

陈渭民 何永健 邱新法 罗庆洲 编著



卫星云图

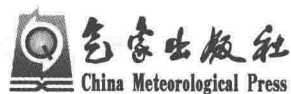
WEIXING YUNTU
GUANCE YUANLI HE FENXI YUBAO

观测原理 和 分析预报

 气象出版社
China Meteorological Press

卫星云图观测原理和分析预报

陈渭民 何永健 邱新法 罗庆洲 编著



内容简介

本书系统地介绍了卫星云图观测的基本原理和卫星云图在天气分析和预报中的应用。全书共有 14 章,第 1—4 章介绍卫星气象概貌,卫星云图观测的特点,气象卫星轨道的基本知识和卫星观测基本原理,卫星观测仪器;第 5 章是卫星云图分析基础,介绍几种业务常用通道的卫星云图的特点,云的识别;第 5—10 章是中纬度天气系统云图分析,各类天气尺度云系的识别、分析和预报;第 11—12 章是冰雹和暴雨云系的卫星云图分析,介绍了如何由卫星云图分析冰雹和暴雨等强对流云系发生发展的原因和若干冰雹和暴雨云系预报模式;第 13—14 章是热带天气系统和台风的云图分析。

本书的重点是卫星云图分析和应用,所以它的使用对象是与大气科学相关的天气预报专业人员,也可以供从事遥感、大气物理、大气探测等方面的科研工作者、气象台站的气象预报员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

卫星云图观测原理和分析预报/陈渭民等编著. —北京:
气象出版社,2014. 11

ISBN 978-7-5029-6041-4

I. ①卫… II. ①陈… III. ①卫星云图-气象观测-理论
②卫星云图分析-气象预报 IV. ①P455

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 249215 号

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号

总 编 室:010-68407112

网 址:<http://www.qxcbs.com>

责任编辑:黄红丽

封面设计:易普锐创意

印 刷:三河市鑫利来印装有限公司

开 本:787 mm×1092 mm 1/16

字 数:725 千字

版 次:2015 年 1 月第 1 版

定 价:78.00 元

邮政编码:100081

发 行 部:010-68406961

E-mail: qxcbs@ema.gov.cn

终 审:周诗健

责任技编:吴庭芳

印 张:28.5

印 次:2015 年 1 月第 1 次印刷

前 言

自 1966 年第一代气象卫星资料投入气象业务预报应用后,卫星云图是最早也是迄今为止在业务天气预报中使用最为广泛最有用途的气象资料,特别是在暴雨、冰雹、台风等灾难性天气的监测和预报中不可缺少的资料。卫星云图的时空分辨率高、包含的各种信息最为丰富。随着卫星探测技术的高速发展,卫星云图的质量有了极大提高,卫星云图由原来的可见光、红外云图,发展到近红外云图、水汽图等多种卫星云图资料。近年来计算机技术快速发展,卫星云图的处理技术提高到一个新水平;同时,网络技术快速发展,使卫星云图快速传送到用户。卫星云图已经与其他天气资料一起,在每天的天气预报中发挥愈来愈重要的作用。

卫星云图可以为天气预报提供云参数、大气流场和各种大气物理过程等重要的气象信息,能监视常规天气图上无法发现的诸如中、小尺度等灾害性天气现象;更重要的是卫星云图能提供海洋、人烟稀少的高原和沙漠地区的气象资料。同时卫星云图的时空分辨率高,对监测海洋、地貌、农作物生长和森林火灾有重要作用。随着卫星探测技术的高速发展,卫星观测通道越来越多,图像的种类大增,经处理后定量的卫星资料也越来越多,卫星云图的应用表现出广阔的前景。

特别是我国地跨热带、副热带、温带地区,南北幅度大,不仅有中纬度锋面、温带气旋等天气系统,而且有热带低压、台风、辐合带等天气系统,西部有世界上最大的高原——青藏高原,高山地形起伏、河谷和山脉交织一起,东部濒临世界最大的海洋(太平洋),形成世界上最为复杂的云系分布和天气变化。

本书是近年来作者在南京信息工程大学滨江学院讲授卫星气象的基础上,紧密结合卫星遥感资料应用于天气预报的实践要求进行编写而成,书中增加了大量实际卫星云图分析的实际例子和问题,读者通过学习后能在工作中熟练使用卫星云图,鉴于目前我国有关卫星云图分析应用的书籍不多,本书也可作为气象台站预报员应用卫星云图的参考书。

本书主要由陈渭民编写,其中何永健参与了第 1—3 章编写工作,罗庆洲参与了第 4 章的编写工作。全书共有 14 章,第 1—3 章介绍卫星观测基本原理,第 4 章是卫星云图分析基础,第 5—10 章是中纬度天气系统卫星云图分析,第 11—12 章是冰雹和暴雨的卫星云图分析,第 13—14 章是热带天气系统和台风的卫星云图分析。

本书编写过程中得到应用气象学院、滨江学院和遥感学院的大力支持,邱新法教授仔细审阅全部书稿,南京大学大气科学学院郁凡教授对全书提出很多宝贵意见,吴鹏飞博士等近 30 人为本书提供了重要的参考资料,气象出版社编辑黄红丽对全书进行细致的审阅,提出了许多修改意见,在此一并表示衷心感谢。

