

# 第 1 章 绪 论

## 1.1 弹药及其发展

### 1.1.1 弹药的定义

武器是直接用于杀伤敌方有生力量和破坏敌方作战设施的器械、装置。制造和使用武器的目的就是最大限度地削弱敌人的战斗力，以致最后消灭敌人。在现代战争中，达到这一目的的主要手段就是弹药。弹药是武器系统的核心，是借助武器（或其他运载工具）发射或投掷到目标区域，完成既定战斗任务的终极手段。那么，什么是弹药呢？

“弹药”一词最早来自法语“munition de guerre”，意思是战争之需。现代弹药既用于军事，也可民用，本书主要介绍军事上的弹药。

弹药，一般指有壳体，装有火药、炸药或其他装填物，能对目标起毁伤作用或完成其他任务的军械物品。它包括枪弹、炮弹、手榴弹、枪榴弹、航空炸弹、火箭弹、导弹、鱼雷、深水炸弹、水雷、地雷、爆破器材等。用于非军事目的的礼炮弹、警用弹以及采掘、狩猎、射击运动的用弹，也属于弹药的范畴。

### 1.1.2 弹药的发展

#### 1. 弹药的发展历史

兵器的发展经历了冷兵器时代和热兵器时代。在冷兵器的发展过程中，古时用于防身或进攻的投石、弹子、箭等可以算是射弹的最早形式。它们利用人力、畜力、机械动力投射，利用本身的动能击打目标。黑火药的发明可以认为是热兵器时代的开始，也就是一般意义上弹药发展的开始。

黑火药是我国在公元 9 世纪初发明的，10 世纪开始用于军事，作为武器中的传火药、发射药及燃烧、爆炸装药，在弹药的发展史上起着划时代的作用。黑火药最初以药包形式置于箭头被射出，或从抛石机抛出。13 世纪，中国创造了可以发射“子窠”的竹制“突火枪”，被认为是管式发射武器的鼻祖，“子窠”可以说是最原始的子弹。随后有了铜或铁制的管式火器，用黑火药作为发射药。黑火药和火器技术于 13 世纪经阿拉伯传至欧洲。早期的火器是滑膛的，发射的弹丸主要是石块、铁块、箭，以后普遍采用了石质或铸铁的实心球形弹，从膛



口装填，依靠发射时获得的动能毁伤目标。16世纪初出现了口袋式铜丸和铁丸的群子弹，对集群的人员、马匹的杀伤能力大大提高。16世纪中叶出现了一种爆炸弹，由内装黑火药的空心铸铁球和一个带黑火药的信管构成。17世纪出现了铁壳群子弹，17世纪中叶发现并制得雷汞。

19世纪末至20世纪初先后发明了无烟火药和硝化棉、苦味酸、梯恩梯等猛炸药并应用于军事，是弹药发展史上的一个里程碑。无烟火药使火炮的射程几乎增加1倍，猛炸药替代黑火药使弹丸的爆炸威力大大提高。第一次世界大战期间，深水炸弹开始用于反潜作战，化学弹药也开始用于战场。随着飞机、坦克投入战斗，航空弹药和反坦克弹药得到发展。第二次世界大战期间，各种火炮的弹药迅速发展，出现了反坦克威力更强的次口径高速穿甲弹和基于聚能效应的破甲弹。航弹品种增加，除了爆破杀伤弹外，还有反坦克炸弹、燃烧弹、照明弹等。反步兵地雷、反坦克地雷以及鱼雷、水雷的性能得到提高，分别在陆战、海战中大量使用。第二次世界大战后期，制导弹药开始用于战争。除了德国的V-1飞航式导弹和V-2弹道式导弹以外，德国、英国和美国还研制并使用了声自导鱼雷、无线电制导炸弹。但是，当时的制导系统比较简单，命中精度也较低。

第二次世界大战结束后，电子技术、光电子技术、火箭技术和新材料等高新技术的发展，成为弹药发展的强大推动力。制导弹药，特别是20世纪70年代以来各种精确制导弹药的迅速发展和在局部战争中的成功应用，是这个时期弹药发展的一个显著特点。精确制导弹药除了有命中精度很高的各种导弹外，还有制导炸弹、制导炮弹、制导子弹药和有制导的地雷、鱼雷、水雷等。与此同时，弹药射程和威力性能也获得了长足进步。火炮弹药广泛采用增程技术，出现了火箭增程弹、冲压发动机增程弹、底凹弹和底部排气弹等增程炮弹。液体发射药、模块化（刚性组合）装药的研制取得重要进展，已经接近实用水平。随着坦克装甲防护能力的不断提高，研制成功了侵彻能力更强的长杆式次口径尾翼稳定脱壳穿甲弹，以及能对付反应装甲的串联式聚能装药破甲弹。除了传统的钨合金弹芯穿甲弹外，新发展了贯穿能力更强的贫铀弹芯穿甲弹。为了满足轰炸不同类型目标的需要，发展了集束炸弹、反跑道炸弹、燃料空气炸弹、石墨炸弹、钻地弹等新型航弹。为了适应高速飞机外挂和低空投弹的需要，在炸弹外形和投弹方式上都作了改进，出现了低阻炸弹和减速炸弹。火箭弹品种大量增多，除了地面炮兵火箭弹以外，还发展了航空火箭弹、舰载火箭弹、单兵反坦克火箭弹以及火箭布雷弹、火箭扫雷弹等。

## 2. 弹药的发展趋势

现代战争是海、陆、空、天一体化，以信息战和纵深精确打击能力为核心的高技术战争，从发生的海湾战争、科索沃战争、伊拉克战争等局部战争中可以看出，现代战争主要特点是作战范围大、时间和空间转换快、作战样式多，具体表现为：

