

导弹生存能力 运筹分析

■ 毕义明 杨 萍 王莲芬 郭 强 著



國防工業出版社
National Defense Industry Press

导弹生存能力 运筹分析

毕义明 杨萍 王莲芬 郭强 著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书主要运用运筹分析的理论方法对导弹系统生存能力进行了系统论述,主要内容包括生存能力系统分析、生存能力评估与评定、生存能力评估模型与方法、战略导弹生存能力模拟、常规导弹生存能力仿真、生存能力探索性仿真、导弹体系对抗生存分析、导弹系统生存对策与优化以及导弹作战战场生存优化等。

本书是一部较为系统论述导弹生存能力的专著,本书可作为从事武器特别是导弹武器系统生存能力研究的科技人员的参考书,也可作为有关院校军事运筹、系统工程及作战仿真专业学生的教材。

图书在版编目(CIP)数据

导弹生存能力运筹分析/毕义明等著. —北京:国防工业出版社,2011.7

ISBN 978-7-118-07551-9

I. ①导... II. ①毕... III. ①导弹—系统分析
IV. ①TJ760.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 131266 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 710×960 1/16 印张 14 $\frac{3}{4}$ 字数 260 千字

2011 年 7 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

生存能力是导弹武器系统重要的战技指标,是评价武器系统优劣的重要依据,是武器系统设计需要考虑的重要因素;导弹武器系统生存能力是作战运用的基本内容,是制定作战计划方案的基础;系统的生存能力又是战备建设特别是战场建设的重要内容。现代战争体系对体系的对抗始终离不开生存与生存的对抗。

国内外对武器系统的生存性/易损性进行了长期全面地研究,已经有了很多成果。战略导弹武器系统生存能力在 20 世纪 60 年代至 80 年代受到特别关注,飞机、舰船生存能力一直是武器设计、运用的重要课题,导弹武器系统生存能力研究也有不少论述,如何吸收这些已有成果进一步系统化,是本书考虑的一个重点问题。本书着重从运筹和系统工程的角度论述导弹体系生存能力,将分析、评估、仿真、对策作为全书的主线。

信息化作战对导弹生存能力影响非常重要,尤其是敌方信息化武器和一体化的 C⁴KISR 系统对导弹战场生存能力提出了严峻的挑战,生存对策问题变得非常复杂,需要重点考虑敌方攻击武器和方式,研究新的模型。如何体现信息化作战是本书考虑的另一个重点。

在本书的撰写中,系统总结多年从事导弹生存能力研究的成果,体现了以下新的观点。

(1) 从作战体系的角度研究生存能力。不是以单纯的装备或武器系统为研究对象,而是从作战体系的视角研究生存能力。

(2) 在静态模型描述的基础上研究动态对抗模型。考虑全面的攻防对抗因素,建立静态模型与动态模型相结合的生存能力模型。

(3) 对信息化作战体系生存能力进行了探讨。注重未来信息化条件下的生存能力分析。

(4) 对生存分析中的随机性和模糊性进行了深入的分析。运用云模型理论和相邻优属度熵权评估方法,全面评估体系作战中的生存随机性和模糊性。

(5) 深化生存对策研究。运用不完全信息动态博弈,给出更加符合实际的生存对策模型。

本研究团队从 1985 年开始从事导弹生存能力的研究,2000 年就准备出版关于导弹生存能力的书籍,也撰写了一个初稿,但总感到不够成熟,在此期间,又做过几项课题,发表了一些论文,又取得了一些成果,现在要出版面世专著仍然感到惶惶然,仍然不够满意。本书的撰写凝结了我的同事、学生的才智和大量工作,杨萍、刘卫东、汪民乐、李应岐、王莲芬、李红文等研究团队与我一同完成该方面多项课题,近期学生郭强、戴小云、陈智江的论文又较为系统地总结了以前我们的研究成果,为撰写本书奠定了很好的基础。邓鹏华、徐加强等博士生为本书的编辑修改做了大量工作,许多同事、领导非常关心本书的出版,并给予了大力支持,在此一并致谢。

本书的主要内容是作者多年从事教学科研成果的系统总结,在该领域发表论文 50 余篇,完成课题 8 项,指导 8 届研究生以此为课题撰写论文,当然,这些研究都是理论式的或模拟仿真式的,还缺乏实际的物理层面的实验、尤其是战争过程中的生存数据,从而也影响了研究的深入开展,需要今后做出努力。并希望有关专家、学者对本书提出宝贵意见,以臻完善。

