一、无射击偏差的梦幻——精确制导

中国有句成语,叫‘百发百中”,源于春秋战国时期。说的是楚庄王手下有一个名叫养由基的将军，善于射箭。在一次射箭比赛中,养由基‘去柳叶百步而射之,百发而百中”。意思说,养由基将军在距离柳树百步之外的地方,连发数箭均射中柳树叶。后来,人们就用‘百发百中’来形容射击技术的高超。

在兵器的制造与使用中,‘百发百中’是古往今来的军事技术专家们梦寐以求的目标。精确制导技术取得重大突破后,终于使‘百发百中’成为现实。

精确制导武器，是以微电子、电子计算机和光电转换技术为核心，以自动控制技术为基础而发展起来的高新技术武器，它是按一定规律控制武器的飞行方向、姿态、高度和速度,引导战斗部准确攻击目标的各类武器的统称,通常包括精确制导导弹、航空炸弹、炮弹、鱼雷、地雷、水雷等武器。武器的精确制导系统通常由测量装置和计算机、敏感装置、执行机构等部分组成，主要是依靠控制指令信息修正武器的飞行姿

需要全本请访问 www.ertongbook.com

态，保证武器稳定飞行，直至命中目标。由于精确制导武器具有命中精度高、军事和经济效益好、机动和反应能力强等优点，因而受到各国军界的青睐，被誉为“高技术兵器之星”。

发生在 90 年代初期的海湾战争，被称作高技术武器的试验场。多种精确制导武器，如“战斧”式巡航导弹、“爱国者”防空导弹、“斯拉姆”空对地导弹、“哈姆”式反辐射导弹、“海尔法”反坦克导弹以及“小牛”、“鱼叉”、“响尾蛇”、“麻雀”等各种机载精确制导导弹和激光制导炸弹等纷纷登台“献艺”。这些精确制导武器以不同的制导方式，“你方唱罢我登场”，互比高低、各显身手，充分展示各自的“绝招”，几乎是“弹无虚发”，使战争显得好不热闹，令世人为之一震。据统计，多国部队在海湾战争中使用的精确制导武器多达 20 余种。要想知道这些神奇的精确制导武器如何练就“百发百中”的功夫，首先得从精确制导说起。

梦想成真

自古以来，军事家们就以不断追求武器的射击精度为目标，最大限度地减少射击偏差，提高单发命中的效能。但只有精确制导武器出现之后，才真正实现了精确打击，使军事家们的梦想成真。

制导技术是一门按照特定基准选择飞行路线，控制和导引武器系统对目标进行攻击的综合性技术。它

使武器像长了眼睛一样，始终对目标穷追不舍。制导装置中的探测器和敏感设备就好比是精确制导武器的“眼睛”,可以获取被攻击目标的信息特征,如目标反射的自然光或激光,目标反射、散射或辐射的红外线、无线电波或声波等物理现象，并对目标进行判断识别并实施精确定位和跟踪。随着无线电、电视、红外、激光、微波、惯性制导、光电、声电、传感器以及精密测量、自动控制等技术的发展，精确制导技术有了长足的进步。

制导方式不同制导误差也不一样，归结起来可以分为原理误差和测量误差。所谓原理误差是指武器动作落后于目标变化所引起的误差；测量误差则是探测装置本身引起的误差。随着制导技术的发展，精确制导兵器系统的制导方式也出现了多种类型。

不同控制导引的制导

精确制导按照不同控制导引方式可划分为自主式、寻的式、指令式、波束式、图像匹配式和复合式等 6 种。

独立行动的自主式制导。自主式制导是制导系统与目标、指挥站不发生任何联系的制导。导弹发射前，就已经预先确定了导弹的弹道 导弹发射后,弹上制导系统不断测量导弹飞行和天体、地形之间的关系位置，并将这些数据输入到弹上计算机，与原来已经储存的

数据进行比较处理，再将偏差信号变换为引导指令，使导弹飞向预定的目标。

海湾战争中伊拉克的‘飞毛腿’导弹就是采用自主式制导方式。自主式制导和目标及指挥站不发生任何关系,因而隐蔽性好、抗干扰能力强,导弹的射程远、制导精度高。由于一经发射飞行弹道就不能再变，主要用于攻击固定目标。

