

现代武器智慧的眼睛——精确制导技术

冯翠菊

现代高科技武器发展的趋势之一就是精确制导武器。在近几次主要的局部战争中，美国依靠大量使用精确制导武器，取得了良好的作战效果。精确制导武器的杰出表现，引起了各国的高度重视，在世界范围内掀起了研制和采购热潮。精确制导武器因融入精确制导技术而产生巨大威力，它是精确制导技术与杀伤性武器相结合的产物。精确制导技术的应用，就像给武器安上了智慧的“眼睛”，对武器发展起到了革命性作用，推动武器向“百发百中”的目标发展前进。作为精确制导武器的“眼睛”——精确制导技术，也得到越来越多的重视、研究和运用。



一、精确制导武器

近年来，很多国家都把精确制导武器列为军事装备信息化的一个重点课题。精确制导武器是指在整个射程内，对坦克、舰艇、雷达、桥梁、飞机等攻击目标，具有 50% 以上直接命中率的制导武器。

精确制导武器的基本特征：一是打击精度高，无论导弹、制导炮弹还是制导炸弹，其命中概率目前均达 80% 以上，如巡航导弹 BGM-109C 的最大射程为 1800km，其命中误差仅为 9~16m，圆概率误差为零，即脱靶距离小于弹头杀伤半径，战术精确制导武器的命中精度更高一些。二是具有自动寻的能力，许多制导武器还具有发射后自控制能力，完全依靠自身的制导系统智能追踪、捕获和击毁目标，而无需人工干预。三是逐步具有多目标攻击能力，即对多个目标实施多弹头分导攻击能力，母弹装有的多个子弹可分别自动追踪、攻击各自的目标。四是具有较强的全天候、全时域作战能力、抗干扰能力和高机动能力等。五是杀伤威力大，打击效能良好，附带破坏性却很小。和普通弹药相比，精确制导武器作战效能可提高 100~1000 倍，效费比提高 30~40 倍，在第二次世界大战中需要 9000 枚普通炸弹摧毁的目标，如今只需要几枚激光制导炸弹即可实现。

精确打击武器可分为战术精确打击武器和战略精确打击武器。战术精确打击武器包括两种，一是空对面精确打击的战略（即防区外）空地导弹，即空射巡航导弹，是专门为战略轰炸机等大型机种进行远距离奔袭突防而研制的，其最大射程可达数千千米以上，主要采用自主式或复合式制导方式；二是可实行“点穴”式精确打击的空

对面精确打击的战术空地导弹，其攻击距离从几十千米至上百千米以上，主要载机为歼击轰炸机、强击机、武装直升机、反潜巡逻机等。这类导弹多采用无线电指令、红外、激光或雷达等制导方式，针对雷达、桥梁、机场、坦克、车辆及舰船等战术目标。如美制“斯拉姆”导弹。战略精确打击武器，射程远，其射程从几百千米到几千千米，精确制导技术要求很高。美制“战斧”BGM-109 巡航导弹是这种战略精确打击武器的典型代表。精确制导弹药在空袭兵器中所占的比例越来越大，具体数据如表所示。

指标	海湾战争 (1991 年)	南联盟战争 (1999 年)	阿富汗战争 (2001 年)	伊拉克战争 (2003 年)
总投弹量	225500	23000	12000	27250
精确制导弹药投放量	15500	8000	6700	18275
精确制导弹药所占比例（大约）	8%	35%	60%	70%

二、精确制导技术

精确制导技术是一种按照一定规律控制兵器航行方向、姿态、高度和速度，引导其战斗部准确攻击目标的军用技术，广泛用于导弹、航空炸弹、炮弹、鱼雷、地雷等武器系统。它是精确制导武器的关键技术，确保精确制导武器能准确命中选定的目标乃至目标的要害部位。它的核心是精确引导和精确控制技术。精确制导武器的核心反映在末制导导引头上的信息获取与处理技术，它涉及图像处理与匹配、模式识别、合成孔径、多传感器数据融合等广泛的理论和技术。常用的制导方式有自主式制导、

