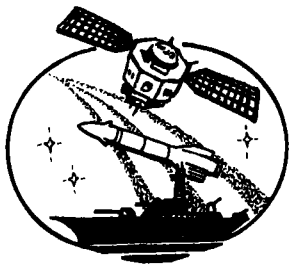


航天技术的物理原理及其军事应用

王保成 方延平 杨恩智 李汉军

(空军后勤学院 徐州 221000)



航天技术又称为空间技术或宇航技术,是一门研究人类如何飞出大气层,进入宇宙空间,并在那里进行一系列活动的工程技术。从1957年10月4日前苏联成功地发射世界上第一颗人造地球卫星以来,空间技术得以迅速发展,形成了一门新兴的综合学科。它主要包括航天器技术、运载工具技术和地面测控技术。改革开放以来,我国积极参与国际航天技术合作,先后加入了国际通讯卫星组织、国际海事卫星组织和国际宇航联合会。我国的多级火箭技术、一箭多星技术、卫星回收技术及同步卫星技术等都处于国际领先地位。已建成能发射近地卫星、对地静止轨道卫星的航天发射场。掌握了光测、遥测和雷达等多种跟踪测量手段;建成了可进行多型号、多射向的航天测空网;实现了对运载火箭、卫星进行跟踪观测、消息交换、数据处理以及轨道、姿态控制,测控时间的同步精度高达百万分之一秒。

一、航天技术中的物理学原理

根据万有引力定律 $F=GmM/r^2$ 和牛顿第二定律 $F=ma$ 可知,要使物体能绕地球表面运行,必须达到 7.9km/s 的速度,称为第一宇宙速度或环绕速度;要使物体脱离地球引力成为绕太阳旋转的“行星”,根据机械能守恒定律可以求出其速度要达到 11.2km/s ,称为第二宇宙速度或逃逸速度。

气球和飞机都无法提供如此大的速度,因为它们的飞行要依赖空气的浮力,飞行速度较小。在离地面一百多千米的高空,空气密度已降到百万分之一以下,气球和飞机根本无法飞行。

要飞出地球,进入太空,只能用不需要外界支持,能够独立运动的运载工具——火箭。20世纪初,俄国的齐奥尔科夫斯基提出了燃烧液

体推进剂的火箭和利用火箭进行宇宙航行的设想,提出了多级火箭和惯性导航的概念,并推导出火箭的运行速度。

火箭飞行的物理原理是动量守恒定律。火箭在飞行时,燃料和氧化剂在燃烧室中燃烧,背着飞行方向不断地喷出大量高速度的气体,使火箭在飞行方向上获得巨大的前进速度。火箭飞行时不依赖于空气的作用,可以在空气稀薄的高空或没有空气的宇宙飞行。

若火箭开始飞行时速度为零,总质量为 M_0 ;燃料烧尽时火箭剩下的质量为 M_c ,并假定燃气相对于火箭的喷气速度 μ 是一常数。根据动量守恒定律可以求出火箭的速度为:

$$V = \mu \ln(M_0 / M_c)$$

由该式可知,在同样条件下,火箭的喷气速度 μ 和质量比 M_0 / M_c 越大,所能达到的速度也越大。目前化学燃料所能达到的最大喷气速度大约在 2800m/s 左右,质量比为 15 左右,由此可以算出火箭的末速度为 $V = 7582\text{m/s}$,低于第一宇宙速度。所以,使用目前的化学推进剂,只靠单级火箭来达到航天的目的是不可能的,因此必须采用多级火箭。

所谓多级火箭就是由几个火箭连接而成的火箭组合,每级火箭都是一个独立的工作单位,有自己的发动机系统、制导系统等。发射时第一级先点火,等第一级燃烧完后便自动脱落,然后第二级再点火,使火箭速度加速上升,依次类推,最终达到所需的速度。

设整个火箭与第一级火箭燃料烧尽时质量比为 N_1 ,第一级火箭脱落后,火箭组与第二火箭烧尽时的质量比为 N_2 ,依次类推可以得到 n 级火箭的最终速度为:

$$V_n = \mu_1 \ln N_1 + \mu_2 \ln N_2 + \cdots + \mu_n \ln N_n$$

假定各级火箭的喷气速度均相同,即 $\mu_1 = \mu_2 = \cdots = \mu_n = \mu$,则多级火箭的最终速度可

表示为:

$$V_n = \mu \ln(N_1 N_2 \cdots N_n)$$

可见采用多级火箭技术,可以使火箭获得更大的末速度.假设取 $\mu = 2800\text{m/s}$, $N_1 = N_2 = N_3 = 15$,则三级火箭的最终速度可以达到 $V_3 = 22.75\text{km/s}$.即使扣除空气阻力和地球引力造成的损失,也可以满足航天速度的要求.

