

图 象 图 形 科 学 丛 书

张永生 编著

遥感图象 信息 系统



科学出版社

87.9
586

图象图形科学丛书

遥感图象信息系统

张永生 编著



科学出版社

2000

2001073

DSE6/16

内 容 简 介

本书重点介绍利用航空航天遥感技术、WWW 技术和数据库技术建立遥感图象信息系统的理论和方法。全书共 11 章, 分别对遥感图象的获取和处理、二维和三维遥感信息提取和产品加工及在 Web 技术支持下建立以遥感影像产品数据库为中心的信息服务体系的有关技术, 进行了全面、系统的探讨。本书以最终遥感图象产品的生产和应用为目标, 既介绍遥感信息提取和应用的原理, 也阐明相关的技术方法和软件系统工具的使用, 以及实用化的图象信息系统的建立技术。

本书所介绍的技术、方法和工具可直接应用于国土、资源、环境、城市规划、林业及军事防御等领域。

本书可供从事对地观测、3S 系统集成、遥感应用、信息资源开发、网络信息服务等学科领域的研究开发者、管理者、大学高年级学生和研究生阅读参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

遥感图象信息系统/张永生编著. -北京: 科学出版社, 2000

(图象图形科学丛书)

ISBN 7-03-007237-5

I. 遥… II. 张… III. 遥感图象-图象信息处理系统 IV. TP75

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 36646 号

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

北 京 双 青 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

2000 年 4 月 第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2000 年 4 月第一次印刷 印张: 21 1/2 插页: 2

印数: 1—3 800 字数: 493 500

定价: 36.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换(环伟))

图象图形科学丛书编委会名单

主任委员

潘云鹤

副主任委员

(按姓氏笔划为序)

王宝兴 王淑兰 罗志安 章毓晋

委 员

(按姓氏笔划为序)

王宝兴 王淑兰 刘健勤 朱述龙 江 早
石教英 何江华 鲍虎军 罗志安 张永生
章毓晋 崔 屹 潘云鹤 潘志庚

丛书序言

图象图形是人类相互交流和认识客观世界的主要媒体。科学研究和统计表明,视觉系统帮助人类从外界获得 3/4 以上的信息,而图象图形带给我们的正是视觉世界中的所有信息。视觉信息所获得的客观作用是其他信息不能替代的,百闻不如一见就是一个非常形象的例子。图象图形是现代信息化社会的重要支柱。

图象图形科学是一门理论与现代高科技相结合来系统地研究各种视觉原理、技术和应用的综合性很强交叉学科。图象图形技术在广义上是各种与视觉有关技术的总称。人类基于视觉的活动,是一个广阔、复杂、富有挑战性的研究领域。图象图形科学和技术是这个领域的有力工具。该学科包括利用计算机和其他电子设备观察世界而获得的数据及按产生数据处理并且显示这些数据的理论和技术的研究。

图象图形科学具有涉及面广,内容丰富,跨行业、跨学科的特点。从它的研究方法来看,它与数学、物理学、生理学、心理学、电子学、计算机科学等许多学科可以相互借鉴;从它的研究范围来看,它与人工智能、神经网络、遗传算法、模糊逻辑等理论和技术都有密切的联系;它的发展应用与医学、遥感、通信、影视、文档处理和工业自动化等许多领域也是不可分割的。在科学史上,它代表了最活跃和令人振奋的边缘学科之一。

图象图形技术已经迅速渗透到人类生活和社会发展的各个方面。图象图形技术无论在科学研究、工业生产、文化娱乐、管理部门都得到越来越多的重视。图象图形技术在工业检测、高空侦察、制导、文件处理、动画、虚拟现实、生物医学、人体科学、艺术、远程教育、科学可视化、计算机辅助设计、遥感、航天等方面都得到越来越多的应用。进入 21 世纪后,其发展将更加迅速。

“图象图形科学丛书”正是在这种形势下组织出版的。中国图象图形学会和科学出版社为该套书的出版付出了很多的努力。这套丛书比较全面地覆盖了图象图形科学的各个分支,是广泛了解图象图形领域基本理论、技术应用和发展动态的最好读物;也是从事图象图形领域研究、技术开发和实际应用人员的工具书。

