

风云一号气象卫星资料的接收处理和应用

范 天 锡

(国家气象局卫星气象中心)

1990 年 11 月 12 日收稿

摘 要

本文叙述了风云一号气象卫星的信息特征以及它在气象、气候、地球环境和自然灾害监测中的应用,对风云一号气象卫星资料接收处理系统也作了概括的介绍。

1988 年 9 月 7 日,我国发射了第一颗试验试用型气象卫星风云一号(FY-1-A)。1990 年 9 月 3 日又发射了风云一号的第二颗星 FY-1-B。为了与卫星的发展相适应,1987 年底国家气象局卫星气象中心建成了风云一号气象卫星资料接收处理系统,这一系统还能兼顾接收处理美国 NOAA 卫星和日本 GMS 卫星的资料。风云一号卫星的发射和地面资料接收处理系统的建成,是我国气象现代化的一个重要里程碑,它在气象领域以及多种地球环境监测中都能发挥重大的作用。

本文对 FY-1 卫星的信息特征、资料的接收和处理及其在各个领域的应用状况作一简要介绍和分析。

一、风云一号气象卫星的信息特征

FY-1 卫星采用太阳同步轨道,高度约 900 公里,倾角约 99° ,偏心率 < 0.005 ,FY-1-A 的过境时间在地方时 4:00 和 16:00 左右,FY-1-B 的过境时间在 8:00 和 20:00 左右。

FY-1 上现在安装的遥感仪器是可见光和红外波段的扫描辐射计,它有 5 个通道,其波长范围是 0.58—0.68,0.725—1.1,0.48—0.53,0.53—0.58,10.5—12.5 (单位是微米),每秒钟具有 6 条扫描线,每条扫描线具有 2 048 个扫描点,扫描点的空间分辨率,在星下点为 1.1 公里。扫描辐射计的第 1、2 通道用于获取白天的云图及地表和海面的多种特性,它的波长范围与 NOAA 卫星的改进型甚高分辨率辐射计(AVHRR)的第 1、2 通道一致,其数据可以相互比较。第 3、4 通道为 FY-1 所特有,主要目的是获取海洋水色,第 5 通道是热红外通道,可以获取昼夜云图以及地表和海面的温度。

FY-1 的实时资料传输采用与美国 NOAA 卫星兼容的体制,有高分辨图像传输(HRPT)和分辨率为 4 公里的自动图像传输(APT)两种,凡可以接收 NOAA 卫星资料的地面接收设备,一般也可以接收 FY-1 卫星的资料,反之亦然。HRPT 是数字信息,码速率为 0.6654 兆位/秒,载波频率为 1695.5 或 1704.5 兆赫,APT 是模拟信号,载频为

137.035 或 137.795 兆赫。FY-1 星上装有磁带机，可以存贮卫星在别国上空运行时观测的资料，在卫星通过我国的地面站时再将资料回放发送下来，由于现在 FY-1 上的磁带机存贮容量有限，还不能获取全球资料，但是通过遥控可以将这种延时回放资料的观测地域置于地球上的任一地区。

二、风云一号气象卫星资料的接收处理

风云一号气象卫星的资料接收处理系统，曾于 1988 年成功地进行了 FY-1-A 资料的接收处理工作，现在又进行了 FY-1-B 资料的接收处理和服务工作。这一系统由 3 个地面资料接收站(北京站、广州站和乌鲁木齐站)和一个资料处理中心(北京，卫星气象中心)组成(图 1)。

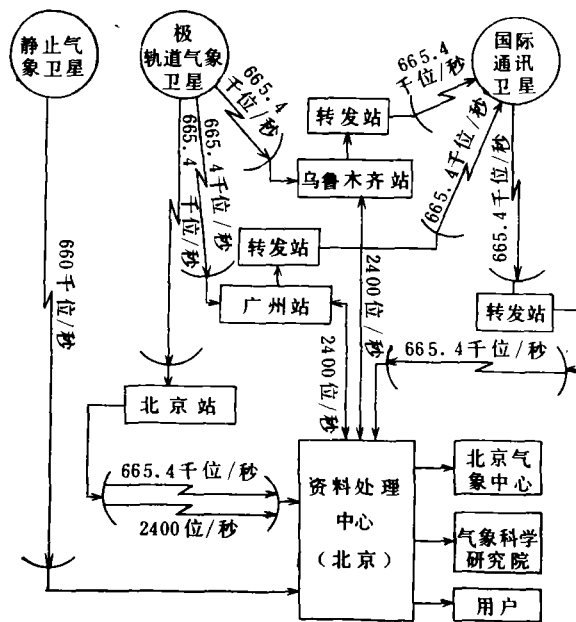


图 1 气象卫星资料接收处理系统示意图

Fig. 1 Blockscheme of receiving and processing system for meteorological satellite data

