

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

中外兵器博览

 **E-BOOK**
内参资料 非商业

编者的话

在原始社会晚期即新石器时代晚期的战争中，带有锋刃的生产工具分化出专用于作战的兵器，由此产生了人类最早的兵器。由于社会生产力的发展和战争的需要，兵器不断发展变化，到了青铜时代和铁器时代，以青铜和钢铁为主的冷兵器的发展日趋成熟。火药发明以后，火器逐渐发展起来，在一个漫长的时期与冷兵器并用。随着科学技术的日益发展，现代兵器更趋先进。纵观历史，人类社会的发展离不开兵器，兵器的发展几乎与人类社会的发展同步运行。

毋庸置疑，兵器的发展是人类科学文明的成果。近年来，许多读者对古今中外各种常用兵器的发展和其他有关知识表示出一定的兴趣。本书根据《中国大百科全书·军事》卷的有关资料加以汇编，由国内著名专家对古今中外各种兵器，包括枪械、火炮、坦克、装甲车辆、舰艇、水中武器、军用飞机、军用航天器、军用雷达、弹药、火箭，导弹、核武器，化学武器、生物武器的基本知识以及它的发展趋势作了系统的介绍。书后附有中国古代多种兵器的简介。本书是介绍古今中外兵器的知识性读物，内容丰富，图文并茂，相信本书的出版，不仅能帮助青年、学生及具有中等文化水平的一般读者增长知识，也可供部队干部、战士作参考。

编者

1994年3月

内容提要

本书根据《中国大百科全书·军事》卷的有关资料汇编而成，系统介绍世界各种兵器，内容包括枪械、火炮、坦克、装甲车辆、舰艇、水中武器、军用飞机、军用航天器、军用雷达、火箭、导弹、核武器、化学武器、生物武器等的构造、性能、简史、现状与发展趋势等。书后并附有中国古代兵器的简介。

本书是介绍古今中外兵器的知识性读物，内容丰富，资料翔实，既可供部队干部、战士参考，也可供青年、学主及具有中等文化水平的读者阅读。

中外兵器博览

一、枪械

【枪械】

枪械一般指利用火药燃气能量发射弹头,口径小于20毫米的身管射击武器。主要用于发射枪弹,打击暴露的有生目标和薄壁装甲目标。它是步兵的主要武器,也广泛装备于各军种、兵种,并应用于治安、狩猎和体育竞赛方面。枪械通常可分为子枪、步枪、冲锋枪、机枪、滑膛枪和特种枪等。按自动化程度,枪械有全自动、半自动和非自动三种。全自动枪械可利用火药燃气能量或其他附加能源,实现自动装填与连发;半自动枪械能实现自动装填,但不能连发;而非自动枪械仅能单发,重新装填与再次击发都由人工完成。各国现装备的军用枪械多为全自动或半自动枪械,均能实现自动装填,属于自动武器。常见的民用枪械有猎枪和运动枪,多为非自动或半自动枪械。

性能诸元

枪械的战术技术性能,通常根据弹道参数、有效射程、战斗射速、尺寸和重量等诸元来评价。弹道参数包括口径、弹头重和初速。由弹头重和初速决定的弹头枪口功能,是枪械威力的主要标志之一。枪械的口径一般可分为三种,通常称6毫米以下的为小口径,12毫米以上的为大口径,介于二者之间的为普通口径。有效射程是枪械对常见目标射击时能获得可靠效果的最大距离,反映枪械的远射性。战斗射速是枪械在实战条件下每分钟射弹的平均数,反映枪械的速射性,尺寸和重量反映枪械的机动性。

结构和工作原理

现代自动枪械一般由枪管、机匣、瞄准装置、自动机各机构,发时机构、保险机构和枪架(或握把、枪托)等部分组成,有些枪械还有刺刀、枪口装置等辅助部件。自动机各机构用于实现连续射击,包括闭锁、复进、供弹、击发和退壳机构等。枪械各组成部分的作用是:枪管用来赋予弹头初速、射角和射向。机匣是安装和连接全枪各部分的基础部件。闭锁机构的主要部分是枪机组件,用于在发射瞬间从枪管尾部抵住弹壳,封闭枪膛。枪机组件是射击时带动自动机各机构工作的主动件,常称为活动机件。有些枪械的活动机件还包括枪管等其他部件。复进机构利用复进簧储存部分火药燃气能量,使活动机件在后坐到位后转为复进。供弹机构用于把装弹具中的枪弹依次输送到进弹位置,再送进弹膛。装弹具通常有弹仓与弹链两种类型。

击发、发射及保险机构的主要部分通常连成一体。击发机构用击针打击底火,进行发射;发射机构用于控制击发机构,实施待击、发射或变换射击方式(单发、连发或点射);保险机构用于保证使用安全。退壳机构用于将弹壳或枪弹从弹膛内抽出,并抛到枪外。瞄准装置用于确定枪身的射角和射向,使射弹命中目标。枪架(或握把、枪托)用于支持枪身,以便于操持、瞄准和实施射击。

全自动枪械在连发时,手扣扳机,击针打燃枪弹底火,在膛内火药燃气的作用下射击弹头,并推动活动机件后坐,依次完成开锁、抽壳、抛壳、输

弹、待击等动作，同时压缩复进簧；活动机件后坐到位后，在复进簧力的推动下复进，完成进弹、闭锁、击发等动作，接着又开始下一个射击循环。半自动枪械射出一发弹后，接着自动进行退壳、装弹和闭锁，但击发机构受控于待击状态，不能自动再发，须放松扳机并重新扣引，才能实现再次发射。非自动枪械，没有自动开锁装置和复进机构，退壳与装填都是由手动完成的，只能单发。

自动机各机构工作的能量一般来源于膛内火药燃气。

根据能量传递方式，经常采用的自动原理有三种：枪管短后坐式利用枪管和枪机后坐的能量，完成自动循环动作。发射后枪管和枪机共同后坐一段距离，在此过程中枪机开锁。由于开锁后的枪机后坐能量往往不足（手枪除外），一般都设有加速机构，将枪管的部分能量传递给枪机，以保证自动机各机构可靠地工作。常用的加速机构有凸轮式和仿形式。一种是加速凸轮轴固定在机匣上的凸轮加速机构：一种是通过加速滚柱沿机匣上的定型槽回转传动，使枪机开锁并加速的仿形加速机构。

枪机后坐式利用弹壳底部传递火药燃气能量，推动枪机后坐，完成自动循环动作。按枪机结构，分为自由枪机式和半自由枪机式。前者的枪机结构简单，发射时依靠大质量枪机的惯性，延迟打开枪膛，多发威力较小的柱形弹壳手枪弹。后者在枪机后坐时受到自身结构的约束，延迟打开枪膛的时机，可发射威力较大的步枪弹。

导气式通过导出膛内火药燃气，驱动活动机件，完成自动循环动作。一般枪管上都带有导气孔和导气装置。导气装置通常有导气室式和导气管式。前者利用火药燃气作用于活塞驱动枪机框，使活动机件后坐；后者则利用火药燃气经由导气管直接作用于枪机框的端面，使活动机件后坐。

早期的枪

据史料记载，宋理宗开庆元年（1259），中国就制成了以黑火药发射子窠的竹管突火枪，这是世界上最早的管形射击火器。随后，又发明了金属管形射击火器——火铳，到明代已在军队中大量装备。

14世纪欧洲有了从枪管后端火门点火发射的火门枪。15世纪欧洲的火绳枪，从枪口装入黑火药和铅丸，转动一个杠杆，将用硝酸钾浸过的阴燃着的火绳头移近火孔，即可点燃火药发射。由于火绳雨天容易熄灭，夜间容易暴露，这种枪在16世纪后逐渐被燧石枪所代替。最初的燧石枪是轮式燧石枪，用转轮同压在它上面的燧石摩擦发火。以后又出现了几种利用燧石与铁砧或药池盖撞击迸发火星，点燃火药的撞击式燧石枪。燧石枪曾在军队中使用了约300年。

近代步枪的产生

早期的枪械都是前装滑膛枪。15世纪已经知道在枪膛内刻上直线形膛线，可以更方便地从枪口装入铅丸。16世纪以后，将直线形膛线改为螺旋形，发射时能使长形铅丸作旋转运动，出膛后飞行稳定，提高了射击精度，增大了射程。但由于这种线膛枪前装很费时间，因而直到后装枪真正得到发展以后，螺旋形膛线才被广泛采用。

19世纪初发明了含雷汞击发药的火帽。把火帽套在带火孔的击砧上，打击火帽即可引燃膛内火药，这就是击发式枪机。具有击发式枪机的枪称为击发枪。

1812年，在法国出现了定装式枪弹。它是将弹头、发射药和纸弹壳（装有带底火的金属基底）连成一体，大大简化了从枪管尾部装填枪弹的操作。19世纪30~40年代德国研制成功的德莱赛步枪，装备了普鲁士军队。这是最早的机柄式步枪，它用击针打击点火药，点燃火药，发射弹头，称为击针枪。它明显地提高了射速，并能以任何姿势（卧、跪或行进中）重新装弹。19世纪50~60年代，出现了用黄铜制造的整体金属弹壳，代替了纸弹壳，发射时可以更好地密闭火药燃气，从而提高了初速。

德国装备的1871年式毛瑟步枪，是首先成功地采用金属弹壳枪弹的机柄式步枪。这种枪的口径为11毫米，有螺旋膛线，发射定装式枪弹，由射手操纵枪机机柄，实现开锁、退壳、装弹和闭锁。1884年毛瑟步枪改进后，在枪管下方枪托里装上可容8发枪弹的管形弹仓，将弹仓装满后，可多次发射。1886年无烟火药首先在法国用作枪弹发射药后，由于火药性能提高，残渣减少，以及金属深孔加工技术的进步，步枪的口径大都减小到8毫米以下（一般为6.5~8毫米），弹头初速也进一步得到提高。

枪械的自动化为了提高枪械的射速，增强火力密度，中国清康熙年间，火器制造家戴梓发明了一种连珠火铳。它的弹仓中贮火药铅丸28发，可扣动扳机进行装弹与发射。19世纪中叶前，欧美一些国家常将许多支枪平行或环形排列，进行齐射或连射。1862年，美国人R.J.加特林发明的手摇式机枪，用六支口径14.7毫米的枪管，安放在枪架上。射手转动曲柄，六支枪管依次发射。这种枪曾在美国内战中（1861~1865）起了很大作用。

枪械发展史上常把英籍美国人H.S.马克沁发明的机枪，作为第一种成功地以火药燃气为能源的自动武器。这种枪采用的枪管短后坐自动原理，于1883年试验成功，1884年应用这种原理的机枪取得了专利。它以膛内火药燃气作动力，采用曲柄连杆式闭锁机构，布料弹链供弹，水冷枪管，能长时间连续射击，理论射速可达每分钟600发，枪重27.2千克，一些国家引进并装备了部队。1902年在丹麦出现了麦德森机枪，它带有两脚架，采用气冷枪管，外形似步枪，枪重9.98千克。人们为了便于区分，称前者为重机枪，称后者为轻机枪。第一次世界大战的实战证明，机枪对集团有生目标有很大的杀伤作用，是步兵分队有力的支援武器。1915年，意大利人B.A.列维里采用半自由枪机式自动原理，设计了一种发射9毫米手枪弹的维拉·派洛沙双管自动枪，但由于威力较小、携行较重，单兵使用不便，未得到发展。西班牙内战（1936~1939）时期，交战双方使用了德国MP18式等多种发射手枪弹的手提式机枪，这些枪短小轻便，弹匣容弹量较大，在冲锋、反冲锋、巷战和丛林战等近距离战斗中火力猛烈，被称为冲锋枪。第二次世界大战中，又陆续出现了许多不同类型的冲锋枪。

第一次世界大战中，出现了军用飞机、坦克，接着就出现了航空机枪和坦克机枪；为了射击低空目标和薄壁装甲目标，又出现了威力较大的大口径机枪。

枪械的通用化随着战争规模的扩大和作战方式的变化，武器弹药种类繁多，使后勤补给日趋复杂。许多国家枪械的改革，都首先致力于弹药的通用化。第二次世界大战中，出现了弹重和尺寸介于手枪弹和步枪弹之间的中间

型枪弹。德国研制了 7.92 毫米短弹，用于 MP43 冲锋枪；前苏联也研制了口径为 7.62 毫米的 43 式枪弹，战后按此枪弹设计了 CKC 半自动卡宾枪、AK47 自动枪和 P 轻机枪，首先解决了班用枪械弹药统一的问题。1953 年 12 月，北大西洋条约组织选用了美国 7.62 毫米 T65 枪弹作为标准弹。与此同时，为了减少枪种，许多国家都寻求设计一种能同时在装备中取代自动步枪、冲锋枪、卡宾枪，有效射程 400 米左右，火力突击性较强的步枪。这种步枪后来称为突击步枪。德国的 StG44 突击步枪和前苏联的 AK47 自动枪，都体现了这种设计思想。

直到第二次世界大战末，重机枪仍是步兵作战的主要支援武器，但它过于笨重，行动很不方便。各国在研制重机枪时，都设法在保持其应有威力的前提下，尽量减轻重量，这样就出现了通用机枪。这种机枪首先出现在德国。20 世纪 30~40 年代，德国先后设计出 MG34 和 MG42 机枪，支开两脚架可作轻机枪用，装在三脚架上也可作重机枪用，既轻便又可两用。第二次世界大战后，各国设计的通用机枪，枪身和枪架全重一般在 20 千克左右。枪身可轻重两用，枪架一般可高平两用，并能改装在坦克、步兵战车、直升机或舰艇上使用。其中有代表性的是前苏联的 M/ MC 通用机枪和美国的 M60 通用机枪。

枪械的小口径化和枪族化经过对实战中步枪开火距离的大量统计研究，同时考虑到在战争中将大量使用步兵战车，人们认识到步枪的有效射程可缩短到 400 米以内。这样就可以适当降低枪弹威力，提高连发精度和机动性，增加携弹量，提高步兵持续作战能力。1958 年美军首先开始试验发射 5.56 毫米雷明顿枪弹的小口径自动步枪 AR15，1963 年定名为 M16 步枪，并列装部队，首开了枪械小口径化的历程。M16 枪重 3.1 千克，有效射程 400 米，由于弹头命中目标后能产生翻滚，在有效射程内的杀伤威力较大。这种枪的改进型 M16A1 和 M16A2 步枪，均为美军制武器装备。继美国之后，许多国家也都研制了发射小口径枪弹的步枪。前苏联于 1974 年定型了口径为 5.45 毫米的 AK74 自动枪和 PIK74 轻机枪。1980 年 10 月，北大西洋条约组织选定 5.56 毫米作为枪械的第二标准口径。

为了减少枪种，便于生产、维修、训练和补给前苏联于 60 年代在 AK47 自动枪的基础上设计出卡拉什尼科夫班用枪族，其中的 ARM 自动枪和 PnK 轻机枪采用同一种 43 式枪弹，多数部件可互换使用。前苏联还同时发展了使用 7.62 毫米 1908 式枪弹的 nR 机枪枪族。原联邦德国发展了 5.56 毫米 HK33 枪族。其他许多国家也发展了各种枪族。

此外，由于步兵反装甲目标的实战需要，枪榴弹和步枪配用的榴弹发射器也发展较快。1969 年美军装备了 M203 榴弹发射器，将它安装在 M16A1 自动步枪的枪管下方，可发射 40 毫米榴弹，使步枪成了一种点面杀伤和破甲一体化的武器。原联邦德国于 1969 年开始研制 4.7 毫米 G11 无壳弹步枪，这种枪采用无壳枪弹，使用高燃点发射药，掺进少量可燃加强材料（如各种纤维素）和粘合剂制成药柱，把弹丸和底火嵌在药柱中。枪身采用了密封机匣，机匣枪托合一结构，大容量弹匣、高速点射控制机构等新的技术措施。

发展趋势

随着科学技术的发展，许多国家都在寻求研制新型枪械的途径，主要是

探索新的工作原理和新型结构的枪弹，并力图应用轻金属材料和非金属材料。减少弹枪系统的尺寸和重量，提高火力密度，增强杀伤威力等。研制适于乘车战斗的步枪和机枪；加强步兵反坦克、反空降能力，实现步枪点面手伤和破甲一体化，提高枪械全天候作战使用的能力。有些国家还在探索非火药能源（高压电能、声能或激光等）的枪械。

手枪

手枪指单手发射的短枪。它是近战和自卫用的小型武器，短小轻便，能突然开火，在 50 米内具有良好的杀伤效力。手枪按用途可分为自卫手枪、战斗手枪和特种手枪；按构造可分为转轮手枪和自动手枪。转轮手枪的转轮上通常有 5~6 个既作弹仓又作弹膛的弹巢。枪弹装于巢中，旋转转轮，枪弹可逐发对正枪管。常见的转轮手枪，装弹时转轮从左侧摆出，故又称左轮手枪。转轮手枪的发射机构有两种类型：一种是单动机构，先用手向后压倒击锤待击，同时带动转轮旋转到位，然后扣压扳机完成单动击发；另一种是双动机构，可一次扣压扳机自行联动完成待击和击发两步动作，也可进行单动击发。其中以双动机构应用最为普遍。

自动手枪的自动方式，大多为枪机后坐式或枪管短后坐式。采用弹匣供弹，弹匣通常装在握把内，容弹量多为 6~12 发，有的可达 20 发。一般均有空匣挂机装置，采用单动或双动击发机构。多数自动手枪为可自动装填的单发手枪，战斗射速约 24~40 发/分。

一般转轮手枪和自动手枪主要用于自卫，称为自卫手枪；少数大威力手枪和冲锋手枪，火力较强，有效射程较远，称为战斗手枪。冲锋手枪可单发，也可连发，必要时能附加枪盒或枪托抵肩射击，战斗射速可高达 110 发/分以上。

特种手枪包括微声手枪和各种隐形手枪等，用于执行特殊任务。

中国元明时期（13~17 世纪）的军队已装备了手持火铳。欧洲原始的手枪出现在 14 世纪，它是一种单手发射的手持火门枪，15 世纪发展为火绳手枪。随后被燧石手枪所取代。19 世纪初出现击发手枪后，曾有一种称为“胡椒盒”的多枪管旋转手枪问世。1835 年美国人 S. 科尔特改进的转轮手枪，取得了英国专利，这支枪被认为是第一支真正成功并得到广泛应用的转轮手枪。1855 年后，转轮手枪采用了双动击发发射机构，并逐渐改用定装式枪弹。自动手枪出现于 19 世纪末期，1892 年奥地利首先研制出 8 毫米舍恩伯格手枪，1893 年德国制造的 7.65 毫米博查特手枪问世，1896 年德国开始制造 7.63 毫米毛瑟手枪。在这以后的十余年间，自动手枪发展迅速，出现了许多型号。由于它比转轮手枪初速大、装弹快、容弹量多、射速高，因而自 20 世纪初以来，各国大多采用了自动手枪。由于转轮手枪对瞎火弹的处理十分简便，故在一些国家仍有使用。

步枪

步枪指单兵肩射的长管枪械。主要用于发射枪弹，杀伤暴露的有生目标，有效射程一般为 400 米；也可用刺刀、枪托格斗；有的还可发射枪榴弹，具有点面手伤和反装甲能力。

步枪按自动化程度分为非自动、半自动和全自动三种，现代步枪多为自动步枪。按用途分，除普通步枪外，还有骑枪（卡宾枪）、突击步枪和狙击步枪。狙击步枪是一种特制的高精度步枪，一般仅能单发，多数配有光学瞄准镜，有的还带有两脚架，装备狙击手，用于杀伤 600~800 米以内重要的单个有生目标。

多数现代自动步枪的自动方式为导气式，闭锁方式为枪机回转式，能单、连发，闭膛待击，击锤回转击发，一般采用弹匣供弹，容弹量 20~30 发，后部带有枪托，枪口部能装刺刀或其他枪口装置，全枪重量 3~4 千克，全长 1 米左右。由于枪管在持续射击时，易产生热膨胀使射击精度下降，且受弹匣容量的限制，火力持续性较差。

自 13 世纪出现射击火器后，大约经过 600 年的发展过程，非自动步枪在结构与性能等方面均已比较完善。19 世纪末期，一些国家开始从事自动步枪的研制。1908 年墨西哥首先装备了蒙德拉贡设计的 6.5 毫米半自动步枪。第一次世界大战后，许多国家的自动步枪逐渐得到发展。但由于枪弹威力大，后坐太猛，精度很差，全自动步枪并没有得到推广。当时研制的仍多为半自动步枪，如美国 M1 加兰德半自动步枪。

第二次世界大战后期，出现了中间型枪弹，减小了弹头重量和初速，降低了武器的后坐冲量，从而研制成了射速较高、射击较稳定、枪身较短和重量较轻的全自动步枪，这种步枪亦称为突击步枪。此后全自动步枪在一些国家得到了发展，如德国的 StG44 突击步枪、前苏联的 AK47 自动枪等。战后，为了统一弹药，简化弹种和枪种，有些国家以步枪为基础，发展了基本结构相同，多数零部件可以互换，使用同种枪弹的班用枪族。如前苏联的 AHM 自动枪和 P 班用轻机枪枪族，同时取代了结构不同的 AK47 自动枪、CKC 半自动步枪和 P 班用轻机枪三种武器。

1958 年美国开始试验 5.56 毫米自动步枪，首开了步枪小口径化的进程。这种枪 1963 年定名为 M16 自动步枪，口径小，初速高，在有效射程内的弹头的杀伤威力有明显的提高；并且减小了后坐冲量，提高了连发精度；由于弹枪系统重要较轻，可以增加携弹量，提高士兵的持续作战能力。此后，许多国家都相继发展了小口径步枪。1974 年前苏联也定型了 5.45 毫米 AK74 自动枪。在欧洲一些国家还装备了一种枪托与机匣合一的步枪。这种枪握把在弹匣前方，可保持足够的枪管长度，明显缩短枪长。如法国的玛斯步枪，奥地利的施泰尔通用枪和英国的 SA80 步枪已经列装。原联邦德国研制的这种步枪则是带有高速点射控制机构的 4.7 毫米 G11 无壳弹步枪，并于 80 年代初开始在部队试用。

冲锋枪

冲锋枪通常指双手握持发射手枪弹的单兵连发枪械。是一种介于手枪和机枪之间的武器，比步枪短小轻便，便于突然开火、射速高、火力猛，适用于近战和冲锋，在 200 米内有良好的杀伤效力。

冲锋枪的结构较为简单，枪管也较短。自动方式多采用枪机后坐式，枪机较重，发射时碰撞较厉害。采用容弹量较大的弹匣供弹，弹匣通常装在武器下方，有的装在侧方或上方。战斗射速单发时约 40 发/分，长点射时约 100~120 发/分。简单的冲锋枪没有快慢机，只能连发射击，冲锋枪多具有小握把，

枪托一般可伸缩或折叠。

一般认为冲锋枪起源于第一次世界大战时期，为适应阵地争夺战的需要，1915年意大利人B.A.列维里设计了发射9毫米手枪弹的维拉·派洛沙双管自动枪，这种枪的射速太高（3000发/分），精度很差，也较笨重，不适于单兵使用。1918年出现了德国人H.施迈塞尔设计的9毫米MP18冲锋枪，虽然射程近，精度不高，但较适合单兵使用，且具有猛烈的火力。其改进型MP18I式当年装备了德国陆军。1936~1939年西班牙内战期间，交战双方曾大量使用冲锋枪。

在第二次世界大战中，不同型号的冲锋枪得到了迅速发展和大量应用。大战后期，出现了发射中间型枪弹的自动枪械，它具有冲锋枪的密集火力和近于步枪的杀伤威力。这种枪在中国曾称为冲锋枪，有些国家则称为突击步枪或自动枪，如德国的StG44突击步枪，前苏联的AK47自动枪，中国的56式冲锋枪等。

20世纪60年代以后，有些国家研制了微型冲锋枪，例如美国的英格拉姆M10冲锋枪，中国的79式7.62毫米冲锋枪等。由于它更加短小轻便，使用灵活，必要时还可单手发射，适于特种部队装备使用。机枪指带有两脚架、枪架或枪座，能实施连发射击的自动枪械。机枪以杀伤有生目标为主，也可以射击地面、水面或空中的薄壁装甲目标，或压制敌火力点。通常分为轻机枪、重机枪、通用机枪和大口径机枪。根据装备对象，又分为野战机枪（含高射机枪）、车载机枪（含坦克机枪），航空机枪和舰用机枪。

轻机枪装有脚架，重量较轻，携行方便。可卧姿抵肩射击，也可立姿或行进间射击，战斗射速一般为80~150发/分左右，有效射程500~800米。重机枪装有稳固的枪架，射击精度较好，能长时间连续射击。全枪较重，可分解搬运。其战斗射速为200~300发/分，有效射程平射为800~1000米，高射为500米。通用机枪，亦称两用机枪，以两脚架支撑可当轻机枪用，装在枪架上可当重机枪用。大口径机枪，口径一般在12毫米以上，可高射2000米内的空中目标、地面薄壁装甲目标和火力点。

机枪

由枪身、枪架或枪座组成。自动方式多为导气式，少数为枪管短后坐式或枪机后坐式。枪管壁较厚，热容量大，有的枪管过热时还能迅速更换，适于较长时间的连续射击。闭锁机构一般强度较高，能承受连续射击时的猛烈撞击和振动。供弹方式以弹链供弹为多，也有采用弹匣或弹鼓供弹的。发射机构一般采用连发结构。坦克机枪和航空机枪多采用电控发射机构。为了射击活动目标或进行风偏修正，多数机枪还有横表尺。高射机枪装有简易机械瞄准装置或自动向量瞄准具。枪架用于支持枪身，并赋予枪身一定的射角和射向。枪架上有高低机和方向机，有的还装有精瞄机，并有高低、方向射角限制器，可实施固定射、间隙射、超越射、纵深或方向散布射。重机枪和高射机枪采用三脚架或轮式枪架，三脚架较轻，适于在不平坦地面上架枪射击；轮式枪架适于在平坦地形上机动作战。车载机枪、航空机枪和舰用机枪一般安装在枪座上。为了提高火力密度，通常采用提高射速或多枪联装的方法。用多管转膛原理的航空机枪，射速可达6000发/分以上；高射机枪和舰用机枪通常采用双枪或者四枪联装。

为了提高枪械的发射速度，19世纪80年代前，许多国家都研制过连发枪械，英国人J.帕克尔发明的单管手摇机枪，1718年在英国取得专利，由于枪身太重，且装弹困难，未引起普遍重视。美国人R.J.加特林发明的手摇式机枪，于1862年取得专利，首次使用于1861~1865年美国内战。世界上第一支以火药燃气力能源的机枪，是英籍美国人H.S.马克沁发明的，1883年他试验成功了枪管短后坐自动原理，1884年应用这种原理的机枪取得了专利。这是枪械发展史上的一项重大技术突破。这种机枪的理论射速约为600发/分，枪身重量27.2千克，后人称为马克沁重机枪。它在英国对南非的殖民战争（1893~1894）中被首次使用。此后，其他国家也相继研制成了各种重机枪。在第一次世界大战的索姆河会战中，1916年7月1日英军向德军发起进攻，德军用马克沁重机枪等武器，向密集队形的英军进行了猛烈持续的射击，使英军一天之中伤亡近6万人。这个战例足以说明重机枪的密集火力对集团有生目标的杀伤作用。为了使机枪能紧密伴随步兵作战，1902年丹麦人W.O.H.麦德森设计了一种有两脚架带枪托可抵肩发射的机枪，全枪重量9.98千克，称为轻机枪。

第一次世界大战期间，军用飞机和坦克问世，要求步兵有相应的防空和反装甲的能力，为了提高机枪威力，出现了大口径机枪。1918年德军首先装备了大口径机枪，随后法国、英国、美国也陆续装备了大口径机枪。军用飞机和坦克也装备了航空机枪和坦克机枪。军舰则在机枪刚出现时就装备了舰用机枪。

第一次世界大战后，德国设计了MG34通用机枪，枪身带两脚架全重12千克，1934年装备部队，配备弹鼓和两脚架可作轻机枪用，配备弹链和三脚架可作重机枪用。第二次世界大战后，许多国家研制的新型通用机枪相继出现，如美国的M60机枪，前苏联的M/KC机枪，中国的67—2式机枪等。

在现代战争条件下，要求提高机枪的机动性和杀伤、侵彻能力。有些班用轻机枪已减小口径，并与突击步枪组成小口径班用枪族，如前苏联的5.45毫米AK74自动枪和P74轻机枪枪族。重机枪在一些国家的机械化部队中已让位于车载机枪，在普通步兵分队中则趋于为通用机枪所取代。大口径机枪的重量已大幅度下降，为了提高穿甲性能，配用了次口径高速脱壳穿甲弹等新的弹种。机枪还正在研究配用无壳弹以增加携弹量，提高持续作战的能力。普通光学、激光和光电夜视瞄准装置正在不断改进，将进一步提高机枪的精度和全天候作战能力。

火箭筒

火箭筒指一种发射火箭弹的便携式反坦克武器。主要发射火箭破甲弹，也可发射火箭榴弹或其他火箭弹，用于在近距离上打击坦克、装甲车辆，摧毁工事及杀伤有生目标。

火箭筒由火箭弹及发射筒两部分构成。按发射使用和包装携行方式可分为：发射筒兼做火箭弹包装具，打完就扔的一次使用型；弹、筒分别包装携行的多次使用型。按发射推进原理还可分为：火箭型和无坐力炮型，也有些学者将后者划归为无坐力炮的一种。

火箭技术在中国有着悠久的发展历史。明朝万历二十六年（1598），赵

士祯制作的一种名为“火箭溜”的火箭发射装置，可赋予火箭一定的射向和射角，是现代火箭发射装置的雏形。

反坦克火箭筒最早出现于第二次世界大战期间，当时有两种类型：一种是1942年美国装备的60毫米M1式火箭型火箭筒，美军士兵因其很像一种叫“巴祖卡”的喇叭状乐器，即称它为“巴祖卡”。这个俗称后来在欧美成了对火箭筒的习惯称呼。“巴祖卡”采用两端开启的钢质发射筒，靠弹内火箭发动机产生的推力推动火箭弹运动，发动机排出的火药燃气从筒后喷出，使武器无坐力。另一种是1943年德国装备的“铁拳”无坐力炮型火箭筒。它发射150毫米超口径破甲弹，靠发射装药在两端开启的钢质发射筒内燃烧形成的火药燃气压力，推动弹体运动，并利用火药燃气从筒后喷出产生的反作用力，消除筒的后坐。这两种早期的火箭筒，均配有机械或光学瞄准具，有效射程100~250米，垂直破甲厚度120~200毫米，武器系统重量7~8千克。

第二次世界大战末期，美国还装备了大威力的89毫米M20型火箭筒，它采用铝合金发射筒，有效射程110米，垂直破甲厚度280毫米。战后，特别是20世纪60年代以来，随着装甲技术的进步，促进了破甲技术、发射推进技术、高燃速推进剂和新材料的发展，各国研制装备了许多新型火箭筒。如美国的M72，中国的70式，前苏联的——18等火箭型火箭筒，武器系统重量都在7千克以下，垂直破甲厚度280~310毫米，对活动目标的有效射程达150米。前苏联、瑞典、原联邦德国等还在无坐力炮型火箭筒的基础上，应用火箭增程技术研制出了——7、M2—550卡尔·古斯塔夫、PZF44“长矛”等型号的火箭筒。该类火箭筒系统重量9~18千克，垂直破甲厚度300~400毫米，对活动目标的有效射程达300~700米。为了减小发射痕迹与噪声，70年代初原联邦德国根据平衡抛射原理，采用封闭发射技术，从筒后抛出塑料薄片作平衡物质以抵消武器坐力，研制成“弓弩”型火箭筒。该火箭筒为一次使用型，系统重量7.29千克，有效射程300米，垂直破甲厚度300毫米，发射时仅有微声，无烟、无光、无后喷火，可在堑壕等狭窄空间内发射。

火箭筒重量轻，造价低，使用方便，易于大量生产和装备。自第二次世界大战以来，是步兵近程反坦克作战的主要武器之一。为了进一步提高破甲威力，火箭筒的口径有增大的趋势。为了提高对运动目标的命中率，出现了测距、瞄准、计算提前量三合一的瞄准具，有的国家还研制了带试射枪的火箭筒。为了增强步兵应坦克火力的机动性和反坦克火力密度，一次使用型火箭筒也得到了较为普遍的重视和发展。

手榴弹

手榴弹指用手投掷的弹药。因早期榴弹的外形和破片有些象石榴和石榴子，故名。一般由弹体、引信两部分组成。弹体呈柱形或卵形，有的带有手柄，内盛炸药或其他装填物。多采用击发（或拉发）延期引信，也有采用电触发和延期双重作用引信的。

手榴弹可分为杀伤、反坦克、燃烧、发烟、照明、毒气和教练等弹种。杀伤手榴弹又分两种：一种是常用的破片型，亦称防御手榴弹。主要用破片杀伤有生目标，兼有震慑破坏作用，其弹体外壳用铸铁或冲压钢板制成，也有用铁皮（或塑料）壳内衬钢珠、钢丝等预制破片制成的。一般全弹重300~600克，有的仅重120克，也有重达1000克左右的。引信延期时间3~5秒，

有效破片重 0.1~0.4 克，数量 300~1000 片，有的可达 5000 片以上。杀伤半径为 5~15 米。另一种是爆破型，亦称进攻手榴弹。弹壳用铁皮、塑料或其他材料制成。一般全弹重 100~400 克，炸药重量占 30~70%，引信延期时间 4 秒左右。爆炸时，产生爆轰作用，震慑杀伤敌人。因所生破片很轻飞散不远，投掷后继续冲锋，也不致伤及自己，适于在进攻中使用。有的可临时加装破片套，作防御手榴弹用。普通木柄杀伤手榴弹在投掷时，带出拉火绳，可使火帽、延期药、雷管、炸药相继作用，产生爆炸。加重型木柄杀伤手榴弹则适于在防御中使用。反坦克手榴弹，亦称反坦克手雷，多用空心装药，瞬发引信。通常配有手柄，弹尾有尾翅或稳定伞，以保证命中姿态正确，利于破甲。一般全弹重 1000 克左右，垂直破甲厚度可达 170 毫米，可穿透混凝土工事 500 毫米以上。燃烧、发烟、照明、毒气等手榴弹外形和结构与杀伤手榴弹相似，内装化学战剂或烟火药，配延期起爆或点火引信。

手榴弹是随火药的发明与使用发展起来的。中国宋朝咸平三年（1000），唐福向宋真宗献的“火毬”，是现有史料记载最早的守城用的手投弹药。经元至明、使用过“万人敌”、“钻风神火流星炮”（铸铁壳）和爆发毒火、毒烟、毒液的各种手投弹药。15 世纪，欧洲有了装黑火药的手榴弹。17 世纪，出现了“榴弹兵，部队，风行一时。19 世纪，由于枪炮的发展及城堡攻防战渐少，手榴弹一度受到冷遇。后来，堑壕战兴起，为了弥补步枪、机枪不易对付堑壕内和障碍后目标的缺陷，手榴弹遂又得到重视。1904 年爆发的日俄战争中，双方使用了手榴弹，效果显著。第一次世界大战中，广泛使用了手榴弹。较为典型的是德军木柄手榴弹和英军菠萝形密尔斯式手榴弹，轻便安全，性能较好，为不少国家所借鉴，直到第二次世界大战以后还在继续使用。1916 年坦克出现以后，各种反坦克手榴弹应运而生。先是装汽油的燃烧瓶，以后又出现了各种磁性、粘性和采用空心装药的反坦克手榴弹。20 世纪 50 年代，美军使用了钢板预制破片弹壳的 M26 式小型手榴弹，爆炸时，生成大量高速小破片，破片重量虽然大幅度减小，但动能大，分布密度高，杀伤效能并未降低。

手榴弹轻小，有一定威力，生产、携带、使用简便，在历次战争中发挥过重要作用，现仍在发展，在未来战争中仍是不可缺少的一种近战武器。

枪榴弹

枪榴弹指用枪和枪弹发射的超口径弹药。由弹体、引信、弹尾等组成。常用弹种通常有杀伤枪榴弹、反坦克枪榴弹、反装甲枪榴弹、杀伤破甲枪榴弹，以及燃烧、发烟、照明、信号、毒气枪榴弹等。

杀伤枪榴弹弹体多为球形或柱形，预制破片弹壳，配瞬发或跳炸引信。一般弹径 35~65 毫米，弹重 200~600 克，杀伤半径 10~30 米，最大射程 300~600 米。反坦克枪榴弹多采用铝制弹壳，空心装药，配用机械或压电瞬发引信。一般弹径 40~75 毫米，弹重 500~700 克，直射距离 50~100 米，垂直破甲可达 350 毫米，可穿透混凝土工事 1000 毫米。

枪榴弹的出现不迟于 16 世纪末。17 世纪出现了将手榴弹加尾杆，直接插入枪口，用黑人药发射的枪榴弹。18 世纪中叶，英国人在燧石枪枪口安装发射筒发射的枪榴弹也得到了发展。后来又出现了专用枪榴弹。20 世纪 50 年代以后，枪榴弹不断得到改进，可直接以枪口兼作发射具，弹上带瞄准具，弹尾内装弹头吸收器，使用实弹发射。

枪榴弹的生产简易，使用较方便，能够使步枪手具有点面杀伤和反装甲的能力。不少国家还在继续研究，采用火箭增程、提高空心装药效应等技术，以便进一步提高枪榴弹的射程、杀伤和破甲威力。

榴弹发射器

榴弹发射器指发射小型榴弹的轻武器。其外形、结构和使用方式大多象步枪或机枪。有的与迫击炮相似，亦称掷弹筒。主要用于毁伤有生目标和轻型装甲目标，口径一般为20~60毫米。

最早的榴弹发射器出现于16世纪末期，但发展缓慢。第一次世界大战时，出现了发射手榴弹的掷弹筒。后来，才有了发射专用弹药的掷弹筒，提高了精度，有的射程可达600米。

第二次世界大战末期，德军曾在27毫米信号枪上加折叠枪托，抵肩发射小型定装式榴弹。20世纪60年代初，美军使用了M79式40毫米榴弹发射器，外形与结构很象猎枪，亦称榴弹枪。它采用高低压发射技术，火药在高压室中燃烧，产生压力高达240兆帕的火药燃气，高压燃气冲入空间较大的低压室后，压力降为20兆帕，继续膨胀，射出弹丸。这样，可使火药充分燃烧，能量得到较好的利用。发射筒内压力低，可用轻金属制造，武器重量仅2.72千克。后坐力也小，能抵肩射击，曲平两用。其初速为76米/秒，最大射程400米。可弥补手榴弹与迫击炮之间的火力空白。

单发榴弹发射器有些还可与步枪结合。美国M16A1自动步枪上安装的M203式榴弹发射器，重量1.36千克，发射40毫米榴弹；原联邦德国HK步枪上安装的HK69A1式40毫米榴弹发射器，重量约1.8千克，有伸缩枪托，并可离枪使用。这类武器为步枪提供了点面杀伤，摧毁轻型装甲和工事的能力。

20世纪70年代以来，出现了各种自动榴弹发射器，如美国40毫米M174式和MK19式、前苏联30毫米AFC—17式等。自动榴弹发射器的结构大体与机枪相似，所以亦称榴弹机枪。人力携行使用的多装两脚架或三角架，有的还可离架手持发射。装在车辆、舰艇、直升机上的设有专用架座，一般采用弹链或弹鼓供弹，理论射速300~400发/分，武器重量10~40千克，带弹鼓和弹药后重量为20~50千克。最大射程400~2200米。

榴弹发射器可配用杀伤弹、杀伤破甲弹、榴霰弹以及发烟、照明、信号、教练弹等。榴弹一般配触发引信，也有的配反跳或非触发引信。如美国M433式杀伤破甲弹，全弹重量230克，配触发引信，垂直破甲50毫米以上，杀伤破片约300个，密集杀伤半径可达8米以上。有的国家还利用弹射原理，研制了能抵地曲射、微声、无光、无烟，并能联装齐射的新型榴弹发射器。

喷火器

喷火器指喷射燃烧液柱的近距离火攻武器。亦称火焰喷射器。主要用于攻击火力点，消灭防御工事内的有生力量，杀伤和阻击冲击的集群步兵。喷火器喷出的油料形成猛烈燃烧的火柱，能四处飞溅，顺着堑壕、坑道拐弯粘附燃烧，杀伤隐蔽处的目标，并有精神震撼作用。由于燃烧要消耗大量的氧气和产生有毒烟气，能使工事内的人员窒息。在攻击坑道、洞穴等坚固工事

时，喷火器具有其他直射武器所没有的独特作用。

喷火器主要由油瓶、压源装置、输油管、点火装置和喷火枪等部件组成。喷射时，油瓶内的油料在压缩气体或火药等压源作用下，经输油管和喷火枪喷出，并被油料点火管的火焰点燃，形成一股火柱。所用油料通常是铝皂型凝油粉稠化的凝固汽油，粘附性强，能延长燃烧时间，产生 800 左右的高温。喷火器燃烧液柱的飞行，受液体射流运动规律支配，易受风、气温和地形的影响，并和它在空中的燃烧状况有关，因此，喷火器的使用受到一定的局限。

喷火器有便携式和车载式两种主要类型：一是便携式喷火器，由单兵背负使用，压源为压缩空气或无烟火药，全重 23 千克左右，装油料 10~18 升，可持续喷射数秒钟或 3~10 次，最大射程为 40~80 米。二是车载式喷火器，亦称机械化喷火器，安装在坦克或装甲车上，可携带 200~1500 升油料，能持续喷射数十秒或数十次，最大射程为 200 米左右。此外，还有手提式喷火器、重喷火器、地雷式和堡垒式喷火器 1900 年德国人 R. 菲德勒研制出一种喷射燃烧油料的器械，经改进后，德军正式列为装备，1915 年首先使用于战场，以后各国相继采用。第一次世界大战中，喷火器使用石油产品的混合油料，射程仅十余米，笨重而不便携带。1935 年意大利军队入侵阿比西尼亚（今埃塞俄比亚）时，首次使用了车载式喷火器。在第二次世界大战中，美国研制成功凝固汽油，使喷火器的射程成倍增长，并在战斗中使用，取得了显著的效果。前苏联在抗击德军进攻中，还使用了大量地雷式喷火器。英国为防御德军登陆，在本土东部海岸设置了几千具堡垒式喷火器。中国人民解放军曾在 1955 年解放一江山岛和 1962 年、1979 年两次边境自卫反击作战中，使用了喷火器。

二、火炮

【火炮】

火炮指以发射药为能源发射弹丸，口径在 20 毫米以上的身管射击武器。火炮种类较多，配有多种弹药，可对地面、水上和空中目标射击，歼灭、压制有生力量和技术兵器，摧毁各种防御工事和其他设施，击毁各种装甲目标和完成其他特种射击任务。

一般构造

火炮通常由炮身和炮架两大部组成（以加农榴弹炮为例）。炮身部由身管、炮尾、炮门和炮口制退器组成。身管用来赋予弹丸初速及飞行方向，并使弹丸旋转（滑膛炮的弹丸一般不旋转）。炮尾用来盛装炮门。炮门用来闭锁炮膛、击发炮弹和抽出发射后的药筒。现代火炮大都采用半自动炮门，有的采用自动炮门。炮口制退器用来减少炮身后坐能量。发射时，装在炮门内的击针撞击炮弹底火，点燃发射药。发射药燃烧产生大量的燃气，推动弹丸以极大的加速度沿炮膛向前运动。弹丸离开炮口瞬间获得最大速度，尔后沿着一定的弹道飞向目标。燃气推动弹丸向前运动的同时推动炮身后坐。

炮架部由反后坐装置、摇架、上架、高低机、方向机、平衡机、瞄准装置、下架、大架和运动体等组成。反后坐装置包括驻退机和复进机。驻退机用来消耗炮身后坐能量，使炮身后坐至一定距离而停止。复进机用来在炮身后坐时贮蓄能量，后坐终止时使炮身复进到原来的位置。在后坐运动中，由于反后坐装置的缓冲作用，炮身传到炮架上的力大为减少，约为燃气作用于炮身轴向力（炮膛合力）的 $1/30$ 至 $1/5$ 。摇架是炮身后坐、复进的导轨，也是起落部分（包括炮身、反后坐装置和摇梁）的主体。摇架以其耳轴装在上架上，借高低机作垂直转动，上架是回转部分的主体，以基轴装在下架上，借方向机作水平转动。高低机和方向机使炮身在高低和方向上转动。高低机装在摇架和上架之间，方向机装在上架和下架之间。平衡机使火炮起落部分在摇架耳轴上保持平衡，使高低机操作轻便。瞄准装置由瞄准具和瞄准镜组成，用来根据火炮射击诸元实施火炮瞄准。下架、大架和运动体，射击时支撑火炮，行军时作为炮车。

分类

火炮有多种分类方法。按用途分为地面压制火炮、高射炮、反坦克火炮、坦克炮、航空机关炮、舰炮和海岸炮。其中地面压制火炮包括加农炮、榴弹炮、加农榴弹炮和迫击炮，有些国家还包括火箭炮。反坦克火炮包括反坦克饱和和无坐力炮。按弹道特性分为加农炮、榴弹炮和迫击炮。加农炮弹道低伸，身管长，初速大，射角一般小于 45° ，用定装式或分装式炮弹，变装药号数少，适于对装甲目标、垂直目标和远距离目标射击。高射炮、反坦克炮、坦克炮、航空机关炮，舰炮和海岸炮都具有加农炮的弹道特性。榴弹炮弹道较弯曲，炮身较短，初速较小，射角可达 75° ，用分装式炮弹，变装药号数较多，弹道机动性大，适于对水平目标射击。迫击炮弹道弯曲，炮身短，初速

小，射角为 $45^{\circ} \sim 85^{\circ}$ ，变装药号数较多，适于对遮蔽物后的目标射击。按运动方式分为自行火炮、牵引火炮、骡马挽曳火炮和骡马驮载火炮。按炮膛构造分为线膛炮和滑膛炮。

简史

早在春秋时期，中国已使用一种抛射武器——。至迟 10 世纪火药用于军事后，便用来抛射火药包、火药弹。在 12 世纪 30 年代，宋代出现了以巨竹为筒的管形喷射火器——火枪；13 世纪 50 年代，又出现了竹制管形射击火器——突火枪。这种身管射击火器的出现，对近代火炮的产生具有重要意义。

滑膛火炮的产生和发展至迟在元代，中国已经制造出最古老的花炮——火铳。中国历史博物馆展出的元代至顺三年（1332）制造的青铜铸炮，重 6.94 千克，长 35.3 厘米，炮口直径 105 毫米，炮身上有“至顺三年二月吉日绥讨寇军第叁佰号马山”等铭文。炮的尾部有两个方孔，可装耳轴。中国明朝政府设有“兵仗”、“军器”二局，分造火器，仅在正德到嘉靖年间（1506～1566）制造的花炮就达数十种。·虎蹲炮”用铁爪限制后坐，射击时后坐不过五寸（约 15.55 厘米），能装小铅弹百个以上。“攻戎炮”装在车上发射，便于骡马挽曳，用铁锚限制后坐。“无敌大将军炮”重千斤（约 596.82 千克），装在车上，能装铁子 500 个，击宽二十余丈（约 62.2 米）。“毒火飞炮”、“飞摧炸炮”能发射爆炸弹。这种炮弹为铁铸空心体，内装火药及其他药剂，并装有将药线安放在竹管内的引信。发射时将弹丸装入炮管，先点燃引信，后点燃炮管内发射药，弹丸到达目标后爆炸。

中国的火药和火器西传以后，火炮在欧洲开始发展。

14 世纪上半叶，欧洲开始制造出发射石弹的花炮。16 世纪前期，意大利数学家 N.F. 塔尔塔利亚发现炮弹在真空中以 45° 射角发射时射程最大的规律，为炮兵学的理论研究奠定了基础。16 世纪中叶，欧洲出现了口径软小的青铜长管炮和熟铁锻成的长管炮，代替了以前的臼炮（一种大口径短管炮）。还采用了前车，便于快速行动和通过起伏地。16 世纪末，出现了将子弹或金属碎片装在铁筒内制成的霰弹，用于杀伤人马。1600 年前后，一些国家开始用药包式发射药，提高了发射速度和射击精度。17 世纪，意大利物理学家伽利略的弹道抛物线理论和英国物理学家 I. 牛顿对空气阻力的研究，推动了火炮的发展。瑞典国王古斯塔夫二世·阿谊夫在位期间（1611～1632），采取减轻火炮重量和使火炮标准化的办法，提高了火炮的机动性。1697 年，欧洲用装满火药的管子代替点火孔内的散装火药，简化了瞄准和装填过程。17 世纪末，欧洲大多数国家使用了榴弹炮。

18 世纪中叶，普鲁士国王弗里德里希二世和法国炮兵总监 J.—B.V. de 格里博弗尔曾致力于提高火炮的机动性和推动火炮的标准化。英、法等国经多次试验，统一了火炮口径，使火炮各部分的金属重量比例更为恰当；还出现了用来测定炮弹初速的弹道摆。19 世纪初，英国采用了榴霰弹，并用空炸引信保证榴霰弹适时爆炸，提高了火炮威力。

线膛炮的采用从火炮出现到 19 世纪中叶以前，火炮一般是滑膛前装炮，发射实心球弹，部分火炮发射球形爆炸弹、霰弹和榴霰弹。最初的线膛炮是直膛线的，主要目的是为了前装弹丸方便。这种火炮发射速度慢，射击精度

低，射程近。为了增大火炮射程，19世纪初欧洲许多国家进行了线膛炮的试验。1846年，意大利G.卡瓦利少校制成了螺旋线膛炮，发射锥头柱体长形爆炸弹。螺旋膛线使弹丸旋转，飞行稳定，提高了火炮威力和射击精度，增大了火炮射程。在线膛炮出现的同时，炮闩得到改善，火炮实现了后装，发射速度明显提高。线膛炮的采用是火炮结构上的一次重大变革，至今线膛炮身还被广泛使用。滑膛炮身则为迫击炮等继续使用。

反后坐装置的创制 19世纪末期前，炮身通过耳轴与炮架相连接，这种火炮的炮架称为刚性炮架。刚性炮架在火炮发射时受力大，火炮笨重，机动性差，发射时破坏瞄准，发射速度慢，威力提高受到限制。19世纪末期出现了反后坐装置，炮身通过它与炮架相连接，这种火炮的炮架称为弹性炮架。1897年，法国制造了装有反后坐装置（水压气体式驻退复进机）的75毫米野炮，后为各国所仿效。弹性炮架火炮发射时，因反后坐装置的缓冲，作用在炮架上的力大为减小，火炮重量得以减轻，发射时火炮不致移位，发射速度得到提高。

弹性炮架的采用缓和了增大火炮威力与提高机动性的矛盾，火炮结构趋于完善，是火炮发展史上的一个重大突破。

19世纪末期，相继采用缠丝炮身、筒紧炮身、强度较高的炮钢和无烟火药，提高了火炮性能。采用猛炸药和复合引信，增大弹丸重量，提高了榴弹的破片杀伤力。20世纪初，一般75毫米野炮射程为6500米，105毫米榴弹炮射程为6000米，150毫米榴弹炮射程为7000米，150毫米加农炮射程为10000米。火炮还广泛采用了周视瞄准镜、测角器和引信装定机。

专用火炮的发展第一次世界大战期间，为了对隐蔽目标和机枪阵地射击，广泛使用了迫击炮和小口径平射炮。为了对付空中目标，广泛使用了高射炮。飞机上开始装设航空机关炮。随着坦克的使用，出现坦克炮。机械牵引火炮和自行火炮的出现，对提高炮兵的机动性有重要的影响。骡马挽曳火炮仍被大量使用。当时交战各国除大量使用中小口径火炮外，还重视大口径远射程火炮的发展。一般采用的有203~280毫米榴弹炮和220~240毫米加农炮。法国1917年式220毫米加农炮，最大射程达22公里。德国1912年制成的420毫米榴弹炮，炮弹重1200千克，最大射程9300米。许多国家还采用过在铁道上运动和发射的铁道炮。

20世纪30年代，火炮性能进一步改善。通过改进弹药、增大射角、加长身管等途径增大了射程。轻榴弹炮射程增大到12公里左右，重榴弹炮增大到15公里左右，150毫米加农炮增大到20~26公里。改善炮闩和装填机构的性能，提高了发射速度。采用开架式大架，普遍实行机械牵引，减轻火炮重量，提高了火炮的机动性。由于火炮威力增大，采用自紧炮身和活动身管炮身，以解决炮身强度不够和寿命短的问题。高射炮提高了初速和射高，改善了时间引信。反坦克炮的口径和直射距离不断增大。第二次世界大战中，由于飞机提高了飞行高度，出现了大口径高射炮、近炸引信和包括炮瞄雷达在内的火控系统。由于坦克和其他装甲目标成了军队的主要威胁，出现了无后坐饱和威力更大的反坦克炮。

现状和展望

20世纪60年代以来，由于科学技术的发展和生产工艺的改进，火炮在

射程、射速、威力和机动性各方面都有明显提高。在增大火炮射程方面，主要采用高能发射药，加大装药量，加长身管，增大膛压，提高初速，相应采用自紧炮身以及发展新弹种（如底凹弹、底部喷气弹、火箭增程弹和枣核弹）等。105毫米榴弹炮射程从第二次世界大战时的11~12公里增大到15~17公里，155毫米榴弹炮射程从14~15公里增大到30公里以上，有的达40余公里。在增大火炮射速方面，采用半自动炮闩，液压传动瞄准机构，可燃药筒和全自动装填机构等。瑞典FH77—A式155毫米榴弹炮，最大发射速度3发/6~8秒。美M204式105毫米榴弹炮利用前冲原理缩短后坐量，后坐时间由2.5秒降为1.4秒，后坐距离由1184毫米降至430毫米。在提高弹丸威力方面，采用增大弹体强度，减薄弹体壁厚，增大炸药装填量等措施，并改装高能炸药和采用预制破片弹等。美105毫米榴弹的杀伤效果，相当于第二次世界大战期间的155毫米榴弹。在提高火炮机动性方面，许多国家采取新结构、新原理、新材料等以减轻火炮重量，并重视发展新型自行火炮。美M102式105毫米榴弹炮，上架、下架和大架合一，高低机与平衡机合一，采用鸟胸骨闭架式大架和迫击炮座盘，简化了结构，改善了受力条件，除后坐部分为钢制件外，其余大多为铝制件。火炮重量由原来的2260千克减到1400千克。美M204式105毫米榴弹炮利用前伸原理，重量由原来的2260千克减到2027千克。美M109A1式155毫米自行榴弹炮，采用专用铝合金车体，体积小，重量轻，机动性好；采用密闭式旋转炮塔，具有浮渡能力；采用液压折叠式驻锄，方向射界为360°。瑞典的FH77式155毫米榴弹炮和英国、原联邦德国、意大利联合研制的FH70式155毫米榴弹炮，均附有辅助推进装置，进一步提高了火炮的机动能力。苏—30式122毫米榴弹炮采用具有360°方向射界的炮架，提高了火炮的火力机动性。

为了提高炮身寿命，许多国家采用电渣重熔等精炼工艺，以提高炮身钢的机械性能和抗热裂纹能力。自紧技术的采用，提高了炮身的有效强度和疲劳寿命。炮膛表面镀铬，改善了炮膛的热耐磨性能。使用高能量低烧蚀发射药或新型缓蚀添加剂，减轻了炮膛烧蚀。原联邦德国120毫米坦克炮采用滑膛炮身并经自紧和炮膛镀铬处理，虽然初速为1330米/秒，膛压为 5.4×10^5 千帕，炮身寿命仍达1000发。

为了提高炮兵火力的适应性，火炮除配有普通榴弹、破甲弹、穿甲弹、照明弹和烟幕弹外，还配有各种远程榴弹、反坦克布雷弹、反坦克子母弹、未段制导炮弹以及化学炮弹、核弹等，使火炮能压制和摧毁从几百米到几千米距离内的多种目标。

火炮将进一步提高初速、射速，增大射程，延长使用寿命，提高射击精度，改善机动性，采用新弹种以增大威力，增强反装甲能力，并与侦察系统和射击指挥系统联成整体，以进一步提高反应能力。

榴弹炮

榴弹炮指一种身管较短、弹道较弯曲的火炮。榴弹炮的初速较小；射角较大，弹丸的落角也大，杀伤和爆破效果好；采用多级变装药，能获得不同的初速，便于在较大纵深内实施火力机动。它适于对水平目标射击，主要用于歼灭、压制暴露的和隐蔽的（遮蔽物后面的）有生力量和技术兵器，破坏工程设施、桥梁、交通枢纽等，是地面炮兵的主要炮种之一。

17 世纪，欧洲把发射爆炸弹的射角较大的火炮称为榴弹炮。19 世纪中叶，榴弹炮采用了变装药，射角为 $12^{\circ} \sim 30^{\circ}$ ，炮身为口径的 7~10 倍。第一次世界大战中，许多国家的军队竞相装备榴弹炮，新的型号不断出现。当时，榴弹炮的炮身为口径的 15~22 倍，最大射程可达 14200 米，最大射角一般为 45° 。德军攻击比利时要塞，曾使用口径为 420 毫米 M 型榴弹炮，其最大射程为 9300 米，弹重 1200 千克。第二次世界大战期间，有些国家不再发展口径在 203 毫米以上的重榴弹炮，这一时期榴弹炮的炮身为口径的 20~30 倍，初速达 635 米/秒，最大射角达 65° ，最大射程可达 18100 米。

20 世纪 60 年代以来，榴弹炮已发展到炮身为口径的 30~44 倍，初速达 827 米/秒，最大射角达 75° ，发射制式榴弹，最大射程达 24500 米，发射火箭增程弹最大射程达 30000 米。由于榴弹炮的性能有了显著提高，能遂行同口径加农炮的任务，因而有些国家已用榴弹炮代替加农炮。

加农炮

加农炮指一种身管长、弹道低伸的火炮。海岸炮、坦克炮、反坦克炮和航空机关炮都具有加农炮弹道低伸的特性。加农炮身管长、初速大、射程远、弹道低伸、变装药号数少，适用于对装甲目标、垂直目标和远距离目标射击。

18 世纪 欧洲的加农炮炮身长一般为口径的 22~26 倍。20 世纪 20 年代，出现了具有加农炮弹道特性的专用火炮。第二次世界大战前后，口径在 105~180 毫米之间的加农炮得到迅速发展。炮身为口径的 30~52 倍，初速达 880 米/秒，最大射程达 30000 米。20 世纪 50~60 年代，加农炮发展到炮身为口径的 40~61 倍，初速达 950 米/秒，最大射程达 35000 米。

20 世纪 70 年代，有些国家新研制的榴弹炮也具有弹道低伸的特性，射程增大到能遂行同口径加农炮的射击任务。这些国家没有再研制新型加农炮。有的还用新研制的榴弹炮更换已装备的加农炮。

加农榴弹炮

加农榴弹炮指兼有加农炮和榴弹炮的弹道特性的火炮。简称加榴炮。用大号装药和小射角射击时，其弹道低伸，接近加农炮性能，可遂行加农炮的射击任务；用小号装药和大射角射击时，其弹道较弯曲，接近榴弹炮性能，可遂行榴弹炮的射击任务。F. 恩格斯在《论线膛炮》一文中，把法国在 19 世纪中期使用的既能发射实心弹又能发射爆炸弹的轻型 12 磅炮（发射 12 磅炮弹的火炮，12 磅约合 5.45 千克）称作加榴炮。第一次世界大战中，由于构有堑壕体系的筑垒阵地防御战的发展，交战各国都需要增加平射火炮和曲射火炮。为了适应战术上的这种要求，又便于生产，有些国家研究把加农炮和榴弹炮合为一体的加榴炮。1937 年，前苏联研制成 M—20 式 152 毫米加榴炮，其主要性能为：炮身为口径的 32.3 倍，初速 655 米/秒，最大射程 17230 米，高低射界 $-2^{\circ} \sim +65^{\circ}$ ，装药号数多达 13 个，战斗全重 7128 千克。20 世纪 60 年代以来，许多国家发展的新型榴弹炮，多兼有加农炮的性能，但没有使用加榴炮这一名称。

火箭炮

火箭炮指炮兵装备的火箭弹发射装置。通常为多发联装。主要作用是引燃火箭弹的点火具和赋予火箭弹初始飞行方向。由于火箭弹靠本身发动机的推力飞行，火箭炮不需承受膛压的笨重炮身和炮门，没有反后坐装置，能多发联装和发射弹径较大的火箭弹。火箭炮发射速度快，火力猛，突袭性好，因射弹散布大，故多用于对面积目标射击。它主要配有杀伤爆破火箭弹，用以歼灭、压制有生力量和技术兵器；也可配用特种火箭弹，用以布雷，照明和施放烟幕等。火箭炮按运动方式分为自行式和牵引式，以自行式居多。

火箭炮通常由定向器、回转盘，方向机、高低机，平衡机、瞄准装置、发火系统和运行体组成。定向器在火箭炮带弹行进时固定火箭弹。发射时赋予火箭弹初始飞行方向。定向器通常分为筒式、笼式和轨式。有的定向器有螺旋导向装置，能使尾翼式火箭弹在定向器内低速旋转。定向器通过耳轴，高低机、平衡机连接在回转盘上。转动高低机手轮，赋予火箭炮射角。平衡机使高低机操作轻便、平稳。瞄准装置和高低机、方向机配合，实施瞄准。发火系统在发射时使各火箭弹的发动机按预定的时间间隔依次点火，其发火电路通常由电源（一般为蓄电池）、发火机、接线盒、火箭弹导电盖、点火具、弹体、定向器、运动体和扣应导线构成，由发火机的钥匙开关控制。火箭炮除了自动发射机构，一般还有手动发射机构或简易发射机构。

火箭是中国发明的。明茅元仪辑《武备志》记载，明代火箭及其发射装置多达几十种，有一发百矢的“百虎齐奔箭”和可行连续两次齐射的“群鹰逐兔箭”等。那时使用的推进剂是黑火药，只能发射较轻的箭矢或纵火物至几百步。20世纪初，由于双基推进剂的应用，火箭炮得以发展。1939年，前苏联制成M—13式火箭炮，俗称“喀秋莎”。它装有轨式定向器，可联装16发弹径为132毫米的尾翼式火箭弹，最大射程约8500米。第二次世界大战末期，交战双方重视了火箭炮的发展与应用。中国人民志愿军在抗美援朝作战中使用过自制的102毫米火箭炮。中国人民解放军于60年代初装备了107毫米和130毫米火箭炮，80年代初装备了性能更好的火箭炮。

火箭炮现已成为许多国家军队的重要常规武器之一，其性能较之第二次世界大战时有了明显改进。射程最大达40公里，定向器装师数目一般为12~40发。除配用杀伤爆破火箭弹外，还可配用燃烧弹、烟幕弹、末段制导弹、反坦克子母弹、燃料空气弹和干扰弹等。射弹密集度，距离上约为1/200，方向上约为1/100。齐射的准备时间为2分钟左右。

火箭炮将进一步减小射弹散布，实现自动化装弹，采用电子计算机控制操作和指挥，并在保证良好机动性的前提下，适当地增加定向器的装弹数目和增大射程。

反坦克炮

反坦克炮指主要用于对坦克和其他装甲目标射击的火炮。炮身长，初速大，直射距离远，发射速度快，射角范围小，火线高度低。

反坦克炮的构造与一般火炮基本相同。为了提高发射速度和射击精度，便于对运动目标射击，一般采用半自动炮门和测距与瞄准合一的瞄准装置。

第一次世界大战中，曾用步兵炮和野炮对坦克射责（当时坦克装甲厚度仅有6~18毫米）。战后，随着坦克性能的不不断提高，许多国家专用反坦克炮相继问世。20世纪20年代，瑞士制成的高射和平射两用的20毫米自动炮，用实心穿甲弹对坦克射击时，在1000米距离上穿甲厚度为15毫米。30年代

出现的德国 37 毫米、前苏联 45 毫米等反坦克炮，发射装有炸药的穿甲弹，在 500 米距离上能穿透 40~50 毫米厚的装甲，并在坦克爆炸。第二次世界大战中，有的中型坦克和重型坦克的装甲厚度增至 70~100 毫米，反坦克炮口径也随之增大到 57~100 毫米，初速达 900~1000 米/秒，穿甲厚度在 1000 米距离上达 70~150 毫米。使用的弹种有次口径钨芯超速穿甲弹、钝头穿甲弹和空心装药破甲弹。有的国家还装备了自行反坦克炮。

20 世纪 60 年代以来，出现了发射尾翼稳定脱壳穿甲弹的滑膛反坦克炮，穿甲厚度明显增大。前苏联 T—12 型 100 毫米反坦克炮在 1500 米距离上使用穿甲弹时的穿甲厚度达 400 毫米。线膛反坦克炮也能发射有活动弹带的尾翼稳定脱壳穿甲弹。

与反坦克导弹相比，牵引反坦克炮笨重，机动性差，进出阵地迟缓，因此有的国家用反坦克导弹代替反坦克炮。但反坦克炮有多种弹药，适应性好，比较经济，近距离首发命中率较高，有些国家仍继续装备使用。有的国家主张发展自行反坦克炮。目前正在研制和装备的自行反坦克炮口径从 57 毫米到 120 毫米，配用多种弹药，有线膛的也有滑膛的，用坦克底盘或装甲输送车底盘装旋转炮塔或固定炮塔。有的国家还在研制自行反坦克自动炮，设想使数发炮弹命中坦克同一部位，以提高对复合装甲的破坏力。

无坐力炮

无坐力炮指发射时利用后喷物质的动量抵消后坐力使炮身不后坐的火炮。它体积小，重量轻，结构简单，操作方便，适于随伴步兵作战，但后喷火焰大，易暴露。主要配用空心装药破甲弹，射击近距离坦克和其他装甲车辆。

无坐力炮主要由炮身、炮架和瞄准装置组成。炮身与炮架成刚性连接。炮身尾部有炮门，门体上有孔，其后有喷管。发射时，向前运动的弹丸和火药燃气的动量与由门孔和喷管向后喷出的火药燃气（有的还含添加的配重物）的动量大小相等，故炮身不后坐。无坐力炮按炮膛结构分为线膛式和滑膛式；按运动方式分为便携式、牵引式、车载式和自行式。

1914 年，美国制造了一种发射时两管对接的无坐力炮。该炮在向前射出一弹丸的同时，向后射出一铅油质配重物，使炮身不后坐。第一次世界大战时，曾把它用在飞机上。1936 年，前苏联制成带喷管的无坐力炮，口径为 76.2 毫米。第二次世界大战中，由于空心装药破甲弹的应用，无坐力炮成为有效的近距离反坦克武器。战后，无坐力炮的性能不断提高，并配用火箭增程弹。前苏联 —9 式 73 毫米无坐力炮，发射 4.5 千克重的火箭增程弹，直射距离 800 米，破甲厚度 394 毫米，全炮重 59.5 千克。日本 60 式 106 毫米双管自行无坐力炮，发射 7.97 千克重的破甲弹，破甲厚度为 550 毫米。中国 1965 年式 82 毫米无坐力炮，全炮重仅 29 千克，便于携行。70 年代以来，有些国家着重发展口径为 80 毫米左右的无坐力炮，大多配用火箭增程弹以减轻火炮重量，增大直射距离，提高弹丸破甲能力。

迫击炮

迫击炮指用座钣承受后坐力、发射迫击炮弹的曲射火炮。迫击炮射角大

(一般为 $45^{\circ} \sim 85^{\circ}$)，弹道弯曲，初速小，最小射程近，杀伤效果好，适于对近距离遮蔽物后的目标和反斜面上的目标射击；结构简单，操作方便；体积较小，重量较轻，适于随伴步兵迅速隐蔽地行动。迫击炮主要配杀伤爆破榴弹，用于歼灭、压制暴露的和隐蔽的有生力量和技术兵器，破坏铁丝网和障碍物；还配有烟幕弹、照明弹、宣传弹和其他特种炮弹，可完成多种战斗任务。

迫击炮按炮膛结构分力滑膛式和线膛式；按装填方式分为前装式和后装式；按运动方式分为便携式、驮载式、车载式、牵引式和自行式。

迫击炮通常由炮身、炮架、座钣和瞄准具组成。炮身与座钣通过炮杵和驻臼成刚性连接。身管以滑膛居多，炮尾内大多有发火装置。触发射击时，击针呈外突状态，炮弹从炮口装填，靠下滑的炮弹撞击击针，击发底火；拉发射击时，击针呈收回状态，炮弹入膛后，靠拉火机的击锤撞击击针，击发底火。发射时，炮身的后坐力直接经座短传至地面，靠土壤的变形吸收后坐能量，控制后坐运动。炮架由脚架、缓冲机、螺杆式高低机与方向机等部件构成。脚架主要起支撑炮身的作用。缓冲机使炮身与炮架成弹性连接，发射时使炮身沿炮膛轴线后坐，减小射弹散布。

第一次世界大战初期，由于堑壕战的发展，各国开始重视迫击炮的发展和利用。英国斯托克斯迫击炮，性能较好。1927年，法国制成的结构更加完善的斯托克斯-布兰特 81 毫米迫击炮，发射同口径滴状带尾翼的迫击炮弹，在炮身与脚架间安装了缓冲机，使射击密集度显著提高。1931年，中国制造的 82 毫米迫击炮，战斗全重 68 千克，弹重 3.8 千克，最大射程 2850 米，最小射程 100 米。第二次世界大战中，迫击炮的使用更加广泛，自行迫击炮也开始装备。20 世纪 60 年代以来，由于采用了新结构、新材料、新技术及配用火箭增程弹，使迫击炮性能不断提高，增大了射程，减轻了重量，缩短了反应时间。自行迫击炮也有所发展。1963年，英国装备的 L1A1 式 81 毫米迫击炮，采用耐高温的高强度合金钢锻制身管、可折叠的“K”字形炮架和锻铝座钣，弹上装有塑料闭气环，增大了射程，减轻了重量，并配用手持式计算机，2 秒钟内可精确解算出射击诸元。迫击炮将通过减轻重量和实现自行以提高机动性；配用特种弹以增大射程和提高反装甲能力。

