

# 弹 药 学

于 骐 等 编

国 防 工 业 出 版 社

## 内 容 简 介

本书较全面地叙述了各种弹药的性能、结构特点、发展方向、射击和  
命中目标时的作用过程。主要包括：炮弹、火箭弹、航空炸弹、枪榴  
弹、地雷、火炸药和引信。

本书是国防工业高等院校有关专业的教材，也可供部队有关兵种技术  
和指挥院校及从事弹药设计研究的技术人员参考。

### 弹 药 学

于 联 等 编

责任编辑 方启慈

\*

国防工业出版社出版

国防工业出版社印刷厂印装 内部发行

\*

787×1092 1/16 印张16 $\frac{1}{2}$  382千字

1987年12月第一版 1987年12月第一次印刷 印数： 001— 500册

ISBN7-118-00020-5/TJ4

## 前 言

本书是按照弹药工程专业的培养目标、业务范围以及教学计划的要求编写的。编写前，兵器工业部第二教材编审委员会炮弹及火箭弹编审小组审定了该课程的教学大纲和本书的编写大纲。

弹药是以不同方法将其输送、布放到敌方或前沿阵地，用来进攻或防御的军用物品。它包括炮弹、火箭弹、航空炸弹、轻武器弹药、地雷及爆破器材等。由于弹药是武器装备中直接毁伤目标的重要部分，所以它在现代战争中起着重要的作用。而《弹药学》的任务正是通过对弹药的结构、性能以及终点效应的分析、研究为读者学习其它专业课程、从事弹药研制、使用、保管等工作建立基础。所以《弹药学》是从事弹药工程工作人员的必修课程。

本书着重介绍了炮弹、航空炸弹、轻武器弹药和地雷，同时扼要介绍了火箭弹、火药、炸药和引信。在介绍各种弹药时，以国内、外各种弹药结构的特点及其对性能的影响为主，同时分析了它们的优、缺点和发展方向。由于篇幅的限制，本书在讲述轻武器弹药时只讲小口径榴弹发射器用弹药和枪榴弹。

本书由华东工学院于骥主编并编写了第一、十、十一章；翁佩英编写第二、三、五章；欧阳楚萍编写第四章；高森烈编写第四章第一节和第七章；赵有守编写第六章；徐学华编写第八、十四章；蔡松林编写第九章；王儒策编写第十二章；朱鹤松编写第十三章。

北京工业学院周兰庭副教授审阅了全部书稿，为确保本书的质量付出了辛勤的劳动。对此，我们表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，加之该书内容广泛，书中一定会有不少错误和不妥之处，望读者批评指正。

编 者

一九八六年九月

# 目 录

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 第一章 炮弹的一般知识        | 1   |
| 第一节 炮弹的组成及主要零部件的作用 | 1   |
| 第二节 炮弹的分类          | 5   |
| 第三节 对炮弹的要求         | 7   |
| 第二章 榴弹             | 10  |
| 第一节 榴弹的一般知识        | 10  |
| 第二节 地炮榴弹           | 13  |
| 第三节 高射炮榴弹          | 27  |
| 第四节 小口径航空炮榴弹       | 32  |
| 第五节 改进榴弹性能的途径      | 34  |
| 第三章 穿甲弹            | 37  |
| 第一节 装甲目标的分析        | 37  |
| 第二节 对穿甲弹的性能要求和穿甲作用 | 39  |
| 第三节 普通穿甲弹          | 45  |
| 第四节 次口径超速穿甲弹       | 51  |
| 第五节 超速脱壳穿甲弹        | 54  |
| 第六节 穿甲弹的发展方向       | 63  |
| 第四章 成型装药破甲弹        | 66  |
| 第一节 破甲弹作用原理        | 66  |
| 第二节 影响破甲作用的因素      | 68  |
| 第三节 无后坐力炮发射的破甲弹    | 71  |
| 第四节 坦克炮及地面榴炮发射的破甲弹 | 83  |
| 第五节 成型装药破甲弹的发展     | 90  |
| 第五章 碎甲弹            | 95  |
| 第一节 碎甲作用的基本原理      | 95  |
| 第二节 影响碎甲作用的主要因素    | 99  |
| 第三节 碎甲弹结构特点        | 100 |
| 第四节 碎甲弹的威力及其评价     | 103 |
| 第六章 迫击炮弹           | 105 |
| 第一节 迫击炮弹的构造特点      | 105 |
| 第二节 迫击炮弹的发射装药      | 112 |
| 第三节 迫击炮弹的发展概况      | 115 |
| 第七章 特种弹            | 117 |
| 第一节 照明弹            | 117 |
| 第二节 发烟弹            | 122 |
| 第三节 燃烧弹            | 127 |
| 第四节 宣传弹及其它特种弹      | 130 |

