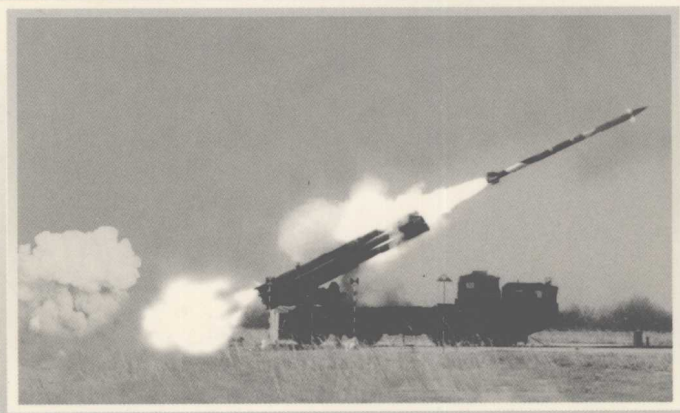



兵器科学与技术丛书

# 弹药工程

主 编 王儒策  
副主编 赵国志 杨绍卿



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

兵器科学与技术丛书

丁 41  
弹药工程

主 编 王儒策

副主编 赵国志 杨绍卿

 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

弹药工程/王儒策主编. —北京:北京理工大学出版社, 2002. 12  
(兵器科学与技术丛书)

ISBN 7-81045-999-6

I. 弹… II. 王… III. 弹药-基本知识 IV. TJ41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 046410 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 / 13

字 数 / 294 千字

版 次 / 2002 年 12 月第 1 版 2002 年 12 月第 1 次印刷

印 数 / 1~2000 册

定 价 / 25.00 元

责任校对 / 陈玉梅

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

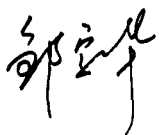
兵器科学技术的发展凝结着人类的智慧。军事需求是兵器发展的动力,技术推动是兵器发展的条件。每个时代的兵器都标志了这个时代的科学技术水平。兵器从简单到复杂,从低水平到高新技术,经历了古代兵器、近代兵器和现代兵器三个阶段。兵器科学与技术也在不断地发展和变化。19世纪,由内弹道学和外弹道学构成的弹道学(包括中间弹道、终点弹道、创伤弹道)的发展,硝化甘油、单基火药、双基火药和梯恩梯炸药的出现及其基础学科(力学、化学、自动化学等)在兵器上的应用,标志着兵器科学技术学科的基本理论已基本形成。兵器科学技术的产生及发展,加快了兵器的发展速度,而兵器的发展又不断丰富着兵器科学技术的内涵。

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

20世纪90年代以来,随着科学技术的发展以及高新技术的应用,弹药有了日新月异的变化。现代战争对发射平台及弹药提出更新、更高的要求。为了实现远程精确打击目标,各国都在采取措施提高武器的射程和精度。在火力系统设计中,射程、精度、威力一直是相互制约的。普通远程榴弹射程增大必然造成射击精度变坏或威力降低,或二者同时变差。在高新技术条件下,新型远程榴弹的射程、精度和威力三者之间的矛盾得到了较好的解决。精确打击弹药的出现,使得远距离、大纵深对付点目标得以实现。弹药是毁伤敌人的直接手段。完成同样的战斗任务,弹药的威力大,可相应减少弹药的消耗量,亦可缩短完成任务的时间。因而研究大威力弹丸和战斗部一直是人们追求的目标。

从发展看,弹药作为火力系统是最活跃的因素,发展武器系统重点发展弹药的总趋势不会变。在当前和将来弹药都会得到快速的发展。

本书全面系统地论述了弹药工程的基本理论与应用。内容包括常用弹药及新型弹药的构造、作用原理、毁伤原理与效应、弹药总体设计以及引信技术、火工烟火技术、外弹道和气动力等专业技术基础知识,反映了当代弹药工程的理论和技术水平。本书在总结20世纪发展的基础上,对21世纪初叶弹药工程的发展趋势做了预测分析。

本书第一章由魏惠之教授撰写;第二章由赵国志教授撰写,其中季宗德教授与潘正伟教授分别撰写了火箭弹与水中弹药部分;第三章由赵国志教授撰写;第四章由刘荣忠教授、苏玳研究

员与王晓鸣教授撰写；第五章由王儒策教授与季宗德教授撰写；第六章由刘光烈教授与叶志文副教授撰写；第七章由赖百坛教授与杨亦春副教授撰写；第八章由吴幼成教授撰写；第九章由邵大燮教授、徐明友教授、韩子鹏教授、薛晓中教授、刘世平教授等撰写；第十章由王晓鸣教授与张远法副教授撰写；第十一章由王儒策教授与王晓鸣教授撰写。王儒策教授在统稿过程中，补充撰写了第八、九、十章部分内容。