自动寻找目标的制导。寻的式制导是由装在导弹上的敏感器感受目标辐射或散射的电磁波、红外线、激光、可见光等信号，靠弹上的探测设备测量目标与导弹相对运动的数据，并将这些数据自动形成制导指令，控制导弹飞向目标的制导技术，也称自动导引、自寻的制导或自动瞄准制导。导弹发射后，弹上制导系统接收来自目标的能量，换算出导弹与目标方向之间的偏差，并将偏差信号转换成引导指令，使导弹飞向目标。

寻的式制导与自主式制导的区别在于导弹与目标之间有联系（图 1）。根据目标辐射或散射电磁波能量的来源，寻的制导分为主动寻的、半自动寻的和被动寻的 3 种类型。

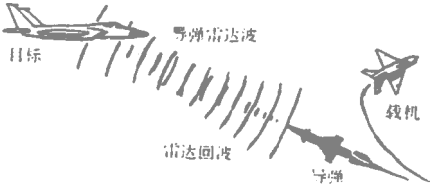


图 1　寻的制导示意图

主动寻的制导是由导弹上导引头发出照射目标的电磁波，并接收目标反射回来的电磁波。导弹发射后，便不需要外界的支援而自动追踪和飞向目标。主动寻的一般采用无线电寻的的制导方式。主动寻的制导的优点是导弹发射后，地面站或载机即可转移或攻击其他目标；缺点是受弹上照射能源的限制，作用距离有限,导弹上设备也比较复杂。一般用于地对空导弹、岸对舰导弹和舰对舰导弹。

半自动寻的制导是由导弹外部的照射源发出照射目标的电磁波，导弹上的导引头接收从目标反射回来的电磁波，借以导引导弹飞向目标。一般采用无线电寻的制导方式，也可采用激光寻的制导。半自动寻的制导的优点是弹上设备简单，缺点是依赖外界的照射源，照射源载体的活动受到限制。主要用于地对空导弹、舰对空导弹、空对空导弹、空对地导弹和反坦克导弹。

被动寻的制导没有专用的照射源，由弹上导引头接收目标本身辐射或散射的电磁波，借着目标这些电磁信号导引导弹飞向目标。一般采用红外导引头或无线电导引头，也可用电视导引头或利用可见光跟踪目标。优点也是‘ 发射后不用管 ”,缺点是对目标本身的辐射或散射特性有较大的依赖性，需要在复杂的背景环境中准确地判明目标。一般用于空对空、地对空、舰对空、空对地导弹和反坦克导弹。

“ 有令则行 ’的指令式制导。指令式制导是由导弹

需要全本请访问 www.ertongbook.com

指挥站发出指令信号来控制导弹飞行。指挥站设在地面、海上(舰载)或空中(机载),负责测量目标和导弹的运动数据，并将导弹的运动数据同目标的运动数据进行比较，将两者之间的误差信号转换成制导指令并发送到导弹上,导弹接收到‘命令’后,调整导弹的飞行方向，使其不断逼近目标。

指令制导按指令传输方式可以分为无线电指令制导和有线电指令制导两种。无线电指令制导的优点是弹上设备简单，在一定距离范围内制导精度较高；缺点是抗干扰能力差，容易被敌方发现，制导精度随作用距离的增加而降低。有线电指令制导的导弹与指挥站有导线相连，指令由导线传给导弹。有线指令制导的设备简单，抗干扰能力强，但受导线长度的限制作用距离一般在 1 公里之内,多用于近程反坦克导弹。早期的空空导弹也有用有线指令制导的。光纤技术兴起之后，有线制导的作用距离有所增长（图 2）。

