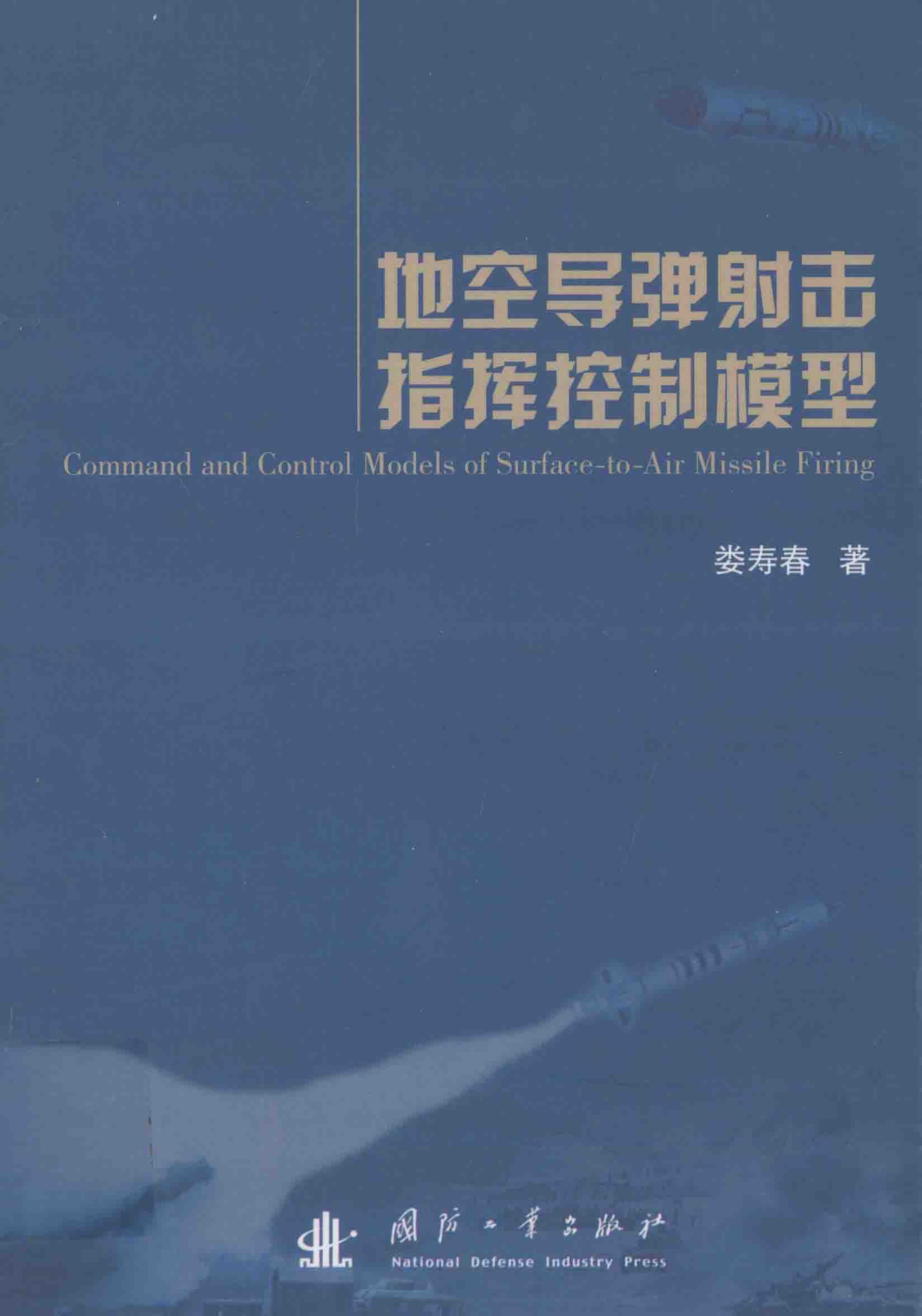


The background of the cover is a dark blue gradient. In the upper right, a missile is shown in flight, angled upwards. In the lower right, a larger missile is shown launching from a silo, with a large plume of white smoke and fire trailing behind it.

