

Weixing
Qixiangxue

卫星气象学

----- 陈渭民◎编著

(第三版)

 气象出版社
China Meteorological Press

卫星气象学

(第三版)

陈渭民 编著

内容简介

本书结合了近年来卫星气象学的新成果,对多年用于教学的第二版教材内容进行了增删修订,并增加了思考习题。全书共 11 章。第 1 章介绍卫星气象学的概貌。第 2 章介绍气象卫星轨道和卫星轨道的基本知识。第 3 章介绍卫星观测基本原理。第 4 章是卫星资料的获取原理。第 5 章介绍卫星云图分析基础。第 6 章介绍卫星云图大尺度云系的特征与天气物理机制间的关系分析,和局地天气云系的分析。第 7 章介绍高空、地面和急流天气系统的云系分布特征分析。第 8 章介绍中纬度锋面、气旋天气系统云图分析。第 9 章是冰雹、暴雨的卫星云图分析。第 10 章介绍热带天气系统和台风的云图分析。第 11 章介绍卫星估计降水、风、大气温度垂直分布、云参数、水汽、臭氧等。

本书的读者对象主要是大气科学领域高年级本科学生和广大气象台站气象工作者,以及相关领域的科研人员。

图书在版编目(CIP)数据

卫星气象学/陈渭民编著. -- 北京:气象出版社,

2017.8

ISBN 978-7-5029-6610-2

I. ①卫… II. ①陈… III. ①气象卫星-卫星遥感

IV. ①P405

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 172878 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

邮政编码:100081

电 话:010-68407112(总编室) 010-68408042(发行部)

网 址:<http://www.qxcbs.com>

E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

责任编辑:林雨晨

终 审:吴晓鹏

责任校对:王丽梅

责任技编:赵相宁

封面设计:博雅思企划

印 刷:三河市百盛印装有限公司

开 本:720 mm×960 mm 1/16

印 张:37

字 数:725 千字

版 次:2017 年 8 月第 3 版

印 次:2017 年 8 月第 1 次印刷

定 价:78.00 元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等,请与本社发行部联系调换

前 言

自从 20 世纪 60 年代第一颗气象卫星成功发射至今,卫星探测技术得到迅速发展,建立了全球卫星观测体系,大大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,突破了人类只能从底层探测大气的局限性,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。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、灾害天气监测、天气分析和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,同时气象卫星资料广泛应用于地质、地理、农业、林业、水文、航空航天等领域。特别是进入到 21 世纪,气象卫星探测技术又有很多新突破,气象卫星探测的谱段从紫外到微波的各个谱段,卫星观测通道越来越多,图像的种类大大增加,经处理后定量的卫星资料也越来越多,卫星探测的光谱分辨率、时空分辨率都有很大提高,有关卫星气象的研究内容极为丰富,研究成果大量涌现。鉴于这种情况,很难用一本书表达当今卫星气象学的发展和应用。本书着重介绍卫星气象观测的基本概念、原理、方法和资料应用,反映当前卫星气象的最新发展。本书的读者对象主要是大气科学领域高年级本科学生和广大气象台站气象工作者。

全书共 11 章,第 1 章给出卫星气象学的概貌,卫星观测的内容、特点和气象卫星的发展状况;第 2 章介绍气象卫星轨道和卫星轨道的基本知识;第 3 章介绍卫星观测基本原理,是本书的重点和难点之一,着重介绍辐射的基本概念,辐射传输理论,太阳、云和地表面的有关辐射知识;第 4 章是卫星资料的获取原理,卫星观测仪器,资料的接收和处理的原理;第 5 章是卫星云图分析基础,介绍多光谱通道云图的特点,分析应用,各类云的识别依据,地表特征分析;第 6 章是卫星云图大尺度云系的特征与大气物理机制间的关系分析,和局地天气云系的分析;第 7 章高空、地面和急流天气系统的云系分布特征分析;第 8 章是中纬度锋面、气旋天气系统云图分析;第 9 章是冰雹、暴雨的卫星云图分析;第 10 章是热带天气系统和台风的云图分析;第 11 章是卫星估计降水、风、大气温度垂直分布、云参数、水汽、臭氧等。