### （1）信息制胜

信息技术是现代战争取得胜利的关键，左右着战争的发展进程，战场信息化、数字化成为现代战争的主要特征之一。



## (2) 距离优势

现代战争的作战距离越来越大, 已经没有传统战场前后方的概念。拥有防区外远程压制武器将提高己方部队的作战灵活性, 能够做到保护自己消灭敌人, 赢得战争的主动权。

## (3) 技术对抗

战场成为了交战国家高新技术武器弹药的试验场, 现代战争中各种新概念高新技术武器不断出现, 性能不断提高, 谁拥有高新技术武器, 谁就掌握了战争的主动权。

## (4) 目标变化

现代战争的作战理论和作战方式发生了根本性的变化, 所打击的目标也随之发生了改变, 在战场上除了坦克、装甲车辆、掩体等传统目标外, 还出现了各类巡航导弹、武装直升机、新型钢筋混凝土防护目标、各类主被动防护坦克、C<sup>4</sup>ISR 系统以及洞穴等具有新型易损特性的目标。

由上述特点可以知道, 为了适应现代战争的需要, 作为最终完成对各类目标毁伤功能的弹药必须具有下述能力:

### (1) 精确打击能力

在现代战争中, 为减少不必要的附加损伤, 要求弹箭具有精确的点目标打击能力, 弹药制导化、可控化成为弹箭技术的必然发展方向。随着科学技术的发展, 弹箭技术发生了质的变化, 正朝着灵巧化、智能化的方向发展, 出现了末敏弹、弹道修正弹、智能雷等新型弹药。末敏弹是一种由火炮发射, 集先进的传感器技术和爆炸成型弹丸技术于一体, 用于对付坦克、自行火炮和步兵战斗等装甲目标的新型灵巧弹药。如美国的萨达姆(SADARM)末敏弹、德国的灵巧(SMART)末敏弹等, 它实现了“发射后不用管”的目标, 是弹药技术领域的一次飞跃。

弹道修正弹是一种有别于制导弹药的简易控制弹, 依靠弹上的接收装置来获得弹道信息, 通过处理后由修正装置来有限次修正弹药的弹道, 从而达到提高射击精度的目的。如美国的XM982式155 mm复合增程弹道修正弹, 集弹道修正技术和火箭底排复合增程技术于一体, 在40 km处的圆概率误差可小于20 m。

### (2) 远程压制能力

战争实践表明, 拥有远程压制能力的一方可使己方在敌方火力圈之外打击敌方目标, 掌握战争主动。因此, 提高弹箭射程始终是对弹箭发展的要求之一, 也是弹箭技术发展的一个主要方向。火箭推进、底部排气、滑翔增程以及复合增程技术是提高弹箭射程的基本手段。

美国、法国、俄罗斯、南非等国都研制了火箭增程弹、底排增程以及底排与火箭复合增程弹, 可以在敌方火炮系统射程之外较好地压制敌方火力, 获得战争的主动权。如南非VLAP增速远程炮弹, 采用火箭和底排复合增程技术, 由155 mm/52倍口径火炮发射时, 射程可达52.5 km。

### (3) 高效毁伤能力

现代战争要求弹箭能够有效对付地面设施、装甲车辆等目标, 也要求能够有效对付武装直升机、巡航导弹以及各类高价值空中目标。同时, 由于弹箭是在战争中大量消耗的装备,



作战效能高的弹药可以大大降低作战成本。因此，现代战争要求弹箭具有对各类目标的多功能高效毁伤能力，可以根据不同的目标进行不同类型的毁伤，以适应现代战争的特点。

提高弹药的高效毁伤能力，除提高装药性能外，研制新型多功能子母弹药已成为弹药技术领域重点发展的关键技术之一。在子母弹的发展中，某些国家强调在子弹药威力性能足够的前提下，通过数量的增加来提高子母弹的面毁伤能力；而某些国家则在面毁伤前提下更注重单枚子弹药的威力。如美国 M864 子母弹携带 108 枚 XM80 子弹药，其 XM80 子弹药破甲威力约 52 mm；而德国 DM652 子母弹仅携带 49 枚子弹药，但其子弹药破甲威力达 100 mm，远高于 XM80 子弹药。目前子母弹技术将与精确制导技术、增程技术等结合起来，共同实现对目标的高效毁伤。

#### （4）信息钳制能力

在现代战争中，要想实现对战场态势的快速响应，就要求弹箭必须具有快速获取战场信息并迅速反馈的能力，同时还必须具有对敌方获取信息能力的阻断和反制能力。因此，研制具有战场态势获取控制能力的弹箭，也是目前弹箭技术的一个新的发展方向。

目前，世界各国已经开始研制具有战场信息感知获取能力甚至兼具攻击能力的信息化弹药。如美国的 155 mm XM185 电视侦察炮弹，利用弹丸向前飞行和旋转，使弹载传感器的视场作动态变化，对飞越的区域进行扫描，实施侦察并发现目标。而战场评估炮弹也是一种新型的评估目标毁伤情况的信息化炮弹，当它被发射到目标区域上空时，炮弹内部装载的微型电视摄像机可将目标被毁情况通过传送系统发送回指挥所，对目标毁伤情况进行评估。如美国 155 mm 目标识别与毁伤评估炮弹作用距离 60 km，悬浮时间 5 min 以上。

综上所述，随着科学技术的发展，弹药技术将向着精确打击、智能化、远程与高效毁伤多功能的方向发展。其具体的发展方向可以归结为：采用高破片率钢材制作弹体或装填重金属、可燃金属的预制、半预制破片，提高战斗部的杀伤威力；发展智能引信，实现最佳引信与战斗部配合，提高战斗部对目标的作用效率；研制复合作用战斗部，增加单发弹药的多用途功能；发展集束式、子母式和多弹头战斗部，提高弹药打击集群目标和多个目标的能力；在航空弹药和炮弹上加装简易的末段制导或末段敏感装置，提高弹药对点目标的命中精度；发展各类特种弹药，执行军事侦察、战场监视（听）及通信干扰等任务，适应未来全方位作战需要；采用高能发射药、改善弹药外形，或探索简易增程途径，增大弹药射程。此外，在弹药部件结构上，还应实现通用化、标准化、组合化，简化生产及勤务管理。

## 1.2 目标类型及其特性

### 1.2.1 目标的分类

一种弹药的选择和设计，总是应该首先考虑武器的战术用途和它所要对付的目标。不同



的目标，应当采用不同的方法去对付，这里既包含弹种的选择问题，也包含毁伤机理的选择问题。因而在这一节里，首先从目标谈起。

从不同的观点出发，对目标分类可以有不同的方法。按照目标所在位置，可以把目标分为空中目标、地（水）面目标和地（水）下目标；按照目标的范围，可以把目标分为点目标和面目标，进而按照目标的防御能力再把它们分为“软”目标和“硬”目标；按照目标运动情况，可以分为固定目标和运动目标。

