

军队“2110工程”资助项目

# 地空导弹射击学

主编 马拴柱 刘飞



西北工业大学出版社

军队“2110 工程”资助项目

# 地空导弹射击学

主 编：马拴柱 刘 飞

副 主 编：简金雷 曹泽阳

编 著 者：马拴柱 刘 飞 简金雷 曹泽阳 陈杰生

李金晖 李 炜 卢盈齐 季军亮 陈 琨

西北工业大学出版社

**【内容简介】** 本书共 10 章。第一章为射击学引论;第二、三、四章为地空导弹杀伤目标基础理论;第五、六章为地空导弹武器系统杀伤目标和射击效率理论;第七、八章为地空导弹武器系统综合性能理论和杀伤区、发射区应用理论;第九、十章为地空导弹部队射击应用理论。

本书着重阐述地空导弹武器系统射击的相关经典理论,既可作为地面防空院校军事学硕士、博士研究生的教材,又可作为地面防空部队军事指挥员、参谋人员及指挥控制工程技术人员的主要学习参考书,也可作为地空导弹部队师、旅(团)、营指挥员及参谋人员研究有关作战问题和分析、判断射击效果时的参考资料,同时对地空导弹武器系统研制人员和指挥自动化系统设计人员也有一定的参考价值。

### 图书在版编目(CIP)数据

地空导弹射击学/马栓柱,刘飞主编. —西安:西北工业大学出版社,2012. 1  
ISBN 978-7-5612-3308-5

I. ①地… II. ①马…②刘… III. ①地空导弹系统—射击学 IV. ①E92

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 010156 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:陕西兴平报社印刷厂

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:20.125

字 数:490 千字

版 次:2012 年 1 月第 1 版 2012 年 1 月第 1 次印刷

定 价:40.00 元

# 序

地空导弹武器系统作为一种高技术地面防空武器,其技术的先进性、设备的可靠性、性能的优越性,最终都必须由各种条件下的射击效果来体现。因此,如何评价和提高地空导弹武器系统的射击效果,是国防研制部门、军方决策部门和使用单位共同关心的问题,也是与这些部门中各类专业人员密切相关的问题。

地空导弹射击学是研究如何合理运用地空导弹武器系统,将地空导弹导向预定目标并获得最佳射击效果的学科。作为地面防空武器,地空导弹和高炮担负着同样的使命。在早期,地空导弹射击理论是在高射炮兵射击学(或射击原理)的基础上建立起来的。随着地空导弹武器装备的不断更新换代(现已发展到第三、四代)以及对地空导弹射击理论的深入研究,与早期相比地空导弹射击理论的内容得到了充实,有了很大的提高。苏联军事出版局于1970年出版了Φ. K. 纽波柯耶夫著的《地空导弹射击》,反映了当时的地空导弹射击理论的面貌。此书经修订后于1980年又重新出版,内容有了较大的变化,反映了20世纪70年代地空导弹射击理论的发展。地空导弹射击理论的研究范围,已从早期的主要研究单通道地空导弹武器系统对等速直线飞行目标的射击误差、杀伤概率、杀伤区、发射区的分析计算和目标作反导弹机动、进行电子对抗时的射击效率,扩展到主要研究多通道地空导弹武器系统对各类导弹(巡航导弹、空地反辐射导弹、战术弹道导弹)攻击和目标防区外打击的射击效率,以及对隐身目标攻击的作战指挥和兵力部署问题。对各种影响因素的分析,也更为深入、广泛。

马拴柱同志多年从事地空导弹部队司令部工作和作战指挥,对地空导弹武器系统作战使用经验丰富;并且在地空导弹射击理论的教学实践和教材编写工作中投入了全部精力。《地空导弹射击学》一书在参考外军有关资料的基础上,吸收了国内先进的科研成果和部队丰富的作战经验,经过四年多的教学试用、反复修订,几易其稿,现在终于正式出版了。该专著系统地阐述了地空导弹飞向目标、杀伤目标的基本理论,影响地空导弹射击效率的主要因素,杀伤区、发射区及其应用等经典理论问题;并在阐述基本理论的基础上,讨论了在战斗使用中提高地空导弹射击效率的各种可能途径。该专著紧密结合地空导弹武器系统战斗使用特点和地空导弹部队射击运用实际及武器系统发展,吸取了近年来的地空导弹部队作战使用研究的最新成果,旨在为地空导弹部队使用地空导弹武器系统组织对空中目标射击提供理论支撑。该专著既有一定的深度,又有一定的广度,并能紧密联系部队实际,反映了当前我国地空导弹射击理论的最新成就,填补了射击学领域地空导弹射击理论方面的空白。

这本专著既可作为地面防空院校军事学硕士、博士研究生的教材;又可作为地面防空部队

师、旅(团)、营指挥员及参谋人员,指挥控制工程技术人员研究有关作战问题以及分析、判断射击效果时的工具书和参考资料;同时对从事地空导弹武器系统研制和指挥自动化系统设计的相关人员也有一定的参考价值。