本书是作者在南京信息工程大学卫星气象学课程多年教学基础上,结合近年来

卫星气象学的新成果,对教材内容进行了增删修订,加强了卫星观测原理的基本概念、云图分析的内容,增加了思考习题,以使学生通过学习后能在工作中使用卫星云图。

本书在编写过程中得到了从事卫星气象学教学工作的陈爱军、胡方超、钱博、吴莹、许丹、王剑庚等教授、博士们提出的许多宝贵修改意见及吴鹏飞博士的大力支持,并仔细审阅了全部书稿,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,在编写中得南京信息工程大学大气物理学院、教务处大力支持。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

2017年5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	(3)
1.3 卫星资料在大气科学和其他领域中的应用	(4)
1.4 国内外卫星介绍	(9)
本章要点	(21)
问题和习题	(22)
第 2 章 气象卫星轨道和气象卫星	(23)
2.1 气象卫星运动规律	(23)
2.2 卫星轨道参数和轨道的摄动	(27)
2.3 气象卫星轨道	(37)
2.4 卫星的发射和卫星技术	(44)
本章要点	(47)
问题与思考题	(47)
第 3 章 卫星遥感辐射基础知识	(49)
3.1 辐射基本量	(49)
3.2 辐射基本定理	(59)
3.3 大气中的辐射过程	(65)
3.4 辐射传输方程微分和积分形式	(72)
3.5 反射和透射函数、辐射参数和累加法	(76)
3.6 太阳和地球辐射以及大气吸收和散射	(81)
3.7 地球大气辐射和大气吸收	(94)
3.8 地表和云特性	(102)
本章要点	(127)
问题和习题	(127)
第 4 章 卫星云图观测原理和资料获取处理	(129)
4.1 卫星接收的辐射	(129)

4.2	卫星云图观测原理	(139)
4.3	气象卫星观测仪器	(144)
4.4	极轨气象卫星观测仪器	(153)
4.5	静止卫星观测仪器	(167)
4.6	卫星资料的发送和接收	(177)
4.7	地面接收卫星资料范围的确定	(184)
4.8	卫星轨道报格式	(190)
4.9	卫星云图的图像表示和增强处理	(195)
	本章要点	(202)
	问题和习题	(202)
第5章	卫星图像分析基础	(206)
5.1	卫星图像的基本特征	(207)
5.2	识别云的判据	(226)
5.3	卫星云图上各类云的识别	(229)
5.4	卫星云图上各类云的共存及区分	(245)
5.5	地表特征分析	(247)
5.6	风沙、浮尘、沙尘暴和烟雾	(250)
5.7	陆地冰雪覆盖区	(252)
	本章要点	(257)
	问题与思考题	(257)
第6章	卫星图像大尺度和局地云系分析	(260)
6.1	带状和涡旋云系	(260)
6.2	逗点云系	(261)
6.3	斜压叶云系	(270)
6.4	变形场云系	(276)
6.5	细胞状云系	(278)
6.6	水汽图形的大尺度分析	(283)
6.7	局地性云系的云图分析	(288)
	本章要点	(295)
	问题和思考题	(296)
第7章	由卫星云图分析高空槽、急流和地面天气系统	(297)
7.1	高空天气系统和大气波动	(297)
7.2	利用卫星云图分析 500hPa 槽线	(297)
7.3	南支槽和青藏高原切变线云系	(302)

7.4 卫星云图确定高压脊线	(307)
7.5 高空急流云系	(312)
本章要点	(324)
问题与思考题	(325)
第8章 锋面、温带气旋云系分析和预报	(326)
8.1 冷锋云系	(326)
8.2 暖锋云系、锢囚锋云系和静止锋云系	(339)
8.3 温带气旋云系	(352)
本章要点	(372)
问题与思考题	(372)
第9章 我国暴雨、冰雹和大风强对流云系的卫星云图分析预报	(374)
9.1 分析和预报强对流需考虑的几个基本问题	(374)
9.2 卫星云图分析对流云发生发展的条件	(378)
9.3 强对流飏线云系分析	(383)
9.4 我国中尺度雹暴云团	(392)
9.5 我国北方产生雹暴云团的天气系统	(394)
9.6 我国南方强暴雹云团的发生发展过程	(400)
9.7 我国暴雨云系(非飏线云团)的分析	(406)
9.8 我国暴雨云团与天气尺度云系间的配置	(417)
9.9 我国暴雨云团的动态演变模式	(423)
本章要点	(433)
问题与思考题	(434)
第10章 热带天气系统的云图分析和预报应用	(436)
10.1 热带地区云系	(436)
10.2 热带天气系统的卫星云图特征	(441)
10.3 东风波云系	(452)
10.4 热带涡旋	(454)
10.5 台风云系和结构	(458)
10.6 Dvork 分析台风方法	(466)
10.7 台风强度的预报方法	(477)
10.8 热带气旋路径的卫星云图预报方法	(479)
本章要点	(480)
问题和思考题	(480)

