

兵器科学与技术丛书 41

# 火炮与自动武器

主 编 马福球 陈运生 朵英贤



 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

兵器科学与技术丛书

# 火炮与自动武器

主 编 马福球 陈运生 朵英贤

 北京理工大学出版社  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

版权专有 侵权必究

---

图书在版编目(CIP)数据

火炮与自动武器/马福球,陈运生,朵英贤主编. —北京:北京理工大学出版社,2003.4

(兵器科学与技术丛书)

ISBN 7-5640-0026-0

I. 火… II. ①马… ②陈… ③朵… III. ①火炮②自动武器  
IV. TJ

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 062263 号

---

---

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68912824(发行部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

电子邮箱 / [chiefedit@bitpress.com.cn](mailto:chiefedit@bitpress.com.cn)

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 涿州星河印刷厂

开 本 / 880 毫米×1230 毫米 1/32

印 张 / 11.125

字 数 / 248 千字

版 次 / 2003 年 4 月第 1 版 2003 年 4 月第 1 次印刷

印 数 / 1~2000 册

责任校对 / 郑兴玉

定 价 / 25.00 元

责任印制 / 李绍英

---

图书出现印装质量问题,本社负责调换

## 兵器科学与技术丛书编辑委员会

主任委员 蓝祖佑

副主任委员 陈鹏飞 杨卓 邱晓华

常务编委 胡国强

编委 (以姓氏笔画为序)

马宝华 马福球 王泽山 王校会

王儒策 冯崇植 古鸿仁 田棣华

任务正 刘玉岩 朵英贤 张天桥

杨绍卿 陈运生 周立伟 欧育湘

范宁军 郑慕侨 赵国志 郭治

曹翟 魏云升

# 序

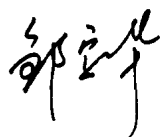
兵器科学技术的发展凝结着人类的智慧。军事需求是兵器发展的动力,技术推动是兵器发展的条件。每个时代的兵器都标志了这个时代的科学技术水平。兵器从简单到复杂,从低水平到高新技术,经历了古代兵器、近代兵器和现代兵器三个阶段。兵器科学与技术也在不断地发展和变化。19世纪,由内弹道学和外弹道学构成的弹道学(包括中间弹道、终点弹道、创伤弹道)的发展,硝化甘油、单基火药、双基火药和梯恩梯炸药的出现及其基础学科(力学、化学、自动化学等)在兵器上的应用,标志着兵器科学技术学科的基本理论已基本形成。兵器科学技术的产生及发展,加快了兵器的发展速度,而兵器的发展又不断丰富着兵器科学技术的内涵。

进入20世纪之后,科学技术的发展使兵器进入了现代兵器时代。现代兵器已不再是简单的冷兵器或热兵器,而是组成越来越复杂的、性能优良的高科技的武器系统,涉及探测识别、发射运载、动力传动、定位定向、指挥控制、通讯导航、高效毁伤、战场评估、电子对抗以及综合技术保障等方面。现代战争也进而发展成为高新技术兵器装备体系与体系之间的对抗,军事需求和技术进步促使兵器科学技术的基本理论和学科体系进一步地不断完善和发展。

展望21世纪,随着光电子技术、微电子技术、计算机技术、生物技术、空间技术以及新材料、新能源等一大批高新技术的迅猛发展,人类社会将发生全方位的深刻变化,引发以高新技术为主要特征和推动力的新军事领域的深刻变革。这也会进一步推

动兵器科学技术的发展,丰富兵器科学技术的内涵,使其逐渐形成空气动力学、爆炸力学、理论力学、弹道学、材料力学、自动化学、电子学、光学、合成化学、理论化学、系统学、信息学等学科的综合性工程应用学科。兵器科学技术随着军事革命和技术浪潮的到来,将会把它推向新的技术高峰,不断地发展。

由兵器科学与技术丛书编辑委员会组织近百名专家、学者编写的《兵器科学技术总论》、《坦克装甲车辆》、《火炮与自动武器》、《弹药工程》、《制导弹药技术》、《火炸药科学技术》、《目标探测与识别》、《火力与指挥控制》八册书,较全面、系统地总结了兵器科学技术的发展经验,既是一套有完整科学体系的兵器科学技术的学术专著,又是一套深入浅出地介绍兵器科学技术基本知识的科技读物,是对宣传、总结和推动兵器科学技术发展的重大贡献。借此机会对参与《兵器科学与技术丛书》编写工作的各位专家、学者所付出的辛勤劳动表示衷心的感谢。



