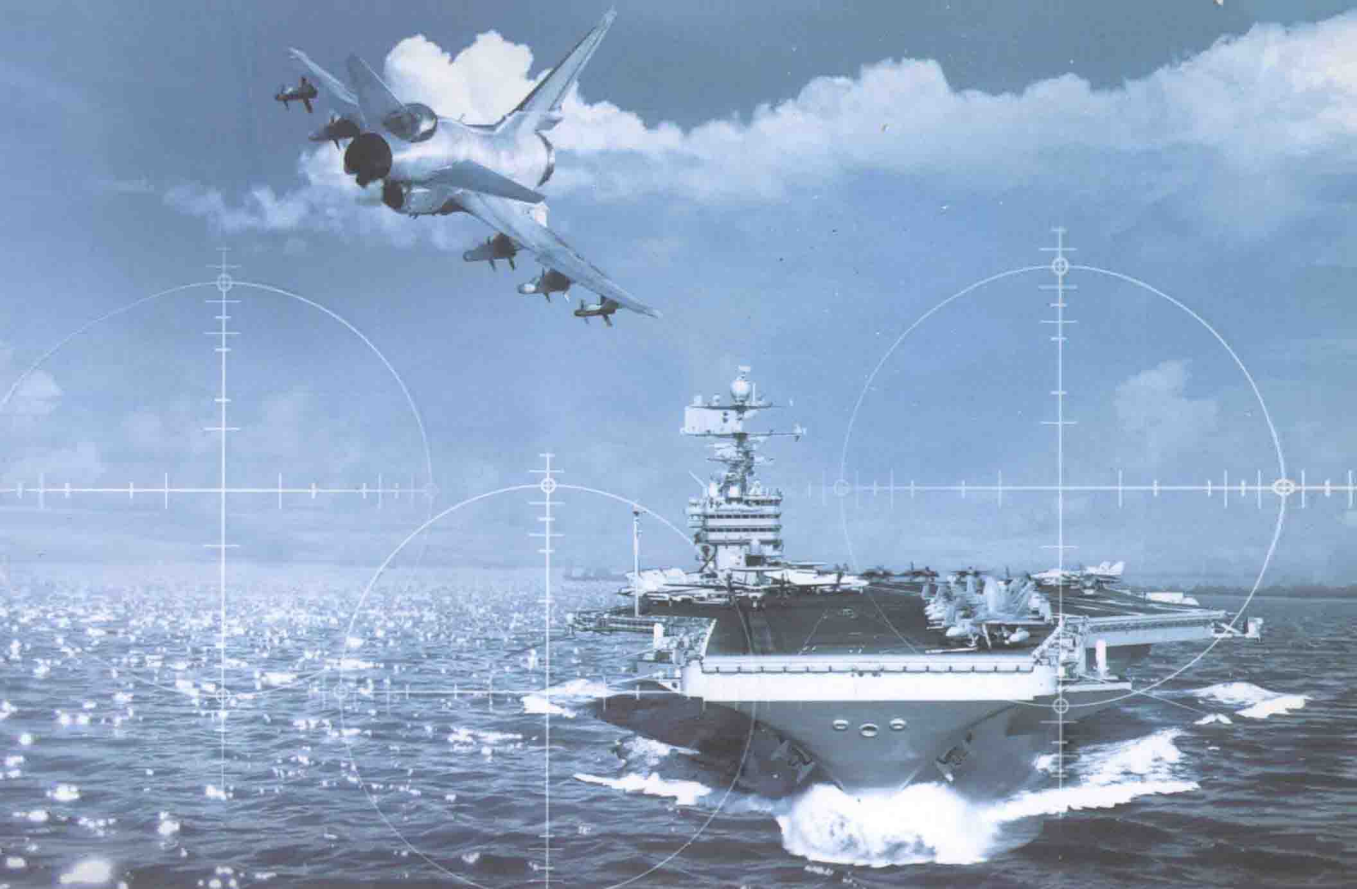




武器弹药系统工程与设计

□ 方向 张卫平 高振儒 李裕春 王伟策 编著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

武器弹药系统 工程与设计

方向 张卫平 高振儒 李裕春 王伟策 编著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书全面、系统地论述了各种弹药的基本知识、结构原理、作用特点及发展趋势；分别对毁伤效应、现代设计理论应用、地雷爆破装备试验与测试等技术作了系统深入的介绍，讲解了新技术武器弹药的原理。书中内容展示了武器弹药系统工程与设计领域广阔的发展与应用前景，对该学科本科生与研究生的教学以及该领域的科研都有重要的指导和参考价值，对兵器知识爱好者的深入学习与探讨也是一本良好的指导书。