# 地空导弹射击 指挥控制模型

Command and Control Models of Surface-to-Air Missile Firing

娄寿春 著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

# 地空导弹射击 指挥控制模型

Command and Control Models of  
Surface-to-Air Missile Firing

娄寿春 著

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

地空导弹射击指挥控制模型 / 娄寿春著. —北京:国防  
工业出版社, 2009. 6

ISBN 978-7-118-06067-6

I. 地... II. 娄... III. 地对空导弹—射击指挥—指挥  
控制系统 IV. TJ762. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 183968 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)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

\*

开本 850 × 1168 1/32 印张 12 $\frac{3}{4}$  字数 328 千字

2009 年 6 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 45.00 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

## 致 读 者

**本书由国防科技图书出版基金资助出版。**

国防科技图书出版工作是国防科技事业的一个重要方面。优秀的国防科技图书既是国防科技成果的一部分,又是国防科技水平的重要标志。为了促进国防科技和武器装备建设事业的发展,加强社会主义物质文明和精神文明建设,培养优秀科技人才,确保国防科技优秀图书的出版,原国防科工委于1988年初决定每年拨出专款,设立国防科技图书出版基金,成立评审委员会,扶持、审定出版国防科技优秀图书。

**国防科技图书出版基金资助的对象是:**

1. 在国防科学技术领域中,学术水平高,内容有创见,在学科上居领先地位的基础科学理论图书;在工程技术理论方面有突破的应用科学专著。
2. 学术思想新颖,内容具体、实用,对国防科技和武器装备发展具有较大推动作用的专著;密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的高新技术内容的专著。
3. 有重要发展前景和有重大开拓使用价值,密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的新工艺、新材料内容的专著。
4. 填补目前我国科技领域空白并具有军事应用前景的薄弱学科和边缘学科的科技图书。

国防科技图书出版基金评审委员会在总装备部的领导下开展工作,负责掌握出版基金的使用方向,评审受理的图书选题,决定资助的图书选题和资助金额,以及决定中断或取消资助等。经评审给予资助的图书,由总装备部国防工业出版社列选出版。

国防科技事业已经取得了举世瞩目的成就。国防科技图书承担着记载和弘扬这些成就,积累和传播科技知识的使命。在改革

开放的新形势下,原国防科工委率先设立出版基金,扶持出版科技图书,这是一项具有深远意义的创举。此举势必促使国防科技图书的出版随着国防科技事业的发展更加兴旺。

设立出版基金是一件新生事物,是对出版工作的一项改革。因而,评审工作需要不断地摸索、认真地总结和及时地改进,这样,才能使有限的基金发挥出巨大的效能。评审工作更需要国防科技和武器装备建设战线广大科技工作者、专家、教授,以及社会各界朋友的热情支持。

让我们携起手来,为祖国昌盛、科技腾飞、出版繁荣而共同奋斗!

**国防科技图书出版基金**  
**评审委员会**

# 国防科技图书出版基金

## 第五届评审委员会组成人员

主任委员 刘成海

副主任委员 王 峰 张涵信 程洪彬

秘 书 长 程洪彬

副 秘 书 长 彭华良 蔡 锺

委 员 于景元 王小谟 甘茂治 刘世参

(按姓氏笔画排序)

李德毅 杨星豪 吴有生 何新贵

佟玉民 宋家树 张立同 张鸿元

陈冀胜 周一宇 赵凤起 侯正明

常显奇 崔尔杰 韩祖南 傅惠民

舒长胜

本书主审委员 常显奇

开放的新形势下,原国防科工委率先设立出版基金,扶持出版科技图书,这是一项具有深远意义的创举。此举势必促使国防科技图书的出版随着国防科技事业的发展更加兴旺。

设立出版基金是一件新生事物,是对出版工作的一项改革。因而,评审工作需要不断地摸索、认真地总结和及时地改进,这样,才能使有限的基金发挥出巨大的效能。评审工作更需要国防科技和武器装备建设战线广大科技工作者、专家、教授,以及社会各界朋友的热情支持。

让我们携起手来,为祖国昌盛、科技腾飞、出版繁荣而共同奋斗!