王凤山\*

2011年7月

\* 王凤山,空军工程大学导弹学院教授、博士生导师、空军少将、空军级专家、全军优秀教师。

# 前 言

地空导弹射击学是研究地空导弹杀伤空中目标规律的一门学科。《地空导弹射击学》一书中着重介绍了地空导弹射击的基本理论和应用理论。它从可靠性与经济性的观点出发,探讨在各种条件下如何正确组织实施射击,以取得最佳的射击效果,是指导地空导弹部队实施射击指挥、制定射击规则与战斗教令,以及研制和改进地空导弹武器系统的重要理论基础和依据,为地空导弹部队的战斗部署和战斗使用提供了理论支撑。

地空导弹射击学研究的主要内容如下:

- 空中目标及导弹运动规律;
- 地空导弹制导控制原理;
- 单发导弹杀伤概率影响因素分析及计算;
- 杀伤区、发射区的分析与计算;
- 射击方法及发射时机的选择;
- 射击指挥控制及射击效率分析计算。

《地空导弹射击学》是为地空导弹军事学专业硕士、博士研究生编写的一本专业课教材。全书共分十章。第一章为绪论,主要介绍了地空导弹射击学的概念、内容体系、地位及研究方法和要求。第二、三、四章为地空导弹杀伤目标基础理论部分,包括空中目标及地空导弹运动规律、制导控制原理及导引规律。第五章为单发导弹杀伤概率及影响因素分析,包括地空导弹制导精度分析、目标特性分析、引战配合效率分析和地空导弹武器系统可靠性分析。第六章为地空导弹射击效率分析计算,包括单发导弹杀伤概率和射击效率的计算方法。第七章为杀伤区、发射区的经典理论,包括杀伤区、发射区的基本概念及影响杀伤区边界的主要因素,杀伤区、发射区、可靠发射区参数计算方法。第八章为杀伤区和发射区的应用理论,包括导弹发射时机确定方法、应考虑的因素和注意问题,地空导弹武器系统的抗击能力和掩护能力分析。第九章为地空导弹射击方法原理,包括目标搜索、目标截获与跟踪、导弹发射及爆炸控制和抗干扰对策。第十章为射击指挥控制原理,包括射击指挥控制结构、流程和信息场事件原理、目标分配事件原理及转移火力原理等。

本书由马拴柱、刘飞担任主编,参加编写的既有从事射击理论课程教学多年的教员,也有来自部队熟悉兵器装备的指挥员和工程师。第一章由陈杰生、马拴柱编写;第二章由简金雷、陈琨编写;第三章由简金雷、李金晖编写;第四章由刘飞、李炜编写;第五章由简金雷、马拴柱编写;第六章由刘飞编写;第七章由马拴柱编写;第八章由刘飞编写;第九章由曹泽阳编写;第十

章由卢盈齐、马拴柱和季军亮编写。全书由马拴柱、刘飞统稿。此外,刘仁、李国力、李孝军、张雅舰在成书过程中也参与了部分工作。

本书的出版在国内地空导弹射击领域尚属首次,在编写过程中吸收借鉴了国内外一些学者和专家的研究成果,一并在此致以诚挚的谢意!

由于作者经验不足、水平有限、资料不全,对兵器装备,特别是新装备学习还不够深入,书中缺点在所难免,不当之处,恳请读者批评指正。

编著者

2011年7月于西安

# 目 录

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 第一章 绪论              | 1   |
| 第一节 地空导弹射击学的概念      | 1   |
| 第二节 地空导弹射击学的内容体系    | 6   |
| 第三节 地空导弹射击学的地位      | 9   |
| 第四节 地空导弹射击学的研究方法和要求 | 11  |
| 第二章 空中目标及导弹运动规律     | 15  |
| 第一节 坐标系及其转换         | 15  |
| 第二节 空中目标的运动规律       | 27  |
| 第三节 作用在导弹上的力和力矩     | 38  |
| 第四节 导弹的机动性和过载       | 50  |
| 第三章 地空导弹制导控制原理      | 57  |
| 第一节 制导系统            | 57  |
| 第二节 导弹制导方式          | 60  |
| 第三节 导弹控制方法          | 73  |
| 第四章 地空导弹导引规律        | 93  |
| 第一节 经典导引律           | 94  |
| 第二节 现代导引律           | 113 |
| 第五章 单发导弹杀伤概率及影响因素   | 125 |
| 第一节 单发导弹杀伤概率        | 125 |
| 第二节 地空导弹制导精度        | 127 |
| 第三节 目标特性            | 142 |
| 第四节 战斗部特性           | 148 |
| 第五节 引信特性            | 163 |
| 第六节 引战配合效率          | 170 |
| 第七节 地空导弹武器系统可靠性分析   | 173 |
| 第六章 地空导弹射击效率        | 183 |
| 第一节 射击效率概念          | 183 |