遥控式制导、寻的制导、全球定位制导及复合制导等几大类。精确制导技术具体可以分以下几种。

激光制导技术 激光制导即利用激光作为跟踪和传输信息的手段，信息经过导引头接收，再经过弹载计算机处理后，得出飞弹偏离目标的角误差量，依据该误差量形成修正指令，使弹上控制系统适时修正导弹的飞行弹道，直至准确命中目标。

激光制导的优点是抗干扰能力强、制导精度高、可与红外或雷达等构成复合制导、体积小、重量轻。缺点是激光光束易受气象条件影响，在恶劣天气（雨、雾、雪等）和战场严重烟尘环境中使用效果会变差；对于采用激光半主动制导的武器系统，激光束在导弹命中目标之前必须一直照射目标，激光器的载体易被敌方发现和攻击。

按照激光源所在位置的不同，激光制导又可分为两种，即激光主动式寻的制导和激光半主动式寻的制导。激光主动式制导是激光源和寻的器均安装在弹上，导（炸）弹发射后能主动寻找攻击目标；半主动式寻的制导是寻的器在弹上，激光器在弹外载体上，目前常用的激光制导导弹、炸弹和炮弹主要采用半主动寻的制导方式。激光制导武器发展趋势为“发射后自控制”式的主动式激光制导方式，瞄准目标后或者只确定特定目标，不必瞄准，由导弹智能化自动探测、自动识别目标、主动寻的、直到命中目标，并可以实施全天候、隐形化作战。



图1 Kab-1500 激光制导炸弹

最引人注目的是“GBU-28”激光制导炸弹，采用B\C两种热寻的延迟引信，炸弹头接触地面后，引信不爆炸而是钻地。当弹头遇到混凝土时，B引信引爆，炸开一个大洞继续往下钻，遇到钢板加固物质时，受地下掩体的热辐射，C引信爆炸，在钻透钢板后，钻入地下掩体爆炸。这种钻地炸弹主要分2000LB和5000LB两种，可由F-15E和F-111等

飞机投掷。

电视制导技术 电视制导是利用电视摄像机捕获、识别、定位、跟踪直至摧毁目标，由于电视分辨率高，能提供清晰的目标图像，便于鉴别真假目标，制导精度很高。但因为电视制导是利用目标反射可见光信息进行制导的，所以在烟、雾、尘不良天气等能见度差的情况下，作战效能下降，夜间不能使用。

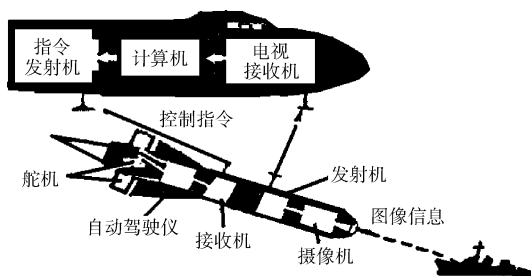


图2 电视指令制导示意图

电视制导的方式有三种：（1）电视寻的制导，即电视摄像机装在精确制导武器的弹体头部，由弹上的摄像机和跟踪电视自动寻的和跟踪；（2）电视遥控制导，即精确制导武器上装有微波传输设备，电视摄像机摄取的目标及背景图像用微波传送给制导站，由制导站形成指令再发送回来，导引精确制导武器命中目标。这种制导方式可以使制导站了解攻击情况，在多目标情况下便于操作人员选择最重要的目标进行攻击；（3）电视跟踪指令制导，即外部电视摄像机捕获、跟踪目标，由无线电指令导引精确制导武器飞向目标。

红外成像制导技术 红外成像制导是通过红外导引头捕获目标的红外辐射，经过转换将其变成可见光图像，由视频监控器观察，使导引头锁定目标进行攻击。红外成像制导利用目标和背景的热辐射温差，形成目标和周围景物的图像实现自动导引，不但分辨率高、动态范围大、抗干扰能力强，而且具有自主捕获目标，在复杂情况下自动决策及比较好的昼夜工作能力。另外，红外制导系统设备简单、成本低，由于采用被动探测，无需红外辐射源，所以隐蔽性较好。而且，导弹越接近目标，来自目标的红外辐射越强，制导精度越高，命中率大大提高。