2001年8月

# 前 言

火炮与自动武器经历了几百年的发展历史,从简单的抛掷器发展成为功能齐全、种类繁多、能毁伤各类军事目标的复杂武器装备。火炮与自动武器是目前世界各国军队装备数量最多、使用最频繁的武器装备,也是常规兵器中的火力骨干。在第一、二次世界大战中均发挥了巨大的作用,创造了武器发展的辉煌历史。在历次局部战争中,冲突双方的主要作战武器都是火炮与自动武器。21世纪是信息化的时代,随着高新技术的不断涌现和战争规模的不断变化,由于战争的需求和技术的推动,火炮与自动武器必将进入一个新的发展时期,它将与其它武器装备功能互补,在未来的战争中以其火力密度高、威力大、持续战斗时间长、全寿命周期总费用低等特点发挥新的作用,它将仍是世界各国军队使用的主装备之一。

我国发明了火药,也是世界上最早把火药应用于战争的国家,由于长期的封建统治和外国列强的侵略,武器装备与其他科学技术一样,在相当长的一段历史时期得不到发展而处于落后状态,但是,中华人民共和国成立50年以来,火炮与自动武器经历了维修、仿制和自主开发研究的阶段,当前研制和开发的部分装备已处于国际领先水平,相应的火炮与自动武器学科获得了空前的发展。为赶上和超过世界先进国家,有必要也应该总结建国以来所取得的研究成果,为此组织了国内近30位在火炮与自动武器研究第一线的专家撰写本书。全书共分十章,第一章“火炮与自动武器学科综述”由邱凤昌编写,第二章“火炮与自动武器的工作原理及基本组成”由马福球编写,第三章“火炮与自动

武器系统的总体设计”由王肇恭编写,第四章“火炮与自动武器内弹道学”由金志明、袁亚雄和周彦煌编写,第五章“身管及其他构件的强度与制造特点”由钱林方、袁人枢和顾克秋编写,第六章“自动机原理与射速控制”由廖振强、戴劲松和赵国强编写,第七章“火炮与自动武器发射作用载荷及控制”由郑建国、张相炎和张福祥编写,第八章“火炮与自动武器发射动力学”由徐诚、周克栋和张福祥编写,第九章“火炮与自动武器测试技术”由朱明武、肖锋和祖静编写,第十章“发展趋势与展望”由马福球、朱维同和卓穗如编写。全书由马福球、陈运生、朵英贤负责统稿,金天喜、杨国来做了大量的组织工作,我国火炮与自动武器的著名专家和学者马大为、马春茂、王永悦、王肇恭、王文中、甘高才、方远翔、艾西安、乔东兴、朱维同、李国俊、李启明、李常川、冯培增、刘心和、刘铭、刘千里、刘立本、许凌云、吴云龙、邱凤昌、宋扬辉、陈孟寅、陈锦荣、张凤许、张玉惠、张茂昌、张拯人、杨葆新、杨发珍、卓穗如、周汉昌、周燕生、孟慎非、胡国强、赵统山、袁曾凤、曹麟春、康新中、梁世瑞、韩魁英、董殿军、葛守泰、焦化男、谢庚、谢有玲、潘德恒、戴成勋等在百忙中抽出宝贵的时间给本书提出了许多修改建议,提供了大量参考资料,有的还承担了某些章节的编写,使本书在章节的编排、理论和技术的准确性等方面得到保证,在这里表示最诚挚的感谢。

由于编者的学术水平有限,在本书中难免还有许多错误和不当之处,希望广大的读者和同行们提出批评指正,我们将在以后的版本中予以修正。

**本书主编**



# 目 录

<b>第一章 火炮与自动武器学科综述</b> ·····	( 1 )
第一节 火炮与自动武器的作用和地位·····	( 1 )
第二节 火炮与自动武器学的研究内容·····	( 6 )
第三节 火炮与自动武器学的研究方法·····	( 14 )
第四节 火炮与自动武器学和相关学科的关系·····	( 18 )
<b>第二章 火炮与自动武器的工作原理及基本组成</b> ·····	( 21 )
第一节 工作原理·····	( 21 )
第二节 主要性能·····	( 27 )
第三节 基本组成·····	( 31 )
<b>第三章 火炮与自动武器系统的总体设计</b> ·····	( 45 )
第一节 总体设计任务与内容·····	( 45 )
第二节 总体设计方法·····	( 54 )
第三节 武器系统的评价·····	( 58 )
<b>第四章 火炮与自动武器内弹道学</b> ·····	( 63 )
第一节 概述·····	( 63 )
第二节 火炮与自动武器内弹道学的基本问题·····	( 75 )
第三节 内弹道学前沿课题·····	( 110 )
<b>第五章 身管及其他构件的强度与制造特点</b> ·····	( 121 )
第一节 概述·····	( 121 )
第二节 身管的内膛结构和设计·····	( 126 )
第三节 身管强度理论·····	( 130 )
第四节 自紧身管理论与工程应用·····	( 136 )