点目标：通常是指一个目标单元占据一个位置的目标。这类目标是根据这样的假设确定的：用目标的大小同武器与目标之间的距离相比，或者与战斗部的有效毁伤半径相比，目标显得比较小。敌方的一辆坦克，是点目标的一个例子，而一座桥梁也可能是一个“点”目标。

面目标：是指那些要求杀伤和破坏效果遍及某一区域的目标，这种目标是二维的。或者说，面目标是分布在一个区域内的一批不同类型的目标单元，如部队集结区、防御工事地带、工业区和各种基地等。

尚须指出，点目标和面目标的概念是相对的，它们的区别还取决于在给定区域内目标单元的数目和它们的配置。同一目标，对某一个武器系统可以划为点目标，而对另一个武器系统则可定为面目标。

至于目标的“软”、“硬”之分，主要是从目标的防护能力来区别的，诸如人员、卡车、吉普车、建筑物、布雷区和飞机等，由于其防护能力较弱，故称为软目标；而坦克、装甲车、舰船、潜艇、水坝和飞机跑道等，由于其防护能力较强，故称为硬目标。

### 1.2.2 目标的特性

一般来说，未来战场上弹药对付的主要目标包括空中目标、地面目标和海上目标三大类。

#### 1. 空中目标特性

现代战争中，主要对付的空中目标包括固定翼军用飞机、旋转翼军用飞机和精确制导弹药等，其基本特征为：

① 空间特征：空中目标是点目标，其入侵高度和作战高度从几米到几十千米，作战空域大；

② 运动特征：空中目标的运动速度快、机动性好；

③ 易损性特征：空中目标一般没有特殊的装甲防护，某些军用飞机驾驶舱的装甲防护约 12 mm，武装直升机在驾驶舱、发动机、油箱、仪器舱等要害部位有一定的装甲防护；

④ 空中目标区域环境特征：采用低空或超低空飞行，即掠海、掠地飞行，利用雷达的盲区或海杂波、地杂波的影响，降低敌方对目标的发现概率；

⑤ 空中目标对抗特征：为了提高空中武器系统的生存能力，采取一些对抗措施。如电子



对抗、红外对抗、隐身对抗、烟火欺骗、金属箔条欺骗等。

## 2. 地面目标特性

地面目标主要包括地面机动目标和地面固定目标。地面机动目标包括坦克、自行火炮、轻型装甲车辆及有生力量等，属于点目标或群目标。地面固定目标大多是建筑物、永备工事、掩蔽部、野战工事、机场、桥梁、港口等，其基本特征为：

① 位置特征：地面固定目标不像空中目标、海上目标或地面活动目标那样具有一定的运动速度和机动性，地面固定目标有确定的空间位置；

② 集群特征：地面固定目标一般为集结的地面目标；

③ 防护特征：对纵深的战略目标都有防空部队和地面部队防护；

④ 易损性特征：对于为军事目的修建的建筑和设施，都有较好的防护，采用钢筋混凝土或钢板制成，并有覆盖层，抗弹能力强；

⑤ 隐蔽性特征：地面固定目标一般采用消极防护，例如隐蔽、伪装等措施。

## 3. 海上目标特性

海上目标主要指的是海面上的各种作战舰艇、各种运输补给工具以及水下潜艇等，其基本特征为：

① 空间特征：海上目标属于点目标，舰艇再大，相对于海洋和舰载武器的射程而言很小，加之海洋航行之间保持一定距离，故属于点目标；

② 防护特征：舰艇具有较强的防护能力，包括间接防护和直接防护两种能力，直接防护系指被来袭反舰武器命中后如何不受损失和少受损失，间接防护系指如何防止被来袭的反舰武器命中；

③ 火力特征：海上目标具有较强的火力装备，在各种舰艇上装备有导弹、火炮、鱼雷、作战飞机等现代化的武器进行全方位的进攻和自卫；

④ 运动特征：海上目标具有很强的机动性能，如目前大量应用的轻装甲、高速度、导弹化的护卫舰、驱逐舰等；

⑤ 易损性特征：海上目标具有较大的易损要害部位，如舰载燃油、弹药、电子设备、武器系统等。

# 1.3 弹药的组成及其分类

## 1.3.1 弹药的组成

弹药的结构应能满足发射性能、运动性能、终点效应、安全性和可靠性等诸方面的综合要求，通常由战斗部、投射部和稳定部等部分组成。制导弹药还有制导部分，用以导引或控制弹药进入目标区，或自动跟踪运动目标，直至最终击中目标。



## 1. 战斗部

战斗部是弹药毁伤目标或完成既定终点效应的部分，某些弹药仅由战斗部单独构成，如地雷、水雷、航空炸弹、手榴弹等。典型的战斗部由壳体（弹体）、装填物和引信组成。壳体用来容纳装填物并连接引信，在某些弹药中又是形成破片的基体；装填物是毁伤目标的能源物质或战剂，常用的装填物有炸药、烟火药、预制或控制成型的杀伤穿甲元件等，还有生物战剂、化学战剂和核装药，通过装填物的自身反应或其特性，产生力学、热、声、光、化学、生物、电磁、核等效应来毁伤目标；引信是为了使战斗部产生最佳终点效应，而适时引爆、引燃或抛撒装填物的控制装置，常用的引信有触发引信、近炸引信、定时引信等，有的弹药配有多种引信或多种功能的引信系统。

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。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；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；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；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；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；**战斗部较大**，**母弹**，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. 投射部

投射部是提供投射动力的装置，使战斗部具有一定速度射向预定目标。射击式弹药的投射部由发射药、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。**同**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。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。

## 3. 稳定部

稳定部是保证战斗部稳定飞行，以正确姿态击中目标的部分。典型的稳定部结构有使战斗部高速旋转的弹带（导带）或涡轮装置，有使战斗部空气阻力中心移于质心之后的尾翼装置以及两种装置的组合形式。