图书在版编目(CIP)数据

武器弹药系统工程与设计/方向等编著. —北京: 国防工业出版社,

2012.8

ISBN 978-7-118-08255-5

I. ①武… II. ①方… III. ①弹药—系统工程 ②弹药—系统设计 IV. ①TJ4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 159285 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)

腾飞印务有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 16¼ 字数 373 千字

2012 年 8 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3500 册 定价 58.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010) 88540777

发行邮购: (010) 88540776

发行传真: (010) 88540755

发行业务: (010) 88540717

前 言

弹药作为武器中的毁伤分系统,是武器装备的核心部分,弹药通常指装有发射装药、飞行稳定装置、控制装置、爆炸装药或其他装填物,能完成对目标的毁伤、干扰或其他作战任务的军械物品。具体说来,弹药包括枪弹、手榴弹、枪榴弹、炮弹、火箭弹、航空炸弹、导弹、鱼雷、水雷、地雷、布雷装备、扫雷装置、制式爆破器材、发烟罐以及炸药包等。

武器弹药系统工程与设计研究的对象:各类弹药从投射(或运用)至终点作用全过程所发生的现象及本质、弹药系统及组成部分的工作原理和对目标的作用效应等科学与工程问题。由于弹药工作过程具有高速、高压和高温的“三高”特性,尤其是弹药的发射、终点作用过程是典型的瞬态变化过程,加之弹药的种类很多,性能差异大,使得弹药技术研究的难度很大,涉及的学科和技术领域宽广,研究内容十分丰富,学科交叉性和技术综合性很强。其中,目标易损性与毁伤、战斗部威力终点效应、灵巧与精确打击弹药、弹箭减阻/增程技术、弹箭引信与火工品技术、弹药总体技术等是目前研究的重点,也是在发展中的主要方向。

“远、准、狠”或“射程、精度、威力”是弹药技术发展的主题,弹药已突破传统概念,现代科学技术已广泛应用于弹药研发中。不仅弹药的内涵正在拓宽,而且弹药信息化时代也已经到来,出现了许多新型弹药。武器弹药系统越来越显示出其至关重要的作用,弹药系统工程的内容亟待充实,以适应弹药领域的新发展,本书正是在这一背景下编写的。

本书全面地论述了各种弹药的基本知识、结构原理、作用特点及发展趋势;分别对毁伤效应、现代设计理论应用、地雷爆破装备试验与测试等技术作了系统深入的介绍,本书还讲解了智能地雷与智能雷场网络技术。

另外,本书还突出介绍了地雷爆破装备试验中主要方法,提出几种状态性能检测方法;介绍了水中爆炸绕射效应及对水中目标的毁伤作用,以及断裂聚能射流在大炸高条件下对目标毁伤作用。

在本书的编著过程中,不仅融入了作者的科研成果,还注意吸收了近年来本领域的最新文献资料,力求反映武器弹药系统工程与设计领域的新发展。自2008年开始在研究生教学中使用后,不断修改完善,满足了教学需求,提高了教学质量。

本书共分6章,第1章由方向教授与王伟策教授编写;第2章由张卫平博士编写;第3章由方向教授、王伟策教授与张卫平博士编写;第4章由李裕春博士编写;第5章由高振儒博士编写;第6章由王伟策教授与张卫平博士编写。全书由方向教授统稿,王伟策教授审阅。

本书在撰写过程中得到各级领导和兄弟单位的热情支持和帮助。南京理工大学的王儒策教授与徐学华研究员审阅了本书,并提出宝贵意见,这里表示衷心的感谢!

编著者

2012年5月

目 录

第 1 章 概论	1
1.1 主要内容	1
1.2 武器弹药的作用及发展	1
1.3 弹药的组成及分类	2
1.3.1 弹药系统的组成与功能	2
1.3.2 弹药的分类	2
第 2 章 武器弹药的基础知识	4
2.1 弹药的基本组成	4
2.1.1 战斗部	4
2.1.2 投射部	4
2.1.3 导引部	5
2.1.4 稳定部	5
2.1.5 引信	6
2.2 身管武器弹药	6
2.2.1 枪弹	6
2.2.2 榴弹发射器	7
2.2.3 炮弹	8
2.3 火箭武器弹药	20
2.3.1 涡轮式火箭弹	21
2.3.2 尾翼式火箭弹	23
2.3.3 特种火箭弹	24
2.4 工程弹药	25
2.4.1 地雷	25
2.4.2 布雷弹	27
2.4.3 扫雷弹药和破障弹药	28
2.4.4 陆军水雷	28
2.5 航空弹药	28
2.5.1 航空炸弹	28
2.5.2 制导炸弹	31
2.5.3 新型航空弹药	34
2.6 水中弹药	38