---

第五节	炮钢及身管毛坯·····	(140)
第六节	深孔与膛线加工·····	(143)
第七节	闭锁机构的弹塑性力学问题·····	(147)
第八节	身管寿命问题·····	(153)
<b>第六章</b>	<b>自动机原理与射速控制·····</b>	<b>(158)</b>
第一节	内能源自动机·····	(159)
第二节	外能源自动机·····	(170)
第三节	自动武器的供弹技术·····	(181)
第四节	大口径自行榴弹炮的供、输弹系统·····	(186)
第五节	自动机射速的控制·····	(192)
<b>第七章</b>	<b>火炮与自动武器发射作用载荷的控制·····</b>	<b>(201)</b>
第一节	概述·····	(201)
第二节	后坐阻力的控制·····	(202)
第三节	火药燃气能量的控制与利用·····	(228)
第四节	发射载荷传递方式的控制·····	(249)
第五节	火箭炮的燃气射流问题·····	(250)
<b>第八章</b>	<b>火炮与自动武器发射动力学·····</b>	<b>(254)</b>
第一节	概述·····	(254)
第二节	自动机动力学·····	(255)
第三节	人-枪动力学模型·····	(260)
第四节	多刚体动力学模型·····	(265)
第五节	动态有限元模型及模态试验·····	(269)
第六节	多柔体动力学模型·····	(274)
第七节	火箭炮发射动力学·····	(278)
<b>第九章</b>	<b>火炮与自动武器测试技术·····</b>	<b>(283)</b>
第一节	概述·····	(283)
第二节	火炮与自动武器的动态参数测试·····	(283)

---

第三节 火炮与自动武器总体性能测试·····	(310)
第十章 发展趋势与展望·····	(322)
第一节 21 世纪初的火炮与自动武器 ·····	(322)
第二节 火炮与自动武器关键技术展望·····	(326)
第三节 21 世纪初火炮与自动武器学的发展 ·····	(332)
参考文献·····	(339)

# 第一章 火炮与自动武器 学科综述

## 第一节 火炮与自动武器的作用和地位

### 一、火炮与自动武器的定义

火炮与自动武器是以发射药为能源,用身管发射弹丸等战斗部的武器,广泛装备于陆、海、空各军兵种。通常,按身管口径的大小划分类别,20 mm 以下的称为枪械,20 mm 及其以上的称为火炮。其中,在发射过程中主要利用发射药燃气的能量或外部能源实现自动装填弹药并连续射击的枪炮,称为自动武器。因而也可以用“枪炮”一词统称火炮与自动武器。

火箭炮又称火箭发射装置,是发射火箭弹并控制其初始射向和姿态的武器。

科学技术的发展和战争的需求拓宽了火炮与自动武器的内涵,也为它的定义注入了新的意义。现代的火炮与自动武器不仅发射普通的无控弹药,也发射制导弹药和灵巧弹药,正在研究中的液体发射药、电、磁等新能源发射武器,均属于它的范畴。