二、航天技术在军事上的应用

航天技术是20世纪人类认识和改造自然进程中最活跃、最有影响的科学技术领域.特别是近20年来随着计算机、微电子技术、新材料、新工艺等的广泛应用,航空技术的发展更是异常迅猛,正朝着综合化、信息化、一体化和智能化方向发展.航天技术的发展必将引起空间领域的争夺,全世界已发射的卫星中约有75%是军用卫星,它们在军事侦察、海洋监视、导弹预警、通信、导航、气象、测地和反卫星等各种军事活动中发挥着重要作用.

1. 在军事侦察中的应用

在军用卫星中,数量最多、应用最广的是侦察卫星,主要包括照相卫星和侦察卫星两大类.

照相侦察卫星是最常见的一种军用卫星,约占全部军用卫星的40%.卫星上装有可见光相机、电视摄像机、红外相机和多光谱相机等.装有红外相机和多光谱相机的卫星,不仅白天能进行侦察,在夜间也可拍摄地面目标.照相侦察卫星可用来拍摄地面机场、海港、导弹基地、交通枢纽、城市设防、工业布局、兵力集结和其他军用设施.高级侦察卫星还装有长焦距相机,不仅能拍摄地面的大型军事设施,而且还能识别飞机和导弹的种类以及各种小型装备和无线电通讯设备等.最好的照相侦察卫星的地面分辨率可达到15—30cm.为了尽可能使卫星上的照相机“看清”地面目标,照相侦察卫星的运行轨道不高,一般离地面约200km左右.

照相侦察卫星的照片可以通过两种方式送回地面:一种是直接回收,即把卫星所拍的照片密封装入回收舱,直接送回地面冲洗判读;另一种方式是无线电传输,就是在卫星上把照片冲洗出来,然后把底片上的目标图像转换成电信

号,以无线电波形式发给地面,地面接收以后再还原为目标图像.

早期装有可见光相机的侦察卫星尺寸小、重量轻、携带的胶卷少,在轨道上飞行的时间不长,大约飞行几天就要返回地面.随着航天技术的不断发展,照相侦察手段的改进,照相侦察卫星的“寿命”越来越长.如美国的“大鸟”卫星,寿命可达一年;“KH-11”卫星的寿命已经超过三年.

电子侦察卫星有“太空顺风耳”的美称.电子侦察卫星上装有无电接收机和天线等电子设备,专门用来窃听和截获敌方进行军事活动的各种无线电信号.获取有关敌方预警、防空和反导雷达的信号特征及其位置数据,为战略轰炸机弹道导弹的突防和实施有效的电子干扰提供数据;截获战略导弹试验的遥测信号,借以了解导弹核武器的发展情况;探测军用电台的位置,窃听通讯信号.卫星将截获的情报数据和资料,首先记录在磁带上或储存在计算机内.当卫星飞往自己地面站上空时,再将这些信号发回地面.在1991年的海湾战争中,正是电子侦察卫星掌握了伊拉克的大量军事情况,成功地压抑了伊拉克的防空雷达系统,有效地扰乱了指挥通讯,才使美军的空袭取得巨大成果并保持了极低的飞机损失率.

2. 在海洋探测和监视方面的应用

海洋占地球表面积的70%左右,海洋的各种特性如海浪的高度、海流的强度和方向、海面风速、海水的盐度和含盐量、潮汐出现的时间和方位等,在国防军事和现代战争中都是非常重要的情报.

然而,若用船只或飞机探测全球海洋的各种特性和监视海面的军事设施、设备,就要动用大量的飞机和船只,根本满足不了现代战争的要求.利用卫星,从太空向下俯视图,一目了然,只需几颗卫星就能往返巡视全球海面.

