

气 象 卫 星

裴 山

(中国科学院大气物理研究所)

气象卫星是专门用来对地球和大气进行观测的人造地球卫星。从卫星上发下来的气象资料已成为各地气象台在做天气预报时的重要依据。气象员在做天气预报时,需要大范围地区中的气象资料。目前常规的气象资料是由全世界近五千个气象站进行地面气象观测以及约 1000 个气象站进行空中的气象观测(使用气球或火箭来进行观测)所获得的。这些气象台站绝大多数分布在全球有人居住的地区,但在广大的海洋、高山、森林、沙漠和极地等地区,常规气象观测资料却非常少。因此给天气预报造成很大困难,气象卫星的出现解决了这个困难。

十几年来,气象卫星的发展是非常迅速的。卫星发射的数目和种类不断增多,观测到的资料也越来越多。光是气象卫星拍摄的云层照片就在百万张以上,目前这些资料不仅应用到气象方面,在海洋、水文、地理等方面也有不少用途。在为国防建设服务上也有着重要意义。

一、气象卫星轨道的选择

人造地球卫星和月球一样,是按照一定的轨道围绕地球运动的。为什么人造地球卫星能飞离地球进入预先计算好的轨道,而作有规律的运动呢?这是因为:从地球上沿水平方向抛出的物体,如果不考虑空气的阻力,当它的初速度达到每秒 7.9 公里时,它就会永远绕着地球飞行而不再落到地球表面上。这时,物体进行圆周运动的向心力正好与地球的引力相等;如果初速度大于 7.9 公里/秒,物体就沿着椭圆形轨道运行;当初速度达到每秒 11.2 公里时,物体就会摆脱地球的引力场进入太阳系绕着太阳运动,成为太阳系中的一个人造行星;当初速度达到 16.7 公里/秒时,它就沿着双曲线轨道运行,将永远离开太阳系,飞向无边无际的宇宙空间。根据这个原理,为了使发射的卫星达到上述所要求的宇宙速度,必须利用多级火箭(一般为三级),才能将卫星送入预定的轨道。当卫星进入轨道

后,不再需要任何推力,就能按一定的规律绕着地球运行了。

卫星轨道的选择是一个很重要的问题。因此,应当根据发射卫星的目的,尽可能选择适当的轨道。在气象学上,希望尽可能得到全球连续的气象资料及情报,特别是热带海洋地区的资料,因为那里是台风、雷暴等灾害性天气系统经常发生的地区。为此目的气象卫星选择的轨道有两类:一类是低轨道,主要是近极地太阳同步轨道;一类是高轨道,主要是地球同步轨道。

目前近极地轨道卫星的高度一般取 700—1500 公里。这种轨道的卫星一天可以两次获得全球的气象资料。处于近极地轨道的卫星,所在的轨道平面和地轴的夹角很小,因而卫星围绕地球运动一圈总是通过南北极点附近的天空。再配合地球本身的自转,卫星就可以一条轨道一条轨道地观测到全球各个地区。为了做到气象上所需的定时观测,卫星的轨道平面始终与太阳保持一固定的角度(太阳同步),这样卫星就可以在同一地方时通过赤道,因此称这种轨道卫星为太阳同步卫星。

近极地轨道气象卫星一般采用圆形轨道。圆形轨道的好处是:卫星飞行的高度大致不变,不存在由于高度变化所引起的资料订正和定位的困难。

卫星沿着轨道绕地球飞行一周所需要的时间叫做卫星运行的周期,周期的单位一般用分表示。我国第一颗人造地球卫星的轨道周期是 114 分钟。卫星的周期和高度有着固定的关系,周期随高度增加而增加。卫星离地面愈高,围绕地球运行一周的时间愈长,高度愈低,卫星围绕地球一周的时间愈短。卫星飞行得越低,寿命愈短。把卫星的寿命、被观测物体的清晰度、相邻两条轨道间拍摄图片的衔接等因子综合起来考虑,近极地太阳同步气象卫星的高度一般取 700—1500 公里比较合适。这种轨道的卫星是目前世界上主要使用的一种气象卫星。

