存对策分析	229
<hr/>		
16.1	导弹作战体系生存对策基础理论	229
16.1.1	生存对策与导弹作战体系生存对策	229
16.1.2	提高导弹作战体系生存能力应遵循的原则	230
16.1.3	导弹作战体系生存对策博弈论方法的基本概念	231
16.2	基于不完全信息静态博弈下的导弹作战体系生存对策建模	232
16.2.1	Harsanyi 转换与贝叶斯均衡	232
16.2.2	静态生存博弈模型	233
16.3	基于不完全信息动态博弈下的导弹作战体系生存对策建模	235
16.3.1	完美贝叶斯均衡	236
16.3.2	信号博弈	236
16.3.3	动态生存博弈模型	237
16.4	导弹作战体系生存对策仿真分析	238
16.4.1	静态生存博弈仿真及结果分析	238
16.4.2	动态生存博弈仿真及结果分析	241
16.4.3	导弹作战体系生存对策定性分析	243
16.5	本章小结	243
	参考文献	243

---

**硬毁伤威胁下  
机动导弹系统生存能力分析**

---

**第  
一  
篇**



# 第1章 硬毁伤下机动导弹系统 生存能力分析导论

## 1.1 引言

武器装备的发展和建设离不开科学的论证,无论是武器装备的预研立项、型号改良还是作战运用无不贯穿着论证的思想。在信息化条件下,高技术武器装备的“高”既体现在其技术附加值高、战技指标高、作战效能高,也包含着装备经济成本投入高、研制风险高、研制周期长、采办难度大的含义。如何确定研制符合我国发展战略的武器装备型号、如何对现有型号进行改型提高、如何在战时用好用现有装备,使武器装备的发展和运用满足用有限的经费“买得起、用得起、打得赢”的要求,是摆在武器装备研究人员和运用人员面前迫切需要解决的问题。机动导弹系统作为高技术武器装备,也具有上述的特点,因此无论是提出新型号系统的预研设计方案、现有型号系统的改型方案还是系统的作战运用方案都需要对各类方案展开深入细致的论证分析,以使各种方案满足军费利用效率最优化和武器装备作战效能最大化的要求。

随着新军事变革的不断深入,世界各国都在大力发展高技术武器装备,积极增强军事实力。根据世界形势以及我国周边的安全形势的变化,我国也需要增强自己的国防实力以维护不断拓展的国家战略利益。武器装备是国防实力的外在体现,是决定一个国家军事实力的重要因素。因此,要增强国防实力就需要在武器装备的研制发展和作战运用上下功夫,一方面要通过开展高技术武器装备的研发、现有装备的改良等途径增加武器装备的高技术含量,提高武器装备的战术技术性能指标;另一方面也需要在运用武器装备时结合各种战术战法使武器装备的作战效能得到最大发挥。

装备论证对于武器装备的发展和建设至关重要,从装备定型、立项、研制到改型、运用、退役整个寿命周期,无不需要对其开展论证分析。武器装备论证分析在武器装备研制中是一项减小和降低立项研制风险、控制研制进度和经费要求的严格评估措施,是装备建设中的一个重要环节,对武器装备的发展具有重要作用<sup>[2]</sup>。在武器装备作战运用中,装备运用论证分析是优化作战方案、最大限度发挥武器装备作战效能的重要措施。开展武器装备论证工作是

适应未来高技术战争和加强部队质量建设的前瞻性工作与基础性工作,也是武器装备发展和运用的科学性、实用性、协调性和系统性得以保证的必然要求。

随着高新技术在机动导弹武器装备领域的广泛应用,新的装备发展问题、新的武器装备发展概念、新的作战思想层出不穷,因而,武器装备论证工作及其任务也逐步被赋予了新的特点和内涵,同时对如何开展装备论证项目,采用什么样的论证方法等均提出了更高的要求。这就要从装备论证工作的全局出发,以进一步深入装备论证工作为目的,全面系统的研究武器装备论证方法,并针对所要解决的问题,建立相应的论证方法体系。一方面对提高武器装备的论证质量、论证水平和工作效率具有重要意义;另一方面对丰富武器装备论证的科学研究方法体系和推动论证方法研究向更深层次发展也具有重要作用<sup>[3]</sup>。