高射炮

高射炮指从地面对空中目标射击的火炮。它炮身长，初速大，射界大，射速快，射击精度高，多数配有火控系统，能自动跟踪和瞄准目标。高射炮也可用于对地面或水上目标射击。

高射炮的原理和构造与一般火炮基本相同。它装有半自动或全自动炮闩，有机械化或自动化装填机构，可连续地自动地装填和发射；大多装有随动装置，能自动瞄准和追随目标。大、中口径高射炮还装有引信测合机，自动装定引信分划。小口径高射炮一般装有自动瞄准具，能不断地计算射击诸元。牵引式高射炮通常采用十字形或三角形炮床，使火炮具有 360° 方向射界。

高射炮按运动方式分为牵引式和自行式高射炮。按口径分为小口径、中口径和大口径高射炮。口径小于 60 毫米的为小口径高射炮，60 ~ 100 毫米的为中口径高射炮，超过 100 毫米的为大口徑高射炮。小口径高射炮有的弹丸

配用触发引信，靠直接命中毁伤目标；有的配用近炸引信，靠弹丸破片毁伤目标。大、中口径高射炮的弹丸配用时间引信和近炸引信，靠弹丸破片毁伤目标。

第一次世界大战前夕，德国和法国出现了高射炮。第一次世界大战中，参战国主要装备有 75 毫米、76.2 毫米和 105 毫米高射炮，同时还出现了自行高射炮。这一时期，高射炮炮弹的初速为 600~760 米/秒，发射速度为 15~150 发/分，最大射高为 6000~8000 米，炮上装有简易的瞄准装置，并编制了射表，装填和发射由人工操作。20 世纪 30 年代，军用飞机性能有了明显提高，高射炮也得到较大改进。小口径高射炮配有自动瞄准具，瞄准速度快，发射速度高，操作灵活，初速为 800~900 米/秒，发射速度为 150~400 发/分，最大射高达 6000 米。中口径高射炮配用高炮射击指挥仪，炮上装有手摇对针瞄准系统，并采用半自动炮闩、引信测合机和装填机构，初速达 880 米/秒，发射速度 20~25 发/分，最大射高为 10000~13000 米。

第二次世界大战中，随着飞机飞行高度的提高，出现了 120 毫米和 128 毫米等大口径高射炮，炮瞄雷达和火炮随动装置相继出现，近炸引信的使用，使射击精度和毁伤概率进一步提高。

60 年代以来，有些国家用地空导弹逐步取代了大、中口径高射炮。但由于地空导弹在低空存在射击死区，小口径高射炮仍然获得发展。其初速达 1200 米/秒，发射速度 300~1000 发/分；炮上装有初速测定仪和炮架自动调平装置，提高了射击精度；采用多管联装，提高了发射速度，增大了火力密度。还出现了炮瞄雷达、光电跟踪和测距装置、火控计算机与火炮结合为一体的自行高射炮系统，提高了机动性和射击效果，改善了防护性能，并装有稳定器以提高行进间射击的能力。

自行火炮

自行火炮指同车辆底盘构成一体自身能运动的火炮。自行火炮越野性能好，进出阵地快，多数有装甲防护，战场生存力强，有些还可浮渡。自行火炮的使用，更有利于不间断地实施火力支援，使炮兵和装甲兵、摩托化步兵的战斗协同更加紧密。

自行火炮主要由武器系统、底盘部分和装甲车体组成。武器系统包括火炮、机枪、火控装置和供弹装填机构等。为减小炮身后坐量，多采用效率较高的炮口制退器；为减少战斗室内的火药燃气，炮身上装有抽气装置；为提高射速和减轻装填手的劳动强度，多采用半自动或全自动供弹装填机构。底盘部分包括动力装置、传动装置、行动装置和操纵装置，通常采用坦克或装甲车辆底盘，有的则是专门设计的。车体的装甲材料主要有钢质和铝合金两种，厚度一般为 10~50 毫米，前装甲较厚，其他部位较薄。

自行火炮除按炮种分类外，还可按行动装置的结构形式分为履带式、轮胎式和半履带式；按装甲防护可分为全装甲式（封闭式）、半装甲式（半封闭式）和敞开式。全装甲式车体通常是密闭的，具有对核武器、化学武器和生物武器的防护能力。

自行火炮出现于第一次世界大战期间。第二次世界大战时，随着坦克的普遍使用，自行火炮作为有力的支援武器，得到迅速发展。这一时期的自行火炮主要是反坦克炮，炮塔为固定式，方向射界很小。战后，美、苏等国均

重视自行火炮的发展，研制和装备了多种类型的自行火炮，并不断地改进其战术技术性能。美国在 50 年代制造的 M44 式 155 毫米自行榴弹炮，身管长为口径的 23 倍，射程 14600 米，炮塔为敞开式，方向射界 60°，采用汽油发动机，最大行程 120~150 公里；60 年代改型为 M109 式，采用全装甲防护、密闭式旋转炮塔，改用柴油发动机，行程增大到 360 公里；70 年代又改型为 M109A1 式和 M109A2 式，身管长为口径的 39 倍，射程达 1800 米。

自行火炮将在提高火炮性能的同时，进一步改进发动机，选用或设计更加合理的底盘，延长使用寿命，改善操纵和维修性能。

牵引火炮

牵引火炮指靠机械车辆牵引而运动的火炮。牵引火炮均有运动体和牵引装置，有的还带有前车。运动体包括车轮、缓冲器和制动器，车轮采用海绵胎或充气胎。有的牵引火炮在炮架上装有辅助推进装置，用以在火炮解脱牵引后驱动火炮进出阵地和短距离行军，或在通过难行地段时驱动火炮车轮与牵引车一起运动。有些长身管的牵引火炮，炮身可回拉或调转 180°，以缩短火炮成行军状态时的长度。第一次世界大战期间，随着汽车和拖拉机的使用，出现了牵引火炮。第二次世界大战时，机械车辆牵引成为火炮运动的一种基本方式。牵引火炮结构简单，造价低，易于操作和维修，可靠性好，有些国家在发展自行火炮的同时，仍重视牵引火炮的发展。

航空机关炮

航空机关炮指安装在飞机上的口径在 20 毫米以上的自动射击武器。简称航炮。口径多为 20~30 毫米，最大射程约 2000 米。同地面火炮相比，它的射速高，结构紧凑，重量轻。航炮与机载火力控制系统、射击装置构成航炮射击武器系统。航炮可分为单管式、转膛武和多管旋转式。单管式由一个炮管和一个弹膛组成，利用火药燃气能量，完成自动工作程序，射速 400~1350 发/分；转膛式由一个炮管和一个可旋转的弹膛组组成，利用身管后座或导出的火药燃气能量，使鼓轮旋转，依次对正炮管，进行击发，射速 1200~1800 发/分；多管旋转式由 3~7 个炮管和相应的弹膛组成，在外部能源作用下，炮管和转轮高速旋转，机心沿导槽运动，完成自动循环动作，射速 1500~6600 发/分。1916 年，法国首先在飞机上安装使用 37 毫米的机关炮。1936 年，前苏联制成 20 毫米“斯瓦克”航炮。第二次世界大战中，航炮成为主要的航空射击武器。20 世纪 50 年代，由于装备了空空导弹，航炮在一些飞机上被取消。60 年代，经越南战争和中东战争实践证明，航炮仍是不可缺少的航空近代武器。航炮正向提高射速和初速的方向发展。

舰炮

舰炮指装备在舰艇上的海军炮。是舰艇的主要武器之一。用于射击水面、空中和岸上目标。

舰炮按口径区分，有大、中、小口径炮；按管数区分，有单管、双管和多管联装炮，按防护结构区分，有炮塔炮、护板炮和敞开式炮；按自动化程度区分，有全自动炮、半自动炮和非自动炮；按射击对象区分，有平射炮和

平高两用炮；按战斗使命和任务区分，有主炮和副炮。

舰炮由基座、起落部分、旋回部分、瞄准装置、拖动系统、弹药输送系统、电气系统和引信测合机等构成。舰炮及其弹药和火控系统组成舰炮武器系统。

现代舰炮的口径一般在 20 ~ 203 毫米之间，通常采用加农炮，自重平衡，多管联装，具有重量较轻、结构紧凑、射界较大、发射率较高、操纵灵活、瞄准快速、命中率高和弹丸破坏威力大等特点，能适应舰艇的负载和空间限制，在海上运动、摇摆条件下，有效地射击高速运动的点目标。装备有由雷达、光学和光电观测器材、平台罗经和计算机等组成的火控系统，能自动测定目标要素、计算射击诸元，保证在昼夜近乎全天候条件下，准确、适时地射击。使用的弹药有适于打击各种目标的穿甲弹、爆破弹、杀伤弹、空炸榴弹和特种弹。

公元 14 世纪出现火炮，随后也装上了军舰。最初的舰炮是古老的臼炮。直到 18 世纪末，其结构和陆炮相同，都是用生铁、铜和青铜铸造的滑膛炮，配置在多层甲板的两舷，故称为舷炮。大型战舰装备火炮百余门。火炮成为舰艇的主要武器，舷炮战成为海战的主要手段，使接舷战和撞击战降居次要地位。1861 年，北美首先建造了有旋转炮塔甲板炮的炮舰“莫尼多尔”号。这种甲板炮较之舷炮，在保持同等火力的情况下，门数可大量减少。随着后装线膛炮的发展，无烟火药和高能炸药的采用，舰炮的口径不断增大，结构和性能不断改进，加之装备了光学测距仪、炮瞄雷达和射击指挥仪等，舰炮的射程、发射率、命中率和弹丸破坏力等都有很大提高，运用舰炮的战术也随之不断发展。至第二次世界大战前，舰炮一直作为水面战斗舰艇进行海战的主要武器。

20 世纪 60 年代，精确制导反舰武器的出现，使舰炮的地位发生了显著变化。但舰炮依然是水面战斗舰艇不可缺少的武器。舰炮将进一步提高快速反应能力和自动化程度，增大发射率，提高精度，采用闭环校射技术，研制发展新型炮弹和引信以增大对目标的毁伤率，提高对掠海面或末端俯冲导弹等高速目标及岸上目标的打击能力。

海岸炮

海岸炮指配置在沿海重要地段、岛屿和水道两侧的海军炮。简称岸炮。是海军岸防兵的主要武器之一。主要用于射击海上舰船，封锁航道，也可用于对陆上和空中目标射击。

海岸炮有固定式和移动式两种。固定式海岸炮一般配置在永备工事内；移动式海岸炮有机械牵引炮和铁道列车炮。按其口径、管数、防护结构、操作条件和射击性能，又有大、中、小口径炮，单管、双管、多管炮、炮塔炮，护板炮，敞开式炮，自动、半自动、非自动炮，平射炮、平高两用炮等区分。

初期的海岸炮与陆炮相同，以后逐步发展成专用的海岸炮。20 世纪初，海岸炮和舰炮统一了建造规格，统称为海军炮。现代海岸炮的口径一般为 100 ~ 406 毫米，射程为 30 ~ 48 公里，火炮连同指挥仪、炮瞄雷达、光电观测仪等组成海岸炮武器系统，能自动测定目标要素，计算射击诸元，在昼夜条件下对目标射击。具有投入战斗快、战斗持久力强、不易干扰、射击死角小、命中概率高、穿甲破坏力强等特点，是海岸防御作战中的有效武器。其

发展趋势主要是增大射程，提高命中概率和破坏力，实现指挥和射击的自动化，以及研制车载自行海岸炮等。

三、坦克、装甲车辆

【坦克】

坦克指具有强大直射火力、高度越野机动性和坚强装甲防护力的履带式装甲战斗车辆。“坦克”一词系英语“tank”的音译，原意是储存液体或气体的容器。当这种战斗车辆首次参战前，为保密而取用这个名称，一直沿用至今。它是地面作战的主要突击兵器和装甲兵的基本装备，主要用于与敌方坦克和其他装甲车辆作战，也可以压制、消灭反坦克武器，摧毁野战工事，歼灭有生力量。现代主战坦克能充分利用核突击和火力突击的效果，在行进间通过放射性沾染区和水障碍。

组成

坦克由武器系统、推进系统、防护系统、通信设备、电气设备以及其他特种设备和装置组成。坦克武器系统包括武器和火力控制系统；坦克推进系统包括动力、传动、行动和操纵装置；坦克防护系统包括装甲壳体和各种特殊防护装置、伪装器材；坦克通信设备有无线电台、车内通话器等；坦克电气设备有电源、耗电装置、检测仪表等。有些坦克还有潜渡、导向、通风、取暖等特种设备和装置。乘员3~4人，分别担负指挥、射击、驾驶、通信等任务。

分类

20世纪60年代以前，坦克通常按战斗全重、火炮口径分为轻、中、重型。轻型坦克重10~20吨，火炮口径一般不超过85毫米，主要用于侦察警戒，也可用于特定条件下作战。中型坦克重20~40吨，火炮口径最大为105毫米，用于遂行装甲兵的主要作战任务。重型坦克重40~60吨，火炮口径最大为122毫米，主要用于支援中型坦克战斗。英国曾一度将坦克分为“步兵”坦克和“巡洋”坦克。“步兵”坦克装甲较厚，机动性较差，用于伴随步兵作战。“巡洋”坦克装甲较薄，机动性较强，用于机动作战。

60年代以来，多数国家将坦克按用途分为主战坦克和特种坦克。主战坦克取代了传统的中型和重型坦克。是现代装甲兵的主要战斗兵器，用于完成多种作战任务，特种坦克是装有特殊设备、担负专门任务的坦克，如侦察、空降、水陆两用坦克和喷火坦克等。

简史

乘车战斗的历史，可以追溯到古代。中国早在夏代就有了由狩猎用车演变而来的马拉战车。但坦克的诞生，则是近代战争的要求和科学技术发展的结果。第一次世界大战期间，交战双方为突破由堑壕、铁丝网、机枪火力点组成的防御阵地，打破阵地战的僵局，迫切需要研制一种使火力、机动、防护三者有机结合的新式武器。1915年，英国政府采纳E.D.斯文顿的建议，利用汽车、拖拉机、枪炮制造和冶金技术，试制了坦克的样车。1916年生产了

I 型坦克，分“雌性”和“雄性”两种。车体呈菱形，两条履带从顶部绕上车体，车后伸出一对转向轮。“雄性”装有 2 门口径为 57 毫米的火炮和 4 挺机枪，“雌性”仅装 5 挺机枪。1916 年 9 月 15 日，有 32 辆 I 型坦克首次参加了索姆河会战。大战期间，英、法两国制造了近万辆坦克。主要有：英型、A 型，法“圣沙蒙”、“雷诺”型坦克等。其中，“雷诺”型坦克数量最多（3000 多辆），性能较好，装有单个旋转炮塔和弹性悬挂装置，战后曾为其他国家所仿效。这些早期坦克重 7~28 吨，装有 1~2 门中小口径、低初速火炮和数挺机枪，或仅装机枪，单位功率 2.5~4.9 千瓦/吨，最大时速 6~13 公里，最大行程 35~6 公里，装甲厚度 5~30 毫米。坦克的问世，开始了陆军机械化的新时期，对军队作战行动产生了深远的影响。但由于当时技术条件的限制，坦克的火力较弱，机动性差，机械故障多，乘员工作条件恶劣，只能引导步兵完成战术突破，不能向纵深扩张战果。

两次世界大战之间，一些国家根据各自的作战思想，研制、装备了多种型式的坦克。轻型、超轻型坦克曾盛行一时，也出现过能用履带和车轮互行驶行的轮—履式轻型坦克和多炮塔结构的重型坦克。这一时期的坦克主要有：英“马蒂尔达”步兵坦克和“十字军”巡洋坦克，法“雷诺”R-35 轻型坦克、“索玛”S-35 中型坦克，苏 T-26 轻型坦克、T-28 中型坦克，德 PzKpfw 轻型坦克和 PzKpfw 中型坦克等。这些坦克与早期的坦克相比，战术技术性能有了明显提高，战斗全重 9~28 吨，单位功率 5.3~13.5 千瓦/吨，最大时速 20~43 公里，最大装甲厚度 25~90 毫米，火炮口径多为 37~47 毫米，有的为 75 或 76 毫米。

第二次世界大战期间，交战双方生产了约 30 万辆坦克和自行火炮。大战初期，法西斯德国首先集中使用大量坦克，进行闪击战。大战中、后期，在苏德战场上曾多次出现有数千辆坦克参加的大会战；在北非战场以及诺曼底登陆战役、远东战役中，也有大量坦克参战。与坦克作斗争，已成为坦克的首要任务。坦克与坦克、坦克与反坦克火炮的激烈对抗，促进了坦克技术的迅速发展，使坦克的结构型式趋于成熟，性能得到全面提高，这一时期坦克主要有：苏 T-34 中型坦克、HC-2 重型坦克，德 PzKpfw V“黑豹”式中型坦克、PzKpfw“虎”式重型坦克，美 M4 中型坦克，英“邱吉尔”步兵坦克，“克伦威尔”巡洋坦克，日本 97 式中型坦克等。这些坦克普遍采用装有一门火炮的单个旋转炮塔，中型、重型坦克的火炮口径分别为 57~85 和 88~122 毫米。主要弹种是榴弹，尖头或钝头穿甲弹，并出现了次口径穿甲弹和空心装药破甲弹。坦克发动机的功率多为 260~525 千瓦。开始采用新型的双功率流传动装置和扭杆式独立悬挂装置。最大时速 25~64 公里，最大行程 100~300 公里。为提高车体和炮塔的抗弹能力，改进了外形，增大了装甲倾角（装甲板与垂直面夹角），车首上装甲厚度多为 45~100 毫米，有的达 150 毫米。在第二次世界大战中，坦克经受了各种复杂条件下的战斗考验，成为地面作战的主要突击兵器。

战后至 50 年代，苏、美、英、法等国设计制造了新一代坦克，主要有：苏 T-54 中型、T-55 中型、T-10 重型和 HT-76 轻型（水陆两用）坦克，美 M48 中型、M103 重型和 M41 轻型坦克，英“百人队长”中型和“征服者”重型坦克，法 AMX-13 轻型坦克等。这一时期的中型坦克，战斗全重 36~50 吨，火炮口径 90~105 毫米，炮塔装甲最大厚度 150~200 毫米，发动机功率 390~608 千瓦，单位功率 9~13.5 千瓦/吨，最大时速 34~50 公里，最大行程 100~

500 公里。为了提高战术技术性能，有的坦克开始采用火炮双向稳定器、红外夜视仪、合像式或体视光学侧距仪、机械模拟式计算机、三防（防核、化学、生物武器）装置和潜渡设备。

60 年代，中型坦克的火力和装甲防护，已经达到或超过以往重型坦克的水平，同时克服了重型坦克机动性差的弱点，从而形成了一种具有现代特征的单一战斗坦克，即主战坦克，主要有：美 M60A1、苏 T-62、英“酋长”、法 AMX-30、原联邦德国“豹”I、瑞士 Pz61 和瑞典 Strv103B（简称“S”）坦克等。除“S”坦克无炮塔外，都保持了传统的炮塔式总体结构。这些主战坦克，战斗全重 36~54 吨，火炮口径 105~120 毫米，单位功率 9~15.75 千瓦/吨，最大时速 48~65 公里，最大行程 300~600 公里。主要技术特征是：普遍采用了脱壳穿甲弹、空心装药破甲弹和碎甲弹，火炮双向稳定器、光学测距仪、红外夜视夜瞄仪器，大功率柴油机或多种燃料发动机、双功率流传动装置、扭杆式独立悬挂装置，三防装置和潜渡设备；并降低了车高，改善了防弹外形。有的安装了激光测距仪和机电模拟式计算机。许多国家发展的主战坦克，都优先增强火力，但在处理机动和防护性能的关系上，反映了设计思想的差异。如法 AMX-30 坦克偏重于提高机动性能；英“酋长”坦克偏重于提高防护性能；而苏美等国的坦克，则同时相应提高机动性和防护性能。

现状

70 年代以来，现代光学、电子计算机、自动控制、新材料、新工艺等技术成就，日益广泛应用于坦克的设计制造，使坦克的总体性能有了显著提高，更加适应现代战争要求。

70 年代至 80 年代初，相继出现的主战坦克有：苏 T-72、原联邦德国“豹”、美 M1、英“挑战者”、日本 74 式和以色列·梅卡瓦”等。这些坦克仍优先增强火力，同时较均衡地提高机动和防护性能。总体布置多采用驾驶室在前、战斗室居中、动力-传动装置后置的方案：“梅卡瓦”I 型将动力-传动装置前置，车体后部设有舱室，可载 8 名步兵，兼有步兵战车的作用。这时期新型主战坦克的主要技术特征是：

武器系统多采用高膛压的 105~125 毫米滑膛炮（有的火炮有自动装弹机），炮弹基数 30~60 发，尾翼稳定脱壳穿甲弹成为击毁装甲目标的主要弹种，并多为高密度合金弹芯，穿甲能力大幅度提高。有些坦克炮使用的尾翼稳定脱壳穿甲弹，初速达 1600~1800 米/秒，在通常的射击距离内，可击穿 250~400 毫米厚的垂直均质钢装甲。武器系统普遍装备了以电子计算机为中心的火控系统（包括数字式计算机及各种传感器、火炮双向稳定器，激光测距仪和微光夜视夜瞄仪器等，有的还安装了瞄准线稳定装置和热像仪），缩短了射奇反应时间，提高了火炮首发命中率和坦克夜间作战能力。

推进系统一般多采用 562.5~1125 千瓦的增压柴油机，有的安装了燃气轮机，配有带静液转向的动液传动装置和高强度、高韧性的扭杆式悬挂装置，有的继“S”坦克后采用了可调的液气式悬挂装置，可调整车高，并能使车体俯仰、倾斜，坦克的最大时速达 72 公里，越野时速达 30~55 公里，最大行程 300~650 公里，最大爬坡度约 30 度，越壕宽 2.7~3.15 米，过垂直墙高 0.9~1.2 米，涉水深 1~1.4 米，潜水深 4~5.5 米。

防护系统车体和炮塔的主要部位多采用金属与非金属的复合装甲（通常

在金属板之间填入陶瓷和增强塑料等非金属材料)，以增强抗弹能力。此外，还配有性能良好的三防、灭火、伪装、施放烟幕等特种防护装置和器材，并采取进一步降低车高、合理布置油料和弹药、设置隔舱等措施，使坦克的综合防护能力显著提高。

70年代以来的主战坦克，其火力、机动、防护性能虽有显著提高，但通行能力仍受天候、地形条件的限制，防护薄弱部位仍易遭毁坏，对后勤补给的依赖性较大。由于新部件日益增多，使坦克的结构日趋复杂，成本也大幅度提高。为了更好地发挥坦克的战斗效能，延长寿命，降低成本，在研制中越来越重视提高可靠性、可用性、可维修性和耐久性。

在第二次世界大战后的一些局部战争中，大量使用了坦克和反坦克武器。如第四次中东战争，交战双方参战坦克共5000余辆，损失近3000余辆。各种反坦克武器的发展，特别是采用多种发射方式（包括武装直升机发射）和多种制导方式（包括激光制导）的反坦克导弹的出现，对坦克构成了严重威胁，同时也促进了装甲兵战术的发展和坦克技术性能的提高。

许多国家的军事演习和试验表明，坦克不仅在常规战争中仍将发挥重要作用，而且也较适宜于在使用核武器条件下作战。

中国于50年代后期开始生产59式中型坦克，50年代末、60年代初，设计制造了62式轻型坦克和63式水陆两用坦克。59式坦克战斗全重36吨，装有高低向稳定的100毫米坦克炮和功率为390千瓦的柴油机，最大时速50公里，最大行程440公里。后期生产的59式坦克改进型69式和79式坦克，战斗性能特别是火力有了较大提高。

展望

在未来战争中，为了更好地发挥坦克的快速突击作用，有效地同地面、空中的各种反坦克武器作斗争，许多国家正在利用现代科学技术的最新成就，积极发展新一代主战坦克。在研制中，十分重视在控制坦克重量、尺寸和成本的条件下，较大幅度地提高坦克的摧毁力、生存力和适应性。有的国家还在探索研究新的坦克结构型式，如外置火炮式等。可以预料，在今后一个时期内，传统结构型式的坦克仍将继续发展，但也可能出现其他新的结构型式的坦克。

扫雷坦克

扫雷坦克指装有扫雷器的坦克。用于在地雷场中为坦克开辟通路。扫雷坦克通常在坦克战斗队形内边扫雷边战斗。扫雷器主要有机械扫雷器和爆破扫雷器两类，可根据需要在战斗前临时挂装。

机械扫雷器按工作原理分为滚压式、挖掘式和打击式三种。滚压式扫雷器利用钢质辊轮的重量压爆地雷，重7~10吨。挖掘式扫雷器利用带齿的犁刀将地雷挖出并排到车辙以外，重1.1~2吨。打击式扫雷器利用运动机件拍打地面，使地雷爆炸。滚压式和挖掘式开辟车辙式通路，每侧扫雷宽度0.6~1.3米，扫雷速度每小时10~12公里。打击式开辟全通路，扫雷宽度可达4米，扫雷速度每小时1~2公里。

爆破扫雷器利用爆炸装药的爆表波诱爆或炸毁地雷，开辟全通路。爆炸装药通常为单列柔性直列装药，由火箭拖带落入雷场爆炸，装药量400~1000

千克，火箭射程 200~400 米。在非耐爆雷场中，一次作业时间一般不超过 30 秒，扫雷宽度 5~7.3 米，开辟通路纵深 60~180 米。

第一次世界大战末期，英国在 型坦克上试装了滚压式扫雷器。第二次世界大战期间，英、苏、美等国相继使用了多种坦克扫雷器，如英国在“马蒂尔达”坦克上安装了“蝎”型打击式扫雷器，前苏联在 T-55 坦克上安装了挖掘和爆破扫雷器，美国在 M4 和 M4A3 坦克上分别安装了 T-1 型滚压式和 T5E1 型挖掘式扫雷器等。这些扫雷坦克在战斗中发挥了一定的作用，但扫雷速度低，扫雷器结构笨重，运输和安装困难。20 世纪 50~60 年代，扫雷坦克得到迅速发展，性能也有很大提高。装有滚压式或挖掘式扫雷器的扫雷坦克，减轻了重量，简化了结构，提高了扫雷速度。扫雷器与坦克的联接方式简单可靠，并易于装卸和操作。由于固体燃料火箭技术的发展，英、美、苏等国陆续将火箭爆破扫雷器安装在拖车或坦克上使用。70 年代以来，为了适应在复杂条件下的扫雷需要，一些国家在坦克上安装了挖掘和滚压相结合、挖掘和爆破相结合的混合扫雷装置。许多国家在发展扫雷坦克的同时，还研制和装备了各种专用装甲扫雷车。如前苏联在 T-76 坦克改进型的底盘上安装了三具火箭爆破扫雷器。美国装备了爆破和挖掘相结合的 LVTE 装甲扫雷车。由于多数反坦克车底地雷使用磁感应引信，一些国家已开始研制磁感应扫雷器。

坦克架桥车

坦克架桥车指装有制式车辙桥和架设、撤收装置的装甲车辆。多为履带式。通常用于在敌火力威胁下，快速架设车辙桥，保障坦克和其他车辆通过防坦克壕、沟渠等人工或天然障碍。

1918 年英国研制成 V 型坦克架桥车的实验样车。第一次世界大战后，前苏联、法国、意大利和波兰等国也相继制成了坦克架桥车的实验样车。第二次世界大战期间，一些国家的军队先后装备了用坦克底盘改装的坦克架桥车，如苏 T-26 和 T-34MTy、德 PzKpfl 和 PzKpflw 、英“邱吉尔”坦克架桥车。这一时期的坦克架桥车主要有前置式、翻转式和跳板式三种，对提高坦克部队在战场上的机动能力起到了一定的作用。战后，坦克架桥车的技术性能有显著提高。20 世纪 40 年代后期，英国在翻转式基础上制成了 型剪刀式坦克架桥车。50 年代中期，前苏联在跳板式基础上制成了 MTy-1 平推式坦克架桥车。70 年代以来，剪刀式坦克架桥车的技术性能更趋完善，如捷克斯洛伐克 MT-55 式和英国“酋长”式；随后原联邦德国生产了“海狸”式、前苏联生产了 MTy-2 式多节平推式坦克架桥车。中国于 70 年代开始研制坦克架桥车，80 年代中期装备部队。

坦克架桥车的桥体，多由合金钢或高强度铝合金制成。桥梁的架设和撤收，由乘员在车内操作。多数平推式坦克架桥车，前端装有推上铲，架桥时用于支撑和稳定车体，必要时可用于清除路障。

坦克架桥车战斗全重一般为 30~56 吨，乘员 2~4 人，行军状态车长 11~18.5 米，车宽 3.0~4.3 米，车高 3.0~4.3 米。桥长 12~25 米，桥宽 3~4.2 米，履带式架桥车承载力 40~60 吨。

坦克架桥车将朝着车体轻，单跨长度大，架设和撤收时间短，桥体通用性好等方向发展。

坦克抢救车

坦克抢救车指装有专用救援设备的履带式装甲车辆，亦称坦克抢救牵引车。主要用于野战条件下，对淤陷、战伤和技术故障的坦克实施拖救和牵引后送；必要时，也可用于排除路障和挖掘坦克掩体等。通常装有绞盘、起吊设备、驻铲和刚性牵引装置等，有的还携带拆装工具和部分修理器材。车上通常有两名乘员，还可搭乘2~3名修理人员。第二次世界大战期间，坦克抢救车多用坦克底盘改装，大多依靠车钩牵引完成拖救作业，有的装有绞盘和起吊设备。战后，坦克抢救车普遍安装了绞盘、起吊设备、驻铲和刚性牵引装置等，提高了拖救、抢修和牵引能力。20世纪70年代以来，各国在生产新型坦克的同时，也生产相应底盘的坦克抢救车，并广泛采用液压驱动技术，使作业装置的工作能力，可靠性、自动化程度及总体性能得到较大的改进和提高。

步兵战车

步兵战车指供步兵机动作战用的装甲战斗车辆。主要用于协同坦克作战，也可独立遂行任务。在坦克和机械化（摩托化）部队中，装备到步兵班。步兵可乘车战斗，也可下车战斗。步兵下车战斗时，乘员可用车上武器支援其行动。

20世纪50年代，各国装备的装甲输送车以输送步兵为主，为使步兵能乘车协同坦克作战，增强对付敌方步兵反坦克武器的能力，提高部队的进攻速度，有的国家开始研制步兵战车。1954年法国利用AMX-13轻型坦克底盘研制了一种装甲输送车，1956年装备部队。该车载员舱两侧及后车门上开有射击孔，步兵面向外坐，可乘车射击，为步兵乘车作战创造了一定的条件。最初车上安装一挺7.5毫米机枪，后经改进，加强了火力，称为AMX-VC1步兵战车。

1967年苏军装备了BM步兵战车。20世纪70年代，一些国家的军队也先后装备了步兵战车，其主要型号有：原联邦德国“黄鼠狼”、法AMX-10P和南斯拉夫M980等。80年代初，美军装备了M2步兵战车。陆军装备步兵战车后，加强了火力和防护力，提高了机动作战能力，使陆军的机械化和装甲化达到了新的水平。

步兵战车分履带式和轮式两种，除底盘不同外，总体布置和其他结构基本相同。履带式步兵战车越野性能好，生存力较强，是现装备的主要车型。轮式步兵战车造价低，耗油少，有的国家已少量装备部队。步兵战车由推进系统（动力、传动、操纵、行动装置），武器系统（武器及火控系统），防护系统（装甲壳体及其他特种防护装置与器材）和通信、电气设备组成。动力和传动装置位于车体前部，炮塔安装在车顶中部，步兵战斗室设在车体后部。后车门较宽大，多采用跳板式，便于步兵迅速、隐蔽地上下车。车上通常装有1门20~30毫米高平两用机关炮、1~2挺机枪和1具反坦克导弹发射架。步兵战斗室两侧和后车门通常开有射击孔，每个射击孔的上方装有观察镜，便于步兵乘车战斗。有的车内还装有空调和通风排烟设备。

步兵战车战斗全重12~28吨，乘员2~3人，载员8~9人。一般能水陆两用。履带式步兵战车，陆上最大时速65~75公里，水上最大时速6~8公

里，陆上最大行程可达 600 公里。最大爬坡度约 31 度。越壕宽 1.5~2.5 米，过垂直墙高 0.6~1 米。车体和炮塔通常由高强度合金钢或轻金属合金材料制成，最大装甲厚度达 30 毫米。车体和炮塔的正面，可抵御从 1000 米距离上发射的 20 毫米穿甲弹，侧面可抵御普通枪弹及炮弹破片。机关炮最大射速每分钟可达 1000 发，有效射程可达 2000 米，可发射榴弹、穿甲弹和脱壳穿甲弹等，用以击毁轻型装甲车辆、步兵反坦克武器，歼灭有生力量，并能对低空目标射击。反坦克导弹射程为 3000~4000 米，破甲厚度 400~800 毫米。苏 M 步兵战车装有 1 门 73 毫米低膛压滑膛炮，有的还配有 3PK“箭”式单兵（便携式）防空导弹系统，射手可在车上或下车操作导弹对空射击。20 世纪 80 年代初，前苏联生产的步兵战车主要武器改为 1 门 30 毫米机关炮。

利用步兵战车底盘，可改装成指挥车、侦察车，炮兵观察车、修理工程车和救护车等多种变型车。

对于步兵战车的发展前景主要有三种观点：一是用坦克底盘发展装甲防护力较强的重型步兵战车；二是研制一种坦克与步兵战车合为一体的战斗车辆；三是继续发展现有轻型步兵战车。

装甲输送车

装甲输送车指设有乘载室的轻型装甲车辆。主要用于战场上输送步兵，也可输送物资器材。具有高度机动性、一定防护力和火力，必要时，可用于战斗。分履带式和轮式两种。在机械化步兵（摩托化步兵）部队中，装备到步兵班。

装甲输送车由装甲车体、武器、推进系统（动力、传动、操纵、行动装置）、观瞄仪器、电气设备、通信设备和三防（防核、化学、生物武器）装置等组成。动力和传动装置通常位于车体前部，后部为密封式乘载室。有的乘载室装有空调设备，采取降低噪音和减震措施，使载员乘坐舒适，减轻疲劳。车尾有较宽的车门，多为跳板式，便于载员迅速隐蔽地上下车。有的乘载室两侧和后部开有射击孔。这种车的装甲通常由高强度合金钢制成，有的采用铝合金，可抵御普通枪弹和炮弹破片。车上通常装有机枪，有的装有小口径机关炮。利用装甲输送车底盘，可改装成装甲指挥车、装甲侦察车、自行火炮、火炮牵引车、反坦克导弹或地空导弹发射车、修理工程车和装甲救护车等变型车。

多数装甲输送车的战斗全重 6~16 吨，车长 4.5~7.5 米，车宽 2.2~3 米，车高 1.9~2.5 米，乘员 2~3 人，载员 8~13 人，最大爬坡度 25~35 度，最大侧倾行驶坡度 15~30 度。履带式装甲输送车陆上最大时速 55~70 公里，最大行程 300~500 公里。轮式装甲输送车陆上最大时速可达 100 公里，最大行程可达 1000 公里。履带式和四轴驱动轮式装甲输送车越壕宽约 2 米，过垂直墙高 0.5~1 米。多数装甲输送车可水上行驶，用履带或轮胎划水，最大时速 5 公里左右，装有螺旋桨或喷水式推进装置的，最大时速可达 10 公里。

第一次世界大战末期，英国研制了履带式和轮式装甲输送车。战后，美国和德国研制了半履带式装甲输送车。第二次世界大战初期，德军装甲师的步兵装备了装甲输送车，英、美、加拿大和日本等国军队也相继装备。当时的装甲输送车顶部大多为敞开式或半敞开式。装甲输送车的出现，显著地提高了步兵的机动能力。第二次世界大战后，装甲输送车得到迅速发展，许多国家把装备这种车的数量作为衡量陆军机械化程度的标志之一。有些国家的

装甲输送车增设小型炮塔，安装小口径机关炮，将射击孔改进为活动的球形枪座，采用全自动传动装置和性能良好的悬挂装置。中国于 20 世纪 50 年代后期开始研制装甲输送车，60 年代初装备部队。

装甲输送车造价较低，变型性能较好，但火力较弱，防护力较差，多数车乘载室的布置不便于步兵乘车战斗。步兵战车出现后，有的国家认为步兵战车将取代传统的装甲输送车；多数国家认为两种车的主要用途不同，应同时发展。

装甲指挥车

装甲指挥车指配备多种电台和观察仪器，用于部队作战指挥的轻型装甲车辆。有履带式 and 轮式两种。通常利用装甲输送车或步兵战车底盘改装，具有与基型车相同的机动性能和装甲防护力。多数装有机枪，乘员 1~3 人。指挥室较宽敞，装有多部无线电台、1~3 部接收机。一套多功能的车内通话器，多种观察仪器以及工作台、图板等。可乘坐指挥员、参谋和电台操作人员 2~8 人，有的指挥车还装有有线遥控装置、辅助发电机和附加帐篷等。在固定地点实施指挥时，指挥人员还可通过有线遥控装置，在距车 1~2 公里范围内，使用车上电台。辅助发电机用来给车上的蓄电池组充电。也可在车尾架设附加帐篷，构成车外工作室。

第一次世界大战期间，英国用 VI 型坦克，拆去火炮，安装无线电报设备，改装成装甲指挥车，投入战场使用。法国用“雷诺”F.T. 坦克改制成 T.S.F. 指挥车。第二次世界大战期间，为了解决坦克和机械化（摩托化）步兵部队的作战指挥，英、美、德、法等国曾用履带式、半履带式和轮式装甲车辆改制成指挥车，车上一般不安装武器，通信设备的品种少，性能较差。战后，随着无线电技术的迅速发展，装甲指挥车的性能得到提高，能较好地保证指挥员在机动作战中实施不间断的指挥。

由于陆军机械化、装甲化程度的提高，有些国家已把装甲指挥车列入装甲车辆车族系列，并扩大了装备范围。为适应现代条件下作战指挥的需要，装甲指挥车的通信设备将朝着功能更加齐全，进一步提高自动化程度，增强保密和抗干扰能力的方向发展。

装甲侦察车

装甲侦察车指装有侦察设备的装甲战斗车辆，主要用于实施战术侦察。分履带式和轮式两种。

现代装甲侦察车装有多种侦察仪器和设备。其中，大倍率光学潜望镜用于在能见度良好的昼间进行观察，对装甲车辆的最大观察距离为 15 公里左右。红外夜视观察镜、微光瞄准镜、微光电视观察系统和热像仪用以进行夜间侦察。微光瞄准镜最大观察距离：星光下为 1200 米，月光下为 2000 米；热像仪是一种被动式红外侦察器材，观察距离有的可达 3000 米。激光测距仪在能见度良好条件下，可测量 20 公里内目标的距离，误差约 10 米。侦察雷达是一种主动式电子侦察器材，具有全天候侦察能力，最大探测距离约 20 公里，误差一般为 10~20 米。车上装有较完善的通信设备，可将侦察的情报及时准确地报告指挥机关。有的车上还装有地面导向仪、红外报警器、地面

激光目标指示器、核辐射及毒剂探测报警器等。

装甲侦察车的外廓尺寸小、重量轻、速度快。战斗全重6~16吨，个别的达19.5吨，乘员3~5人。车长4.4~7.7米，车宽2.1~2.9米，车高1.9~2.8米。车上通常装有20~30毫米机关炮和7.62毫米机枪，有些车装有76~105毫米火炮或14.5毫米机枪。履带式装甲侦察车陆上最大爬坡度35度，越壕宽可达2.1米，过垂直墙高0.7米。轮式装甲侦察车陆上最大时速105公里，最大行程800公里，最大爬坡度27度，越壕宽可达1.9米，通过垂直障碍高0.4米。水上最大时速：履带划水6.45公里，轮胎划水5公里，装有喷水推进装置的可达10公里。

随着科学技术的迅速发展，新型装甲侦察车的侦察设备将朝着高生存力、全天候、远距离和多样化的方向发展。

四、舰艇

【舰艇】

舰艇指活动于水面或水中，具有作战或保障勤务所需的战术技术性能的军用船只。是海军的主要装备。用于海上机动作战，进行战略核突击，保护己方或破坏敌方的海上交通线，进行封锁反封锁，支援登陆抗登陆等战斗行动，遂行海上侦察、救生、工程、测量、调查、运输、补给、修理、医疗、训练、试验等保障勤务。

舰艇一般由船体结构，动力装置，武器系统，观察、通信和导航系统，船舶装置和船舶系统，防护系统，特种装置和特种设备，工作、生活舱室，油、水、弹舱和各种器材舱等组成。具有坚固的船体结构，较高的航速，良好的抗沉性、耐波性和操纵性，与其使命相适应的战斗能力和勤务保障能力。

舰艇通常区分为战斗舰艇和勤务舰船两大类。

战斗舰艇

战斗舰艇分为水面战斗舰艇和潜艇。按其基本任务的不同，又区分为不同的舰种。水面战斗舰艇有：航空母舰、战列舰、巡洋舰、驱逐舰、护卫舰，护卫艇、鱼雷艇、导弹艇、猎潜艇、布雷舰、反水雷舰艇和登陆舰艇等。潜艇有：战略导弹潜艇和攻击潜艇等。在同一舰种中，按其排水量、武器装备的不同，又区分为不同的舰级，如美国的“尼米兹”级核动力航空母舰、前苏联的“卡拉”级导弹巡洋舰等。在同一舰级中，按其外型、构造和战术技术性能的不同，又区分为不同的舰型。水面战斗舰艇，标准排水量在500吨以上的，通常称为舰；500吨以下的，通常称为艇。潜艇，则不论排水量大小，统称为艇。战斗舰艇的船体线型都是适于航行的流线型。水面战斗舰艇，按其航行原理的不同，区分为排水型、滑行型、水翼型和气垫型。潜艇通常为水滴型或“雪茄”型。

性能水面战斗舰艇的满载排水量，最小的只有十几吨，最大的近10万吨，航速15~60节，续航力300~8000海里（核动力航空母舰可达70万海里），自给力3~30昼夜，耐波力为3~6级海况下能有效地使用武器、4~9级海况下能安全航行。潜艇的水下排水量500~30000吨，水下航速15~42节；续航力4000~20000海里（核动力潜艇可达10~40万海里），自给力10~90昼夜，下潜深度200~500米。

船体结构水面舰艇的船体结构一般包括甲板以下的主船体和上层建筑。大部分采用钢材和纵式构架，部分扫雷舰艇和快艇采用木材、铝合金或玻璃钢和横式构架。主船体结构最坚固，由1~10层甲板、5~25道水密横隔壁和若干轻隔壁将船体内部分隔成若干舱室，并承受各种外力，以保证舰艇的强度、稳性、浮性、抗沉性和满足舱室布置的要求。上层建筑1~10层，只承受局部外力。潜艇一般包括耐压艇体和非耐压艇体，采用高强度钢材结构；耐压艇体由1~4层甲板、4~11道耐压艇壁分隔成若干舱室。

动力装置航空母舰、巡洋舰多数采用蒸汽轮机，少数采用核动力装置，有的巡洋舰采用燃气轮机或柴油机-燃气轮机联合动力装置。驱逐舰、护卫舰一般采用蒸汽轮机、燃气轮机或柴油机-燃气轮机联合动力装置。登陆舰艇一

般采用蒸汽轮机、柴油机或燃气轮机。反水雷舰艇一般采用柴油机。小型舰艇一般采用柴油机、燃气轮机或柴油机—燃气轮机联合动力装置。潜艇采用柴油机-电动机动力装置或核动力装置。战斗舰艇动力装置的总功率，最小的为数百千瓦，最大的达 220500 千瓦（30 万马力）。推进系统多数采用水螺旋桨推进器，少数采用喷水推进器或空气螺旋桨推进器，桨和轴各为 1~4 个，发电机总功率为数千瓦至数万千瓦。

武器系统现代战斗舰艇的武器装备有：舰载机，导弹，舰炮，鱼雷、水雷，深水炸弹，扫雷具和猎雷设备；电子对抗系统：防核、防化学，防生物武器系统。战斗舰艇按其战斗使命，装备一至数种武器，多以一种武器为主，其余武器为辅。

现代舰艇多装有各种武器的射击指挥控制系统和作战指挥自动化系统。

观察、通信和导航系统现代战斗舰艇装备有各种雷达、声纳、光学器材等观察设备，无线电通信设备和各种导航设备，组成较完善的观察、通信和导航系统以及舰艇内部通信系统。

船舶装置和船舶系统现代战斗舰艇有锚、舵、小艇和系泊、拖曳、减摇等装置，消防、洗消、空调、淡水、排水、污水、疏水、喷注和灌注等系统。

勤务舰船

勤务舰船亦称辅助舰船或军辅船。用于海上战斗保障、技术保障和后勤保障等勤务。船体多为排水型，钢材结构，采用柴油机或蒸汽轮机动力装置。满载排水量，小的只有十几吨，大的达数万吨。航速 30 节以下。勤务舰船装备有适应其用途的装置和设备，有的装备有自卫武器，按用途区分为：(1) 侦察船，用于海上侦察。有电子侦察船、海洋监视船等。(2) 通信船，用于海上通信。有通信中继船、卫星通信船等。(3) 海道测量船，用于海区 and 航道测量。(4) 海洋调查船，用于对海洋的地质、地貌、水文、气象、物理、化学、生物等方面进行调查。(5) 防险救生船。(6) 工程船。(7) 破冰船。(8) 试验船，用于武器装备的试验。有武器试验船和设备试验船等。(9) 训练舰船，用于海上训练或训练保障。有练习舰（艇）、靶船等。(10) 供应舰船。(11) 运输舰船。(12) 修理船，用于对海上舰艇及其武器装备的修理。(13) 医院船。(14) 基地勤务船，用于基地、港口内部勤务。有港内运输艇、供应艇、交通艇、港口拖船、灯标（浮标）船、带缆艇、消防艇和废油回收艇等。

简史

舰艇的发展历史悠久，可分三个时期。

古代战船随着水上战争的出现，舟船开始用于战争。并逐渐发展成为各种专用战船。中国和东地中海一些国家是古代战船建造的先驱。早期的古代战船是桨船。据史料记载，中国商朝末年（公元前 11 世纪），周武王伐纣时曾使用舟船运兵渡河。春秋时期（公元前 770~前 476），中国古代战船已有了适应战斗需要的型制。一些沿海诸侯国把战船划分为“大翼”、“中翼”、“小翼”、“突冒”等，并有“余皇”一类的战船作为王船（旗舰）。西汉初期，战船有了进一步发展，主要战船——“楼船”高十余丈。三国时期，最大的楼船高 5 层。唐朝的李皋（733~792）发明了行驶轻捷的车轮船。11

世纪，中国四大发明之一的指南针装上战船。1130年，宋朝杨么起义军使用的车轮船，最大的装有24个车轮，对称安装于两舷，用人力踏动，行驶迅速。明朝初期，郑和（1371~1435）七次下西洋，所用“宝船”长44丈4尺（约137米），宽18丈（约56米），张12帆，是当时世界上最大的海船，明洪武（1368~1398）初年，战船上装备了碗口铳。

在地中海地区，古代埃及、罗马、腓尼基、迦太基、希腊、波斯等国都曾建立过海上舰队。公元前3世纪，有了单列、双列桨战船。

桨船为平底木船，靠人力划桨前进，般速较低，只适于在内河、湖泊和沿岸海区活动。船上战斗人员使用刀、矛、箭、戟、弩炮、投掷器和纵火器等交成。有的战船，船首有尖锐的冲角或犁头，用以撞沉或犁沉敌船。中国古代桨船，装备有公输般发明的钩拒，对敌船“退则钩之，进则拒之”，较大的战船还装有用以打击敌方战船的长的拍杆。这些都是近战格斗的有力战具。古罗马桨船采用两端带钩的按舷板，以利于进行接舷战。

风帆战船以风力为主要动力，船体也是木质，但结构较坚固，吨位增大，船型狭长，船舷高，航海性能较好，能远离海岸活动。16~17世纪，有了排水量为一千数百吨、2~3层甲板、装有几十门到上百门火炮的大型战船——战列舰。至19世纪中叶，战列舰的排水量达4000吨，航速10~14节，装备舰炮一百数十门。随后又出现了较战列舰吨位小、舰炮门数少、航速高，适于远洋巡航作战的巡洋舰。

在风帆战船发展的同时，适应舰队远洋作战需要的勤务船只也得到了相应的发展，主要是运送兵员和为舰队运送补给品的运输船。

近代舰艇19世纪初，军舰采用了蒸汽机，出现了明轮蒸汽舰。19世纪40年代，出现了螺旋桨推进器蒸汽舰，舰炮从滑膛炮过渡到线膛炮，从发射球形实心弹过渡到发射圆锥形爆炸弹，从固定的舷炮发展到可旋转的炮塔炮。随着舰炮射程、命中率和破坏力的提高，迫使大型军舰采用装甲防护，出现了装甲舰。19世纪下半叶开始，船体材料逐步由钢材取代木材。大型军舰的排水量增至1万吨以上，装备大功率蒸汽动力装置，具有更良好的机动性能，装备更多的武器，携带更多的燃料和军需品，使舰艇的战斗力大大提高。鱼雷和近代水雷问世后，出现了鱼雷艇、驱逐舰、布雷舰等中小型舰艇。鱼雷艇的出现，使巨舰大炮制胜的海战传统观念遇到了挑战，正如F.恩格斯在《反杜林论》（1878）中指出的“最小的鱼雷艇将因此要比威力最大的装甲舰厉害”（《马克思恩格斯选集》第三卷第213页）。因此迫使大型军舰采取水下防护措施，如设置多层防雷隔舱等。中国近代海军始于清同治初，曾拥有装甲舰、巡洋舰、炮舰、鱼雷艇等130多艘，约12万吨。中国于1889年建造的“平远”号巡洋舰，1902年建造的“建成”号和“建安”号鱼雷快船（即驱逐舰），都是当时性能较好的军舰。

20世纪初期，各主要海军国家大力发展装甲舰和装甲巡洋舰，以后分别改为战列舰和战列巡洋舰，排水量增至4万吨左右。同时出现了潜艇、护卫舰、扫雷舰艇、水上飞机母舰等新舰种。第一次世界大战前夕，英、法、俄、意、德、奥等国海军的主要战斗舰艇有战列舰、战列巡洋舰、巡洋舰、驱逐舰和潜艇共1200余艘，在战争中显示了很大威力。第一次世界大战期间，各国的勤务舰船从开始时的430万吨发展到3000万吨。战后，一些海军国家继续建造战列舰、巡洋舰、驱逐舰、潜艇和大批快艇，并出现了航空母舰。

第二次世界大战前夕，英、美、法、德、意、日等国海军有战列舰、航

空母舰、巡洋舰、驱逐舰和潜艇共一千数百艘，还有大量小型舰艇。第二次世界大战期间，航空母舰和潜艇发挥了显著作用，得到了迅速发展，成为海军的重要突击兵力。战列舰难以发挥它过去那种主力舰的作用，且易于遭受攻击，战后各国不再建造。80年代，美国又将“新泽西”号、“艾奥瓦”号、“密苏里”号战列舰装备导弹重新服役。为适应登陆作战、反潜战和反水雷作战的需要，一些国家建造了大批登陆舰艇、猎潜舰艇和反水雷舰艇。舰载机、鱼雷、水雷的不断革新，雷达、声纳等探测设备的广泛应用，舰用蒸汽轮机和柴油机的不断改进，造船材料和工艺的不断发展，使战斗舰艇的战术技术性能大为提高，勤务舰船的种类和数量也有了进一步发展。

现代舰艇第二次世界大战后，随着现代科学技术和造船工业的迅速发展，舰艇的发展进入了崭新的阶段。50年代初期，航空母舰开始装备喷气式飞机和机载核武器。50年代中期，第一艘核动力潜艇建成服役。50年代末，导弹开始装备在舰艇上。60年代，出现了导弹巡洋舰，导弹驱逐舰，战略导弹核动力潜艇，核动力航空母舰，核动力巡洋舰和直升机母舰等。70年代以来，出现了搭载垂直/短距起落飞机的航空母舰，通用两栖攻击舰，导弹、卫星跟踪测量船，海洋监视船等。大中型舰艇大多搭载有直升机，导弹已成为战斗舰艇的主要武器，装备了自动化的舰艇作战指挥系统和火控系统，先进的船舶设备（变螺距螺旋桨、艏转向装置、防摇水舱等）和电子仪器（惯性导航仪、雷达、卫星导航设备等）。水翼技术应用于快艇，气垫技术成功地应用于登陆艇和快艇。造船工业日趋模式化。这些科学技术最新成果的应用，大大提高了舰艇的战术技术性能。

现代勤务舰船也大量采用了新技术，如气垫船型和小水线面双体船型，核动力装置和燃气轮机动力装置，先进的船舶设备和电子仪器。

发展趋势

今后，将有更多的战斗舰艇采用水翼和气垫技术，小水线面双体型船将进入实用阶段。一些大中型战斗舰艇将装备中远程巡航导弹，将有更多的战斗舰艇装备近程巡航导弹、高发射率的密集阵火炮系统和电子对抗系统。更多的中小型舰艇将搭载直升机，将有更多的航空母舰和潜艇采用核动力装置，中小型舰艇将普遍采用柴油机、燃气轮机、柴油机-燃气轮机联合动力装置。还会出现超导电磁推进系统。舰艇的操纵、指挥、通信、导航和武器控制等将实现高度自动化。一些战斗舰艇和勤务舰船的排水量有增大的趋势，防护系统将更加完善，舰员的居住条件将进一步改善。

护卫艇

护卫艇指以小口径舰炮为主要武器，用于在近岸海区执行巡逻、护航等任务的小型水西战斗舰艇。亦称炮艇或巡逻艇。满载排水量数十吨至数百吨，航速10~45节，水翼护卫艇可达70节。装备有37毫米、57毫米舰炮和深水炸弹等武器。它是出现较早的一种战斗舰艇，中国清末海军就装备有炮艇。第一次世界大战后，炮艇逐渐发展成为猎潜艇型的反潜护卫艇。其战斗使命是在近海搜索、监视和攻击敌方潜艇。现代护卫艇装备有速射自动炮、深水炸弹、声纳、雷达、红外探测仪以及低能见度电视和录像设备。中国人民解

放军海军护卫艇部队在解放万山群岛战斗、“八六”海战、崇武以东海战等多次海战中发挥了重要作用，取得了很好的战果。

鱼雷艇

鱼雷艇指以鱼雷为主要武器的小型高速水面战斗舰艇。主要用于在近岸海区与其他兵力协同，以编队对敌大、中型水面舰船实施鱼雷攻击，也可用于反潜、布雷等。现代鱼雷艇有滑翔艇、半滑翔艇、水翼艇3种船型，满载排水量40~200吨。动力装置多数采用高速柴油机，少数采用燃气轮机，航速40~50节。装备有鱼雷2~6条，单管或双管25~57毫米舰炮1~2门，有的还装备有射击指挥系统。鱼雷艇体积小，航速高，机动灵活，隐蔽性好，攻击威力大，但适航性差，活动半径小，自卫能力弱。英国于1877年最先建造了“闪电”号鱼雷艇，随后意大利等国也建造了鱼雷艇。在第一次和第二次世界大战中，鱼雷艇都取得了较大战果。中国人民解放军海军鱼雷艇部队，曾多次参加海战，取得了击沉国民党海军“太平”号护卫舰，“洞庭”号、“永昌”号炮舰，“剑门”号猎潜舰的战果。

由于鱼雷艇造价低廉，建造容易，使用方便，加之现代鱼雷的性能不断提高，它的发展仍将受到世界许多国家的重视。

导弹艇

导弹艇指以舰舰导弹为主要武器的小型高速水面战斗舰艇。主要用于近岸海区作战，在其他兵力协同下，以编队（或单艇）对敌水面舰船实施导弹攻击，也可用于巡逻、警戒和反潜。小、中型导弹艇满载排水量数十至300吨，大型导弹艇满载排水量300~500吨，航速30~40节左右，水翼导弹艇航速50节左右。导弹艇多数采用高速柴油机，有的采用燃气轮机或燃气轮机-柴油机联合动力装置。装备有巡航式舰舰导弹2~8枚，单管或双管20~76毫米舰炮1~2门，有的还装备有鱼雷、水雷、深水炸弹或舰空导弹。艇上有搜索探测、武器控制、通信导航、电子战和以电子计算机为中心的作战指挥等系统，能在最短时间内以最佳方案使用武器。导弹艇吨位小，航速高，机动灵活，攻击威力大。但适航性较差，续航力较小，自卫能力软弱。

20世纪50年代末，前苏联将“P-6”级鱼雷艇改制成“蚊子”级导弹艇，装备“冥河”舰舰导弹，艇长25.5米，满载排水量75吨，航速33节。这是世界上首次出现的导弹艇。1967年10月，埃及用苏制“蚊子”级导弹艇击沉了以色列“埃拉特”号驱逐舰，在海战史上首创导弹艇击沉军舰的战例。在1973年10月第四次中东战争中，以色列的“萨尔”级和“雷谢夫”级导弹艇，成功地干扰了埃及和叙利亚导弹艇发射的几十枚“冥河”导弹，使其无一命中，同时使用“加布里埃尔”导弹和舰炮，击沉击伤对方导弹艇12艘，这是电子战系统对增强舰艇攻防战斗能力所发挥的作用，也是导弹艇击沉同类型艇的首次战例。这些海战的经验，引起了各国海军对导弹艇的重视，竞相发展，到80年代初，有40多个国家共拥有各型导弹艇约750艘。在现代条件下，导弹艇将会有更广阔的发展前景。

猎潜艇

猎潜艇指以反潜武器为主要装备的小型水面战斗舰艇。主要用于在近海搜索和攻击潜艇，以及巡逻、警戒、护航和布雷等。猎潜艇的满载排水量在500吨以下，航速24~38节，水翼猎潜艇可达50节以上，续航力1000~3000海里，自给力3~10昼夜，在3~5级海况下能有效地使用武器，5~7级海况下能安全航行。现代猎潜艇装有性能良好的声纳、雷达，反潜鱼雷发射管4~12个，多管火箭式深水炸弹发射装置2~4座，20~76毫米舰炮1~6座，射击指挥仪和作战指挥自动化系统等，有的还装有舰空导弹。猎潜艇航速较高，搜索和攻击潜艇的能力较强，但适航性较差，续航力和自给力较小，适于在近海以编队形式与潜艇作战。

猎潜艇于第一次世界大战中出现。初期的猎潜艇，满载排水量一般不超过100吨，最大航速10节左右。当时没有声纳，只能用深水炸弹和舰炮攻击下潜不深或浮出水面的潜艇。第二次世界大战期间，猎潜艇的性能有了较大提高，满载排水量已达300吨左右，最大航速约20节，装有火箭式深水炸弹发射装置，大型深水炸弹发射炮或投放器，声纳和指挥仪。现代猎潜艇采用大功率柴油机或燃气轮机动力装置，其机动性能和搜索、攻击潜艇的效能大为提高。前苏联于20世纪60年代建造的“S01”级猎潜艇，满载排水量215吨，最大航速28节，装有5管火箭式深水炸弹发射器4座，深水炸弹滚架2个，深水炸弹24枚。美国于1963年建造的“高点”号水翼猎潜艇，满载排水量110吨，最大航速48节，适航性比其他排水型艇和滑艇高两级海况，装有反潜鱼雷发射管4个，40毫米舰炮1门。加拿大于1960年建造的“布拉·德·奥尔”号水翼猎潜艇，满载排水量237吨，最大航速50~60节，装有三联装反潜鱼雷发射装置4座。

猎潜艇的发展趋势是：提高航速和适航性，增强搜索潜艇的能力和反潜武器的威力，更多地建造全浸式自控双水翼猎潜艇，发展喷水推进系统，进一步应用气垫技术，普遍装备作战指挥自动化系统。排水量有增大的趋势。一些国家正在研制能搭载小型反潜直升机的猎潜艇。

护卫舰

护卫舰指以水中武器、舰炮、导弹为主要武器的轻型军舰。主要用于反潜护航，以及侦察、警戒、巡逻、布雷、支援登陆和保障陆军濒海翼侧等。

第一次世界大战期间，德国实行无限制潜艇战，破坏海上交通线和封锁基地、港口，对协约国造成很大威胁。英、法、俄、美等国为适应反潜护航的需要，先后建造了护卫舰，最初称为护航舰。第二次世界大战期间，护卫舰在海战中得到广泛使用，交战双方在保卫海上交通线，机动编队海战和登陆作战中，都有大量护卫舰参战。

初期的护卫舰满载排水量240~400吨。第二次世界大战期间的护卫舰，满载排水量800~1300吨，航速12~20节，装备76~127毫米舰炮2~3门，20~40毫米高射机关炮8~10门，深水炸弹，鱼雷，并装备了声纳和雷达。20世纪70年代以来，护卫舰装备了导弹。导弹护卫舰满载排水量增大到2000~4000吨(有的已达5000吨以上)，航速30~35节，续航力5000~6000海里，装备76~130毫米高平两用舰炮1~4门，20~40毫米自动高射炮10门左右，以及舰潜、舰舰、舰空导弹，鱼雷，深水炸弹，干扰火箭，并装备

了性能良好的声纳和多种雷达，多数配有反潜直升机 1~2 架。现代护卫舰的反潜、反舰和防空能力有了显著增强，指挥操纵和武器控制系统日益自动化，能兼负驱逐舰的战斗任务，成为有发展前途的舰种之一。

驱逐舰

驱逐舰指以导弹、水中武器、舰炮为主要武器，具有多种作战能力的中型军舰。是海军舰队编成中突击力较强的舰种之一。用于攻击潜艇和水面舰船，舰队防空，以及护航、侦察、巡逻、警戒，布雷、袭击岸上目标等。

1892 年，英国造船技师 A. 亚罗向海军部建议建造一种战斗力强、速度快、能对付鱼雷艇的军舰。1893 年，英国建造了“哈沃克”号鱼雷驱逐舰和“霍内特”号鱼雷艇驱逐舰，长 54.8 米，宽 5.48 米，排水量 240 吨，航速 27 节，这是世界上最早的驱逐舰。1900 年，美国建造了“班布里奇”级驱逐舰，排水量 420 吨，航速 29 节，装备两门舰炮和两个鱼雷发射管。1902 年，中国建造了“建威”号鱼雷快船和“建安”号鱼雷快船，排水量 830 吨，航速 23 节，装备舰炮 8~9 门和鱼雷发射装置，这是当时吨位较大的驱逐舰。第一次世界大战前，英、德、俄、法、美等国共建造了近 600 艘驱逐舰（其中英国为 200 多艘）。这些驱逐舰的满载排水量 1000~1300 吨，航速 30~37 节，多采用燃油的蒸汽轮机动力装置，装备 88~102 毫米舰炮数门和 450~533 毫米鱼雷发射装置 2~3 座。1916 年，俄国建造的“义加斯拉夫”号后改名为“卡尔·马克思”号驱逐舰，排水量 1350 吨，航速 35 节，装备 100 毫米舰炮 5 门，三联装 450 毫米鱼雷发射装置 3 座，这是当时吨位较大、火力较强的驱逐舰。第一次世界大战末期，美国开始建造大型驱逐舰——驱逐舰，以后前苏联等国也建造这种驱逐舰。至 20 世纪 60 年代末，驱逐舰已被淘汰。

导弹驱逐舰出现于 20 世纪 50 年代。美国于 1953 年建造了“米切尔”级导弹驱逐舰，满载排水量 5200 吨，装备“鞑靼人”舰空导弹；70 年代，建造了“斯普鲁恩斯”级导弹驱逐舰，满载排水量 7810 吨，装备“鱼叉”舰空导弹和“海麻雀”舰空导弹。前苏联于 1957 年建造了“基尔丁”级导弹驱逐舰，满载排水量 3500 吨，装备“SS-N-1”舰空导弹；80 年代初，建造了“卡辛”级导弹驱逐舰，满载排水量 4600 吨，装备“SS-N-2C”舰空导弹和“SA-N-1”舰空导弹。

60 年代，美、苏、英、法、加拿大、日本等国将反潜直升机装上了驱逐舰，美国将自动化指挥控制系统也装上了驱逐舰。随后，许多国家建造的驱逐舰也装备了以导弹为主的武器系统。70 年代以来，驱逐舰多采用燃气轮机动力装置续航力相应增大。

今后的发展趋势是进一步增强预警和攻防战斗能力，提高机动和适航性能，采用更先进的动力装置，实现指挥、操纵和武器控制系统的高度自动化，采用电子干扰和反干扰新技术，提高抗击制导武器的能力。

巡洋舰

巡洋舰指一种强有力、多用途的水面战舰。是海军战斗舰艇的主要舰种之一，能在较长时间和恶劣气象条件下，进行远洋机动作战。

巡洋舰装备有与其排水量相称的攻防武器系统，精密的探测计算设备和

指挥控制通信系统。具有较高的航速，较大的续航力和较好的耐波性。通常由数艘组成编队，或参加航空母舰编队担任翼侧掩护，常为旗舰，必要时也可单舰遂行战斗活动。在以往海战中，巡洋舰主要用于海上攻防作战，保卫己方或破坏敌方的海上交通线，支援登陆或抗登陆作战，袭击港口、基地和岸上目标，掩护己方舰艇扫雷或布雷，以及防空、反潜、警戒、巡逻，为舰载机导航等。

在帆船时代，巡洋舰是指舰炮较少，通常不直接参加战列线战斗，而主要用于巡逻，护航的快速炮船。在蒸汽船时代初期，则指明轮巡航炮船。舰船采用螺旋桨推进后，至 19 世纪 60 年代，才开始探索并建造具有近代意义的巡洋舰。

19 世纪末期，主要有装甲巡洋舰和水平装甲巡洋舰。在日俄战争的对马海战中，日本舰队的巡洋舰编队，适时发现了企图避战的俄国舰队并进行跟踪，发挥己方速度优势，钳制和迟滞俄国舰队的前卫队，使日本舰队主力得以及时赶到进行决战，取得了海战的胜利。

第一次世界大战期间，出现了满载排水量为 3000~4000 吨的巡洋舰，动力装置以蒸汽轮机代替蒸汽往复机，以燃油代替燃煤，航速增至 30 节，续航力增大，装备 127~152 毫米舰炮。它能压制对方驱逐舰，引导和支援己方驱逐舰进行战斗，成为得力的战舰。在日德兰海战中、英、德主力舰队的交战，首先是由双方前卫巡洋舰编队的交火而诱发的。大战期间，交战双方的巡洋舰进行了大量的战斗活动。此外，还有以快速商船改装的辅助巡洋舰，装备一定数量的舰炮、鱼雷和水雷等武器，用于巡逻、护航和布雷等，以弥补巡洋舰数量的不足。战后，各国在建造大型商船时，都预设了炮座等，以备战时迅速改装。

第一次世界大战后，巡洋舰有了进一步发展。第二次世界大战初期，出现了重巡洋舰（装备 203 毫米以上舰炮）和轻巡洋舰（装备 152 毫米舰炮），以后又有了满载排水量达 2.7 万吨、装备 305 毫米舰炮的大巡洋舰。在多次海战中，巡洋舰发挥了重要作用。1939 年 12 月 13 日，英、德海军在南大西洋的拉普拉塔河口海战中，英国巡洋舰编队（重巡洋舰 1 艘、轻巡洋舰 2 艘）搜索到进行破交战的德国袖珍战列舰“施佩上将”号，对其进行两舷夹击，使之重创后被迫自沉，这是一次比较出色的海战。在大西洋和太平洋的海战中，巡洋舰都进行或参加了剧烈的战斗。战后，有些国家对于巡洋舰的发展持慎重态度，一度很少建造。直至 20 世纪 60 年代初，美国建成核动力导弹巡洋舰“长滩”号后，又引起了各国对发展新型巡洋舰的重视。

由于潜艇对海上交通线的威胁愈益增大，特别是 20 世纪 60 年代出现了战略导弹核潜艇，反潜战已成为海战的重要内容，具有战略地位。搜索和攻击敌方潜艇，已成为巡洋舰的重要任务。巡洋舰可在驱逐舰、护卫舰掩护下组成编队，或参加航空母舰编队，在一定海区取得制海权和制空权。现代巡洋舰采用科学技术的最新成果，普遍装备了舰舰导弹、舰空导弹、新型舰炮、反潜武器和反潜直升机以及新型雷达、声纳等，不断提高反潜、防空能力，装备了作战指挥自动化系统，具备了快速反应能力。有的还采用核动力装置，使续航力空前增大，机动性大大提高，其吨位也有进一步增大的趋势，现在国际上一般认为巡洋舰的排水量要在 7000 吨以上。

战列舰

战列舰指以大口径舰炮为主要武器，具有极强的装甲防护和较强的突击威力，能在远洋作战的大型水面军舰。亦称战斗舰。战列舰在历史上曾作为舰队的主力舰，在海战中通常是由多艘列成单纵队战列线进行炮战，因而得名。

战列舰经历了风帆战列舰和蒸汽战列舰两个阶段。风帆战列舰出现于 17 世纪后期，是帆船舰队中最大的战舰。其满载排水量为 1000 吨左右，至 19 世纪中期发展到 4000 吨左右。它的舰炮，19 世纪初期以前，是发射实心弹的前膛炮，装有数十门到上百门；19 世纪初期以后，改为发射爆炸弹的后膛炮，多达 120~130 门。蒸汽战列舰出现于 19 世纪中期。1849 年，法国建造了第一艘以蒸汽机为主动动力装置的战列舰——“拿破仑”号，装有舰炮 100 门，是蒸汽战列舰的先驱。1853~1856 年的克里木战争推动了蒸汽战列舰的发展。以后，蒸汽战列舰装备有螺旋膛线的舰炮和能旋转 360° 的装甲炮塔，装甲厚度加大，突击威力和防护能力得到不断提高。20 世纪初，英国建造了“无畏”号战列舰；法、俄、德、意、日、美等国也相继建造战列舰。在两次世界大战期间，战列舰有了很大发展，其满载排水量由 2 万吨增大到 7 万吨；最大航速由 25 节提高到 30 节以上，主炮口径由 280~381 毫米增大到 280~457 毫米；重要部位的装甲厚度达 483 毫米。在第二次世界大战中，由于舰载航空兵和潜艇的广泛使用，战列舰成为海、空袭击的有利目标。在参战的约 70 艘战列舰中，约有三分之一以上被击沉或击毁。战后，各国的战列舰均先后退役，并不再建造新的战列舰。