|                            |            |
|----------------------------|------------|
| 第二节 单发导弹杀伤概率·····          | 185        |
| 第三节 用概率论评定射击效率·····        | 188        |
| 第四节 用排队论评定射击效率·····        | 197        |
| <b>第七章 杀伤区和发射区·····</b>    | <b>202</b> |
| 第一节 杀伤区·····               | 202        |
| 第二节 发射区·····               | 229        |
| 第三节 可靠发射区·····             | 240        |
| <b>第八章 杀伤区和发射区的应用·····</b> | <b>246</b> |
| 第一节 确定导弹发射时机·····          | 246        |
| 第二节 地空导弹武器系统的抗击能力·····     | 251        |
| 第三节 对保卫目标的掩护能力·····        | 256        |
| <b>第九章 射击方法·····</b>       | <b>266</b> |
| 第一节 搜索方式·····              | 266        |
| 第二节 目标截获方法·····            | 268        |
| 第三节 跟踪方法·····              | 270        |
| 第四节 发射方式和战斗部起爆方式·····      | 274        |
| 第五节 抗干扰方式·····             | 276        |
| <b>第十章 射击指挥控制原理·····</b>   | <b>281</b> |
| 第一节 射击指挥控制概念·····          | 281        |
| 第二节 信息场事件原理·····           | 287        |
| 第三节 目标分配事件原理·····          | 298        |
| 第四节 观察射击效果与转移火力·····       | 308        |
| <b>参考文献·····</b>           | <b>314</b> |

# 第一章 绪 论

地空导弹武器系统作为信息化条件下防空、防天作战体系中重要的拦截打击武器系统,具有抗击各型飞机、弹道导弹、巡航导弹等不同空天袭击目标的能力,还可发展成为对天基目标实施打击的进攻性武器系统,担负着保障国家或地区重要目标空天安全的历史重任。使用地空导弹对空射击是地空导弹部队完成作战任务最直接的手段。所以,能否对目标实施有效的射击,是完成任务的关键。由于地空导弹武器系统的作战使用效能最终必须由各种条件下的射击效果来体现,因此,地空导弹的射击效果问题是地空导弹射击的核心问题。鉴于地空导弹射击过程复杂,制约因素多,正确组织实施射击,取得最佳的射击效果,必然需要系统的地空导弹射击理论指导,这也是本书的研究目的所在。

## 第一节 地空导弹射击学的概念

任何理论都来源于实践并服务于实践活动,射击学的理论同样产生并服务于射击实践活动。揭示地空导弹射击学的概念就需要研究地空导弹射击活动。明确射击活动的内涵与外延是研究射击学的基础,明确一般射击学的规律和地空导弹射击活动是研究地空导弹射击学的基础。同时,地空导弹武器系统结构复杂,系统庞大,信息化、自动化程度高,使得地空导弹射击活动与使用其他武器系统射击存在重大差异,因此,地空导弹射击学与其他射击学既密切相关,又相互区别。

### 一、射击与射击学

射击是指运用射击武器系统,将箭头、弹丸或战斗部等杀伤物射向目标的行动。射击学是研究合理运用射击武器系统,将杀伤物射向目标并获得最佳射击效果的学科。射击学是使用射击武器实施射击的指南,射击武器的发展演变始终带动着射击理论和方法的发展演变,其内容主要包括射击理论和射击方法。

最早的射击方法可以追溯到古代使用弓矢的射艺<sup>[1]</sup>。原始时代出现弓矢以后,就有了“射”的概念。中国西周时期,“射”作为与礼、乐、驭(御)、书、数并列的六艺之一,居第三,成为贵族子弟的必修课。公元前2世纪,中国西汉时期弩机上带刻度的“望山”,实际就是射击表尺——射表。这种原始的图形射表体现了当时人们对射程和射角关系的理解。

至于对射击需要瞄准才能命中的认识,早在春秋末期孔子选编的《书经·太甲上》中就已有所反映。按公元2世纪初东汉许慎著《说文解字》的注释,“射”字古作“𠂔”,从身从矢,“弓弩发于身而中于远也”。可见,命中作为“射”的主要目的,从古至今都是射击的根本课题。围绕“命中”这一根本课题,很早就产生了相对于所使用武器的射击理论和方法。中国古代不仅很早就掌握了弓箭制作、使用的方法要领,还在使用抛石机(砲、礮)、用箭集射的过程中产生了相应的指挥理论和方法,如宋代陈规所著《守城录》一书中就已经记载了间接瞄准射击的思想和