**国防科技图书出版基金**  
**评审委员会**

给出了地空导弹射击指挥区划分、指挥控制情报报知和目标诸元、射击诸元模型,它是指挥控制模型的输入。第六章讨论了防空信息场的概念和相关模型,论述了选择跟踪目标模型和信息场内目标属性、类型识别模型。第七章对地空导弹射击指挥过程中的目标威胁判断、拦截排序概念和模型进行了研究。第八章分析研究了地空导弹射击指挥控制中目标分配模型构建,讨论了目标分配中遇到的禁射区和拦截可行性处理问题。第九章对地空导弹射击指挥最后环节——射击效果判断模型进行了讨论。

虽然作者曾在防空指挥控制模型领域从事过近 20 余年研究,也曾承担并完成过国内相应研制项目,但在该领域也只具一孔之见。本书撰写又遇到了许多困难,如参考文献少而零碎,表达地空导弹射击指挥控制概念名词不统一;各国防空作战思想和指导防空建模原则差异较大;近年来,军事运筹、系统分析学术界不断提出新的建模方法;随着空袭兵器技术进步和空袭作战思想、样式的发展,防空兵器技术和防空作战思想、原则、样式随之发展变化等。地空导弹射击指挥控制模型研究亟待进一步开发研究,本书撰写仅是一次初步尝试,多有不足和谬误之处,望防空作战专家、防空科技工作者不吝指正。作者愿与国内同行一起推动地空导弹射击指挥控制模型的研究发展,将我国防空指挥控制装备研制提高到新水平。

本书可供从事防空指挥控制系统研制、使用的工程技术和防空指挥人员参考,也可作高等院校相关专业高年级学生、研究生教材。书中引用了我的同事的研究成果,如刘付显教授关于目标属性识别因素权重研究成果、罗石麟教授关于信息场对干扰目标交叉定位模型研究成果等。书中还引用了 Robert Macfadzean 等著“Surface - Based Air Defense Analysis”,И. С. Голубева 和 В. Г. Светлова 著“Проектирование Зенитных Управляемых Ракет”两书中的个别内容,对我的同事和相关作者深表谢意。

姜寿春

于空军工程大学导弹学院



# 前 言

从 20 世纪后期以来历次局部战争经验看,空袭和防空对抗贯穿始终,决定或相当程度影响着战争的进程和胜负。这一对抗的特点是大空间、快速度、高强度、多变化等。防空方地空导弹群在有限地域和短暂时间内遂行防空战斗,靠其体系各部分紧密链接、协同动作,并同友邻(地空导弹、高炮、歼击机部队)互动、协作,才能有效完成作战任务。因此,作为地域防空协调中心和作战效能倍增器的指挥控制( $C^2$ )系统,显得异常重要。所以,各国都在坚持不懈地研究地空导弹射击指挥控制问题。该辅助决策核心是指挥控制模型,众多防空作战、防空运筹专家和防空指挥控制工程人员曾做了大量艰苦卓越的工作,使防空作战指挥控制模型研究达到了很高的水平。遗憾的是,至今无人对这一研究进行系统总结,致使从事这一领域工作的科技、工程人员无系统专门的理论参考、借鉴,每次工程研制往往要做许多重复摸索工作,院校相应专业教学也急需这方面专著,以满足相应课程学习的需要。由于作者多年在这方面做了较多研究工作,因此,该领域许多科技工程人员、教师希望作者将相关研究成果总结成专著。本书便是在这种需求背景下撰写的。

书中内容分为九章。第一章概述,讨论了防空指挥控制系统的概念、特点和防空指挥控制模型研究的发展,列出了目前服役防空指挥控制系统概况,总结了地空导弹射击指挥控制活动和事件。第二章讨论了空袭编队,给出了空袭目标运动模型,研究了地空导弹防空样式、被掩护对象分类和防空部署模型。第三章论述了地空导弹杀伤区模型及其应用。第四章深入分析了地空导弹武器及武器群战斗能力模型,它既是地空导弹射击指挥控制模型的重要组成部分,又是构建指挥控制模型的约束和有效性检验指标。第五章