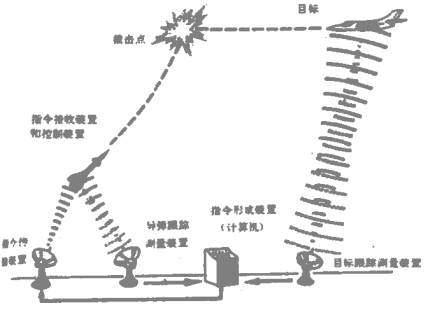


图 2　指令制导示意图

“乘驾”电磁波的波束制导。波束式制导利用电磁波波束导引导弹飞向目标，又称驾束式制导。电磁波波束有两种作用，一是跟踪目标，二是引导导弹。由地面指挥站发出跟踪目标的电磁波波束，弹上测量装置自动测定导弹偏离波束中心线的位置或角度，并将其变换成制导指令，执行装置及时调整导弹的飞行方向，使导弹始终沿波束飞行，直至命中目标。

波束制导系统包括指挥站发射电磁波波束的装置、弹上敏感装置、放大和形成制导指令的装置以及控制执行装置。波束制导多采用无线电波束，有的也采用激光或红外波束。在采用激光或红外波束制导时，一般由光学系统瞄准跟踪目标，由指挥站发出的光波束导引导弹。波束制导具有设备简单，但导弹必须始终与指挥站和目标保持在一条直线上等特点。在整个作战过程中，指挥站的波束必须始终指向目标，制导精度随射程的增加而降低(图 3)。主要用地对空导弹、舰对空导弹、空对空导弹和空对地导弹等攻击活动目标。

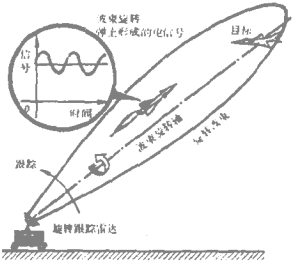


图 3　波束制导示意图

以地形为‘ 航标 ’的图像匹配制导。图像匹配式制导是通过遥感图像把导弹自动引向目标。地面目标有许多与地理位置密切相关的特征信息，如地形起伏、无线电波反射、微波辐射、红外辐射和地磁场强弱分布等。图像匹配制导就是根据地表特征与地理位置之间的对应关系原理而引导武器系统对目标进行攻击的。导弹上的图像遥感装置沿飞行轨迹在预定空域内摄取实际地表特征图像（称实时图），并将实时图与预先贮存在弹上的基准图进行匹配，得出导弹实际飞行位置与标准位置的偏差。弹上计算机根据这种偏差按预存的制导程序进行实时运算并发出制导指令信号，由执行装置控制导弹改变运动路线，直到准确命中目标。因此，图像匹配式制导也属于自主式制导。

在实际应用中，图像匹配制导又可分为地形匹配制导和地图匹配制导。地形匹配制导是以地形轮廓线(等高线)为目标匹配特征,优点是容易获得目标特征，数据稳定，不受气象变化的影响；缺点是由于平原、水面地形轮廓线不明显，因而在这些区域使用效果较差。地图匹配制导是以区域地貌为目标特征，采用雷达式、微波辐射式、光学式等图像成像装置，摄取飞行轨迹或目标区附近的区域地图，并与储存在导弹上的基准地图匹配。地图匹配式的制导精度比地形匹配制导的精度提高一个数量级。优点是能在平原地区使用，但目标特征不易获得，受气候和季节变化的影响，不够稳定。采用光学匹配时，还受一天之内日照变化

的影响和气象条件的限制。

“取长补短”的复合制导。俗话说尺有所短,寸有所长。任何一种制导方式，都有他的优长，同时也存在着一些固有的弱点。如果把它们各自的优点集中到一种武器上，就可以实现“取长补短”。复合式制导就是采用两种或两种以上制导方式在一种武器中组合成的制导技术。自主式制导具有抗外界干扰能力强的优点，但只能主要用于攻击固定目标；指令式制导精度高、抗干扰能力强，但积累误差大、精度随着距离的增加而下降；寻的式制导虽然精度不受作用距离的影响，但作用距离较近，而且造价十分昂贵。可见，各种单一的制导方式都有其所长，但又都有其所短。若要使精确制导武器系统具有作用距离远、精度高，又有较强的抗干扰能力，显然仅依靠一种制导方式是难以实现的。因此，先进的精确制导武器系统往往采用复合制导方式，在同一武器系统的不同飞行段、不同的地理和气候条件下，采用不同的制导方式，扬其所长、避其所短，组成复合式精确制导系统，以实现准确命中目标。常用的复合制导方式有：自主式制导＋寻的式制导系统；自主式制导＋指令式制导系统；指令式制导＋寻的式制导系统；惯性＋地形匹配式制导等。