机动导弹系统价格昂贵、地位显著,无论是进行新型号系统的研发还是进行现有型号系统的改良都需要投入大量的人力物力财力,都必须对各种方案进行详细的论证分析,提出综合效益最高的方案以供决策者进行决策,否则将会给军队和国家造成重大损失。同时,机动导弹部队是我军的战略威慑力量,是我军实施远程精确打击和纵深突击的“撒手锏”,其重要的战略地位决定了其作战运用也必须慎重,需要对其作战方案开展充分的论证分析,确保装备在战时能发挥最大作战效能。目前,对机动导弹系统的论证分析还没有形成一套特有的方法体系,大多是借鉴其他军兵种武器装备的论证方法。由于机动导弹系统与其他军兵种武器装备存在一定的差异,运用其它军兵种装备论证方法会导致论证结果或多或少存在一些问题。机动导弹系统的发展和运用事关国家战略,必须高度重视,需要研究适合于机动导弹系统论证分析的方法。

论证方法是进行装备论证的工具和手段,论证方法的优劣将直接影响装备论证的质量,必须要高度重视。目前,我国的装备论证方法研究相对滞后,需要大力开展研究,提出更多更好的武器装论证方法,促进装备论证工作又好又快的发展。生存能力是影响机动导弹系统作战效能的重要因素,也是系统作战效能得以发挥的基础和前提,机动导弹系统在未来战场上的生存能力高低,直接决定了其能否完成作战任务。因此,从机动导弹系统设计研制和作战运用的不同角度对系统生存能力进行充分的论证,具有重要的意义。本篇正是基于上述目的,为促进机动导弹武器装备的发展,增强机动导弹系统在未来战场上各种硬毁伤威胁下的生存能力,从机动导弹系统设计研制方案和作战运用方案两个方面对机动导弹系统生存能力展开论证,提出可行且有效的机动导弹系统生存能力分析与设计方法。



## 1.2 国内外研究现状

### 1.2.1 武器装备论证方法研究现状

各种科学方法均是随着社会实践和科学研究的发展而产生和发展起来的,武器装备论证方法的形成和发展也是如此,经历了由初期的自然产生到自觉的应用扩展,继而不断向深层次发展的三个阶段。可以说,武器装备论证方法的形成和发展,与运筹学、系统工程、系统分析、系统动力学等理论和方法的实践有着密不可分的关系。

一般认为,对武器装备开展有意识、有目的的论证,大致起源于第二次世界大战时期。当时,以英美为代表的盟国为了在军事上战胜以德国为首的法西斯集团,针对盟军武器装备在作战使用中存在的问题以及不断提出的作战需求,相继成立了专门的研究机构,应用运筹学等现代系统科学的方法,对武器装备的作战使用性能、装备系统研制方案优化等内容开展了大量的论证工作。这是装备论证发展的初期,采用的论证方法也只是后来称为“运筹学”(OR)的方法。后来,随着武器装备类别逐渐增多,装备系统的规模日趋庞大,所采用的技术越来越复杂,对武器装备的论证工作提出了越来越高的要求。因此,外军在武器装备的论证中又先后提出了许多关于武器装备发展规划、计划,武器装备系统开发、方案优化,装备采办等方面的论证方法。当前,外军武器装备论证方法已经借鉴了在武器装备系统分析、效能费用评估、方案选优、规划制定、需求预测等方面的成功经验,并逐步地走向成熟。

总体上看,武器装备论证方法的发展经历了如下的过程:

20世纪30年代末至40年代初形成的运筹学方法<sup>[5]</sup>,该方法是从解决一些武器装备的合理应用的问题开始形成的一套方法论,其核心是将问题规范化(简化)为数学模型,并寻其最优解。20世纪50年代末至60年代初,由于一些大型导弹、通信系统等的研制需求,先后形成了各种系统工程(SE)方法论。特别是霍尔(Hall)所提出的三维结构矩阵(逻辑维、时间维、知识维),利用逻辑维深化了运筹学的方法论<sup>[6]</sup>。20世纪50年代,美国兰德(RAND)公司提出系统分析(SA)的方法论,帮助政府和国防部门解决了一些复杂的社会、政治和军事问题,如帮助美国军方提出规划计划预算系统(PPBS)。1961年,福雷斯特提出了系统动力学(SD),该方法在建模时强调了系统中因果关系和控制反馈的概念,强调了在计算机上的仿真试验<sup>[8]</sup>。由于上述方法过分的量化、过分的数学模型的特点,在解决一些社会、经济、军事方面的实际问题时,遇到了一定的困