地面站的主要任务是接收和转发气象卫星的资料，除了具有天线、接收机、时统和通信设备外，由于还要进行资料编排、存贮、监视和天线程序跟踪等工作，因此在各地面站都配置了小型计算机系统，主机是 2 台 IBM S/1。

资料处理中心设有指挥调度、接收、通信、时统和中心计算机系统，负责资料处理工作。中心计算机系统又分为主机系统和输入/输出系统。输入/输出系统配置了 5 台 IBM S/1 小型计算机。主机系统配置的计算机是 3 台 IBM 4381-P03，每台内存 16 兆字节，磁盘总容量超过 25 000 兆字节，3 台主机通道连接，可使主机系统中的大部分外设为

3 台主机共享。

资料接收处理流程为: 资料处理中心首先根据国家测控中心发送来的 FY-1 轨道根数和接收到的 NOAA 卫星的 TBUS 轨道根数, 作出卫星轨道预报, 据此指挥 3 个地面站按时接收 FY-1 和 NOAA 卫星发送的资料。由于气象资料的时间性要求很强, 因此广州和乌鲁木齐地面站接收的资料是通过租用国际通信卫星电路实时转发至资料处理中心的, 北京站则通过微波电路直接传送给资料处理中心。地面站通过图像显示可监视所接收的云图的质量, 并可根据中心的要求回放已存贮在磁盘中的资料。

资料处理中心汇集 3 个地面站的气象卫星资料、国家气象中心传递来的常规气象资料以及卫星轨道参数等其它资料, 进行资料处理工作。卫星原始资料通过输入/输出系统送至主机系统后, 按一定格式形成文件存贮在磁盘中。对此原始资料首先要进行预处理, 即进行质量检验、定标系数处理、地理定位和格式变换等工作, 形成便于各种资料处理工作使用的数据集。各种资料处理工作在预处理后并行展开, 其内容是多种多样的, 按应用要求进行, 大致可分为图像处理 and 气象参数处理两类。所有资料处理的结果一般都要按一定格式形成磁盘文件, 以便按不同的方式输出。

目前, FY-1 的主要产品有: 单轨云图、单轨展宽云图、极射赤道投影拼图、多通道合成图、多时次亮度合成图、局地增强叠加云图、海面温度、射云长波辐射、云参数、植被指数、海冰分布图等等。NOAA 和 GMS 卫星除了具有上述一类的产品外, 还具有圆盘图、分区图、大气温度、湿度廓线和臭氧总含量等产品。由于这些产品的信息量大、时间性强、时次多, 因此产品分发工作是当前一个相当困难的问题。

产品输出方式可以分为数字和图像两类。数字产品可以编码或数字文件形式通过通信电路或计算机网络传送给国家气象中心并向全国发布, 也可以磁带、软盘和数字打印等方式提交给用户。图像和图形产品可通过交互式图像和图形终端、微机图像系统作近程和远程输出显示, 也可作传真图和等值线图等硬拷贝输出, 在天气预报和气象信息等电视节目中播放各种图像和图形, 传播面广, 不但可供专业人员使用, 而且可为广大公众提供形象的天气和地球环境信息。进一步有效解决产品分发问题, 则有赖于计算机组网和卫星通信技术的发展。

资料存档也是资料处理中的重要环节。由于气象卫星资料的数据量庞大, 除选择一部分图片和数字打印结果存档外, 主要存档方式是数字磁带和缩微胶卷。目前, 卫星气象中心在磁盘上存贮卫星资料的时间是 24 小时, 然后拷贝到磁带上存档。

风云一号气象卫星的资料接收处理系统, 目前已处于 24 小时不停顿地业务运行状态, 它是继美、日和欧联之后, 世界上又一个大型的气象卫星地面业务应用系统, 已受到世界各国同行的注意。最近几年, 微机气象卫星资料处理系统在我国发展很快, 许多省、市和部门已具有 FY-1、NOAA 和 GMS 卫星资料的接收能力和一定的处理能力, 因此, 气象卫星资料可望得到更加广泛的应用。