2.6.1	水雷	38
2.6.2	鱼雷	38
2.6.3	深水炸弹	39
2.7	引信	39
2.7.1	引信的功能	40
2.7.2	引信的分类	40
2.7.3	引信组成	40
第3章	武器弹药系统设计理论	49
3.1	概述	49
3.2	武器弹药系统的设计原则	49
3.2.1	工程设计的一般原则	49
3.2.2	武器弹药系统的设计原则	50
3.3	现代弹药系统的设计技术与方法	52
3.3.1	弹药的设计技术与方法简述	52
3.3.2	系统分析与系统设计的方法	53
3.4	弹药系统优化的设计方法	53
3.4.1	优化设计的基本术语	54
3.4.2	优化设计的数学模型及其分类	58
3.4.3	弹药优化设计问题数学模型的建立	61
3.4.4	地面火炮弹丸外弹道优化设计实例	65
3.4.5	串联式底排—火箭复合增程弹的多目标优化设计实例	67
3.5	弹药系统性能的预测与评估	77
3.5.1	性能预测	77
3.5.2	评价与准则	77
第4章	弹药毁伤原理及效应	79
4.1	概述	79
4.2	目标的易损性	80
4.2.1	地面车辆目标	80
4.2.2	人员目标	89
4.2.3	地面和地下建(构)筑物目标	97
4.2.4	空中目标	105
4.2.5	水中目标	113
4.3	弹药毁伤作用基本原理	114
4.3.1	爆炸毁伤作用原理	114
4.3.2	破片杀伤原理	127
4.3.3	动能毁伤原理	130

4.3.4	聚能作用原理	132
4.3.5	碎甲作用原理	153
4.3.6	燃烧作用原理	155
4.3.7	软杀伤作用原理	156
4.3.8	综合毁伤效应	159
第 5 章	地雷爆破装备的试验与测试	161
5.1	概述	161
5.1.1	试验的主要任务	161
5.1.2	试验的分类	161
5.1.3	试验测试的主要内容	163
5.1.4	试验的基本程序	163
5.1.5	试验文件的编写	164
5.2	地雷爆破装备的试验方法	165
5.2.1	武器装备试验的基本方法	165
5.2.2	正交试验设计方法	166
5.2.3	环境性能试验方法	174
5.2.4	靶场试验方法	187
5.2.5	可靠性试验方法	193
5.2.6	状态性能检测方法	201
5.3	地雷爆破装备的试验测试技术	206
5.3.1	测试系统的特性分析和构成原理	206
5.3.2	地雷作用目标物理场测试	211
5.3.3	爆炸参量电测方法	216
5.3.4	高速摄影测试	226
第 6 章	新技术武器弹药	232
6.1	概述	232
6.2	信息化弹药	232
6.2.1	视频侦察用弹	232
6.2.2	目标辨认/战场毁伤评估系统	233
6.3	灵巧与智能弹药	234
6.3.1	敏感器引爆武器	235
6.3.2	末制导弹药	236
6.3.3	智能弹药	237
6.4	软杀伤弹药	243
6.4.1	非致命武器和弹药的分类	244
6.4.2	反人员非致命光学武器	245

6.4.3 反人员非致命声学武器.....	246
6.4.4 反人员非致命化学武器.....	247
6.4.5 高功率微波战斗部与电磁脉冲弹	248
6.4.6 激光弹	249
6.4.7 反装备器材非致命化学武器.....	249
6.4.8 乙炔弹	250
6.4.9 红外成像诱饵弹	251
参考文献	252

第1章 概 论

1.1 主 要 内 容

本书首先论述了武器弹药的作用及发展，简要地介绍了其组成、功能和分类；然后对武器弹药基础知识作了详细介绍；接着对弹药系统设计理论进行深入阐述，并通过实例来说明武器弹药系统设计准则和优化设计方法；本书还全面、系统地论述了弹药对目标的毁伤原理及效应，介绍了水中爆炸绕射效应及对水中目标的毁伤作用，断裂聚能射流大炸高条件下对目标的毁伤作用；还介绍了地爆装备试验的主要方法，提出几种状态性能控制方法；本书还讲解了智能地雷和智能雷场网络技术，同时介绍了几种新技术武器弹药。

1.2 武器弹药的作用及发展

弹药是武器的组成部分，其概念十分广泛，弹药通常指含有金属或非金属壳体，装有发射药、爆炸装药或其他装填物，且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。弹药包括枪弹、炮弹、手榴弹、枪榴弹、航空炸药、火箭弹、导弹、鱼雷、水雷、地雷、爆破筒、爆炸装备、发烟罐等。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，也属弹药范畴。