# 目 录

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 第 1 章 防空指挥控制概述 .....        | 1  |
| 1.1 防空指挥控制的概念 .....         | 1  |
| 1.1.1 防空指挥控制一般描述 .....      | 1  |
| 1.1.2 防空指挥控制特点 .....        | 5  |
| 1.2 防空指挥控制模型研究的发展 .....     | 17 |
| 1.2.1 初期阶段 .....            | 17 |
| 1.2.2 发展阶段 .....            | 19 |
| 1.2.3 成熟发展阶段 .....          | 20 |
| 1.3 指挥控制系统及典型防空指挥控制系统 ..... | 27 |
| 1.3.1 指挥控制系统的组成和结构 .....    | 27 |
| 1.3.2 典型战术级防空指挥控制系统 .....   | 29 |
| 1.4 地空导弹作战指挥控制过程 .....      | 44 |
| 1.4.1 地空导弹火力单元战备战斗循环 .....  | 44 |
| 1.4.2 地空导弹射击指挥控制过程 .....    | 45 |
| 第 2 章 空袭与地空导弹武器作战 .....     | 51 |
| 2.1 空袭与空袭模型 .....           | 51 |
| 2.1.1 空袭兵器 .....            | 51 |
| 2.1.2 空袭规模和编队 .....         | 52 |
| 2.1.3 空袭目标运动模型 .....        | 59 |
| 2.2 地空导弹武器作战使用 .....        | 79 |

|                                |                      |            |
|--------------------------------|----------------------|------------|
| 2.2.1                          | 地面防空兵使用原则和防空样式 ..... | 79         |
| 2.2.2                          | 防空掩护顺序 .....         | 84         |
| 2.2.3                          | 防空部署 .....           | 88         |
| 2.2.4                          | 空间协同 .....           | 110        |
| <b>第3章 地空导弹杀伤区和发射区模型</b> ..... |                      | <b>118</b> |
| 3.1                            | 地空导弹杀伤区 .....        | 118        |
| 3.1.1                          | 杀伤区基本概念 .....        | 118        |
| 3.1.2                          | 影响杀伤区的主要因素 .....     | 125        |
| 3.1.3                          | 典型杀伤区数学模型 .....      | 131        |
| 3.1.4                          | 杀伤区数值模型 .....        | 132        |
| 3.2                            | 地空导弹的发射区 .....       | 142        |
| 3.2.1                          | 发射区定义 .....          | 142        |
| 3.2.2                          | 发射区的确定 .....         | 142        |
| 3.2.3                          | 发射区主要参数 .....        | 145        |
| 3.3                            | 射击机动目标的杀伤区和发射区 ..... | 146        |
| 3.3.1                          | 目标水平机动对发射区的影响 .....  | 147        |
| 3.3.2                          | 拦截水平机动目标保险发射区 .....  | 149        |
| <b>第4章 地空导弹武器系统战斗能力</b> .....  |                      | <b>152</b> |
| 4.1                            | 地空导弹武器系统 .....       | 152        |
| 4.1.1                          | 地空导弹武器系统概要组成 .....   | 152        |
| 4.1.2                          | 地空导弹武器分类 .....       | 153        |
| 4.1.3                          | 典型地空导弹武器战斗工作过程 ..... | 153        |
| 4.2                            | 地空导弹武器战斗能力 .....     | 156        |
| 4.2.1                          | 侦察能力 .....           | 156        |
| 4.2.2                          | 杀伤区 .....            | 156        |
| 4.2.3                          | 转入战斗准备时间 .....       | 157        |

|            |                         |            |
|------------|-------------------------|------------|
| 4.2.4      | 杀伤目标概率 .....            | 157        |
| 4.2.5      | 地空导弹武器射击周期 .....        | 159        |
| 4.2.6      | 连续射击目标能力 .....          | 160        |
| 4.2.7      | 消灭目标期望值 .....           | 164        |
| 4.2.8      | 机动能力 .....              | 164        |
| 4.2.9      | 掩护能力 .....              | 165        |
| 4.3        | 地空导弹武器群战斗能力 .....       | 171        |
| 4.3.1      | 火力配系及其指标 .....          | 171        |
| 4.3.2      | 地空导弹武器群战斗能力 .....       | 175        |
| 4.4        | 地空导弹武器群作战效能评估方法 .....   | 187        |
| 4.4.1      | 发现目标概率 .....            | 189        |
| 4.4.2      | 对空袭目标射击概率 .....         | 191        |
| 4.4.3      | 杀伤目标概率 .....            | 194        |
| <b>第5章</b> | <b>指挥区任务和目标诸元 .....</b> | <b>197</b> |
| 5.1        | 指挥区的指挥控制任务及情报报知 .....   | 197        |
| 5.1.1      | 指挥区完成的指挥控制任务 .....      | 197        |
| 5.1.2      | 指挥情报报知 .....            | 200        |
| 5.2        | 对空气动力学目标射击诸元 .....      | 208        |
| 5.2.1      | 目标诸元 .....              | 208        |
| 5.2.2      | 射击诸元 .....              | 223        |
| 5.2.3      | 射击诸元的显示 .....           | 231        |
| <b>第6章</b> | <b>信息场和目标识别 .....</b>   | <b>232</b> |
| 6.1        | 信息场 .....               | 232        |
| 6.1.1      | 信息和信息场概念 .....          | 232        |
| 6.1.2      | 评价雷达场指标 .....           | 236        |
| 6.1.3      | 雷达探测管理 .....            | 246        |