|      |             |     |
|------|-------------|-----|
| 第八章  | 火箭弹         | 132 |
| 第一节  | 火箭弹的一般知识    | 132 |
| 第二节  | 涡轮式火箭弹      | 135 |
| 第三节  | 尾翼式火箭弹      | 140 |
| 第九章  | 航空炸弹        | 142 |
| 第一节  | 航空炸弹的一般知识   | 142 |
| 第二节  | 航空爆炸炸弹      | 146 |
| 第三节  | 航空杀伤炸弹      | 158 |
| 第四节  | 航空反跑道炸弹     | 169 |
| 第五节  | 航空燃料空气炸弹    | 170 |
| 第六节  | 航空反坦克炸弹     | 171 |
| 第七节  | 国外航空炸弹的发展方向 | 174 |
| 第十章  | 榴弹          | 176 |
| 第一节  | 榴弹          | 176 |
| 第二节  | 小口径榴弹发射器用弹药 | 183 |
| 第十一章 | 地雷          | 192 |
| 第一节  | 地雷的一般知识     | 192 |
| 第二节  | 防坦克地雷       | 194 |
| 第三节  | 防步兵地雷       | 200 |
| 第四节  | 其它地雷        | 204 |
| 第十二章 | 火药与炸药       | 211 |
| 第一节  | 火药          | 211 |
| 第二节  | 炸药          | 217 |
| 第三节  | 起爆药及起爆具     | 221 |
| 第四节  | 烟火剂         | 222 |
| 第十三章 | 药筒          | 225 |
| 第一节  | 药筒的一般知识     | 225 |
| 第二节  | 药筒的构造与材料    | 229 |
| 第三节  | 发射时药筒的作用    | 236 |
| 第四节  | 焊接药筒        | 239 |
| 第五节  | 可燃药筒        | 241 |
| 第十四章 | 引信          | 246 |
| 第一节  | 引信的一般知识     | 246 |
| 第二节  | 触发引信        | 247 |
| 第三节  | 非触发引信       | 254 |
|      | 主要参考文献      | 258 |

# 第一章 炮弹的一般知识

现代战争中，炮弹是陆军火力的骨干，它要对付的目标很多，空中目标有各种飞机、导弹；地面目标有各种建筑物、工事、火力点、铁丝网、布雷场、坦克、装甲车辆、人员、马匹；水上目标有各种舰艇等。由于目标性质的差异、战术技术要求的不同而出现了榴弹炮、加农炮、加农榴弹炮、无后坐力炮、迫击炮及配用于这些火炮的各种炮弹，它们在现代战争中起着重要的作用。

## 第一节 炮弹的组成及主要零部件的作用

炮弹一般由弹丸（图1-1(a)）和装药药筒（图1-1(b)）（或药包）两大部分组成。发射时装入炮膛的情况如图1-2所示。

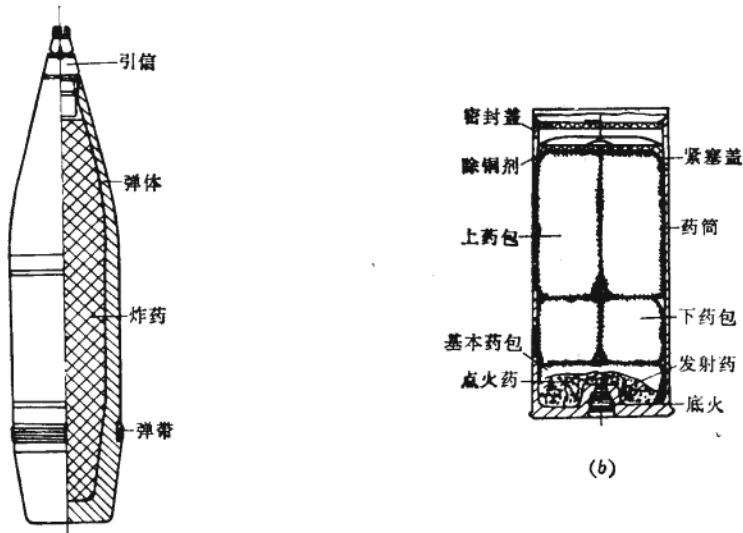


图1-1 弹丸及装药药筒  
(a) 弹丸；(b) 装药药筒。

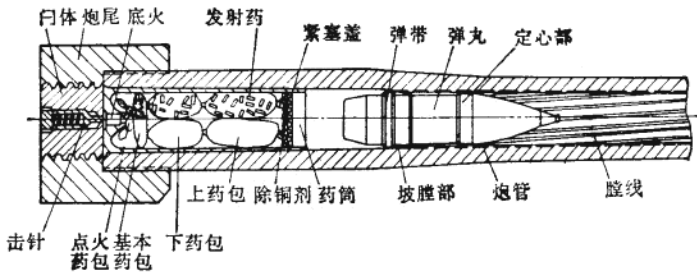


图1-2 炮弹射击待发状态示意图

## 一、弹 丸

弹丸是直接完成战斗任务包括引信在内的炮弹部件，由引信、弹体、弹带、装填物、稳定装置（采用尾翼稳定的弹丸）等组成。

1. 引信 它是使弹体内装填物适时作用的敏感元件。根据引信在弹体中的位置可分为弹头引信和弹底引信。按照作用方式分为触发（瞬发、惯性、延期）和非触发（钟表时间引信和无线电引信）两种。