可从武器系统的概念出发，来说明弹药在武器中的地位与作用。

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。

武器是直接用于杀伤敌方有生力量和破坏敌方各种设施和装备的工具，是武器系统的核心。武器通常是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。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，弹药在目标区的设定位置作用、解体 and 爆炸，从而毁伤目标，完成具体的作战使命。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。

随着高新技术的发展与应用，弹药工程有了日新月异的变化，表现在继续提高射程、威力和精度，新弹药（传统弹药的提高与更新、高新技术弹药以及新概念弹药）将不断涌现。

随弹药技术的发展，传统设计方法远远不能满足弹药的设计要求，采用现代设计方

法设计弹药系统已成为必然趋势。弹药设计方法已由主要靠经验的传统设计方法，发展到用系统优化方法、计算机辅助设计（CAD）和模拟仿真的一系列现代设计方法。系统性、最优化、动态化、智能化、创造性、计算机化是其弹药现代设计方法的主要特点。具体说来，系统化设计法又包括功能分析法、系统分析法、模拟与仿真法、一体化优化区匹配设计法，同时，模块化设计法、并行化设计法也已得到应用。

1.3 弹药的组成及分类

1.3.1 弹药系统的组成与功能

弹药在战斗中属一次性使用的物品，通常也将一次发射的射弹和其零部件的总和称为弹药系统，简称弹药。

现代弹药通常由战斗部、投射部、导引部、稳定部等组成。

（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（弹壳）、装填物和引信组成。

（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。对于撒布地雷来讲，可用火箭布雷弹、飞机布雷器、机械抛撒器来布设地雷。

（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。对无控弹药，简称导引部；对于制导弹药，简称制导部。制导部又有自主式、寻的、遥控和复合四种制导方式。

