

精确制导武器

南秀华 张纯红

制导武器是指被人们通过某种技术措施而导引和控制的武器.精确制导武器是采用高精度制导系统,直接命中概率很高的导弹、制导炮弹和制导炸弹等武器的总称.通常采用非核弹头,用于打击坦克、装甲车、飞机、舰艇、雷达、指挥控制通信中心、桥梁、武器库等点目标.所谓“精确”是个相对概念,目前尚没有统一的定量要求,一般认为对目标直接命中概率在50%以上,对点目标的圆概率偏差在0.9米以内,对普通地域目标的圆概率偏差在3米以内的制导武器,才能称为精确制导武器.随着科学的发展,对其精确程度的要求会进一步提高.

1972年,美国在越南战争中大量使用激光和电视制导的炸弹,作战效能提高百倍以上,西方称之为“灵巧炸弹”.1973年在第4次中东战争中,埃及使用的苏制雷达制导的SA-6地空导弹和有线制导的AT-3反坦克导弹,以色列使用的美制电视制导的“小牛”空地导弹和有线制导的“陶”式反坦克导弹,作战效果都特别引人注目.1974年以后,西方军事界把这些导弹和制导炸弹统称为“精确制导武器”.本世纪70年代以来,西方国家为了抵消前苏联在坦克、装甲车、飞机等武器装备上的数量优势,十分重视发展精确制导武器.美国装备的电视和激光制导炸弹,命中目标的圆公算偏差均已缩减到2米左右.1981年装备的“铜斑蛇”激光制导反坦克炮弹,由155mm口径榴弹炮发射,最大射程达17公里,直接命中概率达80%以上.

随着光电器件、微波半导体器件、集成电路和信息处理等技术的迅速发展,相继制成了各种小型化、高精度、低成本的制导系统.它们可装在弹体很小的导弹、炮弹和炸弹上,使打击面目标的无制导弹药变为能精确地攻击点目标的制导武器.80年代初使用的精确制导系统,在全天候、自主寻的制导、抗干扰能力和制导精度

上都分别存在一些缺陷,

还不能适应未来战场复杂环境的要求.今后,将在改进现有制导系统的同时,发展综合性能较完善的红外成像、毫米波和合成孔径雷达探测器等构成的制导系统.精确制导武器的发展,对未来战争的战略、战术运用,以及对武器系统的发展和装备体制的调整,都将产生深远的影响.

为了实现精确制导目的,首先必须掌握被制导系统所控制引导的对象(称为“弹”或“弹体”)在空中的运动规律.为了使问题简化,把弹视为理想刚体,以地面为参照系,建立一个描述质心运动规律的固定系 $O-XYZ$,原点 O 选在指挥站或发射点.再建立一个描述弹绕质心的转动状态的运动系 $o-xyz$,原点 o 选在弹的质心处.如图1所示.这两个直角坐标系之间的变换

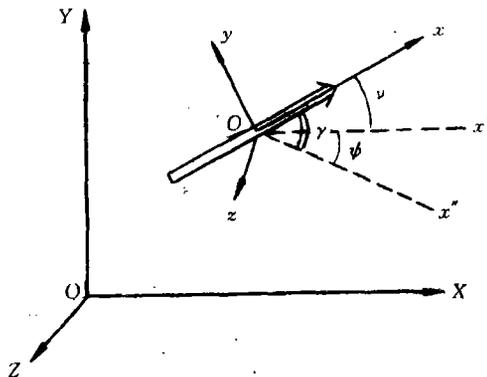


图1 固定坐标系和运动坐标系

关系,可由坐标轴的二次旋转来求得.图中,黑箭头代表弹体, ν 是俯仰角, ψ 是偏航角, γ 是滚动角.