20 世纪 80 年代初，美国开始将 4 艘“艾奥瓦”级战列舰进行现代化改装，其满载排水量为 5.8 万吨左右，最大航速为 35 节，使用经济航速（17 节）时的续航力为 1.5 万海里。改装的第一期工程，主要是装备新型舰载雷达，电子对抗和指挥控制通信系统；保留 3 座 3 联装 406 毫米主炮；拆除 4 座 127 毫米副炮，换装“战斧”巡航导弹发射装置 8 座，4 联装“鱼叉”舰载导弹发射装置 4 座，6 管 20 毫米密集阵舰炮 4 座，并可携载直升机 3 架。1982、1984 和 1986 年，完成了第一期改装工程的“新泽西”号、“文奥瓦”号和“密苏里”号，先后重新编入现役。“维斯康星”号也在改装。改装计划全部完成后，将组成 4 个以战列舰为核心的海上突击群，独立执行支援登陆作战、轰击岸上目标等任务，或协同航空母舰编队行动。

航空母舰

航空母舰指以舰载机为主要武器并作为舰载机编队海上活动基地的大型军舰，是海军水面战斗舰艇的最大舰种。按排水量区分，有大型航空母舰、中型航空母舰和小型航空母舰；按战斗使命区分，有攻击航空母舰、反潜航空母舰、护航航空母舰和多用途航空母舰；按动力区分，有核动力航空母舰和常规动力航空母舰。主要用于攻击水面舰艇、潜艇和运输舰船，袭击海岸设施和陆上目标，夺取作战海区的制空权和制海权。

设备和布置

航空母舰有供飞机起落的飞行甲板（长 180~340 米）。飞行甲板上有用用于缩短飞机起落滑跑距离的弹射器（2~4 座）和阻拦装置，有供飞机进出机

库的升降机（1~4部），有飞机加油、挂弹、充电和牵引等设备。岛型舰桥位于飞行甲板的中部右侧。飞行甲板下方有机库（2~4个）。舰上有较完善的通信、导航和指挥控制系统，有保障战斗、工作和人员生活的各种舱室（作战指挥室、操纵室、其他工作舱室、各种机器舱、人员生活舱室），有各种物资贮存舱（弹药舱、燃料舱、淡水舱、食品舱等）。舰体装有甲板装甲和舷装甲，舰体内部有5~10层甲板和15~25道水密横舱壁结构，水线以下有3~5层纵舱壁和多层横舱壁，构成水下防护区。

特点

其特点主要是：具有巨大的攻击力。现代大型航空母舰满载排水量6~9万吨，载飞机70~120架；中型航空母舰满载排水量3~6万吨，载飞机数十架。能以30分钟内弹射起飞20多架飞机的出动速度，出动飞机攻击空中、水面、水下和陆上目标。小型航空母舰（有的称为反潜巡洋舰）。满载排水量在3万吨以下，载直升机和垂直/短距起落战斗机50架以内。航空母舰还装备有舰舰、舰潜和舰空导弹、水中武器和舰炮等。具有良好的航海性能。现代航空母舰最大航速30~35节。常规动力航空母舰的续航力达8000~16000海里，核动力航空母舰的续航力达40~70万海里，可连续航行到达世界各海洋活动。基本具有全天候适航能力，遇有12级（蒲福风级）风仍能安全航行。

主要弱点是目标大，易遭敌方攻击。需在多艘巡洋舰、驱逐舰、护卫舰等护卫下组成航空母舰编队行动。如发生机械设备失灵，舰体遭到破损而造成横倾大于4°~6°、或纵倾大于2°~3°等情况时，舰载机就不能安全起落。携带有5000吨以上的航空汽油（常规动力航空母舰还有7000吨以上的燃油）和大量弹药，在遭到攻击时，容易发生火灾和爆炸，从而丧失战斗力或招致更严重的后果。造价昂贵（每艘造价从几亿美元到20多亿美元），建造周期长（一般为5~7年），战时受损补充困难。

简史

1910年11月至1911年1月，美国海军先后在两艘临时铺设有木质跑道（平台）的巡洋舰上进行飞机起飞、降落试验，获得成功。1917年，英国海军将“暴怒”号巡洋舰改装成航空母舰。1922年，日本海军将新建的“凤翔”号航空母舰编入现役。至20世纪30年代，英、美、日、法等国建成了第一批航空母舰。其中大部分是由战列舰、巡洋舰和商船改装的，满载排水量1.2~4万吨，航速15~34节，可载飞机30~90架。这些国家在取得第一批航空母舰建造和使用经验的基础上，进入了专门设计和建造航空母舰的阶段。到第二次世界大战前，美、英各有航空母舰7艘，日本10艘，法国2艘。但当时各国海军仍墨守过去形成的概念，把巨舰大炮视为海战制胜的手段，而把航空母舰视为辅助兵力。

第二次世界大战期间，英、美、同等国建造了大量的航空母舰，并在海战中广泛使用航空母舰编队。例如，太平洋战区的袭击珍珠港、珊瑚海海战、中途岛海战、菲律宾海战以及大西洋战区的多次海战，都是以航空母舰编队或航空母舰编队群为舰队主力进行的。它在海战中显示出来的巨大作用，引

起了许多参战国海军对“巨舰大炮制胜”传统观念的改变，竞相发展航空母舰，大批新型航空母舰相继建成服役。当时，美国的攻击航空母舰主要是“埃塞克斯”级中型航空母舰，满载排水量 3.08 万吨，最大航速 33 节，续航力 1.69 万海里，可载飞机 80 架。美国建造的 30 多艘护航航空母舰，标准排水量 0.7~1.1 万吨，最大航速 16~19 节，载飞机 20~34 架。英国的“巨人”级护航航空母舰，满载排水量 1.85 万吨，最大航速 23.5 节，载飞机 35~50 架。

第二次世界大战后，航空母舰进入了现代化阶段。原有的航空母舰多数退役，少数加以现代化改装，如装载了喷气式飞机和核武器，采用了斜角飞行甲板、蒸汽弹射器、新型助降装置和阻拦装置等。20 世纪 50 年代中期至 60 年代，建成了一批大型多用途航空母舰，较有代表性的是美国的“福莱斯特”级航空母舰和“小鹰”级航空母舰，满载排水量 8 万吨左右，最大航速 35 节，续航力 8000 海里，载飞机 80~105 架，能担负攻击、反潜、护航等多种战斗任务。60 年代以来，出现了核动力航空母舰，吨位进一步增大，机动性能和现代化程度大力提高。美国建造的核动力航空母舰“企业”号和“尼米兹”级，满载排水量 9 万吨左右，最大航速 35 节，续航力 40~70 万海里，载飞机 90 余架。50 年代中期起，航空母舰装备了导弹，指挥、操纵和武器控制系统的自动化程度不断提高。60 年代中期，又出现了直升机航空母舰，满载排水量 1~2 万吨，主要用于反潜和垂直登陆。70 年代中期，这种航空母舰装载了新出现的垂直/短距起落飞机。前苏联的“基辅”级航空母舰（自称为反潜巡洋舰），具有较强的反潜作战能力，满载排水量 3 万余吨，航速 32 节，载直升机 30 架和“雅克-36”垂直/短距起落飞机 16 架，装备有舰舰、舰潜、舰空导弹和其他反潜武器。英国于 1978 年建造的“无敌”级航空母舰（英自称为通长甲板巡洋舰），标准排水量 1.95 万吨，最大航速 28 节，载直升机 10 架和垂直/短距起落飞机 5 架。80 年代初期，世界各国共有航空母舰 30 艘左右，其中美国 14 艘，前苏联 4 艘（另直升机母舰 2 艘），英国 3 艘，法国 2 艘，意大利、印度、巴西、阿根廷、西班牙、澳大利亚各 1 艘。

发展趋势

美国、前苏联都有进一步发展核动力航空母舰的计划。美国还在继续建造“尼米兹”级核动力航空母舰，前苏联正在建造第一艘核动力航空母舰。装载直升机和垂直/短距起落飞机，装备导弹武器，具有多种作战能力的航空母舰将继续发展。大型和中型航空母舰将趋向于核动力化，小型航空母舰除采用燃气轮机动力装置外，有的也将采用核动力装置。

布雷舰

布雷舰指用于在基地、港口附近，航道，近岸海区以及江河湖泊布设水雷障碍的军舰。分为远程布雷舰和基地布雷舰，满载排水量 600~6000 吨，航速 12~30 节。设有水雷舱，装水雷 50~800 个。布雷甲板上设有运送水雷的升降机（或吊杆），雷轨和布雷操纵台。布雷舰装载水雷较多，布雷定位精度较高，但隐蔽性较差，防御力较弱，适合在己方兵力掩护下进行防御布雷。19 世纪末，俄国首先建成布雷舰。在日俄战争中，双方都使用了布雷舰。

布雷，在旅顺口外进行了水雷战。在第一次世界大战中，布雷舰有了发展，在水雷战中发挥了作用。在第二次世界大战中，交战各国共有布雷舰近 60 艘（不含苏联）参战。战后，一些国家的海军趋向于主要使用飞机和潜艇进行攻势布雷，也使用布雷舰和其他水面舰艇担负一定的布雷任务。因此，除少数国家外，已不再建造布雷舰，有的国家将布雷舰兼作扫雷母舰或训练舰使用。

反水雷舰艇

反水雷舰艇指使用扫雷、猎雷、破雷设备搜索和排除水雷的舰艇。包括扫雷舰艇、猎雷舰和破雷舰。扫雷舰艇有：舰队扫雷舰、基地扫雷舰、港湾扫雷艇、扫雷母舰等，主要用于基地、港口附近，近岸海区 and 航道等水域排除水雷障碍，在雷区开辟航道，以保障己方舰船的航行安全。其满载排水量，扫雷舰为 500~1000 吨，扫雷艇为 400 吨以内，扫雷母舰为数千吨。它具有较好的防雷性能，较完善的导航设备。航速 12~24 节，续航力 600~4000 海里，自给力 3~10 昼夜。装备有切割扫雷具、电磁扫雷具和音响扫雷具，小口径舰炮等。在克里木战争中，开始出现了扫雷艇。在日俄战争中，双方都使用了扫雷舰艇。在第一、第二次世界大战中，扫雷舰艇得到了迅速发展，战术技术性能不断提高。第二次世界大战后，相继出现了遥控扫雷艇、气垫扫雷艇和猎雷舰、破雷舰等新型反水雷舰艇。遥控扫雷艇的排水量只有几吨到十几吨，能产生强大的磁场和声场，在母舰遥控下扫除浅水区的高灵敏度水雷。气垫扫雷艇航速高，具有独特的防雷能力。猎雷舰的满载排水量为 1000 吨左右，装备有探雷声纳、磁探仪和灭雷具。破雷舰的满载排水量为数千吨，能产生强大的磁场和声场，能引起水压场的变化，以诱爆水雷。

登陆舰艇

登陆舰艇指用于输送登陆兵及其武器装备、补给品，实施登陆作战的舰艇。亦称两栖舰艇。有登陆艇、登陆舰、登陆运输舰和登陆指挥舰等。

登陆艇按排水量区分，有小型、中型和大型，小型登陆艇满载排水量 10~20 吨，续航力约 100 海里，能装载 30 余名登陆兵或 3 吨左右物资。中型登陆艇满载排水量 50~100 吨，续航力 100~200 海里，能装载坦克 1 辆，或登陆兵 200 名，或物资数十吨。大型登陆艇满载排水量 200~500 吨，续航力约 1000 海里，能装载坦克 3~5 辆，或登陆兵数百名，或物资 100~300 吨。登陆艇的航速多在 12 节以下，艇上装备有机枪或小口径舰炮，可作为登陆运输舰和大型登陆舰的登陆工具之一，在由舰到岸的登陆作战中，换乘登陆兵突击上陆。大、中型登陆艇也可用于近程由岸到岸的登陆。第二次世界大战前，出现了多种型号的登陆艇。大战中，美、英、日等国建造登陆艇约 10 万艘。20 世纪 70 年代出现的气垫登陆艇，是具有独特的两栖性和通过性的高速登陆工具。

登陆舰亦称坦克登陆舰。有大型和中型两种。大型登陆舰满载排水量 2000~10000 吨，续航力 3000 海里以上，能装载坦克 10~20 辆和登陆兵数百名。中型登陆舰满载排水量 600~1000 吨，续航力 1000 海里以上，能装载坦克数辆或登陆兵 200 名，它更易于抵近海滩和在浅水区航行，适用于近程

由岸到岸的登陆，还可用于近海水域布雷。登陆舰航速 12~20 节，装备有舰炮数门，主要用于防空和登陆时的火力支援。第一艘登陆舰是英国在第二次世界大战中用油轮改装而成。1940 年，英国建造了 LST1 级大型登陆舰。此后，一些国家相继建造了大量的登陆舰，仅美国就建造了大型登陆舰 1000 多艘，中型登陆舰 500 多艘。战后，登陆舰又有了新的发展，提高了航速，设置了直升机平台，装备了舰空导弹，采用了侧向推进器、变距螺旋桨和新型登陆装置，战术技术性能有了较大的提高。

登陆运输舰按主要装载对象分为登陆兵运输舰、登陆物资运输舰，船坞式登陆运输舰、直升机登陆运输舰、综合登陆运输舰（携载有登陆艇和直升机）。登陆运输舰多为远洋运输船型，吃水较深，装载量大，不能直接登陆。满载排水量万吨以上，航速 20 节左右，续航力约 1 万海里，主要用于远程大规模登陆。登陆兵运输舰和登陆物资运输舰，属于单一装载的运输舰，现已很少建造。船坞式登陆运输舰，亦称船坞登陆舰，可携载大型登陆艇数艘，或中型登陆艇 10~20 艘，或两栖车辆 40~50 辆，总载重量 1500~2000 吨。直升机登陆运输舰，亦称两栖攻击舰，是在 20 世纪 50 年代中期，随着垂直登陆理论的发展，首先由美国用航空母舰改装而成。60 年代，美国建造的“硫磺岛”级两栖攻击舰，满载排水量 18300 吨，航速 23 节，装备有舰炮和舰空导弹，配载有直升机 20 架，能装载陆战队人员一千数百人及其武器装备。综合登陆运输舰，亦称通用两栖攻击舰，用于运载登陆兵及其武器装备、补给品，以其携载的登陆艇、两栖车辆和直升机，同时实施由舰到岸的平面登陆和垂直登陆。它是在 20 世纪 70 年代发展起来的，可以实现均衡装载的要求。美国建成的“塔拉瓦”级通用两栖攻击舰，满载排水量 39300 吨，航速 24 节，装备有 127 毫米舰炮 3 门和舰空导弹，配载有大、中型登陆艇 10 艘，两栖车辆 40 辆，直升机 30 架，能装载陆战队人员 1700 人及其武器装备，并没有 300 张病床。

登陆指挥舰多由登陆运输舰增设指挥设备兼任，用于差陆作战中对登陆编队实施统一指挥。

今后的发展趋势是进一步提高航海性能，由单一装载趋向综合均衡装载，提高装载卸载能力和速度。加强对海、对空防御能力。大型登陆舰多数将具有进行平面登陆和垂直登陆的能力。气垫登陆艇将得到广泛的发展和运用。

潜艇

潜艇指能潜入水下活动和作战的舰艇。亦称潜水艇。是海军的主要舰种之一。具有良好的隐蔽性，较大的自给力、续航力和较强的突击威力。用于攻击大、中型水面舰船和潜艇，袭击海岸设施和陆上重要目标，以及布雷、侦察、输送侦察兵登陆等。

分类

现代潜艇按战斗使命区分，有战略导弹潜艇和攻击潜艇，按动力区分，有核动力潜艇和常规动力潜艇；按水上排水量区分，有大型潜艇（2000 吨以上）、中型潜艇（600~2000 吨）、小型潜艇（100~600 吨）和袖珍潜艇（100

吨以下)；按艇体结构形式区分,有双壳潜艇和单壳潜艇。

战略导弹潜艇用于对陆上重要目标进行战略核袭击。多为核动力,也有常规动力的。主要武器是潜地导弹,并装备有鱼雷。核动力战略导弹潜艇水下排水量 5000~30000 吨左右,水下航速 20~30 节,下潜深度 300~500 米,自给力 60~90 昼夜。

常规动力战略导弹潜艇水下排水量 3500 吨左右,水下航速 14~15 节,下潜深度约 300 米,自给力 30~60 昼夜。

攻击潜艇用于攻击水面舰船和潜艇,有核动力和常规动力两种。主要武器是鱼雷、水雷和反舰、反潜导弹。核动力攻击潜艇水下排水量 3000~7000 吨,水下航速 30~42 节,下潜深度 300~500 米,有的可达 700 余米,自给力 60~90 昼夜。常规动力攻击潜艇水下排水量 600~3000 吨,水下航速 15~20 节,下潜深度 200~400 米,自给力 30~60 昼夜。

简史

17 世纪以前,一些国家的科学家和探险者曾多次进行过将船潜入水下行驶的研究和探索。1620 年,荷兰物理学家 C.J. 德雷贝尔在英国建造了一艘潜水船,船体由木框架外包牛皮构成,船内装有羊皮囊,向囊内注水,船就潜入水下 3~5 米的深度。把囊内水排出船外,船便浮出水面。通过划动伸出舷侧的桨叶使船前进。这种潜水船被认为是潜艇的雏形。

1775 年,美国人 D. 布什内尔建造了一艘单人驾驶的、以手摇螺旋桨为动力的木壳的“海龟”号艇,能在水下停自约 30 分钟。1776 年,曾用它潜抵英国战舰“鹰”号舰体下,用固定爆炸装置袭击未获成功。这是使用人力潜艇袭击军舰的第一次尝试。美国南北战争(1861~1865)期间,首次出现了蒸汽机动力潜艇。1864 年,南军的“亨利”号潜艇用水雷炸沉了北军的“休斯敦”号巡洋舰,该艇也同时沉没。这是潜艇击沉军舰的首次战例。

1893 年,法国建造了一艘蓄电池电动机潜艇。19 世纪末,爱尔兰籍美国人霍兰建造了一艘水面以汽油机、水下以蓄电池电动机为动力的双推进系统潜艇,并装有鱼雷发射管。1897 年,美国人 S. 莱克建成了第一艘双壳潜艇,在两层壳体间布置有可使潜艇下潜上浮的水柜。20 世纪初,出现了具备一定作战能力的潜艇,水下排水量一般为数百吨,水面航速约 10 节,水下航速 6~8 节,主要武器是舰炮、水雷和鱼雷。第一次世界大战前,各主要海军国家共拥有潜艇 260 多艘,战争期间又增加 640 艘。这些潜艇采用柴油机—电动机双推进系统,航速和续航力有了明显提高。第一次世界大战开始时,潜艇即投入了海战。大战期间,潜艇共击沉战斗舰艇 192 艘。使用潜艇攻击海洋交通线上的运输船取得了更为显著的战果,仅被德国潜艇击沉的运输船即达 1300 余万吨。同时,反潜战也开始被人们所重视,战争期间共损失潜艇 260 余艘。第一次世界大战后,各主要海军国家更加重视建造和发展潜艇。第二次世界大战前,这些国家共拥有潜 690 余艘,战争期间又增加约 1700 艘。在这次大战中,交战双方广泛使用了潜艇,其战斗活动几乎遍及各大洋,共击沉运输船 2000 余万吨;击沉大、中型水面战舰 174 艘。战争期间共损失潜艇 1123 艘。由于反潜兵力兵器的发展和广泛使用,促使潜艇的战术技术性能又有了新的提高,水下排水量达 1500~2500 吨,水下航速 10 节左右,续航力 1~3 万海里,下潜深度 100~200 米,自给力 30~60 昼夜,装有多具鱼

雷发射管（携带鱼雷 20 余条），舰炮 1~2 门。战争后期，潜艇装备了雷达和自导鱼雷；德国潜艇还安装了通气管。大战后，各主要海军国家十分重视新型潜艇的研究和建造，核动力和战略导弹武器运用在潜艇上，使潜艇的发展进入了一个新阶段。1954 年，美国建成了世界上第一艘核动力潜艇“鹦鹉螺”号，并于 1958 年首次进行了在冰层下穿越北极的航行。1959 年前后，前苏联建成了第一艘核动力潜艇。1960 年，美国又建成了“北极星”战略导弹核动力潜艇“乔治·华盛顿”号。此后，英国、法国和中国也相继建成了核动力潜艇。1982 年，英国和阿根廷在马尔维纳斯群岛之战中，英国海军核动力潜艇“征服者”号，于 5 月 2 日用鱼雷击沉了阿根廷海军的导弹巡洋舰“贝尔格拉诺将军”号，是核动力攻击潜艇击沉水面战舰的首次战例。

组成

潜艇主要由艇体（固壳和外壳），操纵系统，动力装置，武器系统，导航、观察、通信等设备组成。

耐压艇体指由圆柱体和截头圆锥体构成的钢质固壳，主要在水下承受外部海水压力，保证艇员正常工作和生活。为了提高潜艇生命力，固壳内部通常分隔成 3~8 个密封的舱室，舱室内分别设置有：操纵指挥部位，动力装置，武器系统，导航仪器、潜望镜、声纳、雷达和无线电通信设备，艇员生活设施以及其他辅助系统。现代潜艇还装有综合空气调节系统。

非耐压艇体指包围固壳并构成潜艇外形的外壳（单壳潜艇只在固壳首、尾端及上部设有非耐压艇体）。现代潜艇的外壳都呈良好的流线型，以减小水下运动时的阻力和保证良好的操纵性。双壳潜艇外壳与固壳之间通常布置有主水柜、燃油柜和管路等。单壳潜艇的主水柜等布置在固壳内。在指挥室围壳内，布置有可在水下一定深度工作的升降装置：潜望镜，通气管，无线电通信设备、雷达和导航设备的天线等。

操纵系统系实现潜艇下潜上浮、水下均衡、保持和变换航向、深度的装置。当潜艇主水柜注满水时，增加的重力抵消其储备浮力（潜艇在水面状态和在水下状态的排水容积不同，因而浮力亦不同，这两种状态下的潜艇浮力的差值通常称为储备浮力），即从水面潜入水中。当潜艇利用压缩空气把主水柜里的水排出，重力减小，储备浮力恢复，即浮出水面。艇内还设有专门的调整水柜，用以注入或排出适量的水，来调整因物资、弹药的消耗和海水密度的改变而引起的潜艇水下状态浮力的变化。艇首、尾部还设有均衡水柜，通过调整水量以消除潜艇在水下可能产生的纵倾。潜艇水下航行时变换航向和深度，是通过操纵方向舵和升降舵来实现的。

动力装置分为常规动力装置和核动力装置两种。常规动力装置，主要由柴油机、蓄电池和主电动机等组成。水面航行时由柴油机推动，水下则由蓄电池为主电动机供电，推动潜艇航行。因此，常规动力潜艇亦称柴电潜艇。柴电潜艇水下航行受蓄电池电量的限制，常须浮出水面或在 7~10 米深度升起通气管，用柴油机带动主电动机为蓄电池充电或航行。

核动力装置，主要由核反应堆、蒸汽发生器、主循环泵和主汽轮机等组成。潜艇使用的核反应堆大多是轻水型压水反应堆。核燃料在反应堆内进行裂变链式反应，释放出巨大热量，利用主循环泵使载热剂（高压水）流经堆芯把热量带走，通过蒸汽发生器时将另一部分无放射性的水加热成蒸汽，蒸

汽推动主汽轮机带动螺旋桨驱动潜艇航行；同时，推动汽轮发电机为全艇供电。艇上还安装有柴油发电机组、蓄电池、电动机和通气管等备用设备，当核动力装置不运转或发生故障时，为潜艇提供应急动力。利用核能作动力，使潜艇的战术技术性能发生了根本性的变化。推进功率已达数万马力，水下航速提高到 30~40 节，一次装料可连续运转多年，续航力增大至数十万海里，并可长期在水下航行，不再需要经常上浮充电换气，极大地提高了隐蔽性。其主要缺点是：造价昂贵；核反应堆产生对人体有害的放射性物质，潜艇需加装屏蔽防护体；维修比较复杂。

现代潜艇使用的武器，主要有弹道导弹、巡航导弹、鱼雷和水雷等。这些武器及其控制系统、发射装置等，共同构成潜艇的武器系统。弹道弹是战略导弹潜艇的主要武器，射程 1000 至 1 万余公里。在潜艇中部装有垂直发射筒，可携带弹道导弹 8~24 枚。潜艇携带的巡航导弹有战术导弹和战略导弹两种。战术巡航导弹，射程数百公里，主要用于攻击大、中型水面舰船。战略巡航导弹，射程数千公里，用于攻击陆上重要目标。鱼雷是潜艇的主要水中武器。通常在潜艇首部装有 4~8 具鱼雷发射管（有的在尾部也装有鱼雷发射管）在两次世界大战中，潜艇都是使用蒸汽瓦所鱼雷，这种鱼雷只能攻击水面目标。第二次世界大战后，鱼雷有了新的发展。现代潜艇使用的鱼雷主要是声自导鱼雷和线导鱼雷，能攻击水面舰船和水下潜艇。有些潜艇还装备有反潜导弹。这种导弹的战斗部是声自导鱼雷或深水炸弹（均为核装药），由潜艇鱼雷发射管发射。潜艇还可以通过鱼雷发射管布放水雷，或将水雷悬挂在艇外两舷，在艇内控制布放。

导航设备为提供潜艇海上航行准确位置的设备。包括磁罗经、陀螺罗经、计程仪、测深仪和六分仪等。现代潜艇还装有无线电、星光、卫星、惯性导航等设备，构成潜艇的综合导航系统。惯性导航设备由加速度计、陀螺稳定平台和数字计算机等组成，能连续准确地提供潜艇位置及航向，航速、纵横倾角等导航信息。

观察设备主要有潜望镜、雷达和声纳。潜望镜是根据光学原理制成的观察器材，由镜筒和镜片组成。潜艇在水下把潜望镜镜头升出水面，即可用目力观察海面、空中和海岸情况，测定目标的方位、距离和运动要素。通过潜望镜还可进行照相和测天体定位。潜艇装备的雷达，主要有搜索雷达和侦察雷达两种。装有升降天线，能在水面或水下一定深度测定目标的方位、距离和运动要素，保证潜艇航行安全和对水面舰船实施鱼雷或导弹攻击，以及侦察敌方雷达的战术技术参数等。潜艇装备的声纳，是潜艇在水下活动时的主要探测工具，有噪声声纳和回声声纳等。噪声声纳（被动式声纳），能在水中接收目标航行时发出的螺旋桨噪声和机械噪声，对目标进行跟踪、测向、测距和识别。回声声纳（主动式声纳），能发射声波，尔后根据目标反射的回声，测定目标的方位、距离。此外，潜艇还装有：对抗声纳，专用于侦察目标回声声纳发出的声波信号，使用干扰器材破坏敌方声纳及声自导鱼雷的正常工作；通信声纳，专用于和其他潜艇或水面舰艇的水下通信；以及探雷声纳、测深仪、测冰仪、声控测量仪等。

通信设备主要有短波、超短波收发信机，长波、甚长波收信机，卫星通信设备等。向岸上指挥所报告情况主要利用短波通信，使用升降天线，能在水下 7~10 米深度向岸上发报。长波、甚长波在水中衰耗较小，并具有一定的穿透海水的能力，因此，长波、甚长波收信机是潜艇接收岸台电报的主要

通信设备，潜艇利用升降天线可在适当深度收信。如使用能放出和收回的拖曳天线，可在较大深度收信。超短波电台主要用于与其他舰船、飞机或岸上指挥所的近距离通信。随着科学技术的发展，卫星通信已应用于潜艇上，潜艇可通过卫星与岸上指挥所实施通信。

展望

潜艇因具有优越的战术技术性能，越来越受到许多国家的重视，其作战地位不断提高，尤其是战略导弹核动力潜艇，已成为一些国家战略袭击力量的重要组成部分。随着现代科学技术的发展和反潜作战能力的不断提高，核动力潜艇将进一步增大下潜深度，改善核动力装置的性能，降低噪音，提高水中探测能力，增大武器射程和实现操纵指挥自动化。一些国家正在研制噪音小、速度快、攻击力强的新型常规动力潜艇。常规动力潜艇由于造价较低，建造周期较短，适于近海活动，将继续发展。

运输舰船

运输舰船主要指向陆上基地或岛屿运送人员、武器装备和军用物资的勤务舰船。装备有防御武器，或备有安装这种武器的基座和部位。航速一般在20节以内。运输舰船一般分为人员运输、液货运输、干货运输舰船和驳船等。

人员运输船，以运送人员和武器装备为主，同时运输部分军用物资；上层建筑高大而伸长，高层甲板两舷配有多艘救生艇（筏）。液货运输船，用于运送散装燃料油、机油或淡水；干舷低，机舱和大部分上层建筑设在后部，上甲板纵中部装有连通各液货舱的管系和阀门，首部至上层建筑之间有高架步桥连接；通常设有海上纵向补给装置，可在航行中向其他舰艇补给油料或淡水。干货运输船，用于运送包装成件的军用物资，设有较多的起吊设备和索具。驳船，用于驳运人员或干、液货，船型和设备均较简单，大多为非自航式，单驳的装载量一般较小。民用运输舰船是海军舰船的重要后备力量，其类型较多，有散装干货船、集装箱船、载驳船等，一旦需要，经过相应的改装即可用于军事运输或作为其他军用舰船。

供应舰船

供应舰船指用于对舰艇进行海上补给的勤务舰船。亦称补给舰船，有综合补给船、油船、水船、弹药船、军需补给船、潜艇供应舰、航空补给船等。排水量数千吨至数万吨，续航力数千海里至1万海里以上，自给力90昼夜以上。供应舰船对航行中的舰船实施海上补给的方法，有权向和纵向航行补给以及用舰载直升机进行垂直补给。被补给舰船须有相应的接收设备。供应舰船能使舰艇减少对固定基地的依赖性，增大作战半径和机动性。19世纪末至20世纪初，已有对舰艇进行海上燃料补给的船只。在第二次世界大战中，一些国家利用运输船舶改装或专门建造了一些供应舰船。20世纪60年代，出现了能在航行中同时补给油、水、弹药、食品和其他物资的综合补给船；还出现了快速支援舰、导弹支援舰；有的供应舰船具有夜间航行补给能力以及修理、医疗等保障能力。今后供应舰船的发展趋势，将进一步提高航海性能，

增大续航力和自给力，采用效率更高的航行补给设备和集中控制、自动化等技术，增强在恶劣海况下的快速补给能力。

工程船

工程船指用于近岸海区及江河湖泊水域工程施工的海军勤务舰船。包括：用于筑港的起重船、打桩船、管柱施工船、水下基础整平船、多用途作业平台、钻探船、爆破钻孔船、混凝土搅拌船、潜水工作艇、抛石驳和抛沙驳等；用于疏浚的耙吸式、绞吸式、链斗式、抓斗式挖泥船，铲石船，泥驳和石驳等。大型工程船排水量为1~2万吨，最小的仅几十吨。多为非自航箱式船型，主甲板上没有多台移船绞车，用以移动船位。施工机械有：起重机、打桩机、钻机、抓斗和链斗挖泥机、铲石机、泥浆泵、耙吸泥管和整平等。机舱设有力施工机械提供动力的柴油机、发电机和液压泵站等。控制操纵室内设有监视仪器、仪表，有的还装有自动操作系统。工程船的主要作业内容是，修建军港、助航设施、补给设施、水下试验场和水下工事，疏浚港池、航道和锚地，设置或排除水中障碍物。

电子侦察船

电子侦察船指用于电子技术侦察的海军勤务舰船。装备有各种频段的无线电接收机、雷达接收机、终端解调和记录设备、信号分析仪器及接收天线等，有的还装备有电子干扰设备。能接收并记录无线电通信、雷达和武器控制系统等电子设备所发射的电磁波信号，查明这些电子设备的技术参数和战术性能，获取对方的无线电通信和雷达配系等军事情报。其满载排水量一般为500吨以上，大型的达4000吨左右，航速20节以下。能较长时间在海洋上对港岸目标或海上舰船实施电子侦察。但其侦察活动受海洋水文气象条件影响较大，自卫能力弱，战时易遭海空袭击（故有的电子侦察船重要部位和设备装有自毁装置）。为了隐蔽企图，电子侦察船多伪装成拖网渔船、海洋调查船、科学考察船或商船等。前苏联海军的电子侦察船多由拖网渔船改装而成，也有专门建造的，经常有数艘电子侦察船在各大洋活动。美国海军的电子侦察船多由旧船改装而成。

五、水中武器

【水中武器】

水中武器指鱼雷、水雷、深水炸弹、反鱼雷和反水雷等武器以及水中爆破器材的统称。亦称水中兵器。由舰艇、飞机携带与使用，有的也可由岸台发射或布放，用以攻击、阻挠，对抗和毁伤水中或水面目标，在海战中广为应用。早在 12 世纪，中国就出现名为“水老鸦”的水中攻击兵器。鱼雷、水雷和深水炸弹在水中爆炸时，由于水的密度大于空气密度数百倍，水的可压缩性又远比空气为小，致使爆炸的冲击波前压力比在空气中爆炸时增大许多倍，冲击波传播的衰减速度也远比在空气中为小，产生高压球形气团的脉动循环破坏作用，对目标造成严重毁伤。这是水中武器独具的特性，因此它的发展受到许多国家海军的重视。

鱼雷

鱼雷指能在水中自航、自控和自导，在水中爆炸毁伤目标的水中武器。它和鱼雷发（投）射装置、鱼雷射击指挥控制系统、探测设备等构成鱼雷武器系统，装备于舰艇、飞机或岸基发射台，用以攻击潜艇、水面舰船及其他水中目标。它还可作为反潜导弹的战斗部和自动跟踪水雷的主体。现代鱼雷具有速度快、航程远、隐蔽性好、命中率高和破坏威力大等特点。

分类

鱼雷按携载平台和攻击对象可分为反舰（舰舰、潜舰、空舰）鱼雷和反潜（舰潜、潜潜、空潜）鱼雷。按直径可分为大型鱼雷（533 毫米以上）、中型鱼雷（400~450 毫米）和小型鱼雷（324 毫米以下）。按制导方式可分为自控（程序控制）、自导、线导和复合制导鱼雷。按动力可分为热动力（燃气、喷气）、电动力和火箭助飞鱼雷。按装药可分为常规装药和核装药鱼雷。

结构

鱼雷通常由前段（雷头）、中段（雷身）、后段（雷尾）三段组成，分别装有装药引爆系统、导引控制系统和动力推进系统等。装药引爆系统，包括常规装药或核装药，触发引信或诱发（近炸）引信，起爆装置和电源等，用以及时可靠地引爆装药。导引控制系统，包括声电换能器，电脉冲信号发射机，接收机，微型计算机，自动驾驶仪（包括陀螺仪、加速度计和深度传感器等），舵机，舵，鳍和电源组件等，用以探测、识别目标，操纵鱼雷按要求的航向、航深和搜索方式稳定航行，跟踪和攻击目标。动力推进系统，包括能源（燃料、电池），发动机（电动机）和推进器等，用以推动鱼雷航行，使之具有一定的航速和航程。供操练用的鱼雷称为操雷，其雷头不装药，而装有测量、记录鱼雷航行参数和命中效果的仪器以及防沉、显示雷位、自动上浮和回收等装置。

使用

现代鱼雷主要用于攻击潜艇，也用于攻击大、中型水面舰船。除由舰艇、飞机携带外，还可配置在要塞、港口和狭水道两侧的岸基发射台，用于攻击入侵的敌方舰艇。根据不同的攻击对象，可选用适当类型和数量的鱼雷。实施鱼雷攻击时，可发射数条鱼雷攻击同一目标或分别攻击不同目标。舰艇使用线导鱼雷实施攻击时，其一般程序是：当探测设备一经发现可攻击目标，即向目标发射鱼雷，并通过导线不断给鱼雷下达航向、航深和航速的指令；鱼雷也通过导线将自身的实际航向、航深、航速和姿态等信息传输回舰艇；舰艇根据目标运动要素，以线导方式将鱼雷导向其自导装置开机的最佳阵位。自导装置开机后，先以被动声自导方式低速运动，搜索目标，发现目标后，自动跟踪、识别目标，以主动声自导方式对目标精确定位，转入高速攻击。此时，被动声自导与线导同时处于监控状态，一旦鱼雷被诱饵（目标模拟器）引开或未命中目标，则自动转为线导，重新导向目标，再次攻击。如导线断开或失控时，鱼雷即自动以声自导攻击程序完成攻击。

简史

1866年，英国工程师R.怀特黑德在阜姆（今南斯拉夫里那卡）制成第一条鱼雷，雷体直径356毫米，长3.53米，重136千克，装药15~18千克，利用压缩空气驱动活塞发动机带动螺旋桨推进，航速6节，航程64米。在1877~1878年俄土战争中，俄国海军第一次用鱼雷击沉了土耳其军舰。1897年，奥地利人L.奥布里使用陀螺仪控制鱼雷定向直航。1904年，美国市里斯公司的工程师F.M.莱维特发明了燃烧室，随即以热力发动机代替压缩空气发动机，制成热动力鱼雷（亦称蒸汽瓦斯鱼雷），使鱼雷的航速增至35节，航程达2740米。第一次世界大战期间，鱼雷航程达6500米，装药量150千克。但热动力鱼雷在航行中排出气体形成航迹，易被目标发现而规避。1938年，德国在潜艇上装备了无航迹的电动鱼雷；1943年，又制成了单平面被动式声自导鱼雷。这种鱼雷由其头部的声自导装置接收目标噪声导向，提高了命中率，但其自导的作用距离有限，只能攻击水面航行舰船，且易被干扰。第二次世界大战末期，德国研制了线导鱼雷，其尾部有导线与发射舰艇相连，发射后，由发射舰艇通过导线制导，不易被干扰。20世纪50~60年代，先后出现了双平面主动式声自导鱼雷（由原先只能在水平方向搜索、攻击水面航行的舰船，发展到能在水中三维空间搜索、攻击潜航的潜艇）和火箭助飞鱼雷（如美国的舰对潜“阿斯洛克”、潜对潜“沙布洛克”和法国的舰对潜“马拉丰”等）。火箭助飞鱼雷在空中飞行阶段由火箭推进，到达目标附近入水后自行搜索攻击。1964年，美国海军装备了核装药的“Mk45”鱼雷。70~80年代，鱼雷采用了微型计算机和微处理机，提高了自导装置的功能，增强了抗干扰和识别目标的能力。百余年来，鱼雷的发展从无控制到有控制，从程序控制到声自导、线导和复合制导，从压缩空气动力到热动力（燃气、喷气）和电力，从常规装药到核装药，航速从6节到50~60节，航程从640米到4.6万米。现代鱼雷综合应用了许多先进的科学技术成果（包括流体力学、水声学、电子学、自动控制理论、计算机技术和火箭技术等），大大提高了战术技术性能。

鱼雷在水中爆炸，着重破坏舰船的水线以下部分。位于水线以下的能洲舱、动力舱和弹药舱等要害部位一旦破损，舰船就可能丧失机动能力和战斗能力，甚至沉没。第一次世界大战期间，被鱼雷击沉的运输船达 1153 万吨，占被击沉运输船总吨位的 89%；舰艇达 162 艘（其中有战列舰 12 艘、巡洋舰 23 艘、驱逐舰 35 艘），占被击沉舰艇总艘数的 49%。第二次世界大战期间，被鱼雷击沉的运输船达 1445 万吨，占被击沉运输船总吨位的 68%；舰艇达 369 艘（其中有航空母舰 15 艘、战列舰 3 艘、巡洋舰 32 艘、驱逐舰 122 艘），占被击沉舰艇总艘数的 38.5%。中国人民解放军海军在解放和保卫沿海岛屿的战斗中，曾用鱼雷击沉国民党军舰多艘。1982 年，英阿马尔维纳斯群岛（福克兰群岛）之战，英国潜艇用鱼雷击沉了阿根廷“贝尔格拉诺将军”号巡洋舰。

展望

鱼雷武器的发展趋势主要是：采用新型的动力推进系统，加以锂和六氟化硫为能源的闭式循环热动力系统，以锂和亚硫酰氯为电源的电动系统；发展精确自导与控制系统，加微型计算机和微处理机、信号检测和数据处理等；采用聚能定向爆炸等技术。进一步提高航速，增大航程，航深和自导作用距离，增强在各种干扰条件下捕捉目标的能力，提高命中精度和爆炸威力，并向智能武器发展。

声自导鱼雷

声自导鱼雷指利用水声自动寻的的鱼雷。它和发（投）射装置、射击指挥控制系统、探测设备等构成声自导鱼雷武器系统。有被动声自导鱼雷（接收目标的噪声导向）、主动声自导鱼雷（接收自身发出的脉冲声信号被目标反射的回声导向）和主被动联合声自导鱼雷（主、被动方式交替使用或同时兼用）。其自导与控制系统，包括换能器、发射机、接收机，自动驾驶仪、微型计算机和电源组件等。声自导鱼雷攻击程序是：探测设备发现目标并测得目标运动要素后，射击指挥控制系统自动给待发鱼雷设定航深、搜索方式、自导工作方式、波束宽度，工作频率、航速等参数，随即发射鱼雷。鱼雷入水后迅速寻深、拉平，开始搜索，如经过一定时间未发现目标，再由计算机发出指令改变波束宽度、工作频率、自导工作方式和环形搜索直径，重新搜索。发现目标后，进行识别、跟踪和加速攻击，直至命中。如跟踪时丢失目标，则自动转入再次搜索和攻击。

火箭助飞鱼雷

火箭助飞鱼雷指舰艇在水中或水面发时，由火箭运载飞行到达预定点入水，自动搜索、跟踪和攻击潜艇的鱼雷。亦称反潜导弹，由火箭飞行器 and 声自导鱼雷组成。火箭助飞鱼雷和发射装置、射击指挥控制系统、探测设备等构成火箭助飞鱼雷武器系统。其空中飞行方式有巡航式和弹道式，飞行速反由亚音速到超音速，射程十到数十公里。攻击程序是：探测设备发现目标并

测得目标运动要素后，射击指挥控制系统将射击诸元自动输给发射装置和待发的火箭助飞鱼雷；发射后，以时间程序控制、惯性制导或无线电指令制导等方式飞向目标区；到达预定点时，声自导鱼雷脱离火箭飞行器，打开减速伞，入水时解脱减速伞，入水后按预定程序进行搜索，发现目标后自动跟踪、攻击，直至命中。如携带核装药深水炸弹（不带减速伞）时，入水下沉至预定深度爆炸，毁伤位于其威力半径内的潜艇。

水雷

水雷指布设在水中，由于舰船碰撞或进入其作用范围而起爆的水中武器。用于毁伤敌方舰船或阻碍其行动。具有隐蔽性好、威胁时间长、布设简便、扫除困难、用途广、造价低廉等特点。

水雷的分类按水中状态区分，有锚雷、沉底雷和漂雷。锚雷由雷锚和雷索将雷体系留在水中一定深度。沉底雷布设在水底。漂雷布设在水面或水中一定深度，呈漂移状态。按引信类型区分，有触发水雷、非触发水雷和控制水雷。触发水雷，装有触发引信，受到直接碰撞即行引爆，分电液触发、惯性撞发、接电撞发水雷和触线水雷（反潜水雷）等四种，多为锚雷和漂雷。非触发水雷，装有非触发引信，不需直接碰撞，只要作用范围内物理场（磁、声、水压场等）的数值变化达到一定量时即行引爆，多为沉底雷，也有锚雷。控制水雷，包括定时引信水雷和视发水雷。视发水雷当敌方舰船驶近时，由岸上、舰艇或飞机通过有线控制或无线遥控引爆。按装药量区分，有大型、中型和小型水雷。

锚雷由雷体、雷索和雷锚组成。雷体为一密封壳体，内装炸药和发火装置，具有一定的正浮力。电液触发锚雷的雷体外部有数个触角，触角内装有由锌杯、碳棒组成的电极和装有电解液的玻璃管，雷体顶部装有水压保险器。平时，水压保险器切断触角与发火装置之间的电路，使水雷处于安全状态。水雷入水后，在静水压作用下，水压保险器接通电路，使水雷进入战斗状态。雷锚用以安放雷体，入水后，雷体与雷锚分离，雷索由络车放出，由自动定深机构控制使雷体停留在设定深度。当舰船碰撞水雷触角时，触角内的玻璃符破裂，电解液接触电极，产生电流，起爆电雷管，使水雷爆炸。沉底雷通常由雷体和仪器舱组成，具有较大的负浮力，布设后沉于水底。磁感应沉底雷，雷体内装有磁接收器、发火装置和大量炸药，仪器舱内装有执行电路、辅助仪表和电源。当舰船驶近水雷时，磁接收器受舰船磁场作用，产生感应电流，执行电路接通爆炸电路，使水雷爆炸。

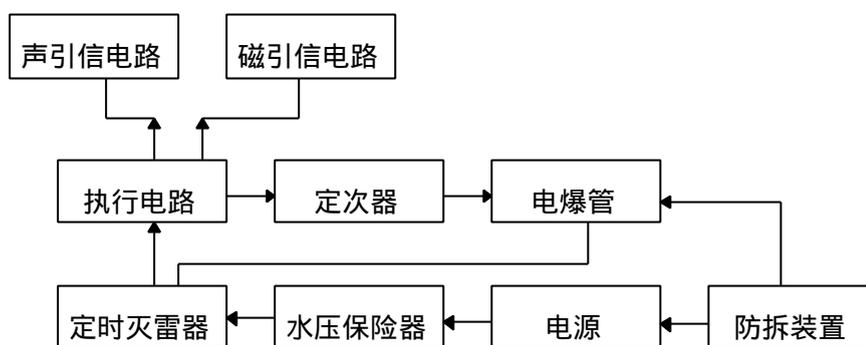
中国在明嘉靖二十八年（1549）前，为打击倭寇侵扰，首先发明和使用人工操纵的视发水雷“水底雷”。万历十八年（1590），制成以燃香为定时引信的漂雷“水底龙王砲”。万历二十六年（1599），王鸣、发明以绊索引爆的触线沉底水雷“水底鸣雷”。天启元年（1621），《武备志》记载了“水底龙王砲”改处为触线漂雷。欧美在18世纪开始在海战中使用水雷。1778年，美国在独立战争中曾用小桶装炸药制成漂雷攻击英国舰船，史称“小桶战争”。19世纪中叶，俄国人B.C.雅各比发明电液触发锚雷。水雷在海战中得到广泛运用。据不完全统计，在第一次世界大战中，布设了约31万枚水雷，炸沉、炸伤舰船近千艘。在第二次世界大战中，布设了约80万枚水雷，炸沉、炸伤舰船2700余艘。战后，水雷有了进一步发展。在朝鲜战争、越南战争、

中东战争中都使用了水雷。

现代水雷采用了高能炸药，改进了雷体结构，扩大了使用水域。采用了新型电子元器件，提高了区分目标，抗扫和抗干扰的逻辑鉴别功能，改进了利用磁场、声场和水压场的引信功能。出现了装有动力装置的自动上浮水雷和自动跟踪水雷。有些国家正在研制利用重力场、宇宙线场、热场等物理场的引信的新型水雷和采用微型计算机控制的智能水雷。

声磁水雷

声磁水雷指利用舰船声、磁场的共同作用而起爆的非触发沉底水雷。灵敏度高，抗干扰和抗扫能力强。通常由雷体、声引信、磁引信、执行电路、辅助仪表（水压保险器、定时灭雷器、定次器和防拆装置等）和电源等组成。其声引信分为次声（小于 20 赫）引信、声频（20 赫 ~ 20 千赫）引信和超声（大于 20 千赫）引信；磁引信分为静磁引信（利用磁场强度绝对值的增量而动作）、动磁引信（利用磁场强度随时间的变化率而动作）和磁梯度引信（利用磁场强度随距离的变化率而动作）。声、磁引信的联合动作方式，有先声后磁，先磁后声，或声、磁同时，其逻辑鉴别功能由执行电路完成。水压保险器的功用：水雷入水前切断引信电路，使水雷处于安全状态；水雷入水后，在水压作用下，经过一定的延时时间，接通引信电路，使水雷进入战斗状态。定时灭雷器兼有定时和灭雷两种功能。定时器利用钟表机构、电化学延时或电子计时原理控制电路开关，在走完设定时间后，开关团台，电路接通，水



声磁水雷引信工作原理

雷才能动作或爆炸，灭雷器的工作原理与定时器相同，当走完设定时间后，使水雷失效或自毁。定次器是一个电路开关，由电计数器控制，当舰船或扫雷具通过水雷上方达到设定次数时，才能接通电爆管电路。防拆装置用以在敌方拆卸水雷时引爆水雷。电源通常为化学电池。

自动跟踪水雷

自动跟踪水雷指自导鱼雷和水雷的结合体。亦称捕手水雷。兼有水雷的长期威胁作用和鱼雷的主动攻击能力，主要用于攻击潜艇。它由雷体、雷锚和识别控制系统组成。雷体是一个密闭容器，装有一条自导鱼雷，布设入水后，由雷锚将其系留在一定深度，以锚雷的形式潜伏于深水中。当目标进入其作用范围时，雷体上的识别装置能自动进行判别，确认是攻击目标后，

雷体盖打开，鱼雷发动机启动，从雷体内射出，在自导装置控制下自动跟踪攻击目标。

深水炸弹

深水炸弹指由舰艇、飞机发（投）射，于水中预定深度爆炸毁伤潜艇及其他目标的水中武器。简称深弹。它与发（投）射装置、射击指挥控制系统、探测设备等构成深水炸弹武器系统。深水炸弹通常为圆柱体，内装常规炸药（或核装药）和引信（定时、触发、非触发或复合引信）。火箭式深水炸弹通常装配在舰艇首部，多管快速齐射，由火箭发动机推进，以尾翼稳定其空中飞行和入水下沉的全程弹道，射程为数百米到数千米，主要用于攻击潜艇，也可用于攻击水面舰船。航空深水炸弹除带有尾翼以提高其稳定性外，弹体头部和侧面均装有引信，以确保起爆。核装药的深水炸弹，多用作反潜导弹的弹头。

六、军用飞机

【军用飞机】

军用飞机指用于直接参加战斗、保障战斗行动和军事训练的飞机的总称。是航空兵的主战技术装备。主要包括：歼击机、轰炸机、歼击轰炸机、强击机、反潜巡逻机、武装直升机、侦察机、预警机、电子对抗飞机、炮兵侦察校射飞机、水上飞机、军用运输机、空中加油机和教练机等。飞机大量用于作战，使战争由平面发展到立体空间，对战略战术和军队组成等产生了重大影响。

简史

1903年12月17日，美国莱特兄弟在人类历史上首次驾驶自己设计，制造的动力飞机飞行成功。1909年，美国陆军装备了第一架军用飞机，机上装有1台30马力的发动机，最大速度68公里/小时。同年制成1架双座莱特A型飞机，用于训练飞行员。至20世纪20年代，军用飞机在法、德、英等国得到迅速发展，远远超过了美国。

飞机最初用于军事主要是遂行侦察任务，偶尔也用于轰炸地面目标和攻击空中敌机。第一次世界大战期间，出现了专门为执行某种任务而研制的军用飞机，例如主要用于空战的歼击机，专门用于突击地面目标的轰炸机和用于直接支援地面部队作战的强击机。第二次世界大战前夕，单座单发动机歼击机和多座双发动机轰炸机，已经大量装备部队。30年代后期，具有实用价值的直升机问世。第二次世界大战中，俯冲轰炸机和鱼雷轰炸机等得到广泛的使用，还出现了可长时间在高空飞行、有气密座舱的远程轰炸机，例如美国的B-29。英、德、美等国把雷达装在歼击机上，专用于夜间作战，其中比较成功的有英国的“美丽战士”，德国的BF110G—4和美国的P—61。执行电子侦察或电子干扰任务的电子对抗飞机，以及装有预警雷达的预警机也开始使用。大战中、后期，有的歼击机的飞行速度已达750公里/小时左右，升限约12000米，接近活塞式飞机的性能极限。

第二次世界大战后期，德国的Me-262和英国的“流星”喷气式歼击机开始用于作战。战后的几年，喷气式飞机发展很快，到1949年，有些国家已拥有相当数量的喷气式飞机，当时著名的喷气式歼击机有前苏联的米格—15、美国的F—80和英国的“吸血鬼”；喷气式轰炸机有苏联的伊尔—28和英国的“坎培拉”等。50年代中期，出现了歼击空炸机，它逐渐取代了在第二次世界大战期间大量使用的轻型轰炸机。60年代，歼击机型号很多，且多是超音速的，轰炸机型号也不少，多为亚音速的（美国的B-58和前苏联的图—22等除外）。运输机一般也采用了喷气式发动机，大型运输机能装载80~120吨物资，如前苏联的安-22和美国C—5A。飞行速度达3倍音速（称M3.0）的高空侦察机，有前苏联的米格-25P和美国的SR-71。歼击轰炸机、强击机等都有不少新型号。在这些军用飞机中，有很多直到80年代初仍在服役，例如美国的F-111，F-4，B-52H，前苏联的米格-21、米格-23、图-95和法国的“幻影”等。70年代以来，军用飞机发展的一个重要特点是，直接用于作战的飞机大多向多用途方向发展，歼击机，歼击轰炸机和强击机三者的差别

日益缩小，以致只能按这几种飞机研制或改装的首要目的确定其类别。

中国在 1911 年，辛亥革命时革命军武昌都督府从国外购进 2 架军用飞机。1914 年，北京南苑航空学校曾设计并制造过飞机。1919 年福建马尾船厂开始制造水上飞机。1930 年，广州航空修理厂制造的“羊城号”飞机，装有 1 挺机枪，可挂 4 枚 100 磅炸弹。后来，还陆续试制过歼击机、轻型轰炸机和教练机。冲中华人民共和国成立后，开始生产军用飞机，现在已能研制和成批生产喷气式歼击机、强击机和轰炸机，还能生产不同类型的直升机、运输机、水上飞机和教练机等。

基本组成和机载设备

军用飞机主要由机体、动力装置、起落装置、操纵系统、液压气压系统、燃料系统等组成，并有机载通信设备、领航设备以及救生设备等。直接用于战斗的飞机，还有机载火力控制系统和电子对抗系统等。

机体由机身、机翼和尾翼组成。有的飞机机身内设有炮塔和炸弹舱。为保证向喷气式发动机提供足够的空气，提高进气效率，在机体或发动机舱前面装有专门的进气口和进气道。机体主要用铝合金制成，主要受力部件采用合金钢或钛合金，碳纤维复合材料等非金属材料的应用也日益增多。

现代军用飞机的发动机多为涡轮喷气式或涡轮风扇式，也有一些是涡轮螺旋桨发动机。直升机普遍采用涡轮轴发动机。

操纵系统是飞行员用以操纵飞机的装置。低速飞机靠飞行员用体力操纵驾驶杆和蹬舵，经过连杆、钢索的传动来操纵升降舵、方向舵、副翼等可动翼面；高速或大型飞机还装有助力操纵装置。20 世纪 80 年代的新型歼击机，已使用由计算机自动控制的电传操纵系统，飞行员根据需要进杆操纵，计算机即自动处理，使飞机能够发挥最佳性能，且不致危及安全。这种系统中的计算机，还可用来保持飞机的姿态稳定。飞机在飞行过程中，不完全依靠飞机气动外形等具有的安定性，很多情况下是靠计算机自动控制翼面产生的安定性。这样，可提高飞机的机动性，增强作战能力。由于对这种系统的可靠性要求很高，必须采用“余度技术”，每架飞机装有 3~4 套平行并共同工作的、由计算机等组成的操纵系统，即使有一两套发生故障，也可保证飞行安全。使用计算机等组成的操纵系统是飞机发展中的一项重大改革。

70 年代以来研制的直接用于战斗的飞机，往往特设领航设备和火力控制系统合并为领航攻击系统，其自动化程度很高，适于全天候作战。飞机雷达告警器和飞机电子干扰设备，合并为统一的自卫电子对抗系统，可根据接收到的对方信号自动进行干扰。有些飞机的机载通信设备和地面对空指挥系统也结合起来，可随时接收地面指令，并实施自动显示。飞行员只需按照显示器上出现的信息操纵飞机，调节油门位置，即可保障飞机从有利位置接近目标并实施攻击。对地攻击时，目标及沿途地标的坐标，都可预先存入计算机，在飞行过程中，随时显示飞机位置及其与预存点的相对位置，引导飞机准时到达目标上空，并根据预定方案自动选用武器，进行攻击。

飞机上还有可供飞行人员了解飞行状态、各系统工作情况以及地面指令的显示装置。过去，大多数飞机周仪毒和指示灯等作为显示手段。60 年代中期以来，逐渐改用平视和下视显示器。中、高空作战用的飞机，其座舱通常

是密封的，舱内气压和温度可自动调节。当发生紧急情况，飞行人员需要离开飞机时，可借助救生设备迅速弹出，安全降落。

随着航空技术装备的日趋复杂，保障飞机工作可靠和维修简便，日益显得重要，这同提高飞机出勤率，缩短再次出动准备时间和提高飞机作战效能密切相关。为此，80年代初的军用飞机已在以下四个方面取得进展：飞机的大型部件如发动机、雷达等，改为单元体结构，排除故障只需更换有故障的单元，重要系统和部件具有自行检测和监控能力；在飞行中，飞机有自动记录故障的能力；在防止人为差错、改善维护条件方面已有明显成效。有的歼击机每飞行1小时所需进行维护工作的时间，已从60年代的约50工时减少到10~15工时。飞机的定期维修，也逐步改为视情维修与定期维修相结合的方式。

基本性能

指军用飞机的飞行速度、高度、航程和续航时间、作战半径等。

速度 60年代以来，歼击机的最大速度，在高度17000米时已达到M2.8（约3000公里/小时），多数歼击机在高空的最大速度为M2.0左右。轰炸机的最大速度是M2.2，高空高速侦察机达M3.0以上，军用运输机也已达到900~960公里/小时。飞机在低空飞行时，由于空气密度大，机体结构可承受的速压强度与滞止温度有限，飞行速度不能太大。80年代初，军用飞机靠近海平面飞行，最大允许速度不超过1500公里/小时。近20年来，仅就技术条件的可能性而言，直接用于战斗的飞机的最大速度还颇有提高的余地，但从作战需要和经济效益全面考虑，付出很大代价并不值得，因此，最大速度并没有多大提高。

高度由于直接用于战斗的飞机并不需要飞得太高，60年代以来，军用飞机的最大飞行高度（称升限）变化也不大，歼击机的实用升限在20000米左右，高空侦察机如美国的SR—71和前苏联的米格—25P，实用升限约25000米。用急跃升的方法所能达到的最大飞行高度（称动升限），有的军用飞机已达35000米或更高一些。轰炸机和歼击轰炸机的实用升限，多数不超过16000米。现代直接用于战斗的飞机，为避免被对方雷达早期发现，常从低空或超低空突防，某些起飞重量超过100吨的轰炸机，突防高度可低至150米左右，强击机的突防高度为50~100米。

航程和续航时间军用飞机的航程和续航时间一直在逐渐增加，歼击机的最大航程达2000公里，带副油箱时可达4000公里。轰炸机、军用运输机的最大航程达14000公里。高空侦察机的航程超过7000公里。如果对飞机进行空中加油，每加一次，航程可增加20~40%，进行多次空中加油，其最大航程就不受机内燃料数量的限制，而取决于飞行人员的耐力、氧气储存量或发动机的滑油量等因素。飞机的航程与发动机燃料消耗率（发动机工作1小时，平均产生每千克推力所消耗的燃料千克数）、起飞载油系数（机上燃料重量与飞机起飞重量之比）、巡航升阻比（巡航时飞机升力与阻力的比值）有关。60年代以来，飞机的起飞载油系数变化不大（歼击机为0.28~0.3，轰炸机为0.4~0.55），巡航升阻比也没有明显提高，主要靠降低发动机燃料消耗率来增大航程。涡轮喷气式发动机的燃料消耗率，由60年代的0.9千克/千克·小时降至0.6千克/千克·小时，涡轮风扇发动机则更低一些。现代歼击

机、歼击轰炸机和强击机的续航时间为 1~2 小时，带副油箱时达 3~4 小时。有的轰炸机、反潜巡逻机和军用运输机下进行空中加油，能连续飞行 10 多个小时。

作战半径军用飞机的作战半径与飞机在战区活动时间长短、发动机使用方式、飞行高度等有关。了解现代直接用于战斗的飞机的作战半径，通常应弄清出航、突防和返航时的高度范围，例如“高、低、高”作战半径，即表示“出航时飞高空，接近目标突防时改为低空，返航时又飞高空”条件下的作战半径。喷气式飞机在大气对流层飞行时，飞得高一些比较省油，所以“高、低、高”作战半径较大。歼产机和歼击轰炸机的作战半径，约为航程的 1/4~1/3(在战区活动时间 3~5 分钟)。轰炸机的作战半径约为航程的 1/3~2/5。

武器装备军用飞机可装航炮和携带导弹、火箭、炸弹和鱼雷等武器，用于攻击空中、地面、水面或水下目标。

歼击机、歼击轰炸机、强击机、多数轰炸机和部分军用运输机等都装有航炮作为攻击或自卫武器。现代歼击机大都装有航炮，携带中、远距拦射空空导弹和格斗空空导弹。根据 70 年代后期以来多次局部战争的经验，现代空战主要应使用适于近距空战的空空导弹，即格斗导弹。70 年代研制的空空导弹中，格斗导弹多靠目标辐射的红外线制导；中、远距拦射导弹多用数机载雷达制导，个别的如美国 AIM—120 导弹本身装有雷达，在接近目标时，可进行末段自动寻的制导。拦射导弹一般不受天气影响，能攻击高于载机 10~12 公里的目标，或从 4~5 公里高度攻击超低空飞行的目标，能从目标的各个方向发射，所以亦称为“三全”型导弹（指全天候，全高度、全方向）。

现代直接用于战斗的飞机，一般都具有对地（或水面、水下）攻击能力，所用武器可分两类：一类是非制导武器，如航炮和一般炸弹；另一类是制导武器，如无线电遥控炸弹，激光制导炸弹、电视制导炸弹和空地导弹、空舰导弹和反潜导弹等。

展望

现代战争中，军用飞机在夺取制空权、防空作战、支援地面部队和舰艇部队作战等方面，都将发挥更重要的作用。在可以预见的时期内，军用飞机的发展趋势主要是：为了减少或摆脱对机场的依赖，将继续向垂直/短距起落方向发展；无人驾驶飞机在军事上的应用将逐步扩展，有可能用于对地攻击以至空战；在机载设备综合化和由计算机控制方面，将会有重大进步；电子对抗系统将具有更为重要的地位；在军用飞机的设计中进一步重视改进机体外形和大量采用非金属材料等“隐身”技术；武装直升机将得到迅速发展。

歼击机

歼击机指主要用于歼灭空中敌机和飞航式空袭兵器的飞机。亦称战斗机，旧称驱逐机。其特点是机动性好，速度快，空战火力强，是航空兵进行空战的主要机种。歼击机还可用于遂行对地攻击任务。

简史

第一次世界大战初期，法国首先在飞机上安装机枪用于空战。随后出现了专门的歼击机。大战期间的歼击机，多是双翼木质结构，以活塞式发动机为动力，装有向前射击并与螺旋桨的转动相协调（以免击中桨叶）的机枪。第二次世界大战前，歼击机发展成为单翼全金属结构，飞行中，起落架可以收起以减小阻力，机上最多可装有机枪 8 挺或航炮 4 门，机内装有无线电通信设备，供空空或空地之间进行通信联络和作战指挥之用。第二次世界大战中、后期，有的歼击机的速度达 750 公里/小时，升限达 12000 米左右，接近活塞式飞机的性能极限。当时较著名的歼击机有美国的 P—51，英国的“喷火”式，前苏联的拉—7，德国的 Me—109 和日本的“零”式等。

第二次世界大战将结束时，德国开始使用 Me—262 喷气式歼击机，速度大大超过活塞式歼击机。50 年代初，喷气式歼击机已基本取代了活塞式歼击机，在朝鲜战场首次被大量使用。到 60 年代，多数喷气式歼击机的最大速度为 M2.0 左右，实用升限接近 20000 米，开始装备空空导弹，机载设备日趋完善。较著名的歼击机有美国的 F—104、F—4，前苏联的米格—21、米格—23 和法国的“幻影”等，这些飞机至 80 年代初在许多国家仍作为第一线主力作战飞机使用。70 年代以来，根据多次局部战争的经验，研制出机动性好、格斗能力强的新一代歼击机，如美国的 F—15B、F—16 和法国的“幻影”2000 等。

中国从 50 年代中期开始，先后成批生产歼击 5 型、6 型和 7 型歼击机。60 年代，又研制出新型高空高速歼击机。

50~60 年代，有些国家把装有雷达，适于全天候作战，主要用于拦截敌机的歼击机称为截击机。当时的截击机比一般歼击机上升快，增速性能好，作战半径大，但格斗能力差。60 年代，美国的 F—106 和前苏联的图—28 等都是典型的截击机。由于现代歼击机基本上都装有雷达和完善的领航设备，并具有较强的格斗能力，从 70 年代开始，各国已不再研制专用的截击机。

基本组成和机载设备

现代歼击机的组成和机载设备与其他军用飞机基本相同，主要有机体，动力装置，起落装置，操纵系统，通信设备，领航设备，火力控制系统和电子对抗系统等。机体多用铝合金制成，飞行速度超过 M2.5 的，主要采用钛合金，以承受高速飞行导致的高温；非金属材料 and 复合材料的应用逐渐增多。机身内一般装有 1~2 台喷气式发动机，其最大推力为飞机重量的 80~120%，发动机进气口处通常装有进气节流锥或调节板，用来控制空气流量和激波位置，以提高进气效率，满足亚音速和超音速飞行的不同要求。机身或机翼上还装有可收放的减速板，用以控制速度。机载武器有航炮、导弹、火箭和炸弹等，除航炮外，其他均悬挂在机翼下方或机身腹部及两侧。有的歼击机的外挂点多达 10 余个。

性能

80 年代初，歼击机高空最大速度可达 3000 公里/小时，超低空允许最大速度可达、500 公里/小时，升限达 21000 米左右。最大航程，不带副油箱时

达 2000 公里，带副油箱时可达 4000 公里。低空作战半径大于 600 公里。

机动性是歼击机的重要性能之一。现代歼击机从 M0.9 增速到 M2.0 约需 3 分钟。从海平面高度上升到 10000 米约需 1.5 分钟。低空盘旋最小半径约 800 米。在中、低空飞行，可作各种特技和剧烈的机动动作，飞机的载荷系数可达到 9，即飞机产生的升力可达到飞机重量的 9 倍。

现状

80 年代初期的新型歼击机，在飞行性能、火力、设备、维修性等方面都有很大提高和改进。飞行性能的提高，突出的是瞬时转弯角速度增大，有的歼击机已达 30 度/秒。机头能在短时间内偏转较大的角度，对空战格斗、发射格斗导弹非常有利。超音速歼击机的最小速度已下降到 180 公里/小时，最大与最小速度的比值超过 16。现代歼击机大多装有中、远距拦射导弹、近距格斗导弹和航炮，具有全天候、全高度、全方向攻击目标的能力。有的飞机的机载火力控制系统可保障使用空空导弹同时攻击 4~6 个目标。格斗中，飞行员双手不离开油门和驾驶杆，即可使用舀达和全部机载武器，便于集中精力注视目标，提高作战效能。有些歼击机除上述武器外，还可挂数吨炸弹，对地攻击能力远远超过 50 年代的轻型轰炸机。新型歼击机的机载设备，可靠性好，自动化程度高。飞行员无须顾虑飞机超出安全飞行范围，也不需要任何计算和环视仪表，即可一目了然地从平视或丁视显示器上掌握全部所需信息。新型歼击机维护简便。更换 1 台发动机，4 人只需要 1 小时即可完成。飞机再次出动时间，包括加油、挂弹等，单机不超过 15 分钟。重要部件（如发动机、雷达等）采用单元体结构，发生故障时可按单元体调换。机上主套工作系统具有自动检测和监控能力，易于发现故障部位。

展望

歼击机将主要在以下几方面继续得到发展： 进一步提高机动性，重点研究直接控制空气动力的方法，使飞机能作各种非常规机动动作，如在下偏转或不俯仰机头的条件下，能在飞行中侧移或上下平移，在不改变飞机前进方向的条件下，能使机头偏转一个较大的角度，以利于发射导弹或使用航炮； 提高巡航性能，在不打开加力的情况下，使飞机作超音速巡航飞行，以提高飞机的平均作战速度和反应能力； 利用电子技术，使各系统向最优化和更自动化的方向发展，特别是在解决敌我识别和提高警戒、干扰、抗干扰能力方面将有较大进展； 提高可靠性和维修性。此外，将提高歼击机的短距起落性能，进一步减少对机场跑道的依赖。

歼击轰炸机

歼击轰炸机指主要用于突击敌战役战术纵深内的地面、水商目标，并具有空战能力的飞机。亦称战斗轰炸机。

歼击轰炸机能携带普通炸弹、制导航空炸弹（激光或电视制导）、反坦克子母弹和战术空地导弹，有的能携带核弹，并装有火控系统，具有较强的攻击地面、水面目标的能力。它还可带空空导弹用以自卫。投掉外挂武器后，