“图象图形科学丛书”由我国该领域的专家编写,这些专家既对图象图形领域的发展有全面的把握,又分别在其中的某一方向上有深入的研究和独到的见解,充分反映了当前图象图形科技研究的前沿、进展和水平。希望该套书能为发展图象图形科学技术,活跃学术气氛,交流研究成果,促进科技发展,为迎接信息技术的挑战,为我国图象图形事业做出应有贡献。

潘云鹤

2000 年 2 月 1 日

目 录

第一章 绪论	(1)
第二章 航空航天遥感影象获取	(3)
2.1 国际对地观测计划	(3)
2.2 遥感平台及其传感器	(13)
第三章 遥感图象的基本处理方法	(31)
3.1 遥感器的构象方程	(31)
3.2 遥感图象的几何变形	(38)
3.3 遥感图象的几何校正	(50)
3.4 遥感图象的辐射校正	(60)
3.5 遥感图象的增强处理	(64)
第四章 从遥感立体图象上自动采集地形信息	(79)
4.1 数字摄影测量技术	(79)
4.2 影象匹配基本算法与分析	(84)
4.3 基于物方的影象匹配方法	(93)
4.4 最小二乘影象匹配方法	(94)
4.5 基于特征的影象匹配方法	(106)
第五章 正射影象地图制作原理与方法	(110)
5.1 数字微分纠正的基本原理	(110)
5.2 航天遥感 CCD 线阵影象的数字微分纠正	(114)
5.3 遥感图象的数字镶嵌	(119)
第六章 基于遥感数据的三维景观虚拟现实技术	(128)
6.1 三维景观虚拟现实技术的进展	(128)
6.2 数字高程模型和地面纹理数据预处理	(130)
6.3 基于 OpenGL 技术的三维景观图象生成	(140)
6.4 立体景观虚拟现实制作技术	(156)
第七章 图象数据库原型	(166)
7.1 图象数据库原型的发展	(166)
7.2 图象数据库原型的技术要点	(167)
7.3 图象数据库原型实例——MMIS	(172)
7.4 按图象内容查询的原型系统	(180)
第八章 在 WWW 上建立遥感图象信息系统	(184)
8.1 网络与因特网技术的基本概念	(184)
8.2 WWW 的构成与发展	(193)
8.3 动态页面与数据库访问	(198)
第九章 WWW 技术解析	(203)

9.1 建立 WWW 的步骤	(203)
9.2 WWW 服务器的构建	(207)
9.3 统一资源定位器	(215)
9.4 WWW 技术中的静态文档	(216)
9.5 WWW 的动态交互式技术	(217)
9.6 WWW 与数据库的连接	(222)
9.7 系统安全性	(230)
第十章 WWW 技术开发工具	(237)
10.1 HTML	(237)
10.2 Java	(249)
10.3 PL/SQL 语言编程指南	(265)
第十一章 数据库与 WWW 相结合的遥感图象信息服务体系	(290)
11.1 Oracle Web Server	(290)
11.2 Internet Information Server	(309)
11.3 因特网上的 GIS 与遥感图象信息服务体系	(312)
附 录 因特网上的卫星与遥感信息资源 (常见网址)	(326)
参考文献	(332)

第一章 绪 论

当人类进入空间时代并跨入信息时代的门槛之时,各种运行于空间、翱翔于空中的遥感平台连续不断地在多尺度上对我们的地球进行着观测,各种先进的机载和星载对地观测系统源源不断地向地面提供着各种信息,使人类的视野获得了最大限度的延深。充分挖掘和利用遥感信息资源,已成为跨世纪的重点科学技术研究领域。

网络技术和数据库技术的迅猛发展,为遥感信息加工、处理、管理、应用和服务提供了前所未有的条件和机遇。当人们对未来信息高速公路的设想正逐步由梦想变为现实的时候,在万维网(WWW)上提供遥感信息的Internet服务,已成为遥感工作者为之努力的重要研究方向。

遥感信息与其他信息类别一样,它来自于用符号表达的数据的解译,是数据的内涵,而数据则是信息的载体,信息的价值取决于它的现势性、实用性及搜集和处理它的代价。遥感信息的作用可以概括为两个方面的内容:首先,遥感信息帮助我们解决“从宇宙空间看地球”的难题,提高了人类研究较大空间尺度现象的可能性和能力;其次,遥感信息还可以帮助我们“从历史的角度看地球”,这一点是通过将遥感信息的时间分辨率和时间序列性与对研究对象的规律性认识结合起来进行分析而实现的。