另一种是地球同步轨道卫星。卫星运行的轨道处

于距地面 36000 公里的赤道上空,它自西向东运转一周的时间和地球自转一周时间正好相同。卫星在地面上看起来是相对静止不动的。所以又叫地球静止卫星。这种卫星的优点是可以追踪生命史很短的天气现象,监视台风发生发展及其移动路径。它每隔二、三十分钟对地球观测一次,地面接收站一天可以收到许多张热带地区的云图照片,把这些照片连接起来,制成电影胶卷反复放映,就能清楚地看到天气系统的演变情况,对我们监视、跟踪热带风暴很有帮助(图 1)。



图 1 从同步卫星上拍下来的西半球云图照片

从气象观测的目的出发,最少需要发射两颗近极地太阳同步轨道卫星,每隔 90 个经度再发射一个地球同步卫星,这样就可以监视全球天气情况了。

二、气象卫星的基本结构和工作情况

气象卫星主要由两大部分组成:一部分是为了保障观测仪器正常工作的基本装置,主要包括姿态稳定系统、能源系统、热量控制系统、指令系统和通讯系统等。一部分是气象观测仪器。

姿态稳定系统,所谓卫星的姿态,是指卫星纵轴(或照相机光轴)在空间相对于轨道平面、地球表面任一固定坐标系统的取向。它决定卫星的观测仪器对准地球表面的方式。目前有三种姿态稳定方式:一种是自旋稳定,自转轴垂直于轨道平面,这种稳定方式可以安装电视照相机,当照相机镜头对准地面时才拍照。其缺点是难以安装扫描辐射仪。第二种是三轴稳定。卫星依靠一系列装置,使卫星在三个互相垂直的方向上维持稳定的取向,使照相机的光轴始终对准地表面,这种稳定方式也适于扫描辐射仪的观测,它是目前主要采用的稳定方式。不足之处是需要借助一些火箭喷嘴中排出的气体来修正偏差以维持稳定。这样一旦气体

用完,卫星就不能保持正常的姿态了。第三种是重力梯度稳定。在重力场作用下,转动着的物体,它的转轴会逐渐达到平衡位置,和重力梯度的方向一致。这是一种被动稳定方式。它的优点是不需要卫星自带喷气及附加设备,减轻了卫星的重量,可延长卫星的工作寿命。但目前这种稳定方式在技术上尚存在一定问题,并没有广泛应用。

能源系统,主要靠安装在卫星表面上的太阳电池供电。热量控制系统,控制卫星内有适当的温度。指令系统,主要是控制卫星。通讯系统用于卫星和地面的联系。这些系统同一般人造地球卫星差不多。

三、气象卫星上的观测仪器

目前,气象卫星上安装的观测仪器主要有两种:一种是电视照相机,一种是扫描辐射仪。

电视照相机主要是在白天有太阳光的情况下,用来拍摄云图照片的。当卫星在轨道上运转时,每隔一定的时间,电视照相机开启一下快门,就得到一张云图照片,然后卫星再把云图照片的图象讯号转化成电讯号储存起来。在卫星储存器上,可以储存许多云图资料。当卫星经过指定的地面接收站时,地面给它发出一个指令,卫星就把全部资料传送下来。除了储存外,卫星还可以用无线电讯号立即向地面发送。在地面上只要有接收设备,卫星经过接收范围的上空时,就可以立即收到卫星拍摄的照片。