可用于空战。在战区内，歼击轰炸机主要以低空大速度飞行，并依靠电子干扰手段进行突击。为使飞机具有较强的低空抗颠簸能力，其翼载荷较大。为保障低空飞行安全，有些飞机装有由防撞雷达和自动驾驶仪等交联组成的地形跟随系统。飞行中，防撞雷达可及时发现前方障碍物，并由计算装置控制自动驾驶仪，把飞机拉起，基本保持预定的离地高度。为保障在夜间和复杂气象条件下能准确地飞到目标上空，并发现目标，机上装有：惯性领航系统和多普勒雷达；微光夜视仪，可供在暗夜看到地面上20~30公里远的中型目标，前视红外观察仪，可供在夜间看到地面上20公里远的与背景温度差别较大、设有伪装的目标，如发电厂、坦克群和车队等。

第二次世界大战期间，美国于1941年生产的P-40D驱逐机，即装有炸弹挂架，可挂炸弹约230千克，用以轰炸地面目标。40年代末，美国首先使用“战斗轰炸机”这一名称。50年代末，前苏联空军开始装备歼击轰炸机。前苏联早期的这类飞机，也是用歼击机改制的，如苏-7，后又研制成新型的可变后掠翼的苏-24。美国专门设计的歼击轰炸机F-105，于1955年首次试飞，随后装备部队；1967年又制成F-111。英国、德国和意大利联合研制的新型歼击轰炸机“狂风”于1974年首次试飞。由于歼击轰炸机的发展，轻型轰炸机已逐步被淘汰。随着机载电子设备的不断改进和现代格斗导弹的广泛使用，歼击轰炸机的空战能力有了很大提高。歼击轰炸机与歼击机、强击机的差别日益缩小。因此，美国和西欧一些国家已逐渐把现代歼击机、强击机和歼击轰炸机统称为“战术战斗机”。

轰炸机

轰炸机指专门用于对地面，水面目标实施轰炸的飞机。它具有突击力强、航程远等特点，是航空兵实施空中突击的主要机种。按载弹量分为重型轰炸机（10吨以上）、中型轰炸机（5~10吨）和轻型轰炸机（3~5吨），按航程分为远程轰炸机（8000公里以上）、中程轰炸机（3000~8000公里）和近程轰炸机（3000公里以下）：按遂行任务的范围分为战略轰炸机和战术轰炸机。从20世纪50年代中期起，各国已不再研制战术轰炸机，以歼击轰炸机取代。

轰炸机主要由机体、动力装置、起落装置、操纵系统、液压气压系统、燃料系统、武器系统、电子设备和救生设备等组成。现代轰炸机的机体设有气密座舱、炸弹舱、发动机舱和设备舱等。机翼有后掠翼、三角翼和可变后掠翼等。高亚音速轰炸机多采用后掠翼，超音速轰炸机多采用可变后掠翼，后掠角的变化范围一般为 15° ~ 70° 。动力装置，高亚音速轰炸机多采用涡轮喷气发动机，60年代以来，超音速和某些高亚音速轰炸机多采用涡轮风扇发动机。近程轰炸机一般装有2台发动机，远程轰炸机装4~8台。轰炸机的操纵系统，广泛采用助力器，利用液压和电动系统操纵舵面。新型操纵系统采用数字电传技术，为确保安全可靠，采用多套平行并共同工作的计算机等部件所组成的操纵系统，如其中一套部件发生故障，其他各套仍可正常工作。武器系统包括机载武器和机载火力控制系统。机载武器有常规炸弹、核弹、鱼雷、空地导弹、空舰导弹和航炮等。新型火力控制系统可保障轰炸机具有全天候轰炸能力，并提高轰炸精度。电子设备包括通信设备、自动驾驶仪、地形跟随雷达、领航设备、电子对抗系统和全向警戒系统等，主要用以保障

远程飞行和低空突防。现代轰炸机还装有受油设备，可进行空中加油，以增加航程和续航时间。

1915年，俄国军队首先装备了轰炸机。随后，法、英、德等国军队也相继装备了轰炸机。第一次世界大战期间，轰炸机多装有2~4台活塞式发动机，载弹量达2000千克，航程达500~1000公里，速度达180公里/小时。第二次世界大战期间，英、美、苏、德等国研制出一些新型轰炸机，较著名的有美国的B-29，英国的“兰加斯特”等。大战末期，轰炸机的载弹量达9000千克，航程达7500公里，速度达600公里/小时。有的轰炸机装有雷达轰炸瞄准具。战争结束前，德国研制出Ar234B-2喷气式轰炸机。战后，美、苏、英等国也相继研制出喷气式轰炸机，亚音速的有美国的B-52、前苏联的米亚—4、英国的“火神”等；超音速的有美国的B—58、前苏联的图-12、法国的“幻影”等。60年代末，可变后掠翼超音速轰炸机问世，其中有美国的FB-111、B-1和前苏联的图-22M（“逆火”，亦称图—26）等。新型轰炸机主要用于战略轰炸，其特点是：具有低空高速突防能力；装有先进的火力控制系统，可保障全天候精确地实施轰炸，能携带巡航导弹或其他空地、空舰导弹，可在敌防空火力圈外实施突击。中国的航空兵部队，于60年代初开始装备国产喷气式轰炸机。

今后的轰炸机将改进电子对抗设备，广泛采用“隐身”技术，并装备空导导弹，以提高突防能力和生存能力；改进人力控制系统，提高轰炸精度；更广泛地作为巡航导弹的载机。

强击机

强击机指主要用于从低空、超低空突击敌战术和浅近战役纵深的小型目标，直接支援地面部队（水面舰艇部队）作战的飞机。亦称攻击机，旧称冲击机。强击机具有良好的低空操纵性和安定性。为提高生存力，一般在其要害部位有装甲防护。

第一次世界大战中，德国研制并使用了强击机。第二次世界大战前夕，前苏联研制出伊尔—2强击机，在大战期间曾广泛使用，发挥了较突出的作用。它的前机身用特种钢板焊接而成，座舱、发动机、油箱等都包在钢板内，枪弹和口径较小的炮弹不易将其击穿。机上装有航炮、机枪、火箭，能携带600千克炸弹。1944年末，又生产出其改型机伊尔-10。第二次世界大战后期，德国在容克-87飞机上加设装甲，并装有37毫米口径加农炮，成为容克-87G强击机，专门用于低空反坦克作战，也起过重要作用。50年代中期，前苏联取消了强击机，代之以歼击轰炸机。美军在60年代末装备A—7强击机，曾在越南战争中使用；70年代末又装备了A—10。80年代初，前苏联开始装备了苏-25飞机，主要用于反坦克。

中国空军于1950年开始装备强击机。从60年代起，逐步换装自行研制的强击5型飞机。它是一种双发动机、单座、中单翼喷气式飞机，最大飞行速度超过音速。装有2门航炮，可挂载多种对地攻击武器。

现代强击机的特点是：生存力较强，如A—10的装甲重量占飞机总重量的10%以上，能承受1~2发23毫米高射炮弹的攻击；低空作战半径约500公里，还可在目标上空活动1~2小时；正常挂弹量达3吨。强击机用来突击地面目标的武器有：航炮、普通炸弹、制导航空炸弹、反坦克集束炸弹和空

地导弹。多数强击机可挂战术核弹。有的强击机还装有红外观察仪或微光电视等光电搜索瞄准设备和激光测距器。有的强击机具有垂直/短距起落性能。

强击机与歼击轰炸机的区别，在于突防手段和空战能力不同。强击机的突防，主要靠低空飞行和装甲保护，歼击轰炸机则主要靠低空高速飞行；强击机一般不宜用于空战，而歼击轰炸机具有空战能力；强击机用于突击地面小型或活动目标，比使用歼击轰炸机更有效。此外，强击机可在野战机场起降，而歼击轰炸机一般需用永备机场。

第二次世界大战后多次局部战争的实践表明，强击机在复杂气象或暗夜条件下搜索小型目标的能力，有待进一步加强，武器的性能还需提高，自卫能力包括装甲和电子干扰设备等也需不断加强和改进。

侦察机

侦察机指专门用于从空中获取情报的军用飞机。是现代战争中的主要侦察工具之一。按遂行任务范围，可分为战略侦察机和战术侦察机。战略侦察机一般具有航程远和高空、高速飞行性能，用以获取战略情报，多是专门设计的。战术侦察机具有低空、高速飞行性能，用以获取战役战术情报，通常用歼击机改装而成。

侦察机一般不携带武器，通常装有航空照相机、侧视雷达和电视、红外侦察设备，有的还装有实时情报处理设备和传递装置。侦察设备装在机舱内或外挂的吊舱内。侦察机可进行目视侦察、成相侦察和电子侦察。成相侦察是侦察机实施侦察的重要方法，它包括可见光照相、红外照相与感相、雷达成相、微波成相、电视成相等。

飞机在军事上的最初应用是进行侦察。第一次世界大战中，侦察机被用来遂行战术侦察任务，机上装有航空照相机和烟火发光器材。第二次世界大战中，使用侦察机遂行了大量的战略侦察和战术侦察任务。有些侦察机装有高穿航空照相机，可进行垂直照相和倾斜照相，有的还装有雷达侦察设备。大战末期出现了电子侦察机。50年代，侦察机的飞行性能显著提高，飞行速度超过音速，机载侦察设备也有很大改进。拍摄目标后几十秒钟就能印出照片，并可用无线电传真传送到地面。还出现了一些专门研制的侦察机，如美国的U—2060年代，研制出3倍音速的战略侦察机，如美国的SR—71和前苏联的米格—25P等。SR—71的最大飞行速度超过M3.0，实用升限达2.5万公里左右，照相侦察1小时的拍摄范围可达15万平方公里。战术侦察机的性能也有很大提高，有的装有分辨力较高的侧视雷达，从飞机一侧侦察的地带宽度达数十公里。无人驾驶侦察机在越南战争和几次中东战争中，都曾经广泛使用，并发挥了较好的作用。

侦察卫星出现后，侦察机仍将继续发展。80年代初，有的国家着手研制飞行速度为M5.0左右、升限超过3万米的高空高速侦察机。光学、电视、红外、激光等机载侦察设备的性能将不断提高，机载实时情报传输系统和处理系统将进一步改进。今后，可能出现具有较强自卫能力的武装侦察机；无人驾驶侦察机将得到更广泛的应用。

军用运输机

军用运输机指用于运送军事人员、武器装备和其他军用物资的飞机。具有较大的载重量和续航能力，能实施空运、空降、空投，保障地面部队从空中实施快速机动；它有较完善的通信、领航设备，能在昼夜复杂气象条件下飞行。有些军用运输机还装有自卫武器。

军用运输机按运输能力分为战略运输机和战术运输机。战略运输机航程远，载重量大，主要用来载运部队和各种重型装备实施全球快速机动。战术运输机用于战役战术范围内遂行空运任务。有的具有短距起落性能，能在简易机场起落。

军用运输机由机体、动力装置、起落装置、操纵系统、通信设备和领航设备等组成。机身舱门宽敞，分前开式、后开式和侧开式。装有前开式和后开式舱门的运输机，在舱门处设有货桥，与飞机底板相接，底板上有滚动装置，机舱内有起吊装置；舱门、货桥和起吊装置由液压或电动机构操纵，便于快速装卸大型装备和物资。机翼一般采用上单翼布局，机翼前、后缘装有高效增升装置，以改善起落性能。动力装置多数为2~4台涡轮风扇或涡轮螺旋桨大功率发动机，有的在主起落架舱内或尾部装有辅助动力装置，用于在地面起动发动机。起落架多采用多轮式，装中、低压轮胎。有的起落架装有升降机构，用以调节机舱底板的离地高度，便于在野战条件下进行装卸。

第一次世界大战后，军用运输机在轰炸机、民用运输机的基础上逐步发展起来。1919年，德国制成世界上第一架专门设计的全金属运输机J—13。20年代后期和30年代，较著名的军用运输机有德国的容克—52、前苏联的AHT—9等。第二次世界大战期间，一些国家又专门研制出一些军用运输机，如德国的Me-323和容克—352，美国的C-46等。上述飞机采用的活塞式发动机，功率达1200马力以上，最大航程达6000多公里，可载运120人。50年代末、60年代初，军用运输机开始采用涡轮喷气发动机，如美国的C—141；有的采用涡轮螺旋桨发动机，如美国的C—130、C—133和前苏联的安-22等。60年代中期，开始采用噪音小、耗油率低的涡轮风扇发动机。由于动力装置不断改进，军用运输机的性能已有大幅度提高。美国的战略运输机G—5A，装有4台涡轮风扇发动机，巡航速度871公里/小时，最大载重航程达4745公里，最大有效载重达120吨，可装载48吨主战坦克2辆，或载重汽车16辆，或搭载345名全副武装的士兵；前苏联的战略运输机安—124，最大巡航速度约850公里/小时，最大载重航程约4500公里，最大有效载重约150吨。

今后，军用运输机将综合利用高效增升装置、反推装置和推力换向、襟翼吹气等技术，进一步改进起落性能。战略运输机在气动布局方面将有新的突破，除发展常规布局的大型运输机外，正在酝酿双机身、三机身和“翼载”等设计方案。

预警机

预警机指用于搜索、监视空中或海上目标，并可指挥引导己方飞行遂行作战任务的飞机。它具有良好的探测低空、超低空目标的性能和便于机动等特点，战时可迅速飞往作战地区，遂行警戒和指挥引导任务；平时可沿边界或公海巡逻，侦察敌方动态，防备突然袭击。早期的预警机只有预警功能。

预警机通常由大型运输机改装而成。机身上装有带罩的雷达天线，机舱内装有预警雷达，以及敌我识别、情报处理、指挥控制，通信、领航和电子

对抗等设备。预警机可在数百公里距离内发现、识别、跟踪数十至数百批目标，向地面或海上指挥系统提供情报，为地面防空武器系统指示目标，并引导己方飞机遂行作战任务。舰载预警机可随航空母舰进入远洋活动，扩大预警范围。

预警机在探测低空、超低空和海上目标时，机载雷达的探测范围受地球曲面的限制相对减小，因而与舰载雷达或地面雷达相比，能在更远的距离发现目标。预警机雷达具有良好的下视能力，具波束作俯角扫描时，能在地物 and 海浪杂波的强烈干扰背景中检测出目标信号。

在第二次世界大战后期，美国海军为了及时发现利用舰载雷达盲区接近舰队的敌机，将警戒雷达装在飞机上，这是最早的预警机。早期的预警机，如 40~50 年代美国的 AD-3W、EC-121C，英国的“塘鹅”等，雷达的功能单一，下视能力差，只能用于海上。70 年代，脉冲多普勒技术和机载动目标显示技术的应用，使预警机在陆地和海洋上空具备了良好的下视能力；三坐标雷达（可同时测量目标方位、距离和高度）和电子计算机的应用，使预警机的功能由警戒发展到可同时对多批目标实施指挥引导。美国空军于 70 年代中期开始装备的、由波音 707 飞机改装的 E-3A 预警机，亦称空中警戒与控制系统（AEWC），机身上方装有直径约 9 米的旋转天线罩，在 9000 米高度时，对低空目标的探测距离约 370 公里，可同时跟踪约 600 批目标，引导截击约 100 批目标，并具有搜索水面舰艇的能力。其他型号的预警机有：美国海军的 E-2C 和前苏联防空军的图-126 等。

预警机在现代战争中具有重要作用。1982 年 4 月，英国与阿根廷在马尔维纳斯群岛（福克兰群岛）战争中，英国舰队由于未装备预警机，不能及时发现低空目标，以致遭受重创。在同年 6 月的叙利亚与以色列冲突中，以色列空军使用 E-2C 预警机引导己方飞机，袭击贝卡谷地的防空导弹阵地，并进行空战，使叙方受到很大损失。

今后，预警机发现、跟踪超低空目标和小型目标的能力将进一步提高，抗干扰能力和对付导弹攻击的自卫能力也将增强。如何进一步减小雷达天线的飞行阻力和遮挡效应还有待于继续研究。

电子对抗飞机

电子对抗飞机指专门用于对敌方雷达、无线电通信设备和电子制导系统等实施侦察、干扰或袭击的飞机的总称。

电子对抗飞机通常用其他军用飞机改装而成，分为电子侦察飞机、电子干扰飞机和反雷达飞机：电子侦察飞机，通过对电磁信号的侦收、识别、定位、分析和录取，获取有关情报。它装有宽频带的电子侦察系统。其基本工作程序是：侦察系统收到信号后，测出信号源的方位和技术参数，显示在显示器上，同时加以录取；必要时，用数据传输系统实时地将数据传送给己方指挥中心或作战部队。电子干扰飞机，主要用以对敌方防空体系内的警戒引导雷达、目标指示雷达、制导雷达、炮瞄雷达和陆空指挥通信设备等实施电子干扰，掩护航空兵突防。电子干扰飞机主要装有大功率杂波干扰机、无源干扰投放器和侦察、引导接收机。其基本工作程序是：接收机收到信号后，经计算机处理，引导施放有源和无源干扰。反雷达飞机，主要用于袭击地面防空系统的火控雷达。它装有告警引导接收系统、反雷达导弹和其他

制导武器。其基本工作程序是：接收系统收到信号后，识别出雷达类型，测出其位置，发射反雷达导弹进行攻击。

第二次世界大战期间，有些国家把功能单一的电子侦察和干扰设备装在轰炸机上，形成了最早的电子对抗飞机。50~60年代，美军改装成 P2V—7 电子侦察飞机、EB-66 电子干扰飞机和 F—105G 反雷达飞机，苏军装备了图-16P 电子侦察飞机和图—16 电子干扰飞机。这个时期的电子对抗飞机，装备性能虽有所提高，但存在着覆盖频率范围窄、干扰功率小和自动化程度低等缺点。70年代以来，随着微波和电子计算机技术的发展，电子对抗设备形成了完整的系统，性能有很大提高：频率覆盖范围加宽（侦察设备的频率从数兆赫到数十千兆赫，干扰设备的频率从数十兆赫到数十千兆赫），干扰功率加大（1000瓦以上），自动化程度提高（1名操纵员即可操纵机上全部电子对抗设备）。美国的 EF-111A 电子干扰飞机和 F-4G 反雷达飞机，在这个时期的电子对抗飞机中具有代表性。

电子对抗飞机发展的主要趋势是进一步扩展频率覆盖范围，增大干扰的等效辐射功率，提高自动化程度和对雷达袭击的命中率，研制多用途无人驾驶电子对抗飞机。

“隐身”飞机

“隐身”飞机指利用各种技术减弱雷达反射波、红外辐射等特征信息，使敌方探测系统不易发现的飞机。“隐身”仅是一种借喻，并非指飞机在肉眼视距内不能被看到。飞机的特征信息，还包括声波和可见光。军用飞机采用“隐身”技术，是专门对付敌方雷达和红外传感器的，已有可能使它们对飞机探测的距离减小到二分之一左右，甚至更小一些。“隐身”飞机减小雷达有效探测距离的主要方法是：机身和机翼之间圆滑过渡（身翼融合），合理选择进气口的外形和位置，使机体表面各部分的连接处，尽可能避免直角相交；机体尽量采用非金属材料，飞机表面的金属部位涂以能吸收电磁波的材料。减小红外传感器探测距离的主要方法是：发动机采用二元喷管，喷口四周加隔热层或红外挡板，改变喷口方向；用冷空气降低喷气温度，以改变红外辐射峰值频率。20世纪60年代初，美国开始研究“隐身”技术，有的已用在 U—2 和 SR—71 高空侦察机上，但效果并不明显。70年代，美国的 B—1 轰炸机、F—16 歼击机和法国“幻影”2000 歼击机都采用了“隐身”技术。80年代研制的作战飞机，在设计阶段即充分考虑到“隐身”问题。

垂直/短距起落飞机

垂直/短距起落飞机指能垂直起飞、降落和起飞、着陆距离均在300米以内的固定翼飞机的总称。前者称垂直起落飞机，后者称短距起落飞机。大多数垂直起落飞机兼有短距起落能力。垂直/短距起落飞机可减少或基本摆脱对机场的依赖，便于出击、疏散、隐蔽和转移。垂直起落的歼击机或强击机，可装载在航空母舰、巡洋舰、驱逐舰或两栖攻击舰等大、中型水面舰艇上，以提高舰艇的防空能力和突击能力。短距起落的运输机也已开始使用。

垂直/短距起落技术，已受到普遍重视。垂直起落技术主要有：起落时，偏转发动机喷口、螺旋桨或其他推力源，使之产生向上的推力（拉力）：

机翼与装在它上面的发动机一起偏转方向；飞机上装有升力发动机和推力发动机两种动力装置。

短距起落技术主要有：减小飞机的翼载荷和提高飞机的推重比；采用先进的气动布局和改变机翼平面形状；改变机翼剖面形状，增大弯度；控制附面层；采用喷气襟翼和动力增升装置。

喷气式飞机出现后，飞机的起飞和着陆速度增大，滑跑距离增长，这样不仅需要延长跑道，而且不利于飞机的作战使用及其在地面的生存。为解决这一问题，一些国家在第二次世界大战结束后，相继着手研究垂直/短距起落飞机。50年代，主要是寻求合理的飞机气动布局，解决垂直起落和过渡飞行中的操纵性和安定性问题，研制专用的动力装置，并试制出第一代垂直起落研究机，如美国的XFY—1和英国的SC-1等。60年代，出现了10多种垂直/短距起落试验飞机，如原联邦德国的VJ—101、D0-31和法国的“幻影”—v等。现已装备部队的垂直起落飞机有两种，英国的“鹞”式和前苏联的雅克—36，“鹞”式飞机于1957年开始研制，1969年装备部队，主要用来执行对地攻击任务，并有一定的空战能力。这种飞机装有喷管可转向的涡轮风扇发动机，以提供升力和平飞推力；最大平飞速度1186公里/小时，转场航程3300公里，最大外挂重量2270千克。为增大航程和载弹量，一般采用短距或斜板起飞，垂直降落。1982年4月，英国、阿根廷马尔维纳斯群岛（福克兰群岛）战争中，“鹞”式和舰载型“海鹞”式飞机首次参加实战。

20世纪70年代，前苏联开始装备雅克—36。这种飞机采用升力发动机，只能垂直起落，最大平飞速度1250公里/小时，最大载弹量约1000千克，活动半径240公里，航程560公里。

垂直/短距起落飞机，是今后军用飞机发展的一个重要方向。美、苏等国除研制超音速垂直/短距起落歼击机外，还重视发展垂直/短距起落运输机和其他飞机。垂直/短距起落飞机的发展，主要是改进动力装置、气动布局和操纵调节系统，广泛采用高效能增升装置。

炮兵侦察校射飞机

炮兵侦察校射飞机指炮兵用于航空侦察和校正射击的飞机。亦称炮兵校正机、校射机。通常是用轻型飞机、直升机或小型无人驾驶飞机加装观察仪器、航空照相机和电子侦察设备而成。炮兵对地面观察所难以观察的目标进行射击时，使用炮兵侦察校射飞机指示目标和校正射击。炮兵最初用于从空中指示目标和校正射击的工具是观察气球。第一次世界大战中，英、法、俄、德等国开始使用飞机代替观察气球。第二次世界大战中，一些国家多使用轻型飞机作为炮兵侦察校射飞机，如美军使用的L-4飞机和L-5飞机，苏军使用的波—2飞机。50年代，美军主要使用L—19飞机，苏军使用雅克—11飞机。60年代，一些国家开始使用直升机作为炮兵侦察校射飞机，如美军使用的OH—6A直升机，苏军使用的米—2直升机。70年代后期以来，小型无人驾驶飞机受到重视，并成为炮兵航空侦察和校正射击的工具之一。中国人民解放军于50年代中期开始装备炮兵侦察校射的飞机。

无人驾驶飞机

无人驾驶飞机指由无线电遥控设备或自备程序控制系统操纵的不载人飞机。简称无人机。通常是专门设计的，也有用其他飞机改装的。它结构简单，造价低廉，能完成有人驾驶飞机不宜执行的某些任务，在军事上已得到广泛应用。它可由载机携带从空中投放，也可从地面发射或起飞；可由操纵员在地面或空中利用遥控设备操纵，也可通过自备程序控制系统控制飞行。无人机有一次使用的，也有多次使用的。多次使用的无人机，可自动着陆，或用降落伞回收。机上控制系统主要包括：无线电遥控遥测设备、程序控制装置、自动驾驶仪、发动机自动操纵装置、自动领航设备、自动着陆或回收设备等。根据不同任务，无人机可选装上述设备或加装其他设备。

无人机的主要用途之一是作靶机，用于飞机、高射炮、导弹等兵器试验和性能鉴定，训练飞行员和高射炮、地空导弹、雷达操纵人员。靶机上的专用设备有：脱靶量指示器、模拟红外辐射和雷达反射面的设备、电子干扰设备等。无人机还可用于侦察、电子对抗、中继通信，以及科学试验（如核试验取样）等。

英国于 1917 年首先研制成无人机。30 年代，英国和前苏联开始将无人机作为靶机使用，多用无线电操纵的活塞式模型飞机改制而成。40 年代，特别是第二次世界大战后，由于无线电遥控技术的发展，美、英、苏等国都研制了低亚音速、低高度的小型活塞式靶机。50 年代，重点研制高亚音速和超音速靶机，并开始研制无人侦察机、无人研究机。60 年代，研制重点转向无人侦察机，还出现了超音速高空靶机、诱饵机等。70 年代，出现了新型实时遥控无人机，由操纵人员在地面或空中通过电视摄像机、数据传输装置和其他电子设备，进行实时遥控。中国在 60 年代，用喷气式歼击机改装成无人机，70 年代，又相继研制出高亚音速的靶机和无人侦察机。80 年代初，美国和西欧一些国家，正在探索骚扰机、对地攻击机、目标照射机、遥控直升机等无人机的研制。已开始研制的有速度为 M4.0 的高空高速靶机等。

直升机

直升机指依靠发动机带动旋翼产生升力和推进力的航空器。习称直升飞机。其英文名称起源于希腊文，helix（螺旋）和 pteron（翼），意为“旋转的翼”。它能垂直起落、空中悬停、原地转弯，并能前飞、后飞、侧飞；能在野外场地垂直起飞和着陆，不需要专门的机场和跑道，能贴近地面飞行和长时间悬停，超越障碍，或利用地形地物隐蔽活动；能吊运体积大的武器装备，不受本身容积的限制。因此，直升机在军事上得到广泛应用，是现代军队的重要技术装备之一。与固定翼飞机相比，直升机航程短，速度小，振动和噪音较大。

直升机按旋翼数目分为单旋翼式直升机、双旋翼式直升机（又分纵列式、横列式、共轴式）和多旋翼式直升机；按重量分为轻型、中型和重型；按军事用途分为运输、武装、反潜、救护、通信联络等型别。此外，还有无人驾驶直升机。

基本组成和操纵原理

直升机主要由机身、动力装置、起落装置、旋翼、液压系统、操纵系统、

电子和特种设备等组成。旋翼通常由 2~8 片窄长的桨叶和与之相连的桨毂组成，安装在机身上方竖向的旋翼轴上，由发动机通过减速器驱动旋转。多数直升机的旋翼，采用装有水平关节、垂直关节和轴向关节的铰接式桨毂。旋翼旋转时，桨叶可绕水平关节上下挥舞，并绕垂直关节前后摆动一定角度，以减小桨叶根部弯矩，保持直升机平衡稳定；桨叶还可绕轴向关节转动，以改变桨叶相对于气流的迎角，使其升力发生变化。有些先进的直升机，为了改善性能，简化结构，降低成本，已部分或全部取消了关节，称作“无铰旋翼系统”。直升机旋翼布局的形式很多，其中单旋翼式应用最广，其尾部装有 1 副由水平轴驱动的尾桨，用以平衡旋翼转动时产生的反作用力矩和进行航向操纵。

直升机由 1 或 2 名飞行员驾驶。单旋翼式直升机通过 3 种机构进行操纵：操纵周期变距驾驶杆（简称驾驶杆），使旋翼桨叶的安装角（桨距）在旋转过程中产生周期性变化，并使桨叶升力也相应地产生周期性变化，从而使桨叶尖部轨迹平面及总的升力线向所需要的飞行方向倾斜，使直升机前飞、后飞或侧飞。操纵总距—油门操纵杆，可同时等量改变所有桨叶的安装角，并相应地改变发动机功率，以增大或减小总升力，控制直升机升降。操纵脚踏，可改变尾桨桨叶的安装角，使偏转力矩发生变化，以控制直升机航向。发动机在空中停车时，直升机可利用旋翼自转下滑着陆，增强安全性。

用途和性能

直升机可用于：运输，主要遂行短途的和其他运输工具难以完成的任务；机降部队；航空火力支援；反潜搜索和攻击；航空布雷，扫雷；救护，寻找和营救遇难人员，后送伤病员；侦察和观测，遂行战场侦察搜索任务，观测和校正炮兵射击；通信联络，传送战斗文书，敷设通信线路，并可作为中继通信站和对敌电台的机动干扰站；空中指挥；其他，如吊装桥梁和工程设备，清除道路障碍等。

直升机的起飞重量不一，小的只有几百千克，大的达 100 吨以上；最大速度已达 350 公里/小时左右；实用升限 4000~6000 米；航程 400~800 公里，转场航程 1000 公里以上。有的直升机还能做“斤斗”、“横滚”、“急跃升”等特技飞行动作。直升机的悬停高度，由需用功率和发动机的可用功率决定。在临近地面时，利用地面效应可增大旋翼升力。例如，当旋翼离地高度是其直径的 1/2 时，升力约增大 10%，这就使超载的直升机能临近地面悬停和起飞，或使正常载重的直升机增加悬停起降的高度。

简史

直升机的发展经历了漫长的道路。中国古代就出现了“竹蜻蜓”玩具，15 世纪中叶传入欧洲，称作“中国陀螺”，可以说是旋翼的雏形。1483 年，意大利科学家达·芬奇绘制了一幅直升飞行器草图。在随后的几百年中，出现了各种直升机模型。1907 年 9 月 19 日，航空工业的先驱法国的 L. - G. 布雷盖研制了四旋翼直升机，首次载人升离地面，但需 4 名助手在地面用绳子拉着以保持平衡。同年 11 月 13 日，法国工程师 P. 科尔尼首次驾驶自己研制的双旋翼直升机，保持了约 20 秒的自由飞行，但在当时还无法解决操纵和稳

定的问题。直到 1923 年，西班牙航空工程师 J.de la 西尔瓦发明了铰接桨叶的桨毂后，才为直升机的发展开辟了道路。1936 年，德国人 H. 福克研制出一架双旋翼横列式直升机 FW-61，多次成功地进行了飞行表演。1939 年，美籍俄国飞机设计师 . . 西科斯基研制出一架接近实用的单旋翼直升机 Vs-300，其改进型 R—4 (VS—316) 于 1942 年交付美国陆军。此后，直升机开始实际使用并成批生产。20 世纪 40 年代初，德国海军试用 FL-282 小型直升机进行海上侦察活动。1943 ~ 1946 年，美军着手研究试验直升机用于反潜作战。50 年代初，美军开始在朝鲜战场使用直升机进行营救、伤员后送和其他支援活动。1956 年苏伊士运河冲突期间，英、法两国军队使用直升机机降，增援登陆部队。50 年代中后期，法军在阿尔及利亚战场首次把直升机作为武器载机，遂行轰炸、扫射任务，60 年代，美军在越南战场先后投入数千架直升机，不仅作为主要的运输和营救工具，而且广泛遂行机降和火力支援任务。以后，在中东、阿富汗和马尔维纳斯群岛（福克兰群岛）等局部战争中，直升机都发挥了明显的作用。大量装备和使用直升机已经是现代战争的重要特征之一，它正在改变一些传统的作战方式和军事概念。目前，美国是装备军用直升机最多的国家，约占其军用飞机总数的三分之一以上。中国于 50 年代末开始成批生产直升机并装备部队。

展望

今后军用直升机的发展重点，是发展专用的武装直升机。在理论和技术方面，继续研究、探讨直升机空气动力学，减少振动和延长使用寿命；采用新材料、新工艺；研制新型旋翼系统、传动机构、高性能动力装置和自动控制系统。为了克服传统形式直升机速度小的弱点，有些国家正在研究试验复合式和组合式直升机。复合式直升机，是在普通直升机上增加固定机翼，以减轻前飞时的旋翼负荷，还增设辅助动力装置，以产生前飞推力，飞行速度可增大到 400 ~ 500 公里/小时。组合式直升机，是在起落和悬停时，由旋翼产生升力；前飞时由固定翼产生升力，这时旋翼收藏在机身内部，或转向作拉力螺旋桨；有的组合式直升机，是由旋翼停转变为固定翼，飞行速度有可能增大到 600 ~ 800 公里/小时。

武装直升机

武装直升机指装有机载武器系统的直升机。主要用于攻击地面、水面和水下目标，为运输直升机护航，有的还可与敌直升机进行空战。它具有机动灵活，反应迅速，适于低空、遇低空抵近攻击，能在运动和悬停状态开火等特点。武装直升机通常是指用来突击地面目标的直升机，故亦称强击直升机或攻击直升机，多配属于陆军航空兵，是航空兵实施直接火力支援的新型机种。关于武装直升机用于空战，夺取超低空优势问题已引起普遍重视。

武装直升机可分为专用型和多用型两类。专用型是专门为遂行攻击任务而设计的，其机身窄长，机内只有前后乘坐的 2 名乘员（射击员、飞行员），作战能力较强。多用型除用来遂行攻击任务外，还可用于运输、机降、救护等。武装直升机多为中、小型，最大飞行速度一般为 300 公里/小时左右，作战半径 100 ~ 300 公里，续航时间 2 ~ 3 小时。武器系统包括机载武器和机载火力控制系统。机载武器有机枪、榴弹、航炮、火箭、炸弹、导弹等，多

数悬挂在机身外部两侧的挂架上，有的还在机身前下方装有可旋转的活动机枪或炮塔。为提高生存力，通常在结构、材料等方面采取必要的措施，使武装直升机具有一定的抗弹和坠耐毁性能。如美制的 AH—64，座舱底部和两侧设有装甲，机体和旋翼可承受 12.7 毫米机枪射击；机身底部结构和有关部件，可吸收以一定垂直速度下降时的大部分撞击能量，以提高乘员的生存能力。

武装直升机的主要活动方式是：贴地飞行，隐蔽接敌，突然袭击，迅速转移。反坦克作战是武装直升机的主要用途之一，它与坦克对抗时，在视野、速度、机动性及武器射程，等方面具有明显优势，射击精度和击毁概率高。主要武器是反坦克导弹，如前苏联的米—24 武装直升机可携带 4 枚 AT—3 反坦克导弹，美国的 AH—64 武装直升机可携带 16 枚“海尔法”反坦克导弹，法国的 SA-342 武装直升机可携带 4~6 枚“霍特”反坦克导弹。

在直升机上加装武器，始于 20 世纪 40 年代。1942 年，德国空军在 Fa-223 运输直升机机头前部，安装 1 挺 MG15 机枪，用于自卫。50 年代初，美军在朝鲜战场的几架 H-19 直升机曾加装火箭。前苏军在米—4 直升机上安装 12.7 毫米机枪。50 年代中后期，法军在阿尔及利亚战争中，首次使用直升机作为武器载机，遂行轰炸、扫射等任务。第一种专门设计的武装直升机是美国的 AH—1G，1965 年试飞，1967 年装备部队，用于越南战场。越南战争后期，美军开始使用装备“陶”式导弹的武装直升机，专用于打坦克。以后，在中东战争、阿富汗战争、伊朗与伊拉克战争和英国与阿根廷马尔维纳斯群岛（福克兰群岛）战争中，都有武装直升机参加战斗。

今后，武装直升机将重点发展专用型的。除进一步提高其飞行速度和机动性能外，主要是改进机载武器和火力控制系统，加强火力，提高全天候作战能力；同时，力求减小噪音，减弱对雷达波的反射和红外辐射强度，以提高生存力。

空中加油机

空中加油机指给飞行中的飞机补加燃料的飞机。多由大型运输机或战略轰炸机改装而成。其作用可使受油机增大航程，延长续航时间，增加有效载重，以提高航空兵的作战能力。

空中加油机的加油设备大都装在机身尾部，少数装在机翼下面的吊舱内，由飞行员或加油员操纵。加油设备主要有插头锥套式和伸缩管式两种。插头锥套式加油设备，亦称软管加油系统，主要由输油软管卷盘装置、压力供油机构和电控指示装置组成。软管长度视机型而定，一般为 16~30 米。管的末端有锥套，其外形呈伞状，内有加油接头。受油机的受油管（口）装在机身头部或背部。进行空中加油时，加油机在受油机前上方飞行，由飞行员或加油员打开输油软管卷盘的锁定机构，伸出锥套，锥套受气流作用而展开，将输油软管拖出。与此同时，受油机飞行员调整飞行速度、航向和高度，待受油管插进锥套后，油路自动接通，开始加油。这种设备，在 1 架加油机上可装多套，能同时给几架飞机加油。伸缩管式加油设备，亦称硬管加油系统。伸缩管位于机身尾部下方，分主管和套管，主管外壁装有升降索和稳定舵。空中加油时，加油机利用升降索放下伸缩管，稳定舵在气流作用下，将伸缩管稳定在垂直方向和水平方向一定角度的空间内，套管从主管内伸出。与此

同时，受油机占好有利位置，完成对接，开始加油。这种设备对受油机保持规定位置的要求较低，但同一时间内只能给1架飞机加油。

空中加油技术出现于1923年，当时加油过程全由人力操纵，加油机高于受油机，靠高度差加油。40年代中期，英国研制出插头锥套式加油设备。40年代后期，美国研制出伸缩管式加油设备。80年代初，美国研制了新型KC—10A空中加油机，伸缩管主管长8米多，套管长6米多，套管伸出后，伸缩管的总长度为14米多；总载油量161000千克，飞行半径3540公里，可输油90700千克。在60~80年代的几次局部战争中，美、英等国空军都使用过空中加油机。

空中加油机今后发展的重点，主要是克服机翼振动、阵风 and 空气涡流对输油管稳定性的影响；改装成兼有两种加油设备的飞机；完善电传加油操纵系统。

教练机

教练机指为训练飞行人员专门研制或改装的飞机。训练飞行员的教练机，设双座和两套互相联动的操纵机构，分别供教员和学员使用。训练空中领航员、通信员、雷达员等的专业教练机，是在轰炸机或运输机上加装若干套专用设备而成。教练机一词常用来专指飞行员教练机。

飞行员教练机通常分初级、中级和高级三种。初级教练机构造简单，着陆速度小，易于操纵，安全经济，便于初学飞行者掌握初级驾驶技术。中级教练机和高级教练机，其设备、性能与相应的作战飞机基本相同，用以训练飞行员掌握作战飞机的基本驾驶技术、较高级的飞行技术和战斗技能；有些可用于遂行作战任务。

1909年，美国制成了1架双座的莱特A型飞机，用它训练了3名飞行员。第一次世界大战中期，出现了专门设计的教练机。战争期间，德、法、英、美等国生产了不少初、中、高级教练机。第二次世界大战期间，生产较多的有美国的AT—6高级教练机；前苏联则把一些作战飞机改装成高级教练机，如乌雅克-9。20世纪40年代末期，开始设计和改装喷气式教练机，如美国的T—33，前苏联的乌米格—15。50年代研制的喷气式教练机，有法国的CM—170、英国的“喷气校长”、美国的T—37、意大利的MB-326和捷克的L-29等。中国从1919年到1949年，先后仿制和设计制造过“甲—”、“江雁”、“复兴”等教练机。中华人民共和国成立后，于1958年自行设计制造并试飞成功歼教1型喷气式教练机。1961年，研制成功性能优良的初教6型活塞式教练机。60年代中期和70年代初，研制成功比较先进的歼教5和歼教6型喷气式教练机。

80年代初，外国军队装备的教练机主要是喷气式教练机。其中少数是超音速的，如美国的T—38、日本的T—2。也有一些是低速轻型的活塞式教练机，主要用以进行新学员的检验性飞行。50年代和60年代生产的教练机到80年代初不少仍在使用的。70年代以来研制并交付使用的，有英国的BAe“鹰”式和法国、德国合作研制的“阿尔法喷气”等，其操纵性有所改善，机载设备更加现代化，飞行员在座舱内的视野和舒适程度也得到改善。航空工业发达的国家，每生产一种歼击机，一般都生产相应的同型教练机。

教练机的发展趋向是：着眼降低研制、使用和维护费用，提高经济效益；减少训练全过程所需的过渡机种，继续朝着一种教练机兼用于初、中级训练

或中、高级训练方向发展；继续发展多用途教练机。此外，新型教练机与飞行模拟器以及其他配套的地面辅助设备常同时研制，以构成完整的飞行训练器材系统。

舰载机

舰载机指以航空母舰或其他军舰为基地的海军飞机。用于攻击空中、水面、水下和地面目标，并遂行预警、侦察、巡逻、护航、布雷、扫雷和垂直登陆等任务。它是海军航空兵的主要作战手段之一，是在海洋战场上夺取和保持制空权、制海权的重要力量。

舰载机按使命分为歼击机、强击机（攻击机）、反潜机、预警机、侦察机和电子对抗飞机等。按起落原理分为普通舰载机、舰载垂直/短距起落飞机和舰载直升机。普通舰载机只能搭载在航空母舰上，借助母舰飞行甲板上的弹射器起飞，降落时用机身后下方的尾钩，钩住飞行甲板上的拦阻索，强行停住，以缩短滑跑距离；机体结构坚固，起落架减震能力和承载能力强；主轮轮距较大，抗倾倒能力强；可系留在母舰上，以防止母舰摇摆时翻倒；机翼和有的尾翼可折叠。舰载垂直/短距起落飞机能在飞行甲板较小的舰船上起落。舰载直升机能搭载在航空母舰和设有飞行平台的大、中型军舰上，其旋翼和尾梁大多可折叠。

舰载机能适应海洋环境。普通舰载机一般在6级风、4~5级浪的海情下，仍能在航空母舰上起落。舰载机能远在母舰舰炮和战术导弹时程以外进行活动；借助母舰的续航力，可远离本国领土，进入各海洋活动。舰载歼击机多兼有攻击水面、地面目标的能力，舰载强击机（攻击机）多兼有空战能力，以充分发挥有限数量舰载机的最大效能。舰载机在母舰出海时上舰，母舰返回基地时飞回岸上机场。一艘航空母舰可搭载数十至百余架舰载机。通常是多机种同时搭载，以形成综合作战能力。

1910年11月14日，美国飞行员E.B. 伊利从“伯明翰”号巡洋舰上首次驾机起飞成功。第一次世界大战中，舰载机主要用于海上侦察、巡逻和反潜。第二次世界大战中，舰载机的战术技术性能有了很大提高，在塔兰托、珍珠港、珊瑚海、中途岛等多次海战中，发挥了重要作用，改变了传统的海战样式。战后，实现了舰载机的动力喷气化、主要武器导弹化和机上系统电子化，并发展了舰载的预警机、电子对抗飞机、垂直/短距起落歼击机和直升机等。在1982年马尔维纳斯群岛（福克兰群岛）之战中，英国海军首次将“海鹞”式舰载垂直/短距起落飞机和舰载直升机投入实战。

水上飞机

水上飞机指能在水面起飞和降落的海军飞机。主要用于海上巡逻、反潜、救护和布雷。按结构分为船身式、浮筒式、水橇式。有的能水陆两用。它凭借船形机身或浮筒能在水面漂浮。机翼都采用上单翼，以减少喷溅水流对发动机、螺旋桨、外挂武器和襟翼的影响。机上装有水舵、机轮和锚泊设备。并装有航炮，携载炸弹、导弹和水中武器。1910年，法国人H.法布尔和旅美华侨谭根先后制成水上飞机。第一次世界大战中，各主要参战国的海军使用水上飞机遂行轰炸、巡逻等任务，其种类和数量很多，有的水上飞机的载重

量和航程超过了陆上飞机。第二次世界大战中，日本的“2式大艇”水上飞机参加了袭击珍珠港；搭载在潜艇上的日本小型水上飞机，曾于1943年9月两次袭击美国大陆。水上飞机受外形等方面的限制，其发展速度落后于陆上飞机和舰载机。20世纪80年代初，世界上军用水上飞机的总数不足1000架。但由于它具有独特的海上活动能力，仍受到一些国家的重视，70年代日本海上自卫队装备的US-1水上飞机仍在服役。中国自行设计、制造了新型水上飞机，性能良好，80年代中期装备部队。

反潜巡逻机

反潜巡逻机指用于搜索和攻击潜艇的海军飞机。主要用于对潜警戒，协同其他兵力构成反潜警戒线；在己方舰船航行的海区遂行反潜巡逻任务；引导其他反潜兵力或自行对敌方潜艇实施攻击。机上可携带反潜鱼雷、深水炸弹、核深水炸弹、空舰导弹、火箭、炸弹等武器。

反潜巡逻机在第二次世界大战中曾被普遍使用。装备声纳浮标后，能发现水下的潜艇，成为反潜战的主要机种。80年代初，反潜巡逻机的最大速度已达900公里/小时，最大航程9000公里，续航时间13~22小时，具有良好的低空性能，装有反潜搜索雷达、红外探测器、激光探测器、磁力探测器、微光深测仪、水质分析器、气体分析器和电子监听器等设备，能对潜艇进行全天候搜索、跟踪和攻击。如美国的P-3C反潜巡逻机最大作战半径约3800公里，机上装有多种探测设备，能发现在深海中的核潜艇，并装有电子数字计算机，实现了导航、搜潜和攻潜的全自动化。由于潜艇的大量使用，反潜巡逻机在未来海战中将具有重要作用。

反潜直升机

反潜直升机指用于搜索和攻击敌潜艇的海军直升机。分岸基和舰载两种。主要用于岸基近距离反潜和海上编队外围反潜。其飞行速度多为200~300公里/小时，作战半径100~250公里，起飞重量4~13吨，多数装有两台航空发动机。能携带航空反潜鱼雷、深水炸弹等武器，有的能携带空舰导弹。装有雷达、吊放式声纳或声纳浮标，磁力探测器等设备，能在短时间内搜索较大面积的海域，准确测定潜艇位置。搜索潜艇的效率和灵活性，均优于舰艇。但其续航时间短，受气象条件的影响较大。舰载反潜直升机的旋翼和尾梁大多可折叠，便于在载舰机库内停放。反潜直升机是在第二次世界大战后出现的。许多国家的大、中型军舰和一部分小型军舰上以及岸基反潜部队中，已装备反潜直升机。1982年，在马尔维纳斯群岛（福克兰群岛）之战中，英国海军的“山猫”反潜直升机攻击阿根廷海军的潜艇，是海战中使用反潜直升机的首次战例。

七、军用航天器

【军用航天器】

军用航天器指在地球大气层以外，基本上按照天体力学的规律，沿一定轨道运行的应用于军事领域的各类飞行器。其中，环绕地球运行的航天器，有人造地球卫星、卫星式载人飞船、航天站和航天飞机；环绕月球和在行星际空间运行的航天器，有月球探测器、月球载人飞船和行星际探测器。航天飞机是可往返于地球表面与近地轨道之间，并能重复使用的一种航天器。

军用航天器绝大部分是人造地球卫星（简称人造卫星），按用途可分为侦察卫星、通信卫星、导航卫星、测地卫星、气象卫星和反工星卫星等。载人飞船、航天站和航天飞机，截至 20 世纪 80 年代中期仍是军民合用，尚未发展成专门的军用载人航天器。

轨道

军用航天器大多采用环绕地球的近圆轨道，轨道高度和倾角随具体任务而异。例如，照相侦察卫星要求在光照条件基本相同的情况下，拍摄高分辨率的像片，采用较低的轨道，其中有些是太阳同步轨道；通信卫星要求通信覆盖面积大，采用高轨道，大多是地球同步轨道。

组成

航天器由不同功能的若干系统和分系统组成。一般分力专用系统和保障系统两类。前者用于直接执行特定任务；后者用于保障专用系统正常工作。

专用系统随航天器所执行的任务不同而异。例如，照相侦察卫星的可见光照相机或电视摄像机，电子侦察卫星的无线电接收机和天线，通信卫星的转发器和通信天线，导航卫星的双频发射机、高稳定度振荡器或原子钟，反卫星卫星的跟踪识别装置和武器等。

保障系统一般包括：结构分系统。用于支承和固定航天器上的仪器设备，使各分系统构成一个整体，并承受力学和空间环境载荷。它一般由壳体、框架、隔板和支架等组成。温度控制分系统。用于保障仪器设备在空间环境中处于允许的温度范围之内。常用的温控材料和部件，有温控涂层、隔热材料、温控百叶窗、热管、加热器和热交换器等。电源分系统。用于为航天器上的仪器设备提供电能。它一般由一次电源、控制器、功率变换器和电缆网等组成。一次电源有太阳能电池、氧化银电池、燃料电池和核电池等。

姿态控制分系统。用于保持或改变航天器的运行姿态以满足任务需要，例如，使照相机镜头对准地面，使通信天线指向地球上某一区域等。常用的姿态控制方式，有三轴控制、自旋稳定、重力梯度稳定和磁力矩控制等。轨道控制分系统。用于保持或改变航天器的运行轨道，通常由轨道机动发动机提供动力，由程序控制装置控制或由地面测控站遥控。无线电测控分系统。包括航天器上的无线电跟踪、遥测和遥控三个部分。跟踪部分主要由信标机和应答机组成，用于发出信号以便地面测控站跟踪航天器并测量其轨道。遥测部分主要由传感器、调制器和发射机组成，用于测量并向地面发送航天器的

各种参数。遥控部分一般由接收机和译码器组成，用于接收地面测控站发来的无线电指令，传送给有关分系统执行。计算机分系统。用于贮存各种程序、进行信息处理和协调管理航天器上各有关分系统工作。返回分系统。用于保障返回式航天器安全、准确返回地面。它一般由制动火箭、降落伞、着陆缓冲装置、标位装置和控制装置等组成。载人航天器除上述分系统外，还设有维持航天员生活和工作的生命保障分系统，以及仪表显示与手控，通信和应急救生等分系统。

军用卫星

在世界一些国家发射的航天器中，军用卫星的数量居首位，占三分之二以上。常见的军用卫星有：

侦察卫星，用于获取军事情报的人造卫星。一般可分为照相侦察、电子侦察、海洋监视和导弹预警等卫星。截至 80 年代中期，它们在军用卫星中发射的数量最多，已成为现代化作战指挥系统和战略武器系统的重要组成部分。

通信卫星，用作无线电通信中继站的人造卫星。军用通信卫星一般可分为战略和战术通信卫星两类。卫星通信不仅通信距离远、容量大、质量好，可靠性高，而且保密性好、机动性高、抗干扰能力强。

导航卫星，为地面、海、空中和空间用户导航定位的人造卫星。卫星导航具有全球覆盖、全天候、高精度和便于综合利用等优点，在军事上具有重要价值。

测地卫星，专门用于大地测量的人造卫星。卫星测地有几何方法和动力学方法。几何方法是通过同步测定几个地面点到卫星的方向和距离，构成空间三角网，计算出地面推算出地面点坐标、地球形状和引力场参数等。卫星测地可用来测定地上任意点的坐标和测绘所需地区的地形图，在现代战争中具有重要价值。测地卫星的设备有闪光灯、激光反射镜、无线电信标机和重力梯度仪等。

气象卫星，专门用于气象观测的人造卫星。通常将它发射到极地轨道和地球同步轨道上。气象卫星装有电视摄像机、微波辐射计、红外分光仪等设备，能连续、快速、大面积探测全球大气变化。

反卫星卫星，对敌方人造卫星实施拦截或使其失效的人造卫星。又称拦截卫星。它具有变轨能力，装备有跟踪识别装置和武器，可采用自身爆炸或使用强激光武器等攻击目标。

载人航天器，包括载人飞船、航天站和航天飞机等。利用它们进行航天侦察，能发挥人的作用，大大提高侦察效果。航天站在轨道上长期运行，便于连续监视地面军事目标。航天飞机兼有运载火箭、载人飞船和飞机的特点，在军事应用上有很大潜力。

简史

自 1957 年 10 月 4 日前苏联发射世界上第一颗人造地球卫星以来，军用航天器经过试验阶段后，在 60 年代中期先后投入使用。从 70 年代起，进入提高阶段。侦察卫星提高了分辨率；通信卫星扩大了通信容量和提高了抗干

抗能力；气象卫星扩大了辐射探测波段和提高了分辨率；导航卫星提高了定位精度，并向全天候、全天时导航方向发展。军用航天器有的还实现了“一星多用”。例如，照相侦察卫星兼有电子侦察和海洋监视的功能；导弹预警卫星兼有核爆炸探测的功能等。

在 60 年代，载人航天器主要发展了卫星式载人飞船和月球载人飞船。1961 年 4 月 12 日，前苏联发射了世界上第一艘载人航天飞船“东方”号。1969 年 7 月 20 日，美国航天员首次登上月球。1971 年、1973 年，前苏联和美国先后发射各自的第一个航天站。此后，前苏联进行了大规模卫星式载人飞船和航天站的试验活动。美国则集中力量研制航天飞机。1981 年 4 月 12 日，美国发射了世界上第一架航天飞机“哥伦比亚”号。

中国于 1970 年 4 月 24 日发射第一颗人造地球卫星，到 1986 年 2 月共发射 18 颗人造地球卫星。其中包括：6 颗回收型卫星，用一枚运载火箭发射的 3 颗卫星，一颗地球同步试验通信卫星和一颗地球同步通信卫星。中国是世界上能回收卫星和发射地球同步卫星的少数几个国家之一。

军用航天器的发展趋势是：提高生存能力和抗干扰能力，实现全天时、全天候覆盖地球和实时传输信息，延长工作寿命，扩大军事用途和提高经济效益。

侦察卫星

侦察卫星指用于获取军事情报的人造地球卫星。它利用光电遥感器或无线电接收机等侦察设备，从轨道上对目标实施侦察、监视或跟踪，以搜集地面、海洋或空中目标的情报。侦察设备搜集到的目标辐射、反射或发射出的电磁波信息，用胶卷、磁带等记录贮存于返回舱内，在地面回收；或通过无线电实时或延时传输到地面接收站，再经光学设备和电子计算机等进行处理，从中提取有价值的情报。其优点是：侦察的面积大、范围广、速度快、效果好，可定期或连续监视一个地区，不受国界和地理条件的限制，能获得通过其他手段难以获取的情报，在军事、政治、经济和外交等方面均有重要作用。侦察卫星自 1960 年前后问世以来，发展迅速，已成为现代作战指挥系统和战略武器系统的重要组成部分。根据任务和设备的不同，一般可分为照相侦察、电子侦察、海洋监视和导弹预警等卫星。

照相侦察卫星主要装有可见光遥感器（如可见光照相机、电视摄像机），对目标区拍照以获取图像。用于侦察机场、港口、导弹基地、部队集结地域，以及交通枢纽、重要城市和工业基地等战略目标。为了能发现和识别目标，要求获取的图像清晰和分辨率高。一般运行在近地点高度为 150~280 公里的轨道上。装备红外照相机和多光谱照相机的侦察卫星，还具有夜间侦察和识别伪装的能力。

电子侦察卫星装有电子侦察设备，用于侦察雷达和其他无线电设备的位置与特性，截收对方遥测和通信等机密信息。一般运行在高度约 500 公里或 1000 公里的近圆轨道上。

海洋监视卫星装有能实时传输信息的侦察设备，如电视摄像机、红外探测器、无线电接收机和侧视雷达等，用于监视海洋上的舰船和潜航中的潜艇等活动目标。为了对广阔的海洋进行连续监视，需要由多颗卫星组成监视网。

导弹预警卫星用于监视和发现敌方来袭的战略导弹并发出警报。通常在

地球静止卫星轨道或周期约 12 小时的大椭圆轨道上运行,并由多颗卫星组成预警网。装有红外探测器和电视摄像机,可探测导弹主动段发动机尾焰的红外辐射,及时准确地判明导弹发射。还装有 X 射线探测器、 γ 射线探测器和中子计数器,可探测核爆炸。

侦察卫星将进一步提高侦察信息质量,扩大综合侦察能力,力求快速和实时,并向延长工作寿命和增强生存能力等方向发展。

通信卫星

通信卫星指作为无线电通信中继站的人造地球卫星。其功用是转发或反射无线电信号,实现地球站之间或地球站与航天器之间的通信。实用通信卫星均为转发型有源通信卫星,装有通信转发器和天线,对接收到的信号进行变频、放大和转发,反射型无源通信卫星的反射信号太微弱,没有实用价值。

1958 年 12 月,美国发射世界上第一颗试验通信卫星“斯科尔”,开始了卫星通信实验阶段。1965 年发射地球轨道通信卫星“国际通信卫星”1 号,卫星通信进入实用阶段。70 年代,通信卫星进一步向专业化方向发展,出现了各种专用通信卫星。到 1984 年底,世界各有关国家共发射了 670 多颗通信卫星,其中地球同步通信卫星有 179 颗。中国于 1984 年和 1986 年先后发射了一颗地球同步试验通信卫星和一颗地球同步通信卫星。卫星通信具有通信距离远、容量大、质量好、可靠性高、灵活机动等优点。到 1984 年底,使用卫星通信的国家和地区已达 170 多个,卫星通信已成为现代通信的重要手段。

按服务区域和用途的不同,通信卫星可分为国际通信卫星、国内通信卫星、区域通信卫星、军用通信卫星、海洋通信卫星、电视广播卫星和数据中继卫星等。数据中继卫星兼有对低轨道航天器跟踪测轨的能力。

军用通信卫星又分为战略的和战术的通信卫星。前者提供远程直至全球范围的战略通信勤务;后者提供战术通信和舰艇、军用飞机的机动通信勤务。军用通信卫星具有保密性和抗干扰性好、灵活性大、生存能力强等特点。于 80 年代组网后,其战略、战术的区别已不甚明显。

美国的战略通信卫星称为“国防通信卫星”,现已发展了三代。战术通信卫星有“舰队通信卫星”和“战术通信卫星”等。

前苏联的军用通信卫星有:混编在“宇宙”号系列中的低轨道通信卫星,大椭圆轨道的“闪电”通信卫星,及地球静止轨道的“虹”、“荧光屏”、“地平线”等通信卫星。英国和北大西洋公约组织分别有“天网”和“纳托”军用通信卫星。

通信卫星的发展趋势是:采用频率复用技术,引入更高频段和发展星上信息处理技术,以增大通信容量和简化通信终端设备,开辟新的通信业务和降低费用,将进一步向提高保密性、抗干扰性、灵活性和生存能力发展。

导航卫星

导航卫星指为地西、海洋、空中和空间用户导航定位的人造地球卫星。卫星导航定位,具有高精度,全天候、能覆盖全球和用户设备简便等优点,在军事上有极重要的价值。

美国于 1960 年 4 月,发射了世界上第一颗导航卫星“子午仪”1B,并于

1964年7月组成导航卫星网正式投入使用，主要是为核潜艇提供全天候导航定位。前苏联在“宇宙”号卫星系列中，混编有类似“子午仪”这类导航卫星。为发展三维、全球、实时和高精度的导航卫星系统，美国于70年代初，开始研制第二代导航卫星“导航星”，预计于80年代中后期组网为全球定位系统。与此同时，前苏联也在发展全球导航卫星系统。

“子午仪”导航卫星运行在高度约1000公里的圆形极地轨道上，连续播送150兆赫和400兆赫的双频导航信号，采用双频是为了修正电离层对导航信号的折射影响。用户从测得无线电信号的频率变化（多普勒频移）中计算其相对于卫星的速度，根据这个速度和卫星发送的轨道参数与时间信号，即可算出自身的地理位置坐标。卫星的轨道参数是由地面上几个跟踪观测站同时进行测量和计算，通过注入站发往卫星的。“子午仪”导航卫星的定位精度一般为40~50米，其卫星网由5~6颗卫星组成，用户大约每隔1.5小时才能收到一次导航信号，因此不能做到随时定位。美国“导航星”全球定位系统的工作原理是多星时间测距。每颗导航星都装有非常精确的铷原子钟（每3万年误差1秒）。卫星连续播送其位置和时间信号。如用户使用与卫星严格同步的时钟，同时接收3颗卫星发射的信号，测定信号从卫星到用户的传播时间，求得3个距离，根据这3个距离及3颗卫星的轨道参数和时间信号，即可计算出用户的精确位置（经纬度和高度）。如果用户不携带高精度的原子钟，就需要接收几何位置适当的4颗卫星发射的信号，才能精确定位，并获得精确的时间和运动速度。

“导航星”全球定位系统由卫星网、地面控制站和用户导航设备三大部分构成。80年代后期，该卫星网将由18~24颗卫星组成。主要分布在间隔120°的3个轨道面内。轨道高度约2万公里，倾角63°，周期约12小时。这样的卫星网可使任何地点或近地空间的用户，能同时收到至少4颗卫星的信号，以保证全球覆盖、三维定位和连续导航。该系统定位精度为十几米，测速精度优于0.1米/秒，授时精度优于1微秒。

导航卫星可用来进行几何大地测量，但测量台、站必须遍布全球各地才能达到测地的目的。还可精确测定导航卫星的轨道摄动，用于计算地球重力场模型。

反卫星卫星

反卫星卫星指能对敌方有威胁的卫星实施摧毁或使其失效的人造地球卫星。亦称拦截卫星。它和空间观测网、地面发射—监控系统组成反卫星武器系统。

从1957年前苏联发射第一颗人造地球卫星以来，通信、侦察、导航、海洋监视、导弹预警等军用卫星充斥空间，外层空间已在军事上具有战略地位。因此，研制反卫星卫星已成为一项重要战略措施。反卫星作战过程大致如下：由空间观测网对敌方各种卫星进行不间断的观测，编存目标参数，判定其性质（军用或民用的），在适当时机将反卫星卫星发射到预定轨道上，不断监视目标卫星的运行情况；必要时由反卫星卫星上的自动控制系统发出指令，起动变轨发动机，进行变轨机动去接近目标卫星并将其摧毁。最后，由地面发射—监控系统判断其效果。反卫星卫星的攻击方法有：

椭圆轨道法。将反卫星卫星发射到一条椭圆轨道上，远地点接近目标

的轨道高度，多用于拦截高轨道的卫星；圆轨道法。反卫星卫星的圆轨道与目标卫星的轨道共面，这样可以较容易地进行变轨机动去接近目标卫星，并可节省推进剂；急升轨道法。将反卫星卫星发射到一条低轨道上，并在一圈内进行变轨机动，快速拦截目标卫星使其来不及采取防御措施，但需要消耗较多的推进剂。

在一般情况下，对较高轨道的目标卫星使用前两种攻击方法，但反卫星卫星要运行数圈才能完成拦截任务。对轨道高度为 500 公里以下的目标卫星，通常采用后一种攻击方法。

70 年代以来，国外对反卫星卫星已做过多次试验，其中一种试验装置的总重量约 3000 千克（含变轨机动用的推进剂约 500 千克），用两级液体火箭发射入轨，具有改变轨道面倾角 $5^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 的能力，使用非核战斗部或无控火箭，能拦截运行高度为 150 ~ 1500 公里的卫星。80 年代初反卫星武器系统仍处于试验阶段。随着科学技术的发展，反卫星卫星将具有拦截多个目标的能力，并使用激光武器或高能粒子束武器摧毁目标卫星。

航天飞机

航天飞机指可往返于地球表面与近地轨道之间，运送有效载荷和人员，并能重复使用的航天器。一般用火箭发动机推进入轨，在轨道上象飞船一样运行，完成多种航天任务，在再入大气层时象飞机一样滑翔与着陆。它是现代航天与航空技术相结合的产物。

简史

20 世纪 20 ~ 30 年代，奥地利火箭推进工程师 E. 森格尔等提出过用火箭发动机推进飞机的设想，曾绘制火箭助推的环球轰炸机草图，并做过小规模试验。第二次世界大战期间，德国曾设想把 V—2 火箭装上机翼，改成 A-9 型空间滑翔机以增大射程。1949 年，中国火箭专家钱学森提出用火箭助推的洲际滑翔机的设想。1958 年，美国开始研制动力滑翔机“戴纳-索尔”，它是一种三角翼滑翔机，用“大力神”号运载火箭发射，滑翔再入大气层，水平着陆，该计划于 1963 年撤销。此后，美国又进行了一系列的升力体飞行器研究，并开始航天飞机方案的分析。1972 年 1 月，航天飞机的研制计划获得批准。1981 年 4 月，“哥伦比亚”号航天飞机试飞成功，1982 年 11 月投入了实用性飞行。随后，“挑战者”号和“发现”号航天飞机也相继投入实用性飞行。前苏联也在研制航天飞机。航天飞机的出现是航天技术的重大突破，使航天技术进入一个新的发展阶段。

组成

美国“哥伦比亚”号航天飞机由轨道器、外贮箱和固体火箭助推器三大部分组成。

轨道器是航天飞机的主体，其外形象三角翼滑翔机，外表面敷有碳-碳复合材料、二氧化硅等防热层，能承受再入大气层时的气动加热，可重复使用 100 次以上。轨道器的前段有驾驶舱和生活舱。可乘坐 3—7 人，能在轨道上

运行 7~30 天，舱内的空气成分和气压与地面相同，温度 18.5~24℃，轴向过载不大于 3g。中段为有效载荷舱，舱盖为两扇可开闭的大门，舱内有吊取有效载荷的机械手。后段装有 3 台可重复使用 50 次以上的主发动机和 2 台轨道机动发动机。在轨道器的首、尾部分装有反作用控制喷管，用于轨道运行和再入时的姿态控制。轨道器内还装有控制、导航、数据处理、通信、生命保障和电源等分系统。

外贮箱是航天飞机最庞大的一次性使用部件，其作用是贮存液氢、液氧，供轨道器的主发动机使用，并连接轨道器和助推器，使航天飞机的三大部分连接成为一个整体。

固体火箭助推器为航天飞机的垂直起飞和飞出大气层提供约 3/4 的推力，分离后用降落伞减速，在海上回收，可重复使用 20 次以上。

用途

“哥伦比亚”号航天飞机可把 29.5 吨重的有效载荷送入近地轨道，并可把 14.5 吨重的载荷带回地面。航天飞机的轨道器本身是一种卫星式软人飞船，与所携带的有效载荷相配合，可完成多种任务。例如，与机载火箭相配合可发射高轨道卫星；与“空间实验室”相配合可进行科学试验和空间工业生产。

航天飞机具有重要的军事用途，可在空间发射和布放通信卫星、导航卫星、侦察卫星和反卫星卫星；维修和回收卫星；攻击或捕获敌方卫星；实施空间救主和支援；进行空间作战指挥和发射轨道武器等。航天飞机的军事应用对未来战争将会产生深远的影响。

展望增加航天飞机的重复使用部分和重复使用次数；扩大航天飞机的应用范围，提高其经济效益；研制可快速反应的、生存能力强的军用航天飞机等都可能是今后的发展方向。

八、军用雷达

【军用雷达】

军用雷达指利用电磁波发现目标并测定其位置、速度和其他特性的军用电子装备。“雷达”一词是英文 RADAR (radio detection and ranging 的缩写) 的音译,原意是无线电探测和测距。雷达具有发现目标距离远,测定目标坐标速度快,能全天候使用等特点。因此在警戒、引导、武器控制、侦察、航行保障、气象观测、敌我识别等方面获得广泛应用,成为现代战争中一种重要的电子技术装备。

原理和组成

典型的雷达是脉冲雷达,由天线、收发转换开关、发射机、接收机、定时器、显示器、电源等部分组成(见下页图)。发射机产生强功率高频振荡脉冲。具有方向性的无线,将这种高频振荡转变成束状的电磁波(简称波束),以光速在空间传播。电磁波在传播过程中遇到目标时,目标受到激励而产生二次辐射,二次辐射中的一小部分电磁波返回雷达,为无线所收集,称为回波信号。接收机将回波信号放大和变换后,送到显示器上显示,从而探测到目标的存在。为了使,1”,雷达能够在各个方向的广阔空域内搜索、发现和跟踪目标。通常采用机械转动无线或电子控制波束扫描的方法,使天线的定向波束以一定的方式在空间扫描。定时器用于控制雷达各个部分保持同步工作。收发转换开关可使同一副天线兼作发射和接收之用。电源供给雷达各部分需要的电能。

目标的距离是根据电磁波从雷达传播到目标所需要的时间(即回波信号到达时间的一半)和光速(每秒 30 万公里)相乘而得的。目标的方位角和仰角是利用天线波束的指向特性测定的。根据目标距离和仰角,可测定目标的高度。当目标与雷达之间存在相对运动时,雷达接收到目标回波的频率就会产生变化。这种频移称为多普勒频移,它的数值与目标运动速度的径向分量成正比。据此,即可测定目标的径向速度。

战术技术性能

雷达的战术技术性能主要包括:雷达的最大作用距离,最小作用距离,方位角和仰角工作范围,精确度,分辨力,数据率,反干扰能力,生存能力,机动性、可靠性、维修性和环境适应性;以及雷达的工作体制,载波频率,发射功率,信号形式,脉冲重复频率,脉冲宽度,接收机灵敏度,天线的波束形状和扫描方式,显示器的形式和数量等。精确度,指雷达测定目标的方位、距离和高度等数据时偏离其实际值的程度。分辨力,指雷达在方位、距离和仰角上分辨两个相邻目标的能力。反干扰能力,指雷达抑制敌方施放的有源干扰和无源干扰以及自然界存在的地物、海浪与气象干扰的能力。通常采取的反干扰措施有:将各种不同频段、不同类型的雷达组成雷达网,互相

利用数据，对干扰飞机进行多站定位；展宽雷达工作频段，快速电子跳频，降低天线副瓣电平，增大发射功率、脉冲压缩、脉冲多普勒滤波等。

分类

雷达有多种不同的分类方法。按照任务不同，可分为以下几类。

用于警戒和引导的雷达。主要有：对空情报雷达。用于搜索、监视和识别空中目标。它包括对空警戒雷达、引导雷达和目标指示雷达，还有专门用来探测低空、超低空突防目标的低空雷达。对海警戒雷达。用于探测海面目标的雷达。一般安装在各种类型的水面舰艇上或架设在海岸、岛屿上。