（4）稳定部。稳定部是使射弹在飞行中具有抗干扰特性，保持稳定的飞行状态，以尽可能小的攻角和正确姿态接近目标的装置。稳定部又分急螺稳定和尾翼稳定两种。

1.3.2 弹药的分类

弹药的类型繁多，其作用原理和威力性能的差别也很大，弹药必须按多种方式进行分类。

1) 按投射运载方式分

一般有射击式弹药、自推式弹药、投掷式弹药及布设式弹药四种类型。

（1）射击式弹药——从各种身管武器发射的弹药，包括枪弹、炮弹、榴弹发射器用弹，为战场上应用最广泛的弹药，运用于各军种、兵种。

（2）自推式弹药——自带推进系统，包括火箭弹、导弹、鱼雷等。

（3）投掷式弹药——包括以飞机上投放的航空炸药、人力投放的手榴弹及利用膛口压力或子弹冲击力抛射的枪榴弹等。

（4）布设式弹药——包括地雷、水雷等，采用人工或专用工具将之布设于预定地区。

随着现代弹药的迅速发展，某些弹药常有跨越上述四种基本类型的混合特征，如火箭增程弹、火箭或火炮布雷弹等。

2) 按用途分

一般有主用弹药、专用弹药、辅助弹药三种类型。

(1) 主用弹药——简称主用弹，是战场上对目标起毁伤作用的战斗弹药，爆破弹、杀伤弹、穿甲弹、破甲弹、燃烧弹、子母弹、雷弹等是使用最广的常规主用弹。

(2) 专用弹药——又称特种弹，是为完成某种特定作战目的而使用的弹药。照明弹、发烟弹、定时弹、电视侦察弹、战场监视弹、干扰弹等都属此类。

(3) 辅助弹药——简称辅助弹，用于部队训练、教学、演习或试验的非战斗弹药。

3) 按装填物类型分

有常规弹药、化学（毒剂）弹药、生物（细菌）弹药、核弹药四种类型。

(1) 常规弹药——战斗部内装有非生、化、核填料的弹药总称。

(2) 化学弹药——战斗部内装填化学战剂（又称毒剂），专门用来杀伤有生目标。

(3) 生物弹药——战斗部内装填生物战剂，用于杀伤敌人、畜，破坏农作物，并能引发疾病大规模传播。

(4) 核弹药——战斗部内装核装药，如原子弹、氢弹、中子弹等。

生化核弹药被划为“大规模杀伤破坏性武器”，国际社会先后签订了一系列国际条约，限制这类武器弹药的使用、扩散、部署和试验。

4) 按配属分

一般有炮兵弹药、航空弹药、海军弹药、轻武装弹药及工程战斗装备五种类型。

(1) 炮兵弹药——包括炮弹、地面空射系统的火箭弹和导弹等。

(2) 航空弹药——包括航空炸弹、航空机枪弹、航空机关炮弹、航空导弹、航空鱼雷、航空水雷等。

(3) 海军弹药——包括舰、岸炮炮弹、导弹、鱼雷、水雷及深水炸弹等。

(4) 轻武器弹药——包括各种枪弹、手榴弹及其他由单兵或班组携行战斗的武器用弹。

(5) 工程战斗装备——包括地雷、爆破器材、扫雷破障弹药等装备。

5) 按射弹导引属性分

可分为无控弹药和制导弹药两大类。

(1) 无控弹药——包括无控火箭弹、航空炸弹、炮弹等。

(2) 制导弹药——包括精确制导、制导炮弹、制导炸弹等。

第2章 武器弹药的基础知识

2.1 弹药的基本组成

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

2.1.1 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（如实心弹丸、破片、冲击波、射流、热辐射、核辐射、电磁脉冲、高能离子束、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。有些装填物是为了完成某项特定的任务，如宣传弹内装填的宣传品、侦察弹内装填的摄像及信息发射装置等。

根据对目标作用和战术技术要求的不同，可分为几种不同类型的战斗部，其结构和作用机理呈现各自的特点。①爆破战斗部，壳体相对较薄，内装大量高能炸药，主要利用爆炸的直接作用或爆炸冲击波毁伤各类地面、水中和空中目标；②杀伤战斗部，壳体厚度适中（有时壳体刻有槽纹），内装炸药及其他杀伤元件，通过爆炸后形成的高速破片来杀伤有生力量，毁伤车辆、飞机或其他轻型技术装备；③动能穿甲战斗部，弹体为实心或装少量炸药，强度高、断面密度大，以动能击穿各类装甲目标；④破甲战斗部，为聚能装药结构，利用聚能效应产生高速金属射流或爆炸成型弹丸，用以毁伤各类装甲目标；⑤特种战斗部，壳体较薄，内装发烟剂、照明剂、宣传品等，以达到特定的目的；⑥子母战斗部，母弹体内装有抛射系统和子弹等，到达目标区后抛出子弹，毁伤较大面积上的目标。

2.1.2 投射部

投射部是提供投射动力的装置，使战斗部具有能射向预定目标的一定速度。两种最典型的弹药投射部分别如下：

(1) 射击式弹药的投射部。适用于枪、炮射击式弹药，由发射药、药筒或药包、辅助元件等组成，并由底火、点火药、基本发射药组成传火序列，保证发火的瞬时、一致及可靠。弹药发射后，投射部的残留部分从武器中退出，不随弹丸飞行。

(2) 火箭弹、鱼雷、导弹等自推式弹药的投射部。由装有推进剂的发动机形成独立的推进系统，发射后伴随战斗部飞行。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，如手榴弹、普通的航空炸弹、地雷、水雷等是通过人力投掷或工具运载、埋设的，无须投射动力，故无投射部。

2.1.3 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；对于控制弹药，简称制导部，它可能是一完整的制导系统，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弹道飞向目标，实现对射弹的正确导引。火炮弹丸的上下定心突起或定心舵形式的定心部即为其导引部；无控火箭弹的导向块或定位器为其导引部。

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，相应的制导方式也不同，有四种制导方式。

(1) 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。

(2) 寻的制导——由弹上的导引头感受目标的辐射能量或反射能量，自动形成制导指令，控制射弹飞向目标，如无线电寻的的制导、激光寻的制导、红外寻的制导等。这种制导方式的制导精度高，但制导距离较近，适宜于攻击活动目标的地空导弹、舰空导弹、空空导弹、空舰导弹。

(3) 遥控制导——由导弹的制导站向导弹发出制导指令，由弹上执行装置操纵射弹飞向目标，如无线电指令制导、激光指令制导，适宜于攻击活动目标的地空导弹、空空导弹、空地导弹和反坦克导弹等。

(4) 复合制导——在射弹飞行的初始段、中间段和末段，同时或先后采用两种以上方式进行制导，例如，利用 GPS 技术和惯性导航系统全程导引，加上末段寻的制导等。适于远程投放制导炸弹、布撒器等。复合制导可以增大制导距离，同时提高制导精度。

2.1.4 稳定部

弹药在发射和飞行中，由于各种随机因素的干扰和空气阻力的不均衡作用，会导致射弹飞行状态发生不稳定变化，使其飞行轨迹偏离理想弹道，形成射弹散布，降低命中率。稳定部使保持射弹在飞行中具有抗干扰特性，保持稳定的飞行状态以尽可能小的攻角和正确姿态接近目标的装置。典型的稳定部结构形式如下。