近年来,气象卫星上主要使用扫描辐射仪进行观测。扫描辐射的种类很多。例如:两通道扫描辐射仪,主要利用 0.52—0.72 微米可见光和 10.5—12.5 微米红外两个波段;温度-湿度红外辐射仪,主要利用 6.7 微米红外波段水汽通道;垂直温度廓线辐射仪,主要利用二氧化碳在 15 微米红外波段的吸收带,可以得到垂直温度分布资料;红外干涉光谱仪可测量大气臭氧的分布;还有微波辐射仪等观测仪器。目前气象卫星上的辐射仪选用的波段主要有:红外、可见光、微波等波段。

气象卫星距地球的高度很高,因此它测量大气中各种气象要素的方法和地面一般方法不同。卫星上的测量仪器不能与实测大气直接接触,必须采用遥感的方法。根据任何物体都具有一定的温度,都会放射出一定的热量,这种热量以辐射的形式向外传播,称作热辐射。卫星上装有接收这种辐射的仪器,就能测量出到达卫星的地球大气和云层放射的辐射,以及它们反射的太阳辐射。再通过数学计算,就可求出各地不同高度大气的温度、湿度等必要的气象要素数值。

例如测量出云顶到达辐射仪的热辐射量,就可得到红外云图。红外云图也反映地面和云顶的温度。大气的温度一般比地表面低一些,并且处在不同高度的

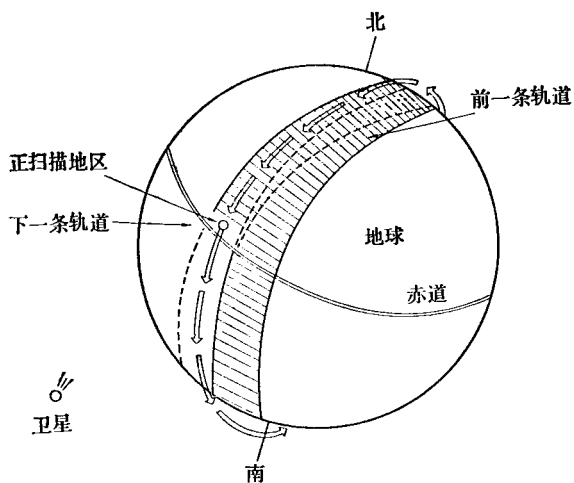


图2 辐射仪扫描观测示意图

云顶具有不同的温度，高云比低云冷一些，相应地它们放射的辐射量就有强弱之分。因此，当卫星上感应元件向地球扫描时，就显示出辐射强度在不断地变化。在卫星红外云图上，白的地方是冷区，即中高云区，黑的地方是暖区，即地面、水面或低云区。又如利用可见光波段，可以得到可见光图片，它主要是测量来自云顶、地表面和水面对太阳光的反射辐射。因此只能在白天得到这种图片。

电视照相机拍摄图片的方式和扫描辐射仪不同。电视照相机是快门一打开即拍完一张照片。发送时，图片被分解成许多线条，用超高频或微波载波一条条地向地面发送。而扫描辐射仪则是利用它的扫描镜，以每分钟固定的转速向地球扫描，每转一圈，就得到从地球一端到另一端的一长条扫描线（见图2）。卫星不断地前进，一条条扫描线相互衔接，构成一张完整的图片。在卫星扫描的同时，用超高频或微波载波向地面发送，也可以把资料储存起来给地面指定站接收。

气象卫星只能按规定的几个频段向地面发送资料。如发射频段为136—137兆周的云图资料。随着科学技术的飞速发展，气象卫星上的观测仪器的不断改进，观察物体的精密度不断提高，逐渐采用甚高分辨率扫描辐射仪，它的发射频率选用1700兆周。由于发射频率提高，抗干扰能力增强，图片的质量比以前有很大提高，它能分辨出0.85公里的云块和地表特征。所以，人们就把这种云图称为甚高分辨率云图。把以前接收的、能分辨出4—8公里的云块和地表特征云图称高分辨率云图。