机载预警雷达。安装在预警机上，用于探测空中各种高度上（尤其是低空、超低空）的飞行目标，并引导己方飞机拦截敌机、攻击敌舰或地面目标。它具有良好的下视能力和广阔的探测范围。超视距雷达。利用短波在电离层与地面之间的跳跃传播，探测地平线以下的目标。它能及早发现刚从地面发射的洲际弹道导弹和超低空飞行的战略轰炸机等目标，可为防空系统提供较长的预警时间，但精度较低。弹道导弹预警雷达。用来发现洲际、中程和潜地弹道导弹，并测定其瞬时位置、速度、发射点、弹着点等弹道参数。

用于武器控制的雷达。主要有：炮瞄雷达。用于连续测定目标坐标的实时数据，通过射击指挥仪控制火炮瞄准射击。有地面型和舰载型。导弹制导雷达。用于引导和控制各种战术导弹的飞行。有地面型和舰载型。鱼雷攻击雷达。安装在鱼雷艇和潜艇上，用于测定目标的坐标，通过指挥仪控制鱼雷攻击。机载截击雷达。安装在歼击机上，用于搜索、截获和跟踪空中目标，并控制航炮、火箭和导弹瞄准射击。机载轰炸雷达。安装在轰炸机上，用于搜索和识别地面或海面目标，并确定投弹位置。末制导雷达。安装在导弹上，在导弹飞行的末段，自动控制导弹飞向目标。弹道导弹跟踪雷达。在反导武器系统和导弹靶场测量中，用于连续测定飞行中的弹道导弹的坐标、速度，并精确预测其未来位置。

用于侦察的雷达。主要有：战场侦察雷达。陆军侦察分队用于侦察和监视战场上敌方运动中的人员和车辆。炮位侦察校射雷达。地面炮兵用于侦察敌方火炮发射阵地位置，测定己方弹着点的坐标，以校正火炮射击。活动目标侦察校射雷达。用于测定地面或海面的活动目标，并测定炮弹炸点或水柱对目标的偏差以校正地炮或岸炮射击。侦察与地形显示雷达，安装在飞机上，用于侦察地面、海面的活动目标与固定目标和测绘地形。它采用合成孔径无线，具有很高的分辨力；所获得的地形图像，清晰度与光学摄影相接近。

用于航行保障的雷达。主要有：航行雷达。安装在飞机上，用于观测飞机前方气象情况、空中目标和地形地物，以保障飞机安全飞行。航海雷达。安装在舰艇上，用于观测岛屿和海岸目标，以确定舰位，并根据所显示的航路情况，引导、监督舰艇航行。地形跟随与地物回避雷达。安装在飞机上，用于保障飞机低空、超低空飞行安全。它和有关机载设备结合起来，可使飞机在飞行过程中保持一定的安全高度，自动避开地形障碍物。着陆（舰）雷达。在复杂气象条件下，用于引导飞机安全着陆或着舰。通常架设在机场或航空母舰甲板跑道中段的一侧。

有些雷达上还装有雷达敌我识别系统，用于判定所发现目标的敌我属

性。它由配属于各种雷达的询问机和安装在己方各种飞机、舰艇上的应答机（或询问应答机）组成，以密码问答方式完成对目标的识别。

用于气象观测的气象雷达，可探测空中云、雨的状态，测定云层的高度和厚度，测定不同大气层里的风向、风速和其他气象要素。它包括测雨雷达、测云雷达、测风雷达等。

此外，按雷达架设位置的不同，可分为地面雷达、机载雷达、舰载雷达、导弹载雷达、航天雷达、气球载雷达等。按工作频段不同，可分为米波雷达、分米波雷达、厘米波雷达、毫米波雷达等。按发射信号形式不同，可分为脉冲雷达、连续波雷达、脉冲压缩雷达等。按天线波束扫描控制方式不同，可分为机械扫描雷达、机电扫描雷达、频扫雷达和相控阵雷达等。

简史

20 世纪 20 年代末至 30 年代初，许多国家开展了对雷达的研究。1936 年，英国人 R.A.沃森—瓦特设计的“本土链”对空警戒雷达，部署在英国泰晤士河口附近，投入使用。该雷达频率为 22~28 兆赫，对飞机的探测距离可达 250 公里。到 1941 年，沿英国海岸线部署了完整的雷达警戒网。1938 年，英国又研制出最早的机载对海搜索雷达 ASVMark。同年，美国海军研制出最早的舰载警戒雷达 XAF，安装在“纽约”号战列舰上，对飞机的探测距离为 137 公里，对舰艇的探测距离大于 20 公里。在此期间，前苏联、德国、日本等国也各自研制出本国的雷达用于战争。

20 世纪 40 年代，由于微波多磁控管的研制成功和微波技术的发展，出现了微波雷达。它具有测量精度高、体积小、操作灵活等优点，因而雷达的用途逐步扩大到武器控制、炮位侦察、投弹瞄准等方面。美国在 1943 年中期研制成最早的微波炮瞄雷达 AN/sCR—584，工作波长为 10 厘米，测距精度为 122.8 米，测角精度为上 0.06 度，它与指挥仪配合，大大提高了高炮射击的命中率。1944 年，德国发射 V—1 导弹袭击伦敦时，最初英国击落一枚 v—1 导弹平均需要发射上千发炮弹，而使用这种炮瞄雷达后，平均仅需 50 余发炮弹。

50~60 年代，航空和空间技术迅速发展，超音速飞机、导弹、人造卫星和宇宙飞船等都以雷达作为探测和控制的重要手段。60 年代中期以来研制的反洲际弹道导弹系统，使雷达在探测距离、跟踪精度、分辨能力和目标容量等方面获得了进一步提高。

发展趋势

雷达的工作频段将继续向电磁频谱的两端扩展；应用微电子学和固态技术成果，将实现雷达的小型化；利用计算机管理和控制雷达，将实现操作、校准、性能和故障检测的自动化，并发展自适应抗干扰技术；在中小型地面、舰载、机载雷达中，和控阵技术将获得广泛应用，以实现雷达的多功能：将提高雷达对目标实际形象、尺寸大小、运动姿态和诱饵识别的能力，增强雷达抗核袭击和抗反辐射导弹摧毁的能力；并将发展新的雷达体制如多基地雷达、无源雷达、扩频雷达、噪声雷达等。

九、弹药

【弹药】

弹药指含有火药、炸药或其他装填物，能对目标起毁伤作用或完成其他战术任务的军械物品。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、地雷等，以及用于非军事目的的礼炮弹和狩猎、射击运动的用弹。

军用弹药的组成一般由战斗部、投射部和稳定部等部分组成：战斗部是各类弹药的核心部分，用于毁伤目标。典型的战斗部含壳体（弹体）、装填物及引信。壳体为战斗部的本体；装填物为毁伤目标的能源物质或战剂。常用的装填物有普通炸药、烟火药，还有生物战剂、化学战剂、核装药及其他物品；引信用于适时引爆装药，以充分发挥战斗部的作用。常用的引信有触发、非触发、时间三种基本类型。战斗部按其作用，分为杀伤、爆破、穿甲、破甲、碎甲、燃烧等种类。此外，还有用于照明、发烟、宣传、电子干扰、侦察、传递信号及指示目标等待种战斗部。投射部大多含有发射药或推进剂，用于提供投射动力。枪弹、炮弹的投射部为装有发射药的弹壳、药筒或药包；火箭和鱼雷的投射部则为自身的推进系统。稳定部用以保证飞行稳定，以提高射击精度和发挥弹药威力。常用的有尾翼式和旋转式两种。此外，某些弹药还有制导部分，用以导引或控制战斗部进入目标区。

用身管武器发射的枪弹、炮弹，称为射击式弹药。常以身管发射武器的口径标示大小。它具有初速大、射击精度高、经济性好等特点，是应用最广泛的弹药。主要用于压制敌人火力，杀伤有生目标，摧毁工事、坦克和其他技术装备。为增大射程，除应用火箭增程技术和采用脱壳弹结构外，还研制了底部排气弹及各种低阻力外形的远程炮弹。20世纪70年代研制成功的末段制导炮弹，可在远距离上准确命中坦克等目标。

本身带有推进系统的导弹、火箭弹、鱼雷等，称为自推式弹药。近程导弹多用于对付坦克等战术目标。中、远程导弹常装核弹头，主要用于打击战略目标。火箭弹的发射装置比较简单，可多发联装，因而火力猛，突袭性强，适于作为压制兵器对付面目标。轻型火箭弹可用便携式发射筒发射，适于步兵反坦克作战。鱼雷一般用热动力或电力驱动，带有制导系统，用于对付各种舰艇。

航空炸弹、手榴弹等称为投掷式弹药。通常没有投射部，可直接从飞机上投放，或用人力投掷。航空炸弹常用质量（千克）标示量级，战斗部容量大，装填物较多，主要用于轰炸重点目标或对付集群目标。手榴弹为单兵携带，用于对付有生目标或轻型装甲目标。

地雷、水雷等称为布设式弹药。可用空投、炮射、火箭或人工等方式布设，用以毁伤敌人的步兵、坦克或舰艇。当目标碰触或接近时，引信受压或受感，使装药爆炸；也可遥控引爆。

核弹、化学弹和生物弹是特殊类型的弹药。具有大面积的杀伤破坏能力和污染环境的能力。核弹以梯恩梯当量（吨）标示量级。

弹药的发展趋势是：采用新炸药、新材料，研制新引信，探索新的毁伤原理，以提高弹药威力；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；在航空炸弹和炮弹上加装简易的末段制导系统，提高弹药对点目标的命中精度；采用高能发射药，改善弹的外形或探索简易的增程途径，以增大弹药的射程。

枪弹

枪弹指从枪管内发射的弹药。用于射击暴露的有生目标和薄壁装甲目标等。俗称子弹。枪弹按配属枪种，可分为手枪弹、步机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、教练弹和各种试验弹等；通常称口径在 6 毫米以下的为小口径枪弹，在 12 毫米以上的为大口径枪弹。

结构与性能

枪弹由弹头、发射药、弹壳和底火构成。底火用来点燃发射药。高温高压的火药燃气，高速膨胀，将弹头射出枪膛。高速飞行的弹头可直接杀伤或破坏目标。为保证弹头在空气中飞行稳定，旋转稳定的弹头长度一般不超过口径的 5.5 倍。同一枪械所使用的各种弹头，应尽可能与主用弹具有良好的弹道一致性。弹壳将各个元部件联成一个整体，盛装发射药，密封防潮，并使枪弹在膛内定位，发射时还能密闭火药燃气，保护弹膛不被烧蚀。

普通弹是多数枪械的主用弹药。它的金属弹头壳具有一定的强度和塑性，内装铅心或带铅套的钢心。铅易于变形，可减少弹头对枪膛的磨损。采用淬火钢心和铅心的复合式弹心，可提高弹头远距离的侵彻性能。普通弹对有生目标的杀伤效果，取决于命中目标时的动能，以及对目标传递动能的多少和快慢。若弹头的存速高，动能大，而且在较短的时间内能将较多的能量传递给目标，则其杀伤效果就大。步枪和机枪的枪弹，为减小空气阻力，保持弹道低伸和对目标的作用效果，弹头前部锐长带头，有的还带有尾锥。手枪弹的射程较近，为使被命中的目标尽快丧失战斗力，弹头前部圆钝，近于半球形。

曳光弹弹头尾部装有曳光剂，发射时通常靠膛内火药燃气点燃，飞行中形成光迹显示弹道，用来指示目标、试射以修正弹着点或施放信号。

穿甲燃烧弹弹头壳内装穿甲钢心和燃烧剂，主要用于射击薄壁装甲目标，是大口径机枪的主用弹药。当弹头碰击目标时，靠冲击功能穿透装甲，并使燃烧剂发火，引燃装甲后面的易燃物。

爆炸弹有时间爆炸弹和触发爆炸弹两种，主要用于射击薄壁储油器、飞机等低强度的易燃目标，使其爆炸燃烧。其中有一种瞬发爆炸弹头，也是触发爆炸弹头的一种。内装炸药、雷管、侵彻管、曳光管等。弹头击中目标时，侵彻管内腔的空气被压缩，温度升高，使雷管起爆并引爆炸药。曳光管除了显示弹迹外，并能在达到一定时间后引爆炸药，使未击中目标的弹头在空中自毁。这种弹由于受结构尺寸的限制，仅用于大口径机枪。

简史

早期的前装滑膛枪，使用黑火药发射铅铸的小球形弹丸。为了提高射击精度和射程，欧洲从15世纪开始在前装线膛枪中试用了卵形弹。16世纪后期，为简化装填并比较准确地控制发射药量，出现了将发射药和弹头包在一起的纸壳弹。1849年在法国出现了一种米涅弹头，它前装方便，发射时挖空的弹头尾部扩张嵌入膛线，改善了武器的闭气性。

19世纪初，发明了含雷汞的击发火帽。1812年在法国出现了把弹头、发射药和底火用纸弹壳连在一起的定装式枪弹，简化了线膛枪的后装操作，射速明显提高。19世纪中叶以后，使用了金属弹壳，进一步改善了弹壳的闭气性能，提高了弹头初速，并使后装枪得到迅速发展和广泛应用。由于弹头运动速度的提高，铅的强度已不能保证弹头在膛内的正常运动，1875年首先在瑞士出现了带壳的弹头。弹壳和弹头壳最初大都采用黄铜制造，以后也采用了低碳钢或覆铜钢。1886年法国在枪弹中首次使用了无烟火药。无烟火药威力大，残渣少，使枪弹进一步提高初速和减小口径成为可能。19世纪末期出现了流线形弹头，改善了外弹道性能，增大了射程。

轻、重机枪和冲锋枪出现后，种类繁多的枪弹不利于军工生产和战场补给；而且，大威力的步机枪弹，后坐力大，连发精度差。第二次世界大战中，德、苏等国研制成功了威力和尺寸介于手枪弹和步机枪弹之间的中间型枪弹，为简化弹种，统一班用武器弹药创造了条件。1953年12月，北大西洋条约组织宣布选定美国7.62毫米T65枪弹为标准枪弹，实现了北约各国步枪、机枪弹药的通用化。1958年美国开始试验5.56毫米小口径枪弹，这种弹弹头轻、初速高、动能大、弹道低伸，武器后坐力也较小。且命中目标容易失稳翻滚，并产生变形或破裂，能量释放率较大，致伤效果比普通口径枪弹大得多。1980年10月，北约选定比利时5.56毫米Ss109枪弹为标准枪弹。1974年前苏联也定型了使用5.45毫米枪弹的班用枪族。

德国在第二次世界大战初期开始研制无壳弹，20世纪60年代以来，在技术上取得很大进展。原联邦德国于1969年开始研制的4.7毫米无壳弹，全弹重量仅为5克，不仅可以大幅度提高单兵携弹量，还可以大量节约金属，改善武器性能。此外，一些国家还在积极采用新结构，应用新材料，研制其他新型枪弹，以便进一步提高枪弹的性能。如脱壳穿甲弹、钨心弹，铀心弹、箭形弹、多头弹、U形弹、空心弹和火箭枪弹等。

炮弹

炮弹指供火炮发射的弹药。一般由弹丸和发射装药两部分组成。

结构

弹丸是炮弹的战斗部，通常由引信、弹体及装填物构成。线膛炮炮弹的弹体上压有弹带，发射时弹带嵌入膛线，使弹丸高速旋转，保证弹丸飞行稳定；滑膛炮炮弹通过尾翼装置实现飞行稳定。引信是使弹丸适时起爆以充分发挥其战斗作用的控制装置。弹丸装填物常为炸药、烟火药或其他物质，用以毁伤目标或达到其他战术目的。

发射装药由发射药、药筒、底火及其他辅助元件组成。发射药是发射弹丸的能源，制成片状、带状、圆环状、管状或粒状。药筒用来安装底火，盛

装发射药和其他辅助元件，平时保护发射药不受潮湿和损坏，发射时密闭火药燃气。在某些无坐力炮弹的药筒上开有许多排气孔，以便发射时泄出一部分火药燃气从炮尾向后喷出，实现火炮无后坐。底火用来点燃发射药。迫击炮弹的底火和基本装药，装在纸筒制成的基本药管内，以保证附加药包中的发射药均匀一致地点火。辅助元件包括密封盖、紧塞盖、除铜剂、消焰剂、护膛剂和点火药等。

分类

炮弹按用途可分为主用弹、特种弹和辅助弹。主用弹是直接毁伤目标的炮弹，如杀伤弹、爆破弹、杀伤爆破弹、穿甲弹、破甲弹、碎甲弹、燃烧弹、化学弹、榴霰弹，群子弹等。特种弹是利用特殊效应达到特定战术目的的炮弹，如发烟弹、照明弹、宣传弹、曳光弹、干扰弹、电视侦察弹等。辅助弹是部队训练和靶场试验等非战斗使用的炮弹，如演习弹、教练弹、空包弹以及各种试验弹等。

炮弹按配用炮种又可分为加农炮弹、榴弹炮弹、坦克炮弹、航空炮弹、高射炮弹、海岸炮弹、舰炮炮弹，迫击炮弹和无坐力炮弹等。

炮弹按装填方式可分为定装式和分装式。定装式炮弹的弹丸和药筒结合成为一个整体，发射药量固定不变，发射时一次装入膛。也有可改变发射药量一次装填的半定装式炮弹，分装式炮弹根据有无药筒又可分为药筒分装式和药包分装式。药筒分装式炮弹，发射时先装弹丸再装发射装药，其发射速度较慢，但能改变发射药量以获得不同的初速和射程。药包分装式炮弹没有药筒，发射时将弹丸、药包装药和点火具分三次装填，依靠炮闩来密闭火药燃气。这类炮弹通常口径较大，但射速更慢。

杀伤弹、爆破弹、杀伤爆破弹系依靠碰击目标瞬间的动能和炸药爆炸后产生的破片、冲击波来毁伤目标的弹种。过去统称为“榴弹”。从15世纪滑膛炮使用的球形弹，发展到19世纪线膛炮使用的卵形弹，进而演变为现代的远射型弹，其毁伤效果、射程、精度都得到了很大提高。为了进一步提高毁伤效果，可选用威力大的炸药和其他爆炸装填物，改进装药结构和弹体材料，采用高瞬度触发引信和近炸引信，使用各种预制破片、钢珠、小钢筋等，还有的采用子母弹等结构。提高射程可采用提高初速、改进弹形、旋转脱壳技术、火箭增程技术和“底部排气”技术等。

穿甲弹是依靠弹丸的动能来击穿装甲的弹种。出现于19世纪60年代，最初主要用来对付舰艇装甲。自第一次世界大战中出现坦克以后，穿甲弹在与坦克不断的斗争中得到了迅速发展。最初是普通穿甲弹，弹体采用高强度合金钢，只装少量炸药，甚至不装炸药。半穿甲弹或穿甲爆破弹装的炸药较多。钝头穿甲弹和被帽穿甲弹可减少跳弹。在第二次世界大战中出现了重型坦克，装甲厚度达200毫米以上。为了对付这类厚装甲目标，研制了一种带碳化钨弹芯的次口径超速穿甲弹。由于弹丸重量轻、初速高、碳化钨弹芯密度大、直径小、硬度高，因而着靶比动能（弹体着靶动能与横截面面积之比）有了提高，能获得较大的垂直穿甲深度。为了减少弹道速度降，提高穿甲有效射程，又出现了旋转稳定武超速脱壳穿甲弹，出炮口后弹托自动飞离，带弹芯的飞行弹体靠陀螺稳定飞向目标。为了能对付大倾角钢甲和现代复合装甲，20世纪60年代以后，着重研制了尾翼式超速脱壳穿甲弹，初速可达

1300~1800米/秒，用合金钢或高密度的钨合金材料制成直径为1/2.5~1/4倍口径的杆状弹体。由于采用了尾翼稳定技术，长径比可达12~20，因而能获得很高的着靶比动能，穿甲威力得到大幅度提高。70年代采用了高强度、高韧性、高密度贫铀合金制成的穿甲弹，具有更大的穿透能力和后效燃烧作用。

20世纪30年代西班牙内战期间，德国首先使用破甲弹。第二次世界大战中，破甲弹得到广泛使用，后来逐渐成为反坦克作战的主要弹种。它利用炸药爆炸的能量，使药型罩（如紫铜罩）闭合转化为高速的金属射流作用于目标，由于能量高度集中，因而侵彻力大。早期线膛炮用的破甲弹，因受弹丸高速旋转的影响，破甲能力较低。因而普遍研制了尾翼稳定式微旋破甲弹，改进了装药结构，采用了旋压双锥罩和高能炸药等。其静破甲深约为药型罩直径的6~8倍。为了提高破甲弹的射程和精度，采用了末段制导技术，很快出现了打击远距离坦克群的子母破甲弹和末端敏感反坦克炮弹。

碎甲弹在薄壁软钢弹体内装有高猛度的塑性炸药，在碰击目标时弹体变形后破裂，炸药产生塑性变形，并紧贴在钢甲或混凝土表面爆炸，炸药的能量直接以强冲击波的形式作用于目标，使目标内部形成强应力波，并使其背面飞出若干大小不等的“崩落”碎片，毁伤靶后（坦克车体内）人员或器材设备。碎甲弹虽不能使间隔装甲或复合装甲产生靶背“崩落”破坏，但还可起爆破弹的破坏作用。

燃烧弹亦称纵火弹。弹内装燃烧剂，用于引燃或烧毁目标；并对人、畜有杀伤作用。燃烧剂有集中性的和分散性的两种，前者如镁和铝热剂，可用来对付难燃目标；后者如黄磷，可用来对付易燃的大面积目标。黄磷的燃烧温度较低，只能引燃油料、干草等易燃物。这种弹主要作发烟弹使用，只有在特定场合（如丛林地带）才利用其燃烧作用。第二次世界大战后，着重研究自燃燃烧剂，如利用铝块和猛炸药的混合装药，在爆炸后抛射出高温燃烧的铝碎片，同时具有燃烧和杀伤作用；又如用三乙基铝自燃燃烧剂装填大口径炮弹，可代替火焰喷射器和火焰燃烧炸弹。

照明弹是内装照明炬和吊伞系统的弹种。火炮发射后，时间引信在预定的位置引燃抛射药，将被点燃的照明炬连同吊伞系统从弹底抛出，缓慢下降，照明剂发出强光，照亮目标区，以利于夜间观察和战斗。随弹丸口径和结构不同。其发光强度从40万~200万坎德拉，发光时间30~140秒。照明炬和吊伞系统的下降速度4~10米/秒。照明剂普遍采用镁粉-硝酸钠-合成树脂系统。为了降低开伞失效率和吊伞的下降速度，可采用二次开伞或二次抛射结构。在旋转稳定照明弹的照明炬上增加阻旋装置，可降低照明炬的转速，使硝酸钠照明剂在燃烧时不掉熔渣。

发烟弹亦称烟幕弹。内装发烟剂，爆炸后形成浓密的烟云，可用作遮蔽烟幕或信号烟幕。发烟弹按其结构可分为：爆炸式，通常弹内装黄磷，有一个中心爆炸管，爆炸后，黄磷被分散自燃，迅速发烟。尾抛式，弹内装几个发烟罐（内装含六氯乙烷的发烟剂）。在目标区近地空爆后，从弹尾抛出点燃的发烟罐，生成烟幕。有色烟幕信号弹内装红、绿、黄、紫等颜色的有色发烟剂，分辨距离可达3000米。还有一种爆炸式结构的有色烟幕目标指示弹，内装有机染料和猛炸药的混合物，爆炸后能显示弹着点。

化学炮弹

化学炮弹指供各种身管火炮和火箭炮发射的装有毒剂的炮弹。通常由弹体、毒剂、炸药、爆管、引信等组成。弹爆时，借助于炸药的爆炸能量，将弹体炸开，使毒剂分散成蒸气、气溶胶、液滴等状态，造成空气及地面染毒，以杀伤对方有生力量，迟滞对方战斗行动。

为了有效地发挥炮弹内毒剂的杀伤效能，对分散毒剂的技术有严格要求。毒剂的性质不同，战斗状态和中毒途径的要求不一，因此，弹内炸药与毒剂量的比值和结构特点也随着改变。主要类型有：

装填氢氰酸类毒剂的炮弹。弹内装氢氰酸类毒剂和少量炸药，弹爆后，毒剂飞散，很快地全部蒸发成蒸气，造成空气染毒。

装填沙林类毒剂的炮弹。弹内装有沙林类毒剂和较多炸药，使用瞬时触发引信。弹爆后，毒剂被分散，一部分雾化成气溶胶状，形成初生毒氛云团，造成空气染毒；另一部分以细小液滴状散落在弹坑周围，蒸发后生成再生毒氛云团。这类炮弹由于炸药装量较多，除毒剂的伤害作用外，还有破片的杀伤破坏作用。

装填芥子气、维埃克斯类毒剂的炮弹。由于这类毒剂挥发度很低，为使更多的毒剂能分散成气雾和液滴，弹中装有较多的炸药，通常采用瞬时着火爆炸和低空爆炸两种方式。弹爆后，小部分毒剂被雾化成气溶胶状，形成初生毒氛云团，造成空气染毒；大部分毒剂被分散成液滴状，使地面、物体表面和暴露人员染毒。这类炮弹也有破片的杀伤破坏作用。

此外，还有装填胶粘毒剂和固体刺激性毒剂的炮弹。胶粘毒剂炮弹以定距空中爆炸方式为主，使毒剂液滴落地时能均匀分布，增大有效染毒面积。这类炮弹的炸药装量很少，破片的杀伤破坏作用很小。固体刺激性毒剂炮弹内装亚当氏气、苯氯乙酮、西埃斯等毒剂。弹内炸药可和毒剂分开装，也可和毒剂混合装。弹爆后，毒剂分散成气溶胶状，造成空气染毒，以伤害对方有生力量。

化学炮弹具有杀伤面积大、作用范围广、持续时间长等特点；但它的使用效果受气象、地形条件的影响较大。

末段制导炮弹

末段制导炮弹指利用炮弹自身的制导装置，发射后能在弹道末段实施导引、控制的炮弹。它是一种打击点目标的精确制导弹药，主要用于毁伤坦克、装甲车辆、舰艇等活动目标。

末段制导炮弹与一般炮弹的差别，主要是弹丸上装有制导系统和可供驱动的弹翼或尾舵等空气动力装置。在末段弹道上，制导系统探测和处理来自目标的信息，形成控制指令，驱动弹翼或尾舵，修正弹道，使弹丸命中目标。这种精确制导弹药提高了火炮射击精度，适于对付远距离的坦克。如美国1972年开始研制、并于1982年在美军列装的末段制导炮弹——“铜班蛇”，弹长137.2厘米，全重63.5千克，炸药重6.4千克，采用半主动寻的制导方式，用155毫米榴弹炮发射，最大射程20公里，最小射程3公里。末段制导炮弹多采用半主动寻的制导方式。使用时，由配置在阵地前沿观察所、直升机或无人驾驶飞机上的目标指示器，用激光束等照射目标，弹上的制导系统接收目标的反射信号，实施制导。随着毫米波技术与红外探测技术的发展，

将会促进被动寻的或主动寻的制导技术的进步，末段制导技术的应用范围也将会越来越大。

火箭弹

火箭弹指靠火箭发动机推进的非制导弹药。主要用于杀伤、压制敌方有生力量，破坏工事及武器装备等。按对目标的毁伤作用，可分为杀伤、爆破、破甲、碎甲、燃烧等火箭弹；按飞行稳定方式，可分为尾翼式火箭弹和涡轮式火箭弹。

火箭弹通常由战斗部、火箭发动机和稳定装置三部分组成。战斗部包括引信、火箭弹壳体、炸药或其他装填物。火箭发动机包括点火系统、推进剂、燃烧室、喷管等。尾翼式火箭弹靠尾翼保持飞行稳定；涡轮式火箭弹靠从倾斜喷管喷出的燃气，使火箭弹绕弹轴高速旋转，产生陀螺效应，保持飞行稳定。火箭弹的发射装置，有火箭筒、火箭炮和火箭发射架等。发射时，点火系统点燃推进剂，燃烧产物从喷管高速喷出，产生反作用推力，使火箭弹启动并加速飞行。

12世纪中叶，中国就发明了火箭，并开始应用于军事。约在13世纪，中国的火箭技术传入欧洲。19世纪初，英国人W.康格里夫研制了射程2.5公里的火箭弹。20世纪20~40年代，德、美、苏等国都研制并发展了火箭弹。苏联制造的BM-13火箭弹及其发射装置曾在第二次世界大战中广泛地发挥作用，战士们称这种武器为“喀秋莎”。

由于火箭弹带有自推动力装置，其发射装置受力小，故可多管（轨）联装发射。多管火箭炮与同口径身管火炮相比，具有威力大、火力猛、机动性能好等优点；其射弹散布较大，适于对面目标射击。单兵使用的火箭弹轻便、灵活，是有效的近程反坦克武器。

火箭弹的发展趋势：采取综合措施，提高射击密集度；采用新型壳体材料，减轻重量；采用高能推进剂和高能炸药或其他高威力的装填物；配备多种作用的引信及战斗部，以进一步增大射程、提高威力和扩大使用范围。

火箭增程弹

火箭增程弹指利用火箭发动机的推力增加射程的炮弹。其基本结构包括战斗部、火箭发动机、稳定装置和发射药等。发射时，它象普通炮弹一样开始在炮膛内运动，飞离炮口一定距离后，火箭发动机开始工作，提供推力，增大射程。火箭增程弹靠自身旋转稳定或靠尾翼稳定。前者因弹长受稳定性要求的限制，火箭发动机较短，增程较小；后者的增程幅度较大，通常约为25~100%。

火箭增程弹出现在第二次世界大战后，美国的155毫米自行榴弹炮、法国的120毫米迫击炮等，都陆续配备了火箭增程弹。但火箭增程弹的结构比较复杂，生产成本较高；采用增程措施占用了弹内的容积，相应减少了炸药装药量，使威力有所降低；射击密集度又低于普通炮弹，使其发展受到了一定的限制。

航空炸弹

航空炸弹指从航空器上投掷的一种爆炸性弹药。俗称炸弹。按用途可分为三类：直接摧毁或杀伤目标的主用炸弹，包括爆破炸弹、杀伤炸弹、燃烧炸弹、穿甲炸弹和核炸弹等；在轰炸和航行过程中起辅助作用的辅助炸弹，如照明炸弹，标志炸弹等；用来完成特定任务的特种炸弹，如发烟炸弹、照相炸弹、宣传炸弹和训练炸弹等。

结构原理

航空炸弹通常由弹体、安定器、装药、引信、弹耳等部分组成。弹体即外壳，包括弹头、弹身和弹尾三部分，有的在弹头上安有环形箍，称为弹道环。当炸弹运动速度接近音速时，弹道环可提高炸弹的稳定性。外挂炸弹通常有较好的流线外形，以减少下落的阻力。安定器装在弹尾上，保证炸弹沿一定弹道稳定下落，有的炸弹用稳定伞使其稳定下落。弹耳或弹箍将炸弹悬挂在飞机上。弹箍即带弹耳的箍圈，用于薄壳弹体。装药是使炸弹产生各种毁伤效果的主要能源，通常装炸药、燃烧剂、发烟剂或核装药等。引信用来保证炸弹在预定条件下适时起爆，并通过传爆管使其充分可靠地爆炸。

爆破炸弹主要利用爆炸时产生的冲击波、压力波和破片来毁伤目标。装填系数（装药量占全弹重的百分比）40~70%。弹重50~20000千克。在土壤表层爆炸时，除在炸点周围形成压缩圈、破坏圈和震动圈外，炸点上方的土壤还受到高压气体推动被抛散，形成漏斗状弹坑。其破坏作用的大小，通常以破坏半径和弹坑容积来衡量。在空气中爆炸时，形成猛烈的冲击波，使一定距离内的障碍物受压力而破坏，其破坏半径是使目标达到预定毁伤程度的冲击波作用距离。深水炸弹在水中爆炸时，主要靠冲击波、气泡和压力波的作用破坏水下潜艇和障碍物，一般要大于空气中的破坏作用；通常也用破坏半径表示其威力。

燃料空气炸弹也是一种爆破炸弹。壳体炸开后，燃料与空气混合成胶状云雾，经二次引爆，产生冲击波毁伤目标。冲击波的强度相当于梯恩梯炸药的2.7~5倍。

爆破炸弹按其外形构造特点，可分为高阻爆破炸弹和低阻爆破炸弹。旧式高阻爆破炸弹挂在机舱内部，其外形短粗，空气阻力系数大。低阻爆破炸弹多悬挂于舱外，采用长细比较大的低阻气动外形，以减小阻力。

杀伤炸弹主要用爆炸时产生的破片，杀伤有生目标和毁伤武器装备。弹重在0.5~100千克之间，装填系数在15%以下。当破片动能达到78.5焦耳时，对人能起到杀伤作用。为了使炸弹产生较多的有效破片，除要选择弹体材料外，还可采用在弹体或药罩上刻槽来控制杀伤破片的大小、形状和数量，还有的在壳体内填塞大量钢珠等，以增大杀伤效果。圆柱形炸弹爆炸后，破片从头部向外飞散的约占10~15%，从弹尾方向飞散的约占10~15%，其余均从弹身侧向飞散。因此，为了充分利用破片的杀伤作用，杀伤弹一般采用近炸引信或长触杆引信，使炸弹距地面一定高度爆炸。

燃烧炸弹主要利用燃烧剂燃烧时烧伤目标。重量一般为0.5~500千克。铝热剂燃烧炸弹的燃烧温度可达3000℃，主要用于烧毁建筑物和工事。凝固汽油燃烧炸弹的燃烧温度可达850℃左右，燃烧时间约1~15分钟，且具有较强的粘附性。对易燃目标造成的破坏效能比爆破炸弹高十几倍。

穿甲炸弹靠炸弹的动能和内部装药，摧毁坚固混凝土工事和军舰等装甲

目标。重量多在几百千克至 1000 千克之间，装填系数为 5~15%，弹体较厚，一般采用高强度钢整体锻造，弹头更厚一些，引信一般装在弹尾。法国的“迪兰达尔”目标侵彻炸弹，也属穿甲炸弹。边种炸弹带有小动力推进装置，由点火控制系统控制阻力伞、解除战斗部保险和控制助推火箭发动机的点火时间与顺序。阻力伞使高速水平飞行的炸弹获得合适的落角，助推火箭发动机使炸弹增加动能，穿入目标内爆炸，多用于轰炸机场跑道。装填系数大于 15%而小于 30%的炸弹，称为半穿甲炸弹。如美国的 AN-M59A1 半穿甲炸弹，其装填系数为 30%。

集束炸弹、子母炸弹或固定投弹箱采用面积覆盖技术，即把大量的小型杀伤弹、跑甲炸弹、燃烧炸弹等装在一起投放，可使小型炸弹得到合理的运载，将子弹按着目标毁伤概率的最大期望值，一次或逐次投放到预定的面积上。美国的 CBU-59A/B 型子母炸弹的母弹内装有 717 枚子弹，法国的“贝卢加”可装 151 枚小型破甲炸弹或杀伤炸弹。采用在母弹运动中分节抛撒小炸弹的方法，能使小炸弹均匀地散布。如美国 DL-755 航空子母弹箱散布面积为 50X200 米²。

简史

1911 年，在意大利土耳其战争中，意军从飞机上向土军投放了 4 枚由手榴弹改制的重量为 2.04 千克的炸弹，揭开了空对地轰炸作战的序幕。第一次世界大战期间，出现了专为空投而设计的爆破炸弹、杀伤炸弹和燃烧炸弹。这种专用航空炸弹不象炮弹那样受到口径及膛压的限制，弹体可以薄一些，装药量大大增加，攻击范围和威力远远大于炮弹。这次大战中，交战双方投放的炸弹共约 5 万多吨，对城市、交通运输和工业中心的破坏起了一定作用，但由于轰炸精度低、飞机载弹量小，轰炸效果不够显著。

第二次世界大战期间，交战双方激烈争夺空中优势，大力发展军用飞机，同时也促进了航空炸弹的发展。爆破炸弹的重量提高到 50~20000 千克。采用了黑索今和梯恩梯混合炸药。杀伤炸弹在结构上采用了预制破片技术，同时发展了集束炸弹、子母炸弹和固定投弹箱的面积覆盖技术。凝固汽油燃烧弹的出现，使燃烧炸弹发展到了一个新的水平。此次大战，交战双方共消耗了约 500 万吨炸弹，对战争产生了巨大的影响。制导航空炸弹和原子弹的出现，给炸弹的发展开拓了新的领域，但也对世界和平和人类生存产生了严重的影响。同时，延时、瞬发等引信的出现和发展，使炸弹的性能不断得到提高。

第二次世界大战以后，歼击轰炸机广泛采用了在机身内加大油箱，在机身外（或机翼下）悬挂炸弹的方式，以改进飞机的机动性和加大航程。为了减少外挂炸弹的阻力，提高飞机的速度和增大作战半径，航空炸弹采用低阻气动外形，增大长细比，出现了低阻炸弹系列。为了避免低空大速度水平投弹时炸弹跳弹，危及载机安全，一些国家研制发展了低空减速炸弹，如美国在 20 世纪 50 年代研制的金属阻力板式减速炸弹，西班牙在 70 年代研制的柔性阻力伞式 BRP 减速炸弹和英国研制的阻力板与阻力伞复合型减速炸弹等。

发展趋势

为了适应现代作战的需要，航空炸弹越来越多地采用小动力或滑翔技术，以增大战术空间；采用低空炸弹，以提高突防效果；采用各种制导方式，以提高直接命中精度和全天候作战能力；采用高能炸药，自锻破片及串联复合聚能装药结构，复合效能战斗部，面积覆盖技术与火箭增速等，以提高杀伤威力，提高摧毁集群坦克、破坏混凝土工事和飞机跑道的能力。

制导航空炸弹

制导航空炸弹指投放后能对其弹道进行控制并导向自标的航空炸弹。通常称制导炸弹。主要用于直接攻击重要的地面或水面固定点目标和可跟踪的活动目标。制导方式通常有寻的式、遥控式和复合式。各种制导炸弹的制导原理与导弹的制导原理基本相同。

制导炸弹是在普通航空炸弹的基础上增加制导装置而成的。它增大了起稳定作用的尾翼翼面，一般没有推进系统或仅带有小动力推进系统。通常与目标指示器、机载悬挂装置、机载跟踪系统等构成制导航空炸弹武器系统，装备于轰炸机、歼击轰炸机和强击机上。

制导装置包括导引头、舵机舱和可动舵面或副翼。导引头是用来捕获目标、识别定位、接受指令或感受误差信号的装置。舵机舱装有控制元件和执行元件。可动舵面一般由四片舵面组成，主要用来提供控制力和力矩。稳定尾翼由连接纪件和耳页所组成，翼面主要用来提供气动稳定力和力矩，以保证炸弹在空中稳定飞行。常用结构有整体式、梁式、硬壳式或薄壁蜂窝式等。制导炸弹通常采用末段制导。与空地导弹相比，射程较近，机动能力有限；但结构简单，造价较低。

20世纪30年代末至40年代初，德国首先研制成功并使用了采用无线电控制的Hs-293和FX-1400炸弹。HS-293是一种面对称飞机型制导炸弹，全弹重785千克，装有一台推力为5900牛顿的火箭发动机。FX-1400是一种轴对称制导炸弹，全弹重1800千克，无推进系统。1944年德国在空袭意大利舰队时曾多次使用这种炸弹，并击沉了4.25万吨级的“罗马”号战列舰。其他一些国家几乎在同时也研制出了制导炸弹，如美国研制了具有电视指令系统的“洛克”制导炸弹。早期的制导炸弹由于受当时技术水平所限，制导系统比较简单。有的只能进行方位控制；有的即使对方位和射程都能控制，但因多采用从载机上发出控制指令的遥控方法，所以距离越远精度就越差。同时，由于采用载机内舱挂弹，受弹舱容积所限，其尾翼尺寸与炸弹本身相比显得太小，产生的控制力有限，对下落自由弹道只能作小的修正，因而制导精度很低。60~70年代初，随着电子技术的发展，制导技术的成熟和载机性能的提高，制导炸弹在总体布局、外型选择和控制系统的配置等方面都有了根本的改进。悬挂方式也由内挂改为外挂，并出现了电视制导、激光制导、红外制导以及雷达波束制导的炸弹。特别是1960年激光器诞生后，激光制导技术得到迅速发展，出现了不同型式的激光制导炸弹，精度大大提高。命中目标的圆概率误差已减小到7.5米以内。在中东战争和越南战争中曾大量使用了这种制导炸弹。

未来的制导炸弹，将发展综合性能比较完善的热成像、毫米波和合成孔径雷达制导系统，以提高制导精度，达到全天候和“投放后就不管”的制导要求；为了提高抗干扰能力，将采用脉冲编码技术；并将以少量的不同部件分别组合成不同型号、不同性能的制导炸弹，以适应未来战争复杂环境的要

求。

航空火箭

航空火箭指从飞机上发射，以火箭发动机为动力的非制导弹药。亦称航空火箭弹。它由引信、战斗部、火箭发动机和稳定装置等组成。航空火箭的射程一般为 7~10 公里，最大速度 $M2\sim3$ 。按用途可分为空空火箭，空地火箭和空空、空地两用火箭。空空火箭的弹径一般为 50~70 毫米，用于攻击速度低于 750 公里/小时、相距 1000 米左右的空中目标；空地火箭的弹径为 70~300 毫米，多用于攻击装甲车辆；空空、空地两用火箭的弹径为 70~127 毫米。大弹径的航空火箭，已被机载导弹所取代。航空火箭同航空机关炮相比，射程远、威力大，但命中概率低。它装在飞机挂载的发射器中，一架飞机一般挂 2~4 个发射器，每个发射器装 7~32 枚。航空火箭与瞄准设备、发射装置配套使用，可单发或连发发射。

1916 年，法国首先使用空空火箭攻击德国系留侦察气球，取得明显的效果。第二次世界大战期间，美、苏、德、英等国的作战飞机，也大量装备航空火箭，用以攻击空中目标。20 世纪 60~70 年代，美国在越南、柬埔寨大量使用了航空火箭，主要攻击地面目标。到 80 年代初，航空火箭已有多种型号，除使用杀伤爆破、破甲、多用途子母弹、“箭霰”战斗部外，还使用烟幕、照明、无源干扰等特殊用途的弹头。空空火箭由于命中概率低，在空战中使用的越来越少，但空地火箭已成为飞机，特别是武装直升机对地攻击的重要武器。

十、火箭、导弹

【火箭】

火箭指依靠火箭发动机向后喷射工质产生的反作用力而推进的飞行器。它自身携带燃料与氧化剂，不需要空气中的氧助燃，既可在大气中，又可在没有大气的外层空间飞行。现代火箭是快速远距离投送工具，可用于探空，发射人造卫星、载人飞船、航天站以及助推其他飞机器等。它用于投掷弹头，便构成火箭武器，其中可制导的又称为导弹。

简史

火箭起源于中国，是中国古代重大发明之一。古代中国火药为发明与使用，给火箭的问世创造了条件。北宋后期，民间流行的能升空的“流星”（后称“起火”），已利用了火药燃气的反作用力。按其工作原理，“起火”一类的烟火就是世界上最早的用于玩赏的火箭。南宋时期，出现了军用火箭。到明朝初年，军用火箭已相当完善并广泛用于战场，被称为“军中利器”。明代初期兵书《火龙神器阵法》和明代晚期兵书《武备志》以及其他有关中外文献，均详细记载了中国古代火箭的形制和使用情况。仅《武备志》便记载了20多种火药火箭，其中的“火龙出水”已是二级火箭的雏型。

中国火箭传到欧洲之后，曾被列为军队的装备。但早期的火箭射程近，射击散布太大，被后来兴起的火炮所取代。第一次世界大战后，随着技术的进步，各种火箭武器又迅速发展起来，并在第二次世界大战中显示了威力。

19世纪末20世纪初，液体燃料火箭技术开始兴起。1903年，俄国科学家K. 齐奥尔科夫斯基提出建造大型液体火箭的设想和设计原理。1926年，美国火箭技术科学家R. H. 戈达德试射了第一枚无控液体火箭。1944年，德国首次将有控弹道式液体火箭V-2用于战争。第二次世界大战后，前苏联和美国等相继研制出包括洲际导弹在内的各种火箭武器和运载火箭。在发展现代火箭技术方面，德国工程师w. von 布劳恩，前苏联科学家C. 科罗廖夫和中国科学家钱学森等都作出了杰出的贡献。

1949年中华人民共和国成立后，组建了研制现代火箭的专门机构，在“独立自主，自力更生”的方针指导下，卓有成效地研制出多种类型的火箭，并于1970年用“长征”1号三级火箭成功地发射了第一颗人造地球卫星。1975年，用更大推力的火箭——“长征”2号，发射了可回收的重型卫星。1980年，向南太平洋海域成功地发射了新型运载火箭。1982年，潜艇水下发射火箭又获成功。特别是1984年4月3日和1986年2月1日，用装有液氢液氧发动机的“长征”3号火箭，先后发射地球同步试验通信卫星的成功表明，火箭发源地的中国，在现代火箭技术方面已跨入世界先进行列。

分类与组成

火箭通常可分为固体与液体火箭，有控与无控火箭，单级与多级火箭，近程、中程与远程火箭等。火箭的种类虽然很多，但其组成部分及工作原理是基本相同的。除有效载荷外，有控火箭必不可少的组成部分有动力装置、

制导系统和箭体。

动力装置是发动机及其推进剂供应系统的统称，是火箭赖以高速飞行的动力源。其中，发动机按其工质，可分为化学火箭发动机、核火箭发动机、电火箭发动机等。当前广泛使用的是化学火箭发动机，它是靠化学推进剂在燃烧室内进行化学反应释放出的能量转化为推力的。在发动机效率相同的情况下，单位时间内燃烧与喷射的物质越多，喷射速度越大，发动机推力就越大。在推力相同的情况下，结构重量越轻，单位时间内消耗推进剂越少，发动机性能就越高。推力与推进剂每秒消耗量之比称为比推力，它是鉴定发动机性能的主要指标。比推力越大越好，其大小与发动机设计、制造水平有关，但更主要的是取决于选用什么推进剂。火箭发动机推力的大小，是根据其特点和用途选定的，小到以毫克计，如电火箭发动机；大到上千吨，如美国航天飞机的固体助推发动机。

有了足够的推力，火箭便可克服地球引力而飞离地面。但对有控火箭而言，为保证在飞行过程中不致翻滚，而且准确地导向目标，还需有制导系统。该系统的功用是实时地控制火箭的飞行方向、高度、距离、速度以及飞行姿态等，亦即控制火箭的质心运动和绕质心的转动（俯仰、偏航与滚动），使火箭稳定而精确地飞抵目标。制导系统的日臻完善和精度的迅速提高，是现代火箭技术的一大特点。

箭体是火箭另一个不可缺少的组成部分，火箭的各个系统都安装其上，并容纳大量的推进剂。箭体结构除要求具有空气动力外形外，还要求在完成既定功能的前提下，重量越轻越好，体积越小越好。在起飞重量一定时，其结构重量轻，则可得到较大的飞行速度或距离。

减轻箭体结构重量的途径，除设计技巧和工艺方法外，结构材料和结构型式的选择也很重要。从结构材料看，钢材比铝材强度高得多，但因钢的比重几乎是铝的3倍，因而论比强度（强度极限 σ_b 与比重 r 之比），铝合金比钢反而更优越，具有同样功能的箭体结构，铝合金制的比钢的轻。所以，铝合金成为现代火箭箭体的基本材料。另外，比强度很高的非金属复合材料也开始得到应用。从结构型式看，单级火箭比较简单，近、中程火箭多采用这种型式。但要想以较小的起飞重量得到很大速度和飞向宇宙空间，就必须采用多级火箭的结构型式，即在飞行中将已经用过的发动机和推进剂贮箱等及时抛掉，然后起动下一级火箭，以便“轻装前进”。因此，远程火箭及运载火箭一般都由2~4级组成，有些小型火箭为获得高性能，也采用多级结构。

除上述三大系统之外，还有电源系统，有时还根据需要在火箭上安装初始定位定向、安全控制、无线电遥测以及外弹道测量等附加系统。

现状与发展趋势

近40年来，火箭技术得到了飞速发展和广泛应用，其中尤以各种可控火箭武器和空间运载火箭发展最为迅速。从火箭炮到反坦克、对付飞机和舰艇以及攻击固定目标各类有控火箭武器，均已发展到相当完善的地步，反导弹、反卫星火箭武器也正在研制和完善之中。各类火箭武器正继续向高精度、反拦截、抗干扰和提高生存能力的方向发展。在地地导弹基础上发展起来的运载火箭，已广泛用于发射各种卫星、载人飞船和其他航天器。到80年代初，

苏、美两国已经分别研制出六七个系列的运载火箭。其中，美国载人登月的“土星”5号火箭，直径10米，长111米，起飞重量约2930吨，低轨道运载能力为127吨，是当前世界上最大的火箭。运载火箭正朝着高可靠、低成本、多用途和多次使用的方向发展。航天飞机的问世就是这一发展趋势的一种体现。火箭技术的快速发展，不仅将提供更加完善的各类火箭武器，还将使建立空间工厂、空间基地以及星际航行等成为可能。

【导弹】

导弹指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。它的弹头可以是普通装药的、核装药的或化学、生物战剂的。其中普通装药的称常规导弹；核装药的称核导弹。

起源和分类

导弹的出现约有50年的历史，比火箭晚千年，比火炮晚六七百年。这是因为科学技术发展到20世纪30年代末期，才提供了研制导弹的技术基础，同时在军事上也提出了研制这种武器的需求。最早研制出导弹的国家是德国。在第二次世界大战后期，它为挽回败局，使用了所谓“复仇武器”1号和2号。前者称V—1，是一种飞行距离为300多公里的巡航导弹；后者称V-2，是一种射程约320公里的弹道导弹。这两种导弹的弹头都是普通装药。此外，德国还研制了用来对付英、美轰炸机群，比高射炮更有效的地空导弹，如“龙胆草”和“莱茵女儿”导弹，以及反坦克、反舰导弹等。这些导弹，后来都成为其他国家发展导弹的借鉴和参考。

导弹按发射点和目标位置通常分为：从地面发射攻击地面目标的地地导弹；从地（水）面发射攻击空中目标的地（舰）空导弹；从空中发射攻击空中目标的空空导弹；从空中发射攻击地（水）面目标的空地（舰）导弹；从水下用潜艇发射攻击地面目标的潜地导弹；从水面舰艇上发射攻击水面舰船的舰舰导弹；从岸上发射攻击水面舰船的岸舰导弹；用于拦截敌方远程弹道导弹的反弹道导弹；用于击毁敌方坦克等装甲目标的反坦克导弹；用于摧毁敌方雷达的反雷达导弹等。除此之外，导弹也可按照飞行方式分为：在大气层内以巡航状态飞行的巡航导弹；穿稠密大气层按自由抛物体弹道飞行的弹道导弹。导弹还可按作战使用分为战略导弹和战术导弹。

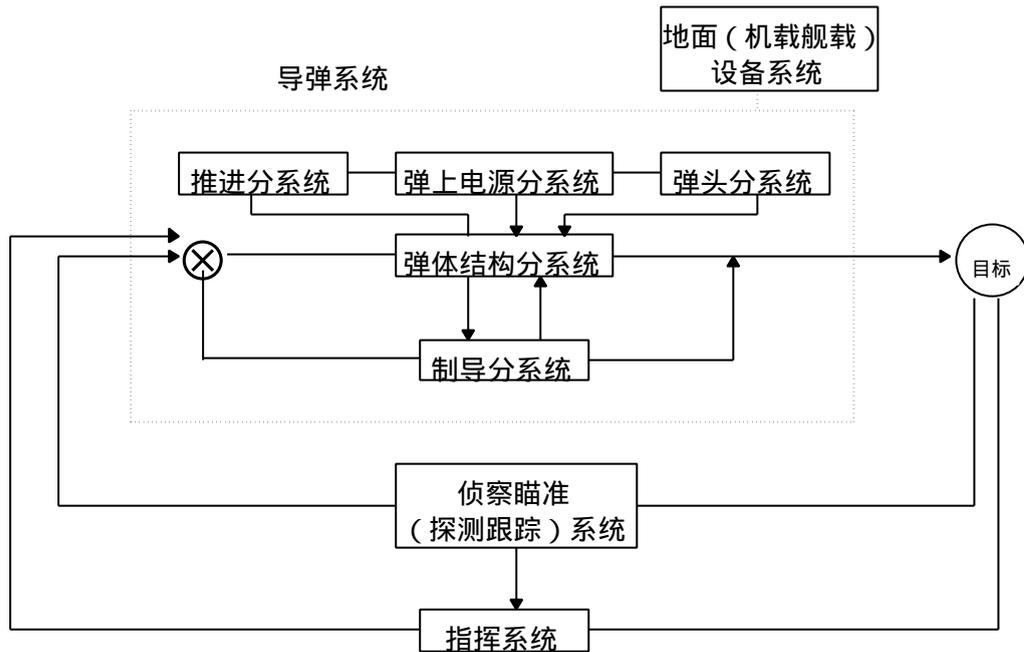
导弹武器系统

战士用枪射击，首先要侦察，确定目标；其次要瞄准，力求发射出去的枪弹能命中敌人；第三是开枪（发射）。不论侦察、瞄准，还是开枪，都要通过人的大脑来指挥。发射导弹也同用枪射击相类似。一要有导弹系统；二要有侦察瞄准系统；三要有指挥系统。所不同的是，枪弹射击距离近，而导弹飞行距离远，要有一个提供飞行动力的推进分系统；枪弹射出后就不管了，而导弹要在飞行中不断控制和校正弹道，以保持飞行稳定，减少各种干扰造成的误差，提高命中精度，所以要有一个制导分系统；枪用于歼灭有生力量，而导弹用于攻击重要战略或战术目标，因此要有一个比枪弹威力大得多、复

杂得多的弹头分系统；要把上述三个分系统装配成整体，又需要有弹体结构分系统；要使上述几个分系统能正常工作，还需要有一个弹上电源分系统。此外，枪和枪弹很小，一个人用双手就能摆弄，而导弹没有那样轻巧，除便携式反坦克、反飞机等小型导弹外，一般均需有供导弹运输、测试和发射的专门设备，即地面（机载、舰载）设备系统。

这样，导弹、地面（机载，舰载）设备、侦察瞄准和指挥等四大系统，即构成导弹武器系统。其中，由五个分系统所组成的导弹系统是导弹武器系统的核心（见下页图）。

导弹系统由推进、制导、弹头、弹体结构和弹上电源等五个分系统组成。



导弹武器系统组成图推进分系统是用于推进导弹飞行的装置，亦称动力装置。它主要由导弹发动机和推进剂供给系统组成。已用于推进导弹飞行的发动机种类很多，通常分为火箭发动机和空气喷气发动机两大类。采用化学推进剂的火箭发动机有：液体火箭发动机、固体火箭发动机、固一液或液一固火箭发动机等；采用空气喷气发动机的有：涡轮喷气发动机、涡轮风扇喷气发动机、冲压喷气发动机，以及 V-1 用过的脉动冲压喷气发动机等。还有一些是上述两类发动机的复合品种，如其中有一种用于地空导弹助推加速的固体火箭发动机，当推进剂烧完后，燃烧室打开堵盖，引入冲压空气，注入燃料，同时打开喷管喉部或抛掉喷管，扩大通道，变成冲压喷气发动机的燃烧室，转入冲压式的工作状态。导弹选用发动机的准则是：根据发动机工作的环境条件选择。如不用空气中的氧助燃，可以在大气层以外工作，应选用火箭发动机，靠空气中的氧助燃，在大气层工作，应选用空气喷气发动机。

按发动机工作时间的长短选择。火箭发动机单位推力的重量很小，但每单位推力每秒钟所消耗的推进剂量很大。相反，涡轮风扇喷气发动机，其单位推力的重量很大。但每单位推力每秒钟燃料的消耗量很小。因此，只需短时间工作的，如地地弹道导弹、空空导弹等，应选用火箭发动机比较合适；需要长时间工作的，如战略巡航导弹的发动机要工作一小时以上，最好采用涡轮风扇喷气发动机。根据用途选择。如用作航天器的运载火箭，常选用液

体火箭发动机；而战术导弹则更多的是选用固体火箭发动机。

制导分系统用于控制导弹的飞行方向、姿态、高度和速度等，使导弹能稳定而准确地飞向目标，是导弹区别于无控火箭和普通炮弹的主要特征。它的理论基础是工程控制论。导弹产生控制力矩的方式通常存两大类：一类是调整活动舵面；另一类是改变推力方向（如摆动喷管、燃气舵或游动发动机）。不论哪种方式，控制信号都来自制导分系统的敏感元件。但这个信号很微弱，需要经过放大和变换，作用于伺服机构，才能推动舵面或摆动喷管等。

通常用命中精度来表述导弹命中目标的准确程度。对打固定目标的导弹来说，其表述术语称为圆公算偏差。它是一个长度的统计量，即向一个目标打多发导弹之后，要求有一半导弹能落入以目标为圆心，以圆公算偏差为半径的圆圈内。要使命中精度高，最重要的是制导分系统的精度要高。这是导弹的一个重要技术关键。战略导弹攻击的是固定目标，其惯性制导分系统又不易受外界干扰，问题还比较单一。而战术导弹，所攻击的目标多数是活动的，其制导分系统不但要不断地接受控制飞行的信号（如无线电信号），而且还要避免敌方干扰。因此要求设计和制造精度高而又能避免干扰的制导分系统。无线电制导的防空导弹必须采用抗无线电干扰措施。近程反坦克导弹多用有线制导也可用红外制导或激光制导，80年代有些国家又在研究用光导纤维传输信号的制导。

弹头分系统是导弹用于毁伤目标的专用装置，亦称战斗部。它主要由壳体、战斗装药、引爆装置和保险装置等组成。战略导弹都用核弹头。战术导弹多用常规弹头。不论是常规弹头、核弹头，还是化学战剂、生物战剂弹头，从第二次世界大战以来，发展都很快。

弹体结构分系统用于安装弹上各分系统的承力整体结构。首先要求它比强度高，即强度高重量轻，因此常用优质轻合金材料（如铝合金，钛合金等）和玻璃钢等复合材料制成。其次是它的外形设计须符合空气动力学的要求。在大气层内飞行的地空、空空等导弹，其空气动力学的外形是影响其飞行性能的主要因素。与飞机相比，导弹飞行时间短，对升阻比的要求相对可低些。但导弹飞行速度快，要求有更高的机动飞行能力。战略弹道导弹，其弹头再入大气层时要过几千摄氏度的高温关。因此，再入气动防热是战略弹道导弹弹头制造的一个特殊问题，需把空气动力学、工程热物理和材料工艺等多种学科结合起来，才能解决，如弹头在再入大气层后，还要求能作机动飞行，弹头结构的设计则更加复杂。

弹上电源分系统是用于保证导弹各分系统正常工作的能源装置。除弹上电池外，通常还包括各种配电和变电装置。对电池的要求是单位重量的贮电能量越大越好，常用的有银锌电池等。有的导弹如巡航导弹，也可以用涡轮风扇喷气发动机带动小型发电机发电。

地面（机载、舰载）设备系统包括用于导弹运输、测试和发射等地面设备及机载、舰载等特种设备，是导弹武器系统不可缺少的组成部分。导弹的种类繁多，使用的地面（机载、舰载）设备也多种多样。一般说来，它需完成运输、起竖对接，测试、加注推进剂、供气、保温、发射和导引等项任务。有些导弹的侦察、瞄准和指挥设备，也包括在地面（机载、舰载）设备之内。导弹地面（机载、舰载）设备，须力求简单可靠，操作方便，易于隐蔽机动。其具体组成取决于导弹类型、导引方法和发射方式。战略导弹如何机动发射，已成为提高其生存能力的一个十分复杂而困难的问题。

侦察瞄准（探测跟踪）系统许多战术导弹的侦察瞄准（探测跟踪）系统可以是弹上的一个装置，也可以是地面制导设备的一部分。但在战略导弹中，侦察瞄准和制导是明确地分为先后的。特别是战略核导弹用的侦察瞄准系统，有的国家已将其发展成为一个独立的专门系统，其中包括综合利用测地卫星、侦察卫星等获取的信息，以及其他经济、军事情报的成果，来最后确定打击目标的准确坐标。并据此规定射击方向和装订射击诸元，使发射后的导弹能按要求自动地准确导向目标。

指挥系统用于指挥员对所属部队发号施令，沟通上下级指挥机关之间以及和友邻部队之间信息交换的技术设备的统称。其具体组成按导弹类型不同而有差异。由于现代战争的突然性增大，武器的速度、射程、精度与威力大大增加，争取时间和提高指挥效能已成为克敌制胜的重要条件，这对导弹部队尤为重要。为此，必须进一步提高指挥系统各组成部分的自动化水平，改进设备性能，使其具有及时、准确、可靠、保密、抗干扰和在核战争环境中的生存能力，并根据军队指挥的系统性要求，将不同使命的导弹指挥系统，按作战编成和指挥序列，分别列入全军的自动化指挥控制通信系统之中。

导弹武器系统的研制

研制（包括研究、设计和试制）是从提出导弹武器系统研制任务开始；经过各系统中关键技术的预先研究；制定全武器系统的性能估计方案；并对其作战功能进行军事系统工程评价，反复协调修改，确定战术技术指标；进行初步设计和技术设计；样机制造：武器系统及弹上分系统的各种地面试验；试制和靶场飞行试验；全武器系统的设计、工艺定型；到批准批量生产和国家验收等约十个阶段。

开展导弹武器系统的研制工作，须有一支科技队伍。每个系统都有自己的专业组织。由于导弹武器系统十分复杂，协调各系统的工作，如研制进度、成本、技术参数和设计更改等是一项十分重要的任务。协调不好，即便各系统的技术性能优越，也会因相互掣制而发挥不出全部性能，使整个武器系统达不到预期的战术技术指标。为了做好这项工作，导弹武器系统的研制应有技术抓总部门，即总体设计部。要指定设计负责人，即型号总设计师。

总体设计都是总设计师抓技术业务的办事机构。它的职责不是去代替各系统专业部门的工作，而是按系统工程的要求，着重抓好下列几件事：与提出任务的部门一起论证和确定武器的战术技术指标；协调研制计划；商定各系统的技术性能；与有关技术行政管理部门一起，不断地研究与协调各系统的效费比、成本与产品的可靠性，使其与全武器系统的指标要求相适应；抓各系统的地面联合试验，全武器系统的地面仿真试验和飞行试验；参加定型工作，为生产提供定型的设计、工艺资料；在生产中提供技术咨询。

在导弹武器系统的研制中，需要特别强调地面仿真试验。它是在实验室条件下，用部分真实设备，在模拟式和数字式电子计算机上，形成一个比较真实的模拟导弹武器从发射到命中全过程的体系，以检验全导弹武器系统工作的协调性，发现错差和失误，逐步做到最优化。这比用靶场飞行试验来检验，时间和经费都少得多，而且能够做很多次。它不但用于导弹武器系统的研究试验和对其作战功能进行军事系统工程评价，还可以在武器定型后，作

为导弹部队的训练设备。这样，即可使武器方案制订得比较合理，使设计更符合实战要求，又可使部队多次重复演习，熟练操作，比用实弹训练节约很多费用。

导弹武器对战略战术的影响

导弹武器特别是核导弹的射程远，速度快，命中精度高，杀伤破坏威力大，是武器发展史中的一次质的飞跃。它必然对战略思想、战争规模、作战方式、指挥通信系统、军队组织编制以至作战心理等产生巨大的影响，给未来战争带来一系列新的特点。第二次世界大战以来，世界军事形势的发展，明显地说明了这一点。

导弹技术日新月异，随着武器性能的提高，战略、战术也在变化。20多年来，世界上发生过几次使用战术导弹的局部战争，有了一些经验，但这些经验都是在一定的政治和地理条件下取得的，不能完全作为在不同情况下使用导弹武器作战的依据。有一些国家进行过多次近似实战条件的有导弹部队参加的联合军事演习，也不能完全回答未来战略、战术的有关问题。况且这种演习消耗太大，不能经常进行。比较适宜的战术研究方法，是把组成战斗力的诸因素和敌我双方的主要关系，用数学模型表述出来，以计算机为主要工具，进行作战仿真。再在此基础上，进行少量的军事演习加以验证。

关于导弹武器对战略的影响，要用马克思列宁主义军事理论和毛泽东军事思想作指导，用现代科学理论，如系统学、运筹学、控制论、信息论以及由此形成的军事系统工程方法，使用电子计算机科学地加以解决。

战略导弹

战略导弹指用于打击战略目标的导弹。进攻性战略导弹，通常射程在 1000 公里以上，携带核弹头，主要用于打击敌方政治经济中心、军事和工业基地、核武器库、交通枢纽等重要战略目标。战略导弹是战略核武器的主要组成部分。

战略导弹按发射点与目标位置分为地地战略导弹、潜地战略导弹、空地战略导弹等；按用途分为进攻性战略导弹、防御性战略导弹；按飞行方式分为战略弹道导弹和战略巡航导弹；按射程分为中程、远程和洲际导弹。中程导弹射程为 1000 ~ 3000 公里，远程导弹射程为 3000 ~ 8000 公里，洲际导弹射程在 8000 公里以上。但各国对导弹按射程分类的标准不尽相同，如美、苏两国在限制战略武器会谈中规定：中程导弹射程为 1100 ~ 2700 公里，中远程导弹射程为 2700 ~ 5500 公里，洲际导弹射程在 5500 公里以上。

战略弹道导弹主要由弹体、动力装置、制导系统和弹头等组成。弹体是安装弹上各部件的圆筒形承力壳体，通常选用比强度高的金属及复合材料制成。动力装置是为导弹高速飞行提供动力的装置，通常采用固体或液体火箭发动机。制导系统是导引和控制导弹飞行的装置，通常采用惯性制导、星光—惯性制导等。弹头是摧毁目标的装置，主要由壳体、核装药及引爆装置组成，有的还带有突防装置。战略巡航导弹的组成与战略弹道导弹所不同的是：弹体上安装有弹翼，主发动机通常采用空气喷气发动机；一般采用全程制导；战斗部（即弹头）安装在弹体内的前段或中段。

地地战略弹道导弹，可采用地面固定发射、机动发射或地下井发射。潜地战略弹道导弹，采用潜艇水下发射。战略巡航号弹，可在地面、舰艇或飞机上发射。

第二次世界大战后，美国和前苏联在德国“V-1”、“V-2”导弹基础上，开始发展战略导弹。美国首先重点研制战略巡航导弹，于50年代初期和中期，先后试射了中程、洲际等几种类型的巡航导弹，由于性能较差，有的虽已装备部队，但都先后退役。同时也注意了弹道导弹的研究工作，并先后研制出“雷神”和“宇宙神”等四种型号的中程、洲际战略弹道导弹，于50年代末期先后装备部队。前苏联则首先着重发展战略弹道导弹，并于50年代中期试射成功。美苏两国早期装备的战略弹道导弹，都是液体推进剂导弹。这些导弹存在的主要问题是：导弹系统是在地面存放和发射，地面设备复杂，导弹所用的液体推进剂是在发射前临时加注，准备时间长，生存能力不高；命中精度低，圆公算偏差为3~8公里。

中国于60年代初开始研制战略导弹，1966年10月28日成功地进行了导弹核武器试验。此后，又发展了远程、洲际弹道导弹。法国亦于50年代末开始研制地地和潜地战略弹道导弹，70年代初装备部队。

50年代末至70年代中期，战略导弹主要是发展导弹系统的地下井贮存、井内发射技术，并研制水下发射的潜地弹道导弹，提高了导弹生存能力；采用可贮存液体推进剂或固体推进剂火箭发动机，缩短了发射准备时间；改进制导技术，提高了命中精度，使圆公算偏差缩小到3公里以内，最小可达几百米；由于反弹道导弹的出现，为解决战略弹道导弹的突防问题，除研究诱饵、假弹头和抗核加固等突防技术外，还发展了集束式和分导式多弹头。美国和前苏联分别于60年代中期和70年代初期，装备了集束式多弹头。70年代初期和中期，美苏两国装备的分导式多弹头，提高了突防能力和打击多个目标的能力。

70年代中期以来，为提高战略导弹的生存能力，一些国家除加固导弹发射井外，着手研制机动发射的陆基战略弹道导弹。如美国的“潘兴”互导弹、前苏联的SS-20导弹等，都采用了车载机动发射。另外，注意增大潜地弹道导弹的射程，以扩大核潜艇作战巡逻海域。加紧机动式多弹头的研究，进一步提高导弹的突防能力和命中精度，使其具有摧毁点目标和硬目标的能力；加强战略巡航导弹的研制。

美、苏等国先后研制有装备的战略导弹已达几十种型号，现装备的有30余种，如中国战略导弹、苏联SS-17导弹、美国“民兵”导弹、法国S—2战略导弹。

经过几次更新换代，战术技术性能不断提高：射程在1000~10000公里以上；弹头由单弹头发展到集束式和分导式多弹头；弹头威力有万吨级、十万吨级、百万吨级、千万吨级梯恩梯当量；命中精度（圆公算偏差）由数公里提高到几十米；发射准备时间，由几小时、十几小时缩短到几十分钟；发射方式由地面发射发展到地下、水下、水面、空中发射等。

今后的发展趋势主要是：继续研究改进制导技术，注意发展多种发射方式和多种弹头；对导弹和导弹发射井采取抗核加固；在进一步完善大型战略导弹的同时，注意研究机动的、小型的和单弹头的战略弹道导弹；简化发射装置和设备，使之轻便化和提高机动能力。