限于作者水平和能力,不当之处在所难免,敬请读者批评指正。

作者

2013 年 11 月

目 录

前言	
第 1 章 气象卫星遥感的概述和应用	(1)
1.1 引言	(1)
1.2 气象卫星遥感探测的特点	(2)
1.3 卫星资料在大气科学和其他领域中的应用	(3)
1.4 国内外卫星介绍	(7)
本章要点	(18)
问题和习题	(18)
第 2 章 气象卫星轨道和气象卫星	(19)
2.1 气象卫星运动规律	(19)
2.2 卫星轨道参数和轨道的摄动	(22)
2.3 气象卫星轨道	(25)
2.4 卫星的发射和卫星技术	(31)
本章要点	(35)
问题和习题	(35)
第 3 章 卫星遥感辐射基础	(37)
3.1 辐射基本量	(37)
3.2 辐射基本定理	(46)
3.3 辐射在介质中的传输方程	(51)
3.4 太阳和地球辐射、大气吸收和散射	(59)
3.5 地表和云特性	(64)
3.6 云特性及其参数	(71)
本章要点	(78)
问题和习题	(79)
第 4 章 卫星云图观测原理和资料获取处理	(82)
4.1 卫星接收的辐射	(82)
4.2 卫星云图观测原理	(90)
4.3 极轨卫星观测仪器	(92)
4.4 改进的甚高分辨率辐射计	(99)
4.5 静止卫星观测仪器	(103)
4.6 中分辨率成像光谱仪(MODIS)	(105)

4.7 卫星资料的发送和接收	(107)
本章要点	(115)
问题和习题	(115)
第5章 卫星图像分析基础	(118)
5.1 卫星图像的基本特征	(119)
5.2 识别云的判据	(138)
5.3 卫星云图上各类云的识别	(142)
5.4 卫星云图上各类云的共存及区分	(168)
5.5 风沙、浮尘和沙尘暴特征	(171)
5.6 烟雾、林火特征	(173)
5.7 陆地冰雪覆盖区特征	(174)
5.8 海冰和湖冰特征	(179)
5.9 太阳耀斑区特征	(180)
本章要点	(181)
问题和习题	(181)
第6章 卫星图像大尺度和地方性云系分析	(183)
6.1 带状和涡旋云系	(183)
6.2 逗点云系	(184)
6.3 斜压叶云系	(191)
6.4 变形场云系	(195)
6.5 细胞状云系	(198)
6.6 水汽图的大尺度分析	(203)
6.7 地方性云系的云图分析	(209)
6.8 大气环流对云的控制作用和云的反作用	(219)
本章要点	(223)
问题和习题	(223)
第7章 利用卫星云图分析高空和地面天气系统	(224)
7.1 高空大气波动及其云型	(224)
7.2 利用卫星云图分析 500 hPa 槽线	(225)
7.3 利用卫星云图分析南支槽和青藏高原切变线云系	(229)
7.4 利用卫星云图确定高压脊线	(234)
7.5 利用卫星云图分析副热带高压	(238)
7.6 大气输送带	(241)
本章要点	(243)
问题和习题	(243)

第 8 章 锋面云系分析和预报	(244)
8.1 冷锋云系的一般特征	(244)
8.2 我国大陆冷锋云系的特点	(248)
8.3 我国冷锋云系形成的预报	(253)
8.4 我国冷锋云系强度的预报	(255)
8.5 我国冷锋云系移动的预报	(256)
8.6 高空冷锋—分裂冷锋的生成	(259)
8.7 暖锋云系	(261)
8.8 我国各地区的暖锋云系特征	(263)
8.9 锢囚锋云系	(266)
8.10 静止锋云系	(268)
本章要点	(274)
问题和习题	(274)
第 9 章 温带气旋云系分析和预报	(275)
9.1 温带气旋云系的基本特征	(275)
9.2 海洋温带气旋的发生和发展	(280)
9.3 洋面气旋中心低压位置的确定	(286)
9.4 我国温带气旋生成和发展的云系分析	(287)
9.5 我国北方气旋的云图特点	(295)
9.6 青藏高原气旋云系和西南涡旋的发生发展	(301)
本章要点	(303)
问题和习题	(303)
第 10 章 急流云系分析和预报	(304)
10.1 急流云系的基本特点和类型	(304)
10.2 急流云系主要类型	(305)
10.3 急流云系的形成	(312)
10.4 副热带急流云系基本特点	(314)
10.5 副热带急流云系的形成与中低纬度的相互作用	(317)
10.6 急流轴两侧的云系	(319)
本章要点	(321)
问题和习题	(321)
第 11 章 我国冰雹和大风强对流云系的卫星云图分析预报	(322)
11.1 分析和预报强对流需考虑的几个基本问题	(322)
11.2 卫星云图分析对流云发生发展的条件	(326)
11.3 强对流飚线云系分析	(331)