本书在撰写过程中得到了上级主管部门、兄弟单位和有关同志的热情支持与帮助。兵科院胡国强、王颂康、阳世师、陈洪生研究员以及王辉博士，炮研所沈晓军高工，803厂关克研究员，743厂田希忠研究员等参加本书及有关章节的内容审查，提出了很多宝贵意见，对本书的出版做出了很大贡献。另外，南京理工大学博士黄正祥副教授负责本书的编排，付出了辛勤的劳动。在这里作者对本书做出辛勤劳动的所有同志表示衷心的感谢。

**本书作者**



# 目 录

<b>第一章 弹药工程概述</b> .....	( 1 )
第一节 概述.....	( 1 )
第二节 弹药系统与分类.....	( 4 )
第三节 弹药工程的研究对象与特点.....	( 10 )
第四节 弹药工程研究方法.....	( 13 )
第五节 弹药工程的专业基础学科.....	( 16 )
第六节 弹药工程的发展沿革.....	( 18 )
<b>第二章 常用弹药构造与作用原理</b> .....	( 26 )
第一节 单兵(兵组)弹药.....	( 26 )
第二节 炮弹.....	( 29 )
第三节 航空炸弹.....	( 42 )
第四节 火箭弹.....	( 50 )
第五节 精确制导弹药的战斗部.....	( 53 )
第六节 地雷和爆破器材.....	( 60 )
第七节 水中弹药.....	( 63 )
第八节 新型弹药.....	( 66 )
<b>第三章 弹药毁伤原理与效应</b> .....	( 74 )
第一节 爆炸效应.....	( 74 )
第二节 破片效应.....	( 86 )
第三节 穿甲效应.....	( 95 )
第四节 破甲效应.....	( 102 )
第五节 碎甲效应.....	( 109 )
第六节 燃烧效应.....	( 111 )
第七节 综合毁伤效应.....	( 112 )
第八节 软杀伤效应.....	( 116 )

---

第九节	信息干扰效应·····	(119)
第十节	弹药毁伤效应评估·····	(121)
<b>第四章</b>	<b>灵巧弹药技术·····</b>	<b>(127)</b>
第一节	末端敏感弹药技术·····	(127)
第二节	末制导炮弹·····	(137)
第三节	弹道修正弹·····	(145)
第四节	智能雷技术·····	(152)
第五节	超近反导弹药技术·····	(158)
<b>第五章</b>	<b>弹药发射、推进与增程技术·····</b>	<b>(162)</b>
第一节	身管火炮发射技术·····	(162)
第二节	火箭推进技术·····	(178)
第三节	弹药增程技术·····	(187)
<b>第六章</b>	<b>弹药装药技术·····</b>	<b>(201)</b>
第一节	炸药装药的战术技术要求·····	(201)
第二节	注装技术·····	(201)
第三节	压装技术·····	(210)
第四节	螺旋压装技术·····	(216)
第五节	塑态装药·····	(221)
第六节	炸药装药安全技术·····	(224)
<b>第七章</b>	<b>引信技术·····</b>	<b>(229)</b>
第一节	引信的用途与基本结构·····	(229)
第二节	触发引信·····	(238)
第三节	时间引信技术·····	(244)
第四节	无线电引信技术·····	(249)
第五节	光学引信技术·····	(256)
第六节	其他原理的近炸引信技术·····	(258)
第七节	引信安全系统·····	(263)
第八节	引信爆炸序列·····	(268)
第九节	引信能源装置·····	(271)

---

<b>第八章 火工烟火技术</b> ·····	(275)
第一节 概述·····	(275)
第二节 弹药引信对火工品的一般要求·····	(278)
第三节 火工品及其分类·····	(279)
第四节 火工药剂·····	(290)
第五节 烟火药及烟火器材·····	(295)
<b>第九章 外弹道与气动力</b> ·····	(298)
第一节 外弹道学的研究对象和任务·····	(298)
第二节 枪炮外弹道·····	(299)
第三节 火箭外弹道·····	(308)
第四节 气动力·····	(312)
第五节 特种外弹道·····	(322)
第六节 实验外弹道·····	(327)
<b>第十章 弹药总体设计</b> ·····	(332)
第一节 弹药系统分析·····	(332)
第二节 目标易损性与战术技术要求·····	(335)
第三节 弹药设计理论·····	(342)
第四节 弹药可靠性·····	(363)
第五节 弹药模拟与仿真技术·····	(369)
第六节 弹药试验技术·····	(373)
<b>第十一章 21 世纪初叶弹药工程发展趋势展望</b> ·····	(379)
第一节 弹药总体发展趋势·····	(379)
第二节 新概念弹药技术的发展·····	(387)
第三节 弹药精确打击技术·····	(390)
第四节 弹药设计的发展·····	(394)
第五节 高新技术在弹药工程中的应用·····	(397)
<b>参考文献</b> ·····	(401)