战术导弹

战术导弹指用于直接支援战场作战，打击战役战术纵深目标的导弹。其射程通常在 1000 公里以内，多属近程导弹。它主要用于打击敌方战役战术纵深内的核袭击兵器、集结的部队、坦克、飞机、舰船、雷达、指挥所、机场、港口、铁路枢纽和桥梁等目标。战术导弹种类繁多。有打击地面目标的地地导弹、空地导弹、舰地导弹、反雷达导弹和反坦克导弹；打击水域目标的岸舰导弹、空舰导弹、舰舰导弹、潜舰导弹和反潜导弹；打击空中目标的地空导弹、舰空导弹和空空导弹等。这些导弹采用的动力装置有固体火箭发动机、液体火箭发动机和各种喷气发动机。战术导弹的弹头（战斗部）有普通装药弹头、核弹头和化学、生物战剂弹头等。

战术导弹首先由德国在第二次世界大战期间制成并使用。战后，战术导弹得到了迅速发展，一些国家于 50 年代后陆续将其装备部队。随着科学技术的发展，战术导弹的战术技术性能已有不断改进和提高：制导方式多种多样，主要有无线电制导、惯性制导、红外制导、雷达制导和激光制导等，有的导弹还采用复合制导，命中精度不断提高；发射方式由最初的地面固定发射发展到车载、机载、舰载发射，有的由单兵肩扛发射，机动性能不断提高。50 年代以来，常规战术导弹曾在多次局部战争中被大量使用，成为现代战争中的重要武器之一。

战术导弹的发展趋势主要是：进一步改进制导系统，提高命中精度；简化发射方式，减少地面设备，提高机动性能和快速反应能力；实行武器系统的标准化、系列化和通用化，加强电子对抗能力，研制新型核弹头和各种不同功能的常规弹头等。

弹道导弹

弹道导弹指发射后其整个弹道分为主动段和被动段，主动段在火箭发动机推力和制导系统作用下按预定弹道飞行；被动段按照在主动段终点获得的给定速度和弹道倾角作惯性飞行。按其射程分为洲际导弹、远程导弹、中程导弹和近程导弹。弹道导弹的制导方式有无线电遥控制导、惯性制导、星光—惯性制导等。无线电遥控制导是早期弹道导弹（如 V—2、“宇宙神”等）曾采用的一种制导方式，它易受无线电干扰，地面设备复杂，不能满足现代作战使用要求。自从 20 世纪 50 年代以来，各国研制的弹道导弹，绝大多数采用惯性制导。惯性制导属于自主式制导，采用的是惯性测量元件，不受外界干扰。其组合方式，有平台式和捷联式两种。平台式是利用陀螺仪的定轴性，通过框架将陀螺平台稳定于惯性空间；加速度表安装在平台的台体上，平台隔离了弹体的角运动和振动，使加速度表不受弹体振动影响。现已装备的弹道导弹多采用此种方式。捷联式是将陀螺仪和加速度表直接固连在弹体上，经陀螺仪测出的加速度表组合与惯性参考系之间相对角度的测量值，由计算机进行转换。同平台式相比，捷联式的仪表受弹体振动的影响较大，对计算机的要求较高，但捷联式系统简单、可靠，随着微型计算机的发展，正日益受到重视。惯性制导技术的不断发展，使弹道导弹的命中精度有很大提高。如 20 世纪 60 年代初服役的“宇宙神”洲际弹道导弹，射程 10000 公里，命中精度（圆公算偏差）2.77 公里；而 70 年代末期服役的“民兵”洲际

弹道导弹，射程 13000 公里，命中精度已提高到 0.185 公里。这主要是因为在设计、材料、工艺以及测量、误差补偿等方面采用了先进技术，先后研制出液浮、气浮、静电悬浮陀螺，以及正在发展的激光陀螺等元件，使惯性仪表日趋完善。星光-惯性制导，是在惯性制导的基础上，增加了星光测量装置，利用宇宙空间的恒星方位来判定初始定位误差和陀螺漂移，对惯性制导误差进行修正，进一步提高了导弹的命中精度。

弹道导弹的主要特点是：导弹沿着一条预定的弹道飞行，攻击固定的目标；通常采取垂直发射，使导弹平稳起飞上升，缩短在大气层中飞行的距离，以最低的能量损失去克服作用于导弹的空气阻力；导弹绝大部分弹道处于稀薄大气层或外大气层内；弹头再入大气层时，速度大，空气动力加热剧烈，弹头结构要采取防热措施。

巡航导弹

巡航导弹指依靠空气喷气发动机的推力和弹翼的气动升力，主要以巡航状态在大气层内飞行的导弹。早期称飞航式导弹。可从地而、空中、水面或水下发射，攻击固定目标或活动目标。既可作为战术武器，也可作为战略武器。

巡航导弹主要由弹体、制导系统、动力装置和战斗部组成。弹体包括壳体 and 弹翼等，通常用铝合金或复合材料制成。弹翼有固定式和折叠式，为便于贮存和发射，折叠式弹翼在导弹发射前呈折叠状态，发射后，主翼和尾翼相继展开。制导系统常采用惯性、遥控、自动寻的制导或复合制导。远程巡航导弹一般采用惯性制导，由地形匹配系统修正轨迹。动力装置包括主发动机和助推器，主发动机多采用小型涡轮风扇发动机或涡轮喷气发动机，也有采用冲压式喷气发动机或火箭发动机的。战斗部为普通装药或核装药，多安装在导弹前段或中段。

第二次世界大战末期，德国首先研制成功 v-1 巡航导弹，用于袭击英国、荷兰和比利时。战后，美国和前苏联等国家都发展了巡航导弹。美国首先研制了“斗牛士”、“鲨蛇”等地地巡航导弹，随后又研制“天狮星”舰载巡航导弹、“大猎犬”机载巡航导弹等十几种型号的导弹。这些巡航导弹体积大，飞行速度慢，机动性差，易被对方拦截，多数在 50 年代末被淘汰。前苏联的巡航导弹基本上是与弹道导弹同时研制的，在初期主要研制机载和舰载战术巡航导弹，1967 年 10 月 21 日，埃及使用苏制舰载 SS—N—2 巡航导弹，击沉以色列“埃拉特”号驱逐舰，开创了用巡航导弹击沉军舰的先例。继美、苏两国之后，中、法、英、意等国也都研制了巡航导弹。70 年代，美国研制新一代的巡航导弹，采用惯性制导加地形匹配的复合制导装置、效率高的小型涡轮风扇发动机、比威力大的小型核弹头和微型电子计算机等新技术成果，先后研制成功 AGM—86B 机载巡航导弹和 BGM—109 “战斧”舰载巡航导弹。后者还改制成机载型和车载型。其中，车载陆基“战斧”巡航导弹采用了运输-起竖-发射三用车，平时可在基地隐蔽，战时进行机动发射。前苏联也研制了 SS—N—12 舰载巡航导弹和 AS—6 机载巡航导弹，还研制了新型 SS-NX-21 潜射巡航导弹、SSC-X-4 陆基巡航导弹等，并对现役型号的导弹进行了技术改进。

巡航导弹在 70 年代得到广泛的发展。不少国家已将战术巡航导弹装备部队，用于实战。在 1982 年马尔维纳斯群岛（福克兰群岛）战争中，阿根廷使

用法国研制的“飞鱼”机载巡航导弹，击沉英国的“谢菲尔德”号导弹驱逐舰。美、苏两国的战略巡航导弹也装备了部队。其中，美国的陆基“战斧”战略巡航导弹，还部署在一些西欧国家。现代巡航导弹与50年代研制的巡航导弹相比，其主要特点是：体积小，重量轻，便于隐蔽和机动发射；命中精度高，可打击导弹发射井一类的坚固目标，提高了毁伤目标的效能；导弹的雷达波有效反射面小，可在低空机动飞行，对方不易发现和拦截，提高了突防能力；既能在地面、空中发射，也能在水面、水下发射，攻击活动的和固定的各种点目标和面目标，是一种比较理想的多用途进攻性武器。

为发展新型巡航导弹，特别是为研制远程和洲际巡航导弹，一些国家正在研制高性能和高推重比的发动机，以提高导弹的飞行速度和增大射程；选择性能好的结构材料和吸收材料，以减轻导弹的重量，减小雷达波有效反射面，进一步提高导弹的突防能力；发展新的制导系统，使导弹可自行搜索、识别和攻击目标。

洲际导弹

洲际导弹指通常指射程在8000公里以上的导弹。由于各国所处地理位置和作战对象不同，对洲际导弹的射程规定也不一致。它分为弹道导弹和巡航导弹两类，是战略核武器的重要组成部分。

1957年8月，前苏联首次试射成功第一枚SS-6陆基洲际弹道导弹，射程约为8000公里。同年，美国研制成功射程为8000公里的“鲨蛇”洲际巡航导弹，因性能较差，停止发展，而加紧研制射程达10000公里的“宇宙神”洲际弹道导弹，于1959年开始装备部队。此后，洲际弹道导弹得到迅速发展。到70年代，出现了潜地洲际导弹。陆基洲际导弹几经更新换代，战术技术性能也大大提高，命中精度（圆公算偏差）从数公里提高到几百米；射程可达一万余公里，采取了抗核加固措施；发展了集束式多弹头和分导式多弹头，提高了突防和摧毁目标的能力。

洲际弹道导弹通常采用多级液体或固体火箭发动机，采用惯性制导或复合制导，携带核装药单弹头或多弹头（集束式或分导式）。它具有推力大，飞行速度快，射程远，命中精度高，杀伤破坏威力大等优点。但多数存在体积大、笨重和不便机动等弱点。陆基洲际弹道导弹，一般配置在地下发射井内，采用自力发射（热发射）或外力发射（冷发射）方式。潜地洲际弹道导弹，配置在核动力潜艇上，从水下发射。美国现役洲际弹道导弹有“民兵”陆基洲际导弹和“三叉戟”潜地洲际导弹等数种型号；前苏联则装备有SS-13、SS-19陆基洲际导弹和SS-N-18潜地洲际导弹等10余种型号。中国已拥有自己的洲际导弹。

洲际导弹总的发展趋势是：在改进和完善大型导弹的同时，注意发展小型、机动的陆基洲际弹道导弹，增大潜地洲际弹道导弹的射程，研制新型洲际巡航导弹，采用机动式弹头，进一步提高导弹的精度、生存能力、突防和攻击能力。

地地导弹

地地导弹指从陆地发射打击陆地目标的导弹。它由弹体、弹头或战斗部、动力装置和制导系统等组成。与导弹地面指挥控制，探测跟踪、发时系统等

构成地地导弹武器系统。地地导弹按飞行方式分为巡航式和弹道式两类。最早的地地导弹，是德国在第二次世界大战未使用的 V-1 巡航导弹和 V-2 弹道导弹。战后，一些国家在此基础上，研制了各种地地战术导弹，以及中程、远程和洲际地地战略导弹。地地战略导弹携带单个或多个核弹头，具有射程远、威力大、精度高等特点。地地战术导弹携带核弹头或常规弹头，射程较近，用于打击战役战术纵深内的目标。近 40 年来地地导弹发展迅速，种类繁多，装备数量也大。地地战略导弹已成为战略核武器的主要组成部分；地地战术导弹已成为地面部队的重要武器。地地导弹既可打击地面固定目标，也可打击地面活动目标；既可打击面（软）目标，也可打击点（硬）目标。可采用地面、地下，固定、机动，垂直、倾斜等多种发射方式。其最小射程近至几十米（如地面发射的反坦克导弹），最大射程远达上万公里（如地地洲际导弹）。地下井发射的地地导弹通常需采取抗核加固措施，提高在核条件下作战的生存能力。

潜地导弹

潜地导弹指由潜艇在水下发射攻击地面固定目标的导弹。它同艇上的导航系统和导弹指挥控制、检测、发射系统构成潜地导弹武器系统。其机动性大，隐蔽性好，生存能力强，便于实施核突击，是战略核武器的重要组成部分。

潜地导弹分为弹道式和巡航式两类。潜地弹道导弹多用固体火箭发动机作动力装置，采用惯性制导或天文加惯性制导，携带核弹头。核弹头有单弹头、集束式多弹头和分导式多弹头，爆炸威力为数万吨至百万吨梯恩梯当量，射程为 1000 ~ 10000 余公里。导弹装在潜艇中部的垂直发射筒内，每艘潜艇一般有 12 ~ 14 具发射筒，每具装一枚导弹。潜艇在水下机动时，导航系统能为导弹发射连续提供有关艇位、航向、航速和纵横倾角等数据，通过射击指挥系统随时计算出每枚导弹的射击诸元，并将其装订到导弹制导计算机内，迅速完成导弹发射准备。发射时，导弹靠燃气蒸汽或压缩空气弹出艇外，导弹出筒后，在水中上升，出水前或出水后导弹发动机点火，按预定弹道射向目标。潜地巡航导弹通常用空气喷气发动机，惯性加地形匹配复合制导，且携带的核弹头比威力较高。它可借助潜艇内的鱼雷发射管或专用发射筒发射，当导弹出水升到一定高度时，弹翼自动张开，火箭助推器脱落，空气喷气发动机工作，使导弹转为水平巡航飞行。

第二次世界大战后，美、苏两国先研制陆基战略导弹，随后发展潜地战略导弹。前苏联于 1955 年 9 月首次用潜艇在水面发射了一枚由陆基战术导弹改装的弹道导弹，1958 年，正式装备了水面发射的 SS-N-4 弹道导弹。1963 年，开始装备水下发射的 SS-N-5 潜地弹道导弹，射程 1000 余公里。随后相继装备了几种潜地导弹，射程提高到 2000 余公里至近万公里。美国于 1955 年将“天狮星” I 巡航导弹装备潜艇。1960 年 7 月，从“乔治·华盛顿”号核潜艇上首次水下发射“北极星” A1 潜地弹道导弹，射程 2200 公里。1970 年，研制成第二代潜地弹道导弹“海神”，射程 4600 公里，携带分导式多弹头，能攻击彼此相距 100 公里左右的不同目标，其圆公算偏差约 0.54 公里，1971 年，开始研制第三代潜地弹道导弹“三叉戟” I，采用三级固体火箭发动机，射程 7400 公里，携带 8 个分导式弹头，1979 年首次装艇。技术更先进，射程达 12000 公里的“三叉戟” 潜地弹道导弹，正在研制之中。70 年

代后期，美国还研制成潜艇发射的战略巡航导弹“战斧”（BGM-109），最大射程 2500 公里，圆公算偏差约 20 米。继美、苏两国之后，法国和英国也装备了潜地弹道导弹。1982 年 10 月，中国用潜艇在水下向预定海域发射运载火箭获得成功。潜地导弹的发展趋势，主要是增大射程，增强突防能力，提高命中精度和摧毁能力。

舰舰导弹

舰舰导弹指从水面舰艇发射攻击水面舰船的导弹，是舰艇的主要攻击武器之一。它与舰艇上的指挥控制、探测跟踪、水平稳定、发射系统筹构成舰舰导弹武器系统。舰舰导弹主要由弹体、战斗部、动力装置、制导系统和电源等组成。其战斗部有聚能穿甲型、半穿甲型和爆破型，可采用普通装药或核装药，配备触发引信或非触发引信。射程一般为 40 公里左右，当导弹靠外界提供信息进行中继制导时，射程可达数百公里。其飞行速度多为高亚音速，也有超音速的。多数采用两级动力装置。第一级为固体火箭助推器，用于助推导弹起飞。导弹爬高升空后，该助推器脱落。导弹靠第二级主发动机（可采用火箭发动机或空气喷气发动机）的动力继续飞行。其飞行弹道分为自控段和自导段。在自控段由自动驾驶仪（或惯性导航仪）和无线电高度表控制，使其按预定弹道飞行，巡航高度为十几米至数百米；在自导段由自导装置（主动雷达或红外导引头等）和自动驾驶仪（或惯性导航仪）协同工作，使其导向目标。导弹掠海面飞行时，通常由无线电高度表和惯性加速度表组合控制。

20 世纪 50 年代，一些国家的海军已装备舰舰导弹，如：瑞典的“罗伯特”315 和前苏联的 SS-N-1 等。60 年代初，中国海军装备了舰舰导弹。1967 年 10 月 21 日，埃及使用“蚊子”级导弹艇发射 SS-N-2 舰舰导弹，击沉以色列的“埃拉特”号驱逐舰。这是舰舰导弹击沉军舰的首次战例，引起各国海军的重视。舰舰导弹和舰炮相比，其特点是射程远，命中率高，威力大，但易受干扰。70 年代以来，舰舰导弹的战术技术性能不断得到改进，主要是缩短了反应时间，提高了速度和制导精度，降低了飞行高度，增强了抗干扰和突防能力。

岸舰导弹

岸舰导弹指从岸上发射攻击水面舰船的导弹。亦称岸防导弹。是海军岸防兵的主要武器之一。岸舰导弹由弹体、战斗部、动力装置和制导系统等组成。它与地面指挥控制、探测跟踪、发射系统等构成岸舰导弹武器系统。岸舰导弹配置在沿海重要地段上，通常分为固定式和机动式。前者配置在坚固的永备工事内，采用固定发射，有固定的射击区域，阵地分散隐蔽，生存能力较强，能连续作战，后者由车辆装载，可机动发射，其射程为数十至数百公里，飞行速度多为高亚音速，与海岸炮相比，岸舰导弹射程较远，命中精度较高，破坏威力较大。

20 世纪 50 年代，前苏联将 AS-1 空舰导弹改装成岸舰导弹。60 年代后，瑞典、挪威和法国等相继发展了岸舰导弹。中国研制成功“海鹰”等岸舰导弹，并装备部队。

地空导弹

地空导弹指从地（水）面发射攻击空中目标的导弹。亦称防空导弹。它与地面（舰上）的目标搜索与指示、制导、发射系统和技术保障设备等构成地空导弹武器系统。

系统组成

地空导弹由弹体、弹上制导装置、动力装置、战斗部和电源等组成。弹体的气动外形通常有正常式、鸭式和转动弹翼式。弹上制导装置的基础是自动驾驶仪。动力装置多使用固体火箭发动机，也有用液体火箭发动机、冲压喷气发动机或固体冲压一体化发动机的。除主发动机外，多装有起飞发动机（亦称助推器）。战斗部由壳体、装药、引信和传爆装置组成。地空导弹多用普通装药，也用核装药；多用非触发引信，也用触发引信。弹上电源多采用蓄电池。

目标搜索与指示系统通常由搜索、识别和目标指示等设备组成。搜索设备多是专用雷达，有些近程地空导弹武器系统也用光学设备；识别设备用来确定目标的属性，通常包括敌我识别器和目标种类识别设备，没有敌我识别器时，按上级（友邻）空情通报和协同规定或由操纵手目视判定，目标指示设备用于将搜索设备所获得的空情进行分析处理，供指挥控制中心实施指挥控制。

制导系统由地面制导设备（通称制导站）和弹上制导装置组成，或仅由弹上制导装置组成。通常包括目标和导弹运动参数的测量设备（雷达或红外、激光等其他跟踪设备），计算机，指令传输设备，以及指令执行装置等。制导方式有遥控制导、寻的制导和复合制导。为准确地引导导弹打击空中活动目标，制导系统须不断地测定目标和导弹的相互位置，并按照一定的导引规律，确定导弹的飞行路线，形成修正导弹航迹的指令，然后将此修正指令与弹上仪器感受的信息综合放大，形成控制信号，驱动舵机改变弹体姿态，控制导弹沿着确定的飞行路线飞向目标，并适时地控制引信启动或直接控制战斗部起爆。

发射系统主要由发射装置和发射控制设备组成。发射装置多是机动式；通常采用变角倾斜发射方式，发射前带动导弹跟踪、瞄准。发射控制设备用于控制导弹发射。

技术保障设备通常包括准备和检查导弹的地面设备和运输装填设备、电源设备以及各种模拟训练设备等。

以上各分系统的具体组成和结构形式，取决于武器系统的作战使命、作战性能、使用原则以及对整个武器系统组成的特殊要求。有的地空导弹武器系统在其组成内包括几个制导和发射系统，以实现多目标射击。

分类

各国对地空导弹武器系统分类的方法和标准不尽相同。按作战使命，可分为国土防空、野战防空和舰艇防空三种。按机动性能，可分为固定式、半

固定式和机动式三种。其中，机动式又分为牵引式、自行式和便携式。按同一时间攻击目标数，可分为单目标通道和多目标通道两种，前者如美国的“爱国者”可同时制导数枚导弹，攻击多个目标。按射高可分为高空、中空、低空三种。按射程可分为远程、中程和近程三种，有些国家将最大射程大于 100 公里（射高可达 30 公里左右）的，称为远程地空导弹武器系统（如前苏联的 SA-5）；将最大射程在 20~100 公里之间（射高 0.05~20 公里以上）的，称为中程地空导弹武器系统；将最大射程小于 20 公里（射高 0.015~10 公里）的，称为近程地空导弹武器系统。

战斗性能与战斗过程

战斗性能通常是指敌方以不同的空袭密度，使用电子压制，实施机动和其他对抗手段的条件下，地空导弹武器系统战斗准备状态的转换能力，以及歼灭不同航向、距离、高度和速度范围的目标的能力。在不同的射击条件下，对不同的目标，地空导弹武器系统所表现的战斗性能是不同的。通常用一系列综合指标表示，如杀伤空域、杀伤概率、系统反应时间、射击周期和机动性等。

战斗过程大体可分为四个阶段：搜索、发现、识别和指示目标；跟踪、瞄准和发射导弹；制导导弹飞向目标；起爆战斗部摧毁目标。以无线电指令制导的地空导弹武器系统为例，其战斗过程如下：目标搜索设备对空搜索，目标指示设备将获得的空情进行分析处理，通过指挥控制中心传输给制导系统；跟踪设备截获目标并转为跟踪状态，不断地测定目标运动参数并输入计算机；发射装置根据目标数据及本身的跟踪规律，带动导弹实施跟踪瞄准，使导弹指向所需方向，待目标进入发射区，发射导弹；导弹发射后，跟踪设备截获导弹并转为跟踪状态，不断地测定其运动参数并输入计算机；计算机根据目标和导弹的运动参数，按优选的导引规律产生制导指令并通过指令发射设备送到弹上；弹上制导装置将接收到的制导指令与自身感受的信息综合放大，驱动舵机控制导弹飞向目标，在导弹接近目标过程中，制导系统适时发出启动引信的指令，当导弹处于可能杀伤目标位置时，引信起爆战斗部，摧毁目标。

简史

最早的地空导弹是德国在第二次世界大战后期研制的“龙胆草”、“莱茵女儿”、“蝴蝶”和“瀑布”等导弹，但均未使用。战后，美、苏、英等国在上述研制成果的基础上，有计划地开始了地空导弹的发展工作。50 年代，美、苏、英和瑞士等国先后研制成功各自的地空导弹武器系统，相继装备部队。这些武器系统多属中、高空，中、远程，主要用于国土防空，全部采用无线电制导技术，制导方式比较单一，抗干扰能力差；电子设备多采用分离元件，可靠性不高，主发动机多采用液体火箭发动机或冲压喷气发动机，导弹体积大，比较笨重；地面设备复杂庞大，维护使用不便，地面机动性较差。中国人民解放军在 50 年代开始装备地空导弹，并于 1959 年 10 月 7 日在华北地区击落美制 RB-57D 高空侦察机，开创了世界防空史上首次用地空导弹击落飞机的战例。60 年代后，越南抗美战争、中东战争使用地空导弹的实

践，促进了低空突防和电子对抗的发展。许多国家在提高中、高空地空导弹武器系统反电子干扰能力和改进低空作战性能的同时，大力发展了机动能力强的低空近程地空导弹武器系统。其主要特点是：采用无线电、激光、红外或光电复合制导等，提高抗干扰能力；大量采用固体微电子器件和计算机技术，提高武器系统的可靠性和自动化程度，缩短武器系统的反应时间；绝大多数均采用固体火箭发动机，注意改进导弹的气动外形，提高导弹的机动能力，采用贮运箱（筒）式发射装置和自动化检测技术，简化维护使用；采用多联装发射装置，并将导弹和制导设备安装在自行式车辆上，提高武器系统的火力强度与地面机动性。至 70 年代，一些国家的地空导弹武器系统已构成远、中、近程，高、中、低空的火力配系，成为地面防空火力的主要组成部分。70 年代以来，第四次中东战争、英国—阿根廷马尔维纳斯群岛（福克兰群岛）之战、以色列叙利亚贝卡谷地之战所揭示的现代空袭的特点，集中表现为多种空袭兵器和各种战术手段的综合运用，并对地空导弹武器系统的发展提出了许多新课题：要求采用数字计算机和先进的软件系统，应用相控阵技术和系统工程的理论和方法，合理综合各种制导技术和制导方式，进一步提高抗干扰、抗饱和攻击和对付多目标的能力，以全面提高地空导弹武器系统和地面防空火力配系的综合作战效能。许多国家正竞相探索、研制和完善各种多功能、多用途的地空导弹武器系统，以及地空导弹与其他防空武器相结合的综合武器系统和专用的反弹道导弹系统。

舰空导弹

航空导弹指从舰艇发射攻击空中目标的导弹，是舰艇主要防空武器之一。它与舰艇上的指挥控制、探测跟踪、水平稳定、发射系统等构成舰空导弹武器系统。按其射程分为远程、中程、近程三类；按射高分为高空、中空、低空三类，按作战使用分为舰艇编队防空导弹（如美国的“标准”型舰空导弹武器系统）和单舰艇防空导弹（如英国的“海狼”舰空导弹武器系统）。舰空导弹的最大射程达 100 余公里，最大射高 20 余公里，飞行速度为数倍音速。其动力装置多为固体火箭发动机，也有用冲压喷气发动机的。制导方式一般采用遥控制导或寻的制导，有的采用复合制导。战斗都多采用普通装药，由近炸或触发组合式引信起爆。20 世纪 50 年代中期，美国首先将“小猎犬”I 型舰空导弹装备于巡洋舰；又陆续发展了“黄铜骑士”、“鞑靼人”和“标准”等型号的舰空导弹。有些国家的舰队也相继装备了舰空导弹。70 年代以来发展的某些舰空导弹，除能打击飞机和拦截反舰导弹外，还具有打击水面舰船的能力。1983 年初，美国装备的“宙斯盾”舰空导弹武器系统，采用多功能相控阵雷达和复合制导，能同时对付多个目标。80 年代中期，中国海军装备了舰空导弹。海战实例表明，舰空导弹是一种有效的舰艇防空武器。其发展方向主要是：增大飞行速度和机动性，扩大作战空域，提高快速反应、抗干扰和对付多个目标的能力。

空地导弹

空地导弹指从飞行器上发射攻击地（水）面目标的导弹。是航空兵进行空中突击的主要武器之一。它与飞行器上的探测跟踪、制导、发射系统，以

及保障设备等构成空地导弹武器系统。由弹体、战斗部、动力装置、制导装置等组成。弹体的气动外形多为正常式。动力装置可采用固体火箭发动机、涡轮喷气发动机或涡轮风扇喷气发动机等。其制导方式有自主式制导、遥控制导、寻的制导和复合制导。按其作战使用分，有战略空地导弹和战术空地导弹；按专门用途分，有反舰导弹、反雷达导弹、反坦克导弹、反潜导弹以及多用途导弹等。此外，还可按射程、飞行轨迹等分类。

战略空地导弹多采用自主式或复合式制导，最大射程可达 2000 多公里，弹重在 10 吨以内，速度可达三倍音速以上，通常采用核战斗部。20 世纪 80 年代初，战略空地导弹主要有美国的 AGM-86B 巡航导弹，苏联的 AS-6 巡航导弹等。

战术空地导弹动力装置一般为固体火箭发动机，制导方式多采用无线电指令、红外、电视、激光或雷达寻的制导。射程大多在 100 公里以内，弹重数十至数百千克，多数采用常规战斗部，80 年代初，攻击陆上目标的战术空地导弹主要有美国的“小牛”（AGM-65）、法国的 AS-30 等。专门用于反舰的战术空地导弹，主要有法国的“飞鱼”

（AM-39）、美国的“鱼叉”（AGM-84A）等。专门用于反雷达的战术空地导弹，主要有美国的“百舌鸟”（AGM-45A）和“高速反雷达导弹”（AGM-88A），法、英两国合制的“战槌”（AS-37）等。由武装直升机携载，用于反坦克的战术空地导弹，主要有原联邦德国和法国合制的“霍特”、美国的“陶”（Tow）等。

第二次世界大战期间，德国曾将 V-1 导弹装在飞机上发射。战后，随着地空导弹等防空兵器的发展和使用，为有效地攻击目标和减少对飞行器的威胁，美、苏、英、法等国研制和装备了多种类型的空地导弹。其中，战术空地导弹曾在越南抗美战争，第四次中东战争，英国、阿根廷马尔维纳斯群岛（福克兰群岛）之战，以色列、叙利亚贝卡谷地之战，伊朗、伊拉克战争，以及美国空袭利比亚等局部战争中多次使用，战果显著。

空地导弹发展趋势，主要是增大射程和速度，提高抗干扰、突防和攻击多目标的能力。

空舰导弹

空舰导弹指从飞行器发射攻击舰船的导弹。也可用于攻击某些陆上目标。它与飞行器上的探测跟踪、制导、发射系统等构成空舰导弹武器系统。通常由弹体与弹翼、战斗部、动力装置、制导系统等组成。一般以火箭发动机或空气喷气发动机为动力装置，采用寻的制导或复合制导，能有效地搜索和捕捉目标。战斗部常用普通装药，也有用核装药的。速度多为跨音速或超音速，射程一般为数十公里，最大可达数百公里，可在被攻击舰船的防空武器射程以外发射。

其弹道变比范围较大，当末段弹道为水平飞行时，其高度可根据战术需要预先设定，也可掠海面飞行，攻击舰船水线附近的部位，使被攻击的舰船较难组织有效的抗击。20 世纪 70 年代以后，空舰导弹的战术技术性能不断改进，飞行速度、抗干扰和捕捉目标的能力迅速提高。1982 年，英国、阿根廷在马尔维纳斯群岛（福克兰群岛）之战中，双方都使用了空舰导弹。5 月 4 日，阿根廷用“飞鱼”AM-39 空舰导弹击沉英国“谢菲尔德”号导弹驱逐舰，

引起各国对空舰导弹的重视。

空空导弹

空空导弹指从飞行器发射攻击空中目标的导弹。是歼击机的主要空战武器，也用作歼击轰炸机、强击机的空战武器。空空导弹由制导装置、战斗部、引信、弹体、动力装置等组成。它与机载火力控制、发射装置和测试设备等构成空空导弹武器系统。

空空导弹可分为近距格斗导弹、中距拦射导弹和远距拦射导弹。近距格斗导弹多采用红外寻的制导，射程一般为零点几公里至 20 公里，最大过载 30~40g，主要用于近距格斗，也能攻击视距以外的目标，具有较高的机动能力，如美国的“响尾蛇”AIM-9L 近距格斗导弹。中距拦射导弹多采用半主动雷达寻的制导，具有全天候、全方向作战能力。射程一般约为 10 余公里到上百公里。空战时，由指挥所引导载机进入作战空域，通过机载火力控制系统搜索、截获、识别目标后，在视距范围以外发射导弹，如前苏联的 AA-7 中距拦射导弹。远距拦射导弹采用复合制导，具有全天候、全方向作战能力。载机能连续发射数枚导弹，对上百公里以外的数个目标实施攻击，如美国的 F-14 战斗机，可携带 6 枚“不死鸟”（AIM-54）远距拦射导弹，在短时间内，可将全部导弹发射出去，分别攻击上百公里以外的 6 架敌机。

1944 年 4 月，德国首先研制了 X-4 有线制导空空导弹，但未使用。50 年代中期，美、苏等国研制的空空导弹陆续装备部队，如美国的“响尾蛇”，AIM-9B、前苏联的 K-5 等，均采用尾追攻击。50 年代末，中国开始研制空空导弹，并陆续装备部队。60 年代初，美国装备了半主动雷达制导的“麻雀”AIM-7D。在越南战争、中东战争中，双方都使用了空空导弹，取得了一定战果，但也暴露出当时的空空导弹不适宜攻击大速度或高度机动的目标等弱点。后来发展了近距格斗导弹，并研制出远距拦射导弹。1982 年，英国、阿根廷在马尔维纳斯群岛（福克兰群岛）之战中，使用了“响尾蛇”AIM-9L 近距格斗导弹。实战证明，空空导弹是现代飞机进行空战的主要武器。空空导弹今后的发展，主要是进一步增强抗干扰能力，增大制导系统的功能，提高中距拦射导弹的近距格斗能力。

固体推进剂导弹

固体推进剂导弹指以固体推进剂火箭发动机为动力装置的导弹。简称固体导弹。这种导弹有战术导弹，也有战略导弹。固体战略导弹都携带核弹头。固体战术导弹多数携带常规弹头，少数携带核弹头；有的既可携带常规弹头，又可携带核弹头。固体导弹的火箭发动机结构简单，推进剂贮存在燃烧室常备待用，能适应自旋状态下工作，失重状态下点火容易，地面设备较少。因此，维护使用方便，发射准备时间较短，便于携载和机动，被各国广泛采用。但固体推进剂药柱通常受环境温度和湿度影响比较大，比冲较低，发动机的推力调节、多次起动和重复使用困难。

液体推进剂导弹

液体推进剂导弹指以液体推进剂火箭发动机为动力装置的导弹。简称液体导弹。液体导弹多数为成略导弹，也有战术导弹。液体导弹的火箭发动机比冲高，推力大，可携带较重的弹头，发动机能多次点火，推进剂流量可调节。但液体导弹的动力装置需要有专门的推进剂贮箱和增压、输送系统，以及发动机的喷注、冷却系统等，因此体积较大，结构复杂。最早的液体导弹，是第二次世界大战末期德国研制的 V-2 导弹。战后，前苏联、美国、中国等都研制了液体导弹。导弹最初使用的推进剂，沸点低，不便贮存。60 年代以来，广泛使用了可贮液体推进剂。70 年代，美国的“长矛”导弹等还使用了预包装可贮液体推进剂。美国装备的液体导弹，早在 60 年代中期开始，即逐步由固体导弹替换。前苏联到 80 年代初装备的战略弹道导弹，多数仍为液体导弹。

反坦克导弹

反坦克导弹指用于击毁坦克和其他装甲目标的导弹。与发时装置、制导设备等组成反坦克导弹武器系统。反坦克导弹和反坦克火炮相比，射程远，精度高，威力大，重量轻，能从地面或空中发射，是一种有效的反坦克武器。

反坦克导弹由弹体、战斗部、动力装置、弹上制导系统等组成。弹体一般用轻合金或复合材料制成。战斗部通常为聚能破甲型，它是利用锥孔装药爆炸的聚能效应所产生的高温、高速金属流来穿透装甲，破坏坦克和杀伤乘员。动力装置一般采用固体火箭发动机。弹上制导装置一般由陀螺组件、遥控导线、光电测量装置、指令变换放大器和执行机构等组成。它与弹外有关制导设备相配合，用于测量导弹实际飞行弹道相对于理论弹道的偏差，形成制导指令，传给执行机构，产生控制力，操纵导弹飞向目标。

反坦克导弹按重量或射程可分为轻型和重型两类；按机动方式可分为步兵便携式、车载式和机载式三类，其制导方式可分为有线手控制导、有线半自动制导和自动寻的制导三类。

有线手控制导的反坦克导弹武器系统，多为 20 世纪 50 年代至 60 年代的产品，通称第一代。其制导设备有瞄准具、带控制手柄的控制盒等。导弹飞行时不断放出遥控导线，曳光管发出曳光供射手观察。射手不断观察目标和导弹，估计出导弹对瞄准线的偏差，适时操纵控制手柄，给出相应制导指令。控制盒将该指令转换成控制信号，经遥控导线传给导弹。弹上执行机构按控制信号控制导弹飞行，使导弹沿瞄准线飞向目标。

有线半自动制导的反坦克导弹武器系统，多为 60 年代至 70 年代初的产品，通称第二代。其发射制导设备除瞄准具外，还有红外测角仪、指令计算机和发射架等。导弹飞行时，射手只需将瞄准镜的十字线对准目标，目视观测导弹的工作由红外测角仪所代替。红外测角仪通过接收弹尾红外辐射源提供的信息，测出导弹对瞄准线的偏差。指令计算机根据偏差算出制导指令，经导线传给导弹，控制导弹飞向目标。

自动寻的制导的反坦克导弹武器系统，多为 70 年代末至 80 年代的新产品，通称第三代。其特点是利用弹上的制导装置，接收目标辐射或反射的光、热、无线电（雷达）波等信息，确定导弹相对于目标的位置，产生控制信号，自动导主动寻的、半主动寻的和被动寻的三种。正在研制的型号多采用后两种制导方式。

反坦克导弹是德国在第二次世界大战末期最先研制成功的，代号为 X-7（俗称“小红帽”）。战后，一些国家继续研制反坦克导弹。1953 年前后，法国研制成有线手控制导的反坦克导弹。60 年代初，同类型的反坦克导弹在原联邦德国、瑞典、美国、前苏联和意大利等国相继问世。为减轻射手负担，提高命中率，70 年代前后研制成有线半自动制导的反坦克导弹，如美国的“陶”、法国和原联邦德国联合研制的“米兰”和“霍特”等。随后又发展了一些新产品，如美国的“狱火”、法国的“阿克拉”、英国和比利时联合研制的“阿特拉斯”等。这些导弹采用激光驾束制导、激光半主动寻的制导、红外成像制导或光纤制导，进一步提高了导弹的飞行速度和命中精度。中国于 50 年代末开始研制反坦克导弹，并大量装备部队。1956 年，法国在同阿尔及利亚的战争中，首先使用了反坦克导弹。

1972 年，美国在侵略越南的战争中，大量使用了“陶”式反坦克导弹。在 1973 年的中东战争中，阿拉伯和以色列双方都大量使用了反坦克导弹，显示了反坦克导弹的作战效能。

为提高反坦克导弹的作战能力，今后将采用新的制导技术，进一步提高导弹的命中率和抗干扰能力；发展自锻成型弹丸、敏感子母弹等新型战斗部，提高破甲威力；研制高性能的夜间瞄准器材，提高夜战能力，并注重发展远距离攻击集群坦克的反坦克导弹。

反雷达导弹

反雷达导弹指利用敌方雷达的电磁辐射进行导引，摧毁敌方雷达及其载体的导弹。亦称反辐射导弹。它与机载或舰载探测跟踪、制导、发射系统等构成反雷达导弹武器系统。通常有空地、舰舰反雷达导弹等类型。

反雷达导弹由弹体与弹翼、战斗部、动力装置、制导装置等组成。战斗部用普通装药，由触发或非触发引信起爆。动力装置一般用固体火箭发动机。制导方式多采用被动式雷达寻的制导或复合制导。多数反雷达导弹的发射重量为数百千克，射程在 100 公里以内。

空地反雷达导弹，通常用于攻击预先选定的目标。发射前，须对目标进行侦察，测定其坐标和辐射参数，并用载机上的侦察和目标指示设备进一步测定目标的准确坐标，当目标处于导弹有效发射区时即可发射。发射后，弹上自动导引装置的控制信号，传给执行机构，使导弹自动导向目标。在攻击过程中，如被攻击的雷达关机，导弹的记忆等装置能继续控制导弹飞向目标。

最早的反雷达导弹，是美国 1964 年装备的“百舌鸟”导弹。随后，美国于 60 年代末装备了“标准反辐射导弹”；80 年代初又装备了“高速反雷达导弹”。苏、法、英等国也研制和装备了反雷达导弹。60 年代中至 80 年代初，反雷达导弹曾在越南、中东等局部战争中使用，主要用于攻击敌方地空导弹制导雷达和高射炮炮瞄雷达，取得了一定成果。反雷达导弹正向着增强抗干扰能力，提高导引头性能，增大射程和威力，能利用多种电磁辐射源进行导引和攻击的方向发展。

反弹道导弹

反弹道导弹指拦截敌方来袭的战略弹道导弹的导弹。亦称反导弹导弹。它与多种地面雷达、数据处理设备和指挥控制通信系统等，组成防御战略弹道导弹的武器系统。简称反导系统。

反弹道导弹是在地空导弹基础上发展起来的。美、苏两国已部署的这类导弹，通常是两级或三级的有翼寻弹，用固体火箭发动机推进，装核弹头，采用无线电指令制导（有的加寻的未制导），控制导弹对来袭弹头进行拦截。其发射方式有两种：一种是自力发射，即在发射井内点火，垂直发射；另一种是弹射，即在发射井内用燃气将导弹推出地面，随之点火垂直上升。按拦截空域，可分为高空拦截导弹和低空拦截导弹。前者主要用于在 100 公里以上的大气层外实施拦截，利用核爆炸产生的高能粒子和 X 射线破坏目标；后者主要用于在稠密大气层中实施拦截，利用核爆炸产生的中子流和冲击波等多种效应摧毁目标。低空拦截导弹在发射后由于几秒钟内即达每秒 10 公里的速度和 100g 的加速度，因而其弹体外形常设计成圆锥形；并在外表面加有烧蚀隔热层，以防气动加热烧坏弹体。

简史

美国从 20 世纪 50 年代中期起，就开始研究对弹道导弹的防御问题。20 多年来，在反导系统的研制方面投资 160 多亿美元，进行过大量的基础研究，通过多种方案的探讨和系统试验，证实以导弹拦截带有简单突防装置的单个来袭弹头是可行的，先后发展了“奈基-宙斯”（Nike Zeus）和“卫兵”（Safeguard）两代反导系统。1970 年开始在北达科他州的大福克斯空军基地建造“卫兵”系统的第一个发射场。前苏联在 50 年代中期也开始研究对弹道导弹的防御问题，60 年代初研制出兼有反弹道导弹能力的 SA-5 远程地空导弹系统，1964 年 11 月在莫斯科展示出 ABM-1 高空拦截导弹，1967 年开始组成莫斯科反导防区。

一枚射程上万公里的洲际弹道导弹，从发射到命中目标仅需 30 分钟左右，可供拦截作战的时间很短，加之装的是核弹头，并带有轻、重诱饵等不易被雷达识别的突防装置，有的还携带多弹头，一旦漏防，后果严重。因此，拦截弹道导弹在技术上要求很高，必须做到及时发现、正确识别、精密跟踪和有效拦截，方能奏效。

第一代反导系统美国于 60 年代初期研制的“奈基-宙斯”系统，是由射高 100 ~ 160 公里的拦截导弹与截获、识别、跟踪、引导四部脉冲体制机械扫描雷达，以及指挥控制中心和数据处理设备等组成。其作战过程是：目标截获雷达根据远程导弹预警系统提供的预警信息进行搜索，一旦捕获目标，数据处理设备立即将处理后的信息传送给指挥控制中心，由它指示目标识别雷达进行识别，当分辨出是真弹头，目标跟踪雷达立即接替进行精密跟踪。同时，数据处理设备实时计算出真弹头的弹道、拦截点和拦截导弹相应的发射时间。指挥控制中心适时发出拦截导弹的发射指令。拦截导弹发射后，由引导雷达连续跟踪并将数据传给指挥控制中心，后者根据来袭弹头和拦截导弹的飞行参数，及时给拦截导弹发出制导指令，将它引导至拦截点适时引爆弹头摧毁目标。

“奈基-宙斯”反导系统原来计划是用于面防御，保卫大城市。由于来袭弹头突防技术的发展，该系统识别真、假弹头的能力有限，难以对付多个目

标，拦截效率和系统本身抗核袭击的能力低，因而没有部署。

第二代反导系统美国于 70 年代研制的“卫兵”反导系统，比第一代反导系统有较大改进，采用高、低空两种拦截导弹进行双层拦截。高空拦截导弹“斯巴达人”（Spartan），最大射程 640 公里，可在大气层外构成大面积防御空域；低空拦截导弹“短跑”，具有承受高加速度（约 100g）的能力，反应速度快，能在 10~20 秒内拦截经过雷达识别出的漏防来袭弹头，重点保卫“民兵”（Minuteman）洲际导弹基地。此外，“卫兵”反导系统还采用两部新型相控阵雷达取代四部机械扫描雷达，在多台大型高速电子计算机配合下，远程截获雷达能同时跟踪上百个目标；导弹场地雷达能在大气层中筛选识别目标，并可同时制导多枚拦截导弹拦截多个目标。

“卫兵”系统的作战过程是：远程目标截获雷达根据弹道导弹预警系统提供的预警信息进行搜索，当捕获目标后，持续跟踪 1~2 分钟，初步计算出目标的弹道和命中点，选定拦截导弹发射场地，并适时发射“斯巴达人”高空拦截导弹，尔后转交给导弹场地雷达引导。当目标进入导弹场地雷达作用范围时，该雷达立即跟踪并精确计算目标的弹道和拦截导弹的弹道，引导“斯巴达人”拦截导弹飞向目标予以摧毁。漏防的来袭弹头由导弹场地雷达继续跟踪、识别并适时发射“短跑”低空拦截导弹，引导它去摧毁目标。

现状

随着战略弹道导弹突防技术的发展，美、苏两国分别于 70 年代初期和中期装备了分导式多弹头，继续发展机动式多弹头。反导系统所要对付的目标日益增多和复杂，而其本身作战效能有限，生存能力低，代价太高，不能根本解决反导技术上所面临的难题。因此，美、苏两国虽然都研制成了反导系统，但都不急于大规模部署，宁愿受 1972 年 5 月两国签署的《苏、美限制反弹道导弹系统条约》的约束，双方部署场地各限制为 2 个。1974 年 7 月，再次修订的《苏、美限制反弹道导弹系统条约的附加议定书》，双方同意各只部署 1 个场地，100 枚拦截导弹。1975 年 12 月，美国决定放弃刚建成的大福克斯“卫兵”场地。1976 年 2 月，美国陆军正式宣布关闭“卫兵”场地，只保留远程截获雷达，作为空军的攻击效果判定系统的设备。前苏联一直保留莫斯科反导防区。1980 年 3 月，宣布撤除其 64 枚 ABM-1 高空拦截导弹的一半，但系统的改进试验工作仍继续进行。

发展趋势

80 年代以来，美、苏两国都把注意力转向研究新的反导技术和探索新的反导途径。1983 年 10 月，美国国防部制订的“战略防御倡议”（西方报刊称为“星球大战”计划），得到总统 R.w. 里根批准后，于 1984 年 4 月成立战略防御局，专管此项计划。计划在 1984—1989 财政年度期间，拨款 250 亿美元，全面论证用于保护整个国土的反导系统在技术上的可行性。初步设想的反导系统，是采用多层次、多种手段和以地面、空中、空间为基地的系统。它可以在来袭弹道导弹的各飞行段（主动段、中间段和再入段）进行逐层拦截。采用的探测手段有微波雷达、激光雷达和红外探测器等。拦截手段包括：高能激光、非核拦截导弹、中性粒子束和电磁炮等。实施计划的技术

基础包括：采用长波红外探测器，在大气层外捕获、跟踪和初步识别来袭弹头。1982年，验证了利用自适应光学原理，补偿大气层对光束传输影响的技术；1983年以来，在太平洋导弹靶场进行过多次非核拦截导弹的飞行试验。在1984年的一次试验中，装有长波红外探测器的非核拦截导弹，直接碰撞击毁了目标。随着反导技术的发展，一枚非核拦截导弹有可能携带几十个能独自摧毁目标的弹头；1982年验证了一种以氟化氙激光器为基础，经过喇曼转换使光束质量更为提高的激光器，以及发展较成熟的氟化氢化学激光器，有可能作为空间的反导系统。此外，以小型核装置作能源的X射线激光器，以及在自由电子激光、准分子激光和中性粒子束等反导武器的研究方面也取得了进展。

反潜导弹

反潜导弹指用于攻击潜艇的导弹。当导弹的战斗部为鱼雷时，又称火箭助飞鱼雷。它与水面舰艇、潜艇或飞机上的指挥控制、探测跟踪、发射系统等构成反潜导弹武器系统。分为弹道式和巡航式。可由水面舰艇、潜艇、飞机携带、发射。其射程主要取决于舰载、机载声纳和磁探等探测设备的性能，一般为数公里至数十公里，也可达上百公里。同反潜鱼雷相比，具有速度快、射程远等优点，是现代主要反潜武器之一。

反潜导弹由弹体、战斗部、动力装置、制导装置、电源和减速伞等组成。弹体用于安装弹上设备。战斗部可以是声自导鱼雷或核深水炸弹，装在弹体前部或腹部内。动力装置一般采用固体火箭发动机，装在弹体尾部或腹部后端。导弹采用无线电指令制导或惯性制导，制导装置一般装在弹体腹部或尾部。减速伞用于弹头减速入水。

从舰艇上发射反潜导弹，是利用舰载声纳所提供的目标信息进行瞄准后发射的。导弹点火升空后，由弹上制导装置控制飞行。如战斗部是声自导鱼雷，当导弹升空到预定点，战斗部与弹体分离后，从鱼雷尾部拉出减速伞，使鱼雷减速入水。尔后，减速伞自动脱落，鱼雷自身的动力装置工作，自导装置开始机动搜索和跟踪目标，并将其击毁。如战斗部是核深水炸弹，则不用减速伞，战斗部与弹体分离后，核深水炸弹高速坠落入水，下沉到水中预定深度爆炸，摧毁目标。潜艇在水下发射反潜导弹，是利用鱼雷发射管进行的。发射时，内装导弹的保护筒从鱼雷管中推出，靠浮力倾斜升至水面。当保护筒顶端的传感器感觉到出水时，爆炸螺栓分离头罩，导弹在筒内点火起飞，在制导装置控制下飞行到预定点，战斗部与弹体分离后，即飞向目标区并在一定高度减速入水。飞机在空中发射反潜导弹，当载机进入战斗航向，距目标约30公里时投放导弹，导弹自由下降一段后在空中点火，并接收载机发出的遥控信号。导弹到达攻击区域上空时，战斗部与弹体分离，并减速入水。从潜艇或飞机上发射反潜导弹，战斗部入水后的动作同从舰艇上发射相同。

第二次世界大战后，美国开始发展反潜导弹，1961年装备了由水面舰艇发射的“阿斯洛克”反潜导弹，射程10多公里；1964年装备了由潜艇发射的“萨布洛克”反潜导弹，射程55公里；80年代初，开始研制新型远程反潜导弹。前苏联从70年代起，相继装备了SS-N-14、SS-N-15、SS-N-16反潜导弹。其他国家也发展了反潜导弹，如法国的“马拉丰”、澳大利亚的“依卡拉”和日本的R-109等。反潜导弹的发展趋势是：增大射程，提高制导精

度，采用垂直发射系统和先进战斗部（新型鱼雷或核深水炸弹），以进一步提高其战斗性能。

十一、核武器

【核武器】

核武器指利用能自持进行核裂变或聚变反应释放的能量，产生爆炸作用，并具有大规模杀伤破坏效应的武器的总称。其中主要利用铀 235 (${}_{92}^{235}\text{U}$) 或钚 239 (${}_{94}^{239}\text{Pu}$) 等重原子核的裂变链式反应原理制成的裂变武器，通常称为原子弹，主要利用重氢 (${}_{1}^{2}\text{H}$, 氘) 或超重氢 (${}_{1}^{3}\text{H}$, 氚) 等轻原子核的热核反应原理制成的热核武器或聚变武器，通常称为氢弹。

煤、石油等矿物燃料燃烧时释放的能量，来自碳、氢、氧的化合反应。一般化学炸药如梯恩梯 (TNT) 爆炸时释放的能量，来自化合物的分解反应。在这些化学反应里，碳、氢、氧、氮等原子核都没有变化，只是各个原子之间的组合状态有了变化。核反应与化学反应则不一样。在核裂变或核聚变反应里，参与反应的原子核都转变成其他原子核，原子也发生了变化。因此，人们习惯上称这类武器为原子武器。但实质上是原子核的反应与转变，所以称核武器更为确切。

核武器爆炸时释放的能量，比只装化学炸药的常规武器要大得多。例如，1 千克铀全部裂变释放的能量约 8×10^{13} 焦耳，比 1 千克梯恩梯炸药爆炸释放的能量 4.19×10^6 焦耳约大 2000 万倍。因此，核武器爆炸释放的总能量，即其威力的大小，常用释放相同能量的梯恩梯炸药量来表示，称为梯恩梯当量。美、苏等国装备的各种核武器的梯恩梯当量，小的仅 1000 吨，甚至更低；大的达 1000 万吨，甚至更高。

核武器爆炸，不仅释放的能量巨大，而且核反应过程非常迅速，微秒级的时间内即可完成。因此，在核武器爆炸周围不大的范围内形成极高的温度，加热并压缩周围空气使之急速膨胀，产生高压冲击波。地面和空中核爆炸，还会在周围空气中形成火球，发出很强的光辐射。核反应还产生各种射线和放射性物质碎片；向外辐射的强脉冲时线与周围物质相互作用，造成电流的增长和消失过程，其结果又产生电磁脉冲。这些不同于化学炸药爆炸的特征，使核武器具备特有的强冲击波、光辐射、早期核辐射、放射性沾染和核电磁脉冲等杀伤破坏作用。核武器的出现，对现代战争的战略战术产生了重大影响。

核武器系统，一般由核战斗部、投射工具和指挥控制系统等都分构成，核战斗部都是其主要构成部分。核战斗部亦称核弹头，并常与核装置、核武器这两个名称相互代替使用。实际上，核装置是指核装料、其他材料、起爆炸药与雷管等组合成的整体，可用于核试验，但通常还不能用作可靠的武器；核武器则指包括核战斗部在内的整个核武器系统。

简史

核武器的出现，是 20 世纪 40 年代前后科学技术重大发展的结果。1939 年初，德国化学家 O. 哈恩和物理学家 F. 斯特拉斯曼发表了铀原子核裂变现象的论文。几个星期内，许多国家的科学家验证了这一发现，并进一步提出有可能创造这种裂变反应自持进行的条件，从而开辟了利用这一新能源为人

类创造财富的广阔前景。但是，同历史上许多种学技术新发现一样，核能的开发也被首先用于军事目的，即制造威力巨大的原子弹，其进程受到当时社会与政治条件的影响和制约。从 1939 年起，由于法西斯德国扩大侵略战争，欧洲许多国家开展科研工作日益困难。同年 9 月初，丹麦物理学家 N.H.D. 玻尔和他的合作者 J.A. 惠勒川理论上阐述了核裂变反应过程，并指出能引起这一反应的最好元素是同位素铀 235。正当这一有指导意义的研究成果发表时，英、法两国向德国宣战。1940 年夏，德军占领法国。法国物理学家 J.-F. 约里奥-居里领导的一部分科学家被迫移居国外。英国曾制订计划进行这一领域的研究，但由于战争影响，人力物力短缺，后来也只能采取与美国合作的办法，派出以物理学家 J. 查德威克为首的科学家小组，赴美国参加由理论物理学家 J.R. 奥本海默领导的原子弹研制工作。

在美国，从欧洲迁来的匈牙利物理学家齐拉德·莱奥首先考虑到，一旦法西斯德国掌握原子弹技术可能带来严重后果。经他和另几位从欧洲移居美国的科学家奔走推动，于 1939 年 8 月由物理学家 A. 爱因斯坦写信给美国第 32 届总统 F.D. 罗斯福，建议研制原子弹，才引起美国政府的注意。但开始只拨给经费 6000 美元，直到 1941 年 12 月日本袭击珍珠港后，才扩大规模，到 1942 年 8 月发展成代号为“曼哈顿工程区”的庞大计划，直接动用的人力约 60 万人，投资 20 多亿美元。到第二次世界大战即将结束时制成 3 颗原子弹，使美国成为第一个拥有原子弹的国家。制造原子弹，既要解决武器研制中的一系列科学技术问题，还要能生产出必需的核装料铀 235、钚 239。天然铀中同位素铀 235 的丰度仅 0.72%，按原子弹设计要求必须提高到 90% 以上。当时美国经过多种途径探索研究与比较后，采取了电磁分离、气体扩散和热扩散三种方法生产这种高浓铀。供一颗“枪法”原子弹用的几十千克高浓铀，是靠电磁分离法生产的。建设电磁分离工厂的费用约 3 亿美元（磁铁的导电线圈是用从国库借来的白银制造的，其价值尚未计入）。钚 239 要在反应堆内用中子辐照铀 238 的方法制取。供两颗“内爆法”原子弹用的几十千克钚 239，是用 3 座石墨慢化、水冷却型天然铀反应堆及与之配套的化学分离工厂主产的。以上事例可以说明当时的工程规模。由于美国的工业技术设施与建设未受到战争的直接威胁，又掌握了必需的资源，集中了一批国内外的科技人才，使它能够在较快地实现原子弹研制计划。

德国的科学技术，当时本处于领先地位。1942 年以前，德国在核技术领域的水平与美、英大致相当，但后来落伍了。美国的第一座试验性石墨反应堆，在物理学家 E. 费密领导下，1942 年 12 月建成并达到临界，而德国采用的是重水反应堆，生产钚 239，到 1945 年初才建成一座不大的次临界装置。为生产高浓铀，德国曾着重于高速离心机的研制，由于空袭和电力、物资缺乏等原因，进展很缓慢。其次，A. 希特勒迫害科学家，以及有的科学家持不合作态度，是这方面工作进展不快的另一原因。更主要的是，德国法西斯头目过份自信，认为战争可以很快结束，不需要花气力去研制尚无必成把握的原子弹，先是不予支持，后来再抓已困难重重，研制工作终于失败。

1945 年 5 月德国投降后，美国有不少知道“曼哈顿工程区”内幕的人士，包括以物理学家 J. 弗兰克为首的一大批从事这一工作的科学家，反对用原子弹轰炸日本城市。当时，日本侵略军受到中国人民长期抗战的有力打击，实力大大削弱。美、英在太平洋地区的进攻，又几乎全部摧毁日本海军，海上封锁使日本国内的物资供应极为匮乏。在日本失败已成定局的情况下，美国

仍于 8 月 6 日、9 日先后在日本的广岛和长崎投下了仅有的两颗原子弹。

前苏联在 1941 年 6 月遭受德军入侵前，也进行过研制原子弹的工作。铀原子核的自发裂变，是在这一时期内由前苏联物理学家 r.H. 弗廖罗夫和 k.A. 佩特扎克发现的。卫国战争爆发后，研制工作被迫中断，直到 1943 年初才在物理学家 .B. 库尔恰托夫的组织领导下逐渐恢复，并在战后加速进行。1949 年 8 月，前苏联进行了原子弹试验。1950 年 1 月，美国总统 H.S. 杜鲁门下令加速研制氢弹。1952 年 11 月，美国进行了以液态氘为热核燃料的氢弹原理试验，但该实验装置非常笨重，不能用作武器。1953 年 8 月，前苏联进行了以固态氘化锂 6 为热核燃料的氢弹试验，使氢弹的实用成为可能。美国于 1954 年 2 月进行了类似的氢弹试验。英国、法国先后在 50 和 60 年代也各自进行了原子弹与氢弹试验。

中国开始全面建设社会主义时期，基础工业有了一定的发展，即着手准备研制原子弹。1959 年开始起步时，国民经济发生严重困难。同年 6 月，前苏联政府撕毁中苏在 1957 年 10 月签订的关于国防新技术协定，随后撤走专家，中国决心完全依靠自己的力量来实现这一任务。中国首次试验的原子弹取“596”为代号，就是以此激励全国军民大力协同做好这项工作。1964 年 10 月 16 日，首次原子弹试验成功。经过两年多，1966 年 12 月 28 日，小当量的氢弹原理试验成功；半年之后，于 1967 年 6 月 17 日成功地进行了百万吨级的氢弹空投试验。中国坚持独立自主、自力更生的方针，在世界上以最快的速度完成了核武器这两个发展阶段的任务。

现状和分类

美国对日本投下的两颗原子弹，是以带降落伞的核航弹形式，用飞机作为运载工具的。以后，随着武器技术的发展，已形成多种核武器系统，包括弹道核导弹、巡航核导弹、防空核导弹、反导弹核导弹、反潜核火箭、深水核炸弹、核航弹、核炮弹、核地雷等。其中，配有多弹头的弹道核寻弹，以及各种发射方式的巡航核导弹，是美、苏两国装备的主要核武器。

通常将核武器按其作战使用的不同划分为两大类，即用于袭击敌方战略目标和防御己方战略要地的战略核武器，和主要在战场上用于打击敌方战斗力量的战术核武器。苏联还划分有“战役战术核武器”。核武器的分类方法，与地理条件、社会政治因素有关，并不是十分严格的。自 70 年代末以来，美国官方文件很少使用“战术核武器”，代替它的有“战区核武器”、“非战略核武器”等，并把中远程、中程核导弹也划归这一类。

已生产并装备部队的核武器，按核战斗部设计看，主要属于原子弹和氢弹两种类型。至于核武器的数量，并无准确的公布数字，有关研究机构的估计数字也不一致。按近几年的资料综合分析，到 80 年代中期，美、苏两国总计有核战斗部 50000 枚左右，占全世界总数的 95% 以上。其梯恩梯当量，总计为 120 亿吨左右。而第二次世界大战期间，美国在德国和日本投下的炸弹，总计约 200 万吨梯恩梯，只相当于美国 B - 52 型轰炸机携带的 2 枚氢弹的当量。从这一粗略比较可以看出核武器库贮量的庞大。美苏两国进攻性战略核武器（包括洲际核导弹、潜艇发射的弹道核导弹、巡航核导弹和战略轰炸机）在数量和当量上比较，美国在投射工具（陆基发射架、潜艇发射管、飞机）总数和梯恩梯当量总值上均少于前苏联，但在核战斗部总枚数上多于前苏

联。考虑到核爆炸对面目标的破坏效果同当量大小不是简单的比例关系，另一种估算办法是以一定的冲击波超压对应的破坏面积来度量核战斗部的破坏能力，即取核战斗部当量值（以百万吨为计算单位）的 $2/3$ 次方为其“等效百万吨当量，值（也有按目标特性及其分布和核攻击规模大小等不同情况，选用小于 $2/3$ 的其他方次的），再按各种核战斗部的枚数累计算出总值。按此法估算比较美国、前苏联两国的战略核武器破坏能力，由于当量小于百万吨的核战斗部枚数，美国多于前苏联，两国的差距并不很大。但自80年代以来，随着前苏联在分导式多弹头导弹核武器上的发展，这一差距也在不断扩大。而对点（硬）目标的破坏能力，则核武器投射精度起着更重要的作用，由于在这方面美国一直领先，仍处于优势。

除美、苏、英、法和中国已掌握核武器外，印度在1974年进行过一次核试验。一般认为，掌握必要的核技术并具有一定工业基础及经济实力的国家，也完全有可能制造原子弹。

研制和试验

除铀235、钚239等核材料的生产外，核战斗部本身的研制，必须与整个核武器系统的研制程序协调一致。研制过程大致如下：从设想阶段开始：经过关键技术课题和部件的预先研究或可行性研究，形成包括重量、尺寸、形式、威力、核材料、核试验要求、研制工期、经费等内容的几种设计方案；再经过论证比较和评价，选定设计方案，确定战术技术指标；然后进行型号研究设计、各种模拟试验；工艺试验与试制，通过核试验检验设计的合理性，最后达到设计定型、工艺定型与批准生产。进行这些工作，要有专门的科技队伍，并配备必要的试验场所，包括核试验场。武器交付部队后，研制和生产部门还要提供维护、修理、更换部件等服务工作，按反馈的信息进行必要的改进，并负责其退役处理或更新。

要做好核战斗部的设计，必须深入了解其反应过程，弄清其必须具备的条件与各种物理参数，掌握其中多种因素的内在联系与变化规律。为此，要进行原子核物理、中子物理、高温高压凝聚态物理、超音速流体力学、爆轰学、计算数学和材料科学等多学科的一系列科学技术问题的研究，而核战斗部的研制实践又会反过来带动和促进这些学科的发展。在研制过程中，以下环节起着重要作用：要用快速的、大容量电子计算机进行反应过程的理论研究计算，这种计算应尽可能接近实际情况，以便从多种设想或设计方案中找出最优方案，从而节省费用与减少核试验次数。20世纪40年代以来，推动电子计算机技术迅速发展的重要因素之一，正是由于核武器研制的需要。

要按用方案或指标要求，反复进行多方面的模拟试验，包括化学炸药爆轰试验，材料与强度试验，环境条件试验，控制、点火与安全试验等。这些都是为达到核武器高度可靠和安全所必不可少的。要进行必要的核试验。无论是电子计算机上的大量计算，还是相应的模拟试验，总不能达到百分之百地符合核武器方案的真实情况。特别是氢弹聚变反应所必需的高温条件，还只能由裂变反应来提供（利用激光或粒子束的惯性约束技术来创造这种模拟试验条件，直到80年代初仍处于研究阶段）。因此，能否达到设计要求，还必须通过核装置本身的爆炸试验进行检验。当然，核试验所起的作用并不限于此。正是由于核试验在核武器研制中起着关键作用，美、苏两国为限制其

他国家研制核武器，于 1963 年签订了一个并不禁止进行地下核试验的《禁止在大气层、外层空间和水下进行核武器试验条约》，1974 年又签订了一个仍然适合它们需要的限制地下核试验当量的条约。

发展趋势

由于核武器投射工具准确性的提高，自 60 年代以来，核武器的发展，首先是核战斗部的重量、尺寸大幅度减小但仍保持一定的威力，也就是比威力（威力与重量的比值）有了显著提高。例如，美国在长崎投下的原子弹，重量约 4.5 吨，威力约 2 万吨；70 年代后期，装备部队的“三叉戟”I 潜地导弹，总重量约 1.32 吨，共 8 个分导式子弹头，每个子弹头威力为 10 万吨，其比威力同长崎投下的原子弹相比，提高 135 倍左右。威力更大的热核武器，比威力提高的幅度还更大些。但一般认为，这一方面的发展或许已接近客观实际所容许的极限。自 70 年代以来，核武器系统的发展更着重于提高武器的主存能力和命中精度，加美国的“和平卫士/MX”洲际导弹、“侏儒”小型洲际导弹、“三叉戟”潜地导弹，前苏联的 SS-24、SS-25 洲际导弹，都在这些方面有较大的改进和提高。

其次，核战斗部及其引爆控制安全保险分系统的可靠性，以及适应各种使用与作战环境的能力，也有所改进和提高。美、苏两国还研制了适于战场使用的各种核武器，如可变当量的核战斗部，多种运载工具通用的核战斗部，甚至设想研制当量只有几吨的微型核武器。特别是在核战争环境中如何提高核武器的抗核加固能力，以防止敌方的破坏，更受到普遍重视。此外，由于核武器的大量生产和部署，其安全性也引起了有关各国的关注。

核武器的另一发展动向，是通过设计调整其性能，按照不同的需要，增强或削弱其中的某些杀伤破坏因素。“增强辐射武器”与“减少剩余放射性武器”都属于这一类。前一种将高能中子辐射所占份额尽可能增大，使之成为主要杀伤破坏因素，通常称之为中子弹；后一种将剩余放射性减到最小，突出冲击波、光辐射的作用，但这类武器仍属于热核武器范畴。至于 60 年代初曾引起广泛议论的所谓“纯聚变武器”，20 多年来虽然做了不少研究工作，例如大功率激光引燃聚变反应的研究，80 年代也仍在继续进行，但还看不出制成这种武器的现实可能性。

核武器的实战应用，虽仍限于它问世时的两颗原子弹，但由于 40 年来核武器本身的发展，以及与它有关的多种投射或运载工具的发展与应用，特别是通过上千次核试验所积累的知识，人们对其特有的杀伤破坏作用已有较深的认识，并探讨实战应用的可能方式。美、苏两国都制订并多次修改了强调核武器重要作用的种种战略。

有矛必有盾。在不断改进和提高进攻性战略核武器性能的同时，美、苏两国也一直在寻求能有效地防御核袭击的手段和技术。除提高核武器系统的抗核加固能力，采取广泛构筑地下室掩体和民防工程等以减少损失的措施外，对于更有效的侦察、跟踪、识别、拦截对方核导弹的防御技术开发研究工作也从未停止过。60 年代，美国、前苏联两国曾部署以核反核的反导弹系统。1972 年 5 月，美国、前苏联两国签订了《限制导禅道导弹系统条约》。不久，美国停止“卫兵”反导弹系统的部署。1984 年初，美国宣称已制订了一项包括核激发定向能武器、高能激光、中性粒子束、非核拦截弹、电磁炮

等多层拦截手段的“战略防御倡议”。尽管对这种防御系统的有效性还存在着争议，但是可以肯定，美、苏对核优势的争夺仍将持续下去。

由于核武器具有巨大的破坏力和独特的作用，与其说它可能会改变未来全球性战争的进程，不如说它对现实国际政治斗争已经和正在不断地产生影响。70年代末，美国宣布研制成功中子弹，它最适于战场使用，理应属于战术核武器范畴，但却受到几乎是世界范围的强烈反对。从这一事例也可以看出，核武器所涉及的斗争的复杂性。

中国政府在爆炸第一颗原子弹时即发表声明：中国发展核武器，并不是由于相信核武器的万能，要使用核武器。恰恰相反，中国发展核武器，是被迫而为的，是为了防御，为了打破核大国的核垄断、核讹诈，为了防止核战争，消灭核武器。此后，中国政府又多次郑重宣布：在任何时候、任何情况下，中国都不会首先使用核武器，并就如何防止核战争问题一再提出了建议。中国的这些主张已逐渐得到越来越多的国家和人民的赞同和支持。

战略核武器

战略核武器指用于攻击战略目标的核武器。主要有：陆基战略导弹，潜艇、战略轰炸机携带的潜地、空地战略导弹和核航弹以及反弹道导弹等。战略核武器作用距离可远至上万公里，突击性强，核爆炸威力通常为数十万吨、数百万吨乃至上千万吨梯恩梯当量。可用以攻击军事基地，工业基地，交通枢纽，政治、经济中心和军事指挥中心等。