红外寻的制导是当代红外技术的重要军事应用之一。现在的红外成像寻的制导系统大部分采用的是凝视红外焦平面阵列探测器，无需光机扫描成像，结构简单、紧凑、工作可靠。凝视红外焦平面阵列

成像寻的制导系统是最有发展前途的红外成像寻的制导方式，它给发展小型战术导弹的红外成像导引头提供了条件。正在研制的高级红外成像导引头，类似蜻蜓复眼，可以大幅度提高制导精度，其目标分辨率高、抗干扰性强。美空军 AIM-9X “响尾蛇”空空导弹采用第二代凝视红外成像制导技术，温度分辨率达到 0.01~0.02℃。



图3 AIM-9 响尾蛇导弹

雷达制导技术 雷达制导方式与激光制导方式类似，同样可以分为雷达半主动和纯雷达主动制导方式。雷达制导技术中，合成孔径雷达制导技术是雷达制导发展的主方向。合成孔径雷达（SAR）是一种以多普勒波束锐化和脉冲压缩技术为基础的高分辨率成像探测器。它利用导弹的前进运动，通过对信号进行存贮和专门处理，便可实现由长度不大的天线构成一个有效的长度很大的天线，从而获得良好的方位分辨力。SAR 导引头具有抗干扰能力强、全天候工作、有效作用距离远、成像分辨率高和制导精度高的优点，是反舰导弹一种很有前途的导引头。



图4 最新型MM40 飞鱼反舰导弹

雷达制导的精确打击武器种类很多，有反舰导弹、反坦克导弹等等。美国、英国、法国、德国、意大利等国从 20 世纪 60 年代开始，利用雷达制导研制出多种类型的精确打击雷达武器。比较典型的是法制的“飞鱼”导弹。

惯性导航和全球定位系统导航技术 惯性导

航系统（INS）是一种输出参数全面且不依赖于任何外部信息、也不向外部辐射能量的自主式导航系统。惯性导航系统的发展以及惯性导航产品的研制都具有极其重要的军事意义。惯性导航的基本工作原理是以牛顿力学定律为基础，利用惯性测量元件测量载体相对于惯性空间的运动参数，并经计算后实施导航任务的。即由加速度计测量载体的加速度，并在给定运动初始条件下由导航计算机计算出载体的速度、距离和位置（经、纬度），由陀螺仪测量载体的角运动，并经转换和处理最终输出载体的姿态和航向等信息量。目前的惯导系统可分为两大类：平台式惯导和捷联式惯导。

在高精度姿态方位参考系统（AHRS）和捷联惯导系统（SINS）中，光纤陀螺仪和激光陀螺仪占有重要位置。干涉型光纤陀螺仪是用于惯性制导和导航的关键技术，具有取代激光陀螺仪的趋势。

全球定位（GPS）导航系统采用“多星、高轨、高频、测时-测距”体制，实现了全球覆盖、全天候、高精度、实时导航定位，在现代战争中发挥着巨大作用。

“杰达姆（JDAM）”GBU-29 精确制导炸弹，就是使用 INS/GYS 组合制导系统。联合直接攻击弹药、风力校正弹药布撒器和 GPS 辅助弹药均属制导武器，命中精度分别为 13m、26m 和 6m。

多模复合寻的制导技术 复合制导是指由多种模式的导引设备制导，共同完成对导弹的制导任务。广义上应包括多导引头的复合制导，多制导方式的复合制导，多功能的复合制导，多导引规律的复合制导。

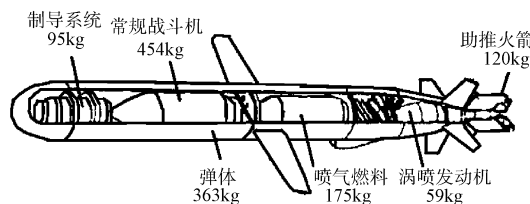


图5 “战斧”巡航导弹 BGM-109B 采用复合制导模式

多模制导可以充分发挥各频段、各制导体制的优势，互相弥补不足，极大提高了武器的命中率和作战效能。多模导引头可由不同机理的传感器组合而成，如光学装置（红外、紫外、可见光、激光等）与射频装置（微波、毫米波）或 GPS 接收机+惯导导航装置等，也可由同一机理的不同频谱或不同制导体制（主动、半主动或被动）的传感器