最初的实践。

火药的出现,提高了武器射程,也使命中精度的研究更有必要性,促使了射击学的产生。17世纪以来,随着数学、力学等基础学科的发展,射击的理论和射击方法也不断得到发展,产生了射击学的萌芽。早期射击学(即炮术)的内容主要是外弹道学。到19世纪中叶,射击学与弹道学分别发展成独立的学科;地面、海岸和舰船炮兵射击由直接瞄准射击扩展到可从遮蔽阵地进行的间接瞄准射击。火炮射程的增加和弹丸飞行时间的延长,使各种因素对弹道的影响更加多样和复杂,从而使射击方法对命中精度的影响更加显著。概率论被用来分析弹着点的散布,以后又逐渐推广到分析射击诸元的精度,校正射击和评定射击效果等方面,使射击方法和理论的研究更加精确和科学。大规模集中使用火力提高了对统一指挥的要求,射击指挥对专门理论和方法的需求也更加迫切,从而产生了精确确定射击诸元的理论、试射和修正诸元的理论以及获得最佳射击效果的效力射理论和方法。

19世纪末到第一次世界大战期间,先后出现了鱼雷、潜艇、飞机、坦克等武器装备,使射击学向多个分支分化。新的射击要求和空袭目标类型的扩展,使射击学不再局限于地面、海岸和舰船射击而新增了许多分支,也增添了许多新的课题。如预测运动目标在弹丸飞行期间的运动规律,研究提高射击效果和降低弹药消耗量的方法,建立射击指挥中心和设计射击指挥仪的各项原则等。两次世界大战之间,电子学和光学瞄准测量技术的发展,为实现这些方法和原则提供了物质和技术基础。气象观测条件和各种校射手段日益完备,使射击理论发展到了新的高度,其主要内容是通过减少试射次数和试射持续时间,甚至不经试射来增加射击的准确性和突然性;对效力射则提出了同时着弹的要求。

第二次世界大战末期及以后出现的制导武器、核武器和数字电子计算机,对射击学的发展产生了巨大影响。制导控制为命中问题提供了新的解决途径。射击中的计算、控制和指挥,因数字电子计算机的使用和计算速度不断加快而允许采用更精确的数学模型,从而能更加准确适时地完成。各种武器的射击指挥与控制系统,因信息采集与处理功能的逐渐增强而迅速发展和完善。核武器虽然在第二次世界大战后并没有在战场上使用过,但存储于全球的核弹却已数以万计。由于其有极大的破坏力,对其射击指挥也制定了许多特殊的规则。现代弹丸的远射技术,子母弹、分导弹头以及各种对抗手段的采用,目标机动性和出现突然性的不断提高,大大增加了射击的复杂程度。现代射击学必将利用军事运筹学等理论开展动态的和综合的研究,向着更深更广的领域发展。

## 二、地空导弹射击与地空导弹射击学

自从航空器投入战争,就产生了对空射击的问题。为了提高对空射击的命中概率,对空射击武器不断发展,导弹技术的产生催生了地空导弹武器系统。地空导弹武器系统是指从地面上发射导弹,用来攻击各种空中飞行目标的武器系统。地空导弹武器系统是一种用来对付空中威胁的精确制导武器,它所对付的目标一般是指各种作战飞机,有些地空导弹还能够射击巡航导弹、空地导弹、战术弹道导弹和空漂气球等目标。从舰艇上发射,用来攻击空中飞行目标的导弹,称为舰空导弹。舰空导弹与地空导弹具有非常相似的特性,大多数舰空导弹是由地空导弹改进和演化的,因此习惯上将地空导弹与舰空导弹视为同一类导弹,统称为防空导弹,也称为面对空导弹。地空导弹武器系统以其精度、射程和杀伤威力优于其他地面防空武器,极大地加强了防空火力配系,扩大了防空区域,改变了空防斗争的态势,使防空进入了一个新阶段,

地空导弹武器系统的出现使得地空导弹射击问题也随之产生。

### (一)地空导弹射击

地空导弹射击,作为特殊的社会实践活动,是地空导弹射击理论研究的客体。这一概念在地空导弹兵防空作战实践中经常被使用,准确界定这一概念是研究地空导弹射击学首先要解决的问题。