1945年美国首先研制成功原子弹，同年6月6日和9日，用轰炸机携带，先后袭击了日本的广岛和长崎。20世纪50年代初期，又出现威力更大的氢弹，但当时的运载工具只有轰炸机。美苏两国为使核武器的运载手段多样化，着手研制携带核弹头的战略导弹。50年代中期，有的国家开始装备中程核导弹和携带核航弹的新型战略轰炸机。50年代后期，前苏联、美国两国先后试验成功洲际弹道导弹，前苏联还将战略导弹装备在常规动力潜艇上。60年代初期，美国核动力弹道导弹潜艇开始服役。这些新的运载工具的出现，使战略核武器的数量显著增加。到60年代中期，由于核弹头小型化和比威力的提高，主要核国家给部分战略弹道导弹安装了集束式多弹头。中国于1964年10月16日，成功地爆炸了第一颗原子弹；1966年10月27日，进行了导弹核武器试验；1966年12月28日第一颗氢弹试验成功。60年代末期，掌握战略核武器的国家已有美、苏、英、法和中国，其中美苏两国的战略核武器数量最多，形成相互威慑的局面。美、苏双方都研制并部署了反弹道导弹防御系统。70年代，主要核国家发展战略核武器的做法是：发展核装药的分导式多弹头和机动式多弹头，提高核导弹的突防能力和命中精度，增强核打击能力；加固导弹发射井，研制陆基机动发射的战略导弹，提高战略导弹武器系统的生存能力；发展大型核动力导弹潜艇和远程潜地导弹，扩大导弹核潜艇的作战海域；研制新型战略轰炸机和战略巡航导弹，确保多种打击手段。80年代初期，美苏两国开始装备战略巡航导弹和大型战略导弹核潜艇等新的战略核武器。核武器的出现，给军队的编制体制、作战规模与样式、保障勤务和军事学术等方面都带来深刻影响。

40年来，战略核武器得到迅速发展，美苏两国制造和储备了大量战略核武器。到1983年底，美国的战略核武器总数约有9665件，前苏联的战略核武器总数约有8880件，总当量约为100亿吨梯恩梯。

战术核武器

战术核武器指用于打击战役战术纵深内重要目标的核武器。主要有：战术核导弹、核航弹、核炮弹、核深水炸弹、核地雷、核水雷和核鱼雷等。其特点是：体积小、重量轻、机动性能好、命中精度高。爆炸威力有百吨、千吨、万吨和十万吨级梯恩梯当量，少数地地战术导弹的核弹头达百万吨级。战术核武器少数固定配置在陆地和水域进行固定发射，多数采用车载、机载、舰载进行机动投射。主要用于打击对军事行动有直接影响的重要目标，如导弹发射阵地、指挥所、集结的部队、飞机、舰船、坦克群、野战工事、港口、机场、铁路枢纽、重要桥梁和仓库等。

美国从 1946 年开始研制战术核武器，1951 年试验了千吨和百吨级的核装置，1953 年 5 月在内华达试验场，用 280 毫米加农炮发射了第一发核炮弹；同年 10 月将这种核炮弹部署在欧洲地区；1954 年开始装备战术核导弹。前苏联于 50 年代中期将首批战术核武器装备地面部队，60 年代装备空军和海军。法国于 60 年代初期着手研制战术核武器，70 年代初装备部队。英国在 60 年代也装备了战术核武器。有的国家为了战场使用的特殊需要，又研制特种战术核武器，如美国在 70 年代后期研制了中子弹。80 年代初期，战术核武器的战术技术性能都已达到相当高的水平，种类和数量也大大超过战略核武器。美苏两国是拥有战术核武器最多的国家。到 1983 年底，美国约有 25000 件，前苏联约有 15000 件，而欧洲又是部署战术核武器最多的地区，仅美国就部署了 700 多件。

原子弹

原子弹指利用铀-235 或钚-239 等重原子核裂变反应，瞬时释放出巨大能量的核武器。亦称裂变弹。原子弹的威力通常为几百至几万吨级梯恩梯当量，有巨大的杀伤破坏力。它可由不同的运载工具携载而成为核导弹、核航弹、核地雷或核炮弹等。

基本原理

铀-235、钚-239 这类重原子核在中子轰击下，会分裂成两个中等质量数的核（称裂变碎片），同时放出 2~3 个中子和约 180 兆电子伏能量（相当于 2.9×10^{-11} 焦耳）的核能。放出的中子，有的损耗在非裂变的核反应中或流失到裂变系统之外，有的继续引起重核裂变。如果每一个核裂变后能引起下一代裂变的中子数平均多于 1 个，裂变系统中就会形成自持的链式裂变反应，中子总数将随时间成指数增长。例如，当引起下一代裂变的中子为两个时，则在不到百万分之一秒内，就可以使 1 千克铀-235 或钚-239 内的约 2.5×10^{24} 个原子核发生裂变，并释放出 17 500 吨梯恩梯当量的能量。此外，在裂变碎片的衰变过程中，还会陆续释放约 2000 吨梯恩梯当量的能量。因此，1 千克的铀-235 或钚-239 如果完全裂变，总共可释放约 20000 吨当量的能量。

要使链式反应自待地进行下去，原子弹中裂变装料必须大于一定的数

量，这个最低限量称临界质量。临界质量的大小与裂变装料的种类、密度、形状及环境有关。铀-235 裸球的临界质量约为 50 千克，相铀-239（密度为 15.7 克/立方厘米）裸球的临界质量约为 16 千克，而相铀-239（密度为 19.4 克/立方厘米）裸球的临界质量只有 10 千克左右。如果在裂变装料外面包上反射中子性能良好的铀-238 或铍作反射层，则可减小其临界质量，如在相铀-239 包上 2 厘米厚的铀-238 球壳，其临界质量可减小到约 11 千克。此外，提高裂变装料的密度，也能有效地减小其临界质量，加密度提高一倍，其临界质量约可减小到原来的 1/4。原子弹要装足够量的裂变装料（亦称核装料），但它在平时必须处于次临界状态，否则裂变装料中自发裂变产生的中子或空气中游荡的中子，会引起链式反应而造成核事故。

结构和裂变装料

原子弹的设计原理，是使处于次临界状态的裂变装料瞬间达到超临界状态，并适时提供若干中子触发链式反应。超临界状态可以通过两种方法未达到：一种是“枪法”（gunmethod），亦称压拢型。即把 2~3 块处于次临界的裂变装料，在化学炸药爆炸产生的方推动下迅速合拢而成为超临界状态。另一种是“内爆法”（implosionmethod），亦称压紧型。即用化学炸药爆炸产生的内聚冲击波及高压，压缩处于次临界的裂变装料，使裂变装料的密度急速提高，而处于超临界状态。与“枪法”相比，“内爆法”可少用裂变装料，因而被广泛采用。

原子弹主要由引爆系统、炸药层、反射层、核装料和中子源等部件组成。引爆系统用来起爆炸药；炸药是推动、压缩反射层和核装料的能源；反射层由铍或铀-238 构成。铀-238 不仅能反射中子，而且密度较大，可以减缓核装料在释放能量过程中的膨胀，使链式反应维持更长的时间，从而能提高原子弹的爆炸威力。核装料主要是铀-235 或铀-239。铀-235 存在于天然铀中，但含量只有 0.72%。原子弹需用含量达 90% 以上的高浓铀。铀-239 在中子轰击下发生裂变的几率比铀-235 大，裂变后放出的中子数也较多，用它作核装料对提高核武器的比威力和使核武器小型化较为有利。铀-239 在自然界中不存在，是通过核反应堆用中子照射铀-238 生成的。但生成物中还有铀-240，它的自发裂变几率很高。铀-240 含量越多，过早点火的危险就越大，即核装置可能在尚未达到预定的超临界状态就发生链式裂变反应，因而使威力达不到设计指标。内爆法原子弹所用的铀中，铀-240 含量一般不允许超过 10%。含铀-240 达 20~30% 的铀，只能制造低当量或当量范围要求不太严格的原子弹。枪法原子弹中不宜用铀作核装料，因为压拢的速度较慢，过早点火几率太大。镅、镎等超铀元素也有用作核装料的前景。裸球镅-245 的临界质量只有 3 千克左右，这对原子弹的小型化有重要意义。但超铀元素的产量太低，成本昂贵，目前还未实际使用。

为了触发链式反应，必须有中子源提供“点火”中子。核装置的中子源可采用：氘氘反应中子源、钷-210-铍源、铀-238-铍源和镅-252 自发裂变源等。

爆炸过程

核装置在接到起爆指令后，引爆系统的雷管使炸药起爆，炸药的爆轰产物推动并压缩反射层和核装料，使之达到超临界状态，中子源适时提供若干点火中子，于是核装料内发生链式反应，并猛烈释放能量。随着能量的积累，温度和压力迅速升高，核装料便逐渐膨胀，密度不断下降，最终又成为次临界状态，链式反应趋向熄灭。从雷管起爆到中子点火前是爆轰、压缩阶段，通常要几十微秒；从中子点火到链式反应熄灭是裂变放能阶段，只需零点几微秒。原子弹在如此短暂的时间内放出几百至几万吨梯恩梯当量的能量，使整个弹体和周围介质都变成了高温高压的等离子体气团，其中心温度可达几千万摄氏度，压力达几百亿大气压。原子弹爆炸产生的高温高压以及各种核反应产生的中子、 γ 射线和裂变碎片，最终形成冲击波、光辐射、早期核辐射、放射性沾染和电磁脉冲等杀伤破坏因素。

研究与发展

原子弹是科学技术的最新成果迅速应用到军事上的一个突出例子。从1939年发现核裂变现象到1945年美国制成原子弹，只花了6年时间。

1939年10月，美国政府决定研制原子弹，1945年造出了三颗。一颗用于试验，两颗投在日本。1945年8月6日投到广岛的原子弹，代号为“小男孩”（LittleBoy），是一颗“枪法”铀弹，长约2.5米，直径0.71米，重约4.1吨，威力不到20000吨。同年8月9日投到长崎的原子弹，代号为“胖子”

（FatMan），是一颗“内爆法”钚弹，长约3.3米，直径1.5米，重约4.5吨，威力约20000吨。

其他国家爆炸第一颗原子弹的时间是，前苏联在1949年8月29日，英国在1952年10月3日；法国在1960年2月13日；中国在1964年10月16日；印度在1974年5月18日。

中国第一次核试验以塔爆方式进行，用的是“内爆法”

铀弹。1965年5月14日第二次核试验时，核装置用飞机空投。1966年10月27日第四次核试验时，核弹头由导弹运载。

自1945年以来，原子弹技术不断发展，体积、重量显著减小，战术技术性能日益提高。美国1963年服役的155毫米榴弹炮的核炮弹，长度不到1米，直径只有15厘米，重量约54千克，当量约在1000吨以下。原子弹小型化对于提高核武器的战术技术性能和用作氢弹的起爆装置（亦称“扳机”）具有重要意义。为适应战场使用的需要，发展了多种低当量和威力可调的核武器。为改进原子弹的性能，发展了加强型原子弹，即在原子弹中添加氘或氚等热核装料，利用核裂变释放的能量点燃氘或氚，发生热核反应，而反应中所放出的高能中子，又使更多的核装料裂变，从而使威力增大。这种原子弹与氢弹不同，其热核装料释放的能量只占总当量的一小部分。炸药的起爆方式和核装置结构也在不断改进，目的是提高炸药的利用效率和核装料的压缩度，从而增大威力，节省核装料。此外，提高原子弹的突防和生存能力以及安全性能，也日益受到重视。

氢弹

氢弹指利用氢的同位素氘、氚等轻原子核的聚变反应瞬时释放出巨大能量的核武器。亦称聚变弹或热核弹。氢弹的杀伤破坏因素与原子弹相同，但威力比原子弹大得多。原子弹的威力通常为几百至几万吨梯恩梯当量，氢弹的威力则可大至几千万吨。还可通过设计增强或减弱其某些杀伤破坏因素，其战术技术性能比原子弹更好。

1942年，美国科学家在研制原子弹的过程中，推断原子弹爆炸提供的能量有可能点燃轻核，引起聚变反应，并想以此来制造一种威力比原子弹更大的超级弹。1952年11月1日，美国进行了世界上首次氢弹原理试验，代号是“迈克”（Mike），试验装置以液态氘作热核装料，爆炸威力达1000万吨以上。但该装置连同液氘冷却系统重约65吨，不能作为武器使用。直到以氘化锂6为装料的热核装置试验成功后，氢弹的实际应用才成为可能。从50年代初至60年代后期，美国、前苏联、英国、中国和法国都相继研制成功氢弹，并装备部队。

中国于1966年12月28日成功地进行了氢弹原理试验。1967年6月17日由飞机空投的300万吨级氢弹试验获得圆满成功。从爆炸第一颗原子弹到爆炸第一颗氢弹，中国只用了2年零2个月的时间，其速度是世界上最快的。

原理

聚变反应是带电原子核发生聚合的反应。参加反应的原子核必须具有足够的动能，才能克服静电斥力而彼此靠近，聚变反应也才有可能发生。提高物质弥温度，是使大量原子核增大动能的重要途径。氢弹就是把热核装料加热至几千万摄氏度以上而使之发生聚变反应的。这种把物质加热至高温发生的聚变反应称为热核反应。

挑选合适的热核装料，是人工实现热核反应的重要环节。氘和氚是氢的同位素，原子核间的静电斥力最小，较低的温度（几百万摄氏度）即可激发明显的聚变反应，而且反应释放的能量较大，因此选用含氘、氚的物质作热核装料是较为合适的。

在氘、氚原子核之间发生的聚变反应，主要是氘氘反应和氘氚反应。当热核燃烧的温度为几百万至几亿摄氏度时，氘氘反应的速率约比氘氚反应快100倍，因此氘氘混合物比纯氘的燃烧性能更好。另一种实用的热核装料是固态氘化锂6，它的密度可达0.8克/厘米³左右。当氘化锂6燃烧时，主要进行氘-中子循环反应。循环中氘氘反应放出中子，产生的中子很快就造出氚来。两个反应都是放能的。氘、中子循环一代，烧掉一个氘核和一个锂6核，放出22.4兆电子伏的能量。在氢弹中，烧掉1千克氘化锂6，释放的能量可达4~5万吨梯恩梯当量。由于氘化锂6中造氚和烧氘的过程结合得非常好，它比纯氘容易燃烧，一般氢弹都用它作热核装料。

热核反应的先决条件是高温。但要使热核装料燃烧充分，还必须使燃烧区的高温维持足够长的时间。为此就需创造一种自持燃烧的条件，使燃烧区中能量释放的速率大于能量损失的速率。这种条件除与热核装料的性质、装置、密度、几何形状有关外，还与燃烧温度和系统的结构密切相关。氢弹中热核反应所必需的高温、高压等条件，只能由原子弹爆炸来提供，因此氢弹里都装有一个专门设计的起爆原子弹，通常称之为“扳机”。

氢弹的具体结构是保密的。但许多书刊曾对它作过种种描述，美国科学

家 E.特勒对氢弹爆炸过程曾作过的描述。

三相弹

热核反应产生的大量高能中子，能引起铀 238 核裂变。因此，为了提高威力，普通氢弹多以天然铀作壳体。这种氢弹的放能过程有裂变—聚变—裂变三个阶段，故称三相弹或氢铀弹。三相弹是目前装备得最多的一种氢弹，它的特点是威力和比威力都较大。在其三相弹的总威力中，裂变当量所占的份额相当高。一枚威力为几百万吨梯恩梯当量的三相弹，裂变份额一般在 50%左右，放射性沾染较严重，所以有时也称之为“脏弹”。

研究与发展

氢弹具有巨大杀伤破坏威力，它在战略上有很重要的作用，美、苏等国都不惜耗费巨资以提高其性能。对氢弹的研究与改进主要在三个方面：提高比威力和使之小型化；提高突防能力、生存能力和安全性能；研制各种特殊性能的氢弹。

氢弹的运载工具一般是导弹或飞机。为使武器系统具有良好的作战性能，要求氢弹自身的体积小、重量轻、威力大。因此，比威力的大小是氢弹技术水平高低的重要标志。当基本结构相同时，氢弹的比威力随其重量的增加而增加。60 年代中期，大型氢弹的比威力已达到了很高的水平。小型氢弹经过 60 年代和 70 年代的发展，比威力也有较大幅度的提高。但一般认为，无论大型氢弹还是小型氢弹，比威力似乎都已接近极限。从美国 70 年代初装备的“民兵” 导弹的子弹头，可以看出氢弹在小型化和比威力方面的大致水平。这种子弹头长 1813 毫米，底部直径 543 毫米，重约 180 千克，威力近 35 万吨梯恩梯当量，其比威力约每千克 2000 吨梯恩梯当量。目前尺寸最小的氢弹是美国研制的中子弹，它可用 203 毫米或 155 毫米的榴弹炮发射。由于热核装料没有临界质量的限制，氢弹的威力原则上可做得很大。美、苏为了显示核威慑力量，在 50 年代至 60 年代初，曾研制过一些威力高达几千万吨的热核武器。1981 年苏联试验了一个威力为 5300 万吨梯恩梯当量的热核装置，这是迄今当量最大的一次核爆炸。要制造威力更大的氢弹，在技术上并不很困难。因此，一般不把威力大小作为衡量氢弹技术水平的标志。

在实战条件下，氢弹必须在核战争环境中具有生存能力和突防能力。因此，对氢弹进行抗核加固是一个重要的研究课题。此外，还必须采取措施，确保氢弹在贮存、运输和使用过程中的安全。

在某些战争场合，需要使用具有特殊性能的武器。至 80 年代初，已研制出一些能增强或减弱某种杀伤破坏因素的特殊氢弹，如中子弹、减少剩余放射性武器等。中子弹是一种以中子为主要杀伤因素的小型氢弹。减少剩余放射性武器亦称 RRR 弹，其特点是放射性沉降少。一枚威力为万吨级的 RRR 弹，剩余放射性沉降可比相同当量的纯裂变弹减少一个数量级以上。由于它的杀伤破坏因素主要是冲击波，因而是一种较好的战术武器。

从总的趋势来看，对氢弹的研究，更多的注意力可能会转向特殊性能武器方面。

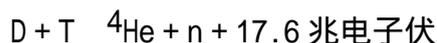
中子弹

中子弹指以高能中子辐射为主要杀伤因素的低当量小型氢弹。各种核武器都具有核辐射、冲击波和光辐射等杀伤因素，但中子弹的核辐射效应大大增强。例如，一枚 1000 吨梯恩梯当量的中子弹，在距爆心 800 米处的核辐射剂量，为同当量纯裂变武器的 20 倍左右。因此，中子弹更为确切的名称是“增强辐射武器”。

强辐射与低当量是中子弹的两大特点。

1000 吨梯恩梯当量的中子弹核辐射对人员的瞬时杀伤半径可达 800 米，但冲击波对建筑物的破坏半径只有 300 ~ 400 米。适当增加爆高，在核辐射的杀伤半径基本不变的情况下，对建筑物的破坏半径还可以显著减小。在地面上使用的中子弹只能是低当量（约 1000 吨梯恩梯当量）的。因为随着武器当量的提高，尽管核辐射和冲击波、光辐射的杀伤半径都增大，但核辐射在空气中衰减得很快，其杀伤半径随当量的增大比冲击波、光辐射慢得多。当武器的当量增大到一定程度时，冲击波、光辐射的破坏半径必定大于核辐射的杀伤半径。这时，中子弹的强辐射特性就不再能保持。

中子弹增强高能中子辐射，可利用氘、氚原子核的聚变反应来实现。其反应式为：



式中 D、T 分别代表氘、氚核。与重核裂变反应相比，上述聚变反应有这样的特点：当释放的能量相同时，聚变反应放出的中子要比裂变反应多得多。一枚威力为 1000 吨梯恩梯当量的氘、氚聚变武器放出的中子，大约是同当量裂变武器的 5 ~ 6 倍。聚变反应放出的聚变能中的 20% 一开始为氦核（ ${}^4\text{He}$ ）所占有，80% 为高能中子所携带。氦核的能量，以及高能中子在穿出弹体过程中转移给弹体物质粒子的那部分能量，随即转化为冲击波与光辐射能，而很大一部分聚变能都被中子带走，成为核辐射杀伤因素。裂变武器则相反，其冲击波、光辐射的能量占总能量的 85%，早期核辐射只占 5%。而且氘、氚聚变反应放出的中子能量很高，在空气中有较强的穿透力。聚变反应没有带放射性的产物，而裂变反应的次级产物——裂变碎片，往往具有很强的放射性。然而，自持热核聚变反应还必须依靠裂变反应放能来创造条件，因此中子弹的能量不可能全部来源于聚变。因此，实际上中子弹并不很“干净”。

由上述特点可见，对付集群装甲目标，中子弹不失为一种有效的武器。它能有效地杀伤敌方战斗人员，对附近建筑物或设施的破坏作用却很小。但因其中当量较小，杀伤半径有限，一般作为战术核武器使用。

20 世纪 50 年代末，美国开始研究减少放射性沉降的核武器，有关中子弹的概念当时已经提出。由于政治和技术上的原因，直到 70 年代才完成大量的研究、试验工作。1977 年，J. 卡特政府批准生产中子弹，但到 1978 年又决定推迟，而只生产其主要部件。1981 年，R. w. 里根政府主张全面加强军事力量，下令生产和储备“长矛”（Lance）导弹的中子弹头和 203 毫米榴弹炮的中子炮弹，同时还加紧研制 155 毫米榴弹炮的中子炮弹。1980 年，法国总统 V. 吉斯卡尔·德斯但宣布进行了中子弹试验。据联合国 1980 年的资料，前苏联也曾试验过中子弹。

十二、化学武器

【化学武器】

化学武器指以毒剂杀伤有生力量的各种武器、器材的总称。包括装有毒剂的化学炮弹、航弹、火箭弹、导弹和化学地雷，飞机布洒器，毒烟施放器材，以及装有毒剂前体的二元化学炮弹、航弹等。化学武器在使用时，将毒剂分散成蒸气、液滴、气溶胶或粉末等状态，使空气、地面、水源和物体染毒，以杀伤、疲惫敌方有生力量，迟滞敌方军事行动。1925年6月17日，国际联盟在日内瓦召开的“管制武器、军火和战争工具国际贸易会议”上签署了《禁止在战争中使用窒息性、毒性或其他气体和细菌作战方法的议定书》。中华民国政府于1929年8月7日宣布加入该议定书。1952年7月13日，中华人民共和国政府发表声明，宣布承认该议定书。中国历来反对使用化学武器，主张全面禁止和彻底销毁化学武器。

简史

20世纪初，化学工业在欧洲的迅速兴起和军事上的需要，为现代化学武器的发展提供了条件。在第一次世界大战期间，化学武器逐步形成具有重要军事意义的制式武器。战争开始后不久，德军就使用过装有喷嚏性毒剂的榴霰弹，法军使用过装有催泪性毒剂的枪榴弹，由于毒性低，装量少，都没有起到决定性的作用。1915年4月，德军利用大量液氯钢瓶，吹放具有窒息作用的氯气，使英法联军遭受严重伤亡。但是，钢瓶吹放仅适于少数低沸点毒剂，使用时准备工作复杂，并受风向风速的制约。因此，有的国家大力研制专用武器。例如，英军先后使用了“李文斯”（Livens）投射器（每弹装填毒剂约15千克）和“司托克斯”（Stokes）迫击炮（每弹装填毒剂3~4千克）。这两种抛射式武器比吹放钢瓶有很大改进，但仍较笨重，射程近，机动性能差。随着毒剂的发展，交战国又竞相研制化学炮弹。1916年2月，法军使用了75毫米装有光气的致死性化学炮弹。1917年7月，德军使用了能透过皮肤杀伤的芥子气炮弹。利用火炮发射的化学弹，既可装填多种毒剂，又便于实现突然、集中、大量用毒的战术要求。因此，1918年火炮发射的毒剂总量，已达交战各国所用毒剂总量的90%以上。

化学武器在第一次世界大战中的大量使用，受到全世界舆论的强烈谴责，但发展从未停止，随着炮兵、空军技术兵器、毒剂及其分散技术的改进，相继出现了定距空爆的各种化学炮弹，着发和定距空爆的化学航空炸弹，以及飞机布洒器、布毒车等。1936~1944年，德国先后研制出几种神经性毒剂，其毒性较原有的毒剂大几十倍。还有一些国家继续加强毒剂及其使用技术的研究，着重发展远程火炮、多管火箭炮、飞机等投射的大面积杀伤化学武器。50年代以来，先后出现了神经性毒剂化学火箭弹、导弹和二元化学武器。装有多枚至上百枚小弹的母弹、集束弹、成为大口径化学弹药的重要构型。毒剂及其投射工具的发展，确立了化学武器在现代军事技术中的重要地位。现代化学武器与常规投射兵器的广泛结合，使火力密度、机动范围和同重量毒剂的覆盖面积，都达到了更高的水平。此外，有些国家的军队还将植物杀伤剂用于军事目的。50年代初，英军在马来亚丛林作战时，首先用植物杀伤

剂使树叶脱落；60年代，美军在侵略越南的战争中用其大规模地毁坏森林和农作物。

分类

按毒剂的分散方式可分为：爆炸分散型，通常由弹体、毒剂、装药、爆管和引信组成，借炸药爆炸分散毒剂。如液态毒剂化学弹、化学地雷及部分固态毒剂化学弹等。热分散型，借烟火剂等热源将毒剂蒸发、升华，形成毒烟、毒雾。如装填固态毒剂的毒烟罐、毒烟手榴弹、毒烟炮弹。以及装填液态毒剂的毒雾航弹等。布撒型，通常由毒剂容器和加压输送装置组成，使用固态毒剂溶液、低挥发度液态毒剂或粉末状毒剂，经喷口喷出造成地面和空气染毒。如飞机布洒器、布毒车、气溶胶发生器，以及喷洒型弹药等。按化学武器装备于不同的部队可分为：步兵化学武器。主要有毒烟罐、化学手（枪）榴弹、地雷、小口径化学迫击炮弹和布洒车等。炮兵、导弹部队化学武器。主要有各种身管火炮、火箭炮的化学弹，化学火箭、导弹等。舰用化学武器亦属此类。航空兵化学武器。主要有化学航空炸弹（子母弹、集束弹）和飞机布洒器等。

性能特点

化学武器与常规武器比较，有以下特点：杀伤途径多。染毒空气可经呼吸道吸入、皮肤吸收中毒；毒剂液滴可经皮肤渗透中毒；染毒的食物和水可经消化道吸收中毒。多数爆炸分散型化学弹药还有破片杀伤作用。持续时间长。化学武器的杀伤作用可延续几分钟、几小时，有时达几天、几十天。

杀伤范围广。化学炮弹比普通炮弹的杀伤面积一般要大几倍至几十倍。染毒空气并能随风扩散、渗入不密闭、无滤毒设施的装甲车辆、工事、建筑物等，沉积、滞留于沟壕和低洼处，伤害隐蔽的有生力量。化学武器与常规武器、核武器结合使用，还能增大杀伤效果。受气象、地形条件的影响较大。如大风、大雨、大雪和近地层空气的对流，都会严重削弱毒剂的伤害作用，甚至限制某些化学武器的使用。不同地形对毒氛传播、扩散和毒剂蒸发的影响，也能造成使用效果的较大差别。

化学武器是一种威力较大的杀伤武器，一些国家正在加紧研制和生产杀伤力更大、机动性更好的新型化学武器。但是，化学武器的使用有一定的局限性，及时采取防护措施，可大大降低其杀伤作用。

毒剂

毒剂指军事上以毒害作用杀伤人、畜的化学物质。是化学武器的基本组成部分。装填于各种弹药、布洒器内，弹头爆炸或布洒分散成液滴、蒸气、气溶胶或粉末等状态，使空气、地面、水源和物体染毒，经人、畜呼吸道、皮肤、眼和口腔，引起中毒，造成伤亡。化学物质用作毒剂，必须具有特定的物理、化学性质，并符合以下要求：毒性大，作用快，能多途径中毒；具有一定的杀伤浓度和密度；难以发现、防护和救治；性质稳定，便于储存；能大量生产，价格低廉。

毒剂通常按毒理作用和杀伤作用持续时间分类，按毒理作用可分为六类：神经性毒剂，如沙林（sarIn）、梭曼（so-man）、维埃克斯（VX）；糜烂性毒剂，如芥子气、路易氏气，窒息性毒剂，如光气；全身中毒性毒剂，如氢氰酸、氯化氰；刺激性毒剂，如苯氯乙酮、业当氏气、西埃斯（CS）、西阿尔（CR）；失能性毒剂，如毕兹（BZ）。按杀伤作用持续时间，可分为持久性毒剂和暂时性毒剂。前者一般是高沸点、挥发度小的液体毒剂，主要呈液滴状态，用于地面染毒，其杀伤作用可持续数小时、数天，甚至数十天，如芥子气、维埃克斯等。后者一般是低沸点、易挥发的毒剂或常温时的固体毒剂，主要呈蒸气、气溶胶等状态，用于空气染毒，产生随风移动和迅速扩散的云团，其杀伤作用可持续数分钟至数十分钟，如沙林、氢氰酸、西埃斯、苯氯乙酮等。毒剂的杀伤作用持续时间，还决定于使用方法，如芥子气完全分散成气溶胶则为暂时性毒剂，西埃斯以粉末态大量布洒则为持久性毒剂。此外，还有其他分类方法：按基本杀伤类型，可分为致死性毒剂（如维埃克斯、沙林、光气、氢氰酸等）和非致死性毒剂（如毕兹、西埃斯等）；按中毒症状出现快慢，可分为速效性毒剂（无潜伏期或潜伏期极短）和非速效性毒剂（潜伏期较长）。

毒剂在战场上的大规模使用，始于第一次世界大战。1915年4月22日，德军在比利时伊珀尔地区向英法联军突然使用了大量氯气，英法联军缺乏防护器材，伤亡严重。后来，英法联军采用了简易口罩和面罩，使氯气的威力大大削弱。以后，交战双方使用了毒性比氯气更大的光气。在装备防毒面具和加强防毒训练后，中毒人数从原来的50~70%下降到10~20%。1917年7月12日，德军又首先使用了主要对皮肤、粘膜等产生糜烂作用的芥子气，导致了防毒衣的出现。部队穿着防毒衣，严重影响战斗行动和增加后勤负担。当时芥子气被称为“毒气之王”。在第一次世界大战中，使用了45种以上毒剂，约12.5万吨，伤亡100多万人。造成伤亡最大的是芥子气、氯气、光气，以及氯气与光气的混合毒剂。

第一次世界大战以后，许多国家对毒剂进行了研究，由于有机磷化学迅速发展，20世纪30年代至40年代，德国研究成功了塔崩（tabun）、沙林和梭曼，美军称其为G类神经性毒剂，其特点是剧毒、速杀和中毒途径多样。G类毒剂的出现，促进了防护、侦检、消毒和救治的发展。50年代，出现了V类神经性毒剂，美军筛选出维埃克斯作为制式毒剂。维埃克斯比c类神经性毒剂具有更大的毒性和更强的皮肤渗透能力，对防护、侦检、消毒和救治提出了更高的要求。50年代末至70年代初，又相继出现了失能性毒剂毕兹、刺激性毒剂西埃斯和西阿尔。现有的防护器材，对这些毒剂均能有效地防护。此外，美军在侵略越南的战争中，还大量使用了植物杀伤剂。

70年代，有些国家的军队装备的毒剂，主要是沙林、梭曼、维埃克斯、芥子气、氢氰酸和西埃斯等，其中神经性毒剂是主体。为了增强毒性和改进其使用性能，有些国家还研究了毒剂的混合使用、胶粘化和微包胶等技术。随着化学、分子生物学的发展，还广泛研究天然毒素、合成毒物、高效药物等高毒性、高活性物质的军事应用，研究范围包括致死、麻痹，瘫痪、皮肤伤害、失能等毒物。

十三、生物武器

【生物武器】

生物武器指生物战剂及其施放工具的总称，能使人、畜致病，农作物受害的特种武器。

第一次世界大战期间，德国曾首先研制和使用生物武器（当时称为细菌武器）。日军在侵华战争中，美军在朝鲜战争中，也曾研制和使用细菌武器。第二次世界大战后，一些国家违反国际公约，漠视舆论谴责，仍继续研究和生产新的生物武器。

生物战剂区分为：细菌类，主要有炭疽杆菌、鼠疫杆菌、霍乱弧菌、野兔热杆菌、布氏杆菌等。病毒类，主要有黄热病病毒、委内瑞拉马脑炎病毒、天花病毒、马尔堡病毒等。立克次体类，主要有流行性斑疹伤寒立克次体、Q热立克次体等。衣原体类，主要有鸟疫衣原体。毒素类，主要有肉毒杆菌毒素、葡萄球菌肠毒素等。真菌类，主要有球孢子菌、组织包浆菌等。

生物武器施放过去主要是利用飞机投弹，施放带菌昆虫动物。今后将主要利用飞机、舰艇携带喷雾装置，在空中，海上施放生物战剂气溶胶；或将生物战剂装入炮弹、炸弹、导弹内施放，爆炸后形成生物战剂气溶胶。

生物战剂有极强的致病性和传染性，能造成大批人、畜受染发病，并且多数可以互相传染。受染面积广，大量使用时可达几百或几千平方公里。危害作用持久，炭疽杆菌芽胞在适应条件下能存活数十年之久。带菌昆虫、动物在存活期间，均能使人、畜受染发病，对人、畜造成长期危害。但生物战剂受自然条件影响大，在使用上受到限制。日光、风雨、气温均可影响其存活时间和效力。采取周密的防护措施，也能大大减少它的作用。

1972年4月10日签订的《禁止细菌（生物）和毒素武器的发展、生产及储存以及销毁这类武器的公约》，1975年3月26日生效。中华人民共和国于1984年11月15日加入该公约。

附录：中国古代兵器

十八般兵器

十八般兵器指中国民间对古代兵器的泛称。源于“十八般武艺”之说。中国古代兵器，种类繁多。南宋华岳编于嘉定元年（1208）的《翠微北征录》中称：“臣闻军器三十有六，而弓为称首；武艺一十有八，而弓为第一。”元朝之后，“十八般武艺”一词被广泛用于戏曲小说中，其含义也日趋广泛。明代谢肇淛撰《五杂俎》和朱国桢撰《涌幢小品》中，记“武艺十八事”为：弓、弩、枪、刀、剑、矛、盾、斧、钺、戟、鞭、筒、挝、毬、叉、杷、绵绳套索、白打。前十七种是兵器名称，第十八种是徒手拳术。清朝格人获在《坚瓠集》中又有不同的说法，为“矛锤弓弩铉、鞭筒剑链挝、斧锁并戈戟、牌棒与枪杈”。十八种都是兵器名称，“十八般武艺”是指使用兵器的技艺，由于多是兵器名称，久之，便演化出“十八般兵器”一说。具体说法有八九种之多，较为常见的是：刀枪剑戟、斧钺钩叉、锐棍槊棒、鞭铜锤抓、拐子流星。

五兵

五兵指中国西周和春秋时期军队装备的一组兵器的合称。关于五兵的记载，最早见于《左传》昭公二十七年（公元前515），楚国的子恶筵请令尹子常，曾“取五甲五兵……帷诸门左”。五兵又有车兵五兵与步兵五兵之分。《周礼·夏官》说：“军事，建车之五兵。”据《考工记·庐人》（据考证成书于春秋末期）记载，车兵五兵为戈、殳、就、夷矛、酋矛，这五种兵器都插放在战车的车舆上，供甲士在作战中使用。据《周礼·夏官·司右》郑玄注所引《司马法》记载，步兵五兵为弓矢、殳、矛、戈、就。其中殳、矛较长，戈、戴较短，弓矢是远射兵器。它是当时步兵的基本编制单位——伍的兵器装备。当时认为，由这五种兵器构成的梯次配置的组合体，可以充分发挥多种兵器协同的威力，即《司马法》所阐明的“兵惟杂”，“兵不杂则不利”的原则。战国以后，兵器的种类增多，五兵的含义逐渐变化。《梁传》鲁庄公二十五年的注认为，五兵是“矛、戟、钺、楯、弓矢”；唐杜佑撰《通典》及萧吉《五行大义》引《周书》称，五兵是“弓、戟、矛、剑、楯”。因此五兵一词逐渐成为对兵器的泛称，如《荀子·儒效篇》说，已反而定三革，偃五兵”，即是此例。

刀

刀指中国古代一种用于劈砍的单面侧刃格斗兵器。由刀身和刀柄构成，刀身较长，薄刃厚脊。刀柄有短柄和长柄之分。自汉朝以来，钢铁制造的刀，一直是古代军队装备的主要格斗兵器之一。

石器时代的石刀和青铜时代早期的青铜小刀，可以看作是刀的雏形。商朝的青铜大刀，是现知最早的可供作战用的刀，但发现的数量较少。西周时期一些可装长柄的异形青铜刀发现得更少，看来都不是当时主要的格斗兵器。由于钢铁冶锻技术的进步，西汉时期开始出现了新型的钢铁制造的刀。这种刀直体长身，薄刃厚脊，短柄，柄首加有扁圆状的环，故称为“环首刀”。

在河北省满城县西汉刘胜墓中出土的环首刀，套有髹漆木鞘，环首用金片包缠，颇为华美。它在西汉时发展较快，例如在河南省洛阳市西郊的一批西汉墓中，就有 23 座墓中出土有较长的环首刀，长度为 85~114 厘米。百炼钢和灌钢技术用于造刀后，适于劈砍的短柄钢刀成为步兵和骑兵的主要格斗兵器。在山东省苍山县发现过东汉永初六年（112）造的“卅涑”钢刀，全长 111.5 厘米，刃部经过淬火，质量优良。环首刀一直沿用到魏晋以后。东晋晚期，刀的形制开始有了变化。江苏省镇江市东晋墓出土的铁刀，刀体加宽，刀头由斜方形改成前锐后斜的形状，其中有一把刀的柄部作成圆釜形，可以装长柄。这种刀在当时还是少见的。隋唐时期军队中实战使用的刀，主要是横刀和百刀。横刀亦称佩刀，短柄。据宋欧阳修、宋祁等撰，成书于 1060 年的《新唐书·兵志》记载，它是每个士兵必备的兵器。陌刀是长柄两刃刀，为盛唐以后流行的兵器，主要供步兵使用。当时一些善于使用陌刀的将领所用的刀，有的重达 15 斤（约 9 千克）。到北宋时期，短柄的刀称“手刀”，据《武经总要》所载的图形，刀体较宽，刀头微上翘，前锐后斜，刀柄有护手，去掉了柄端的大环。长柄的刀有多种式样。宋官方编修的《武经总要》中列举有掉刀、屈刀、手刀等，元、明时期，火铳、鸟铳等火器相继出现后，开始逐步改变了军队的装备，但直到明朝晚期，腰刀仍然是步兵和骑兵必备的兵器。如戚继光在《练兵实纪》中，指明骑兵、步兵用的兵器中就有腰刀，并很注意腰刀制作的质量。他的军队中也装备有长柄的夹刀和长刀。这种情况，一直沿袭到清朝后期。

剑

剑指一种用于刺劈的直身尖锋两刃兵器。由剑身和剑柄构成。剑身修长，两侧出刃，顶端收聚成锋，后安短柄，便于手握。并常配有剑鞘。由于在格斗中其功能以推刺为主，故又称为“直兵”。

迄今发现最早的剑是西周时期的青铜剑。在陕西省长安县张家坡、北京市琉璃河等地的西周墓中，都曾出土有柳叶形青铜短剑。这种扁茎无格、长仅 30 厘米左右的短剑，在当时盛行的车战中，只是作为甲士佩带以表示等级身分的卫体兵器。

春秋时期的吴、越等国，剑成为步兵手中的利器，剑身加长。如吴王光剑、吴工夫差剑、越王勾践剑等，长度都在 50 厘米以上，其中越王勾践剑全长 55.7 厘米，并错金“越王鸠浅自作用鏃”八个鸟篆书铭文，是吴、越名剑中的精品。战国时期，剑身继续加长，并已铸出脊部和刃部具有不同铜锡配比的青铜剑，其脊部柔韧，而锋刃坚利，提高了杀伤效能。陕西省临潼县秦始皇陵兵马俑坑出土的青铜剑长 94 厘米，剑身窄而薄，刃部锋利，表面还进行了防锈处理，代表了青铜剑制造技术的最高水平。

春秋战国之际，已开始出现钢铁剑。湖南省长沙市的春秋晚期墓葬中出土的钢剑，经化验证明，是用含碳量为 0.5% 左右的中碳钢锻打而成的。在湖南省衡阳市、郴州市，河北省易县等楚、燕旧地发现的战国钢铁剑中，最长的达 1 米多。

西汉初年，钢铁剑盛行，其实战效能日益提高。如西汉中山靖王刘胜的钢剑，内部是低碳钢，表面系高碳层，刃部经淬火处理，锋利坚韧。但由于汉朝时骑兵已成为主要兵种，供骑兵使用的具有挥砍杀伤效能的单刃厚背环

首刀应运而生。在东汉以后较长时期中，环首刀成为军队的主要装备。剑的实战作用逐渐降低，遂转而发展带有各种装饰的佩剑（如玉具剑、櫜具剑、犀具剑等）。晋朝还出现了用作仪仗的木质“班剑”。唐朝的剑主要作为王公贵族和文武官员的佩饰品，剑首作云形装饰。直至明清，剑的形制再无多大变化。

中国少数民族曾在历史上创制过具有民族风格的多种剑，如商周时期北方流行的曲柄铜剑、曲刃铜剑；战国到秦汉时期，西南少数民族也制造了带有不同民族风格的铜剑和铜柄铁剑等。到了现代，剑不再作为兵器，只作为锻炼的体育器具，或用于艺术表演。

矛

矛指中国古代一种用于直刺和扎挑的长柄格斗兵器。由矛头和矛柄组成。东汉以前因各地方言不同，又称“𠄎”（后俗写为“枪”）、“𠄎”或“𠄎”等，柄称为“矜”。骑兵用矛又称“稍”或“槊”。矛是古代军队中大量装备和使用时间最长的冷兵器之一。

矛的历史久远，其最原始的形态是用来狩猎的前端修尖的木棒。后来人们逐渐懂得用石头，兽骨制成矛头，缚在长木柄前端，增强杀伤效能。在新石器时代遗址中，常发现用石头或动物骨角制造的矛头。奴隶社会的军队，已经使用青铜铸造的矛头。商朝时，铜矛已是重要的格斗兵器。铜矛头山中空装柄的“骹”（或称“箒”）与矛刃构成。骹的横剖面呈圆形，侧面常有环钮，以便把矛头更牢固地绑缚在柄上。矛刃一般有中脊，左右扩展成带侧刃的矛叶，并前聚成锐利的尖锋。在河南省安阳市侯家庄殷代王陵的墓道里，曾发现了成捆放置的大量铜矛，每捆 10 支，这是殷王禁卫兵士的兵器。在 1969~1977 年对殷墟西区墓葬的发掘中，曾获得铜矛 70 件。从商朝到战国时期，一直沿用青铜铸造的矛头，只是在形制上，由商朝的阔叶铜矛发展成为战国时的窄叶铜矛。矛柄的制作也更为精细，出现了积竹矜，即以木为芯，外圈以两层小竹片裹紧，涂漆，使柄坚韧而富有弹性。湖南省长沙市出土的春秋晚期积竹矛矜，长达 297 厘米。从战国晚期开始，较多使用钢铁矛头。如河北省易县燕下都出土的钢铁兵器中，就有 19 件矛头，都是带有长骹的窄叶矛，矛头长 33~38 厘米，其中有一件骹后接带有子刺的长茎，长达 66 厘米。但直到汉代，钢铁制造的矛头才逐渐取代青铜矛头。随着钢铁冶锻技术的提高，矛头的形体加大并更加锐利。西汉时骑兵日渐成为军队的主力兵种，出现专供骑兵使用的长矛，称为“稍”（“槊”）。据汉刘熙著《释名》：“矛长丈八尺曰稍，马上所持”（丈八尺约合 4 米余）。到东晋十六国和南北朝时期，人马都披铠甲的重甲骑兵——甲骑具装所使用的主要格斗兵器就是稍。据《梁书·羊侃传》记载，当时制成的稍长 2 丈 4 尺（约 6 米），羊侃试用时“执稍上马，左右击刺，特尽其妙”。直到唐代，稍一直被视为民间禁止持有的重要兵器之一。唐代以后，矛头尺寸减小，更轻便合用。根据不同的战术用途，矛的种类增多，《武经总要》中，载有步兵和骑兵使用的“枪”9 种。火器出现后，矛仍是军中必备的冷兵器，一直与火器并用到清朝后期。

戈

戈指中国先秦时期一种主要用于勾、啄的格斗兵器。商周时期凡与战争有关的象形文字，经常绘有戈的图象，至今汉字中“武”、“战”等字还均从戈，即渊源于此。

戈由长柄（秘）和横装的戈头组成。标准形态的戈头，包括上下有刃、前有尖锋的“援”和装秘用的“内”两部分，“内”上有穿绳缚秘用的孔，称为“穿”。为防止勾啄时戈头脱落，又常在援、内之间设“阑”，并在援下近阑处下延成“胡”，胡上也有“穿”。戈秘多为竹、木质。秘的下端常装有套筒状的金属“秘”。

关于戈的起源，一般认为是由镰刀类工具演化而来。新石器时代的石戈头，只有援和内，至今仅在福建、广东的一些新石器时代遗址中出土过。到了青铜时代，戈成为军中必备的主要兵器。已发现的年代最早的青铜铸的戈头，出土于河南省偃师县二里头遗址，至少是距今 3500 年以前的制品。在商朝，青铜戈的使用已极普遍。为了使戈头和秘结合得更牢固，克服在战斗中易于脱落的缺点，出现了三种不同装秘方式的戈头，即盞内、曲内和直内的戈头。由于直内的戈头，援和内之间有阑，并增加了胡，与秘结合得最牢固，因此得到发展；而另两种不如直内戈头牢靠，商朝以后被淘汰。西周时期的青铜戈头，基本上沿袭商朝传统，但都是直内式样的，为加强其勾击效能，戈头与秘由垂直相交，逐渐加大角度，改成大于 90° 的钝角。从西周末到春秋时期，还流行一种尖锋呈等边三角形的带胡青铜戈头。以后由于青铜戟的使用日渐普遍，戈的地位有所下降，但仍是主要格斗兵器之一。例如《荀子·议兵》中讲，魏国步兵的标准装备是戈、弩、剑、盾。河北省易县燕下都出土的大量铸有燕王名的铜戈，可以视为这一时期铜戈的代表。戈秘有长有短，依据不同战术要求而定。一般说来，车战用的戈秘很长，步战用的戈秘较短，在湖南省长沙市浏城桥出土的春秋晚期铜戈中，长秘的戈全长达 314 厘米，短秘的戈全长仅 140 厘米。

此外，在商周时期也还有玉石制造的戈，其中有些是可供实战使用，但大多数是仪仗用具。例如河南省安阳市妇好墓中出土玉戈 39 件，制工精巧，都是仪仗用具。

战国晚期，铁兵器的使用渐多，铁戟逐渐取代了青铜戟，同时也逐渐淘汰了青铜戈。因此戈这种盛行于青铜时代的兵器，到西汉以后已绝迹。

戟

戟指中国古代一种将戈的勾、啄和矛的直刺功能结合在一起的格斗兵器。由戟头和戟柄组成。戟头在商周时期用青铜铸制，战国末年出现钢铁制品。戟柄为竹木质，其长度按不同使用情况有所差别：车兵用戟柄最长，骑兵用戟柄稍短，步兵用戟柄更短，称为“短戟”。汉朝还出现一种单手握持的短柄戟，称为“手戟”，一人可持两戟并用，故又称为“双戟”。

在商朝，戟还处于萌芽时期，现仅在河北省藁城县殷墓中发现过一件。西周时期，出现把刺、胡、援、内合铸成“十”字状的青铜戟，但其战斗效能并不突出，到春秋战国时期已绝迹。

春秋战国时期，盛行由青铜矛头和长胡多芽的青铜戈头联装在一起的青铜戟。据《考工记》记载，它同戈、殳、夷矛、酋矛一起被称为“车之五兵”，

是车战的主要格斗兵器。春秋晚期步骑战兴起，青铜联装就又成为步、骑兵的利器。在中国南方的吴、越、楚地区，还流行一利独特类型的联装戟，即在一根长柄上装有2个或3个戈头，称为“多戈戟”。

战国晚期开始，钢铁兵器逐渐取代了青铜兵器，产生了刺、授合铸的钢铁戟头，由于取消了青铜戈类兵器传统的后内，故成为“卜字形。在西汉，“卜字形钢铁就是步骑兵装备的主要格斗兵器。到西汉末，“卜”字形戟的形制又发生了变化，侧出的小枝渐次向上弯曲，东汉以后则变为硬折向上，从而更增强了前刺的功能。至于原有的勾、啄功能，则随着结构的变化而逐渐消失。

晋朝以后，随着重甲骑兵的发展，长兵器多用矛，隋唐又兼用长刀。于是就逐渐脱离实战，成为只表示等级身分的仪仗礼兵，即所谓“戟”。

钺

钺指中国古代一种两角上翘、具有弧形阔刃的劈砍兵器。先秦时期也作为统帅权威的象征物，并用于刑杀。

钺由生产工具的斧演化而来。在新石器时代的文化遗址中，曾发现一种磨制精细的石钺，它的体态扁平，比普通石斧放刃阔而弧度大，两角微上翘。在山东省莒县陵阳河出土的灰陶缸上，有这种石钺的图象。从其形体特征看，不适于砍伐林木或用于农作，应是专门制造的原始兵器。由于氏族的军事领袖拥有石钺，因此后来就成为其权威的象征。象形文字“𠄎”（王）字即作斧钺的形状，“兵”字的象形文字“𠄎”为双手持有斧钺的形状，证明这种兵器是古代最早使用的兵器之一。

进入青铜时代，青铜传造的钺仍是用于劈砍的兵器，其刃部保持石钺的特征，装柄的方式与短内的戈类似，并在阑侧没有穿孔。其中形体较小的，是实战用的。一些形体巨大而且花纹精美的，则是军中统帅的权威象征物。例如在河南省安阳市殷墟妇好墓中，出土两件大型青铜钺，刃宽达37.3~38.5厘米，重达8.5~9千克，铸有铭文“妇好”。妇好是殷王武丁的配偶之一，生前多次领兵出征，是著名的女统帅，这两件大钺正是她的权威的象征。另据《史记·周本纪》记载，武王誓于牧野时，“左杖黄钺，右秉白旄”。命将出征时也常赐钺，如著名的“貌季子白盘”中的铭文有“赐用戊（钺），用政（征）方”。

在钢铁兵器中，钺从来不是大量装备部队的主要兵器。汉朝有一种把铁锁和铁矛结合在一起的兵器，称为“钺戟”。以后，由于钺与阔刃的斧类兵器区别不大，形制常相混同，例如北宋《武经总要》一书中收录的“大斧”的图象，也是弧曲阔刃而两角上翘，看来是沿袭古代锁的形制。作为仪仗用的钺，则一直沿用到清朝末年。

殳

殳指中国古代一种用于撞击的长柄兵器。又作“投”或“殳”。据文献记载，殳长一丈二尺（约3米余），柄为竹木质，呈八棱形，在柄端安有金矟的殳头，称为“首”。一般认为殳是由原始社会中狩猎用的竹木棍棒发展而成。

殳的金属首多为青铜制，从出土实物看，可分无尖锋和有尖锋两类。湖南省长沙市战国楚墓出土的殳首，象个平顶的圆套筒；陕西省临潼县秦始皇陵兵马俑坑出土的殳首在圆套筒顶端有棱角，这些殳属于无尖锋类。而在湖北省随县曾侯乙墓出土的战国初期的殳，顶端有尖锋，呈三棱矛状，并在锋后装有带尖刺的铜箍，其上铭文“曾侯郈之用殳”。

在有关商朝的文献中，未见到殳的记载。周朝把殳列入“车之五兵”，是实战兵器。帝王或诸侯出巡时，前导勇士也执殳开道，即所谓“旅责以先驱”。战国时期，步兵、骑兵的地位上升，由于殳的杀伤作用差，只作为侍卫的守备兵器，是“步卒五兵”之一。《司马法》说“执羽从殳”，说明殳还同旂旆并用，又是军事指挥的一种标帜。汉朝以后，殳被淘汰。

弓

弓指中国古代一种弹射武器。由有弹性的弓臂和有韧性的弓弦构成，拉弦张弓过程中积聚的力量在瞬间释放时，可将扣在弓弦上的箭或弹丸射向目标。

中国在原始社会人们已使用弓矢。山西省朔县峙峪旧石器时代遗址中出土一个用很薄的燧石片打制的形状较规整的石镞，证实中国使用弓矢的历史距今至少已近3万年。原始的弓比较粗糙，弓身只是用单根的木材或竹材弯曲而成，即“弦木为弧”的单体弓。河南省安阳市小屯商墓中和战车一起随葬的弓，弓身部分虽已朽失，但从保图下来的玉质弓弭和弓体灰痕，结合甲骨文、金文中有关弓的象形文字加以考察，可大体推知为商朝的弓，其柎部已向射手一侧显著凹入，比原始单中弓在形制上有很大改进。当解弦弛弓时，弓身向反方向拘曲，这样在张弦后可以具有较强的弹射力。此弓全长与一般人身高相近，当时所用的箭全长约在85厘米以上，是适合车战使用的远射兵器。湖南省长沙市楚墓出土过保存较好的战国时代的弓，其中一件全长140厘米，最宽处4.5厘米，厚5厘米，两侧装角质饵，弓身为竹质。中间一段用4层竹片叠成，其外粘有呈胶质薄片状的动物筋，再缠丝涂漆。它的构造与《考工记》中制弓以干、角、筋、胶、丝、漆等“六材”之记述相合。这类弓在竹、木制的弓身上傅角被筋，弹性比用单一材料制弓身的革体弓大，通常称为复合弓。战国以后的弓，在形制上没有多大变化，只是在材料上有所选择。例如，一般在内侧粘贴牛筋，外侧粘贴牛角，粘合料用鱼脬胶，如用竹制弓身，则两端供装弦闲的弣部多以硬木制作。

中国古代军队历来非常重视使用弓箭。从周朝开始，就把“射”列为士的主要训练内容之一。秦汉时期强调用强弓劲弩，当时弓的强度多用斤计算，《后汉书》记载盖延、祭彤等骁将所用强弓为300斤，合2.5石。由于马背上不便张劲弩，所以弓、刀一直是骑兵的主要武器。直至宋朝，骑兵所用弓箭多采用速射法，使用强弓，开满即射，即宋朝王珣撰的《射经·马射总法》中所谓“势如追风，目如流电，满开弓，紧放前。”而明朝以后的射法理论则主张用“软弓长箭”，认为如果持硬弓则刚刚引满就须发矢，不能久持，命中率反而降低。戚继光在《纪效新书》中也说“力胜其弓，必先持满”，“莫患弓软，服当自远”。因而制弓技术的发展方向不再单纯追求挽力强度的增加。《天工开物·弧矢篇》谓“凡一造弓视人力强弱为轻重，上力挽一百二十斤”，其折合值较汉朝的300斤尚略小。大量使用火器以后，弓箭在战争中的作用逐渐降低，至清朝后期弓箭才最终被淘汰。

弩

弩指中国古代装有张弦机构（弩臂和弩机），可以延时发射的弓。射手使用时，将张弦装箭和纵弦发射分解为两个单独动作，无须在用力张弦的同时瞄准，比弓的命中率显著提高，还可借助臂力之外的其他动力（如足踏）张弦，能达到比弓更远的射程。

弩的关键部件是弩机，从为数众多的出土铜制弩机可以看出其结构：弩机铜郭内的机件有望山（瞄准器）、悬刀（扳机）、钩心和两个将各部件组合成为整体的键。张弦装箭时，手拉望山，牙上升，钩心被带起，其下齿卡住悬刀刻口，这样，就可以用牙扣住弓弦，将箭置于弩臂上方的箭槽内，使箭括顶在两牙之间的弦上，通过望山瞄准目标往后扳动悬刀，牙下缩，箭即随弦的回弹而射出。

至今已发现的最早的较完整的弩，是河南省洛阳市中州路出土的战国中期的弩。这件弩制作得相当考究，弩机为铜质，木质弩臂末端装有错银的铜弩踵，前端装错银的蛇头状铜承弓器。根据考古发掘出土的以骨、蚌制作的原始悬刀和中华人民共和国建立前鄂伦春、纳西、苗等少数民族使用的木弩的形制推测，原始的弩应远较此弩质朴，所以在战国以前弩还应有一个较长的发展过程。这在古文献中也有一些旁证，如《礼记·缙衣篇》引《太甲》说：“若虞机张，往省括于厥度则释。”《韩非子·说林篇》说：“羿执鞅持杆，操弓关机。”两处所提到的“机”，都宜解释为弩机。所记之事的年代都在商周以前，说明中国发明原始木弩的时间应不晚于商周时期。

春秋晚期，实战中开始重视用弩，《孙子兵法》中已提到“矢弩”的作用。到战国时，《孙臆兵法》所记述的阵法中，有一种叫“劲弩趋发”，说明弩在实战中的地位更加重要。公元前341年，在著名的马陵之战中，孙臆就是以“万弩俱发”的突击攻势，战胜了轻敌而怠急的庞涓的大部队。当时所用的弩是以臂力张弦的擘张弩，所装的弓比一般弓小，弩箭也相应地短些。

《孙臆兵法》中称这种弩“发于肩膺之间，杀人百步之外”，射程并不很远。至战国晚期，出现了性能更好的以足踏张弦的蹶张弩。如《战国策·韩策》称韩国的武卒就是已披坚甲，蹶劲弩”。此类劲弩装有粗壮的弓，要用相当大的力量才能张开弦，因而要求弩机更加坚固。战国中期的弩机，虽然悬刀、钩、牙等已用铜制，但无铜郭，弩机直接装在木质弩臂上，承受不了太大的张力。战国晚期的弩机外增铜郭，强化了机槽，这一部件就是适应蹶张的需要而产生的战国弩机的望山尚无刻度，西汉时出现了带刻度的望山，它的作用近似近代步枪上的表尺，射者依目标的远近，通过望山控制镞端的高低，找出适当的发射角，以便准确地命中目标。

东汉时出现了腰引弩，它的图形见于山东省济宁武氏祠画像石中。《晋书·马隆传》称当时简试勇士所用腰引弩的强度为三十六钧（约合九石）。明朝的《武备志》称之为腰开弩，“力弱者用蹶张，力雄者仍用腰开”。可见它是单人使用的弹射力最大的弩。

装有连射机构的连弩始见于东汉班固撰《汉书·李陵传》：“发连弩射单于。”三国时期，诸葛亮改制的连弩，大量装备蜀国部队，“一弩十矢俱发”（西晋陈寿撰《三国志·诸葛亮传》注），威力很强。

汉朝弩的强度以“石”来计算，张弓引满一石的弩相当提起一石（约30

千克)重物所用的力。据汉简和古文献记载,汉弩分一、三、四、五、六、七、八、十石诸种。汉弩的强度都要经过严格校验,在居延汉简中曾发现过检验已受损伤的弩的强度的记录,其中十石弩又称为人黄弩、黄肩弩或大黄力弩,强度最大。参据《梦溪笔谈》所记的宋朝一种蹶张的“偏架弩,估算,汉朝强弩的射程可达400米左右。汉朝名将李广于公元前121年与匈奴作战时,社众寡悬殊的情况下,以大黄弩射杀对方将领而扭转战局。汉朝郡国还组成了以弩手为主的步兵兵团“材官”,其指挥员的官号有的就称“强弩将军”。

由于弩的发射比较费时,而且持弩的士兵又不便兼用其他武器,所以弩手常在其他士兵掩护下编成“上弩”、“进弩”、“发弩”等组,轮番连续发射。在“守隘塞口”中,更能发挥其威力。至南北朝以后骑兵大规模纵横驰骋之时,由于强弩不便在马背上使用,遂逐渐衰落。明朝以后,由于火器迅速发展,弩不再受重视。《天工开物》中甚至认为弩是“守营兵器,不利行阵”。

床弩

床弩指中国古代一种威力较大的弩。将一张或几张弓安装在床架上,以绞动其后部的轮轴张弓装箭,待机发射。多弓床弩可用多人绞轴,用几张弓的合力发箭,其弹时力远远超过单人使用的擘张、蹶张或腰引弩。

床弩的发明不晚于东汉。《后汉书·陈球传》记载,在一次战争中,陈球曾“弦大木为弓,羽矛为矢,引机发之,远射千余步,多所杀伤”。这种大弩仅用手擘、足踏之力难以张开,故应是床弩。1960年,在江苏省南京市秦淮河出土一件南朝时(420~5ee)的大型铜弩机,长39厘米,宽9.2厘米,通高30厘米。复原后,其弩臂长当在2米以上,无疑也属于床弩一类,当时北朝也使用床弩,《北史·源贺传》记载,北魏文成帝时,源贺都督三道诸军屯守漠南,“城昼万人,给强弩十二床”。唐朝杜佑撰《通典》中将这种弩称作“车弩”,宋朝以后则通称“床弩”。床弩在宋朝得到较大的发展。宋官方编修的《武经总要》所载床弩,自2弓至4弓,种类很多。多弓床弩张弦时绞轴的人数,小型的用5~7人;大型的如“八牛弩”,需用100人以上。瞄准和以锤击牙发射都有专人司其事。所用箭以木为杆,铁片为翎,号称“一枪三剑箭”。

这种箭实际上是一支带翎的枪(矛),破坏力很强。床弩又可射出“踏橛箭”,使之成排地钉在夯土城墙上,攻城者可借以攀缘登城。床弩还可以在弦上装兜,每兜盛箭数十支,同时射出,称“寒鸦箭”。床弩的射程可达三百大步(约合570米),是中国古代弩类武器中射得最远的。据宋朝张表臣撰《珊瑚钩诗话》记载,床弩在景德元年(1004)的澶渊之战中曾发挥过很大作用。但床弩构造笨重,机动性较差。

随着火器的发展,床弩逐渐废置不用。

箭

箭指中国古代一种借助于弓、弩发射的具有锋刃的远射兵器,又名矢。由箭镞、箭杆、箭羽组成。箭镞用于射击目标,箭杆用于撑弦承力,箭羽使箭在飞行中保持稳定。中国现存最早的完整的箭,是在内蒙古居延甲渠侯官遗址出土的,系西汉昭帝始元六年(公元前81)所制。此箭生长67厘米,

装三棱铜镞，竹杆，有三条尾羽，镞和羽均缠丝涂漆用以与箭杆相固联。

远在3万年以前，在中国境内的人类就开始使用弓箭了。由于远古的箭杆难以保存至今，所以出土实物中往往仅留下箭镞。新石器时代的石、骨、蚌镞，有棒形、叶形、三角形等多种，有些已有镞茎和逆刺。河南省偃师县二里头遗址中最先出土了商朝早期的青铜镞。商周时期，青铜镞的主要式样是有脊双翼式，春秋战国时，三棱式镞盛行，战国对此类镞多装铁挺，以节省铜材。汉以后铜镞开始向铁镞过渡，这个过程经历了约200年。河北省满城县出土的西汉前期的三翼式或四棱式铁镞，仍系模铸成型，锋利程度不及铜镞；而四川省新繁县牧马山出土的东汉铁镞呈扁平的锐角三角形，既适合锻造，又有较强的杀伤力。这种形制遂为后代长期使用的点钢镞所承袭。除以箭镞直接杀伤的箭外，还有在箭镞上敷毒药的毒箭和在箭杆上缚有纵火物（油脂或火药）的火箭，在战争中广泛应用。

箭杆多用竹制，也有木制的。先秦时期，在南方的云梦泽和肃慎族聚居的东北地区，均产制矢之楛。直至明、清，华南制箭还用竹杆，华北用荏柳，东北、西北多用样木杆。

箭的飞行速度和准确性与尾羽的关系密切，箭羽太多，飞行速度慢；太少，稳定性差。为了使之有恰当的比例，在《考工记》中载有将箭杆投入水中，根据其浮沉部分的长短，以求出装尾羽之比例的方法。箭羽以翎为最上，角鹰羽次之，鴟梟羽又次之。装雁鹅羽的箭遇风易斜窜，质量就更差了。在宋朝，当优质羽供应不足时，曾发明风羽箭。据《宋史·兵志》记载，庆历四年（1044），宋廷“赐鄜延路总管风羽子弩箭三十万”，可见风羽箭也是一种实战兵器。这种箭将箭尾安羽处剔空两边，利用向内凹进的空槽产生涡流阻力使箭保持飞行稳定，其设计思想是相当科学的。

指中国古代一种利用杠杆原理抛掷石弹的战具。简写作砲。又称为旛、云旛、飞石、抛石等。欧洲古代称抛石机。在火炮出现以前，一直是古代攻守战的重要兵器。

宋朝兵书《武经总要》记载：以大木为架，结合部用金属件联接。架上方横置可以转动的轴。固定在轴上的长杆称为“梢”，起杠杆作用。用一根木杆作梢的称为单梢，用多根木杆缚在一起作梢的称为多梢，梢数越多，抛射的石弹越重、越远。梢的一端系皮窝，容纳石弹，另一端系索，索长数丈。小型有索数条，大型多达百条以上。每条索由1~2人拉拽。抛掷石弹时，由1人瞄准定放，拽人同时猛拽索，将另一端甩起，皮窝中的石弹靠惯性抛出，射程可达数百步。火药用于军事后，也常用抛掷火毯、毒药弹及爆炸弹等。《武经总要》记载了十几种形式的，多数是将架置于地上或插埋于地下，固定施放。有一些在架下安四轮，便于机动，称为车。也有的，其柱可以左右旋转，向各个方向抛掷石弹，称为旋风。

“”字最早见于《文选》所收西晋潘安仁的《闲居赋》。文中描述石发射情景为“石雷骇”。唐代李善注，“石，今之抛石也。”

中国至迟在春秋时期已使用瞰。春秋末期《范蠡兵法》（已佚）中曾记：“飞石重十二斤，为机发，行二百步。”（转引自《汉书·甘延寿传》注）

《左传》记载，桓公五年（公元前 707）周郑繻葛之战“旛动而鼓”。汉朝贾逵引《范蠡兵法》，亦将“旛”解释为飞石。东汉以后，成为军队中的重要攻守器具。东汉建安五年（200），曹操攻袁绍时使用的“霹雳车”，是最早出现的车。隋大业十三年（617），田茂广制造“云旛三百具”，号称“将军”。唐至德二年（757），李光强制造了用 200 人挽索发射的巨型，每发能伤数十人。宋朝战争频繁，用更加广泛。北宋靖康元年（1126），金兵围攻宋都汴梁（今河南开封）时，曾“一夜安五千余座”。金天兴三年（1234）蒙古军攻汴梁，架数百具攻击龙德宫，昼夜发，落下的石弹，几乎与里城相平。其中最大的十三梢，能发射上百斤重的石弹，需要四、五百人同时拽放。蒙古军西征时，主要靠攻取城垒。明朝以后，逐渐为火炮所取代。

铠甲

铠甲指中国古代将士穿在身上的防护装具。先秦时，主要用皮革制造，称“甲”、“介”、“函”等；战国后期，开始用铁制造，改称从“金”的“铠”，皮质的仍称“甲”：唐宋以后，不分质料，或称“甲”，或称“铠”，或“铠甲”连称。

铠甲起源于原始社会时以藤、木、皮革等原料制造的简陋的护体装具。商周时期，人们已将原始的整片皮甲改制成可以部分活动的皮甲，即按照护体部位的不同，将皮革裁制成大小不同、形状各异的皮革片，并把两层或多层的皮革片合在一起，表面涂漆，制成牢固、美观、耐用的甲片，然后在片上穿孔，角绳编联成甲。在《考工记》的“函人为甲”中，完整地总结了有关选材，制甲的全套工艺。在湖南、湖北、河南等省的春秋战国墓葬中，发现许多当时的皮甲，其中以湖南省长沙市浏城桥出土的春秋晚期皮甲的时代为最早，又以湖北省随县曾侯乙墓出土的战国早期皮甲的资料为最丰富。曾侯乙墓葬的皮甲复原后，可以看清当时的皮甲都是由甲身、甲裙和甲袖 3 部分构成，并配有一顶由皮甲片编缀的冑。甲裙和甲袖是活动编缀，可以上下伸缩。这些皮甲在车战中与盾相配合，可以有效地防御青铜兵器的攻击。在使用皮甲的同时，也开始在甲上使用一些青铜铸件，但并不普遍，仅在山东省胶县西庵发现有西周时的青铜兽面胸甲。在河南省、北京市等地的西周墓中，还发现过钉缀在甲衣上的各式青铜甲泡。

战国后期，锋利的钢铁兵器逐渐用于实战，促使防护装具发生变革，铁铠开始出现。迄今发现的年代最早的铁铠甲片，是在河北省易县燕下都遗址出土的。但直到汉朝，铁铠才逐渐取代了皮甲。西汉时期的铁铠经历了由粗至精的发展过程，从用较大的长条形的甲片（又称“甲札”）编的“札甲”，逐渐发展为用较小的甲片编的“鱼鳞甲”；由仅保护胸、背的形式，发展到加有保护肩臂的“披膊”及保护腰胯的“垂缘”。出土于河北省满城县西汉刘胜墓的一领铠甲是有披膊和垂缘的“鱼鳞甲”，由 2859 片甲片编成，总重 16.85 千克，制工精湛。自西汉以后，甲片的形制和编组方法变化不大。随着钢铁加工技术的提高，铠甲的精坚程度日益提高，类型也日益繁多，其防护身躯的部位逐渐加大，功能日益完备。到三国时已出现了一些新型铠甲。在曹植的《先帝赐臣铠表》中，列有黑光铠、明光铠、两当铠、环锁铠和马铠等 5 种。南北朝时期，随着重甲骑兵的发展，适于骑兵装备的两当铠极为

盛行。这种两当铠又常附有披膊，与战马披的“具装铠”配合使用。北魏以后，明光铠日益盛行，逐渐成为铠甲中最重要的类型，直到隋唐时期仍是如此。据《唐六典》记载，唐朝有明光铠等 13 种甲制，在唐朝铠甲的基础上，至北宋初年，铠甲发展得更加完善，形成一定的制式。《武经总要》中，绘有 5 套甲冑和 1 套马甲（具装）的图像，并说明当时 1 套甲冑包括护体的“甲身”，护肩的“披膊”，护腿的吊“腿”以及护头颈的“兜鍪顿项”，是对中国古代甲冑的总结。火器的出现，使有效地抗御冷兵器的古代铠甲，开始趋于衰落。但由于火器在中国古代发展缓慢，迄明清时期，铁制或皮制的铠甲仍被用来装备军队，同时也使用较轻软的绵甲，沾湿后还可抵御初级火器的射击。直到 20 世纪初，清朝编练用近代枪炮装备的“新军”时，古代铠甲的使用才终止。