毕义明

目 录

第一章 绪论	1
1.1 生存能力研究的重要意义	1
1.2 生存能力研究概述	1
1.3 生存能力概念	5
1.4 生存能力的一般定义	7
第二章 导弹生存能力系统分析	9
2.1 影响生存能力的因素描述	9
2.2 生存能力相关因素分析	9
2.3 地理环境对导弹武器系统生存的影响	12
2.3.1 地形对导弹武器系统生存及作战的影响	12
2.3.2 气象条件对导弹武器系统生存的影响	12
2.3.3 电磁环境对导弹生存能力的影响	13
2.4 与导弹生存相关的侦察威胁系统分析	15
2.4.1 太空侦察	15
2.4.2 航空侦察	18
2.5 与导弹生存相关的精确打击威胁系统分析	21
2.5.1 美军的精确打击能力	22
2.5.2 我国台湾的精确打击能力	24
2.6 导弹武器自身生存性系统分析	25
第三章 导弹武器系统生存能力评估方法	27
3.1 生存能力评估的基本内容和步骤	27
3.2 生存能力评估的主要方法	28
3.3 生存能力评估基本指标体系	31
3.4 生存能力评定的主要途径	32
3.5 各阶段生存能力评定	33
3.6 生存能力评定应注意的问题	33
3.7 生存能力评定典型解析模型	34

3.8	生存能力评定定性、定量相结合方法	37
3.8.1	生存能力模糊综合评判方法	37
3.8.2	生存能力专家评定方法	39
3.8.3	生存能力指数评定法	40
3.8.4	生存能力评定的 ELECTRA 方法	42
3.8.5	机动导弹生存能力解析模型	46
3.9	生存能力的云模型和相邻优属度熵权的评估方法	49
3.9.1	云模型	49
3.9.2	基于相邻优属度熵权的权重确定方法	52
3.9.3	基于云模型和相邻优属度熵权的评估方法	57
3.9.4	评估示例	60
第四章	导弹战场生存能力评估模型	65
4.1	总体生存能力评估数学模型	65
4.1.1	目标生存能力评估模型	65
4.1.2	系统中目标类总的生存概率计算	66
4.1.3	作战系统的生存概率 P^F 的计算	66
4.1.4	作战系统的选优规则	66
4.2	导弹武器系统伪装生存能力模型	66
4.2.1	基本假设	67
4.2.2	模型结构	67
4.3	导弹武器系统机动生存能力模型	73
4.3.1	处于静止状态的导弹武器系统机动生存模型	73
4.3.2	处于机动状态的导弹武器系统生存模型	73
4.4	导弹武器系统防护生存能力模型	78
4.4.1	无干扰时单枚巡航导弹对固定目标的毁伤概率模型	78
4.4.2	有干扰时单枚巡航导弹对固定目标的毁伤概率模型	78
4.4.3	单枚精确制导武器对机动目标的毁伤概率模型	78
4.4.4	综合防护生存能力模型	79
第五章	战略导弹生存能力模拟	82
5.1	概述	82
5.2	战略导弹机动生存模拟数学模型	82
5.3	机动战略导弹生存模拟	86
5.3.1	核弹的杀伤因素计算	86

5.3.2	机动区域 Monte-Carlo 模拟实现	88
5.3.3	机动区域瞄准点模拟实现	88
5.4	生存能力模拟	92
5.4.1	数据结果分析	93
5.4.2	战略导弹生存因素灵敏度分析	96
第六章	常规导弹单元生存能力仿真	98
6.1	固定目标的生存能力	98
6.1.1	中心库和地下待机库的生存能力	98
6.1.2	隐蔽待机阵地和发射阵地的生存能力	102
6.2	发射单元的生存能力	102
6.2.1	仿真模拟步骤及流程图	103
6.2.2	仿真分析	103
6.3	指挥车的生存能力	106
6.3.1	仿真模拟步骤及流程图	106
6.3.2	仿真分析	107
6.4	常规导弹综合系统生存能力仿真	109
6.4.1	作战想定	109
6.4.2	常规导弹系统生存能力仿真设计	111
6.5	典型精确打击模式下的系统生存能力仿真	114
6.5.1	基本假定	114
6.5.2	仿真模拟步骤及流程图	114
6.5.3	仿真算例	117
6.5.4	影响系统生存能力的关键因素仿真及分析	117
第七章	基于探索性分析的生存仿真研究	123
7.1	探索性分析方法概述	123
7.1.1	基本概念	123
7.1.2	探索性分析的类型及特点	123
7.1.3	探索性分析的主要过程	125
7.1.4	Analytica 简介	126
7.2	探索性生存仿真研究的目的及方法	126
7.2.1	研究目的	126
7.2.2	问题的确定及范围	127
7.2.3	关键因素	128