通常,信息系统可分为业务处理系统和决策支持系统两类。业务处理系统侧重于往来业务的记录与操作,如银行帐户管理和航运订票系统的管理,其步骤一般可以进行明确定义。决策支持系统侧重于处理、模拟和分析,它为政府官员、公司经理等管理者进行决策服务,其典型应用包括指挥战争、应急处理(如救灾、救护)、市场分析等。它们要求有灵活的信息提取和策略选择功能。各种信息系统具有以下共同特点:所存信息须经过有效的组织以便于提取,信息的使用权有严格的管理规定,系统内的信息和技术必须随时间不断地进行维护和更新,系统管理者及用户应不断地得到培训等。

遥感图象信息系统,在本质上是地理信息系统(GIS)的一个侧面或一个子集,是GIS的最新的派生领域。从广泛的意义上讲,地理信息系统是一种决策支持系统,拥有信息系统的各种特点。它与其他信息系统的主要区别在于其存储的信息是经过地理编码的。地理位置及与该位置有关的地物特征属性信息成为信息检索的重要部分。在地理信息系统中,现实世界被表达成一系列的地理特征,这些地理特征至少有空间位置数据和非位置信息两个组成部分。地理信息系统有时被称作空间信息系统;其实“空间”比“地理”有更广泛的含义,它包括从原子及分子结构、生物体的部位到宇宙间星体格局等各种尺度的空间位置,而“地理”主要指与人类活动最密切的地表空间。

相比较而言,遥感图象信息系统更加侧重于在网络环境下对栅格图象所表达的空间信息的处理、操作和管理。从功能上,遥感图象信息系统一般被定义成一个获取、存取、编辑、处理、分析和显示遥感图象数据的系统。影象地图也可称作为一个图象信息系统来使用。但是影象地图一旦被制作完成,用户便在很大程度上受制于地图制作者对

数据进行的编辑处理及地图比例尺所决定的数据详细程度，对信息的提取取决于用户对地图的理解程度，而且一般难以定量分析。而遥感图象信息系统一般是指具有上述功能的计算机系统。

从内容上，遥感图象信息系统被定义为一个包含了计算机软、硬件，遥感数据、地理数据和专业人员的系统。在系统开发利用过程中，尤其重要的是人员要随着计算机技术的迅速发展而不断跟踪新的技术进展或不断受到培训，数据要随时间不断得到动态更新。

在网络环境下遥感信息的服务面大大加宽，服务方式和服务方向空前发展。遥感信息服务和 GIS 技术在很大程度上依赖于计算机技术的发展而发展，计算机网络技术的发展已经影响着遥感和 GIS 的各个分支。例如，传统的空间数据库设计并不强调使用分布式结构，数据库的共享以往只是通过建立电子数据中心，人们在使用数据库时，通常需要得到一份拷贝。但是，计算机网络使得数据库的共享成为可能，人们可以通过网络连接到目标主机上，首先查阅该主机上各类数据库的描述性信息，然后根据一定规则来将所需的数据下载到自己的计算机上。这种传输的方式是没有距离限制的，因此，建立一个国际范围内的空间数据库，目前在技术上是完全可能的。

作为因特网（Internet）上最广泛应用的 WWW，可以说是目前世界上最大的信息资源。遥感图象信息融入 WWW 网络，一方面大大地丰富了 WWW 信息资源，另一方面也为遥感信息的普及服务找到了最佳的渠道。事实上，围绕着数据库和 WWW 结构的理论和技术问题的研究成果，已为在因特网上建立遥感图象信息系统奠定了坚实的基础。

第二章 航空航天遥感影像获取

2.1 国际对地观测计划

各国卫星观测计划是确保提供全球性观测数据的重要前提。下面将对以美国为首的对地观测系统 (EOS) 和其他国家的卫星观测计划总结于本小节末的表 2-1-1 中, 并简述如下。

2.1.1 美国的地球观测系统 (EOS)

美国宇航局 (NASA) 已制订了一个循序渐进的观测和数据管理战略, 以向科学家提供与地球系统科学有关的观测数据。行星地球计划 (MTPE) 是对美国全球变化研究计划 (USGCRP) 的一大贡献, 而 EOS 是雄心勃勃的 MTPE 计划的核心。EOS 计划用了近 20 年时间的准备, 现已出台。它的基本设计 requirements 是提供足够长时间的数据记录序列 (即一个完整的太阳周期), 以帮助科学家区分人类活动和自然力对地球系统的各种影响。