为方便计算,并考虑到一般情况下弹只近似地在某一个竖直平面内飞行,且 xoy 平面与 XOY 平面相重合.这时弹的外形相对于 xoy 平面对称的,弹的质心运动速度矢量 v_d 及作用

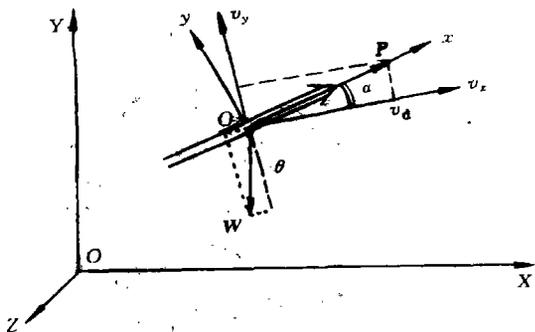


图2 弹在铅垂平面内的运动

于弹上的外力,都在这竖直平面内,如图2所示。

图中, α 是仰角, W 是重力,近似认为是常矢量, P 是发动机推力,其值由经验公式算出。

在图2所示的简单情况下,弹的质心运动变为二维运动.在竖直平面内,弹绕质心的转动只有一个自由度.在给定弹体飞行条件和发射条件后,并考虑到质量、转动惯量都是时间的函数以及有关的坐标变换关系,就可以求解出弹体在竖直平面内的运动情况,包括质心的运动轨迹和弹道上任意一点弹的运动姿态.当然得到的弹道是理想情况.在实际问题中的情况比较复杂,需要考虑各种情况引起的扰动,此时需要做进一步的近似,才能得出更加合乎实际的结果。

要使飞行中的弹体改变航向,以达到预期目的,就必须使弹体获得精确的控制力.这种控制力只能来源于空气动力或发动机的推力.要使弹体产生法向加速度,控制力必须垂直于速度矢量.控制的方式很多,但作为直接完成引导和控制武器飞行任务的制导系统,都是由引导和控制两个子系统组成.具体情况,如图3

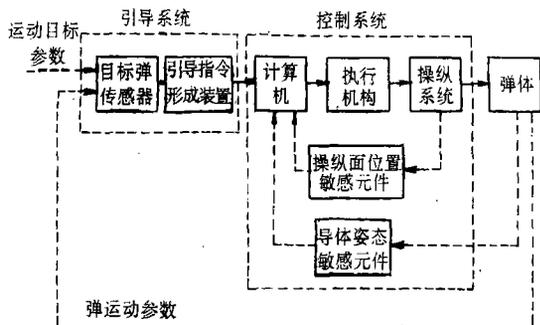


图3 制导系统的基本组成

所示。

引导系统通常由确定目标和飞行中的武器位置、运动状态的传感器及引导指令形成装置等部分组成.它的主要作用是通过探测武器相对于目标、发射点或制导站的位置、武器自身的运动状态,计算出武器实际位置与给定位置的飞行偏差,形成引导指令,并把引导指令传送给控制系统.控制系统一般由姿态敏感元件、操纵面位置敏感元件、计算机、执行机构、操纵装置等部分组成.控制系统响应引导系统送入的引导指令,产生相应的作用力或作用力矩,迫使武器改变不正确的航向,回到预定的轨道上飞行.制导系统的另一个重要任务是稳定武器的飞行姿态,使其不致因外界干扰而失控,以防翻滚和自毁.制导系统的种类很多,已采用的有:激光制导、红外制导、有线指令制导、电视制导、微波雷达制导等.对于射程较远的精确制导系统,通常采用复合制导,即先用精度较低的制导系统把武器引导到目标附近,然后再用高精度未制导系统引向目标。

现以激光制导和红外制导为例,扼要介绍精确制导的具体方法。

激光制导 激光制导就是利用激光的方法,把导弹、炸弹或炮弹以极高精度引向目标.通俗地说,就是利用激光来控制导弹、炸弹或炮弹的飞行。

常见的激光波束制导武器系统,由激光目标指示器和目标寻的器两部分组成.激光目标指示器用来照明和捕捉目标,它发射每秒20次的脉冲激光照射到目标上,目标又把激光四面八方反射.目标指示器安放在飞机上的叫机载目标指示器,由前方作战人员携带,在地面照射目标的叫地面目标指示器.目标寻的器包括光学系统、光敏接收器、小型计算机和伺服系统,它安装在弹体上,在飞行过程中它可以感知弹体的轴线是否与从目标反射过来的激光光束的方向一致,如果偏离了这个方向,它就产生一个信号并经电子线路放大后用来控制弹体上的方向舵,使弹体回到激光光束的方向上.只要这两个方向始终一致,最后弹体就会命中目标上的