2. 弹体 其作用是连接弹丸各部件，赋予弹丸最有利的外形，使其在飞行中具有最小的空气阻力；盛装装填物（炸药、燃烧剂、发烟剂、照明剂等）；保证发射时的安全并正确地飞向目标；以其自身强度和动能碰击和侵彻目标或在炸药爆炸时产生大量的有效杀伤破片，杀伤敌有生力量。根据弹丸的作用和生产工艺的要求，有时在弹体上装有头螺（图1-3）、底螺（图1-4）、风帽、被帽（参见第三章图3-16）、扩爆管（参见第七章图7-5）等零件。

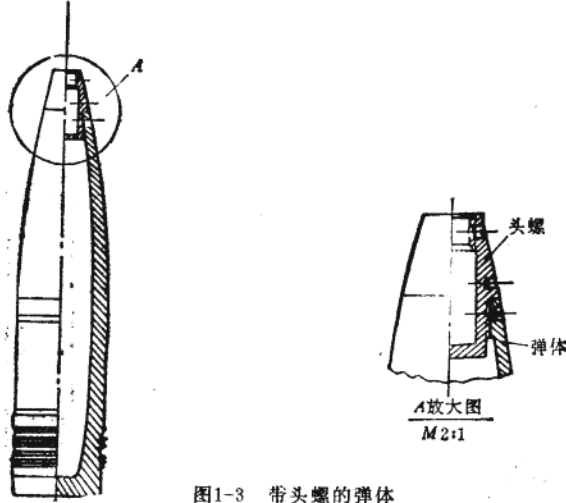


图1-3 带头螺的弹体

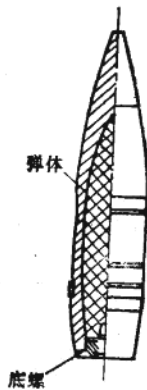


图1-4 带底螺的弹体

3. 弹带 对于旋转稳定的弹丸(图1-5), 弹带的作用是发射时紧塞火药气体; 嵌入火炮膛线赋予弹丸高速旋转, 保证弹丸出炮口后稳定飞行。

4. 装填物 它是毁伤目标或完成其它战斗任务的能源。用来直接摧毁目标的弹丸, 一般装填炸药(个别为抛射药)。

5. 稳定装置 对于非旋转稳定的弹丸都装有稳定装置(图1-5) 保证弹丸出炮口后的飞行稳定。

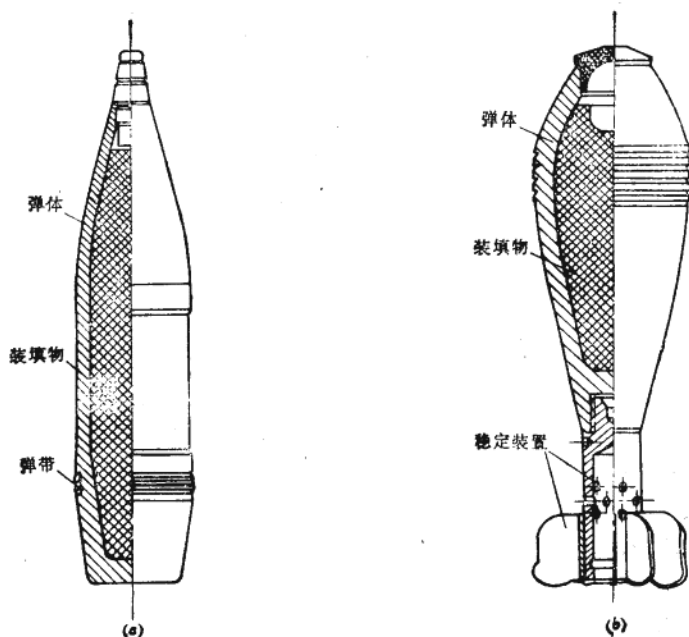


图1-5 旋转稳定及尾翼稳定弹丸  
(a) 旋转稳定弹丸; (b) 尾翼稳定弹丸。

## 二、装药药筒(或药包)

装药药筒是由药筒、发射药、底火及辅助元件组成。

1. 药筒 一般用黄铜或低碳钢冲压制成, 用来盛装发射药及其辅助元件。在平时, 保护发射药不受潮、不碰坏; 发射时, 由于药筒壁很薄, 又有弹性, 在火药气体压力作用下, 使其膨胀紧贴在炮膛壁上, 消除了缝隙, 保证火药气体不后泄。发射后, 压力消失, 药筒弹性恢复, 故打开炮闩后可顺利抽出药筒。药筒的具体结构详见第十三章。

2. 发射药 将一定形状和一定质量的火药, 放置在药包或药筒中。发射时, 火药被点燃, 迅速生成大量火药气体, 产生很高的压力, 推动弹丸前进。火药是发射弹丸的能源。