## 4. 导引部

导引部是弹药系统中导引和控制弹丸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

使弹丸尽可能沿着事先确定好的理想弹道飞向目标，实现对弹丸的正确导引。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 3 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，主要有自主式制导、寻的制导、遥控制导和复合制导等制导方式。

### 1.3.2 火炮弹药的组成

火炮弹药也即炮弹，是供火炮发射的弹药，依靠炮膛内火药燃气压力推动弹丸而获得初速。炮弹是火炮系统完成战斗任务的核心部分，它的发展和改进直接提高火炮系统的威力、射程和精度，并有效地增加了火炮系统的作战功能。炮弹广泛配用于地炮、高炮、航炮、舰炮、坦克炮等武器，毁伤各种目标完成各种战斗任务。

炮弹由弹丸和发射装药两部分组成（如图 1.1）。

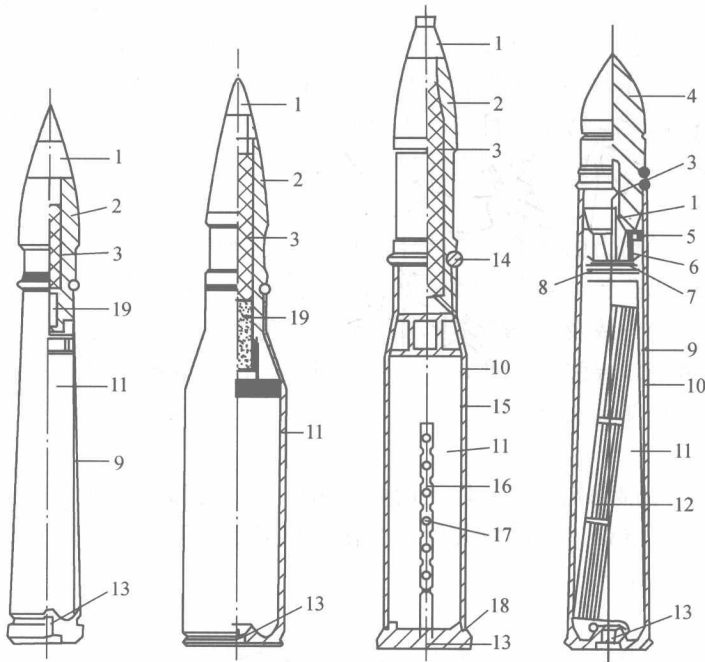


图 1.1 炮弹的组成

- 1—引信；2—弹体；3—炸药；4—弹头；5—紧塞盖；6—纸筒；7—纸垫；8—除铜剂；9—护膛剂；  
10—药筒；11—粒状发射药；12—管状发射药；13—底火；14—弹带；15—衬纸；  
16—传火管；17—传火药；18—底座；19—曳光管





## 1. 弹丸

弹丸通常由引信、弹体（壳体）和装填物等组成，用以杀伤有生力量和摧毁目标，或完成其他战斗任务。

### （1）引信

引信是利用目标信息和环境信息，在预定条件下引爆或引燃弹药战斗部装药的控制装置（系统），根据不同炮弹弹种和对付目标的需要选择不同的引信。

### （2）弹体

弹体是容纳弹丸装填物并连接炮弹各零部件的壳体，分为弹头部、圆柱部、弹尾部等，圆柱部的两端有定心部、弹带（导带）与闭气环。

弹头部是弹顶以下的弧形、台锥或两者结合的弹丸部分，为不同形状母线的回转体，母线形状有直线、圆弧、抛物线或这些曲线的组合型等。在超音速下弹头部受到波动阻力作用，适当增加弹头部长度，并使其尖锐，可减小波动阻力。

圆柱部是与弹头部相连接的圆柱形弹丸部分，通常为上定心部至弹带之间的位置，它的尺寸能影响膛内导引性能和弹丸的威力。

弹尾部是圆柱部以下的弹丸部分。通常由尾柱部和尾锥部结合组成，也称船尾部，弹尾部形状影响弹丸的底阻。为了与药筒牢固结合，一般定装式炮弹圆柱部上有车制的沟槽，以便弹丸与药筒牢固结合。

定心部分为上定心部和下定心部，它的作用是使弹丸在膛内正确定心，两个定心部表面可以承受膛壁反作用力。定心部与炮膛间有一很小间隙，以保证弹丸顺利装填和运动。下定心部一般都在弹带之前，保证弹丸装填时的弹带处于正确位置，并承受部分膛壁径向压力。

弹带是弹体上的金属或非金属的环形带。其作用是在弹丸发射时，嵌入膛线，赋予弹丸一定的转速，并密闭火药燃气。分装式炮弹在装填时，弹带还起定位作用。弹带材料应具有良好的强度和塑性，一般采用紫铜或镍铜。弹带的宽度是根据发射时强度要求而确定的，过宽的弹带会产生飞边，影响弹道性能，常采用两条较窄的弹带，或开环形沟槽。弹带的直径应大于火炮阴线的直径，其超出的尺寸称为弹带的强制量，强制量的大小应考虑到保证弹丸在膛内运动时，密闭火药燃气，避免火药燃气对炮膛的烧蚀，并防止弹带对弹体产生相对旋转，使弹丸出炮口有一定的转速。强制量也不能过大，否则会影响火炮的寿命和弹带处弹体的强度。

闭气环由尼龙或塑料等材料制成，装在弹带的后面，它的作用是补充弹带闭气作用的不足。闭气环的直径比弹带的直径大，这样在膛线起始部有磨损的情况下，仍能保证弹丸装填入膛的初始位置不变，使初速不致下降，延长火炮的寿命。某些尾翼弹也装有闭气环，它的作用是密闭高压火药燃气，以减小对炮膛的烧蚀及漏气带来的影响。闭气环应具有弹性，通常卡入弹体槽内，在弹丸出炮口后破碎，不会增大弹丸飞行阻力。



### （3）装填物

大部分炮弹的弹丸装填物是炸药。炸药的威力、猛度和装药结构应适合弹丸性能的要求，如杀伤爆破弹一般选梯恩梯或B炸药；破甲弹一般选用以黑索今为主体的混合炸药、钝化黑索今或奥克托今炸药，并采用聚能装药结构；穿甲弹和小口径高射炮弹一般选用钝黑铝炸药（钝化黑索今加铝粉）；碎甲弹选用黑索今为主体的塑性炸药；迫击炮弹选用硝铵炸药或梯恩梯炸药等。炸药的装填方法根据炸药的性质和弹壳的结构，可选择螺旋压装、注装、压装和热塑态装药法等。核、化学、生物炮弹的弹丸装填物则为核装药、化学毒剂和生物战剂。