7.3 探索性仿真	130
7.3.1 发射后的生存能力	131
7.3.2 机动中的生存能力	136
7.3.3 重要性分析	141
7.4 结论分析	143
第八章 导弹体系对抗生存能力分析	149
8.1 体系的概念	149
8.2 导弹体系对抗作战模型	150
8.2.1 双方的导弹体系对抗模型	150
8.2.2 导弹体系对抗模型的仿真流程	152
8.3 基于体系对抗的导弹作战的 Lanchester 模型	153
8.3.1 对抗条件下的评价指标	154
8.3.2 作战过程描述	154
8.3.3 对抗的 Lanchester 模型	154
8.3.4 算例分析	156
8.4 导弹体系对抗作战的系统动力学模型	161
8.4.1 系统动力学方法仿真建模	161
8.4.2 导弹体系对抗的系统动力学(SD)程序	164
8.4.3 算例分析	168
第九章 导弹系统的生存对策与优化	174
9.1 生存对策研究概述	174
9.2 基于博弈的生存对策	175
9.2.1 基本概念	175
9.2.2 基本要素	176
9.3 导弹最佳机动时机选择的对策问题	178
9.3.1 问题的对策论数学模型	178
9.3.2 问题的无限对策形式描述	179
9.3.3 问题的离散模型	180
9.3.4 举例	181
9.4 不完全信息静态博弈下的生存对策	182
9.4.1 不完全信息与 Harsanyi 转换	182
9.4.2 贝叶斯均衡	184
9.4.3 生存博弈模型	185

9.5 不完全信息动态博弈下的生存对策	188
9.5.1 完美贝叶斯均衡	189
9.5.2 信号博弈	190
9.5.3 生存博弈模型	191
9.6 基于径向基函数网络的生存对策进化博弈	195
9.6.1 进化博弈理论与传统博弈理论的比较	195
9.6.2 基于径向基函数网络的进化博弈模型	196
第十章 导弹作战战场生存优化	202
10.1 作战想定及假设	202
10.2 攻击作战流程	202
10.3 敌方作战能力	203
10.4 敌攻击能力数值分析	204
10.5 导弹多波次作战生存决策	208
10.5.1 评价指标	208
10.5.2 假目标生存对策研究	208
参考文献	220

第一章 绪 论

1.1 生存能力研究的重要意义

战争与军事的目的就是最大限度的保存自己,消灭敌人。生存能力的研究是战争领域军事研究的重要方面。从研究探索战争规律到研制新型武器和改造武器系统,都需要进行生存能力的研究。世界上的多数军事强国都把生存能力研究列为重要课题,导弹武器系统的生存能力尤为重要。战略导弹部队肩负着保卫国家和对敌战略进攻的使命,也对世界和平起着举足轻重的作用;战役、战术常规导弹是对敌进攻的利器和杀手锏,对维护国家安全和祖国统一具有十分重要的意义。在未来的战争中,系统对抗将更为激烈,进攻与生存仍然是一对矛盾,生存能力成为任何攻防系统必须考虑的指标,科学地分析生存能力进而通过多种途径提高导弹系统的生存能力是一个重要的课题。

1.2 生存能力研究概述

一般来说,生存能力的研究分为两个方面:一方面,是从技术设备等方面考察的生存能力,称为“硬件”方面的研究,像导弹的制导、核弹头加固、突防措施、工程设施的抗力等材料、技术方面的研究以提高生存能力;另一方面,是从导弹运用方面考虑的生存能力,称为“软件”方面的研究,像发射方式的选择、伪装、机动等各种策略的优化等方面。

在导弹运用方面生存能力的研究上,围绕着如下四个方面:

(1) 评价已有的武器系统的生存能力。通过定量、定性分析研究,给出提高或改进生存能力(为硬件方面提供)的决策意见,正确、科学地制定作战方案。

(2) 对尚未定型的武器系统或军事系统,把生存能力作为效率指标,进行预测性研究,制定合理的发展规划,研制高生存能力的武器系统,以避免系统使用与发展上的盲目性。

(3) 作战指挥、作战方案中考虑的生存能力。侧重指挥策略性、谋略性方面的生存能力评定,以便检验方案和指挥谋略的有效性,训练指挥员和参谋人

员的水平。

(4) 导弹作战运用的生存技术。生存技术是作战运用的基础,导弹作战运用的生存技术通常包括导弹的战场伪装运用技术、防护运用技术、机动运用技术与突防运用技术。伪装运用技术、防护运用技术、机动运用技术同突防运用技术一起构成导弹作战运用技术基础。伪装运用技术包括使用一切伪装器材,进行隐真示假和反侦察措施。防护运用技术主要是武器、阵地的加固以及部署分散和对空防御等技术。而机动运用技术是通过武器系统的转移,在时间、空间、性能上形成对己方有利态势的运用技术。突防技术既是一种生存技术,又是一种攻击技术。在美国等大力发展导弹防御系统的今天,导弹的作战运用面临的一个重大问题就是如何突防,突防运用技术显得更加重要。

国内外对生存能力研究都非常重视,进行了大量研究^[1-8]。苏联和美国一方面在加强高新技术改进和防御体系研制的同时,另一方面也十分重视各种型号导弹系统生存能力的研究。美国曾就 MX 导弹系统论证过二十几种方案,并对各种方案作过生存能力方面的定量评价。在我国,导弹生存能力的研究也已进行了多年,并取得了一系列的科研工程与学术成果,如导弹阵地生存能力的评价,核武器攻击下大型指挥中心的生存能力;核攻击下港口生存能力的计算机模拟;核攻击下大型军用机场的生存能力,还有一大批常规武器攻击下导弹、飞机、舰船、指挥所、坦克、火炮以及信息武器装备等生存能力的研究论文,都从不同方面为武器发展和作战决策做出了贡献。

20 世纪 50 年代末以来,美国一直非常关注其战略力量的生存能力问题。20 世纪 70 年代初,苏联研制了高精度分导多弹头重型洲际弹道导弹,引起美国对洲际弹道导弹生存能力的日益重视,加强了对基地方式和生存能力的研究。对生存能力评估模型和方法、密集基地、加固机动发射车、铁路机动等方案的生存能力都进行了研究分析^[7]。

美国“潘兴”Ⅱ导弹于 1977 年开始实施“‘潘兴’生存能力计划”,在德国进行了广泛的野战试验演习,取得了近实战条件下的“潘兴”生存能力数据。美国陆军认为,“潘兴”Ⅱ射前生存概率主要取决于受攻击概率和被毁伤概率,受攻击概率又取决于被探测概率、被瞄准概率和敌方武器的抵达概率;被摧毁概率则取决于“潘兴”Ⅱ武器系统易损性、武器系统可维修性和武器系统再补给性(图 1.1)。几乎每一个影响因素都与时间有关。

1981 年,美国飞机生存能力联合技术协调组主办了“生存能力和计算机辅助设计(CAD)”专题研讨会,努力促使生存能力/易损性研究同 CAD/一体化 CAD 相结合。美国空军在战略弹道导弹生存能力评估工作中,继承和推广应用了在飞机生存能力研究工作中的大量经验。空军武器实验室负责核和激光武

器威胁下的生存能力/易损性研究,空军飞行动力学实验室负责非核武器威胁下生存能力/易损性研究。这些研究包括技术开发、效应与响应、仿真实验、评估技术、建立实验数据库和作战数据库等^[9]。