平面偏振光偏转角测量技术的应用

徐丽珊

平面偏振光偏转角的测量技术，通过测量光束经过某种物质时偏振面的旋转角度来测量物质的某种特性。此项技术对待测样品不产生影响，所以在无损测量、科学研究、工业和医疗中应用广泛，在生物和化学领域以及新兴生命科学领域中也有重要应用，随着科学技术的发展，此项技术将具有更为广泛的应用前景。

平面偏振光偏转角的测量技术

平面偏振光偏转角测量系统主要包括激光器（Laser）、起偏器（Polarizer）、法拉第调制器（FC）、检偏器（Analyzer）和光电探测器（Photo electric detector）几个重要组成部分。其基本原理如图 1，将待测样品放在两个正交放置的偏振片之间，偏振光通过待测样品后其振动面发生偏转，当到达检偏器时，偏振光的振动方向与检偏器的透振方向不再垂直，从而有光入射到光电探测器，传统方法是旋

转检偏器，使透射光强最小，这时检偏器转过的角度即为待测样品使光偏转的角度，但随着光电检测技术的发展，人们逐渐采用光电探测器直接测量通过检偏器的光强，通过入射光强 I_0 与透射光强 I 的关系，得到待测样品使振动面旋转的角度。这项技术不影响或者破坏样品的性质，所以应用到越来越多的领域。

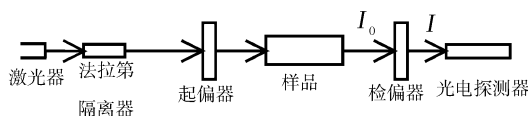


图 1 平面偏振光偏转角测量基本原理图

平面偏振光偏转角的测量技术的应用

旋光溶液浓度测量 偏振光通过某种物质后，其振动面将以光的传播方向为轴线转过一定的角度，这种现象叫作旋光现象。旋光现象不仅在石英等晶体中发现，在某些液体中也有发现。如松节油

组合而成。

目前主要的复合制导模式有光学多模制导、射频/红外多模制导和毫米波/红外多模制导几种形式。双模寻的复合制导技术已日趋成熟，各国正在积极研制三模复合寻的制导技术，例如日本研制对空导弹用的微波+毫米波+红外三模寻的头，这种导弹具有更高的命中精度、更强的抗干扰能力。如美国新研制的 AGM-88E “先进反辐射导弹”（AARGM）采用被动反辐射导引头+主动毫米波雷达+GPS/INS 新型多模制导装置；美陆军的“联合通用导弹”则采用半主动激光/红外成像/毫米波雷达三模导引头。“战斧”巡航导弹 BGM-109B 采用惯性导航+地形匹配+电视景象匹配复合制导模式。

三、精确制导技术的发展趋势

本世纪是信息技术高速发展的时代，依赖于信息技术的精确制导技术是军事技术研究的热点。参与此项技术研究的国家越来越多，研究发展的力度越来越大。随着信息技术的发展，精确制导技术必将取得惊人的成果，制导武器的“眼睛”越发雪亮，

精确打击能力将跃上新的台阶，精确制导技术的发展已呈现出以下几个特点。一是多色或多模复合制导将逐步发展成为精确制导的主要方式，红外成像和主动、被动雷达制导技术是发展的重点。二是普遍采用中制导和末制导复合制导技术，打破飞行距离对打击精度的束缚，实现远程精确打击。中制导将普遍采用惯导+全球定位系统复合制导；末制导采用双/多模寻的和自动目标识别算法。三是提高目标识别及在复杂战场环境下的自适应跟踪和抗干扰能力。四是导引头模块化、多样化、复合化和智能化，实现一弹多头，满足多种作战要求。五是发展“人机结合”控制技术。美国“斯拉姆”空地导弹和新一代“战斧”巡航导弹，就是典型的“人机结合”控制武器。六是发展惯性导航和全球定位系统一体化技术，即将 INS 和 GPS 作为一个整体装入导弹系统，这种一体化 INS/GPS 具有更好的抗干扰性能，质量轻、体积小、便于武器安装。

（北京燕郊华北科技学院 065201）