11.4	我国的中尺度雹暴云团	(341)
11.5	北方产生雹暴云团的天气系统	(343)
11.6	我国南方强雹暴云团的发生发展过程	(349)
11.7	春季东南到华南地区强雷暴云系	(354)
11.8	青藏高原对流云东移和四川盆地强对流发生发展	(355)
	本章要点	(357)
	问题和习题	(357)
第 12 章	我国暴雨云系(非飑线云团)的分析	(358)
12.1	暴雨云团的基本特点	(358)
12.2	天气尺度云系与暴雨云团间的配置	(373)
12.3	我国暴雨云团的动态演变模式	(378)
12.4	我国暴雨实例	(385)
	本章要点	(391)
	问题和习题	(391)
第 13 章	热带天气系统的云图分析和预报应用	(392)
13.1	热带地区云系分布与物理因素	(392)
13.2	热带地区的云种	(394)
13.3	热带云团	(396)
13.4	热带辐合带(ITCZ)云系	(400)
13.5	东风波云系	(407)
13.6	热带涡旋	(409)
	本章要点	(412)
	问题和习题	(413)
第 14 章	热带风暴云系分析	(414)
14.1	台风云系和结构	(414)
14.2	热带扰动发展成台风的云图特征	(417)
14.3	利用卫星云图确定台风中心位置	(420)
14.4	DVORK 分析台风方法	(422)
14.5	台风强度的预报方法	(432)
14.6	热带气旋路径的卫星云图预报方法	(433)
	本章要点	(435)
	问题和习题	(436)
参考文献		(437)

第1章 气象卫星遥感的概述和应用

1.1 引言

20世纪50年代后期,空间技术迅速发展,出现了人造卫星。人造卫星是现代科学研究的重要工具,目前人造卫星已广泛应用于天文、气象、地质地理、海洋、农业、军事和通信各个领域。1960年4月1日,美国成功发射了第一颗气象试验卫星TIROS-1(泰罗斯-1),开创了人造卫星应用于气象探测的新纪元。至今全世界有许多国家发射了自己的气象卫星,发射卫星不是最终目的,目的是由卫星获取各种气象资料,并用于科学研究和业务天气预报。

1.1.1 什么是气象卫星和卫星气象学

在卫星上携带有各种气象观测仪器,测量诸如大气温度、湿度、风、云等气象要素以及各种天气现象,这种专门用于气象目的的卫星称作气象卫星。气象卫星的出现极大地促进了大气科学的发展,在探测理论和技术、灾害性天气监测、天气分析预报等方面发挥了重要作用。从而促进了一门新的学科——卫星气象学的形成。

卫星气象学是指如何利用气象卫星探测各种气象要素,并将卫星探测到的资料应用于大气科学的一门学科。是与气象卫星完全不同的概念。

1.1.2 什么是气象卫星遥感

所谓遥感是指在一定距离之外,不直接接触被测物体和有关物理现象,通过探测器接收来自被测物体(目标物)反射或发射的电磁辐射信息,并对其进行处理、分类和识别的一种技术。收集电磁辐射信息的装置(如扫描辐射仪、相机等观测仪器)称作传感器;装载传感器的设备(如卫星、飞机、火箭等)称作运载工具或观测平台。

利用卫星这一个运载工具进行遥感探测称作卫星遥感。而利用气象卫星对大气进行遥感探测称作气象卫星遥感。

卫星遥感探测技术包括以下三个重要组成部分:

- ① 遥感信息获取方法的研究,主要研究在各个电磁波段各类传感器的特性;
- ② 各类目标物光谱特性和遥感信息传输规律的研究;
- ③ 遥感数据的处理和分析判读技术的研究。

1.1.3 卫星气象学的主要内容

卫星气象学主要研究60 km以下大气中各气象要素的获取和应用,它的主要内容有:

- (1) 研究大气目标物(各类吸收气体)、云和地表等的辐射光谱特性及电磁辐射在大气中的

传输规律。

(2)寻找从卫星探测和获取大气中主要气象要素和大气现象的理论和方法。包括测量各种气象要素和推断目标物特性的最佳光谱段选取的研究,能满足气象观测要求的遥感仪器的最佳设计的研究,以及气象卫星资料反演方法的研究等;

(3)气象卫星资料的接收、处理和分发、数据管理和存贮、质量控制;

(4)气象卫星资料直接在天气预报、大气科学研究及其他有关领域中的应用。

1.1.4 遥感的分类

遥感技术已经应用于多个学科领域,但采用的方式和电磁波谱谱段各不相同,为此遥感的分类方法也很多,目前主要有以下几种。

(1)按工作方式分:可以分为主动遥感和被动遥感。主动遥感是指仪器接收由本身发射然后经被测物体反射回来的电磁辐射,再根据仪器接收到的反射电磁辐射特征来识别和推断目标物的特性。采用这种方式的仪器必须具备发射电磁辐射的发射装置和接收装置,所以整个设备的体积大、重量重、消耗功率大,一般为地面遥感采用,如测雨雷达。由于这种遥感方式需要有人工电磁辐射源,故又称有(人工)源遥感。