(1) 急螺稳定——按陀螺稳定原理使弹丸高速旋转的装置，如一般炮弹上的弹带，或某些射弹上的涡轮装置。

(2) 尾翼稳定——按箭羽稳定原理的尾翼装置，在火箭弹、导弹及航空炸弹上被广泛采用。

2.1.5 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。常用的引信有触发引信、近炸引信、定时引信等，有的弹药配备多种引信或多种功能的引信系统。

2.2 身管武器弹药

身管武器弹药指用武器身管（枪管）发射的武器弹药，包括枪弹、榴弹发射器榴弹、各种炮弹等。

2.2.1 枪弹

枪弹是指从枪管内发射的弹药（俗称子弹），一般口径小于 20mm。枪弹由弹头、弹壳、发射药和底火构成，如图 2-1 所示。

底火一般采用击针撞击的方式发火，点燃发射药，产生的高温高压火药气体将弹头推出枪膛。弹头在空气中高速飞行，靠枪管膛线赋予的旋转而稳定，弹头长度与其直径之比一般不超过 5.5。弹头命中目标时的动能是表征其直接杀伤或破坏目标能力的基本因素。通常，使敌人丧失战斗力的弹头动能为 78.5J 左右；穿透其防护装备如钢盔或避弹衣等所需动能则依弹头结构的不同而不同，普通钢芯弹头为 304J，铅芯弹为 412J 左右。所以，弹头命中目标时具有的动能应为上述两种动能之和，而弹头本身应有良好的侵彻和传递能量的能力。

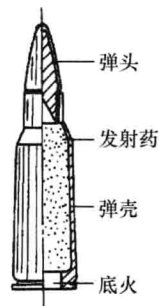


图 2-1 枪弹的一般构造

现代弹头一般由弹头壳、铅套、弹芯和其他零部件组成（图 2-1）。弹头的构造除了满足经济性、使用性等一般要求之外，在技术上，弹头壳及其内附层应能容易嵌入枪管膛线，使之定位、密封，使弹头高速自转，保证飞行稳定。弹头应具有良好的气动力外形和较高的断面密度，以保证弹道低伸和存速能力强。弹头应当有适当的质心位置及赤道转动惯量和极转动惯量，有良好的外形尺寸和结构的一致性，以确保射弹密集度。弹头与目标碰击时，具有将其绝大部分动能快速传递给目标的能力，对目标造成足够的毁伤。

弹壳主要由黄铜或低碳钢、铝合金制造。它的作用是将各个元件组成一个整体，并使全弹在弹膛内确实定位；盛装与密封发射药，使其具有规定的药室容积；发射时封闭枪膛，防止高温高压火药气体烧蚀弹膛，或从枪管尾部冲出。

枪弹按其配属的枪种分为手枪弹、步枪弹和大口径机枪弹等；按作用效果可分为普通弹、穿甲弹、燃烧弹、曳光弹、爆炸弹等。另外还有穿甲燃烧弹、燃烧曳光弹、穿甲

燃烧曳光弹、空包弹、教练弹以及各种试验弹等。通常称直径在 6mm 以下的枪弹为小口径枪弹，在 12mm 以上的为大口径枪弹。

2.2.2 榴弹发射器

榴弹发射器是一种以枪炮原理发射小型榴弹的武器，因其外形和结构酷似步枪或机枪，故人们常称之为“榴弹枪”或“榴弹机枪”。榴弹发射器有独立式和枪挂式两种；按发射方式，榴弹发射器分为单发和自动发射两种；按操持方式，榴弹发射器分为单人肩射和多人架射两种。在现代战争中，榴弹发射器的使用可提高步兵分队的独立作战能力，增大步兵杀伤火力密度及控制地带，赋予步兵与多种目标作战的手段。

小口径榴弹发射器的主要特点是：口径小（通常为 30mm~40mm），质量小，膛压低，战斗部通常为全预制破片或半预制破片，扇形靶密集杀伤半径大约为 5m~15m。有单发和自动连发两种结构。可连发的自动榴弹发射器通常配有三角架，可在地面使用，也可在直升机或装甲车上使用，发射速度可达 300 发/min~400 发/min。可直接瞄准或间接瞄准，最大射角可达 70°，最大射程通常为 1000m~2200m，配用的弹丸有榴弹、破甲弹、照明弹等。

榴弹发射器用榴弹是靠弹丸爆炸后形成的破片和冲击波毁伤目标的，其杀伤威力比重机枪大得多，与手榴弹相当。它主要用于杀伤敌有生力量、武器装备和各种无装甲车辆及轻型装甲车辆。另外，由于其射角大（可达 70°），所以，能从遮蔽的发射阵地上间接瞄准射击，摧毁遮蔽物后面和反斜坡上的有生目标。