# 第一章 弹药工程概述

## 第一节 概 述

### 一、弹药的定义

弹药(Ammunition)是一个十分广泛的概念。

弹药是武器的组成部分。按我国定义,所谓弹药,通常指含有金属或非金属壳体,装有发射装药、爆炸装药或其他装填物,能对目标起毁伤作用或完成其他作战任务(如电子对抗、信息采集、心理战、照明等)的军械物品。具体而言,弹药包括枪弹、炮弹、手榴弹、枪榴弹、航空炸弹、火箭弹、导弹、鱼雷、水雷、地雷、爆破筒、发烟罐,乃至爆炸药包等。

必须指出,从更广的角度来定义弹药,认为凡是用于战争进攻或防御中毁伤敌方目标或其他军事效果的任何一种军需物资,而且它无须和任何特定的兵器相联系,均属弹药。根据这一概念,弹药已不限于某种装置。例如,军品库中存放的炸药,其形态不论是已装填的、未装填的或打算装填的,均属广义上的弹药。此见解在西方文献中可经常见到。

不过,这里仍然强调弹药作为毁伤手段总体的概念,是包括该装置中各必备部分的总合。例如,炮兵弹药,是指一发完整的炮弹,包括配备引信的弹头(弹丸),还包括完备的发射装药药筒。这符合规范的弹药概念。本书遵循这一概念进行论述和讨论。

除此以外,用于非军事目标的礼炮弹、警用弹,以及采掘、狩猎、射击运动的用弹,亦属弹药的范畴。

## 二、弹药在武器系统中的地位

为了说明弹药在武器中的地位与作用,首先从武器系统的概念出发。

武器系统是一个更为广泛和多层次的概念。其最高层次,即武器装备系统或武器系统,是指由若干功能上互为关联的武器、技术装备等有序的组合,协同完成作战任务的有机整体。

现在回到武器这一层次。所谓武器是直接用于杀伤敌方有生力量和破坏敌方各种设施的工具,是武器系统的核心。武器通常由毁伤元件和将毁伤元件投送至目标的工具构成。弹药乃是武器中的毁伤元件,是武器的核心部分。

具体而言,武器的发射装置或运载工具将弹药投送至既定的作战目标区,弹药在目标区的预计位置作用、解体 and 爆炸,从而毁伤目标,完成具体的战斗使命。弹药作为武器系统中的核心,执行着赋予武器的根本使命,是完成作战任务的最终手段。弹药在武器系统中起着“矛之锋,剑之刃”的作用。另外,弹药在武器系统设计中的地位亦是至关重要的,只有弹药的技术参数确定之后,其他分系统的技术参数才能确定。

## 三、弹药与目标

在弹药工程中,经常遇到“目标”一词。所谓目标,是指弹药预计毁伤或获取其他军事效果的对象。战场上典型目标有下列几类:

人员 战场上的裸露人员是最为脆弱的目标。为了提高这类目标的防护性能,某些作战人员装备了头盔及避弹服等。

**装甲车辆** 包括各类坦克、步兵战车、自行火炮等。这类目标特点之一是防弹能力强。车辆的重要部位,尤其是正前面都装有不同类型的防护装甲,具有极高的综合抗弹能力,因此,必须采用专用的穿甲弹、破甲弹等,使弹药的杀伤元件不仅能有效地穿透甲板,还能进一步损坏车辆内部的装置、部件或驾乘人员,造成车辆正常功能丧失。这类目标特点之二是机动能力强,在远距离情况下,非制导弹药较难命中。特点之三是对抗性,威胁性大,属于攻防合一的兵器,本身装有火力强大的各类轻、重武器与弹药。所有这些,对弹药乃至武器均提出了新的要求。

**空中目标** 包括各类飞机、导弹。其飞行速度更高,机动能力更强,对抗威胁性更大,但防护能力相对较弱。采用各种寻的方式的制导弹药,是对付这类目标最有效的手段。

**水中目标** 包括各类水面舰艇和潜水艇等。这类目标种类繁多,大小与功能差异很大。一般而言,可采用航空炸弹、大口径炮弹和火箭弹对付舰面设备或内部人员、设施;采用鱼雷、水雷攻击目标的吃水部位;采用鱼雷、深水炸弹对付潜水艇等水下目标。

**建筑物** 包括各类仓库、机库、防御工事、掩体、指挥所、桥梁及其他军用建筑物等。其坚固程度、大小及距实战前沿的位置差别很大。一般情况下,主要采用大型航空爆破弹进行攻击。

目标类型繁多,这里不再一一列举。

综上所述,弹药和目标是一对互相对立而又紧密联系的矛盾统一体。不同的目标有着不同的功能及防护特性,必须采用不同的弹药对其进行毁伤。目标的多样性,决定了弹药的多样性。弹药毁伤效率的提高,迫使目标抗弹性能不断改善;而目标的发展与新型目标的出现,又反过来促进弹药的不断发展与新型弹药的产生。