### （4）其他零部件

除以上弹丸的基本组成部件，有些弹丸还有一些其他零部件和特殊结构。

**头螺：**当弹丸需要从弹头部抛出装填物（如霰弹、燃烧弹）以及破甲弹的聚能装药，常需使用头螺，头螺与弹体连接必须保证同轴性、密封性和结合强度。

**底螺：**是螺接的底缘。需要从底部抛出装填物（如照明弹、宣传弹）或需要从底部装填炸药（如穿甲弹、混凝土破坏弹）时，常需使用底螺。底螺与弹体必须结合牢固，密封可靠。为了可靠紧塞火药燃气，须在螺纹间隙中填满密封胶或油灰，并使用各种塑性金属（铜、铅）制成垫圈装在弹底和底螺之间。

**底凹：**是指弹丸底部有空腔的结构形式，采用底凹结构可使整个弹丸具有良好的空气动力外形并提高弹丸的飞行稳定性，增加射程。底凹结构有两种形式，一种是整体式，它与弹体为一整体，结构简单、强度好、与弹体同轴，但工艺性较差。一种是非整体式，底凹件与弹体尾部用螺纹连接，构成弹丸的船尾部，采用铝合金材料，使弹丸质心前移，提高弹丸的飞行稳定性，拆卸方便，必要时可改成底部排气弹。

**排气装置：**是提高弹底压力，减小弹丸底阻，增加射程的装置。一般由壳体、排气药柱、点火器组成。壳体构成弹丸的船尾部，其底部有排气孔，中间部分为燃烧室。排气药柱装在燃烧室内，一般用复合火药，做成多块扇形体，以增大起始燃烧面积，并用阻燃材料包覆药柱两端及外表面，使药柱呈减面燃烧。弹丸出炮口时，由于弹底压力迅速下降，排气药柱很容易熄灭，点火器的火焰则可继续点燃排气药柱，保证正常燃烧。

**风帽：**是装在弹丸前端用来改善弹形，减小空气阻力的零件。旋转稳定的弹丸采用风帽能提高其飞行稳定性。风帽用酸洗钢板或轻金属等制成，用滚压或螺纹与弹体连接。通常在次口径脱壳穿甲弹、钝头穿甲弹等弹种上使用。

**弹托：**是次口径弹在膛内承受火药燃气压力、支撑、带动、导引弹体在膛内正确运动的部件。弹托质量尽可能轻，以减少消极重量，并有足够的强度，在膛内保证支撑和正确导引弹丸运动，出炮口后，弹托应能与弹丸迅速分离，并对弹体不产生干扰。常用在脱壳穿甲弹、次口径远程弹等弹种上。

**爆管：**是内装炸药的管状部件，插入某些弹丸装填物（毒剂、黄磷等）中间，并借助爆管内炸药的爆炸能量，将弹体炸开，使其内装填物迅速弥散开来。爆管主要用于化学弹和烟幕弹。



爆管平时能密封装填物，为了防止爆管在弹丸发射时因离心力作用而产生振动和歪斜，要求爆管质量尽量轻、长度短，如需要长爆管时，则要做成与弹丸内腔等长，并将其下端固定在弹底中心。

**尾翼稳定装置：**是保证弹丸飞行稳定的装置，分固定式尾翼和张开式尾翼两种。固定式尾翼的翼展多为适口径，常用于亚音速的迫击炮弹和某些破甲弹。张开式尾翼的翼展大于火炮口径，用于超音速弹丸上，尾翼在膛内呈合拢状态。弹丸出炮口后，可利用不同的结构和力使尾翼张开，有气缸张开式尾翼、涡流张开式尾翼、火药气体直接作用的张开式尾翼。由于低速旋转有利于提高射弹密集度，故常在尾翼片上做成斜面，使弹丸飞行时微旋。

**杆形头部结构：**用杆形头部代替一般弹丸的锥形头部，其气动力的特点是减小头部法向力，且杆形头部的台阶端面提供稳定力矩，这样就比一般弹丸更有利于稳定。杆形头部破甲弹常用适口径筒式尾翼稳定。

## 2. 发射装药

发射装药由发射药、药筒、底火、辅助元件组成。

### (1) 发射药

发射药是具有一定形状和一定质量的火药，它放置在药筒中的一定位置上，发射时，火药被点燃，并迅速燃烧生成大量的高压火药气体，从而推动弹丸前进。发射药是发射弹丸的能量。