地空导弹射击是指部队运用地空导弹武器系统,将地空导弹战斗部导向预定目标并摧毁目标的战斗过程。

地空导弹部队使用地空导弹武器系统对空射击的过程,是一个利用地空导弹武器系统的射击理论和射击方法实现的人—机—弹的闭环控制过程。以使用无线电指令制导的地空导弹武器系统射击为例,其基本过程如下:目标搜索设备对空搜索、发现、识别目标,连续测定目标的飞行参数,目标指示设备将获得的空中情况进行分析处理,通过指挥控制中心传输给制导控制系统;制导控制系统利用雷达设备或光学仪器、电视监控系统等对目标进行搜索、跟踪,不断地测定目标运动参数并输入计算机;同时,发射装置根据目标数据及本身的跟踪规律,带动导弹实施跟踪瞄准,或设置导弹发射的初始数据,使导弹指向所需方向,待目标进入发射区,指挥员根据计算机给出的射击诸元,下令利用地空导弹控制系统选取不同的射击方法,对空中目标发射一至数枚导弹;导弹发射后,跟踪设备截获导弹并转为跟踪状态,不断地测定导弹的运动参数并输入计算机;计算机根据目标和导弹的运动参数,按优选的导引规律产生控制指令并通过指令发射设备送到弹上;弹上制导装置将接收到的指令与自身感受到的弹体姿态信息综合处理,形成控制信号,驱动舵机控制导弹飞向目标;在导弹接近目标的过程中,制导系统适时发出启动引信的指令;当导弹处于可能杀伤目标位置时,引信起爆战斗部,毁伤目标。

地空导弹部队使用地空导弹武器系统对空射击的过程包括射击准备和射击实施。射击准备又分为预先准备和直接准备。预先准备包括接收上级的有关空情通报或空情报知,指挥所进入一等战斗值班,部队进入一等战斗值班,综合分析判断情况、定下预先准备决心。直接准备包括进入战斗,侦察干扰,导弹接电准备,准备射击诸元,定下射击决心。射击实施包括发射导弹,判明对目标截获和导弹飞行的情况,射击效果判断,转移火力消灭后续目标。使用地空导弹武器系统射击空中目标的过程大体相似,但不同型号地空导弹武器系统的射击步骤有所区别。

由于最终完成地空导弹射击过程的是地空导弹火力单位(地空导弹部队能够独立遂行战斗任务的最小的行政单位),常常将地空导弹射击定义为地空导弹火力单位对空中目标进行射击的战斗行动。随着地空导弹武器系统一体化集成的层次提高和指挥信息系统的发展和运用,战术单位一体化集成的地空导弹武器系统对空射击不再局限于火力单位,而是战术单位与火力单位协同完成的过程和行动;射击方法也将由火力单位拓展到战术单位,而且部分射击方法将不再由人工确定,而转由地空导弹火力和指挥信息系统按设定的程序自动选择。

### (二)地空导弹射击学

地空导弹射击学是研究合理运用地空导弹武器系统,将地空导弹导向预定目标并获得最佳射击效果的方法及其客观规律的学科。地空导弹射击学能否成为一门独立的学科,不仅取决于地空导弹武器系统的射击行动是否包含科学的成分和科学的内容,而且还取决于它与其

他射击武器系统的射击过程相比有无特定的研究对象、独特的研究内容。如果它的研究对象和研究内容其他学科都不能囊括,这门学科就有独立存在之必要;否则,就无独立存在和专门研究的价值。

### 1. 地空导弹射击学的研究对象

地空导弹射击学作为指导运用地空导弹武器系统实施射击的理论升华,自然它的研究对象就是地空导弹武器系统射击的过程。在预先准备的基础上,实施射击的过程是从跟踪雷达搜索发现目标开始到判断出射击效果结束的过程。这一过程的主要任务是在各种情况下,如何运用地空导弹武器系统将地空导弹战斗部顺利地导向预定的空中目标并获得最佳的射击效果,它是客观存在的现象,有其特殊的矛盾和特殊的本质及其规律,不同于其他射击武器系统的射击过程。如地面火炮射击的是地面目标,大部分是固定的或运动速度很低的目标,与射击空中目标有根本的区别;高射炮虽然也是射击空中目标,与地空导弹射击的目标相同,但地空导弹武器系统和射击过程的复杂性则与高射炮有本质的区别,存在着特殊运动形式和规律。因此,它就是一种特殊的研究对象,也就是地空导弹射击学能够作为一门学科存在的基本依据。

对目标的射击过程大体可分为四个阶段:一是搜索、发现、识别和指示目标;二是跟踪、瞄准和发射导弹;三是制导导弹飞向目标;四是控制战斗部起爆并毁伤目标。为指导地空导弹武器系统的使用者有效射击空中目标,地空导弹射击学必须对射击过程中涉及的各种制约条件和射击规律进行深入系统研究。围绕命中这一核心问题,地空导弹射击学对射击过程的研究,需要着眼于四个方面的问题:一是要达到摧毁空中目标的目的或预期的效果,即如何追求对空射击的准确性;二是对空射击的时空特性,即在特定时限内、一定的空间中进行射击,如何保证对空射击具有时效性;三是对空射击受相应的规范制约,不是完全自由的,即如何保证对空射击的有效性;四是对空射击要消耗资源和能量,即如何保证对空射击的经济性。地空导弹射击学对使用地空导弹武器系统射击过程的这四个方面问题进行深入研究,产生了射击理论和射击方法。