3. 底火 底火的用途是点燃发射药, 它由底火体、火帽、发火砧、黑药、压螺、锥形塞等元件组成。图 1-6 所示为底-4 式底火。



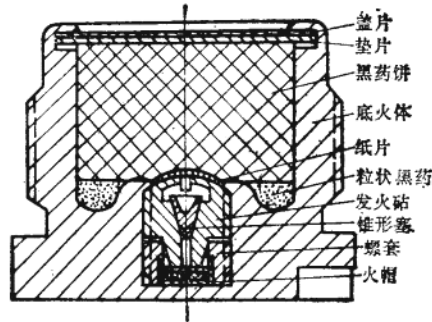


图1-6 底-4式底火

当击针撞击底火体的底部时，底部变形，火帽被发火砧压住，因而火帽被击发火。火帽的火焰通过中心小孔引燃粒状黑药，使黑药饼燃烧，火焰再冲破盖片，点燃药筒内的点火药和发射药。锥形塞的作用是防止膛内火药气体冲破底火体底部而外泄。

4. 辅助元件 包括密封盖、紧塞具、除铜剂、护膛剂、点火药和消焰剂等，它们都放置在药筒内。

(1) 密封盖 又称防潮盖，是分装式炮弹密封发射装药的硬纸制零件，涂有密封油(图1-1)，可保护装药不受潮，射击前取下。

(2) 紧塞具 也是硬纸制成，用以压紧固定装药的元件，使其在运输和搬运时不致串动，有利于火药的正常燃烧。即使变换装药后，仍须将其装入药筒压紧装药。

(3) 除铜剂 弹丸在发射时，由于弹带嵌入膛线，会使一些铜屑留在膛内，通常称为挂铜。挂铜将影响弹丸的运动，使内弹道性能和射击精度变差。除铜剂可消除挂铜。除铜剂一般是锡和铅的合金制成，其熔点很低，发射时在高温的作用下与挂铜生成熔化物。这种熔化物熔点低，易被火药气体冲走或被下一发的弹带带走，没有带走的也容易被擦掉。使用除铜剂后，膛内没有积铜，射击精度有显著提高。除铜剂一般制成线材，并缠成卷状，放置在发射药的最上面，其用量约为装药量的0.5~2.0%。

(4) 护膛剂 采用护膛剂是提高火炮寿命的有效措施。目前常用的护膛剂为钝感衬纸，它是将石蜡、地蜡、凡士林按一定比例配成，涂在纸上做成的(图1-7)。初速较高的火炮(小口径初速在800 m/s以上，大中口径在700 m/s以上)都要使用这种钝感衬纸。因为高速度火炮的装药量多、膛压高、火药气体温度高，对炮膛的冲刷烧蚀作用严重，特别是较大口径的加农炮，有的仅发射几百发后即不堪使用。寿命是一个严重的问题，采用护膛剂后，能提高寿命2~5倍，甚至更多，见表1-1。

护膛剂约占装药量的5~8%。

近来发现，用石蜡和某些固体润滑剂(如二氧化钛、滑石等)混合作护膛剂，可以使火炮寿命有更大幅度的提高，这对发展大威力的加农炮具有重大意义。

(5) 点火药 一般采用黑药，因为黑药燃烧时会生成大量的炽热固体微粒，易使火药迅速点燃。所以将其放置在基本药包的底部，用以加强底火的火焰，保证充分点燃发射药。点火药量约为装药量的1~2.5%，燃完时能产生4.9~9.8 MPa的点火压力。由于黑药中有硝酸钾，易受潮，故必须注意防潮问题。

表1-1 护膛剂对火炮寿命的影响

| 火 炮      | 不加护膛剂 (发) | 加护膛剂 (发)   |
|----------|-----------|------------|
| 37mm高射炮  | 2200      | 9000~11000 |
| 57mm反坦克炮 | 700       | 3400~3700  |
| 85mm高射炮  | 600~650   | 1300~1350  |
| 85mm加农炮  | 1150      | 5700       |
| 100mm加农炮 | 1500~1600 | 3800       |

(6) 消焰剂 弹丸飞出炮口后,膛内火药气体也随之喷出,其中可燃成分与空气中的氧发生反应,在炮口进行燃烧,产生很强的火焰,称为炮口焰。炮口焰是有害的,特别在夜间,会使阵地暴露并使炮手眼花,影响射击。

消焰剂通常使用氯化钾、硫酸钾等盐类。加入消焰剂,可使火药气体出炮口后不易燃烧,从而减弱了炮口焰。黑药中因有硝酸钾,可起消焰作用。因消焰剂会产生烟雾,所以白天不使用。消焰剂做成单独的药包放在装药中,或单独放置,射击前按需要放入。为了消除打开炮门后火药气体在炮尾燃烧,有时在装药底部放置消焰剂。消焰剂的质量约占装药量的2~5%。

## 第二节 炮弹的分类

炮弹是指直径在20mm以上,利用火炮将其发射出去,以完成杀伤、爆破、穿甲或其它战斗目的的弹药。炮弹的种类很多,为了科研、设计、生产、保管及使用的方便,从下列几个方面对炮弹进行分类。

### 一、按用途分类

1. 主用弹 供直接杀伤敌人有生力量和摧毁非生命目标的弹药统称为主用弹。用以杀伤敌方人员、马匹,破坏敌人的土木工事、铁丝网、障碍物、车辆、建筑物时,一般采用榴弹。其中侧重于杀伤敌人的,称为杀伤榴弹;侧重于爆破作用的,称为爆破榴弹;两者兼顾的,称为杀伤爆破榴弹;用于对付空中目标的,称为高射榴弹;用于迫击炮射击的,称为迫击炮榴弹。