气象卫星上安装的甚高分辨率扫描辐射仪也是两通道扫描仪器，与过去的一般两通道扫描辐射仪的构造和扫描方式是一样的，只是它的技术特性和发射讯号都有很大的改进。

从气象卫星上可以取得那些资料呢？目前，利用

气象卫星主要可以取得两种资料：一种是图象资料，包括电视照片、红外照片可见光照片、水汽通道照片、微波照片等；另一种是气象要素资料，包括温度垂直分布资料（如图3）、湿度分布、海面温度、高空风的资料、地球——大气系统辐射收支平衡资料、臭氧及太阳质子等资料。第一种图象资料中有些是立即播放的（即拍摄后就向下发送），这又叫图片自动发送系统，世界各地设有小型的卫星接收站都可以收到。当然这种图片也可以储存在卫星内。第二种资料主要是储存在卫星内的。它要听地面指令才发送，因此只有卫星中心控制站才能收到。这种中心控制站设备庞大、操纵系统复杂，并要通过高速电子计算机处理资料，然后将处理好的资料由专线方式传给使用部门，供分析应用。

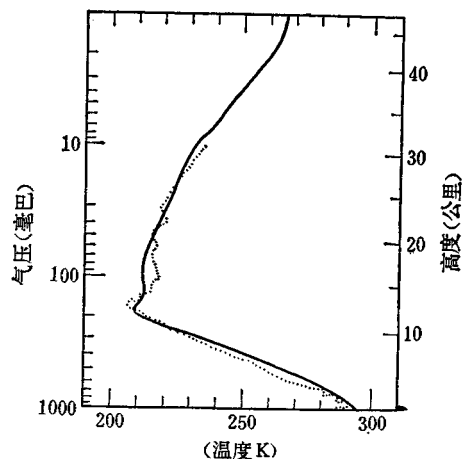


图3 用卫星红外光谱仪探测的温度上升曲线（——）和表示用无线电探空温度上升曲线（---）

随着气象卫星及其探测技术的改进，许多新的、更为精密的观测仪器将投入使用。那时，从卫星上将会得到更多的气象资料。70年代后期，将要建立全球的卫星气象观测系统，气象观测的许多重要工作将由气象卫星来承担。

四、气象卫星地面接收站的主要设备

卫星观测到的资料，通过超高频无线电载波向地面发送。要想把卫星上发射出的讯号接收下来，必须有一定的地面接收设备。

一般小型的地面接收站主要设备包括接收和显示两部分。接收部分包括：天线、前置放大器和超高频接收机。显示部分主要是显示器（如图片传真机）。这套地面设备，是用来接收气象卫星云图的。

在接收前，根据卫星运行的轨道预报进行计算，确定卫星在几点几分几秒进入接收区，以及卫星每时每刻所处的位置，只有准备工作做好了，才能保证把卫星

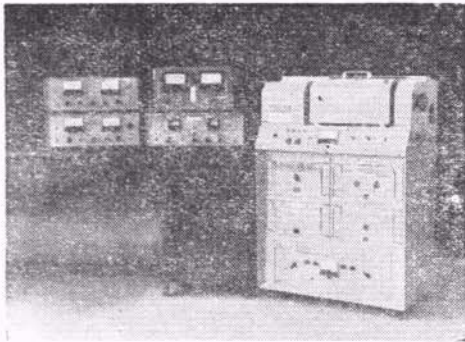


图4 气象卫星云图地面接收设备

上发射的资料接收下来。

当卫星来临时,转动天线跟踪卫星,接收从卫星上发射下来的超高频无线电讯号,经过前置放大器和接收机里的放大、变频、限幅、鉴频等电路处理,去掉超高频载波,恢复低频讯号——图象讯号,由接收机输出,送到显示设备处理。显示设备有三种类型:照片传真机、电学纸图片传真机和示波管(或显象管)电显示器,目前我国采用图片传真机。图象讯号在图片传真机里,通过录影灯变成相应的亮度不同的光讯号,依次照到转动滚筒上的感光照相纸(或感光胶片)上,最后经过显影、定影变成卫星云图照片(见图5)。