海洋监视卫星是用来跟踪和监视海上的舰船、潜艇和飞机的活动情况,探测海洋的各种特性以及提供舰船之间、潜艇之间、舰机之间和舰岸之间通讯.美国和前苏联是发展这种卫星最

早的国家,现在使用的有雷达型和电子窃听型两种.美国“海洋1号”监视卫星上的侧视雷达能全天候监视和发现海上的小型船只,雷达高度计能探测到高度不到10cm的海浪.在1982年英阿马岛冲突中,前苏联接连发射几颗海洋监视卫星,把有关情报提供给阿根廷,在阿军击沉英“谢菲尔德号”驱逐舰的作战中发挥了重要作用.

3. 在导弹预警方面的应用

导弹预警卫星一般在静止轨道上,也有的在12h周期的大椭圆轨道上运行,还可在高达 10^5km 的轨道上运行.美国的导弹预警卫星在地球同步轨道上运行,前苏联的预警卫星采用12h周期的大椭圆轨道.导弹预警卫星上装有红外传感器,能探测到数千千米以外导弹尾部喷焰发出的红外辐射,可以在导弹发射后90s内发现导弹并确定其位置,从而取得了较多的预警时间.先进的导弹预警卫星上还装有一种由许多光敏元件和微电子线路组成的叫做“电荷耦合器件”的探测装置.这种导弹预警卫星不仅能监视洲际弹道导弹,还能发现飞机和飞航式导弹那样的小型目标.未来的导弹预警卫星,除能确定它们的位置以外,还能测定其攻击路线和性质.在导弹预警卫星上增加X射线探测器、 γ 射线探测器和中子计数器,能够发现地面和大气层内的核实验,从而兼有核爆炸探测卫星的功能.

4. 在军事通信中的应用

用作微波中继站的卫星称为通信卫星,军用通信卫星通常可分为战略通信卫星和战术通信卫星两大类.它的任务就是将某一方需要传递的信息(如语言、文字、图像、数据等),通过地面站发给通信卫星,卫星上的接收设备接收到这些信息,进行放大或变频编码处理,转发给另一地面站,然后再传递到用户.

战略通信卫星通常在地球同步轨道上运行,为远程、直至全球范围内的战略通信服务.1982年美国发射的第三代“国防通信卫星”就是一种战略通信卫星.这种卫星经过核加固处理,具有抗干扰和防电磁辐射的能力,在核战争的场合中仍能继续工作.

战术通信卫星一般在12小时周期的大椭圆轨道上运行.主要用于近程战术通信,为军用飞机包括反潜战斗机和海面舰艇等的机动通信服务.

5. 在军事导航中的应用

卫星导航是在传统的天文导航和无线电导航的基础上发展起来的.它克服了导航对气象卫星的依赖和无线电导航在中远距离范围误差较大的缺点,可为地球表面各种目标提供全天候的精确导航数据.

“导航星”全球定位系统是美国1973年研制的,它的工作原理是时间测距.每颗导航星都装有非常精确的原子钟,它的误差每30万年近1s.如果用户装有与卫星严格同步的精确时钟,就可以确定导航卫星到用户的传播时间,根据卫星在发射信号时刻的精确位置,就能准确地确定用户所在位置.现在整个星座内有24颗卫星分布在六个轨道面内.

6. 在军事测地中的应用

地球形状大体上是圆球形,而在地面上有山、河、平地 and 海洋,因此,地球重力场的分布是不均匀的.又由于测量误差和保密的需要,军用地图上表明的位置和实地不符.这对导弹弹道的计算,对飞机和导弹的惯性制导系统影响很大.如不考虑这些影响,就会产生较大误差,降低命中精度,影响战略武器的效能.因此卫星测地有重要的军事价值.

7. 在军事气象中的应用

气象卫星就是一个无人高空气象站.卫星上装有扫描辐射仪,可见光和红外电视摄影机、温度和湿度探测器以及自动图像传输设备.这些设备将搜集到的各种气象数据,通过计算机处理后变成感光图像或转换成电信号记录在磁带上,然后发回地面.地面气象人员把通过卫星获得的气象资料同其他方法获得的气象资料一起进行综合分析后,就可以准确地预报天气.

我国于1988年9月7日成功地发射了一颗气象卫星“风云1号”,标志着我国已进入能够独立发射气象卫星的大国行列.这些气象卫星正在为我国的现代化国防建设发挥着重要的作用.