物理量性质不同的制导

在大自然中有很多物理现象已经逐渐被人类所认

识。它们以能量、温度、电流强度、发光强度等基本物理量的形式存在，只要能探测和度量出它们的基本物理量，就可以探索出它们的奥秘，并可以利用它们为战争服务。在精确制导武器中，按所用物理量的不同性质,还可分为无线电、红外、激光、雷达、电视等制导。

无线电波指航向。无线电制导是使用最早的制导方式，它是利用无线电波束跟踪、测量和传输的手段控制和导引导弹飞向目标。它的基本原理是用无线电接收装置接收目标和导弹辐射或反射的电磁波，通过处理得出目标和导弹的运动数据，再变换成制导指令。

无线电制导可以用于寻的制导、指令制导和波束制导等系统，有时也用无线电高度控制制导。无线电高度控制系统中的无线电高度表精确测定弹道某一位置的高度，用来修正飞行轨道，减少偏差。无线电高度控制常用于巡航导弹的制导系统，以使导弹保持低空或超低空平飞。无线电制导容易受电波传播特性及各种工作环境和目标反辐射电波的影响，因而精度较差，而且抗干扰能力弱，并且容易受敌人反辐射导弹的攻击。

肉眼看不见的红外制导。红外制导是利用红外跟踪和测量的方法控制和导引导弹飞向目标。导弹上的红外导引头接收来自目标反辐射或辐射的红外线，经处理后得出目标位置的数据信号，用于跟踪目标和控制导弹飞向目标。红外制导系统由红外位标器、计算机和执行装置等组成。红外位标器相当于导弹的“眼

睛”,由光学系统、调制盘和红外探测器组成,主要功能是收集辐射的红外线，光学系统和调制盘对红外光进行过滤，抑制背景杂波的干扰。电子计算机则相当于导弹的‘大脑”,经过计算处理,给出有关目标的角度信号并经红外探测器变换为所需要的信号。执行装置相当于导弹的‘神经系统”,控制导弹飞向目标。

用红外位标器输出的信号与导弹上基准信号比较，确定目标和导弹的偏差信号。用这个偏差信号来驱动红外位标器光学系统使之继续跟踪目标，同时，这个偏差信号经处理并通过执行装置控制导弹飞向目标。红外制导多用于被动寻的制导系统，也可用于指令制导系统。当用于指令制导时，红外位标器还要接收导弹辐射的红外线，跟踪导弹并提供导弹的运动参数。红外制导具有结构简单可靠、成本低、功耗少、体积小和重量轻，隐蔽性好不易暴露，抗干扰性好等优点。但是，红外制导的目标必须与周围背景有较大的热辐射反差，并且容易受云、雾、烟及太阳光等气象条件的限制(图 4)。

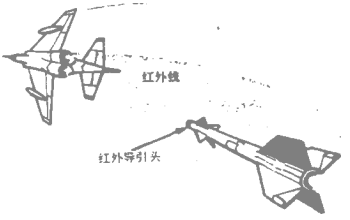


图 4　红外制导示意图

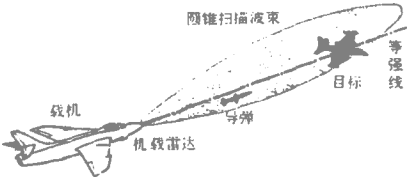
需要全本请访问 www.ertongbook.com

花样翻新的雷达制导。雷达制导是无线电制导的一种，它是利用雷达导引导弹飞向目标，分为雷达波束制导和雷达寻的制导两种方式。雷达波束制导由扫描雷达、导弹上的接收装置和自动驾驶仪等组成。扫描雷达向目标发射无线电波束并跟踪目标。导弹发射后进入雷达波束区，导弹尾部天线接收雷达波束的扫描信号，在导弹上确定导弹相对波束旋转轴偏离的角度，形成俯仰和航向的控制信号，通过自动驾驶仪控制导弹沿波束旋转轴飞行，并引导导弹击中目标。雷达寻的制导又称雷达自动导引，分为主动式雷达导引、半主动式雷达导引和被动式雷达导引 3 种。