三、风云一号卫星资料在气象领域中的应用

气象卫星资料的应用首先是气象领域的天气预报。现在在我国的短期天气预报, 特

别是台风、暴雨等强对流天气的预报中,气象卫星资料是不可缺少的。在这一方面,由于静止气象卫星观测频次高,在 1 小时或更短的时间间隔内可获得一次观测资料,有利于监视天气系统的快速变化,因而具有独特的作用。但是, FY-1 这类极轨卫星,轨道高度低,辐射计通道多,空间分辨率和探测精度高,可更细致地显示出中小尺度云系的结构,也有其特长。无疑二者结合使用,取长补短,将能取到更好的效果。例如,用 FY-1-B 资料制作的北京地区的局地云图,图像清晰鲜明,在亚运会期间的天气预报服务中起到了很好的作用。

目前,我国使用的静止气象卫星云图是日本 GMS 的云图,而 GMS 定位于 140°E ,我国处于其观测范围的西北角,空间分辨率大为降低,在我国西部地区更甚。然而,我国西部至苏联一带又是我国上游天气地区,特别是青藏高原大气的动力和热力作用,对北半球以至全球大气环流都会产生重大影响。FY-1 卫星则可以有效监视我国上游天气的活动,大大有助于我们对高原天气系统活动规律及其影响的认识。

极轨气象卫星的一个主要作用是获取全球资料,而我国只能接收到国外卫星的局地资料,因而获取全球资料的唯一途径是发展我国的极轨气象卫星。

中长期天气预报、气候演变和地球系统科学的研究,不仅对于国民经济特别是农业生产具有重大意义,而且对于人类生存环境的保护也是十分紧迫的问题。所以必须从整体上研究大气、海洋、陆地三者之间的相互联系和作用。目前中期数值天气预报系统的建设也已列为国家 90 年代的重点项目。因此,全球资料的获取具有特别重要的意义, FY-1 卫星的发射,为获取所需的全球资料奠定了技术基础。

从当前 FY-1 的观测资料中,可以提取出云参数(云顶温度、云量、云型)、地球长波射出辐射、海面温度、地表温度、地表冰雪覆盖、地表植被指数、海冰等多种气象要素。如果进一步提高 FY-1 的性能,增设红外大气垂直探测仪器和微波辐射计,则可以进一步得到大气温度和湿度廓线、大气中臭氧的含量、土壤湿度等等。现已证明:将这些要素加入到数值预报的初始场中,对改善预报有明显的作用。

在航空、航海和军事气象保障中,气象卫星资料也是不可缺少的。例如,低云和雾、垂直发展旺盛的积雨云、高空强风引起的湍流等都是航空中要注意的问题,这些现象均可以在 FY-1 卫星云图上显示和分析出来;远洋运输和军事试验活动等,需要准确及时的海洋和特定地区的天气预报,在 FY-1 实时和延时资料的帮助下,这类工作也可以较好地完成。

四、风云一号卫星资料在地球环境监测中的应用

目前,气象卫星资料的应用范围已远超过通常理解下的气象领域,它在地球环境和自然灾害的监测中,显示出许多独特的功能。它监测的面积大、频次多、时效高、精度高、客观真实,特别是具有生态环境的动态监测功能,因而近几年气象卫星资料的应用在我国的发展十分迅速。目前应用比较广泛的项目有森林火灾、洪水、植被、海温、河口泥沙、海冰、积雪、城市热岛的监测以及小麦估产等,此外还有许多项目处在研究开拓之中。

FY-1 和 NOAA 卫星的第 1、2 通道的波长范围是一样的,通道 2 处于近红外波段,

植物的叶绿素在这一波段有很高的反射率,而通道 1 处在可见光红色波段,植被的反射率较低,因而把这两个通道反射率的差值 ($ch_2 - ch_1$)、比值 (ch_2/ch_1) 和 $(ch_2 - ch_1)/(ch_2 + ch_1)$ 称为差值植被指数、比值植被指数和标准植被指数。植被指数的大小可以很好地描述植物生长发育状况,现已广泛用于作物和草场生长状况、大面积作物和森林病虫害的监测,对农、林、牧生产的指挥管理具有很重要的作用。用以监测洪水受灾情况,可以区分绝收和不同程度减产的区域,使救灾领导机关迅速得到全面客观的灾情报告。在冬小麦、草场蓄草量以及其它作物的估产方面,在我国开展得也很好,特别是冬小麦估产,在北方省(市)已形成业务化,具有很高精度,为国家和省(市)领导机关所重视。