为了对付坦克装甲车辆等装甲目标,一般采用穿甲弹、成型装药破甲弹和碎甲弹,这是三种不同作用原理的反坦克炮弹。穿甲弹按其结构又有普通穿甲弹、次口径穿甲弹和脱壳穿甲弹之分;成型装药破甲弹按使用火炮和有无火箭增程,又分为加农炮、榴弹炮和无后坐力炮用成型装药破甲弹及火箭增程成型装药破甲弹等。

此外,为了对付混凝土工事,有混凝土破坏弹;对付敌人舰艇,有半穿甲弹;还有起杀伤作用的各种毒气弹等。

2. 特种弹 供完成某些特殊战斗任务用的弹药称为特种弹。如照明弹、燃烧弹、烟幕弹、宣传弹、曳光弹、信号弹和化学弹等。

3. 辅助弹 供靶场试验和部队训练使用的弹药。如教练弹、训练弹等。

## 二、按照弹丸与装药药筒（药包）之间的装配关系分类

1. 定装式炮弹 弹丸和装药药筒结合为一个整体，如图1-7所示。射击时一次装入膛，因此发射速度快。这类炮弹的直径一般不大于 105mm。

2. 药筒分装式炮弹 弹丸和装药药筒不为一体，如图 1-1 所示。发射时先装弹丸，再装装药药筒，因此发射速度较慢；但药筒内的发射药量可以根据需要而变换。通常这类炮弹直径大于 122mm。

3. 药包分装式炮弹 弹丸、药包和点火门管分三次进行装填，没有药筒，用炮门来密闭火药气体。一般在岸舰炮上采用，这类炮弹口径较大，但射速较慢。

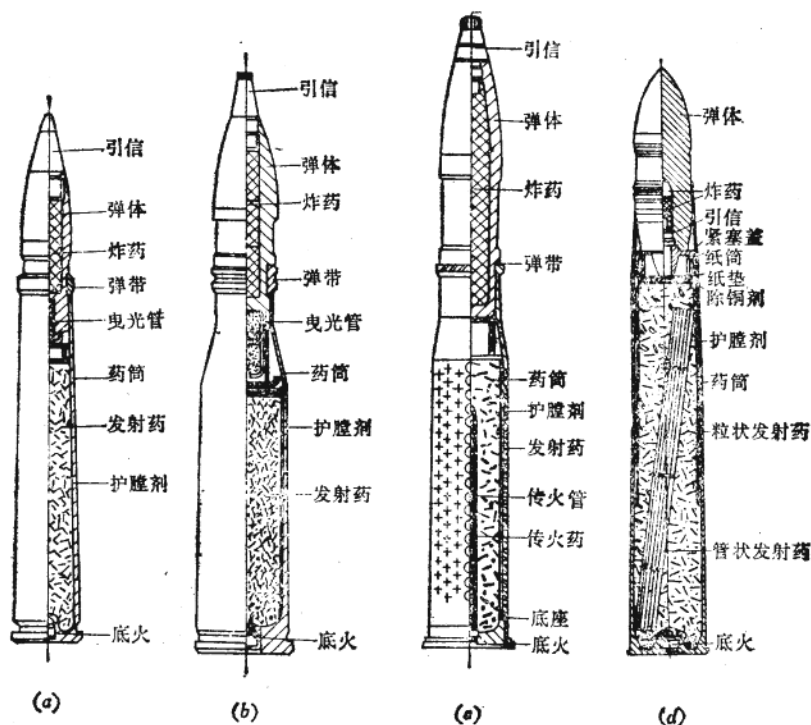


图1-7 几种定装式炮弹

(a) 37mm高射炮榴弹；(b) 57mm高射炮榴弹；(c) 75mm无后坐力炮榴弹；(d) 85mm穿甲弹。

## 三、按发射时装填方式分类

1. 后膛炮弹（后装式炮弹） 炮弹从炮尾装入膛，关闭炮门后发射。这类炮弹在发射时膛压较高、后坐较大，但射程较远。

2. 前膛炮弹（前装式炮弹） 炮弹从炮口装入膛发射。发射这种弹丸的火炮一般没有膛线，弹丸采用尾翼稳定方式。

#### 四、按获得速度的方法分类

1. 一般炮弹 弹丸的速度由火炮发射时获得。弹丸出炮口时的初速即为最大速度。
2. 火箭增程弹 弹丸的速度不仅在火炮发射时获得,当弹丸出炮口后火箭增程发动机工作,弹丸速度还可增加。增程发动机工作结速时的速度为最大速度。

#### 五、按口径分类

1. 小口径炮弹 地面炮为 20~70mm; 高射炮为 20~60mm。
2. 中口径炮弹 地面炮为 70~155mm; 高射炮为 60~100mm。
3. 大口径炮弹 地面炮为 155mm 以上; 高射炮为 100mm 以上。