|            |                                   |            |
|------------|-----------------------------------|------------|
| 6.2        | 跟踪目标选择 .....                      | 252        |
| 6.2.1      | 目标跟踪概念 .....                      | 252        |
| 6.2.2      | 选择跟踪目标判据 .....                    | 253        |
| 6.3        | 目标识别 .....                        | 258        |
| 6.3.1      | 目标识别的重要性 .....                    | 258        |
| 6.3.2      | 目标识别要素 .....                      | 259        |
| 6.3.3      | 目标识别模型 .....                      | 261        |
| <b>第7章</b> | <b>威胁判断和拦截排序 .....</b>            | <b>289</b> |
| 7.1        | 目标威胁判断和拦截排序概念 .....               | 289        |
| 7.1.1      | 目标威胁判断和拦截排序含义 .....               | 289        |
| 7.1.2      | 射击指挥过程的目标威胁判断 .....               | 290        |
| 7.2        | 威胁判断和拦截排序模型 .....                 | 299        |
| 7.2.1      | 威胁判断考虑因素 .....                    | 299        |
| 7.2.2      | 近程地空导弹火力单元目标威胁判断和拦截排序<br>模型 ..... | 305        |
| 7.2.3      | 中远程地空导弹武器目标威胁判断和拦截排序<br>模型 .....  | 309        |
| 7.2.4      | 火力单元群对目标威胁判断和拦截排序 .....           | 319        |
| <b>第8章</b> | <b>目标分配 .....</b>                 | <b>322</b> |
| 8.1        | 目标分配概念 .....                      | 322        |
| 8.1.1      | 目标分配含义 .....                      | 322        |
| 8.1.2      | 地空导弹射击指挥目标分配特点 .....              | 325        |
| 8.1.3      | 指挥过程的目标分配 .....                   | 334        |
| 8.2        | 完成目标分配任务及其概念模型 .....              | 339        |
| 8.2.1      | 完成目标分配任务的阶段 .....                 | 340        |
| 8.2.2      | 目标分配概念模型 .....                    | 344        |
| 8.3        | 目标分配模型 .....                      | 353        |

|             |                     |            |
|-------------|---------------------|------------|
| 8.3.1       | 目标分配区和目标分配边界线 ..... | 353        |
| 8.3.2       | 目标分配的目标函数 .....     | 355        |
| 8.3.3       | 目标分配模型及算法 .....     | 361        |
| <b>第9章</b>  | <b>射击效果判断 .....</b> | <b>378</b> |
| 9.1         | 杀伤目标特征及评估方法 .....   | 378        |
| 9.1.1       | 杀伤目标简要机理 .....      | 378        |
| 9.1.2       | 射击效果评估方法 .....      | 381        |
| 9.2         | 射击效果判断模型和逻辑 .....   | 383        |
| 9.2.1       | 射击效果判断模型 .....      | 383        |
| 9.2.2       | 射击效果判断冲突判定准则 .....  | 384        |
| 9.2.3       | 射击效果判断逻辑 .....      | 385        |
| <b>参考文献</b> | <b>.....</b>        | <b>386</b> |

# Contents

|                  |                                                                          |          |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>Chapter 1</b> | <b>Introduction of Air Defense Command and Control</b>                   | <b>1</b> |
| 1.1              | Conception of Air Defense Command and Control                            | 1        |
| 1.1.1            | Generalization of Air Defense Command and Control                        | 1        |
| 1.1.2            | Characteristic of Air Defense Command and Control                        | 5        |
| 1.2              | Development of the Research for Command and Control Models               | 17       |
| 1.2.1            | Beginning Stage                                                          | 17       |
| 1.2.2            | Development Stage                                                        | 19       |
| 1.2.3            | Ripe Development Stage                                                   | 20       |
| 1.3              | Representative Command and Control System                                | 27       |
| 1.3.1            | The Constitution and Structure of Command and Control System             | 27       |
| 1.3.2            | Representative Command and Control System                                | 29       |
| 1.4              | The Command and Control Progress of Surface – to – air Missile Operation | 44       |
| 1.4.1            | The Readiness – combat Circle of Surface – to – air Missile Fire Unit    | 44       |
| 1.4.2            | The Command and Control Progress of                                      |          |

|                                         |    |
|-----------------------------------------|----|
| Surface – to – air Missile Firing ..... | 45 |
|-----------------------------------------|----|