主动式雷达导引系统由主动式雷达导引头、计算机和自动驾驶仪等组成，整个系统都装在导弹上。主动式雷达导引头发射照射目标的电磁波并接收从目标反射的回波，导引头内的跟踪装置根据回波信号使导引头跟踪目标，同时这个回波信号还形成控制导弹的信号，通过自动驾驶仪控制导弹飞向目标。

半主动式雷达导引系统由载机雷达、导弹上的导引头和自动加强仪等组成。雷达发射照射并跟踪目标的电磁波，导引头接收从目标反射的回波以跟踪目标，同时回波信号形成控制导弹的信号，通过自动驾驶仪控制导弹飞向目标。

被动式雷达导引系统由导弹上的导引头和自动驾驶仪等组成。导引头接收和处理目标辐射的无线电信号,根据这个信号跟踪目标并控制导弹飞向目标(图5)。



雷达波束制导示意图



图 5　半主动式雷达导引示意图

神奇的“死光”制导。“死光”就是激光，激光制导是利用激光跟踪、测量和传输的手段控制和导引导弹飞向目标。激光制导是由激光器发出照射目标的激光波束，激光接收装置接收目标反射的激光波，经光电转换和信息处理，得出目标的位置信号或导弹与目标相对位置信号，再经过信号变换用来跟踪目标和控制导弹的飞行。激光制导多用于寻的制导和波束制导。用于半主动寻的制导和波束制导时，为了跟踪目标，在载机上往往还配备光学瞄准系统。激光制导具有既能测角也可测距，测量精度高，抗干扰能力强等优点。

但是，激光制导也存在易受云、雾、烟、雨等气象条件的限制，不能全天候使用，以及激光能源的功率有

限，作用距离受到一定的限制等弱点。由于激光的波束很窄，搜索跟踪目标很困难，因此激光技术常与红外、电视、光学或微波等技术结合使用。激光制导已在激光半主动寻的制导和激光波束制导的空地导弹和地空导弹以及制导炸弹、制导炮弹中广泛应用。

利用可见光的电视制导。当今几乎每个家庭都有电视接收机，它接收来自电视台和电视发射塔发射的无线电视信号，人们就可以通过电视机看到生动的电视图像。电视制导可不是这种家用电视，它是利用电视来控制和导引导弹飞向目标。电视制导分为电视指令制导和电视寻的制导两种。电视指令制导系统，借助人工完成识别和跟踪目标任务。该系统由装在导弹上的电视摄像机、电视发射机、发射天线、指令接收天线、指令接收机、自动驾驶仪以及装在飞机上的电视接收天线、电视接收机、计算机、指令发射机、发射天线等组成。导弹上的电视摄像机将所摄取的目标图像发送到飞机上，操作人员从多个目标中选取需要攻击的目标，然后用无线电指令形式发送给导弹，通过导弹上的自动驾驶仪控制导弹，使它跟踪并飞向所选定的目标。

电视寻的制导系统与红外自动寻的制导系统相似，是将电视寻的制导系统全部安装在弹上，导弹从载机上发射后完全依靠弹上的电视自动寻的导引头自动跟踪目标，并通过自动驾驶仪控制导弹飞向目标。电视寻的制导系统由电视自动寻的导引头和自动驾驶仪

等组成。电视自动寻的导引头由电视摄像机、图像信息处理装置、跟踪处理装置等组成。导弹发射后，外界景物经过光学系统和电视摄像管变换为视频电信号，信息处理装置按视频信号的特点判定视场内是否存在要攻击的目标。搜索目标时，摄像机中的光学系统反复扫描，发现目标后停止扫描并给出目标方位与光学系统轴线之间的偏差信号。跟踪处理装置根据这个信号调整光学系统，使其处于跟踪状态。与此同时，这个偏差信号送入自动驾驶仪，控制导弹飞向目标。

电视制导的优点是利用目标的图像信息对导弹进行控制，目标难以隐蔽，因而制导精度较高；缺点是电视制导无法获得距离信号，使导弹的作用距离受大气能见度的限制，天气不好的时候就无法工作了（图6）.