#### 六、按稳定方式分类

1. 旋转稳定式炮弹 弹丸依靠火炮膛线获得高速旋转,按照陀螺稳定原理使其在飞行中保持稳定。由于转速受一定的限制,所以弹丸不能太长,一般全长小于 5.5 倍弹丸直径。
2. 尾翼稳定式炮弹 弹丸不旋转或低速旋转,依靠弹丸尾部的尾翼来保持飞行稳定。尾翼使全弹阻力中心移至质心之后,不论弹丸如何摆动,均产生一个稳定力矩,使弹丸轴线与弹道切线一致。大多数迫击炮弹、成型装药破甲弹以及滑膛炮发射的弹丸均采用这种稳定方式。

#### 七、按弹丸直径与火炮口径之间的关系分类

1. 适于口径炮弹 弹径与火炮直径相同。大多数炮弹均属这一类。
2. 次口径炮弹 弹径小于火炮直径,便于提高初速。如各种脱壳穿甲弹属于这一类。
3. 超口径炮弹 弹径大于火炮直径,弹丸威力较大。如迫击炮长炮榴弹,某些火箭增程破甲弹属于这一类。

### 第三节 对炮弹的要求

战争中,需要大量的炮弹来对付各种性质不同的目标。为了顺利、及时地完成这些战斗使命,它必须满足各项战术技术要求和生产工艺性要求。

#### 一、在生产、勤务处理和射击时要确保安全

安全问题是一个非常严肃的问题。炮弹不能确保安全,将会贻误战机,伤害我方人员,造成很坏的影响,这一点必须引起设计人员的高度重视。当安全性与炮弹的其它性能要求相互矛盾时,设计者必须首先确保所设计产品具有足够的安全性。在设计时应注意以下问题:

- (1) 内弹道性能稳定,膛压不超过允许值;
- (2) 弹丸在发射时的强度满足要求,药筒作用可靠;
- (3) 引信保险机构确实可靠,确保平时和射击时安全;
- (4) 火工品和炸药在平时和射击时安全。

## 二、威 力

弹丸的威力是指弹丸对目标毁伤作用的大小。由于各种弹丸用途不同，所以对其也有着不同的要求。如杀伤榴弹，要求杀伤半径及杀伤面积大；成型装药破甲弹、穿甲弹要求穿孔深；照明弹要求照度大，作用时间长等。

完成同样战斗任务时，增大弹丸威力可相应减少弹药的消耗量或所需火炮的数量，缩短完成战斗任务的时间。为了提高弹丸的威力，必须研究各种弹丸的作用原理，寻求提高威力的新途径。

## 三、射 程

由于现代战争中战场的正面和纵深都明显加大，所以要求火炮具有比较远的射程。其意义是：

- (1) 射程远才能对敌纵深的重要目标（司令部、集结地区、交通枢纽等）进行射击；
- (2) 可以实施火力机动，即集中大量炮火用于最重要的目标上；
- (3) 可以在不变换发射阵地的情况下，不间断地给步兵以火力支援；
- (4) 只有射程远才能压制敌方炮兵；
- (5) 便于炮兵作纵深梯次配备，以提高防御的稳固性。

对于高射武器，由于现代飞机的飞行高度增大，对高射弹丸，提高初速、增大射高有着重要的意义。

## 四、射 击 精 度

射击精度标志着射击的准确性，它主要与火炮、弹丸、瞄准具的精度有关。当射击精度提高时命中目标的概率才可能提高。弹丸射击精度是以火炮固定射击时，弹丸散布的中间误差来表示。

距离中间误差  $E_x$  或  $1/(X/E_x)$ ，其中  $X$  为最大射程；

高低中间误差  $E_y$ ；

方向中间误差  $E_z$ 。

地面火炮发射的弹丸通常用地面距离中间误差  $B_x$ （或  $1/(X/E_x)$ 、 $X$  为最大射程），方向中间误差  $E_z$  表示其精度。反坦克炮和高射火炮发射的弹丸通常用立靶精度  $E_y$  和  $E_z$  表示其精度。

由于生产过程中存在加工误差，所以弹丸的质量各不相同。为了防止因弹丸质量差别太大，影响散布，而采用了质量分级的办法。质量符号共分九级，见表1-2。

根据表1-2来确定每一发弹的质量符号，符号应写在弹体上。射击前，必须根据质量符号对表尺进行修正，修正值均可在各种火炮的射表中查到。

质量超过四个“+”的弹丸可以在规定的部位切削掉部分金属来修复，质量低于四个“-”的弹丸为废品。

为了保证射击精度，在射击前还应该对气温、气压、空气湿度、药室容积、装药温度，风力大小等进行必要的修正。

表1-2 质量分级符号表

| 弹丸质量符号 | 与标准弹质量的差值                          |
|--------|------------------------------------|
| ++++   | $+2\frac{1}{3}\sim+3\%$            |
| +++    | $+1\frac{2}{3}\sim+2\frac{1}{3}\%$ |
| ++     | $+1\sim+1\frac{2}{3}\%$            |
| +      | $+\frac{1}{3}\sim+1\%$             |
| ±(或H)  | $\pm\frac{1}{3}\%$                 |
| -      | $-\frac{1}{3}\sim-1\%$             |
| --     | $-1\sim-1\frac{2}{3}\%$            |
| ---    | $-1\frac{2}{3}\sim-2\frac{1}{3}\%$ |
| ----   | $-2\frac{1}{3}\sim-3\%$            |