激光光斑。

把目标指示器和弹体分开的制导方式叫半主动式激光制导,如图4所示。它多用于对付地面目标的激光制导系统,如激光制导炸弹、空地导弹、激光制导炮弹等。它是目前研制较成功的一种激光制导方式。如果把目标指示器安放在弹体上,激光制导系统的两部分就合二为一了,这种制导方式叫做全主动式激光制导。它是一

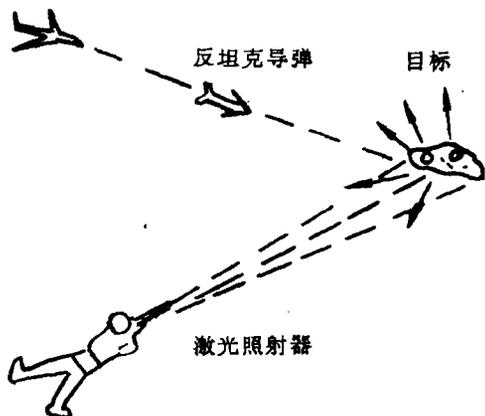


图4 半主动式激光制导原理图

种较理想的制导方式,但目前尚不成熟。

由于激光的方向性好,所以激光制导武器具有很高的命中率。由于激光的能量集中,使激光制导的抗背景干扰的能力强,也不怕无线电干扰。此外,结构简单、成本低。它的缺点是受天气和战场条件影响大,不能全天候工作;由于需要目标指示器不断地照射目标,因此隐蔽性较差;激光光束狭窄,搜索能力差,所以激光制导目前只能补充或部分取代其他制导系统。

为了适应未来战争的制导要求,国外正在大力研制高级的火控系统、二氧化碳激光制导装置和包括红外、电视和微波导引头的复式制导技术,并积极采用全息光学透镜等新元件、新材料,进一步提高激光制导系统的制导精度。

红外制导 40年代末期,人们研制出一种“响尾蛇”空对空导弹。它是利用硫化铅作为红外敏感元件,接收喷气式飞机机尾喷管发出的波长为 $1\sim 3\mu\text{m}$ 的红外辐射流,引导导弹从飞机尾部进行攻击。它只需接收到热源的存在和方位,并不要形成目标的热象图。

红外制导大多数是采用被动寻的制导系

统。红外制导的导弹在发射后,利用目标本身的红外辐射进行自动瞄准和跟踪,直至最后命中目标。目标的红外辐射主要来自其动力部分,如飞机与火箭的喷管、坦克的发动机、舰船的锅炉及烟囱等。导弹的红外制导原理为:来自目标的红外辐射透过弹头前端的整流罩,由光学系统会聚后投射到红外探测器(光敏元件)上,然后将红外辐射由光信号转换成电信号,再经电子线路和误差鉴别装置,形成作用于航机的飞行控制信号,使导弹自动瞄准、跟踪和命中目标。这种导弹不受恶劣天气的影响,白天黑夜都可以使用,不用人参与制导。

有一种红外热成像制导反坦克导弹,在导弹头部的导引头中装有大小与指甲差不多的红外列阵探测器,它可以巧妙地探测目标和导弹的相对位置,还可以随时把导弹修正到正确的弹道上来。这种准确的跟踪技术是红外列阵探测、微型计算机、图象处理技术三者的有机结合,使之具有像人一样的感觉和思维的能力。

红外制导系统的分辨力高、抗干扰性强、设备简单、重量轻、成本低。由于采用被动探测,无需红外辐射源,所以隐蔽性好。导弹发射后,母机驾驶人员可以不必再管导弹,从而可以驾驶母机退出战区,由导弹独立地飞向目标,有利于保全自己、消灭敌人。而且,导弹越接近目标,来自目标的红外辐射越强,制导精度就越高,从而大大提高了命中率。红外制导的主要缺点是对目标本身的辐射或散射特性有较大的依赖性,需要在背景环境中将目标检测出来。

据不完全统计,目前各国已生产和试制的各种红外制导导弹,已超过50种。如:美国的“响尾蛇”,法国的“魔术”,前苏联的“环礁AA-2”等空对空导弹,以及美国的“小懈树”和前苏联的“环礁-7”等防空导弹,均是采用红外自动寻的制导技术。目前,各国正在努力发展机动性能更强和敌我识别能力更高的更佳红外制导导弹。