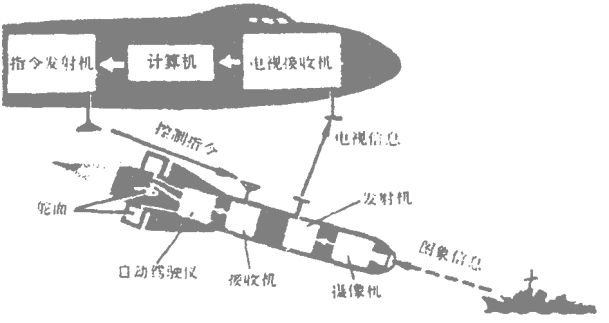


图 6　电视指令制导示意图

精确制导武器的大会战

20 世纪 50 年代以来，精确制导武器发展十分迅速，各国军队已装备和正在研制的各类精确制导武器有数百种。空对舰、舰对空、地对空、潜对舰和反坦克导弹等 13 种之多。

世界上第一次大规模使用精确制导武器的战争是 1982 年 4 月 2 日至 6 月 14 日爆发的英阿马岛战争，战争中双方使用的各类战术导弹、制导鱼雷、激光制导炸弹等精确制导武器,达 17 种之多。其中,英国使用的就有包括利用目标声音自行导引的鱼雷、激光制导炸弹和空对空精确制导技术已经广泛应用于导弹、航空炸弹、炮弹、鱼雷、地雷等武器系统中。

在防空作战中，英军损失 36 架飞机，阿军损失 117 架。在阿军所损失的飞机中，除 31 架被摧毁于地面以外，其余 86 架是在空中被击落的。其中包括被 AIM－9L‘响尾蛇’空对空导弹击落 17 架,被‘海狼’近程舰对空导弹击落 5 架,被‘海标枪’区域舰对空导弹击落 8 架,被‘海猫’近程舰对空导弹击落 10 架。此外，被‘轻剑’防空导弹击落 20 架,被‘吹管’防空导弹击落 11 架,被‘毒刺’防空导弹击落 1 架。被机炮和地面炮火击落 14 架,仅占总数的 16%。战争中,几乎每个战斗都使用制导武器，就像是一次制导武器的大会战，可

见精确制导武器在现代战争中是多么重要。

南联盟位于历来是兵家必争之地的巴尔干地区，该地区西连东欧和中欧，东接世界战略枢纽之一的中东，是 20 世纪两次世界大战的发源地。长期以来，美国一直想使北约的军事力量之脚插进这块是非之地，从而实现其在军事上主导巴尔干地区的目标。

但令美国遗憾的是，南联盟不仅不理美国的碴，反而与俄罗斯等保持密切的关系。对此，以美国为首的北约如鲠在喉，经过密谋以后，决定利用南联盟早已存在的民族和宗教矛盾，以防止人道主义灾难为借口对南联盟进行军事干涉，从而彻底扫除这个北约东扩的障碍，把东欧和南欧全部纳入其势力范围，同时为下个世纪的所谓世界秩序建立一种标准模式。

当 20 世纪的时光之幕徐徐降下之时，21 世纪的曙光即将露头之际，以美国为首的北约在巴尔干这个传统的火药桶上玩起了危险的战争游戏，以美国为首的北约集团，依仗其军事技术优势，对南联盟这样一个主权国家大打出手，以众多精确制导武器为拳头，对南联盟实施野蛮的战略空袭。

这场战争与以往战争的最大区别在于，空袭成为攻势一方惟一的作战样式，以美国为首的北约企图通过战略空袭直接达成战争目的。

早在 1998 年 10 月份开始，以美国为首的北约就开始磨刀霍霍地进行战争准备。他们频繁地进行兵力调动，到 1999 年 3 月 24 日开始动手前，共集中各种作

需要全本请访问 www.ertongbook.com