## 第二节 弹药系统与分类

### 一、弹药系统的组成与功能

#### (一) 概述

弹药在战斗中是属一次性使用的物品。通常亦将供一次发射的射弹和其零部件的总和称之为弹药系统,简称弹药。例如,飞机为运载工具,投下的航空炸弹上的全部零部件归属于弹药系统;火箭亦为运载工具,但从火箭武器系统中发射的火箭弹(或导弹)上的全部配备,包括火箭发动机在内,归属于弹药系统。又如,炮弹发射后,药筒虽然留膛(并且某些药筒还可再次回收修复使用),但属一次性使用,亦归属于弹药系统。

#### (二) 弹药的组成部分及其功能

现代弹药通常由战斗部、投射部、导引部、稳定部等组成。这些组成部分按各自的功能执行相应的任务,使整个弹药系统更好地完成所赋予的作战使命。

##### 1. 战斗部

战斗部是弹药毁伤目标或完成既定战斗使命的核心部分。某些弹药(如一般地雷、水雷)仅由战斗部单独构成。典型的战斗部由壳体(弹体)、装填物和引信组成。

##### (1) 壳体

壳体是容纳装填物并连接引信,使战斗部组成一个整体结构。在某些情况下,壳体也是形成毁伤元(破片)的基体。

##### (2) 装填物

装填物是毁伤目标的能源物质或战剂。通过对目标的高速碰撞,或装填物(剂)的自身特性与反应,产生或释放出具有机

械、热、声、光、电磁、核、生物等效应的毁伤元(例如实心弹丸、破片、爆炸冲击波、聚能射流、热辐射、核辐射、电磁脉冲、高能粒子束、生物及化学战剂气溶胶等),作用在目标上,使其暂时或永久地、局部或全部地丧失其正常功能。

也有的装填物是为了完成其他战斗部任务如电子对抗、信息采集、心理战等所用的装置或物质。

### (3) 引信

引信是能感受环境和目标信息,从安全状态转换到待发状态,适时作用控制弹药发挥最佳作用的一种装置。

攻击不同种类的目标,必须采用不同的战斗部。

下面列举几类典型的常规战斗部:

爆破战斗部——通过炸药爆炸后形成高温、高压、高速膨胀的爆轰产物及介质冲击波,对目标产生结构型破坏。这类战斗部一般为大型的,适于攻击各类结构型目标。

杀伤战斗部——通过爆炸使壳体产生大量破片,或通过其他方式抛射大量预制杀伤元,穿透并毁伤防护性能较低的目标,如人员、一般车辆、飞机、导弹等。

动能战斗部——又称穿甲弹,主要借助弹体的高动能或高的断面比动能穿透各类钢甲,专门用来攻击如坦克类的装甲目标。

破甲战斗部——空心装药爆炸后,压合药型罩,形成金属射流,对甲板有极高的穿透侵彻能力,也是用来攻击各类装甲目标的战斗部。

燃烧战斗部——内装填各类燃烧剂,引发后能形成 700~800℃或 2 000~3 000℃的高温火焰,点燃可燃目标,达到纵火目的。



## 2. 投射部

投射部是弹药系统中提供投射动力的装置,使射弹具有射向预定目标的飞行速度。投射部的结构类型与武器的发射方式紧密相关。两种最典型的弹药投射部为:

发射装药药筒——适于枪、炮射击式武器弹药。

固体火箭发动机——是自推式弹药中应用最广的投射部类型。与射击式投射部的差别在于,发射后伴随射弹一体飞行,工作停止前持续提供飞行动力。

某些弹药,如普通航空炸弹、手榴弹、地雷、水雷等是通过人力投掷或工具运载、埋设,无须投射动力,故无投射部。

## 3. 导引部

导引部是弹药系统中导引和控制射弹正确飞行运动的部分。对于无控弹药,简称导引部;对于制导弹药,简称制导部。它可能为一完整制导系统,也可能与弹外制导设备联合组成制导系统。

### (1) 导引部

使射弹尽可能沿着事先确定好的理想弹道飞向目标,实现对射弹的正确导引。炮弹的导引部主要在弹体表面做成上下定心突起或定心舵形式的定心部;无控火箭弹则做成导向块或定位器的形式与发射器相契合。

### (2) 制导部

导弹的制导部通常由测量装置、计算装置和执行装置三个主要部分组成。根据导弹类型的不同,相应的制导方式亦不同,有四种制导方式。

自主式制导——全部制导系统装在弹上,制导过程中不需要弹外设备配合,也无需来自目标的直接信息就能控制射弹飞向目标,如惯性制导。大多数地地导弹采用自主式制导。