被动遥感是测量目标物自身发射的电磁辐射或反射自然源(如太阳辐射)发射的电磁辐射来推测目标物特性,这种遥感方式只需要能感应电磁辐射的接收系统。所以它的优点是仪器的重量轻、体积小和耗能少,这种方式又称自然源遥感,卫星探测大都采用被动遥感方式。

(2)按探测器选用的电磁波谱段分:可以分为紫外遥感、可见光遥感、红外遥感和微波遥感等。随卫星探测技术进一步发展,在探测某一目标物时采用几个波段同时进行观测,这种遥感探测称为多光谱遥感。

(3)按探测对象分:可以分为大气遥感、海洋遥感、农业遥感和地质地理遥感等。对于大气遥感,根据测量的气象要素又可以分成温度遥感、大气成分遥感和风的遥感等。

(4)按探测的信息形式分:可以分为图像方式和非图像方式,图像方式把测量到的辐射转换成以黑白(或彩色)色调表示成图像;非图像方式则把测量到的辐射以数据或图表来表示。

1.2 气象卫星遥感探测的特点

气象卫星从空间观测地球大气系统,作为新型的气象探测平台,经多年来的实践发现,与地面观测和其他观测相比较,其有许多优点,能实现常规探测无法进行的观测。

1. 气象卫星在固定轨道上对地球大气进行观测

气象卫星一旦进入轨道,便只能在固定的轨道上观测地球大气,而不是像飞机那样可以自由选择观测路线。当卫星选用一定的轨道,则观测范围和区域就一定,所以对于一定的观测目的,轨道的选择是重要的。卫星在轨道飞行的另一个优点是不需要像飞机那样提供飞行动力,工作时间可长达几年以上。

2. 气象卫星实现全球和大范围观测

气象卫星在离地面的几百千米到几万千米的宇宙空间,不受国界和地理条件的限制,对地球大气进行大范围观测。如泰罗斯—N 卫星在约 850 km 高空对地球东—西方向扫描观测,

可达 3000 km 左右;地球静止气象卫星在约 36000 km 高空对地于某一固定区域的观测面积达 1.7 亿 km^2 , 约为地球表面积的 1/3。

由于卫星在固定轨道上运行,地球不停地自西向东旋转,所以卫星绕地球转一圈的同时,地球也相应地自西向东转过一定角度,从而使卫星能周期性地观测到地球上的每一点,实现卫星的全球观测。而地面观测只能对单个点观测,飞机只能对飞行路线经过的地区进行观测,雷达只能对局部地区(几百千米范围内)观测,时常只能观测到天气系统的某一部分。气象卫星的大范围观测,使得占地球 4/5 的海洋、荒无人烟的沙漠和高原等地区都可以通过卫星探测获取气象资料,从而深入了解全球大气活动。

3. 气象卫星在空间自上向下观测

气象卫星在空间自上而下观测地球大气,这与地面观测是不同的。如对云的观测,卫星观测到的是云顶特征。在有几层云时,卫星首先观测到的是高云;若高云很薄,则可透过高云看到中低云;如果高云很厚,就无法看到中低云。如果卫星看到的云很白,说明云很厚,而在地面观测这块云时就很暗。

气象卫星不但能做大范围的水平观测,而且可以对大气做垂直探测,为研究天气系统的结构提供资料。

4. 气象卫星采用遥感探测方式

气象卫星不能直接接触地球大气,只能采用遥感的方法获取大气和地面目标物的特性。遥感探测具有观测速度快、项目多、信息量大和测量系统不干扰被测目标物,以及资料代表性好等优点。例如卫星采用多个光谱段,以短的时间间隔测量,能及时掌握云系演变和各种气象要素,为天气预报提供依据。卫星测量比地面观测更具有内在的均匀性,在全球表面是连续的,不像现有的地面常规观测是不均匀的和间断的。此外一颗气象卫星用一台仪器对世界各地观测,资料统一,不像地面观测采用型号不同、性能不完全一致的仪器工作,需对大量仪器进行定标。

5. 有利于新技术的推广应用

气象卫星作为新型的观测平台,在上面可以安置用于各种目的的观测仪器,进行试验和工作,不断更新仪器设备,十分有利于新技术的推广应用。由于气象卫星通过世界上任一地区,所获取的各种资料可以实时发送给世界各国,卫星资料不仅可以为本国使用,而且可以为其他国家利用,受益面积大。

1.3 卫星资料在大气科学和其他领域中的应用

从 20 世纪 60 年代初第一颗气象卫星成功发射以来,卫星探测在天气分析和大气科学研究中发挥了重大作用,取得了明显的效果,同时气象卫星资料广泛应用于农业、海洋、林业、地质地理、水文、航空航天等各领域。

1.3.1 增加和丰富了气象观测及其他领域资料的内容和范围

气象卫星观测体系的建立,大大地丰富了气象观测的内容和范围,使大气探测技术和气象

观测进入了一个新阶段,突破了人类只能在大气底层观测大气的局限性。一些难以观测的资料和地区,现在都可以从气象卫星上得到实现。当前气象卫星可以提供以下有价值的资料:①每日的可见光、红外和水汽等多谱段图像资料;②大气垂直探测资料;③微波探测资料;④太阳质子、粒子资料等。