### 五、在长期储存中性能安定

战时弹药的需要量很大，平时必须生产一定数量的弹药，保持必要而又充分的储备。所以要求平时生产的弹药能储存15~20年不变质。具体的要求是：

- (1) 弹丸、药筒不腐蚀生锈；
- (2) 发射装药密封可靠，不受潮、不分解；
- (3) 火工品长期储存不失效；
- (4) 炸药不分解变质。

为了满足上述要求，除认真研究火药、炸药、火工品的性能外，还必须认真研究炮弹的密封包装和零部件的表面防腐处理。

### 六、工艺性与生产经济性

战时炮弹的消耗量非常大，所以各零部件的设计，要求在满足性能的前提下，结构简单、可靠，工艺性好。在制造过程中，尽量采用精度高、性能好、效率高的新工艺，缩短生产时间，降低生产成本。

## 第二章 榴 弹

### 第一节 榴弹的一般知识

杀伤弹、杀伤爆破弹和爆破弹统称为榴弹。榴弹主要用于杀伤敌人有生力量、摧毁敌人防御工事、武器装备和其它军事设施。

按使用方式不同，榴弹可分为火炮榴弹、迫击炮榴弹、枪榴弹和小口径发射器榴弹等。本章只涉及火炮榴弹弹丸，其它各种榴弹详见第六和第十章。

#### 一、榴弹弹丸基本结构

##### (一) 结构

榴弹弹丸由引信、弹体、弹带和炸药装药组成，如图 2-1 所示。

1. 引信 目前榴弹主要配用触发引信，具有瞬发、惯性和延期三种装定。瞬发作用引信使炮弹在碰击目标后约 0.001 s 爆炸，常用于杀伤榴弹，对地面目标射击；惯性作用（短延期）引信约在 0.005 s 爆炸，即在弹丸侵入目标一定距离后爆炸；延期作用引信则在延期百分之几秒后爆炸。为了提高杀伤威力而实施空炸射击时，需配用时间引信或近炸（非接触）引信。

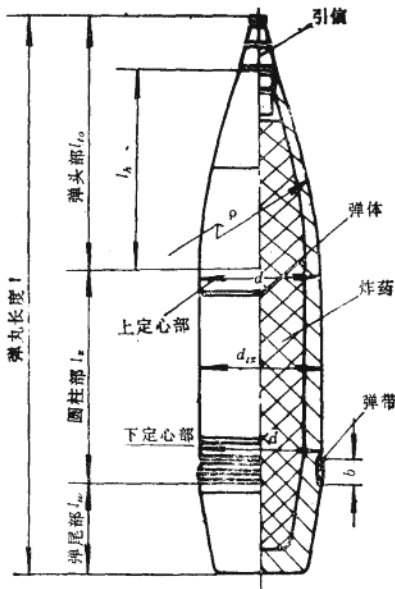


图2-1 1954年式122mm榴弹

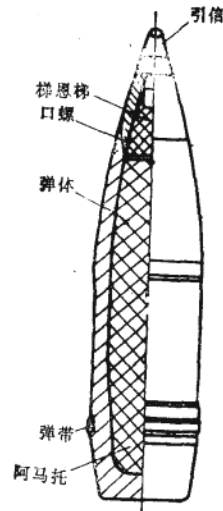


图2-2 带口螺的122mm、152mm榴弹

2. 弹体 用以装填炸药或特种装药完成战斗作用的零件。其结构可分为两类：①整体式弹体（图2-1）；②非整体式弹体（图2-2）。有些榴弹带有底螺（图2-11），大口径榴弹装有口螺，如图2-2所示。由于螺纹的同轴性较差，旧式口螺结构已基本淘汰。在1959年式130mm榴弹上装有扩爆管如图2-6所示。

为确保弹丸具有足够的强度，通常要求弹体采用强度较高的优质炮弹钢材，最通用的是D60或D55炮弹钢（高碳结构钢）。其加工方法，对于大中口径弹体是由热冲压、热收口毛坯车制成形，而小口径弹体一般由棒料直接车制而成。也有部分弹体如37mm和57mm高射炮榴弹则采用冷挤压毛坯精车成形的方法，其材料为S15A或S20A冷挤压钢。只有极少数弹体是用高强度铸铁制造的。

3. 弹带 是密封火药气体、赋予弹丸旋转的重要零件。采用嵌压或焊接等方式固定在弹体上。为了嵌压弹带，在弹体上车制出环形弹带槽，槽底辊花或在环形凸起上铲花，如图2-3所示，以增加弹带与弹体之间的摩擦，避免相对滑动。