## **Chapter 2 Air Raid and Surface – to – air Missile**

|                                                                                       |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Operation .....</b>                                                                | <b>51</b> |
| 2. 1 Air Raid and Models of Air Raid .....                                            | 51        |
| 2. 1. 1 Air Raid Arms .....                                                           | 51        |
| 2. 1. 2 Air Raid Scale and Formation .....                                            | 52        |
| 2. 1. 3 The Movement Models of Air Raid Targets .....                                 | 59        |
| 2. 2 The Operational Application of Surface – to – air<br>Missile Arms .....          | 79        |
| 2. 2. 1 The Application Principle of Air Defense<br>Troop and Operational Style ..... | 79        |
| 2. 2. 2 The Sequence of Air Defense Covering .....                                    | 84        |
| 2. 2. 3 Air – defense Disposition .....                                               | 88        |
| 2. 2. 4 Spatial Cooperation .....                                                     | 110       |

## **Chapter3 The Models for the Damage/Launch Zone**

|                                                                      |            |
|----------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>of Surface – to – air Missiles .....</b>                          | <b>118</b> |
| 3. 1 The Damage Zone of Surface – to – air Missiles ...              | 118        |
| 3. 1. 1 The Basic Conception of Damage Zone .....                    | 118        |
| 3. 1. 2 The Factors Which Affect Damage Zone .....                   | 125        |
| 3. 1. 3 The Mathematic Models of Representative<br>Damage Zone ..... | 131        |
| 3. 1. 4 The Mathematic Models of Damage Zone .....                   | 132        |
| 3. 2 The Launch Zone of Surface – to – air Missiles .....            | 142        |
| 3. 2. 1 The Definition of Launch Zone .....                          | 142        |
| 3. 2. 2 The Confirmation Launch Zone .....                           | 142        |
| 3. 2. 3 The Main Factors of Launch Zone .....                        | 145        |
| 3. 3 The Damage/Launch Zone When Fires                               |            |



|                                                                                              |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Moving Targets .....                                                                         | 146        |
| 3. 3. 1 The Influence to Launch Zone by Horizontal<br>Moving Targets .....                   | 147        |
| 3. 3. 2 The Insurance Launch Zone When Intercepts<br>Horizontal Moving Targets .....         | 149        |
| <b>Chapter 4 The Combat Ability of Surface – to – air<br/>Missile Weapon System .....</b>    | <b>152</b> |
| 4. 1 Surface – to – air Missile Weapon System .....                                          | 152        |
| 4. 1. 1 The General Structure of Surface – to – air<br>Missile Weapon System .....           | 152        |
| 4. 1. 2 The Category of Surface – to – air Missile<br>Weapon System .....                    | 153        |
| 4. 1. 3 The Combat Progress of The Typical<br>Surface – to – air Missile Weapon System ..... | 153        |
| 4. 2 The Combat Ability of Surface – to – air Missile<br>Weapon System .....                 | 156        |
| 4. 2. 1 Scouting Ability .....                                                               | 156        |
| 4. 2. 2 Damage Zone .....                                                                    | 156        |
| 4. 2. 3 The Time Turning to Combat Readiness .....                                           | 157        |
| 4. 2. 4 The Probability Killing Targets .....                                                | 157        |
| 4. 2. 5 The Firing Cycle of Surface – to – air<br>Missile Weapon System .....                | 159        |
| 4. 2. 6 The Ability Continual Firing Targets .....                                           | 160        |
| 4. 2. 7 The Expectation Killing Targets .....                                                | 164        |
| 4. 2. 8 Moving Ability .....                                                                 | 164        |
| 4. 2. 9 Covering Ability .....                                                               | 165        |
| 4. 3 The Combat Ability of Surface – to – air<br>Missile Weapon Group .....                  | 171        |