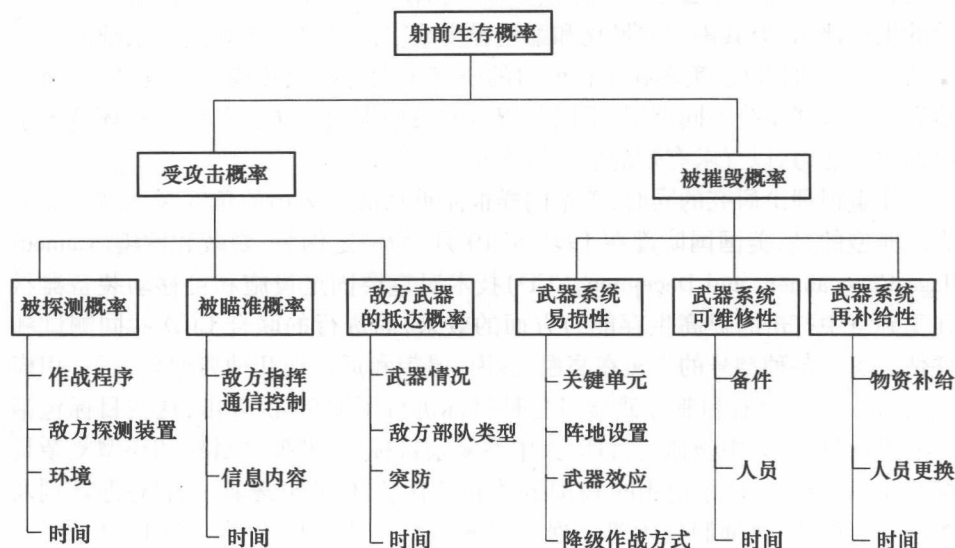


图 1.1 “潘兴”II 射前生存能力影响因素

1984 年,美国国防部情报分析中心(DODIAC)设立了生存能力/易损性情报分析中心(SURVIAC)。它由 1970 年成立的作战数据情报中心(CDIC)和 1981 年成立的飞机生存能力模型数据库(ASMR)合并而成。SURVIAC 为生存能力研究工作者提供非核生存能力和杀伤能力方面的数据^[10]。

1988 年,美国空军作战试验和评定中心(AFOTEC)制定并实施了修订的核评定方法,并曾用于评估 MX 导弹在地下井中的生存能力^[11]。

美军在生存能力评估理论的研究中,非常重视运用各种不同的方法和先进技术。美国空军系统司令部空军武器实验室的 Wong Felix S 在 1986 年对地下结构的生存能力和易损性评估中,使用了不确定性建模和分析技术,他建议在生存能力评估中,应利用随机方法改进随机不确定性模型,并引入非随机不定因素来扩展现有方法^[12]。20 世纪 90 年代初,模糊集理论在生存能力和易损性评估中得到进一步的推广应用。1993 年,美国空军技术学院的 Fleming Richard W 把模糊逻辑方法应用到计算机保密易损性评估分析中^[13]。同年, Celmins Aivars 将模糊集理论应用于核生存能力成本分析,用 16 个核环境参数作为输入

数据,在计算机上对抗核加固的效费比进行了研究^[14]。Seow, Yoke W 利用启发式搜索算法,从系统角度对在地空导弹袭击的情况下飞行器的飞行路径进行了分析,以提高对抗条件下系统的生存能力^[15]。Guzie, Gary L 基于效能层次模型和生存层次模型建立了一体化生存评估模型,该模型适用于体系和大型系统的生存评估,但其模型的量化和细化程度难以满足机动导弹武器系统的生存评估^[16]。总的来说,美军在生存能力的研究中大力提倡建模与仿真技术,通过建立导弹武器系统不同类型、不同分辨力的模型来模拟仿真各种作战环境下系统的生存能力,以寻求有效的生存措施和办法。

在重视理论研究的同时,美军同样很注重从战术运用的角度来提高生存能力。典型的是,美国国防部在 1991 年 10 月,为测定伪装、隐蔽和欺骗 (Camouflage Concealment and Deception, CCD) 技术对重要固定设施和可移动装备器材在受到空中打击时提高生存能力方面的效果,而进行的联合 CCD 共同测试和评估。美军各种型号的飞机在高温、沙漠、温带和近极地几种典型环境下,用模拟的自由下落武器和制导武器对各种目标进行了 1695 次攻击,这些目标包括大的线性目标、大中型孤立目标、大中型复杂目标、小型孤立目标和小型复杂目标 5 类 11 个。测试中使用的 CCD 技术包括伪装网、变形迷彩、假目标遮蔽剂及雷达角反射器、热抑制技术等。据称,“测试结果清楚地说明了 CCD 对于提高高价值装备器材的生存能力是一个有效的技术。运用 CCD 技术后,目标的幸存概率从原来在 9% ~ 38% 上升到 42% ~ 90%,平均瞄准误差从原来的 2m ~ 155m 上升到最大为 640m”^[17]。