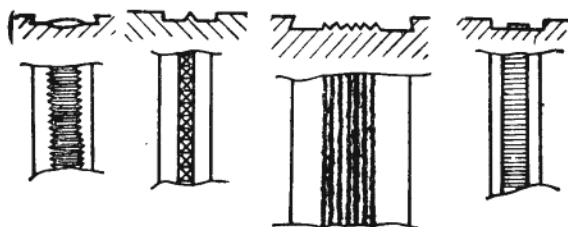


图2-3 弹带槽底辊花形状

弹带材料：初速为300~600m/s的榴弹采用紫铜；初速较高的加农炮或加农榴弹榴弹采用强度稍高一些的铜镍合金或H96黄铜等铜质材料。某些弹丸采用尼龙弹带（美GAU8/A30mm航空炮榴弹）或粉末冶金陶铁弹带（法F5270式30mm航空炮榴弹）。铜质弹带耐磨（有利于保护炮膛），而且可塑性好。铜弹带压入弹体的方法有两种：①环状弹带毛坯，直接在压力机上径向收紧使其嵌入槽内（通常为环形直槽）；该结构主要用于小口径榴弹；②条状毛坯，在冲压机床上逐段压入燕尾形弹带槽内，然后把两端接头碾合收紧。环状弹带结构主要用于小口径榴弹；条状毛坯结构加工简单，但是车制成形后，弹带上存有接缝。

4. 炸药装药 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扩爆管。在杀伤榴弹的铸铁弹体内装填代用炸药阿马托时，口部要加入一定的梯恩梯，可起防潮作用（图2-2）。榴弹经常采用的炸药为梯恩梯和钝黑铝炸药。梯恩梯炸药通常用于大、中口径榴弹。采用螺旋压药（常称螺旋）工艺，将炸药直接压入药室，并通过螺杆上升速度来控制炸药的密度分布。钝黑铝炸药（钝化黑索今80%，铝粉20%），又称A-Ⅱ-Ⅱ炸药，一般用在小口径榴弹中，先将炸药压制成药柱，再装入弹体（参见本章第三节）。

## （二）弹丸外形

1. 外形 弹丸外形为回转体，头部呈流线型。全长 $l$ 可分为三部分：弹头部（长度 $l_0$ ）、圆柱部（长度 $l_c$ ）和弹尾部（长度 $l_w$ ）。参见图2-1。



弹头部是从弹丸引信顶端面到上定心部上缘之间的部位。弹丸以超音速飞行时，初速越高，弹头激波阻力占总阻力的比重越大。为减少波阻，弹头部应呈流线型，要增加弹头长度和弹头母线半径使弹头尖锐。常把引信下面这段弹头部称为弧形部（长度 $l_h$ ）。某些低初速非远程式弹丸的弹头部形状取为截锥形+圆弧形（图2-1）；有的小口径弹的弹头部形状为截锥形（图2-28）。

圆柱部是指上定心部上边缘到弹带下缘部分。122mm榴弹的圆柱部包括上下定心部、弹带及外径为 $d_{12}$ 的弹体圆柱段。圆柱部越长，则炸药的装填量越多，有利于提高威力，但是弹体圆柱部越长，飞行阻力越大，影响射程。

弹尾部是指弹带下边缘到弹底面之间的部位。为减少弹尾部与弹底面阻力，弹尾一般采用船尾形，即短圆柱加载锥体。尾锥角为 $9^\circ \sim 6^\circ$ 。对于定装式炮弹，其弹丸的弹尾部全部伸入到药筒内，在弹尾圆柱上预制二个紧口槽，以便与药筒轍口结合。因此，定装式榴弹的弹尾部要比分装式长些。

2. 定心部 定心部是弹丸在膛内起径向定位作用的部位。为确保定心可靠，应尽量减少弹丸和炮膛的间隙，但为使弹丸顺利装入炮膛，间隙又不能太小。通常弹丸具有上下两个定心部。但某些小口径榴弹，往往没有下定心部，依靠上定心部和弹带来径向定位。

3. 导引部 上定心部到弹带（当下定心部位于弹带之后时，则为上定心部到下定心部）的部位称为导引部。在膛内运动过程中，导引部长度就是弹丸的定心长度。因此，其长度影响着弹丸膛内运动的正确性。图2-1所示，圆柱部即为导引部。当下定心部位于弹带的下方时（图2-23c），导引部比圆柱部长。

弹带是导引部的重要组成部分。低速榴弹只有一条弹带，而高速榴弹往往有二条或一条较宽（大于25mm）的弹带。弹带的外径大于定心部，线膛火炮榴弹的弹带外径大于炮膛阴线直径，其过盈部分称为强制量。弹带除与定心部共同起径向定位作用外，在分装式炮弹射击装填时，还可起轴向定位作用（图1-3）。

图1-7（c）所示为75mm无后坐力炮榴弹的弹带有预制膛线刻槽，弹丸装填时，弹带便进入膛线。

## 二、弹丸的结构特征数

榴弹对目标的破坏能力随弹丸的大小和结构的不同而有所差异，一般通过结构特征数的相对比较来反映不同弹丸威力的大小。通常采用的结构特征数有弹丸相对质量 $C_m$ 、炸药相对质量 $C_o$ 、炸药装填系数 $\alpha$ 及弹体（圆柱部）相对壁厚 $\lambda_s$ ：

$$C_m = \frac{m}{d^3} \quad (\text{kg/dm}^3);$$

$$C_o = \frac{\omega}{d^3} \quad (\text{kg/dm}^3);$$

$$\alpha = \frac{\omega}{m} \times 100\%;$$

$$\lambda_s = \frac{\delta}{d}$$

式中  $m$ ——弹丸质量（kg）；