### (2) 药筒

药筒用来连接弹丸、底火和盛装发射药，保护发射药不受潮湿和损坏。发射时，筒体膨胀与火炮药室贴紧以密闭火药燃气，发射后由抽筒和抛筒机构将药筒从药室中抽出和抛掉。

### (3) 底火

底火受火炮机械的或电的作用发火，点燃发射药，产生膛压推动弹丸运动，由底火体、火帽、火帽座、发火砧、黑火药、压螺、闭气塞等元件组成，如图 1.2 所示。

### (4) 辅助元件

发射装药的辅助元件有消焰剂、除铜剂、护膛剂、点火药、传火药、紧塞盖和防潮盖等。

**消焰剂：**通常采用硫酸钾等物质，将其装在药包中置于发射药的上面，其作用是将可燃气体的浓度冲淡，使其与空气接触的机会减小，并提高其发火点，减少出炮口后产生二次燃烧而形成的炮口焰和炮尾焰。

**除铜剂：**采用低熔点的铅锡合金制成，用以清除弹丸在膛内运动时弹带在膛壁上形成的积铜。

**护膛剂：**常用钝感衬纸等减轻火药燃气对炮膛的烧蚀，用来保护炮膛，提高火炮寿命，一般

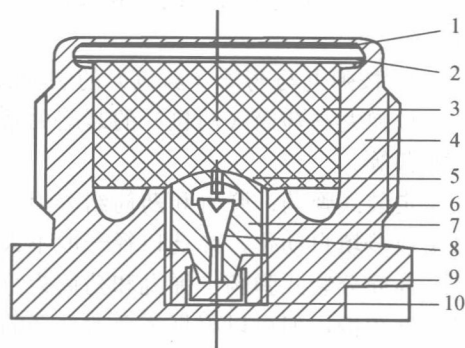


图 1.2 底火

- 1—盖片；2—垫片；3—黑火药；  
4—底火体；5—纸片；6—粒状黑火药；  
7—发火砧；8—锥形体；9—螺套；10—火帽



在初速较高的火炮上使用。

**点火药：**一般采用黑火药，放在底火上部，用以加强底火的火焰，保证瞬时点燃发射药。

**传火药：**通常采用黑火药装在有孔的传火管中，轴向置于装药的中间位置，或将传火药制成药包，置于发射药中间，以保证长药室火炮前后一致地点燃全部发射药。

**紧塞盖：**由硬纸制成，用以压紧发射药，使其在运输和操作中不致移动。变换发射药后仍需将紧塞盖装入药筒内并将发射药压紧，有利于发射药正常燃烧。

**防潮盖：**由硬纸板制成，用于药筒分装式炮弹中，从药筒口部压入，紧贴紧塞盖，并在防潮盖上涂密封油，用以保护发射药不受潮湿，须在装填火炮前取掉。

### 1.3.3 弹药的分类

目前，世界各国所装备和正在发展的各种弹药有数百种，为了便于研究、管理和使用，将它们进行必要的分类是很有意义的。弹药有多种分类方法，可从不同的角度分为不同的类别。

#### 1. 按用途分类

按用途分类可分为主用弹药、特种弹药、辅助弹药等。

**主用弹药：**用于直接毁伤各类目标的弹药，包括杀伤弹、爆破弹、杀伤爆破弹、穿甲弹、破甲弹、混凝土破坏弹、碎甲弹、子母弹和霰弹等。

**特种弹药：**用于完成某些特殊作战任务的弹药，如照明弹、燃烧弹、烟幕弹、信号弹、干扰弹、宣传弹、侦察弹和毁伤评估弹等。

**辅助弹药：**供靶场试验和部队训练等非作战使用的弹药，如训练弹、教练弹和试验弹等。

#### 2. 按弹丸与药筒（药包）的装配关系分类

按弹丸与药筒（药包）的装配关系分类可分为定装式弹药、药筒分装式弹药、药包分装式弹药等。

**定装式弹药：**弹丸和药筒结合为一个整体，射击时一起装入膛内，因此发射速度快，容易实现装填自动化，弹药口径一般不大于 105 mm。

**药筒分装式弹药：**弹丸和药筒为分体，发射时先装弹丸、再装药筒，两次装填，因此发射速度较慢，但可以根据需要改变药筒内发射药的量，弹药口径通常大于 122 mm。

**药包分装式弹药：**弹丸、药包和点火器分 3 次装填，没有药筒，而是靠炮闩来密闭火药气体，一般是在岸炮、舰炮上采用，弹药口径大，但射速较慢。

#### 3. 按发射的装填方式分类

按发射的装填方式分类可分为后装式弹药、前装式弹药等。



后装式弹药，弹药从尾部装入膛内，关闭炮门后发射；

前装式弹药，弹药从口部装入膛内发射。

#### 4. 按口径分类

弹药按口径划分如表 1-1 所示。

表 1-1 弹药按口径划分的类别

类 别	地面炮/mm	高射炮/mm	舰载炮/mm
小口径弹药	20~70	20~60	20~100
中口径弹药	70~155	60~100	100~200
大口径弹药	>155	>100	>200

#### 5. 按稳定方式分类

按稳定方式分类可分为旋转稳定式弹药、尾翼稳定式弹药等。

旋转稳定式弹药：依靠膛线或其他方式使弹丸高速旋转，按照陀螺稳定原理在飞行中保持稳定。

尾翼稳定式弹药：弹丸不旋转或低速旋转，依靠弹丸的尾翼使空气动力作用中心（压力中心）后移，一直移到弹丸质心之后的某一距离处，从而保持弹丸飞行稳定。迫击炮弹就是尾翼稳定的一个实例（如图 1.3）。

#### 6. 按弹丸与火炮口径的关系分类

按弹丸与火炮口径的关系分类可分为适于口径弹药、次口径弹药、超口径弹药等。

适于口径弹药：弹径与火炮口径相同的弹药。

次口径弹药：弹径小于火炮口径的弹药。

超口径弹药：弹径大于火炮口径的弹药。

#### 7. 按配属的军种分类

按配属的军种分类可分为炮兵弹药、海军弹药、空军弹药、轻武器弹药、爆破器材等。

炮兵弹药：配备于炮兵的弹药，主要包括地面火炮系统的炮弹、迫击炮弹、火箭弹、导弹等。

海军弹药：配备于海军的弹药，主要包括舰载炮炮弹、岸基炮炮弹、舰射或潜射导弹、鱼雷、水雷、深水炸弹等。

空军弹药：配备于空军的弹药，主要包括航空炸弹、航空机关炮弹、航空机关枪弹、航空导弹、航空火箭弹、航空鱼雷、航空水雷等。

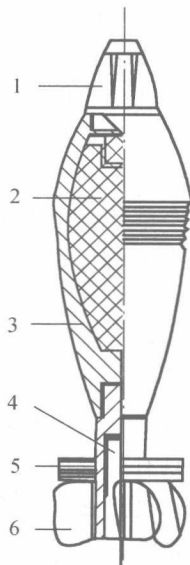


图 1.3 迫击炮弹

1—引信；2—炸药；3—弹体；  
4—基本药管；5—附加装药；6—尾翼



轻武器弹药：配备于单兵或班组的弹药，主要包括各种枪弹、手榴弹、肩射火箭弹以及其他便携型武器弹药等。

爆破器材：主要包括地雷、炸药包、扫雷弹药、点火器材等。

#### 8. 按投射方式分类

按投射方式分类，弹药可分为射击式弹药、自推式弹药、投掷式弹药和布设式弹药4种。

##### (1) 射击式弹药

各类枪炮身管武器以火药燃气压力从膛管内发射的弹药，包括炮弹、枪弹等。榴弹发射器配用的弹药也属于射击式弹药。炮弹、枪弹具有初速大、射击精度高、经济性好等特点，是战场上应用最广泛的弹药，适用于各军兵种。