近些年来,美军在重视提高己方生存能力的同时,也越发地重视研究对手的战场生存能力,以便从中改进自己的攻击能力,提高打击效果。

参考文献[18,19]对来自短程战术导弹的威胁进行了分析研究,并探讨了对其进行打击的方法。参考文献[20]则对打击发射后机动战术导弹的方法进行了重点研究和评估。美国海军研究生院的 William K. BRickner 在其硕士论文中,对打击作为“时间敏感目标”(Time-Critical Target)的战术机动导弹的杀伤链进行了评估和研究^[21]。而 2003 年 9 月,美国防卫分析研究所更是以专题研究报告“China and Ballistic Missile Defense”^[22]的形式,论述了美军对我导弹武器发展状况的认识,探讨了美军打击我常规导弹武器装备的战法,并对未来我军导弹武器的发展趋势做了预测。文中称,空袭将是今后一段时期内美军打击我常规导弹部队机动武器装备的主要作战方式,另外还对我军为提高常规导弹武器系统的生存能力而可能采取的伪装、防护、机动等对策进行了分析。

生存能力研究在我国开展的相对比较晚,而且主要集中在 20 世纪的 80 年

代至 90 年代。1985 年,秦志高等同志将各种资料进行全面汇总和分析整理,编著了《陆基战略弹道导弹生存能力》一书^[23]。该书主要内容有核爆炸对陆基战略导弹的影响、提高生存能力的 7 项措施(提高可靠性、提高快速反应能力、合理部署和机动发射、提高侦察预警能力、建立现代化指挥和情报系统、建立导弹防御系统和提高突防能力)、计算生存能力的传统模型及存在问题、陆基导弹生存能力综合计算方法等。

通过对导弹武器系统生存能力多年的研究,国内的有关各方已经在生存能力的评估指标体系、评估模型等方面做了大量的工作,从理论上和技术上为导弹武器系统生存能力的评估技术和方法积累了大量宝贵的经验。相关的文献主要有伍发平的硕士论文“机动战略导弹生存能力研究”,梁伟的硕士论文“战略导弹武器系统机动作战的建模分析”,杨宝珍的硕士论文“常规导弹快速反应能力研究”,郭强博士论文“常规地地导弹武器系统生存能力研究”、陈智江博士论文“导弹旅战场生存运筹研究”等,以及“基于生存能力的战场建设”、“ $\times \times$ 导弹阵地生存仿真”、“导弹装备战斗损伤仿真与评估研究”、“常规导弹生存能力评定方法”等研究报告。

在近些年公开发表的学术论文中,研究导弹武器系统生存能力的主要有《导弹战场持久生存能力分析》、《机动导弹生存能力综合模糊评判》、《地地战术导弹作战系统生存能力研究》、《基于生存能力的作战方案评估仿真模型》、《导弹作战系统生存能力新概念》、《机动导弹系统生存能力评估的结构模型》、《基于 AHP 算法的导弹部队机动作战生存能力研究》等。这些文章分别从模型、概念、评估的角度,运用不同的方法对导弹武器系统的生存能力进行了研究。

此外,其他军兵种也在其各自的领域中对武器装备和人员的生存能力开展了相应的研究。例如,海军工程大学邓波等人的《常规攻击下的水面舰艇生存能力评定》,防空兵指挥学院陈振雷等人的《伪装和机动对野战指挥所生存能力影响定量研究》,空军工程大学刘芷方的《防空导弹武器生存能力的综合量化评估》,信息工程大学孙克伟等人的《应急机动部队生存能力研究》等。从总体上看,生存能力在国内的研究相对于武器装备研制和部队作战来说还处在一种滞后的状态。

1.3 生存能力概念

生存能力这个概念已应用了很长时间,但至今并没有完全明确的定义。美

国陆军武器分析部曾专门组织了一个生存能力办公室,它以易损性和减小易损性的定义为基础,提出了生存能力的定义。易损性是目标结构或武器装备应用设计技术,减小或排除战斗部杀伤机理的影响,常用易损面积减小的百分数来表示。在这个定义的基础上,《陆军武器系统分析》一书给出生存能力的定义:“生存能力是人员和装备的一种特性,有了这种特性就能抵抗和避开有害的军事行动或自然现象的影响,保证其能力在正常情况下和别的情况下不会遭受损失,保证能够继续而有效地完成规定任务。”