以上这些资料包含有大量地球大气信息,由这些信息可以得到以下气象和其他领域的各种参数和现象:①云系的大范围分布和各类天气系统的位置、形成、发生发展等;灾害性天气的发生发展;②云类、云量、云顶温度(云顶高度)、云的相态等;③气溶胶、沙尘暴、吹沙、浮尘、冰雪覆盖等;④陆面温度、植被分布、蒸散、土壤湿度、地面反照率等陆面参数;⑤大气温度、湿度垂直分布,大气中水汽总量、臭氧总量;⑥降水量和降水区、地面水资源、洪水等;⑦给定区域的云风矢量;⑧入射地球大气系统的太阳辐射和地球大气系统反射总辐射,长波辐射总量,地气系统辐射收支等;⑨海洋表面温度、洋流、悬浮物质浓度、叶绿素浓度和海冰等海洋表面状态;⑩监视森林火灾、森林生长状况;⑪由可见光和近红外云图提取植被指数,监视农作物生长、估计作物产量;⑫监视太阳质子、 α 粒子、电子通量密度和能量谱以及卫星高度上的粒子总能量等。

1.3.2 卫星资料是天气分析预报的重要依据

由于卫星观测范围大,能得到海洋、高原、沙漠等人烟稀疏地区的气象资料,大大地改进了这些地区的天气分析的准确性,加深了对各天气系统的理解,揭露了一些新的天气事实,解释了以前无法解释的天气现象。由于卫星云图有高的时空分辨率,能连续追踪云系的形成、天气系统发展加强与降水等的相互关系,如对锋面、高空槽和气旋云系的发生发展和演变都有了新的认识和理解。发现了大尺度云系分布的各种云型特征,提出了天气尺度云系演变的概念模式,为预报员准确预报天气提供了依据。在使用了卫星资料后,能及早发现天气系统形成,从而提高预报的准确性,延长预报时效,如在卫星观测之前,青藏高原资料稀少,许多天气系统常常被遗漏,造成天气预报的失败,有了卫星资料后,发现和掌握了青藏高原上冷、暖锋和急流及其他系统的活动规律,为预报我国东部地区的降水发挥了重要作用。

1.3.3 监视暴雨、强雷暴等灾害性天气系统

暴雨和强雷暴(大风和雷电)是灾害性危险天气系统,对人们的生命财产常造成严重损失。这类系统空间尺度小、变化快、生命短、强度大,用常规的观测资料难以抓住它,因此对这类系统的分析和预报一直是大气科学研究的一个重要问题。静止卫星云图能对某一固定区域连续观测,具有高的时空分辨率,对发现和连续监视暴雨和强雷暴天气系统是很有效的工具,在我国,预报员利用静止卫星云图监视暴雨强对流的发生发展,制作0~6小时和0~12小时短时天气预报。

1.3.4 监视热带洋面上的低压、台风等天气系统

在热带海洋地区,气象测站稀少,资料十分短缺,用常规气象资料很难发现和追踪洋面天气系统的发生发展和移动。卫星云图是监视热带洋面上的低压、台风等天气系统的重要工具。在使用卫星云图以来没有一个台风被遗漏,并总结出一套用卫星云图预报台风强度和路径的有效方法,提高了台风预报的准确率,延长了预报时效,保障了人民生命和财产的安全,减少了

经济损失。

1.3.5 改进短期气候预测

卫星资料能提供南北半球环流和中低纬度环流间的相互作用的有关资料,又因这些作用在几天或几星期后影响中纬度地区,所以应用这些资料可以帮助制作中期天气预报和短期气候预测。另外,由卫星观测资料计算出的洋面温度、地球表面和洋面的冰雪覆盖资料,以及地球—大气和宇宙之间辐射能的交换资料,可以研究海气交换、气候变迁。

1.3.6 为数值天气预报提供资料

由 NOAA 气象卫星的高分辨率红外探测器得到的探测资料反演得到的大气温度、湿度分布和各高度上的云迹风,通过对卫星数据的同化处理,输入到数值模式中,用于提供改进数值预报的初始场,进一步提高数值天气预报的准确率。

1.3.7 为气候研究提供资料

1. 云量、云类

云控制着入射到地球表面的太阳辐射和地球自身发射的红外辐射,所以云对地球的辐射收支有重要影响,从而对地球的增暖和冷却起着直接重要的作用。用卫星资料估算云的时空分布,能用于研究:①气候模式和有效性检验;②云对气候的影响;③云和地球辐射收支;④云的气候学变化等。

2. 辐射

地球大气顶的辐射收支决定了地气系统的能量输入,辐射能的源和汇导致了大气环流,影响全球的能量和水循环。由卫星观测能确定大气顶的辐射收支,入射地面的太阳辐射,射出长波辐射、总辐射等。