### 2. 地空导弹射击学的研究内容

根据对地空导弹射击学的研究对象分析,可以得出地空导弹射击学研究的内容主要包括射击理论和射击方法两个方面的基本内容。

地空导弹射击理论是以概率论和外弹道学为基础,研究各种影响射击精度的因素对地空导弹射击效果的综合作用,并探求如何获得最佳射击效果的理论。其核心就是使导弹的战斗部与目标相遇,且在有效作用范围内起爆战斗部,从而达到命中目标的目的。为解决命中问题,首先,射击理论需要研究携带战斗部的助推火箭导弹和空中目标两者的运动规律。利用现代外弹道学知识,可以揭示发射的地空导弹在流场的影响下在空中运动的规律,准确地计算出在给定的初始条件和环境条件下与目标遭遇所需的理想弹道。但是,战场情况非常复杂难以准确预测,空中目标飞行诸元也可能发生变化,因此,需要详细分析影响射击精度的各种误差根源并分清主次,研究在不同情况下如何做出必要的修正。其次,射击理论需要研究评定射击效率原理。主要研究影响射击效果的诸因素,计算射击效率指标的数学方法,保证获得最佳射击效果的条件,以及命中之后战斗部对目标的毁伤作用和总体毁伤效果等。

地空导弹射击方法是以射击理论为指导,在射击空中目标过程中,为有效地探测、识别、跟踪目标,计算各类射击诸元,发射、制导导弹和控制战斗部爆炸使各分系统选择采用的工作方

式和方法的统称。地空导弹兵部队使用地空导弹武器系统对空射击需要正确运用射击方法。在对空中目标射击的人—机一体的闭环控制过程中,只有正确运用地空导弹武器系统的各种工作程式、工作状态,才能有效命中目标。射击方法是指挥员定下射击决心的重要内容。正确运用射击方法,能充分发挥地空导弹武器系统的射击效能。在选择射击方法时,要根据空中目标的数量、运动参数、突防手段、电磁环境和地空导弹武器系统的性能、可供发射的导弹数量、部队战勤人员的素质等因素确定。随着地空导弹武器系统一体化集成的层次由火力单位发展到战术单位,射击方法也将由火力单位扩展到战术单位,同时,随着地空导弹兵自动化系统发展成为指挥控制系统(C<sup>4</sup>I),部分射击方法将不再由人工确定,而转由系统按设定的程序自动选择,人工进行适当干预。

地空导弹射击学的研究内容除射击理论和射击方法两方面基本内容外,还应包括射击指挥控制。地空导弹武器系统是高度信息化的作战装备,指挥员实施对部队的指挥和对装备的控制,需要依赖指挥信息系统。使用地空导弹武器系统作战的过程是一个人—机交互的过程,指挥员和战勤人员通过指挥信息系统实现对空射击的准确性、时效性和经济性,必须遵循一定的原理和方法进行指挥控制。射击指挥控制本质上仍属于射击方法,传统的射击方法以制导雷达为核心,实现对地空导弹火力系统的科学使用;随着指挥信息系统功能的增强及其与地空导弹火力系统交链程度的提高,指挥人员能够通过指挥信息系统综合运用以计算机为核心的各种指挥控制设备,获取、收集、传输、处理作战信息,协调地空导弹火力单元(同时只能射击单个或单批目标的地空导弹火力系统)战斗运用,保证对部队指挥和武器控制,从而使射击方法的概念从对火力单元的运用扩展到对指挥设备的运用,从火力单位(分队)扩展到战术单位。从射击指挥控制原理或指挥信息系统设备的角度提出的射击方法主要涉及对空探测方法、空中情报综合方法、目标识别方法、任务区分方法和目标分配方法等。

### 三、地空导弹射击学的发展沿革

深入研究一门学科,甚至提出一个概念,都需要追寻其产生与形成的过程。

地空导弹射击理论于20世纪40年代末随着地空导弹武器系统的研制、出现而逐步形成。早期的地空导弹射击理论是在高射炮兵射击学(或射击理论)的基础上建立起来的,主要研究在无干扰条件下对等速直线飞行的中空高目标制导误差、杀伤概率、杀伤区、发射区的分析和计算。

20世纪60至70年代后期,随着航空兵低空、机动、干扰等突防手段的大量运用,产生了第二代低空近程地空导弹,促进了对低空目标、机动目标、干扰条件和多目标条件下射击理论的研究。苏联军事出版社于1970年出版的Ф. К. 纽波柯耶夫著的《地空导弹射击》,反映了20世纪60年代的地空导弹射击理论的面貌。此书经修订后于1980年又出了新版,内容有了较大的变化,反映了70年代地空导弹射击理论的发展。