FY-1 的通道 5 是热红外通道,用其晴空时对地表和海面的测值可反演出地表温度和海面温度。地表温度与地表反射率数据相结合可作各种地表特征的判识。海面温度在气象和海洋领域都是一个十分重要的参数。

积雪对工农业生产和交通有很重要影响,特别在我国西部地区,其水源在很大程度上要靠高山冰雪的融化,而雪暴又会给人畜造成极大的危害。FY-1 的通道 1,2,5 相结合,可以及时给出大范围的清晰的积雪图像,并可给出积雪的一些特性,从而为工农业生产和救灾工作提供依据。

通过海面温度可以分析出海洋中的洋流和冷、暖涡旋。海洋中的冷暖水交汇处,也是鱼类的密集处,利用海面温度资料来确定渔场位置,已成为国内外缩短寻找鱼群时间和增加捕鱼量的有效方法。利用洋流位置对远洋运输进行导航,可以提高航速和节省燃料。

利用 FY-1 的可见和红外通道数据,可以识别海冰和海雾,对于海上航运的安全保障可发挥重大作用;海上流冰对海上石油钻井平台构成了严重的威胁,对海冰的消长和流冰状况的及时监测可为采取预防措施提供必要的资料。

通过通道 1 的反射率数据和图像,可以显示出河口泥沙扩散的走向、范围和变化规律,从而为我国沿海河口港口建设和滩涂开发提供依据。这一工作过去已经取得了一些重要成果,今后必将有更广泛的发展。

FY-1 的通道 3、4 是两个海洋水色通道,用以探测海洋中的叶绿素含量,这对研究海洋中的生物繁殖状况有重要的意义。遥感海洋水色的设备一般安装在海洋卫星上,由于海洋卫星发射数目很少,在目前处于工作状态的卫星中,只有 FY-1 的水色通道处于工作状态。FY-1 的第 3、4 通道对陆地表面特性也有探测作用。

从 FY-1 红外通道反演出的地表温度可对城市热岛效应作出全面的显示,从而可为城市建设、生产和生活的规划以及城市气候学的研究提供很有价值的资料。

从地表温度和植被指数中可以间接反映土壤湿度的状况,从气象卫星资料中提取土壤湿度信息的研究已获初步成果。

目前,地震的临震预报是一个非常重要而又尚未解决的问题,然而近年来通过气象卫星对地表和海面温度的观测,发现震前有温度异常升高的现象,现正在作为临震预报的手段进行研究探索,FY-1 资料也将用于此项工作。

地质构造的遥感一般来讲是资源卫星的任务,然而应用 FY-1 资料可以制作大范围的多光谱合成图像,反映大范围地质构造的全貌。

上面,我们所列出的 FY-1 可以发挥作用的种种应用都是在我国已经开展工作并已

取得成果的领域,此外还有许多应用正在研究开拓。由于 FY-1 上目前没有安装处于 3.8 微米的短波红外窗口通道,因此,尚不能进行森林火灾监测。然而,它又具有可对全球任一地区观测的延时资料,从而为在我国进行全球生态环境的监测和研究提供了条件。

五、结 束 语

从 60 年代初期到现在,世界上发射的气象卫星已超过 150 颗,我国的 FY-1 是试验试用型卫星,它的发射仅是我国气象卫星发展中的一个开端。从现在取得的观测资料来看,其空间分辨率和图像清晰度都不亚于美国的 NOAA 卫星,说明这个开端是良好的。FY-1 卫星的意义不仅在于它的资料可以提供给各方面应用,更重要的是为今后气象卫星的发展奠定了技术基础。

由于 80 年代我国建设了气象卫星资料处理系统,使得近几年气象卫星资料的应用得到了迅速发展,并与卫星的发展相配套,因此可以说,我国的气象卫星和卫星气象事业大体上已渡过了开创阶段,而将进入提高、发展和取得更大效益的阶段,90 年代将是这一阶段最重要的发展时期。

Receiving, Processing and Application of the FY—1 Meteorological Satellite Data

Fan Tianxi

(Meteorological Satellite Center, SMA)

Abstract

This paper describes the information characteristics of FY-1 meteorological satellite, its application in the fields of meteorology, climatology, natural environment and disaster monitoring. The FY-1 meteorological satellite data receiving and processing system are also briefly introduced.