炮弹是指口径在20 mm以上，利用火炮将其发射出去，完成杀伤、爆破、侵彻或其他战术目的的弹药。炮弹是武器系统的一个重要组成部分，它直接对目标发挥作用，最终体现着火炮的威力。炮弹主要用于压制敌人火力，杀伤有生力量，摧毁工事，毁伤坦克、飞机、舰艇和其他技术装备。

枪弹是从枪膛内发射的弹药。主要对付人员及薄装甲目标，结构与定装式炮弹类似。普通枪弹弹头多是实心的。穿甲燃烧弹弹头除有穿甲钢心外，还装填少量燃烧剂，借助高速撞击压缩而引燃。20世纪60年代开始发展无壳弹，它的发射药压成药柱形状，再与底火、弹头黏成一个整体。由于去掉了金属弹壳，弹长变短，可提高射速和点射精度，并减轻了弹药重量，提高了单兵携弹量，射击后无须退壳，有利于武器性能的提高。

##### (2) 自推式弹药

本身带有推进系统的弹药，包括火箭弹、导弹、鱼雷等。这类弹药靠自身发动机推进，以一定初始射角从发射装置射出后，不断加速至一定速度后才进入惯性自由飞行阶段。由于发射时过载低、发射装置对弹药的限制因素少，所以自推式弹药具有各种结构形式，易于实现制导，具有广泛的战略战术用途。

火箭弹是指非制导的火箭弹药，利用火箭发动机从喷管中喷出的高速燃气流产生推力。发射装置轻便，可多发联射，火力猛，突袭性强，但射击精度较低，适用于压制兵器对付地面目标。轻型火箭弹可用便携式发射筒发射，射程近，机动灵活，易于隐蔽，特别适用于步兵反坦克作战。

导弹是依靠自身动力装置推进，由制导系统导引、控制其飞行路线并导向目标的武器。制导系统不断地修正弹道与控制飞行姿态，导引射弹稳定、准确地飞向目标区。小型战术导弹通常采用破甲、杀伤或爆破战斗部，多用来攻击坦克、飞机、舰艇等快速机动目标。装核弹头的大中型中远程导弹，主要打击固定的战略目标，起威慑作用。

鱼雷是能在水中自航、自控和自导的用以爆炸毁伤目标的水中武器，以较低的速度从发射管射入水中，用热动力或电力驱动鱼雷尾部的螺旋桨或通过喷气发动机的作用在水中航行。战斗部装填大量高能量炸药，主要用于袭击水面舰艇、潜艇和其他水中目标。



### (3) 投掷式弹药

投掷式弹药包括航空炸弹、深水炸弹、手榴弹和枪榴弹等。

航空炸弹是从飞机和其他航空器上投放的弹药。主要用于空袭，轰炸机场、桥梁、交通枢纽、武器库及其他重点目标，或对付集群地面目标。常以全弹的名义质量（kg 或 lb）标示大小，又称圆径，圆径变化范围广（从小于 1 kg 至上万千克）。航空炸弹弹体上有供飞机内外悬挂的吊耳。尾翼起飞行稳定作用。某些炸弹的头部还装有固定的或可卸的弹道环，以消除跨音速飞行易发生的失稳现象。外挂式炸弹具有流线型低阻空气动力外形，便于减小载机阻力。超低空水平投放的炸弹，在炸弹尾部还加装有金属或织物制成的伞状装置，投弹后适时张开，起增阻减速，增大落角和防止跳弹的作用，同时使载机能充分飞离炸点，确保安全。航空炸弹具有类型齐全的各类战斗部，其中爆破、燃烧、杀伤战斗部应用最为广泛。

深水炸弹是从水面舰艇或飞机发（投）射，在水中一定深度爆炸，攻击潜艇的弹药，也可攻击其他水中目标。

手榴弹是用手投掷的弹药。杀伤手榴弹的金属壳体常刻有槽纹，内装炸药，配用 3~5 s 定时延期引信，投掷距离可达 30~50 m，弹体破片能杀伤 5~15 m 范围内的有生力量和毁伤轻型技术装备。手榴弹还有发烟、照明、燃烧、反坦克等类型。

枪榴弹是借助枪射击普通子弹或空包弹从枪口部投掷出的超口径弹药，由超口径战斗部及外安尾翼片、内装弹头吸收器（收集器）的尾管构成。发射时，将尾管套于枪口部特制的发射器上，利用射击空包弹的膛口压力或实弹产生的膛口压力及子弹头的动能实现对枪榴弹的发射。枪榴弹战斗部直径为 35~75 mm，质量一般在 0.15~1 kg，射程可达 200~400 m，采用火箭增程可达 700 m。具有破甲、杀伤、燃烧、照明、发烟等多种战斗部，是一种用途广泛的近战、巷战单兵弹药。

### (4) 布设式弹药

用空投、炮射、火箭撒布或人工布设（埋）方式设于预定地区的弹药，如地雷、水雷及一些干扰、侦察、监视弹等。待目标通过时，引信感觉目标信息或经遥控起爆，阻碍并毁伤步兵、坦克和水面、水下舰艇等。具有干扰、侦察、监视等作用的布设式弹药，可适时完成一些特定的任务。有的在布设之后，可待机发射子弹药，对付预期目标。

地雷是撒布或浅埋于地表待机作用的弹药。反坦克地雷内装集团或条型装药，能炸坏坦克履带及负重轮；内装聚能装药的反坦克地雷，能击穿坦克底甲、侧甲或顶甲，还可杀伤乘员及炸毁履带。防步兵地雷还可装简易反跳装置，跳离地面 0.5~2 m 高度后空炸，增大杀伤效果。

水雷是布设于水中待机作用的弹药。有自由漂浮于水面的漂雷、沉底水雷以及借助雷索悬浮在一定深度的锚雷，其上安装触发引信或近炸引信。近炸引信可感受舰艇通过时一定强度的磁场、音响及水压场等而作用；某些水雷中还装有定次器和延时器，达到预期的目标通过次数或通过时间才爆发，起到迷惑敌人，干扰扫雷的作用。