一、地球观测系统的上午经过系列 (EOS-AM 系列)

该卫星系列计划于 1998 年开始实施。计划的主要目标是为了取得每日有关云、气溶胶和辐射平衡及陆地生态系统特性, 土地利用、土壤、陆地能量/水分, 和对流层化学成分, 火山喷发对气候的影响等观测值。EOS-AM 系列卫星经过赤道的时间均在上午 10:30 左右, 因为每天此时对于全球陆地而言云覆盖量是最小的时候, 因而最有利于对陆地进行卫星观测。搭载于此卫星系列的传感器主要由美国 NASA/JPL 提供, 加拿大、日本、欧洲等也提供一部分。云的物理和辐射特性由高级空间热辐射热反射辐射计 (ASTER)、云和地球辐射能量系统 (CERES)、多角度成像光谱辐射计 (MISR) 和中等分辨率成像光谱仪 (MODIS) 观测, 大气-陆地、大气-海洋的能量、碳和水交换由 ASTER、MISR 和 MODIS 观测, 甲烷总量由对流层污染测量仪 (MOPITT) 测定, 火山在气候变化中的作用亦由 ASTER、MISR 和 MODIS 观测。

二、地球观测系统的彩色卫星 (EOS-COLOR)

该卫星亦计划在 1998 年实施, 主要目标是收集有关海洋初级生产率的数据。EOS-COLOR 将观测海洋水色和生产率 (包括对海洋叶绿素、浮游植物的观测), 并强调理解海洋在全球碳循环中的作用。EOS-COLOR 继续海星 (SeaStar) 计划的海洋宽视场传感器探测。在 MODIS 能在 EOS-AM 和 PM 上工作之前, 该计划提供连续观测数据。

三、地球观测系统的气溶胶计划 (EOS-AERO 系列)

EOS-AERO 主要用来测定穿越平流层的中层对流层中的气溶胶、O₃、水汽、云及所有与辐射和大气化学有关的参量。现在的计划要求使用国际提供的倾斜 57°, 705km 轨道高的卫星, 以最佳收集赤道和中纬度地区的观测数据。目前美国的平流层气溶胶和气体实验Ⅲ型 (SAGEⅢ) 仪器可用于观测上述参量。该计划在 2000 年实施。

四、地球观测系统的下午经过系列 (EOS-PM 系列)

这个系列将在下午经过时 (1:30PM) 收集有关星载大气探测器的气象数据。观测值包括云的形成、降水、和辐射性质, 大气温湿度剖面, 大气-海洋能量和水通量及动量, 海-冰范围, 土壤水分及陆地雪被等。一些传感器由欧洲提供。主要传感器有大气红外探测仪 (AIRS)、先进的微波探测仪 (AMSU)、CERES、微波湿度探测仪 (MHS)、MODIS、多频微波成像辐射仪 (MIMR)。EOS-PM 卫星系列要求飞行特性一致 (如轨道参数)。EOS-PM 将在 2001 年实施。

五、地球观测系统的测高计划 (EOS-ALT 卫星系列)

EOS 测高计划的目标是要获取海洋循环、冰盖质量平衡及相对海平面变化的高精度测量数据。计划在 2000 年年初实施。卫星携带的主要传感器系统有地学激光高度计系统 (GLAS)、Topex 微波辐射计 (TMR)、卫星集成的多谱勒轨道成像及无线电定位仪 (DORIS) 和固态高度计 (SSALT)。SSALT 用来测量海洋表面形态, 据此可推断海洋循环; 亦可用来测量风速和波高。GLAS 用来收集冰盖剖面数据 (指格林兰地和南极冰盖)。DORIS 为空间飞行器精确定位, 而 TMR 则为校正高度计的数据而设计。计划要求将光和雷达分别载于不同的卫星系统, 以满足不同的轨道高度和倾斜要求。一部分传感器由法国政府提供。

六、地球观测系统的化学计划 (EOS-CHEM 系列)