冑

冑指中国古代将士防护头部的装具。又称兜鍪、头鍪、盔等。由于它常与护体的铠甲配套使用，所以“甲冑”一词成为中国古代防护装具的统称。在新石器时代，冑多用藤条或兽皮粗制而成。进入青铜时代，除继续使用皮冑外，开始使用青铜铸造的冑。已发现的年代最早的青铜冑，是河南省安阳市出土的商朝制品，冑面上铸有虎纹、牛纹及其他图案，冑顶竖有装纓的铜管。西周时期的青铜冑，在北京有实物出土。春秋战国时期的皮冑，以湖北省随县曾侯乙墓出土的为典型代表，由 18 片髹漆皮甲片编组而成，上有脊梁，下有垂缘护颈。铁质的护头装具，时代最早的是河北省易县燕下都出土的战国晚期制品，用 89 片铁甲片编缀而成。由于外形似鍪（即锅），开始称为“兜鍪”。从秦汉时期开始，军中普遍装套铁兜鍪。在兜鍪后部，常垂有护颈的部分，称为“顿项”。唐朝以后，顿项常用轻软牢固的环锁铠制成。宋朝以后，兜鍪又多称为“盔”。四川省成都市凤凰山出土的明初铁盔，盔体整制，后垂铜质的网状顿项。直到清末，铁盔仍是军队中装备的护头装具。

马甲

马甲指中国古代用于保护战马的专用装具。又称马铠。可分为两类，一类用于保护驾战车的辕马，另一类用于保护骑兵的乘马。

商周时期，战车是军队的主要装备，马甲用于保护驾车的辕马。主要是皮质的，面上漾漆，并常画有精美图案。分为保护马头及躯干的两部分。至今发现的年代最早的实物，是湖北省随县曾侯乙墓中出土的战国初期髹漆皮马甲。

秦汉以来，骑兵成为军队中的重要兵种，马甲用于保护骑兵的乘马。东汉时期，已经使用起部分防护作用的山甲，如保护马前胸的皮质“当胸”。到三国时期，文献中已记载有全副马铠。自东晋十六国到南北朝时期，骑兵的作用大大提高，组建了人和马都披铠甲的重甲骑兵——“甲骑具装”，马铠的结构也日趋完备，并从此称为“具装铠”或“马具装”。具装铠有铁质的，也有皮质的，一般由保护马头的“面帘”、保护马颈的“鸡颈”、保护马胸的“当胸”、保护躯干的“马身甲”、保护马臀的“搭后”以及竖在尾上的“寄生”6 部分组成，使战马除耳、目、口、鼻以及四肢、尾巴外露以

外，全身都有铠甲的保护。隋朝以后，重甲骑兵日渐减少，但马铠仍是军队中使兀的一种防护装具。在北宋成书的《武经总要》中，绘有整套马甲的图像，包括面帘（附有“半面帘”）、鸡颈、当胸、马身甲和搭后5部分，没有“寄生”。在宋、辽、金之间的战争中，交战各方都使用过装备马他的骑兵。到明清时期，骑兵的战马一般不再披这种笨重的马甲。

盾

盾指中国古代一种手持的防护械具。又称“干”，后来亦称“牌”。形体多为长方形、梯形成圆形，背后有握持的把手。

原始形态的盾较简陋，多用木、皮制造，或用藤条编制。进入青铜时代以后，盾仍多用藤木及皮革制造。在河南省安阳市殷墟发现的商朝盾牌，呈上边略窄于下底的梯形，盾面绘有虎纹等图案。已发现的西周时期的盾牌，也常是这种近下长方形的梯形。盾面多为皮质，常嵌有青铜铸造的盾饰。盾饰多呈狰狞兽面状，或人面状，或仅有大的圆铜泡，主要用以加强皮盾的防护效能。春秋战国时期的髹漆木盾，顶部作双重弧形状，表面绘有精美的日案花纹。秦汉时期，除沿用商周时期的长方形皮、木盾牌以外，还有铁制的盾。西汉司马迁撰《史记·樊哙传》中记载樊哙在鸿门宴上护卫刘邦时，就手持铁盾。但铁盾并不普遍。

由于使用的民族和制造的地域不同，盾的名目也随之下同，如《释名》中记录有出于吴地的大而平的盾称为“吴魁”，出于蜀地的脊部隆起的盾称为“滇盾”。由于用途不同，形状与名称也不同，例如与刀配合攻防作战的步兵用盾，形状狭而长，称为“步盾”。车上使用的盾，形状狭而短，称为“子盾”。步兵所持的长方形大盾，还可连锁排列，形成一条。结阵的防线。

南北朝时期的重甲骑兵，人马都披铠甲，所以较少用盾；步兵则使用较大的长方形盾牌，中间纵凸脊棱，盾面帘饰有狮子等兽面图案。从敦煌莫高窟西魏壁画中，可以看到当时步兵使用长盾作战的图像。在宋官方编修的《武经总要》中，记录了当时军队经常使用的两种盾，亦称“旁牌”。一种是大而长的步兵旁牌，另一种是小而圆的骑兵旁牌。火器出现后，盾牌的防护作用日益降低，但直到清朝末年组建用新式枪炮装备的“新军”以前，盾仍然是军队中必备的防护械具。

云梯

云梯指中国古代战争中用以攀登城墙的攻城器械。《淮南子·兵略训》许慎注说：“云梯可依云而立，所以瞰敌之城。”故登高侦察敌情，是云梯的另一功用。

一般认为，云梯的发明者是春秋时期的鲁国巧匠公输般，《墨子·公输》记载，公输般在春秋末年曾为楚王造云梯攻宋，但其所造云梯的形制现已无考。战国时期的云梯，从战国水陆攻战纹铜鉴所示图案判断，系由3部分构成：底部装有车轮，可以移动；梯身可上下仰俯，靠人力扛抬，倚架于城墙壁上，梯顶端装有钩状物，用以钩援城缘，并可保护梯首免遭守军的推拒和破坏。据唐朝杜佑撰《通典》记载，唐创的云梯比战国时期有很大改进：梯身（主梯）以一定角度固定装置在底盘上；在主梯之外，又增设一具活动的“上城梯”（副梯），其顶端装有一对轱辘，登城时可以沿着城墙壁面上下

滑动，谓之“飞云梯”；云梯的底部则“以大木为床，下置六轮”。由于主梯采用了固定式装置，简化了架梯程序，缩短了架梯时间，而活动的上城梯的设计，则大大降低了云梯在接敌前的高度。攻城时只需将主梯停靠城下，然后再在主梯上架设“上城梯”，便可“枕城而上”，从而减少了敌前架梯的危险和艰难，同时又保证云梯在登城前不过早与城缘接近，免遭守军破坏，《旧唐书·浑瑊传》记载，唐建中四年（783），浑瑊守卫奉天城（今陕西乾县）时，攻城军曾造“阔数十丈，以巨轮为脚”的云梯，并“施湿毡生牛革，多悬水囊以为障”，“两旁构木为庐，冒以牛革”。说明唐朝中期已开始在云梯底部采用防护设施。

宋朝的云梯结构有了更大的改进。《武经总要·攻城法》记载：“云梯以大木为床，下施六轮，上立二梯，各长丈余，中施转轴，四面以生牛皮为屏蔽，内以人推进，及城则起飞梯于云梯之上。”说明宋朝云梯采用了中间以转轴连接的折叠式结构，并在梯底部增添了防护设施。此外，上城梯（副梯）也出现了多种形式：有“飞梯，长二三丈，首贯双轮，欲蚁附则以轮著城推进”；有“竹飞梯，用独竿大竹，两旁施脚涩以登”，有“蹶头飞梯……为两层，上层用独竿竹，中施转轴以起梯，竿首贯双轮，取其附城易起”。这些改进，一方面进一步降低了主梯在接敌前的高度，增加云梯车运动的稳定性，并减少遭受守军破坏的可能；另一方面，又配备了可适应多种复杂条件的上城梯，使登城接敌运动简便迅速。明朝以后，这种笨重的巨大云梯，因无法抵御火器的攻击，遂逐渐废弃。

巢车

巢车指中国古代一种设有望楼，用以登高观察敌情的车辆。车上高悬望楼“如鸟之巢”，故名。又名楼车。楼车的名称见于《左传》。公元前593年，楚军曾强迫俘获的晋使解扬登上楼车，向被围困的宋人劝降。据杜预注，楼车是“车上望橰”，而巢车则是“车上为橰”。按《后汉书·南匈奴传》注，“橰”就是“楼”。《左传》记载，公元前575年鄢陵之战中，楚共王曾登上巢车观察晋军的动向。当时还有太宰伯州犁随侍，可知此望楼的面积当不会很小。唐朝杜佑撰《通典》记载，巢车的形制是：“以八轮车，上树高竿，竿上安轆轳，以绳挽板屋止竿首，以窥城中。板屋方四尺（约1.332米），高五尺（约1.665米），有十二孔，四方别布。车可进退，环城而行。”据《后汉书·南匈奴传》记载，汉时与匈奴作战，曾经制造过一种车辆，“可驾数牛，上作楼橰，置于塞上”，当即此种可以“环城而行”的巢车。到北宋初，巢车和楼车的形制已有明显不同。宋官方编修的《武经总要·攻城法》中同时收录了巢车与楼车两种，并称楼车为“望楼车”。据其文字及附图所示，巢车的形制同于《通典》，而楼车的形制则较为复杂完备。其车体为木质，底部有4轮，车上树望竿，竿上设置望楼，竿下装有转轴，并以6条绳索，分3层、从6面将竿固定，绳索下端则以带环铁橛楔入地下。这种“望楼车”当是宋朝的形制。

铁蒺藜

铁蒺藜指中国古代一种军用的铁质尖刺的撒布障碍物。亦称蒺藜。有4

根伸出的铁刺，长数寸，凡着地均有一刺朝上，刺尖如草本植物“蒺藜”，故名。在古代战争中，将铁蒺藜撒布在地，用以迟滞放军行动。有的铁蒺藜中心有孔，可用绳串连，以便敷设和收取。中国在战国时期已使用铁蒺藜。《墨子·备城门》记载，在战国时的城市防御战中，“皆积参石、蒺藜”。《六韬·虎韬》记载，“狭路微径，张铁蒺藜，芒高四寸，广八寸。”秦汉以后，铁蒺藜成为军队中常用的防御器材，除在道路、防御地带、城池四周布设外，部队驻营时，也在营区四周布设。宋朝以后，为适应作战的需要，铁蒺藜的种类逐渐增多，如布设在水中的“铁菱角”，联缀于木板上的“地涩”，拦马用的“搗蹄”，在刺上涂敷毒药的“鬼箭”等。《宋史·扈再兴传》中记载，南宋嘉定十二年（1219），金兵攻枣阳，宋将扈再兴“夜以铁蒺藜密布地，黎明佯遁，金人驰中蒺藜者十踏七八”。明朝军队广泛使用铁蒺藜。在戚继光的军队中，每名藤牌手、挨牌手“各带蒺藜十串，每串六个接连”（戚继光《纪效新书》），便于野战布营。明军战船上也装载大量铁蒺藜，大型船 1000 枚，中型船 800 枚。交战时，向敌船投掷，使敌人在船上难于行动和作战。铁蒺藜制造简易，敷设方便。除用铁铸造外，也可以用竹、木代替。2000 多年以来，它一直是战争中应用的障碍器材。

地听

地听指中国古代战争中用于侦测有声源目标方位的器材。亦称瓮听。地听最早应用于战国时期的城防战中。据《墨子·备穴》记载：当守城者发现敌军开掘地道时，立即在城内墙下挖井，井中放置一口新缸，缸口蒙一层薄牛皮，令听力聪敏的人伏在缸上，监听敌方的动静。敌方开凿地道时所发生的音响在地下传播的速度高，而且衰减小，容易激起缸体共振，从而可以侦测地下敌人所在的方位。这种简易可靠的侦察方法，也被用于地面战斗。据唐朝李筌撰《太白阴经》记载，夜间战斗时，令少睡者伏地枕在空葫芦上，可以听到几十里外的人马脚步声。

中国古代火药

中国古代火药指中国古代以硝石、硫黄、木炭或其他可燃物为主要组分，点火后能速燃或爆炸的混合物。因为硝石、硫黄等在中国古代都是药物，混合后易点火并猛烈燃烧，故称为火药。现代黑火药是由中国古代火药发展而来。火药是人类掌握的第一种爆炸物，是中国古代的四大发明之一，对于世界文化的发展曾起重大作用。

火药的起源

火药不是历史上个别人物的发明，它起源于中国古代的炼丹术。从认识硝、硫性质，发现起火现象，到应用于军事，经历了一个漫长的历史过程。早在汉朝以前，火药的主要成分硝石、硫黄作为金石药物已为人们所知。在秦汉之间成书的《神农本草经》中说，“消石，味苦，寒，主五脏积热……炼之如膏。”“石流黄，味酸，温，……能化金根铜铁，奇物。”消石即硝石，石流黄即硫黄，说明当时已作过火炼硝石的试验，对硝石和硫黄的性质

已有初步认识。

在火药发明的过程中，炼丹家的作用特别重要。中国古代火药的主要成分硝石和硫黄，以及硫黄的砷化物，都是炼丹术中常用的药物。西汉末东汉初的炼丹师《三十六水法》中，有名为“硫黄水”、“雄黄水”、“雌黄水”的丹方，用硝石与硫黄、雄黄和雌黄在竹筒中以水法共炼。东晋时，炼丹家葛洪（283~363）在他所著的《抱朴子·仙药》中有以硝石、玄胴肠、松脂三物炼雄黄的记载：“又雄黄……饵服之法，或以蒸煮之，或以酒饵，或先以硝石化为水乃凝之，或以玄胴肠裹蒸之于赤上下，或以松脂和之，或以三物炼之，引之如布，白如冰……，”经实验证明：当硝石量小时，三物炼雄黄能得砒霜及革质砷；而当硝石量大时，猛火加热，能发生爆炸。

隋末唐初医学家、炼丹家孙思邈（581~682），史称药王。选录入《诸家神品丹法》的《孙真人丹经》，相传是孙思邈所撰，记载有多种“伏火”之法。其中有“伏火硫黄法”如下：“硫黄、硝石各二两令研，右用销银锅或砂罐子，入上件药在内，掘一地坑，放锅子在坑内，与地平，四面却以土填实，将皂角子不至者三个烧令存性，以铃逐个人之，候出尽焰，即就口上着生熟炭三斤，簇煨之，候炭消三分之一，即去余火不用，冷取之，即伏火矣。”唐宪宗元和三年（808），炼丹家清虚子在其所著《太上圣祖金丹秘诀》（后选入《铅汞甲庚至宝集成》卷二）“伏火矾法”中记载有将硫黄伏火之法：“硫二两，硝二两，马兜铃三钱半，右为末拌匀，掘坑入药于罐内，与地平，将熟火一块弹子大，下放里面，烟渐起，以湿纸四、五重盖，用方砖两片捺，以土塚之，候冷取出。”

这类伏火之法，虽然炼丹家的原意，是为了使硫黄改性，避免燃烧爆炸，以达到炼丹的目的；但同时使他们认识到，上述丹方中含有硝石、硫黄和“烧令存性”（即炭化）的皂角子或马兜铃粉，三者混合具有燃烧爆炸的性能，从而发明了原始火药。故在炼丹时，有必要采取安全措施，将药罐放在坑内，与地平，四面并以土填实，甚至用湿纸盖，方砖捺，以土塚之。炼丹家正是通过他们的长期实践，才发现硝石、硫黄和木炭等混合物的爆炸性能，因此，至迟在808年以前，含硝、硫、炭三组分的火药已经在中国诞生。

在中唐以后成书的《真元妙道要略》中，更有明确的记载：“有以硫黄、雄黄合硝石并蜜烧之，焰起烧手、页及烬屋舍者。”“硝石宜佐诸药，多则败药，生者不可合三黄等烧，立见祸事。凡硝石伏火了，赤炭火上试，成油入火不动者即伏矣。……不伏者才入炭上，即便成焰。”三黄是指硫黄、雄黄和雌黄。以上正是唐朝及唐朝以前炼丹家在发明火药的过程中，对这类丹方燃烧爆炸性能的经验总结。原始火药也由此而逐渐进入军事应用的新阶段。

火药的早期军事应用

到10世纪，关于试制和试验火药兵器的记载已经屡见于文献。北宋初官修的《武经总要》，记载有火砲、蒺藜火毬和毒药烟毬的火药配方。这3个配方是世界历史上最早冠以火药名称，并直接应用于3种实战武器的火药。但应指出，这些配方中硝含量低，还有含大量其他组分，通常只能速燃，用以纵火、发烟或散毒，还是一种低级火药，是近代火药的雏形。

在北宋时已经大量生产火药，政府有专设部门管理。宋敏求所著的《东

京记》记载着北宋在汴京（今河南开封）建立了火药作，也就是火药制造工场，有严格的规程，并注意保密。大量文献和史实可以说明，以上述 3 种火药配方为代表的低级火药，在 10 世纪已经用于制造火器。

火药技术的发展

10~14 世纪，由于战争频繁，火药兵器得到发展，火药性能不断提高，火药技术不断改进。在文献中有不少对于当时各种火药兵器威力的描述。北宋靖康元年（1126），金人攻宋都汴京，“夜发霹雳砲以击贼，军皆惊呼”（李纲《靖康传信录》卷二）。南宋绍兴三十一年（1161），金军渡江攻宋，“舟中忽放一霹雳砲，盖以纸为之，……自空而下，……其声如雷，纸裂而石灰散为烟雾，眯其人马之目，人物不相见。……遂大败之”（杨万里《诚斋集》卷四十四）。金无兴元年（1232），赤盏合喜守汴京时，“其守城之具有火砲名‘震天雷’者，铁罐盛药，以火点之，砲起火发，其声如雷，闻百里外，所蒸围半亩之上，火点著甲铁皆透”（《金史》卷一百十三）。元至元十四年（1277），元兵攻静江（今广西桂林），静江破，守将“娄鈜犹以二百五十人守月城不下”。元军围之十余日，“娄乃令所部入拥一火砲燃之，声如雷霆，震城土皆崩，烟气涨天外，兵多惊死者，火熄入视之，灰烬无遗矣”（《宋史》卷四百五十一）。元至元十七年（1280），“维扬砲库之变为尤酷。……碾硫之际，光焰倏起，即而延燎，火抢奋起，迅如惊蛇。……未几透入砲房，诸砲并发，大声如山崩海啸，倾城骇恐，……远至百里外，屋瓦皆震。……事定按视，则守兵百人皆糜碎无余，楹栋悉寸裂，或为砲风扇至十余里外。平地皆成坑谷，至深丈余。四比居民二百余家，悉罹奇祸，此亦非常之变也”（周密撰《癸辛杂识·砲祸》）。元至正十九年（1359），马俊等率壮士“以火筒数十，应时并发，敌军不能支”，敌军“驰突春波桥，……我军以火筒射而仆之”（徐勉之撰《保越录》）。

据上述文献描述的各种火器威力，很明显地可以看出，火药性能在 10~14 世纪中是逐步提高的。12 世纪的霹雳砲，已能用火药喷火的反推力，把它推上空中，反映出其火药性能比 10、11 世纪用以纵火的火药有了提高。13 世纪，用于装填铁火砲（震天雷）的火药，能将生铁外壳炸成碎片，打穿铁甲。一枚铁火砲爆炸后，使城土皆崩，城内 250 人死亡，士兵多有惊死者。而在砲房爆炸中，能形成丈余弹坑，甚至楹栋有被砲风扇出数里者。这些事实充分说明当时火药的威力之大。所谓“惊死”和“砲风”应是对爆炸时形成的空气冲击波作用的描述。此时火药应已能爆轰，其组成和配方与《武经总要》所载的配方比较，显然有更大的改进。到 14 世纪，元朝火统（筒）的出现，说明此时火药已经用作金属管形射击火器的发射药。

明朝对火药技术有大量文字记载，至今尚存的明代《火龙神器阵法》是继《武经总要》之后的另一部重要文献，它反映了 14~15 世纪及其前后火药技术的进展，其中载有多种三组分火药配方。在戚继光所著《纪效新书》中，对火药配方和制造工艺均有详细记述。鸟铳药配方含硝酸钾 75.8%，硫 10.6%，炭 13.6%，与现代标准军用黑火药基本相同。当时已制作粒状火药，所载工艺翔实可行。还记载了检验火药性能的方法：“只将人手心擎药二钱，燃之，而手心不热，即可入铳。但燃过有黑星白点，与手心中烧热者，即不佳。”说明对火药燃速和反应的完全性提出了很高的要求。

火药理论的探索

明朝对火药配方和性能已作了一些初步的理论探索，有关记载最早见于唐顺之的《武编》（1549年辑），后来茅元仪收入《武备志》（1621年刊印），名之曰“火药赋”。这是一篇关于火药的学术文章，其中写道：“虽则硝、硫之悍烈，亦藉飞灰而匹配。”“硝则为君而硫则臣，本相须以有为；硝性竖而硫性横，亦并行而不悖。”“烈火之剂，一君二臣，灰硫同在臣位，灰则武而硫则文。剽疾则武收殊绩，猛炸则文策奇勋。”“灰硝少，文虽速而发火不猛；硝黄缺，武纵燃而力慢。”对硝、硫、炭三种组分的作用和相互关系作了定性的说明，特别是明确了硝石在火药中的重要作用，是符合科学原理的。明朝科学家宋应星在其名著《天工开物》（1637年初刊）中对火药性能作了理论探索，他说：“凡火药，硫为纯阳，硝为纯阴，两精逼合，成声成变，此乾坤幻出神物也。”又说：“消性至阴，硫性至阳。阴阳两神物相遇于无隙可容之中。”他借用中国古代传统的阴阳对立转化之说，形象地描述硝硫在一定条件下发生的氧化还原反应。他和茅元仪一样认为硝性竖而硫性横，但又进一步明确提出了与现代“发射”和“爆炸”大致相当的“直击”和“爆击”两个概念。他写道：“直击者消九而硫一。”“爆击者消七而硫三。”将硝硫比例与性能联系起来，对实践经验作了总结。宋应星甚至对火药爆炸产生的空气冲击波的杀伤作用也作了接近实际的分析。他在《论气》这部著作中写道：“惊声或至于杀人者，何也？曰：气从耳根一线宛曲出而司听焉，此气出入业其口鼻分官，窒则聋，焚则病，散绝则死。惊声之甚者，必如炸炮飞火，其时虚空静气受冲而开，逢窍则入，逼及耳根之气骤入于内，覆胆隳肝，故绝命不少待也。”这里的“惊声”就是那时对空气冲击波的认识，“炸炮飞火”即火药爆炸。火药爆炸后，在空气中形成冲击波，可使耳聋、内脏损伤或致人死命。

概观中国对火药的探索、发明和发展，自魏晋南北朝以来，古代化学家（炼丹家）们利用早在汉朝已经掌握了的金石药物硝、硫，经过长期的炼丹实践，至迟在唐宪宗元和三年（808）以前已经发明了火药，并在五代末北宋初（10世纪）用以制造出纵火用的火药兵器。在宋、元两代不断创造新火器的实践中，火药性能也不断提高，炸弹用火药和金属管形射击火器用的发射药等均已制造出来，并在明朝达到了成熟的程度。到明朝后期，科学家们还继续在理论上作了一些探索。

中国古代火箭

中国古代火箭指中国古代一种依靠自身向后喷射火药燃气的反作用力飞向目标的兵器。“火箭”一词，最早见于《三国志·魏明帝纪》注引《魏略》。魏明帝太和二年（228），诸葛亮出兵攻打陈仓（今陕西宝鸡市东），魏守将郝昭“以火箭逆射其云梯，梯然，梯上人皆烧死”。但那时的所谓“火箭”，只是在箭杆靠近箭头处绑缚浸满油脂的麻布等易燃物，点燃后用弓弩发射出去，用以纵火。火药发明后，上述易燃物由燃烧性能更好的火药所取代，出现了火药箭。这种“火箭”曾在军队中长期使用。靠火药燃气反作用力飞行的火箭问世后，仍沿用这一名称，但其含义已根本不同。

北宋后期，民间流行的能高飞的“流星”（或称“起火”）已利用了火药燃气的反作用力。按其工作原理，“流星”之类烟火就是用于玩赏的火箭。南宋时期，不迟于12世纪中叶，这一技术开始用于军事，出现了最早的军用火箭。早期的火箭是在普通的箭杆上绑一个火药筒，发射时用引线点燃火药，火药燃气从尾部喷出，产生反作用力推动火箭前进。它以火药筒作发动机，以箭杆作箭身，用翎和箭尾上的配重铁块稳定飞行姿态，以箭头为战斗部。其构造虽简单，但组成部分却很完整，是现代火箭的雏形。此外，当时有些称为“雷”或“砲”的武器，如南宋绍兴三十一年（1161），宋金采石之战所用的带着火光升空的“霹雳砲”，实际上也是一种火箭。到明朝初年，火箭技术迅速提高，发展成种类繁多的火箭武器，广泛用于战场，被称为“军中利器”。许多中外文献对中国古代火箭均有记述，尤以明朝焦玉撰《火龙神器阵法》（成书于1412年）和茅元仪撰《武备志》（1621年初刊）最为详细，对各种火箭的制作、使用与维护方法，火药配方与用量，以及飞行与杀伤性能等均有记述，并有大量附图。

多火药筒并联火箭一支火箭装有2个同时工作的火药筒的“二虎追羊箭”和装有4个火药筒的“神火飞鸦”等，是最早的多火药筒并联火箭。据《火龙神器阵法》记载，“神火飞鸦”是用细竹篾、细芦、棉纸做成鸦状，腹内装满火药，身下斜钉4支火箭，使用时，同时点燃4支火箭，“飞远百余丈”（约320米）。多火药筒并联推进，可增大射程或增加投送重量，但也会因各火药筒推力大小不等，点火先后不一而导致飞行失败。实现多火药筒并联飞行，是火箭技术的一大进步。

有翼火箭除“神火飞鸦”外，《武备志》记载的“飞空击贼震天雷砲”，也是有翼火箭。它是用竹蔑编造，中间装一火药筒，其余部分装满火药，两旁各安风翅一扇，“如攻城，顺风点信，直飞入城”。火箭加翼，不仅可改善飞行稳定性，而且使火箭具有一定滑行能力，从而可借助风力增大飞行高度和距离。

多级火箭《火龙神器阵法》记载了一种名为“火龙出水”的火箭：用5尺（约合1.55米）长的毛竹去节削薄作龙身，前后装上木制龙头龙尾，头尾两侧各装火箭一支，龙腹内装火箭数支。发射时，先点燃头尾两侧的4支火箭，推动火龙前进。待4支火箭燃烧将完时，连接的引线引燃龙腹内的火箭，由龙口飞出，继续飞向目标。“水战可离水三四尺燃火，即飞水面二三里去远，如火龙出于水面”。这是最早见于史书记载的多级火箭。

多发齐射火箭《武备志》记载了十几种多发齐射火箭。其中，有一次发射20支的“火龙箭”，一次发射32支的“一窝蜂”，一次发射100支的“百虎齐奔箭”等。这些火箭，都是装在一个筒形容容器内，把各支火箭的药线连在一根总线上。作战时常并架数十桶至百桶，“总线一燃，众矢齐发，势若雷霆之击，莫敢当其锋者”。据《明实录》记载，建文二年（1400）燕王朱棣与建文帝战于白沟河，曾使用过“一窝蜂”。实行多发齐射，增加射击密度，迄今仍是提高无控火箭杀伤威力的基本途径。

中国古代火箭技术的发展，不仅表现为创制了种类繁多的火箭武器，而且表现为不断改进火箭的火药筒、战斗部和发射装置。

最初的火药筒制作简单，用多层油纸、麻布等做成筒状，筒内装满火药，前端封死，后端留有小孔，从中引出引火线。到明朝时，制造火药筒的经验已相当丰富。戚继光在《练兵实纪·杂集》中记述：火药筒的火药要装得密

实；中间要钻孔，增大火药的燃烧面；孔要钻直，否则火箭飞出会偏斜；孔深要适宜，太浅则燃烧面小，产生燃气少，火箭飞得慢甚至中途坠地，太深会把药筒前端烧穿；孔径以能容纳3根引火线为好，火箭可飞得急而平。这些经验，即使用现代火箭制造原理来衡量也是正确的。

早期火箭的战斗部就是一般的箭头，或代之以刀、矛（枪）、剑，强者可射穿铠甲，射程可达五百步（约合775米）。有时在箭头上涂敷毒药，以增强杀伤效果。“神火飞鸦”则在鸦身内装满火药，发射后“将坠地方着鸦身，火光遍野”。“飞空击贼震天雷砲”的战斗部也是火药，“待送药尽燃，至发药碎爆，烟飞雾障，迷目钻孔”。火箭战斗部从用冷兵器实施个体杀伤，发展到用火药作群体杀伤和破阵攻城，是火箭武器杀伤威力的重大进步。

火箭的发射装置，早期是叉形架，后来出现竹筒导向器。明赵士桢进一步发明了“火箭溜”，形状类似短枪，火箭在其滑槽上发射，能更好地控制方向。多发齐射火箭是通过火箭桶（筒、柜）上下二层隔板给单支火箭定位定向，并可利用上大下小的隔板调节火力范围。齐射方向，则通过手控火箭筒，或将它架设一定角度来实现。戚继光军作战时，曾将火箭柜固定在车上，提高了机动能力，并用火箭车布成车阵，颇似现代火箭炮的发射方式。发射装置和发射方式的改善，使火箭的射向、射程和火力范围得到较好的控制，从而提高了作战威力。

火箭技术在中国古代不仅被广泛用于军事，明朝初年，还有人作了火箭载人飞行的最初尝试。据说约在14世纪末，中国人万户在一把坐椅的背后，装上47个当时最大的火箭，并把自己捆在椅子前边，两手各拿着一个大风筝，然后叫仆人同时把这些火箭点燃。其目的是想借助火箭向前推进的力量加上风筝上升的力量飞向前方。尽管这次试验没有成功，但万户已被公认为世界上第一个试图利用火箭来飞行的人。

火箭起源于中国，是中国古代重大发明之一。中国古代火箭技术的发展，不仅为古代战争提供了先进武器，而且具有重大的科学价值。

猛火油柜

猛火油柜指中国古代一种喷火器具。猛火油即石油。

约在西汉末年，中国发现并使用了石油。南北朝以后，石油被用于战争中的火攻。据《吴越备史》记载，后梁贞明五年（919）出现了以铁筒喷发火油的“喷火器”。到北宋初年，火药用于军事后，军队装备了一种构造更完善的喷火器“猛火油柜”。据《武经总要》记载，它以猛火油为燃料，用熟铜为柜，下有4脚，上有4个铜管，管上横置唧筒，与油柜相通，每次注油3斤左右。唧筒前部装有“火楼”，内盛引火药。发射时，用烧红的烙锥点燃“火楼”中的引火药，然后用力抽拉唧筒，向油柜中压缩空气，使猛火油经过火楼喷出时，遇热点燃，成烈焰，用以烧伤敌人和焚毁战具，水战时则可烧浮桥、战舰。还有一种小型喷火器，用铜葫芦代替沉重的油柜，便于携带、移动，用于守城战和水战。

火毬

火毬指中国古代装有火药的燃烧性球形火器。宋、金、元朝的史书中，

又常称其为火毬。其结构一般以硝、硫、炭及其他药料的混合物为球心，用多层纸、布等裱糊为壳体，壳外涂敷沥青、松脂、黄蜡等可燃性防潮剂。大者如斗，小者如蛋。使用时先点燃（初以烧红的铁锥烙透发火，后改进为引信发火），再用 或人力抛至敌方，球体爆破并生成烈焰。还可通过改变药物配合或掺杂铁蒺藜、小纸砲等，达到施毒、布障、发烟、鸣响等多种效应。主要用来焚烧敌方城垒车船，杀伤和惊扰敌军。

中国早在宋初，就有关于火毬的文献记载。《宋史·兵志》记载，咸平三年（1000）“神卫水军队长唐福献所制火箭、火毬、火蒺藜”。《武经总要》（1044年初刊）中，载有火毬（火毬）、霹雳火毬、蒺藜火毬、毒药烟毬、烟毬、引火毬等，并附有3种火药配方。火毬在宋、金、元朝是主要攻守火器之一，曾被广泛用于战争。如《三朝北盟会编》记北宋靖康元年（1126）金军攻宋都汴京（今河南开封），金军“火毬如雨，箭尤不可计，其攻甚力”。到明朝，火器有了很大发展，但火毬制造简易，使用方便，仍在水军中广泛使用。戚继光认为：“大蜂巢”（火毬的一种）是“兵船第一火器”。到清朝，火毬虽仍在军中使用，但其所起作用已不大。

铁火砲

铁火砲指中国朱元时期军队装备的一种铁壳爆炸性火器。亦称“震天雷”。用生铁铸成外壳，形如罐子、合碗等不同样式，内装火药，并留有安放引火线的小孔。点燃后，火药在密闭的铁壳内燃烧，产生高压气体，使铁壳爆碎伤人，是当时威力较大的一种火器，广泛用于攻守城战、水战和野战。按其大小和用途不同，有的用砲抛掷，有的以手投放，也有的从城上推下。

铁火砲一名，最早见于南宋赵与 的《辛巳泣薪录》。嘉定十四年（1221）金兵攻宋蕲州（今湖北省蕲春县）时，曾将铁火砲打到知府帐前和卧室中，“其声大如霹雳”，一宋兵被金人“铁火砲所伤，头目面霈碎，不见一半”。宋元时期，军中多装备有铁火砲，并广泛用于作战。《金史·赤盏合喜传》记载，开兴元年（1232），蒙古军攻汴梁（今河南开封）时，金兵曾用震天雷守城，并用铁绳将震天雷从城上吊下，炸毁蒙古军的攻城器械“牛皮洞子”。书中描述震天雷的威力说：“砲起火发，其声如雷，闻百里外，所燕围半亩之上，火点著甲铁皆透。”《宋史·马暨传》记载，至元十四年（1277）元军攻静江（今广西桂林）时，一守城宋将率250人用一大型铁火砲集体殉难的情景：“燃之，声如霞霍，震城土皆崩，烟气涨天外，兵多惊死者，火熄入视之，灰烬无遗矣。”《可斋续稿后集》记载，南宋宝祐五年（1257），李曾伯奉命调查军备后说，当时荆州一月制造铁火砲一二千只，“荆淮之铁火砲动十数万只”。元军攻日本时，也曾使用铁火砲。当时参战的日本画家竹崎季长在其作品《蒙古袭来绘词》中，还画了一具呈炸裂状的铁火砲。明朝以后，在铁火砲的基础上，爆炸性火器有了进一步发展，陆续出现了地雷、水雷和爆炸性炮弹。

突火枪

突火枪指中国古代一种用火药发射弹丸的竹管射击火器。南宋开庆元年（1259）寿春府（今安徽寿县）始造。据《宋史·兵志》记载，突火枪“以

巨竹为筒，内安子窠”，点火后“予窠发出，如砲声，远闻百五十余步。”子窠是一种弹丸。突火枪由火枪发展演变而来。南宋绍兴二年（1132），陈规守德安（今湖北安陆）时，制成长竹杆火枪20支，用以喷射火焰，焚毁敌人的大型攻城器械“天桥”。南宋绍定五年（1232），金军曾用飞火枪同蒙古军作战，其制是以16层纸卷成筒，长2尺（约合0.62米）许，内实火药及铁滓、磁末等，再绑缚在矛的前端，临阵燃之，以烧灼蒙军人马，喷火后再用矛格斗。突火枪同上述火枪相比，已经从喷射火焰烧灼敌人的管形喷射火器，发展为发射弹丸（予窠）杀伤敌人的管形射击火器。突火枪是世界上最早的管形射击火器，其发射原理为步枪、火炮发射原理的先导。

火铳

火铳指中国元朝和明朝前期对金属管形射击火器的通称。有时又称“火筒”。火铳以火药发射石弹、铅弹和铁弹，是在南宋长期使用的各种火枪的基础上，随着火药性能的提高而逐步发展起来的，是元明时期军队的重要装备。

构造和分类

火铳用铜或铁铸成，铜铸较多。由前膛、药室和尾釜构成。通常分为：单兵用的手铳，城防和水战用的大碗口铳、盏口铳和多管铳等。

手铳轻巧灵便，铳身细长，前膛呈圆筒形，内放弹丸。药室呈球形隆起，室壁有火门，供安放引线点火用。尾釜中空，可安木柄，便于发射者操持。有的手铳从铳口至铳尾有几道加强箍。

大碗口铳和盏口铳都因铳口的形状而得名，基本构造与手铳类似，只是形体短粗，铳口呈碗（盏）形，可容较多的弹丸。有的碗（盏）口铳尾釜较宽大，釜壁两侧有孔，可横穿木棍，将铳身置于木架上。发射时，可在铳身下垫木块调整俯仰角。用于水战的碗口铳，多安于战船的固定木架上，从舷侧射击敌船。

三眼铳是一种常见的多管铳，铳身由3个铳管平行铸合成“品”字形，大多有加强箍，尾部为一尾釜，安装木柄，每个铳管各有1个药室和火门，点火后可连射或齐射，常用于骑兵，射毕后可以铳头作锤击敌。

简史

在有关元朝的文献中，火铳之名最早见于《元史·达礼麻识理传》。达礼麻识理在至正二十四年（1364），已经指挥“火铳什伍和联”的部队，说明火铳在此以前就已创制成功。近年来，在黑龙江省阿城县、北京市通县、陕西省西安市各出一件铜手铳，口径分别为26、26、23毫米，全长分别为34、36.7、26.5厘米，制造工艺较粗糙，铳壁厚薄不均，表面不平整，无铭文，一般认为是元朝制品。除手铳外，中国历史博物馆还展出一件铜铸盏口铳，盏口口径105毫米，身管直径75毫米，全长35.3厘米，重6.94千克，铳身刻有元“至顺三年”（1332）等字样。元末时，农民起义军也大量使用火铳作战。《明史纪事本末·太祖平吴》中，有朱元璋部将胡德济、谢再兴

在元至正二十二年（1362）用火铳守诸全（今浙江诸暨）的记载。明朝建立后，火铳得到了较大的发展。洪武年间制造的手铳，同元朝手铳相比，口径减小，身管加长，工艺较精细，铳身多刻有制造地、制造部门、工匠姓名、监造官职、重量和制造年月。如河北省赤城县出土的洪武五年（1372）手铳，口径22毫米，全长44.2厘米，铭文“驍骑右衛胜字肆佰壹号长铳筒重式斤拾式两洪武五年八月吉日宝源局造”。洪武年间还制造了较多的大碗口铳。现藏于中国人民革命军事博物馆的一件洪武五年铳，铳身刻有“水军左衛”、“大碗口筒”等字样，碗口口径110毫米，身管直径58毫米，全长36.5厘米，重15.75千克。近年来在河北省的长城附近也多有实物出土，说明碗口铳在当时的守城和水战中，已广泛使用。永乐年间制造的手铳，工艺精细，形制统一。如“天字”手铳，口径为15毫米左右，全长为36厘米左右，铳身刻有以“天”为字头的统一编号和制造年月。铳身构造也有所改进，自药室至铳口，壁厚逐渐递减，使外形成为有一定锥度的圆筒，说明当时对膛内压力从药室至铳口递减分布的状况已有一定认识。火门铸有一个长方形槽，便于装填引火药，上面装有一个活动盖，以保持槽内的引火药干燥洁净。手铳还配有装药匙，使每发装药量相等。迄今出土的“天字”号手铳，最小序号为“天字九十五号”，制于建立二年（1400），最大序号为“天字九万八千六百十二号”，制于正统元年（1436）。此外。还有“英字”、“胜字”号等手铳，形制与“天字”手铳相仿，这些手铳一直使用到明朝中叶。嘉靖年间制造的三眼铳，口径多在13~15毫米之间，铳身长短不一，一般为40厘米左右。

火铳是中国古代第一代金属管形射击火器，它的出现，使火器的发展进入一个崭新的阶段。元朝火铳问世后，发展很快，在元末朱元璋建立明朝的战争中，发挥了重要作用。明朝建立后，大量制造火铳，加强了边防、海防和城防设施，并于永乐年间组建了专用火器的神机营，促进了明军训练和作战方式的改变，创造和发展了火铳同冷兵器相结合的战术。嘉靖以后，明军装备的轻型手铳和重型火铳，逐渐被鸟铳和火炮所取代。

鸟铳

鸟铳指中国明朝后期对火绳枪和燧发枪的统称。清朝多称为鸟枪。与明代前期使用的手持火铳相比，鸟铳身管较长，口径较小，发射同于口径的圆铅弹，射程较远，侵彻力较强；增设了准星和照门，变手点发火为枪机发火，枪柄由插在火铳尾釜内的直形木把改为托住铳管的曲形木托，持枪射击时由两手后握改为一手前托枪身、一手后握枪柄，可稳定持枪进行瞄准，射击精度较高。“即飞鸟之在林，皆可射落，因是得名”（戚继光撰《练兵实纪杂集》）。又因其枪机形似鸟嘴，故又名鸟嘴铳。它的基本结构和外形已接近近代步枪，是近代步枪的雏形。

鸟铳是欧洲发明的，明嘉靖年间经日本传到中国。据《筹海图编》记载，嘉靖二十七年（1548），明军收复日人、葡人占据的双屿（今浙江省甌县东南海中），获鸟铳及善制鸟铳者，明廷遂命仿制。约在同时，又有鲁迷（今译鲁姆，位于今土耳其）鸟铳传入中国。最初仿制的鸟铳为前装、滑膛、火绳枪机。口径约为9~13毫米，枪管长1~1.5米，全枪长1.3~2米，枪重2~4千克，弹重3~11克，射程150~300米。每名鸟铳手配备药罐1个，

铅弹 300 发。每发射一次，要经过装发射药、用擗杖捣实药，装铅子、捣实铅子、开火门、下点火药、闭火门等一系列繁杂的动作，发射速度较慢。作战时多成五排横队，轮流装填和举放，以保持火力不中断。由于前装弹药的限制，发射时一般取立姿和跪姿。

鸟铳传入后，中国许多火器专家即潜心研制，以求革新。明万历二十六年（1598），赵士楨搜寻到“鲁迷鸟铳”，遂加以改进，把枪机置于枪托内，“拨之则前，火燃自回”，简化了发射动作。他为了提高鸟铳的射速，还参酌佛郎机铳制成装有子铳的“掣电铳”，参酌三眼铳制成有 5 支枪管的“迅雷铳”，可轮流发射。

明崇祯八年（1635），毕懋康著《军器图说》，载有“自生火铳”，改火绳枪机为燧发枪机，提高了鸟铳点火机构的防风雨能力。清康熙年间，戴梓制成“连珠铳”，可交替扣动两个扳机，连续发射 28 发弹丸，提高了鸟铳的射速。康熙以后，鸟枪种类渐多，乾隆时官修的《清文献通考》中列举了 17 种装备军队的鸟枪。北京故宫博物院收藏有许多清朝鸟枪，多数仍为火绳枪，少数为燧发枪，燧发枪的枪机已有撞击式、轮式、弹簧式等多种形式。其中有一杆康熙时期的“御制自来火二号枪”，全长 1.35 米，枪筒长 0.90 米，口径 11 毫米，铸铁枪筒，燧发枪机，有鎏金图饰。

鸟铳的出现引起了军队装备的重大变化，很快就成为装备明、清军队的主要轻型火器之一。《明会典》记载，嘉靖三十七年（1558）一年之中即造鸟嘴铳 1 万支。戚继光《练兵实纪》（1571 年刊行）记载，戚家军步营有 2699 人，装备鸟铳 1080 支，约占 40%。清康熙三十年（1691），置内外火器营，其中内火器营 3920 人，有鸟枪护军 2512 人，占 64%。雍正十年（1732），在驻吉林的八旗兵中设鸟枪营，领兵 1 000 人。随即在广州、福州、宁夏等许多地方都设立鸟枪营，成为新的步兵兵种。第一次鸦片战争（1840）后，四方的后装线膛击针式步枪输入中国，鸟铳遂被淘汰。

中国古代火炮

中国古代火炮指中国古代一种口径和重量都较大的金属管形射击火器。由身管、药室、炮尾等部分构成，滑膛多为前装，可发射石弹、铅弹、铁弹和爆炸弹等，大多配有专用炮架或炮车。明朝丘濬撰《大学衍义补》中记载：“今砲之制，用铜或铁为具，如筒状，中实以药，而以石子塞其口，旁通一线，用火发之”，“亦谓之砲，又谓之铳。”自元朝以后，古代火炮开始成为中国军队的重要装备，主要用于攻守城寨，也用于野战和水战。

中国发明使和用火炮不迟于元朝，到明初已大批生产和装备部队。元末明初使用火铳作战的记载在《元史》、《明史》及其他历史文献中已经屡见，元朝和明洪武年间制造的火炮在中国各地博物馆中亦有收藏。中国历史博物馆展出的一门铭文为元“至顺三年”（1332）的盏口铜铳，其盏口口径 105 毫米，身管直径 75 毫米，全长 35.3 厘米，重 6.94 千克。铳身镌有“至顺三年二月吉日绥 讨寇军第叁佰号马山”三行铭文。中国人民革命军事博物馆收藏的一门明洪武五年（1372）造的大碗口铜铳，碗口口径 110 毫米，身管直径 58 毫米，全长 36.5 厘米，重 15.75 千克。铳身镌有“水军左衛進字四十二号大碗口筒重二十六斤洪武五年十二月吉日宝源局造”铭文。山东省冠县出土的大碗口铜铳，碗口口径 119 毫米，全长 36.4 厘米，重 15.5 千克。

铳身镌有“洪武十一年”（1378）、“海”字铭文。这3门铳均为铜质，形制也类似。在身管前端均有一个大于身管的敞口，身管后部为药室，有装引线的点火孔。但至顺三年铳管壁较薄，工艺较粗糙，明碗口铳管壁加厚，药室部有较明显的隆起，身管加铸数道箍，表明后者已能承受较大膛压。据《明会典》记载，弘治（1488~1505）以前，明政府军器局所制造的各种火炮中，大碗口铳的数量为每3年造3000门。

大碗口铳的敞口虽大于身管口径，但实际上并不能增加火炮的威力。明初，又制造了身管较长的直筒形火炮。河北省宽城县出土的洪武十八年（1385）造的一门直筒形铜火炮，口径108毫米，全长62厘米，重26.5千克，药室处有宽厚的箍。此外，山西省博物馆还收藏有3门洪武十年（1377）造的铁炮，口径210毫米，全长100厘米，两侧有双炮耳，用于调整火炮的射击角度。炮身铸有“大明洪武十年丁巳季月吉日平阳衛造”铭文。这是迄今所知中国最早带有炮耳的铁铸火炮。这种大口径直筒形火炮，显然会增大火炮威力，表明早在14世纪下半叶中国古代火炮已发展到一个新的水平。明朝前期，火炮已成为军队的重要装备，军器局和兵仗局所制造的火炮，有盏口炮、碗口炮、神机炮、旋风发展，改善了军队的装备。据《练兵实纪·杂集》记载，戚继光的车营装备佛朗机铳256门，辎重营装备佛朗机铳160门。天启六年，袁崇焕以红夷炮凭城固守宁远（今辽宁兴城），击退了后金兵，毙伤敌数百人，后金统帅努尔哈赤在该役中中炮受重伤，不久死去。

在火炮技术发展的同时，明末孙元化集中明代制造火炮的成果，吸收西方先进的造炮经验，撰写成《西法神机》一书。其后，焦勳于崇祯十六年在汤若望的传授下，辑成《火攻挈要》。这两部书，是明末火炮制造的理论 and 工艺技术专著，对西方新式火器在中国的进一步传播产生了重大影响。

清朝前期，清政府为适应统一全国及平定三藩叛乱等战争的需要，大量制造火炮。主要有3种类型：红衣炮（即红夷炮）型，如《清会典》中记载的“金龙炮”、“武城永固大将军”炮、“神威无敌大将军”炮等。现存于黑龙江省博物馆的一门康熙十五年（1676）铸造的“神威无敌大将军”铜炮，炮身前细后粗，口径110毫米，全长248厘米，重1000千克，装药2千克，铁弹重2.7千克。这种炮在中俄雅克萨之战中发挥了较大作用。子母炮型，类似佛朗机铳。如“子母炮”，“奇炮”等。现存于北京故宫博物院的一门“子母炮”，母炮口径32毫米，全长184厘米，子炮长25.5厘米。

大口径短管炮，如“冲天炮”、“威远将军”炮等。现存北京故宫博物院的一门康熙二十九年铸造的铜质“威远将军”炮，口径212毫米，全长69厘米，重280千克，载以四轮车，能发射15千克重的爆炸铁弹。康熙时比较重视火炮，仅据《清文献通考》记载，从康熙十三年至六十年，共造大小钢铁炮约900门。随着火炮的大量生产，康熙三十年，清政府成立火器营，专习枪炮。雍正五年（1727），清政府又规定各省绿营兵每千名设炮10位，火炮成为清军的主要装备之一。清朝中期以后，火炮的发展基本处于停滞状态。直至第一次鸦片战争前后，为抗击殖民主义者的侵略，各地军民又造了一些重型火炮，广东省虎门、江苏省镇江市等地至今仍保存有当时的抗英火炮。从19世纪50年代开始，清政府大置购买西方近代火炮，同时创办了一些近代军事工业，制造近代火炮，中国古代火炮逐渐被近代火炮所取代。

中国古代地雷

中国古代地雷指中国古代设置在地下或地面的爆炸性火器。由雷壳、装药和引爆装置组成。中国在明朝初年（15世纪初）已使用地雷。《明史纪事本末·燕王起兵》记载，建文二年（1400）白沟河之战时曾“藏火器地中，人马路之，辄烂”。早期的地雷构造比较简单，多为石壳，内装火药，插入引信后密封埋于地下，并加以伪装。当敌人接近时，引信发火，引爆地雷。阴中期后，使用地雷渐广。雷壳多为铁铸，引信也得到了改进。万历八年（1580），戚继光镇守蓟州时，曾制钢轮火石引爆装置“钢轮发火”。它是在机匣中安置一套传动机构，当敌人踏动机索时，匣中的坠石下落，带动钢轮转动，与火石急剧摩擦发火，引爆地雷。这种装置提高了地雷发火时机的准确性和可靠性。明朝末年，地雷的种类更多，据《筹海图编》、《练兵实纪·杂集》、《武备志》等书记载，明军所用的地雷有十多种。按引爆方式区分，有燃发、拉发、绊发、机发等。其布设方式，除单发雷外，还有利用一条引信控制爆炸的群发雷，一个母雷爆炸引爆若干子雷的“子母雷”。根据作战需要，还可将地雷设置在车上、建筑物内或用动物运载地雷冲阵。

中国古代水雷

中国古代水雷指中国古代布设在水中的爆炸性火器。一般以铁为雷壳，内装火药和发火机构，外加密封装置。按其在水中布设的状态，有锚雷、漂雷、沉底雷等。中国在明朝的水战中已广泛使用水雷。阴嘉靖二十八年（1549），唐顺之辑《武编》，记有“水底雷”，将铁壳雷放入密封的大木箱里，沉入水中，下用3只铁锚定位，上用绳索连发火装置接到岸上，当敌船接近时，岸上伏兵拉火引爆。它实际上是一种拉发锚雷。王鸣鹤撰于16世纪末的《火攻问答》中，记述一种触发沉底雷，称为“水底鸣雷”。它是将铁壳雷放入密封的大缸中，沉于水底，上横连绳索于水西下一二寸（约0.033~0.066米）处，并与雷体内的发火装置相连，敌船触之，机落火发，炸毁敌船。《武备志》（1621年初刊）中记录了几种水雷，其中有“水底龙王砲”，它是一种定时爆炸漂雷。外壳是使用熟铁打造，重4~6斤（约2.4~3.9千克），内装火药。砲上缚信香引火，香的长短可根据敌船的远近而定。砲外裹以牛脬密封，再用处置过的羊肠引到水面通气，上用鹅雁翎作浮，不致熄灭水种。将砲绑缚在木排上，用石头坠入水中，顺流漂去，“香到火发，砲从水底击起，船底粉碎。”宋应星撰《天工开物》（1637年初刊）记载有一种名叫“混江龙”的水雷，它的构造与“水底龙王砲”相似，但改信香发火为火石火镰摩擦发火，提高了点火机构的可靠性。

中国古代战车

中国古代战车指中国古代在战争中用于攻守的车辆。攻车直接对敌作战，守车用于屯守并载运辎重。一般文献中习惯将攻车称为战车，或称兵车、革车、武车、轻车和长毂。夏朝已有战车和小规模的车战。从商经西周至春秋，战车一直是军队的主要装备，车战是主要作战方式。

商周时期战车的形制，在《考工记》中有较详细的记述。1936年，在河南省安阳市殷墟车马坑中，首次出十一辆商朝战车。坑中南端并排着器具、

马骨，车内外分布着3套兵器。从出土于商、西周、春秋和战国时期古墓中的战车可以看出，商周时期战车的形制基本相同，均为：独辕（辮），两轮，长毂；横宽竖短的长方形车厢（舆），车厢门开在后方；车辕后端压置在车厢与车轴之间，辕尾稍露山厢后，辕前端横置车衡，衡上缚两轭用以驾马。商朝战车轮径较大，约在130~140厘米之间，春秋时期缩小为124厘米左右；辐条18~24根；车厢宽度一般在130~160厘米之间（山东省胶县西庵出土的西周战车车厢宽达164厘米），进深80~100厘米。由于轮径大，车厢宽而进深短，而且又是单辕，为了加大稳定性及保护舆侧不被敌车迫近，战车的车毂一般均远比民用车的车毂长。如西庵出土的西周战车，车毂长0厘米，轴头铜晬长13.5厘米，总长度达53.5厘米。根据对有关出土车辆主要部位尺寸的测定和比较可知，商周时期战车结构的变化是：轨宽逐渐减小，车辕逐渐缩短，而轮上辐条的数目则逐渐增多。其目的显然是为了提高战车的速度和灵活性。

战车为木质结构，一般在重要部位装有青铜件，通称车器，用以加固和装饰。轮轴是战车的關鍵部位，装于轮轴部位的车器主要有：长毂饰、輶、軛、軛、枅饰、晬饰、轴饰、辖等8种。其中輶、軛合为一组，用以保护车毂。毂是轮轴穿合部，又是车轮栽辐之处，承重量大，所以此组车器是毂饰的核心部件。輶的外形为圆管状，軛的外形加短的截管，軛的外形如中空的截锥体。装配时每一车毂两輶、两軛、两軛，共六器分为两组，由车毂的内外页侧分别套入车轴。此外，还有将輶、軛合铸为一的，即长毂饰。由于战车的车毂较长，作战时与敌车接舆近战，必须先行“错毂”，輶、軛（或长毂饰）的作用就是保护车毂在“错毂”时不致被碰折。此外还要在轴端加上晬饰。

西周中期以前，一般采用长型晬饰，其长度为17厘米左右；西周以后则通行短型晬饰，其长度在8~10厘米之间。湖北省随县曾侯乙墓出土的1件矛状车晬，通长87.5厘米，它不仅用于保护和装饰轴头，而且也是带有攻击性质的装置。车轴是战车驰骋时急剧转动的关键部件，为防损坏，战国时期已开始于轴毂之间装置铁铜，以减少轴毂的摩擦。据河南省洛阳市中州路战国车马坑出土实物可知，铁铜为半筒形瓦状，每轮4块，均以铁钉固定在轴杆上。晬饰是包在车轮辋上的铜片，纵断面呈U形，固定在轮辐上的接缝处。轮辋为双层结构，每层均由两个半圆形木圈拼成，里外两面的接缝错开，互成直角，造成每一轮辋有4个接缝处，用4个枅饰加以紧固。

战车每车驾2匹或4匹马。4匹驾马中间的2匹称“两服”，用缚在衡上的轭驾在车辕两侧。左右的2匹称“两骖”，以皮条系在车前。合称为“駟”。马具有铜制的马衔和马笼嘴，这是御马的关键用具。马体亦有铜饰，主要有马镳、当庐、马冠、月题、马脊背饰、马鞍饰、环、铃等。

战车每车载甲士3名，按左、中、右排列。左方甲士持弓，主射，是一车之首，称“车左”，又称“甲首”；右方甲士执戈（或矛），主击刺，并有为战车排除障碍之责，称“车右”，又称“参乘”；居中的是驾驭战车的御者，只随身佩带卫体兵器短剑。这种乘法可以追溯到商朝。如在殷墟车马坑中，3名甲士分布两处，车后2人，舆侧1人；3套兵器，第一套华贵精美，余两套仅为一般的铜质，有明显的等级差别，兵器的品种也明显地有时御之分。据《左传》等中国古代文献记载，西周和春秋时期的乘法也与此相同。此外，还有4人共乘之法，称为“駟乘”，但这是临时搭载性质，并非通例。

除3名甲士随身佩持的兵器外,车上还备有若干有柄格斗兵器。据《考工记·庐人》记载,这些兵器是戈、殳、戟,酋矛、夷矛,合称“车之五兵”,这些兵器插放在战车舆侧,供甲士在作战中使用。西周青铜器的铭文中“𨋖”,这是较早的一个车字,可以看出舆上高插兵器的形状。但是在实际出土的战车上,所配置的兵器品种却往往不象记载的这样齐全。

国君所乘的战车称为“戎车”,其形制与一般战车基本相同。春秋中期以后,军队中出现了专职将帅,国君已经不必亲登战车指挥作战,因此戎车便失去其作为国君专乘的意义,而成为将帅的指挥车。

每乘战车除车上的3名甲士以外,还隶属有固定数目的徒兵(春秋时期称为步卒,战国时期称为卒)。这些徒兵和每乘战车编在一起,再加上相应的后勤车辆与徒役,便构成当时军队的一个基本编制单位,称为一乘。这一情况反映出当时的军队以战车为中心的编制特点。商周时期的战车,是中国奴隶社会军事技术装备的集中代表,当时所使用的畜力驾挽的双轮战车,增强了军队的机动性;车上甲士的青铜兵器装备,发挥了当时兵器的最大威力;车上还配备有旗鼓铙铎,用以保证军队的通信联络和战斗指挥。作战时,甲士站在车上,徒兵跟在车下,而当一方车阵被击溃之后,胜负便成定局。所以当时的战争,主要就是战车之间的战斗。

在车战的起始阶段,使用战车的数量较少。据《吕氏春秋》记载,夏朝末年,商汤与夏人战于 ,仅使用了战车70乘。商末,在周武王伐纣的牧野之战中,达到一次动用300乘的规模。春秋时期,随着生产力的发展和兼并战争的加剧,战车数量有了明显增加。到春秋末期,一些大的诸侯国,如晋国和楚国,拥有战车的数量已达4000乘以上。到春秋战国之交,由于封建生产关系的发展,拥有大量步兵的新型军队开始组成。而铁兵器的采用和弩的改进,又使步兵得以在宽大正面上,有效地遏止密集整齐的车阵进攻。战车车体笨重,驾驭困难,其机动性受地形和道路条件的限制,遂逐渐被步兵、骑兵取代。但是,这一作战方式的演变过程是极其缓慢的,直到战国时期,各诸侯国的战车数量仍相当可观,大规模的车战仍然时有发生,如《史记·张仪列传》记载,当时秦军的组成是“带甲百余万,车千乘,骑万匹。”但这时的战车已不再担负主要的作战任务,车战也不再是军队作战的主要方式。

秦朝战车的乘法和使用情况,可以从陕西省临潼县秦始皇陵兵马俑坑出土的战车兵得到准确反映。尽管出土时木质车体已经朽毁,但从陶质的战马、甲士的分布情形可以看出:每乘战车仍然是前驾4马,甲士3人,战车的形制也没有很大变化。秦汉之交,汉将樊哙曾以轻车和骑兵攻破雍南;汝阴侯夏侯婴善用战车,曾4次以战车突击立功;车骑将军灌婴曾以车骑追击项羽至东城。说明在汉初的战争中,战车仍然发挥着一定作用。大约到汉武帝年间(公元前140~前87),汉王朝的军队为了与匈奴进行持续的战争,发展了大量骑兵部队,此后,战车在战场上便逐渐消失。

中国古代战船

中国古代战船指中国古代为作战目的制造或改装的武装船舶。一般可分为大、中、小3种类型。大型的是主力战船,称为“舰”或“楼船”,有2层、3层、4层,甚至4层以上甲板的。中型的是用于攻战追击的战船,如“蒙冲”,“先登”等。小型的是用于哨探巡逻的快船,如“游艇”、“赤马舟”

等。为适应作战时能抢上风 and 追歼敌船的需要，大多数战船是专为作战而设计制造的，以保证具有较好的适航性能、操纵性能和较高的速度。也有一些战船是采用渔船或商船的船型加以改进后制造的，或临时用渔船或商船加以改装，使其能符合作战的需要。战船乘人多少以“米重”为标准计算，每人以重2石为准。

发展与演变

大约7000年前，中国的先民已经开始了水上活动。商朝的甲骨文中已经明确地记载了水上活动，至周朝已有水战的记录，但舟师和战船的制度不详。据《左传》记载：鲁襄公二十四年（公元前549）“楚子为舟师以伐吴……无功而还”。

鲁昭公十七年（公元前525），吴伐楚战于长岸（今安徽当涂西南），楚师败吴，获吴王乘舟“余皇”，吴复袭楚师，取“余皇”去。说明春秋时期各诸侯国乘船作战已很频繁。鲁哀公十年（公元前485），吴“徐承帅舟师将自海入齐”（《左传》），这是历史上有记载的中国舟师第一次海上军事行动。这一时期的舟师已有相当规模。吴越之战，越军4.9万人中有习流2000人。后来，越舟师出海北上攻齐有戈船300艘，死士8000人。战舰的种类及形制已相当齐备。当时比较大的战船为“大翼”，长12丈（约合24米），宽1丈6尺（约合3.2米），可容战士20余人，桨手50人。河南省汲县山彪镇出土的战国水陆攻战纹铜鉴，形象地描绘了当时驾船作战的情景。战船是桨船，分上下两层，上层为战士，下层为桨手。

汉朝水军的规模更加巨大，战船更趋完备。当时既有4层舱室的巨型楼船，也有200斛以下的艇。在汉魏时期不仅船型众多，船舶装具也相当齐备，出现了橹、舵及其他船具，帆亦迅速发展。至此，中国古代船舶技术的发展已经达到比较成熟的阶段。东汉建安十三年（208），在有名的赤壁之战中，双方使用的船舶数以千计，足以说明当时水战的巨大规模。

南北朝时，人们认识到水战时风力大小无常，不可恃以作战，因而重视发展人力推进的战船，出现多桨快艇。隋朝杨素造“五牙”大舰，起楼5层，高100余尺（约合29.5米），能容战士800人，有6个拍竿，高50尺（约合14.76米），用以击碎敌船。唐朝的海鹞船是模仿海鸟而创制的海船，两侧有浮板，具有良好的稳定性，以适应海上作战的要求。唐朝还发明了车船（轮桨船）。

到了宋朝，卒船在战争中有很大发展，都料匠高宣所制巨型作战车船长20~30丈（约合60~90米），有23~24个车轮桨。在其所制十几种车船中，双车船和四车船是常用的中小型作战车船。王彦恢所制“飞虎战舰”，旁设4轮，每轮8楫（叶片），十分轻捷，是常用车船的典型。当时水军装备的战船还有海鳅（模仿海鱼形状的战船）、双车、十棹、防沙平底等各类舰艇，供江、海防御调遣之用。南宋水军统制冯湛综合几种船型之长，造成“湖船底、战船盖、海船头尾”的多桨船，长8丈3尺（约合25.5米），用桨42支，载甲士200人，江河湖海均能适用。南宋秦世辅创制的铁壁铍嘴平面海鹞战舰，长10丈（约30.72米），宽1丈8尺（约5.53米），船底厚1尺（约30.72米），10橹，水手42人，载战士108人。张贵所制的无底船，是一种奇形战船，船后截中部无底，只有两舷和站板，加以伪装，引诱放军

跃入溺死。当时还有一种 鱼船，船头方小，尾阔底尖，尾阔可以分水，头小底尖使阻力大为减少。这种长 5 丈（约 15.36 米），能乘 50 人的 鱼船是较早见于记载的用渔般作战船的实例。

进入明清时期以后，中国古代战船的发展有两个显著的特点，一是隋唐五代两宋时期多用于锤击敌船的拍竿已经消失，而改以战船本身犁沉敌船，这说明船舶制造和驾驶技术的进步；二是从明初起，战船上配备了火炮。

宋朝的海舟以福建船为上，明朝的海舟则以舟山的乌艚船为首，而浙直间多用沙船御倭，后来用沙船、福仓船和东莞船守舟山。大号福船势雄力大，便于冲犁敌船，即所谓斗船力不斗人力。大福船舵楼三重，底尖上阔，首尾高昂，能容百人，福船的形制规格最称完备。广船主骨架用铁力木制成，坚固性胜过福船，但铁力木难得，维修不便，后来游击将军侯国弼加以改进，底用广船式，上用福船面。明朝在江浙一带作战时往往使用两头尖的鹰船先行，它行驶敏捷，进退裕如；沙船随进，战无不胜。尤其是浙江的十橹苍山船，原是太平县渔船，曾在抗倭战争中发挥重大作用，号称“苍山铁”。后来战场南移又多用福船御敌。嘉靖四十年（1561）的宁台温之捷，戚继光、胡震等所部战船近战倭船，犁沉敌船 10 余艘，烧残敌船 5 艘。从这一战例中可见当时明军的战舰占有较大的优势，舰船结构强度和航行速度均优于敌舰。明朝还制造了两头有舵、进退神速的“两头船”，以及特种战船联环舟和子母舟。联环舟船体长 4 丈（约合 12.4 米），分为两截，前截占 1/3，装载爆炸火器，后截占 2/3，乘战士。冲撞敌船时，舟首倒鬚钩钉牢敌船，火器爆炸后与敌船同毁。撞击时，联结前后截的铁环自解，后截得以在爆炸前回驶。子母舟长 3 丈 5 尺（约合 11 米），前 2 丈是舰船，后 1 丈 5 尺只有两舷侧帮板，腹内空虚，藏一子舟，母船发火与敌船并焚，军士可驾子舟回营。

清朝前期，中国水师一般以 70~108 尺（约合 22.4~34.5 米）长的赶缙船为主力战舰，次则以长 50~70 尺（约 16~22.4 米）的沙船和双篷船用于攻战追击，再次为长 20~50 尺（约 6.34~15.36 米）的唬船和哨船用于追逐哨探。乾隆六十年（1795）福建水师因赶缙、赶艇等船笨重，按泉州同安梭商船式改造，嘉庆五年（1800）又仿照广东米艇添造战船，分大、中、小 3 等（各载米 2500 石、2000 石、1500 石）。嘉庆十一年又添造大横洋梭船作为战舰。

性能与装备

战国时期，船名有大翼、小翼、突冒等名称，已体现出当时人们对于战船快速性的关注。到汉朝，人们对船型与船舶性能的关系已有一定的认识，作出了狭而长的船速度高，短而宽的船稳定性好的科学描述。为追求船舶的快速性，出现了效率较高的推进工具橹，俗称“一橹三桨”。在同一时期，对于风力的使用也有较大的进展。到三国时期已有 3 帆、4 帆以至 7 帆，各帆交错布置以提高风帆效率。一般用纵帆，能根据风向随时调整张帆的角度。以竹竿维布帆，重量大，起落迅捷。车船的出现标志着古代人力推进船舶快速性的最高水平。到了宋朝，车船进一步发展。据文献记载，唐朝的海鹞船头低尾高、前大后小，两舷置浮板形如鹤翼，稳定性好，不易倾侧，这是最早的船舶稳定性装置的记载；而降低船舶重心以增加船舶稳定性的记载则更早。中国古代战船适航性能的发展虽然较晚，但其发展速度却较快。如沙船

就已具有较好的适航性能，它在逆风逆流的情况下也能航行。中国古代有不少船型都能适应不同的自然环境和恶劣的气象条件，而自宋迄清许多综合性船型的出现，也表明人们对不断改进船舶适航性能所作的努力。

中国古代战船上武器装备的发展，是以中型和轻型武器为主的。在交战时，远则用弓、弩，接舷战用刀、枪。将士兵卒各备有长短兵器。有的战船还装设有拍竿，用以锤击敌船。战船多设有战棚或女墙（仿照城墙式样，有雉堞甚至开四门）或用牛皮蒙在木板上，或钉竹片，作为防护装置。无女墙的战船，战斗时在左右舷悬挂罟网，以防敌人跳帮。船上还备有：若干小镖，可在30步（约46.2米）内投掷击敌；较重的犁头镖，在刁斗上下投可以击杀敌人和洞穿敌船体；撩钩用以钩搭敌船；勾镰用以勾船割缭绳。在很早就已使用燃烧性火箭，主要是焚敌篷帆，使敌船不能行动。

宋朝以后，战船又备有火药桶，投中敌舟能使全舟尽焚。战船上也有使用二级火箭“火龙出水”等火器作战的。明朝有许多装备火铳的快艇，如“蜈蚣船”及“火龙船”等，后者两舷暗伏火器百余件，一船足抵常备战船10艘之用，可见战船装备火器后威力大增。清初，李长庚在福建造霆船30艘，配火炮400门，以备海战。一般大型战船配备火炮17~18门，中型战船配备火炮12~14门，小型战船配备火炮4~8门。内河战船也先后配备火炮，但较小。长江水师的长龙船设1000斤头炮2门，700斤边炮4门。舢板船则设800斤头炮1门，700斤梢炮1门，50斤边炮2门。