### 9. 按装填物（剂）的类别分类

按装填物（剂）的类别，弹药可分为常规弹药、核弹药、化学弹药、生物弹药等。以上所讲的都是常规弹药，核弹药、化学弹药、生物弹药不仅具有大面积杀伤破坏能力，同时污染环境，属于大规模杀伤弹药。

生物弹药是装有生物战剂的弹药。生物战剂为传染性致病微生物或其提取物，包括病毒、细菌、立克次氏体、真菌、原虫等，能在人员、动植物机体内繁殖，并引起大规模感染致病或死亡。它可制成液态或干粉制剂，装填在炮弹、炸弹、火箭弹的战斗部中，通过爆炸或机械方式抛撒于空中或地面上，形成生物气溶胶，污染目标或通过媒介物（如昆虫）感染目标。

化学弹药是装有化学战剂的弹药。化学战剂为各种毒性的化学物质，可装填在炮弹、地雷、航空炸弹和火箭弹的战斗部中，通过爆炸将其撒布于空中、地面，使人员中毒，器材、粮食、水源、土地等受到污染。

核弹药是指原子弹利用核裂变链式反应，氢弹利用热核聚变反应，放出核内能量产生爆炸作用的弹药。威力极高，用梯恩梯当量标示大小。氢弹威力可高达数千万吨梯恩梯当量。爆炸后产生冲击波、地震波、光辐射、贯穿辐射、放射性污染、电磁脉冲等，对大范围内的建筑、人员、装备、器材等多目标具有直接和间接的毁伤作用。核装药主要装填在航空炸弹及导弹战斗部中，用于对付战略目标。原子弹已日益小型化，20世纪70年代后，美军已制成了核炮弹、核地雷装备部队，中子弹是热核弹药的特殊类型，爆炸后的冲击波及光辐射效应较小，但产生大剂量贯穿辐射极强的高速中子流，可在目标（坦克、掩蔽部等）不发生机械损毁的情况下，杀伤其内部人员。

## 1.4 弹药的作用

弹药对目标的毁伤一般是通过其在弹道终点处与目标发生的碰击、爆炸作用将自身的动能或爆炸能或其产生的作用元（破片、射流等）对目标进行机械的、化学的、热力效应的破坏，使之暂时或永久地局部或全部丧失其正常功能，丧失作战能力。影响目标毁伤程度的主要因素是目标自身的易损性和弹药的威力——使目标失去战斗功能的能力。

### 1.4.1 破片杀伤作用

破片杀伤作用是指弹药爆炸时形成的破片对目标的毁伤效应，表征杀伤弹药的威力。杀伤作用的大小取决于破片的分布规律、目标性质和射击（或投放、抛射）条件。破片的分布规律包括：弹药爆炸时所形成破片的质量分布（不同质量范围内的破片数量）、速度分布（沿弹药轴线不同位置处破片的初速）、破片形状及破片的空间分布（在不同空间位置上的破片密度）。而这些特性则取决于弹体材料的性质、弹药结构、炸药性能以及炸药装填系数等参量。





为了在不同作战条件下对不同目标（人员、军械等）起到毁伤作用，需要不同质量、不同速度的破片和不同的破片分布密度。对于暴露的有生力量，各个国家制定有不同的杀伤标准。

射击条件包括射击的方法（着发射击、跳弹射击和空炸射击）、弹着点的土壤硬度、引信装定和引信性能。当引信装定为瞬发状态进行着发射击时，弹药撞击目标后立即爆炸。此时破片的毁伤面积是由落角（弹道切线与落点的水平面的夹角）、落速、土壤硬度和引信性能决定的。落角小时，部分破片进入土壤或向上飞而影响杀伤作用。随落角的增大，杀伤作用提高。引信作用时间越短，杀伤作用越大。弹药侵入地内越深，则杀伤作用下降越快。当进行跳弹射击（通常落角小于  $20^\circ$ ，引信装定为延期状态）时，弹药碰击目标后跳飞至目标上空爆炸。跳弹射击和空炸射击时的空炸高度适合时，杀伤作用有明显提高。

### 1.4.2 弹药爆破作用

装填猛炸药的弹丸或战斗部爆炸时，形成的爆轰产物和冲击波（或应力波）对目标具有破坏作用。其破坏机制主要为：

#### 1. 爆轰产物的直接破坏作用

弹丸爆炸时，形成高温高压气体，以极高的速度向四周膨胀，强烈作用于周围邻近的目标上，使之破坏或燃烧。由于作用于目标上的压力随距离的增大而下降很快，因此它对目标的破坏区域很小，只有与目标接触爆炸才能充分发挥作用。

#### 2. 冲击波的破坏作用

弹丸、战斗部或爆炸装置在空气、水等介质中爆炸时，所形成的强压缩波对目标的破坏作用。冲击波是一种状态参数有突跃的强扰动传播。它是由爆炸时高温高压的爆轰产物，以极高的速度向周围膨胀飞散，强烈压缩邻层介质，使其密度、压力和温度突跃升高并高速传播而形成的。

冲击波波阵面（扰动区与未扰动区的界面）上具有很高的压力，通常以超过环境大气压的压力值表征，称为超压。波阵面后的介质质点也以较高的速度运动，形成冲击压力（称为动压）。当冲击波在一定距离内遇到目标时，将以很高的压力（超压与动压之和）或冲量作用于目标上，使其遭到破坏。其破坏作用与爆炸装药、目标特性、目标与爆心的距离和目标对冲击波的反射等有关。通常大集团装药（装药量超过 300 kg）爆炸的破坏作用以冲击波的最大压力（或称静压）表征；而常规弹药小药量爆炸，由于正压作用时间大大小于目标自振周期，属于冲击载荷，故常用冲量或比冲量表征。破坏不同的目标，需要的超压或冲量也不同。一般对各种建筑物或技术装备，常以破坏半径来衡量冲击波的破坏作用；而对有生目标则以致命杀伤半径表征冲击波的作用范围。目标离爆心近时，破坏作用虽强烈，但受作用的面积小，多为局部性破坏；反之，波阵面压力虽衰减了，但受作用面积大、波的正压作用时间长，易引起大面积、总体性的破坏。