EOS 化学计划系列卫星将于 2003 年开始发射, 其目的是研究大气化学和动力学、化学-气候交互作用, 测量大气化学成分及大气和海洋间化学变换与能量交换等变量。部分传感器有待日本提供。EOS 化学计划中主动型谐振腔式辐射计辐照度监视仪 (ACRIM) 用于测量太阳能量流; 太阳天体辐射度比较实验体 (SOLSTICE II) 用于测定太阳紫外辐射; 高分辨率临界动态探测仪 (HIRDLS)、微波临界探测仪 (MLS) 和 SAGEⅢ 用来收集有关大气温度、气溶胶和温室气体数据。EOS 化学计划将与 EOS 上午经过系列和 EOS 气溶胶计划一起提供对流层、低层平流层动态和化学成分变化及对流层-平流层化学交换的有关数据。

EOS 化学计划将结合多种仪器测得的同类数据, 使用一些仪器测得的数据来纠正其他仪器测得的数据, 以提供多于一种仪器产生的数据产品。计划允许提取由单个仪器不能胜任的可靠数据。

七、美国国家海洋与大气局 (NOAA) 的气象卫星系列

NOAA 操作的气象卫星系列, 包括与地同步环境卫星系列 (NOAA-GOES) 和极轨

环境工作卫星系列 (NOAA-POES)。气象卫星计划始于 1974 年, 每一颗气象卫星的设计寿命为 5 年。现在在天上工作的是 NOAA-GOES 7 号, 以后陆续发射 NOAA-GOES 的后续系列, 以保证观测数据的连续性。NOAA-GOES 的观测数据主要应用于天气预报、气象学研究、温湿度剖面提取、监测严重的暴雨及热带飓风等。NOAA 极轨环境工作卫星系列 (NOAA-POES) 和 NOAA-GOES 系列一起被称为美国气象计划的基础。NOAA-POES 系列卫星的发射目的是为了提供连续的气象观测数据 (系统性观测) 和能量收支数据。现有 POES 系列按发射时间序列被简单地命名为 NOAA-9 到 NOAA-14, 所携带的传感器主要有甚高分辨率辐射仪 (AVHRR)、平流层探测单元 (SSU)、微波探测单元 (MSU) 及高分辨率红外辐射探测仪 (HIRS)。

自从 1972 年由 NASA 发射的 ERTS-1 (地球资源技术卫星), 即第一颗陆地卫星以来, 已先后发射了 Landsat-2, 3, 4, 5, 6。其中在 1983 年 NOAA 曾接管 Landsat 系列卫星, 后来又转让给美国地球观察卫星公司 (EOSAT)。Landsat-5 现仍在工作, 所携带的传感器为大家所熟知, 即多光谱扫描仪 (MSS) 和专题制图仪 (TM)。Landsat-6 在 1993 年 10 月发射后脱离轨道失去联系, 已告失败。Landsat-7 已在 1998 年发射, 并搭载研制的新型传感器, 如高分辨率多光谱成像仪 (HRMSI)。Landsat 系列卫星主要用于土地利用、农林业、生态、水资源及制图等。Landsat 数据特别适用于对现有植被生物量、生物生产率和生态系统边界移动的估计和监测。

2.1.2 美国的商用小卫星计划

传统的地球观测卫星已形成三大类型: 侦察、气象和地球资源。现在第四类商用小型地球观测卫星系统已开始出现。在未来的 10 年里, 将发射百余颗这四种类型的卫星, 再加上每年 2 至 3 颗宇宙飞船上天。其中有 57 颗卫星计划在 1999 年年底之前发射。从 1997 年起美国的一些商用小卫星公司开始发射首批商用高分辨率地球观测卫星系统。这将开创商业性地球观测卫星的新时代, 并会引起整个摄影测量和遥感界的一场革命。那么以美国为首的商用小卫星计划为什么在如此众多的传统地球观测卫星系统中能迅速崛起呢?

随着“信息时代”的到来, 传统方式生产的地球信息产品的速度已跟不上信息时代的需求。例如用传统方式生产一幅地图, 从计划到成品大约需要 7 年。这种速度远不能适应当今世界的需求。另外如用于 GIS 和“精细农业” (Precise Farming) 正要求具有高频率时间采样特性的信息, 以便用于更新资料和预测。这种需求可望从成像系统和商用图象中得到满足。特别是对地理空间信息的需求更是如此, 因为据估计用于决策的 80% 的信息与地理位置有关。根据上述信息要求, 以美国为首的几家卫星公司已着手设计、开发并实施高分辨率地球观测卫星计划。正形成国际合作组织, 以维持系统基础设施及提高全方位图象生产、服务能力。