3. 降水

用卫星资料估计降水是测量降水的又一新的途径,特别是对于估算大尺度降水是最有效的方法。在热带地区的对流降水及其释放的潜热是大气环流的重要强迫机制之一。

卫星估算降水已经是一项重要的业务产品,对于研究降水与气候间的关系,水循环、作物生长等都是十分有用的。

4. 微量气体、气溶胶

CO_2 、 CH_4 和 N_2O ,这些气体起着温室效应作用,影响气候变化;臭氧变化影响人类的健康;气溶胶、雾霾、 SO_2 等有害气体和粒子则污染大气,对环境造成严重影响。

5. 冰雪覆盖

中国是世界上中低纬度地区山岳冰川最多的国家之一,冰川面积虽不足全国面积的 6%,但其融水量却占全国地表年总径流量的 2.0%,相当于黄河每年入海年总径流量。利用卫星资料能计算冰川面积、冰川变化等。

冰雪覆盖的改变是气候变化的最重要的信号之一,全球气候模拟表明,温室效应在高纬度

最大,极地冰雪一旦融化,地面反照率将发生很大变化,结果更有利于增温。地球上的冰雪覆盖有海冰、雪盖和冰川三部分。用卫星资料可以对冰雪覆盖的水平分布进行详细的观测,对冰川的分析更加系统化和全球化。利用 NOAA 卫星资料可以分析雪盖的范围、月、季雪盖频次及其距平;由 NOAA-K 卫星 $1.6 \mu\text{m}$ 资料更加容易区分积雪和云,积雪的深度;由美国国防气象卫星 SSM/I 资料可以分析积雪深度。由合成孔径雷达可以提供冰的范围、密度、冰期、冰缝等。

1.3.8 为农业提供气象资料

气象卫星可以为农业提供诸如日照、降水、气温、陆面温度、植被分布、蒸散、土壤湿度、地面反照率等气象参数和陆面参数,利用这些资料可以进行农业区划,监视作物长势,监测干旱、虫灾和估算作物产量等。确定反演生态环境预测变量。

1.3.9 监视森林火灾、地表热异常

森林火灾通常用地面瞭望塔和飞机进行观测,但瞭望塔的观测范围十分有限,而飞机观测费用十分昂贵。卫星观测有高的时空分辨率,可以对大范围森林火灾进行监视观测,经济费用少,是一个十分有效的工具。

1.3.10 卫星资料在水文方面的应用

卫星资料在水文方面的应用主要有以下几方面:①估计降水量;②监测洪涝灾害:洪水泛滥可造成重大损失,利用近红外卫星资料,可以制作洪水泛滥图;③地面水资源。利用卫星遥感资料可以帮助寻找地下水,对于人烟稀少的高原等地区,由卫星观测水资源的分布是十分理想的方法。

1.3.11 为海洋活动提供气象资料

1. 海洋气象预报和海洋航行保障

全球广阔海洋上大范围海冰、水状态对全球天气有重要影响。卫星观测到的海面温度、海冰、海面风浪状态对制作海洋天气预报有很大帮助。由卫星云图提供的天气实况和天气预报,可以避免不利的天气和海洋上的巨浪,改进海上航行业务。又如根据卫星资料制作的海冰分布图,可以寻找可通行水路的最佳航线,不仅能绕过海上危险的巨大冰山,节省时间和费用。例如在美国每年在海上航运事故造成的损失达 5 亿美元,在利用了卫星资料后,减少了损失 5%~10%。在每年冬季,我国渤海湾地区经常出现冰冻,用飞机或船舶侦察海冰分布,不仅费用大,而且不能满足要求。用卫星资料能准确及时做出海冰分布图,为我国航行事业提供有用资料。

2. 海洋环境监视

利用卫星资料能实现环境监视,发现海洋上大范围的污染、赤潮,能获取海洋表面温度、洋流、悬浮物质浓度、叶绿素浓度等海洋表面状态;还能监视检测石油污染、热污染和固体垃圾污染等对生态破坏极大的海洋污染。

3. 河口、海岸的研究

使用卫星资料可以研究海岸、河口的形态及沿岸泥沙的搬运。为海港建设、保护海岸和浅

海区域施工提供资料。

4. 海洋捕捞

卫星资料可以为海洋捕捞提供海洋信息,直接或间接反映鱼类生态情况。例如根据卫星提供的海面温度定出冷暖洋流的边界位置,即鱼类活动的区域,由此可以预报鱼群范围,提高捕鱼产量。

1.3.12 为航空提供飞行保障

在卫星观测之前,由于缺乏资料,航空天气预报难以报准。在一张航线图上,标出哪些地方有强烈颠簸、哪里有积雨云、哪里能见度差、哪里有危险天气等是很困难的,即使能标出,误差也很大,应用卫星资料后,便改善了这种情况,为飞机安全飞行提供保障。利用卫星资料可以选取最佳航线,如沿高空急流飞行,可以缩短飞行时间,节省燃料。

1.3.13 为军事提供气象服务

气象卫星资料广泛应用于军事保障工作,如空军靶场,着陆预报、远程轰炸机航线天气预报、危险天气警报、特种军事勤务保障、弹道导弹系统的计算、气象参数对通信和雷达系统的影响计算等,卫星资料起有重要作用。