图5 西藏高原卫星云图

卫星云图接收下来之后,还要标上经纬度网格,然后交给气象台预报员分析使用。

上述小型地面接收站的设备,主要接收发射频率

为136—137兆周的卫星云图资料。目前世界上大多数卫星地面接收站都属于这一种。随着科学技术的发展,气象卫星上的观测仪器不断改进,仪器分辨率的提高,卫星上采用1700兆周发射频率。因此,地面接收设备也有所改变。它的主要接收设备包括:1.抛物面天线;2.超高频接收机,采用动态跟踪式的高灵敏解调器,进行一次解调,提高讯噪比,自动频率控制;3.天线控制器(手控和自动跟踪两种装置),4.传真机采用二次解调、黑白补偿电路和自动相位锁定装置,5.晶体管稳压电源等几个主要设备。

1700兆周甚高分辨率云图接收过程,和前面讲过的普通高分辨云图接收基本上一样。它增加了天线自动跟踪装置,因天线接收的波瓣角很小,只有5度,用手控不易跟踪,因此采用自动跟踪天线。用这套设备接收下来的图片可以是负片(即和平常照象底片一样),也可以是正片(即照片)。如果是负片,印成正片才能分析应用。

目前,世界上只有少数国家能够自己生产这套地面接收设备。我国人民遵照毛主席关于“**独立自主,自力更生**”的教导,于七十年代初,成功地研制出接收137兆周卫星发射频率的云图照片的小型地面接收设备,开展了卫星云图的接收和应用工作。在此基础上,从1972年开始,又着手研制接收1700兆周卫星发射频率的甚高分辨率卫星云图的地面接收设备,于1973年9月收到了这种云图照片并投入使用,二年来使用效果良好,图片质量受到国内外好评(设备外形见图4,用这套设备接收的云图见图5)。为我国气象卫星资料的使用和研究提供新设备,促进了气象科学的发展。这套地面接收设备如稍加改变,并配备一个5米左右固定式圆抛物面天线,未来就可以接收地球同步(即静止)卫星发出的多种资料。

五、气象卫星资料的应用

气象卫星是一种综合性观测工具。目前世界各国应用最普遍的气象卫星资料,就是卫星云图资料。

利用卫星云图可以观测台风,台风是发生于低纬度热带海洋上的一种强天气系统。由于海洋上观测资料稀少,给台风预报带来很大困难。台风对国民经济建设和沿海地区人民生命财产有很密切的关系。利用卫星云图可以监视台风的发生、发展,跟踪其移动路径,确定台风中心位置及强度的变化,确定大风范围、暴雨区等。

卫星云图对测站稀少的西藏高原的天气预报,以及监视高原西面和南面移过来的天气系统,也是很有用的工具。图5中给出孟加拉湾风暴的北面云系已经越过喜马拉雅山、横断山脉,除了在低压中心下了大

(下转第192页)

出行星运动的规律。十六世纪,开普勒经过长期研究,发现了行星运动的三大定律,指出地球和行星绕太阳的轨道原来不是正圆形而是椭圆形。开普勒的这些发现是以哥白尼学说为基础的,又克服了哥白尼学说的局限性,它标志着太阳系学说发展的新阶段。看来开普勒的学说是很完美了,其实不然,他的三大定律,只阐明了行星在怎样运动,还没有解答行星为什么这样运动。后来,从加利略开始到牛顿完成的力学,特别是牛顿的万有引力学说,进一步阐明了行星运动的本质,使开普勒三定律得到了统一的解释,并成功地预言了海王星和冥王星的存在。但是作为经典理论的牛顿力学,仍然远远没有穷尽人们对太阳系的认识,比如关于万有引力场的本性我们至今才仅仅在探讨之中。