### 二、火炮与自动武器的历史沿革

我国是枪炮的发源地。早在春秋时期,就出现了抛石机,也称之为礮,它利用杠杆原理,众人合力把大石块抛出去,或攻守城堡,或杀伤人员。这是最古老的抛射武器,属于冷兵器。

公元7世纪,唐代炼丹家孙思邈发明了黑火药,于10世纪初开始用于武器。除了抛射石块外还抛射带有燃爆性质的火器,如霹雳炮、震天雷等。抛射的能源以黑火药代替人力后,“礮”字就被“炮”取代了。1132年(宋绍兴二年),陈规镇守德安城时发明了火枪。火枪用竹筒制成,内装火药,临阵点燃,喷火烧敌。1259年(宋开庆元年),出现突火枪,它“以巨竹为筒,内安子窠,如烧放,焰绝然后子窠发出,如砲声,远闻百五十余步”。这种竹制抛射火器具备了火药、身管、弹丸3个基本要素,可以认为它就是枪炮的雏形。以后,抛射火器的品种逐渐增多,手持的火器演化为枪械,其他的成为火炮。我国古代金属冶炼铸造技术成就辉煌,直接推动着金属管型火器——火铳的诞生。1332年(元至顺三年)制造的青铜火铳是世界上现存最古老的花炮,该炮口径106 mm,长约353 mm,质量为6.94 kg。这一时期,火器已广泛用于战场,曾被尊为铜将军,还立过炮神庙来祭祀,反映出当时人们对火器威力的崇拜。

金属管型抛射火器的出现,反映了工业和经济的进步,标志着火炮与自动武器技术实现了第一次质的飞跃。

13世纪,我国的火药和火器沿着丝绸之路西传,在战争频繁和手工业发达的欧洲得到迅速发展。16世纪末,伽利略研究地心引力时创立了物体在空中飞行的抛物线理论;17世纪,牛顿提出了飞行物体的空气阻力定律;18世纪,罗宾斯发明了测量弹丸初速的弹道摆并于1742年出版了《枪炮术原理》专著。这些重要成果奠定了火炮与枪械设计和实践的理论基础。欧洲率先展开产业革命以后,科学技术的进步创造了空前的生产力,同时也推动火炮和枪械在结构上发生了深刻的变革。19世纪中叶以前的火炮一直采用前装式滑膛身管,发射球形弹丸,威力有限。1823年硝化棉火药(即无烟药)出现,火炮和枪械的射程有

了大幅度提高的可能。1846年出现带螺旋膛线的线膛身管,实现了发射锐头圆柱弹丸的设想,显著提高了火炮与自动武器的射击密集度和射程。1854—1877年间先后出现的楔式和螺式炮闩,形成了从炮身后端快速装填弹药的新结构。1884年,马克沁机枪问世,开创了小口径自动武器的先河。火炮和枪械威力不断增大,自身质量随着剧增,发射时全炮猛烈跳动和后移,严重影响操作使用。1872年以后陆续出现几种带有弹簧和液压缓冲装置的弹性炮架,有效地缓解了威力和机动性之间的矛盾。此后,借助丝紧、筒紧和自紧方式提高身管强度的技术陆续产生,但在当时钢铁冶炼水平不断提高的情况下,这些复杂的技术并未得到广泛的应用。

火炮与自动武器从初期的前装式滑膛金属身管和刚性炮架到后装式线膛钢质炮身和弹性炮架,经历了600余年的时间,标志着火炮与自动武器技术实现了又一次质的飞跃,确立了现代火炮与自动武器的基本构架。

时代跨进20世纪,科学研究步入组织化发展的道路,科学家们集中起来对各种武器进行广泛研究,成果累累,推动火炮与自动武器技术快速前进。第一次世界大战中,战场上出现了坦克、军用飞机和军舰,第二次世界大战中,战斗机、飞弹相继投入使用,技术兵器的种类日益增多,战场的正面和纵深显著拓展,隐蔽目标、装甲目标、运动目标等层出不穷,火炮与自动武器自身的作战任务更加繁重,要求不断提高,从而促使它继续发展,逐渐形成了一个品种繁多、技术密集的庞大武器家族。

火炮与自动武器的演变过程表明,科学技术的进步是它发展的基础,战争的需求是它发展的动力,解决威力<sup>①</sup>和机动性之

① 火炮与自动武器的“威力”包括:弹丸威力、射程、射击精度及发射速度等。

间的矛盾是它发展的主线。

### 三、火炮与自动武器的作用

战争的多样性决定了火炮与自动武器品种的多样性,它们的功能各有侧重,轻重梯次配置,和其他武器相互补充、优化组合,形成完整的装备和火力体系。

枪械是步兵突击火力的重要组成部分,用于在近距离上杀伤敌方有生力量,压制火力点,攻击陆地轻型装甲目标、低空目标、小型船只,是进攻和防御中作战的有效武器,也是三军主要的自卫武器,它具有机动灵活、不受地形气象条件的约束、适应性强、勤务保障简便等特点。枪械主要包括:手枪、步枪、冲锋枪、机枪、榴弹发射器、特种枪械等类型。目前,这些军用枪械多为自动或半自动发射。