美国还专门发射国防气象卫星(DMPS),建立军事气象卫星体系,得到比民用气象卫星分辨率还高的气象资料,在越战和中东战争中广泛使用军事气象卫星资料,发挥了作用。

随着我国国防现代化、空间科学和尖端武器的发展,对气象保障工作提出越来越高的要求。例如,卫星发射和着陆回收的地区人烟稀少,气象资料缺乏,卫星可以提供及时而有效的资料。在战时,气象卫星可以获取敌区的气象资料,为战争服务。同时,若敌方对我方实行封锁,气象情报来源中断,此时气象卫星可以发挥更大的作用。

1.3.14 收集和转发各种气象资料

气象卫星不仅是一个空间观测平台,而且可以是资料收集和转发平台,可以收集船舶、气球、漂浮站及自动气象站的资料,并传送给资料处理中心,经处理后再发送给世界各地。

1.3.15 空间环境监测

气象卫星上装有空间环境监测器(SEM),能测量太阳质子、电子流密度、 α 粒子、能量谱和总粒子能量等,确定卫星周围的磁场强度和方向、估计太阳X射线流量,探测太阳风和环绕地球辐射带中的能量粒子,为高层大气物理和空间科学研究提供资料。

1.4 国内外卫星介绍

1.4.1 风云1号系列卫星

1988年9月7日,在山西太原卫星发射中心由长征4号火箭成功地将风云1号气象卫星送入太空,从此我国拥有了自己的气象卫星。风云1号气象卫星是我国第一代极地太阳同步

轨道试验卫星,它由我国航天部承担卫星的研制和发射任务,中国气象局卫星气象中心负责管理卫星资料的接收、处理以及产品的分发。风云 1 号气象卫星的任务是为天气预报提供区域性及全球昼夜云图,并测量海面温度、海洋水色、海冰、雪盖和植被等环境资料,以及空间环境监测资料。卫星本体是 $1.42\text{ m} \times 1.42\text{ m} \times 1.2\text{ m}$ 的六面体,星体高度 2.115 m ,外侧对称地安装六块太阳能电池帆板;卫星总长 10.556 m ,姿态为三轴定向稳定,对地指向精度小于 1.0° ,轨道为太阳同步轨道,高度 900 km ,倾角 99° ,偏心率小于 0.005 ,周期 102.86 min ,每天绕地球 14 圈;风云 1 号上装有多光谱可见光、红外扫描辐射仪(MVISR),风云 1 号卫星是我国第一代业务气象极轨卫星,1999 年 5 月 10 日于太原卫星发射中心利用长征 4 号乙型火箭发射了风云 C 卫星,2002 年 5 月 15 日用同样的火箭发射了风云 1D 卫星,表 1.1 给出了中国风云 1 号气象卫星 MVISR1、2 的通道及用途。

表 1.1 中国风云 1 号气象卫星 MVISR1、2 的通道及用途

通道序号	FY-1A/B 谱段(μm)	FY-1C/D 谱段(μm)	主要作用
1	0.58~0.68	0.58~0.68	白天云分布和云特性,作物监测,污染物等
2	0.725~1.10	0.84~0.89	水陆界面、云、气溶胶、植被、土壤湿度等
3	0.48~0.53	3.55~3.95	表面温度、森林火灾、火山、地面热异常等
4	0.53~0.58	10.3~11.3	昼夜云分布、地表面温度、云顶温度、火灾等
5	10.5~12.5	11.5~12.5	昼夜云分布、地表面温度、云顶温度、火灾等
6		1.58~1.64	冰雪、土壤湿度、云相态等
7		0.43~0.48	海洋叶绿素、悬浮物、泥沙、海冰、海流、水团等
8		0.48~0.53	海洋叶绿素、悬浮物、泥沙、海冰、海流、水团等
9		0.53~0.58	海洋叶绿素、悬浮物、泥沙、海冰、海流、水团等
10		0.90~0.96	云、气溶胶、海岸线等

2008 年 5 月 27 日上午 11 时 02 分 33 秒,第一颗 FY-3 系列卫星 FY-3A 在太原卫星发射中心顺利发射升空,是我国第二代极轨气象卫星,标志着我国极轨气象卫星成功地实现了技术升级换代,实现了新的跨越发展,FY-3A 具有全球、全天候、多光谱、三维和定量遥感监测能力,实现了我国气象卫星从单一遥感成像到地球环境综合探测、从光学遥感到微波遥感、从千米级分辨率到百米级分辨率、从国内接收到极地接收的四大技术突破,将在我国天气预报、气候预测、生态环境和自然灾害监测方面发挥重要作用。FY-3A 携带了可见光红外扫描辐射计、红外分光计、中分辨率光谱成像仪等 11 台探测仪器和一个数据收集平台。探测波段覆盖了从紫外到微波的多个吸收带,探测灵敏度最高达 0.1 K ,光谱分辨率最高达 3 cm^{-1} ,地面分辨率最高达 250 m 。除对大气温、湿度进行三维立体观测外,还可监测云雨、臭氧分布和地表特征参数等。