太阳系学说是这样,其它物理学理论,比如关于物质结构和光的理论,同样也是这样。在它们发展的每一个阶段,尽管有近似的、不完善之处,但都包含了不可推翻的绝对真理的因素。如果我们因为它是相对真理,其中有不够严密,甚至错误的地方,就简单地把它

作为错误的东西来否定,那正如恩格斯所指出的一样:就会造成一个更大得多的谬误,他的一粟真理也许就消失在谬误的沙丘中。

由此可见,从初中物理、高中物理、普通物理、理论物理到现代新物理,一般说来,不过是研究的内容更多,适用范围更大,精确程度更高。每一阶段与它前阶段比较起来,无疑是更正确了,更严密了。但是,这种正确和严密毕竟只是相对的。如果把任何一阶段的正确性绝对化,而对前一阶段采取简单否定的态度,那都是完全错误的。因为它既否定了现阶段的必然发展,又否定了前一阶段所包含的绝对真理的颗粒。因此,重要的在于把每一发展阶段的理论都摆在恰当的位置上,指明它的适用范围、近似程度和发展方向,才符合唯物辩证法,也才能使学生学了高等物理以后,不是简单地否定初等物理,而是能动地驾驭初等物理。对于初学者来说,也既能认识现阶段学习的必要性,又能努力在继续学习的实践中,不断开辟认识真理的道路。

(上接第 146 页)

烦躁不安,甚至抽风。以后变为二度阻滞,故采用本机作静脉心内膜起搏。装上机器后患者自感心胸畅快,安定自若。图 4 是此次治疗的心电图。

图中第一联为停起搏后心电图。第二联为用本机起搏时的心电图,显示 II 度房室传导阻滞形成三联律,心脏无漏搏时起搏器不发出脉冲,有漏搏时(R-R 间期超过起搏器预定脉冲间期),起搏器发出脉冲控制心脏的收缩。第三联亦为具备按需功能的心电图。

动物试验和临床应用承天津医学院附属医院心血管组的医务人员大力协助,在此表示衷心感谢。

(上接第 153 页)

经验、资料又从何而来呢?难道会从天上掉下来吗?当然不会,只能是关起门来冥思苦想,外国杂志缝里找题目,洋本本里翻数据,公式里面兜圈子……。这是刘少奇的修正主义科技路线。文化大革命前,在这条修正主义科技路线的毒害下,一些科研单位关起门搞“提高”,结果是“科研科研,越研越玄”;“大量资金似水流,成果未得人变修”。我们决不能再上这个当。

一切从事科学技术工作的同志,都应该遵照马克思主义的认识路线,坚持理论联系实际,走与工农相结合的道路,实行开门办学、开门办科研,在毛主席革命路线的指引下,走我国自己发展科学技术的道路,把我国科学技术事业推向前进!

(上接第 160 页)

雨外,在地处横断山脉的云南省一带也下了大雨,雨区分布和云型很相似。由于受这个风暴影响,横断山脉地区、云南、贵州和四川南部一连降了四天雨。有的地方下了暴雨,云南腾冲附近累积降水量超过 100 多毫米。这些在卫星云图上表现很清楚。

卫星资料除了应用于天气预报外,对于保障航海、海上作业意义也很大,可以给船只提供台风、大雾区、结冰区等情报。

卫星资料应用于航空方面,对于保障飞机安全飞行也有很大用途。卫星云图能直观地告诉飞行员在航线上的天气情况,特别是了解危险性的雷暴天气区和飞机颠簸区。

目前,气象卫星除了提供卫星云图外,还能提供其它的资料。如测得的垂直温度分布资料应用于数值天气预报;由卫星测得的海面温度分布资料,可应用于长期天气预报,还可以确定冷暖洋流的位置,找出某种鱼类和海温、洋流的关系,应用于海上捕鱼。除上所述,气象卫星资料在海洋、高山和极地探险、水文、地质、地理、高空大气物理等各方面,都有着十分广泛的用途。