火炮是战场上常规武器的火力骨干,配置于地面、空中、水上各种运载平台上。进攻时用于摧毁敌方的防御设施,杀伤有生力量,摧毁装甲车辆、空中飞行物等运动目标,压制敌方的火力,实施纵深火力支援,为后续部队开辟进攻通道;防御时用于构成密集的火网,阻拦敌方从空中、地面的进攻,对敌方的火力进行反压制;在国土防御中用于驻守重要设施、进出通道及海防大门。它具有火力密集、反应迅速、抗干扰能力强、可以发射制导弹药和灵巧弹药以实施精确打击等特点。火炮按用途分为压制火炮(即榴弹炮、加农炮、火箭炮、迫击炮等)、高射炮、反坦克炮(含无坐力炮、单兵火箭)、坦克炮、步兵战车炮、航炮、舰炮和海岸炮等类型;按行走方式分为牵引炮、自行炮、轨道炮、铁道炮等类型。

#### 四、火炮与自动武器在现代战争中的地位

自明朝永乐年间我国创建了世界上第一支炮兵部队——神机营以来，火炮与自动武器在战争的激烈对抗中发展壮大，不久就成了战场上的火力骨干，起着影响战争进程的重要作用。在第一次世界大战中，炮战是一种极其重要的作战方式，主要交战国投入的火炮总数达到7万门左右。第二次世界大战中，苏美英德四个主要交战国共生产了近200万门火炮和24亿发炮弹。在著名的柏林战役中，苏军集中了各类火炮4万余门，在一些重要战役突破地段，每1000m进攻正面上达到了300门的密度，充分发挥了炮火突击的威力，炮兵被誉为“战争之神”。在大规模战役中如此，在第二次世界大战后的历次局部战争中，火炮与自动武器的战果依然辉煌。20世纪50年代的朝鲜战争共击落、击伤敌机12000架，其中9800架属于高射炮兵的功劳，约占80%；60年代的越南战争，美军损失飞机900多架，其中80%也是被高射炮毁伤的；70年代的第四次中东战争，双方共有3000辆坦克被毁，50%是被炮火命中的。

进入90年代，当人们正在考虑21世纪的火炮与自动武器如何发展时，爆发了海湾战争。这场以现代化高技术为主要特征的战争，大量使用了各种飞机、电子装备和精确制导武器。新武器的发展和运用，使作战思想、战场上的火力组成和任务分工发生了深刻的变化。战争初期高强度的空袭和精确打击，尽管战果显著，但耗费惊人，难以持久。在战争后期的直接对抗中，强大的火炮与自动武器仍具有重要意义，它不仅是战斗行动的保障，而且仍将是最终占领阵地、夺取战斗全胜的骨干力量。未来战争在空中、海上、地面共同组成的装备体制中，火炮与自动武器仍然是不可替代的。首先，地面战仍将是不可避免的，火炮、火箭炮、



枪械在几十米到几万米的距离内构成地空配套、梯次衔接、大小互补、点面结合的火力网,很少出现火力盲区,而且很可能发展成为未来战争中拦截中低空入侵导弹和近程反导的有效手段之一;其次,火炮与自动武器是部队装备数量最大的基本武器,占总兵力 60%~70%的陆军,更是以火炮与自动武器为主要装备,这种格局今后仍将持续下去;第三,火炮与自动武器机动性良好,进入、撤出和转移阵地快捷,火力转移灵活,生存能力和抗干扰能力较强,能够伴随其他兵种作战,实施不间断的火力支援;第四,火炮与自动武器的经济性良好,无论是火炮与自动武器的研究、工程开发、生产装备,还是后勤保障,其全寿命周期的总费用都远低于其他技术兵器。由此可见,火炮与自动武器仍是今后继续大力发展的重要武器装备。

随着高技术的发展和应用,火炮与自动武器在提高动能、射程、精度和操作控制自动化程度,以及更新杀伤和毁伤机理等诸多方面都有较大的潜力;在进一步改善机动性能、增强自身防护、提高生存能力、实现数字化和自主作战功能等方面,也有继续发展的广阔空间;火炮与自动武器以及与其他兵器集束化、集成化还有一系列新的发展领域。21 世纪,火炮与自动武器将以崭新的面貌展现在战场上。

## 第二节 火炮与自动武器学的研究内容

### 一、火炮与自动武器学的任务

火炮与自动武器学是以陆、海、空三军广泛装备的各类身管发射武器为主要研究对象的工程应用科学。

经过 700 余年的演变,火炮与自动武器的概念已从当初的