第 11 章 气象卫星资料估计气象参数	(482)
11.1 卫星资料估计降水	(482)
11.2 卫星资料估算风	(503)
11.3 卫星遥感晴空大气温度	(510)
11.4 水汽的卫星遥感	(526)
11.5 卫星遥感臭氧	(528)
11.6 卫星遥感气溶胶	(533)
11.7 卫星定量遥感云参数	(535)
11.8 微波遥感大气	(547)
11.9 卫星遥感洋面温度	(554)
11.10 卫星资料在农业上的应用	(556)
本章要点	(564)
问题与思考题	(565)
参考文献	(568)
附录 1 英文缩略语	(573)
附录 2 一些基本常数	(581)
附录 3 常用单位换算	(582)

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。人造卫星是进行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、军事和通讯等各个领域。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。

1.1.1 什么是气象卫星和卫星气象

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如何应用于大气科学的一门学科。它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**。

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)遥感信息的获取方法的研究,主要是研究在各个电磁波段的各类传感器的特性;
- (2)各类目标物的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

卫星气象主要研究 60km 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、数据管理和存储、质量控制;

(4)气象卫星资料直接在天气预报、大气科学研究中的应用。以及在其他有关领域中的使用。

1.1.4 遥感分类

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

1.1.4.1 按工作方式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有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**,所以卫星探测大都采用被动遥感方式。

1.1.4.2 按探测器选用的电磁波谱段划分

可以分成**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**。

1.1.4.3 按探测对象分

可以有**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。

1.1.4.4 按探测的信息形式分

有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它与地面观测和其他观测相比较,有许多优点和实现常规探测无法进行的观测。

1.2.1 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再需要像飞机那样提供飞行动力,工作时间可长达几年以上。

1.2.2 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 850km 高空对地球东—西方向扫描观测,可达 3000km 左右;地球静止气象卫星在约 36000km 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的观测,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,使得占地球的 4/5 海洋、荒无人烟的沙漠和高原等地区都可以从卫星探测获取气象资料,从而深入了解全球大气活动。

1.2.3 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,说明这云很厚,在地面观测这块云时就很暗。

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

1.2.4 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的不均匀的和间断的。此外对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,对大量仪器进行定标。

1.2.5 有利于新技术的发展和推广应用

气象卫星作为新型的观测平台,在上面可以安放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1960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、宇宙粒子资料等。

以上这些资料包含有大量地球大气信息,由这些信息可以导得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。

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,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 监视和预报暴雨、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用的工具,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,减少了人民生命和财产

损失。

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 改进长期天气预报

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长期天气预报。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,以及地球一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 在气候研究方面的应用

(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) 气溶胶、微量气体

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; SO_2 等有害气体则造成大气污染。

(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建立瞭望塔和飞机进行观测, 其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。水是地面上无处不有, 然而又是最多变的矿产资源, 对环境水的监测是一件困难而又迫切的问题之一。水是一切有机物体的组成成分之一, 没有

水就没有生命。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工具。

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,节省时间和花费。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,可减少损失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作出海冰分布图,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;如石油污染、热污染和固体垃圾污染等海洋污染对生态破坏极大,这些都可以由卫星监视检测。

(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:卫星资料可以帮助海洋捕捞提供海洋信息,直接或间接地反映鱼类生态情况。例如根据卫星提供的海面温度定出冷暖洋流的边界位置,是鱼类活动的区域,由此可以预报鱼群,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,航空天气预报难以作准。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,以上问题很容易解决,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。