1.4.2 风云 2 号系列卫星

风云 2 号卫星是定点于 105°E 的静止气象卫星,它第一批是于 1997 年 6 月 10 日和 2000 年 6 月 25 日由长征系列火箭在西昌卫星发射基地发射的 FY-2A、FY-2B 两颗试验卫星,卫星是重达 620 kg 、高 1.6 m 、直径 2.1 m 圆柱体,卫星采用每分钟旋转 100 周的自旋稳定方式姿态,设计寿命 3 年。风云 2 号 C 系列卫星于 2004 年 10 月 19 日发射,是我国第一颗业务静止

气象卫星,随后2006年12月8日发射FY-2D,2008年12月23日发射FY-2E卫星,运行到2012年为止。FY-2C定点于 105°E ,FY-2D定点于 86.5°E ,FY-2E卫星定点 123.5°E 构成双星观测体制。风云2号气象卫星的主要任务是:①获取可见光、红外云图和水汽图;②收集来自海洋漂浮站、无人自动气象站的观测数据;③播放展宽数字云图、低分辨率云图和天气图。图1.1给出了风云2号卫星系统的工作流程图。

风云2号静止气象卫星带有多通道扫描辐射仪,选用五个光谱通道:

①可见光通道: $0.55\sim 0.90\ \mu\text{m}$,星下点地面分辨率为 $1.25\ \text{km}$;②短波红外通道: $3.55\sim 4.0\ \mu\text{m}$,星下点地面分辨率为 $5.0\ \text{km}$;③水汽通道: $6.3\sim 7.6\ \mu\text{m}$,星下点地面分辨率为 $5.0\ \text{km}$;④红外通道1: $10.3\sim 11.3\ \mu\text{m}$,星下点地面分辨率为 $5.0\ \text{km}$;⑤红外通道2: $11.5\sim 12.5\ \mu\text{m}$,星下点地面分辨率为 $5.0\ \text{km}$ 。

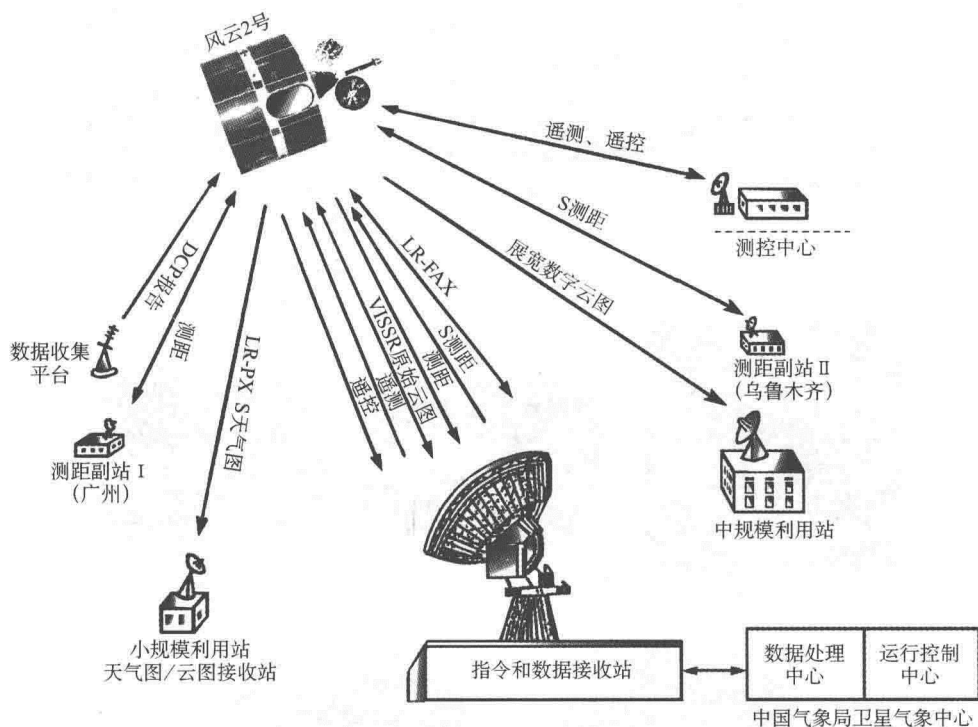


图 1.1 风云 2 号卫星系统的工作流程图

该卫星每 30 分钟对地球圆面进行一次观测,获取一张全景圆面图。采用两个转发器传输原始云图和展宽数字云图、低分辨率云图和测距信号。图 1.2 为风云 2 号卫星观测范围。

风云 2 号卫星地面系统由指令接收系统、数据处理中心和三点测距系统三部分组成。其中,①指令接收系统主要完成:发送指令信号到风云 2 号气象卫星上;接收卫星的原始数据;发送和接收测距信号;接收来自数据收集平台的观测报告。②数据处理中心的任务是完成各类遥感产品的处理、资料的存档和产品分发。③三点测距系统由卫星和地面主站(北京站)及两个副站(广州站和乌鲁木齐站)组成。通过测距站计算卫星距离及其变率,求出卫星轨道参数,预报卫星轨道。图 1.3 给出了风云 2 号卫星五通道图像。