在地空导弹射击理论发展形成射击学的过程中,其研究内容和范围不断拓展。地空导弹射击理论的研究范围,从早期针对无干扰的简单情况对目标的抗击效率,扩展到研究目标对抗时的射击效率以及对全方位、小编队、多层次、多批次集群目标的射击问题,对各种影响因素的分析也更为深入。20世纪80年代以来,随着第三代地空导弹的出现,开始了对地空导弹武器系统可靠性、多通道地空导弹武器系统射击理论的研究。目前,地空导弹抗击高速战役战术弹道目标、极小雷达散射面的隐身目标、巡航导弹等问题越来越成为地空导弹射击理论研究的重点。

随着未来空袭武器愈加复杂多变,地空导弹射击理论将重点对多层反导,地空反辐射导弹对付预警机、干扰机以及对空中多种目标自动综合优化射击方法等进行理论研究,射击理论的研究将发展到更高的水平。

## 第二节 地空导弹射击学的内容体系

地空导弹射击学作为一门独立的学科,不仅应有独特的研究对象、研究内容和研究领域,还应在该领域的研究中形成独特的研究内容体系。该体系的形成既受学科研究对象及其内在规律的规定性影响,也受研究传统的影响;不同军种的地空导弹射击学内容体系具有显著的差异。例如,陆军便携式地空导弹射击学通常包括射击基础理论、射击方法、射击指挥、射击训练四个方面内容(如图 1-2-1 所示,见《射击学报》2003 年第 3 期),而空军地空导弹射击学研究人员对内容体系比较公认的划分是射击基础理论和射击应用理论两个部分。其中,射击应用理论以射击方法为主体内容,也包括射击方法向射击指挥拓展的一部分内容,而不包括射击训练。



图 1-2-1 陆军便携式导弹射击学内容体系结构图

### 一、基础理论

地空导弹射击基础理论是地空导弹射击学的主体内容,主要包括射击学引论、地空导弹武器系统杀伤目标理论和评定射击效率的理论方法,如图 1-2-2 所示。

射击学引论主要是论证射击理论形成一个独特学科所必须具有的内涵和特征,主要阐述地空导弹射击学的内涵、研究内容、学科定位、学科研究方法以及学科产生与发展的脉络。

地空导弹杀伤目标理论是射击学基础理论的核心内容,也是与应用理论联系最密切的内容。地空导弹杀伤目标理论主要包括武器系统制导理论和射击准确性理论两个方面。武器系统制导理论的内容主要包括各型地空导弹武器系统工作和作战使用中涉及的坐标系,在各种坐标系中研究目标与导弹的运动规律,导弹的受力、力矩与过载等工作原理问题,以及制导原理、制导方式、引导规律等地空导弹武器系统大回路工作原理问题。地空导弹射击准确性问题

研究的重点是制导误差的因素分析、引信与战斗部配合效率、战斗使用可靠度等,主要着眼于为指挥员分析、掌握和运用射击应用理论奠定基础。

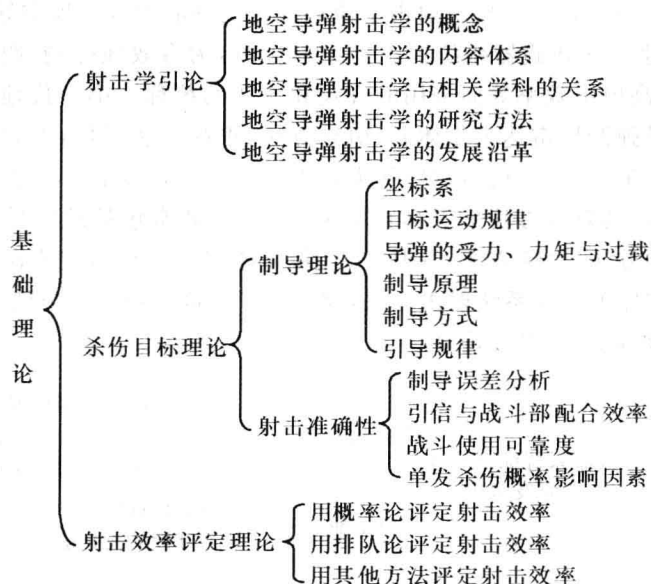


图 1-2-2 地空导弹射击学基础理论体系结构

地空导弹射击效率的评定理论,主要研究在导弹与目标遭遇之后导弹战斗部对目标的毁伤作用和总体毁伤效果、影响射击效果的诸因素、计算射击效率指标的数学方法及保证获得最佳射击效果的条件等。使用的主要方法包括概率论方法、排队论方法和其他定量与定性结合的方法。射击效率分析通常可分为评价已知条件下的射击效率和找出保证获得给定射击效率的条件。一般包括对单个目标的射击效率、对目标群的射击效率、考虑地空导弹武器系统战斗使用可靠性时的射击效率,以及考虑敌实施对抗条件下、复杂电磁环境下的射击效率等,建立评价射击效率的指标体系和计算方法,分析影响射击效率的主要因素,探讨提高射击效率的主要途径等。这些问题不仅是地空导弹部队指挥员合理地组织对各种目标射击,以较小代价获得较大射击效果的理论依据,也是研制新型号和改进现有型号地空导弹武器系统的一个重要理论基础。