为了提供最大限度的全球陆地覆盖观测资料, 商用小卫星一般为小型、轻型的观测系统, 使用与太阳同步、圆形、低高度极地轨道, 具有灵活的指向能力、高几何精度及快速传递图象资料等特点。为了提高商用图象的竞争能力, 各个卫星公司均在摄取图象的最佳太阳角、同地区重复覆盖率、立体成像和实时监测事件能力等方面下功夫。商用小卫星计划与传统地球观测系统不同之处在于高空间分辨率 (比传统的地球观测系统高

出一至几个数量级)及高时相分辨率(名义上近乎实时到两天之内)。商用小卫星系统的图象产品主要用于多种要求的制图。美国的三个商用小卫星公司——地球观测公司、空间成像公司和轨道科学公司正在建立接收、处理及分发高分辨率成像卫星资料的国际性战略组织。它们的电子-光学系统将生产高空间分辨率1~3m的全色图象资料产品及4~5m的多光谱图象。

2.1.3 其他国家和地区的卫星观测系统

一、欧洲空间局(ESA)

欧洲空间局遥感卫星1号(ERS-1)作为90年代新一代空间计划的先驱,在1991年发射升空。ERS-1工作到1995年由它的继承者ERS-2(1995年8月发射成功)接替。ERS-1和ERS-2使用能全天候测量和成像的微波技术,提供全球重复性的观测数据。ERS是与太阳同步的极地轨道卫星系统。它们能覆盖目前还未有或不足的观测领域,包括海况、洋面风、海洋循环及海洋/冰层等。ERS观测数据可以改善我们对海洋-大气间相互作用的理解,海洋循环及能量传输方面知识的更新,南北极冰盖质量平衡的估计,海岸动态过程和污染的监测,及改善土地利用变化的探测和管理。ERS携带的传感器主要有主动式微波仪(AMI,有三种工作方式:图象方式、波方式和风方式),雷达高度计(RA),纵向扫描辐射仪(ATSR),精密测距和测速率设备(PRARE)及激光反向反射器。ERS-2上还多了一个全球臭氧监测实验仪(GOME)。GOME主要用于观测在对流层和平流层中的O₃和其他重要的微量气体种类。

ESA的环境卫星(ENVISAT)计划1998年9月升空。它带有双重任务:一是继续ERS-1和ERS-2对地观测(即全球海洋循环和陆地生态系统类型、范围和物候现象制图);二是对环境的研究。即获取陆地表面性质、大气化学、气溶胶分布和海洋生物学等方面的观测值。它的传感器系统除ERS携带的一些外,还新加了中等分辨率成像光谱仪(MERIS)、掩星法全球臭氧监测仪(GOMOS)、辐射收支扫描仪(SCARAB)和微波辐射仪(MWR)等主要用于测量大气化学和辐射收支方面数据的仪器。

ESA将在2000年发射另一个卫星——极轨气象卫星(METOP),用于气象和气候监测。卫星核心部分载有9种仪器,其中5种用于气候方面的监测。

二、日本

1992年日本国家空间发展局(NASDA)和日本国际工贸部(MITI)联合发射了日本地球资源卫星1号(JERS-1)。该卫星所携带的SAR和光学传感器(OPS)能用于冰川现象、土地利用(农林业)调查、沿海地区观测、土质制图及环境和灾害监测。先进的地球观测卫星(ADEOS,日本)计划在1996年发射,它将继续收集陆地、大气和海洋的遥感数据。这些数据最初由日本海洋观测卫星(MOS,1987)和JERS-1(1992)开始记录。ADEOS卫星包括二台由日本NASDA发展的核心器加上六台由其他国际伙伴提供的传感器。日本NASDA研制的核心传感器为海洋色温扫描仪(OCTS)和先进的可见光/近红外辐射仪(AVNIR)。法国空间局(CNES)提供被动式光学成像辐射仪(POLDER),而NASA提供散射计(NSCAT)和O₃总量成图光谱仪(TOMS)。日本分别在1994年和2000年计划实施ADEOSII和高分辨率观测卫星(HIROS)。ADEOSII

将执行全球监测，并强调水文循环，而 HIROS 则获取高分辨率可见光和微波观测数据。

热带雨测量计划 (TRMM) 是 NASA 与 NASDA 的联合项目，它的主要目的是测量热带降水，并由此衍生出水文循环和大气动态。TRMM 将测量热带地区潜热的每日变化和传导过程。日本提供降水雷达仪 (PR)，NASA 提供空间飞行器及承担仪器组合任务。