美 M684 杀伤弹配用无线电近炸引信，口径 40mm，为空炸杀伤榴弹。用 M75 和 M129 榴弹发射器发射，用弹链供弹，每条弹链装弹 50 发，其结构如图 2-2 所示。

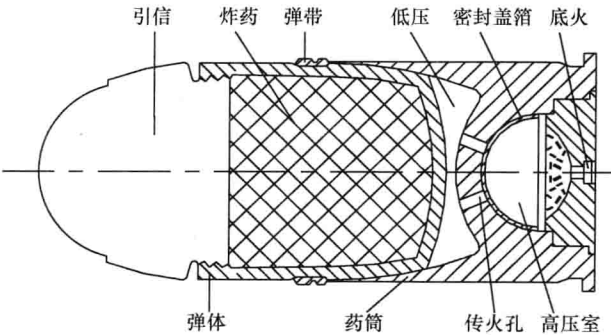


图 2-2 M684 杀伤弹

该弹为钢弹体，压有紫铜弹带，内装 A5 混合炸药（主要成分为黑索今）。弹丸前端为无线电近炸引信，它含有线路、液体电源、电雷管、机械安全保险机构和一个独立的碰炸机构。弹丸压配合在铝制药筒内，药筒为高低压药室结构，发射药放在高压室内，高压药室的前部放有铜制密封盖箔，高压室后部为带有底火的密封螺塞。

发射时，榴弹发射器击针击发底火，点燃高压室内的火药，火药气体压力达到一定值时，火药气体冲破小孔处密封的盖箔，进入低压室，使弹丸向前运动。与此同时，弹带嵌入膛线，使弹丸旋转，保证弹丸稳定飞行，出炮口获得 244m/s 的初速。弹丸飞离炮口 18m~36m 时，引信解除保险，离炮口 125m 时，电路保险解除。当弹丸接近目标时，

引信发射的电磁波由目标返回，经检测后使点火电路接通，电雷管起爆，弹丸离地面一定高度后爆炸。爆炸高度随目标反射无线电电波的能力和接近时的角度变化而变化。当电路系统产生故障而未能起作用时，引信碰击目标或地面，则引信的触发机构起作用，使弹丸起爆。

美 M433 杀伤和破甲双用途弹口径为 40mm，用 M79、M203 榴弹发射器发射。它是成型装药破甲弹，弹丸爆炸时，除药形罩形成金属射流外，弹体和弹底还形成大量破片，所以，它同时具有杀伤和破甲两种作用。该弹材料为铝合金，但弹底用钢制成，药形罩材料为紫铜。药筒和铝合金制成了高低压药室结构，高压室内装有 M9 火药，该弹配用 M550 高灵敏度弹头触发引信，其结构如图 2-3 所示。

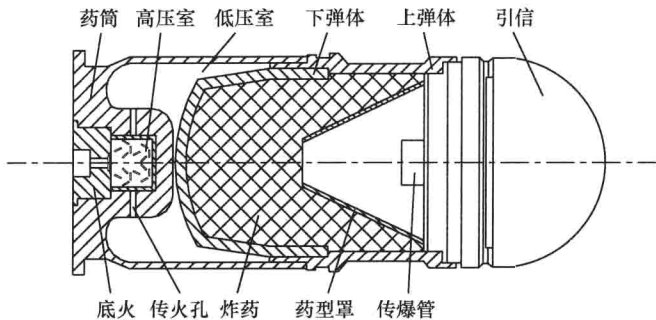


图 2-3 美 M433 杀伤和破甲双用途弹

发射时榴弹发射器击针击发药筒低部火帽，点燃高压室火药，当压力增至一定高度时，在高压室小孔处，铜制密封盖箔被剪切，燃气经小孔进入低压室。当低压室压力约为 1.47MPa 时，弹丸与药筒分离，开始嵌入膛线，沿炮膛运动。弹丸初速为 76m/s，转速为 3750r/min。弹丸飞离炮口 14m~27m 时，引信解除保险。撞击目标后，引信作用，引信底部的传爆管爆炸，并通过药形罩中间的孔起爆炸药，使药形罩闭合形成金属射流，同时弹体破碎，形成杀伤破片。