## 二、应用理论

地空导弹射击学是研究射击准备、实施射击和战斗部杀伤效率的一门学问,具有很强的应用性。应用理论是射击学学科体系的重要组成部分,是射击学与兵种战术学、兵种作战指挥等兵种应用理论联系的桥梁。射击学应用理论通常包括地空导弹武器系统战斗性能及其运用、射击方法、射击指挥等内容,如图 1-2-3 所示。

地空导弹武器系统综合战斗性能虽然不是地空导弹射击学研究的重点,却是射击学研究的起始点。地空导弹射击学的核心任务是充分发挥武器系统的综合性能,取得最佳的射击效果。为此,必须对武器系统作战空域和射击能力等方面的综合性能进行深入研究。对地空导弹武器系统作战空域研究的重点是杀伤区和发射区的形状及影响杀伤区和发射区的主要因素

等问题;对地空导弹武器系统射击能力研究的重点是连续射击空中敌方目标的能力和对地面己方目标的掩护能力等。

地空导弹射击方法是地空导弹射击学应用理论的核心内容。地空导弹射击方法是地空导弹火力单位运用地空导弹武器系统射击空中目标时,为有效地探测、跟踪目标,分配火力,发射、制导导弹和提高射击效率等而采用的方式和方法的统称。第一代地空导弹武器系统的射击方法包括地空导弹制导雷达工作体制、引导方法、跟踪方法、射击方式(发射种类)和转移火力方法等五要素。第二、第三代地空导弹火力单位通常具有多个火力单元(发射单元),且电子对抗手段更加丰富,其射击方法的具体内容有所差异,通常包括地空导弹武器系统的工作体制、工作状态、引导方法、跟踪方法、发射方式、制导体制和干扰对抗方法等七大要素。地空导弹射击学研究地空导弹武器系统射击方法,就是为了正确运用射击方法,充分发挥地空导弹武器系统的性能,取得最大的射击效果。

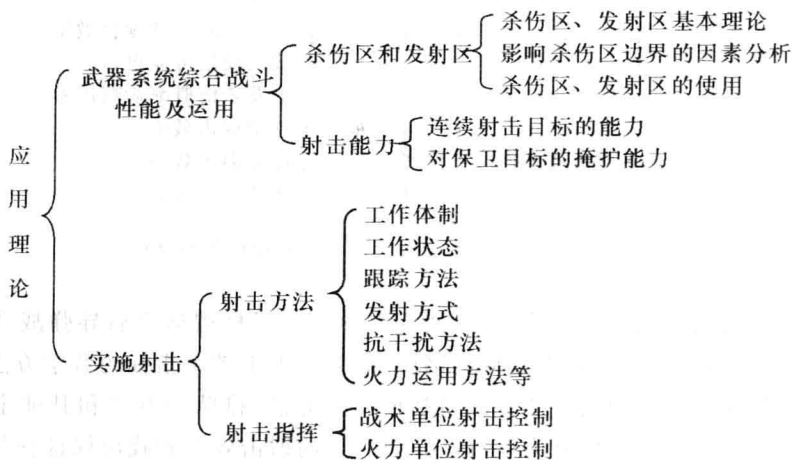


图 1-2-3 地空导弹兵射击学应用理论体系结构

射击指挥是指挥员和指挥机关在完成射击任务过程中为适时而有效地运用火力所采取的措施和行动。射击指挥主要包含两个层面的内容:一是战术层面的内容,主要是指指挥员如何合理组织运用火力有效地完成给定的战斗任务,通常由指挥员和指挥机关通过射击指挥中心来完成,如组织部队的等级转进、敌情的分析判断、特殊情况的处理等属于射击的组织领导活动,不完全包括在地空导弹射击活动的过程之中。二是技术层面的内容,主要是对实施射击的武器系统或者武器群的直接控制,如搜索跟踪,对射击目标的威胁评估、火力分配的原理、发射控制、制导控制等对射击过程的指挥控制问题,包括在地空导弹射击活动过程之中;特别是自动化程度较高的地空导弹武器系统,整个射击过程只需很少的人工干预,完全由指挥控制系统完成对预定目标的射击,或者采取人一机结合方法进行。所以,射击指挥中对武器系统的指挥控制的基本理论问题应属于地空导弹射击学的研究范畴。

事实上,地空导弹战术层面和技术层面的射击指挥很难严格区分。特别是地空导弹武器系统火力系统和指挥信息系统一体化交链程度的提高,指挥员在实施射击指挥时往往既完成战术性的射击指挥,又完成技术性的射击控制。

虽然地空导弹武器系统的战勤操作人员的素质对射击过程有一定的影响,但其素质高低