三、法国

法国的太阳同步极轨卫星系列 (SPOT 系列) 广为人知。SPOT 地球观测计划始于 1977 年。SPOT-1 首先在 1986 年发射成功，所携带的传感器为高分辨率可见光传感器 (HRV)，可以获得 10m (全色) 和 20m (多光谱) 高空间分辨率观测图象，主要用于土地利用、农林业、地质、制图及区域规划等。SPOT-3 (1993 年 9 月发射) 携带极地臭氧和气溶胶测量仪，用于 O_3 等大气化学成分的测量。SPOT-4 也计划在近年发射。它的设计不同于前面三颗卫星，主要表现在设计寿命长、平台可延展、星上数据贮存能力提高及光谱探测范围扩大。它的高分辨率可见光和红外光传感器 (HR VIR) 与 HRV 相比包含了短波红外波段。它的 VEGETATION 植被探测仪主要用于对植被、叶绿素等的观测。

四、加拿大

加拿大的雷达卫星 (RADARSAT) 按计划已在 1995 年 11 月发射成功。它携带的合成孔径雷达 (SAR) 是一台功率很强的微波仪器。雷达卫星获取的数据主要应用于资源管理、冰、海洋和环境监测及北极和近海勘测，也可用来支持渔业、航海业、海洋研究等。使用 8 种工作方式工作。RADARSAT 的设计寿命为 5 年。

五、俄罗斯

俄罗斯的地球观测系列卫星“粗制钻石” (ALMAZ-1B) 工作期间为 1996—1998 年，携带有 9 种传感器，主要用来收集有关制图、陆地表面观测、地质观测、海洋、渔业观测及突发事件的监测等。几乎同期工作的俄罗斯空间站研究模型 (PRIRODA-1) 和俄罗斯资源监测卫星系列 (RESURS-O) 主要用于地球生态、海洋循环、地质、大气、农作物状态、森林及冻原火、污染监测等。

六、印度

印度的遥感卫星系列始于 1988 年，旨在为土地利用、农林业、水文、土壤分类、沿海湿地制图、自然资源及灾害监测提供观测数据。现在天上运行的 IRS-1C 作为第二代遥感卫星已增强了它的空间分辨率并增加了探测波段。1997 年发射的 IRS-1D 携有全色照相机 (PAN)、线性成像自扫描传感器 III 型 (LISS III) 和宽视场传感器 (WiFS)。IRS III P2 (1995—1998) 获取遥感数据的传感器加进了多光谱光电扫描仪，以加强对陆地、海洋和大气的观测。

表 2-1-1 正在和即将执行的地球观测计划概览

卫星/计划	轨道参数						卫星质量 (kg)	功率 (kW)	应用	搭载的传感器	工作期间 (年)
	轨道	轨道高 (km)	倾斜 (°)	节点 周期 (分)	重访 周期 (天)	地方时					
ADEOS 先进的地球观测卫星 (日本, NASDA)	太阳同步	797	98.6	101	41	10:30A	3500	4.5	全球陆地、海洋、大气过程观测、海洋涉及海面温度	OCTS, AVNIR, RIS, NSCAT, TOMS, POLDER, IMG, ILAS	1996—1999
ADEOS II 先进的地球观测卫星 2 号 (日本, NASDA)	太阳同步	800	99	101	3 或 4	10:30A	3500	5	全球变化观测、服务于计划: WCRD/GEWEX 和 CLIVER, IGBP, GLOS 等	AMSR, GLI, DCS, ILAS - II, SeaWinds, TOMS, POLDER, HiRDLs	1999—2004
ALMAZ - 1B “粗制钻石” (地球观测系列, 俄罗斯)	非太阳同步圆形轨道	400	73	90			18550		制图、陆地监测、地质、勘察、生态监测、海洋、渔业和航运及突发事件监测	SLR-3, SAR-3, -10, -70, MSU - E, -SK, SROM, OS-SI, Balkom-2	1996—1998
ARISTOT-ELES 包括从低轨卫星上观测地球场的空间技术的应用和研究 (欧空局、美国)	近圆形准太阳同步轨道	200	95.3 92.3						地球吸引力和磁场异常测定, 地球磁场长期变化测定	GRADIO, GPS 接收器, 磁力计	
CBERS 中国、巴西地球资源卫星 (中国、巴西)	太阳同步极轨	778	98.5	100.26	26	10:30A	1400	1.1	地球资源和环境观测	WFI, CCD, IR-MSS	1996—1998
EOS-改进计划版本 (地球观测系统, 美国)									全球变化观测、全球和区域环境变化预测和对变化过程的理解	高度计, GGI, LAWS, NSCAT II, SAFIRE, (其他见附录 1)	1998—
EOS-AM-1 地球观测系统上午轨道 1 号计划 (美国)	太阳同步极轨	705				10:30A			云、气溶胶、辐射平衡观测及地球表面特性研究	CERES, MODIS, MISR, ASTER, MOPITT	1998—
EOS-测高计划 (地球观测系统, 美国)									海洋循环、冰盖重量平衡	GLAS, TMR, DORIS, SSALT	2002—