2.2.3 炮弹

炮弹是指口径在 20mm 以上，利用火炮发射到目标处，以完成杀伤、爆破、侵彻、干扰等战斗任务的弹药。

2.2.3.1 榴弹

杀伤爆破弹、杀伤弹、爆破弹统称为榴弹。榴弹全备弹一般由弹丸、引信和发射装药等三大部分组成，图 2-4 所示的是旋转稳定榴弹的基本组成。

1. 弹丸

弹丸由弹体、炸药装药、弹带等组成。弹体是用以装填炸药完成作战任务的零件。弹体连接弹丸的各个部分，保证弹丸发射时的结构强度和安全性，赋予弹丸有利的气动外形。弹体上的前后定心部（又称导引部）确保弹丸正确飞向目标，并在炸药爆炸时产生大量破片来杀伤敌人，是保证弹丸发射安全、射程、密集度和威力等战技指标的主要零件。榴弹最通用的弹体材料是 D60 或 D55 炮弹钢、58SiMn、50SiMnVB 等高强度高破片率钢。弹丸的炸药装药通常是由引信体内的传爆药柱直接引爆，必要时在弹口部增加

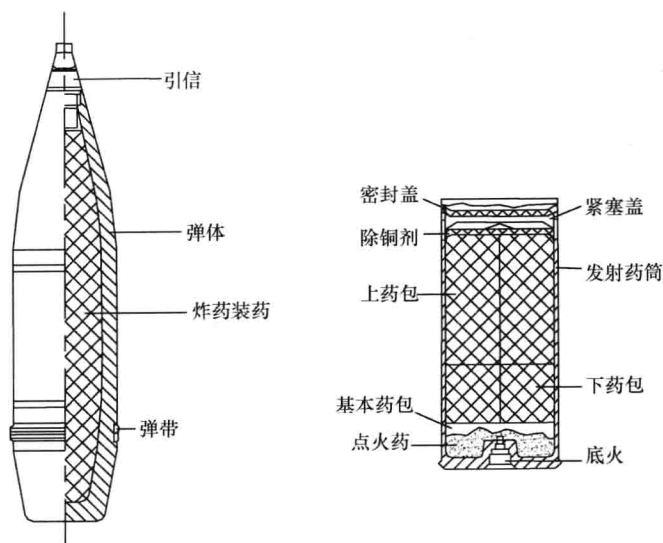


图 2-4 旋转稳定榴弹的基本组成

扩爆管。榴弹经常采用的炸药为 TNT、钝黑铝炸药和 B 炸药。对分装式榴弹，弹带是弹丸轴向装填定位、密封火药气体、赋予弹丸旋转的重要零件，它在嵌入火炮膛线时成为弹丸膛内运动时一个支撑点，并带动弹丸高速旋转，保证弹丸膛内定心和出炮口后的飞行稳定。对定装式榴弹，弹丸靠药筒的底缘凸起部轴向装填定位，发射时弹丸在克服药筒拔弹力后，弹带才嵌入火炮膛线，从而起到密封火药气体、赋予弹丸旋转的作用。初速为 $300\text{m/s} \sim 600\text{m/s}$ 的榴弹采用紫铜材料，初速较高的加农炮或加榴炮榴弹采用强度稍高一些的铜镍合金或 H96 黄铜等铜质材料。

按作用效能分类，将榴弹分为三种炮弹。

- (1) 杀伤榴弹——侧重杀伤作用的弹丸，弹壁较厚，弹体质量较大，炸药威力也较大。
- (2) 爆破榴弹——侧重爆破作用的弹丸，弹壁较薄，炸药威力大。
- (3) 杀伤爆破榴弹——兼顾杀伤、爆破两种作用的弹丸。其中，远程杀伤爆破弹在炮兵弹药中成为压制兵器的主要弹药，也是目前弹药发展中较为活跃的弹药。

2. 发射装药

发射装药部分是由药筒、发射药、底火、传火管及其他辅助元件组成，其作用是完成弹丸发射，赋予弹丸动能，使弹丸在炮口达到规定的初速。

药筒通常分为筒口、斜肩、筒体和筒底等部分。筒口壁较薄，机械强度低，在火药燃气压力作用下容易紧贴炮膛壁，消除缝隙，保证火药燃气不后泄。定装式药筒用于连接弹丸，其药筒口部端面与弹丸弹带后端面配合，控制弹丸伸进药筒的长度。斜肩是筒口至筒体的过渡部位，有的在膛内起定位作用，分装式药筒无明显的斜肩。筒体用来盛装发射药和其他辅助用品，是药筒的主体部分，平时保护发射药不受潮、免碰坏。筒体外形为截锥形，其锥度直接影响装填和抽筒的性能。筒底部分由筒底、底缘、底火药室等组成，有的靠筒底底缘定位。筒底厚度有一定强度要求，保证射击强度和开闩顺利。

发射药是具有一定形状、品号和重量的火药，放在药包中或在药筒中的一定位置上。发射时，火药被点燃，迅速燃烧生成大量火药气体，产生很高的压力，推动弹丸前进。