很显然,在现代战争条件下,生存能力不能仅用易损性的变化来描述,而必须考虑到整个攻防过程。因此,又有以下简明定义:武器、装备或系统的生存能力是指与交战的另一方进行一次对抗之后,仍能继续战斗的能力。

根据上述定义,单件武器或装备的生存能力就是与交战的另一方进行一次对抗之后的生存概率。这里所说的一次对抗,是指对抗的全过程,参与对抗的双方可能不止一件武器或装备,但对生存概率的描述,只是针对所讨论的这件武器或装备而言的。

现代武器或装备都有良好的维修性,而且任何武器或装备在进行战斗之前都有一定的战斗准备时间。根据生存能力的定义,在一次对抗之后仍能继续战斗(或使用)的能力还应包括武器或装备已被毁伤,但在下一次战斗之前能够修复的可能性。这样,武器或装备的生存能力应以下次战斗中,能够及时投入战斗的概率 R_g 来表示,即

$$R_g = R_s + (1 - R_s)M(t) \quad (1.1)$$

式中: $M(t)$ 为维修度函数,在 t 时间内完成一次维修活动的概率; R_s 为武器生存概率。

根据生存能力的定义,系统的生存能力应当是经过一次战斗(使用)之后,该系统仍能继续战斗(使用)的能力。

美国前国防部长 W·佩里在总结海湾战争时指出:海湾战争的胜利取决于情报获取、防御压制和精确制导武器打击三个环节。这三个环节既相互依赖又相互支持。防御压制战术的效率依赖于能使伊拉克空防失效的精确制导武器;精确制导武器的效率依赖于可靠的目标情报数据;反过来,战术情报系统的生存能力依赖于防御压制系统的效率,而所有这些关键能力都依赖于美国获得的空中优势。这是一个效率链,其中一环失效,总体效率将大大降低。

打击机动导弹是这种效率链的典型例子。为了歼灭地面的导弹,攻方首先要捕获目标(发现、识别、定位),然后突破防御,最后通过攻击达到摧毁导弹的

目的;而防方则通过伪装、隐蔽、反突防、机动等办法,达到保存力量并伺机反攻的目的。这是体系对体系的对抗,这个对抗过程的结局取决于攻方捕获目标的效率、突防效率、摧毁效率和防方的对抗措施;它除了依赖双方武器系统的性能以外,还取决于各个环节上双方斗争的策略。双方都要尽量发挥自己的特长,降低对方的作战效率。所以,提高机动导弹的生存能力应在对抗过程的各环节上寻求办法,而不能拘泥于导弹发射设备上。

若把摧毁导弹的期望值定义为 DE,则有

$$DE = PA \times PD \quad (1.2)$$

$$PA = WSR \times DP \times PTP \quad (1.3)$$

$$PD = F(CEP, Y, HOB, HARD, MOVS) \quad (1.4)$$

式中:PA 为进攻武器到达目标并爆炸的概率;PD 为进攻武器摧毁目标的概率;WSR 为进攻武器系统的可靠性;DP 为进攻武器系统发现目标的概率;PTP 为进攻武器突破防御的概率;CEP 为进攻武器的命中精度;Y 为进攻武器弹头的当量;HOB 为弹头爆炸高度;HARD 为目标的抗压强度;MOVS 为目标的机动性能。

由此可见,摧毁机动导弹是一个复杂的过程,依赖许多因素,是“天地一体化战争”的典型例子。

1.4 生存能力的一般定义

《陆军武器系统分析》一书中定义:“生存能力是人员和武器装备的一种特性,有了这种特性,就能抵抗或避开有害的军事行动和自然现象的影响,保证其能力在正常情况下和特别的情况下不会遭受损失,保证能够连续而有效的完成任务。”又说:“简单地说,生存能力是人们关心的正在从事研究的一个新的领域。其目的是尽可能地增大人员和武器装备在战场上的生存概率。”在这里面有两条重要的事实:一是把生存能力看成是军事系统的一种特性;二是能完成特定任务。不难发现,上述的定义是不完善的,因为系统的生存能力并不仅仅是由系统本身的特性所决定的,外部环境条件是一重要的因素。“战略武器系统生存能力概率的统计与实验”一文中定义:“武器系统生存能力是指在遭受敌方攻击后,能得以生存,并具备反击的能力。”定义中包含了这样三条事实:①系统本身具有一定功能;②系统遭受外部环境因素作用;③系统功能在遭受外部作用后仍具备功能。生存关系图如图 1.2 所示。