续表 2-1-1

卫星/计划	轨道参数						卫星质量 (kg)	功率 (kW)	应用	搭载的传感器	工作期间 (年)
	轨道	轨道高 (km)	倾角 (°)	节点周期 (分)	重访周期 (天)	地方时					
EOS-化学计划 (地球观测系统, 美国)	极轨								太阳能、紫外辐射; 大气气溶胶、臭氧和水汽; 大气示踪气体	ACRIM, HiRDLS, MLS, SAGE III, SOLSTICE II	2002—
EOS-海洋彩色计划 (地球观测系统, 美国)	太阳同步极轨	700							海洋浮游植物, 叶绿素, 生物量和初级生产率	SeaWiFS II	1998—
EOS-气溶胶计划 (地球观测系统, 美国)		705	57						大气气溶胶, 上层大气臭氧和水汽	SAGE III, EOSP	2000—
EOS-下午轨道 1 号计划 (地球观测系统, 美国)	太阳同步极轨	705				13:30P			云、降水和辐射平衡, 陆地雪和海冰, 海面温度和海洋生产率	CERES, MODIS, AIRS, AMSU, MHS, MIMR	2000—
ERS-1 欧洲遥感卫星 1 号 (欧空局)	太阳同步极轨	785	98.52		参考轨道和冰轨 3 天; 制图轨 35 天				海洋、极冰、陆地生态、地质、林业、海波现象、深海探测、大气物理、气象等	AMI, RA-1, ATSR, LRR, PRARE	1991—1996
ERS-2 欧洲遥感卫星 2 号 (欧空局)	太阳同步极轨	824		100	3	9:30A			与 ERS-1 相同外加大气化学	与 ERS-1 相同, 外加 GOME, AATSR	1995—1998
FY-2 风云 2 号气象卫星 (中国)	地球同步轨道								气象、气候	扫描辐射仪	1994—1999
FORTE 快速瞬态事件星上记录卫星 (美国、LANL)		800	65				180	0.05	电离层	RF 系统、光学系统、事件分类器	1995—1997
GFO 地球卫星继续计划 (美国海军)	太阳同步极轨	800	108						海洋形态	雷达高度计、辐射计、GPS	1996—2000

续表 2-1-1

卫星/计划	轨道参数						卫星质量 (kg)	功率 (kW)	应用	搭载的传感器	工作期间 (年)
	轨道	轨道高 (km)	倾角 (°)	节点 周期 (分)	重访 周期 (天)	地方 时					
GMS 地球同步气象卫星 (日本气象局)	地球同步						725/ GMS-4		天气观察, 太阳粒子监测	VISSR, SEM, DCS	1989—2000
HIROS 高分辨率观测卫星 (日本)	太阳同步极轨	700					3500		区域陆地观测	AVNIR - 2, VSAR, DCS	2000—2003
INSAT - 2 印度国家卫星系统2号 (印度)	地球同步								印度气象观测、印度洋观测及印度国内通讯	VHRR, DCS	1993—1999
IRS-1C/1D 印度遥感卫星 1C/1D (印度)	太阳同步极轨	817	98.68	101.35		10:30A			陆地表面观测	PAN, LISS-III, WiFS	1995—1999 1997—2002
IRS-P2 印度遥感卫星 P2 (印度)	太阳同步圆形轨道	817	98.7	101	24	10:30A			陆地、海洋和大气应用	LISS-II, MOS(-A, -B, -C)	1995—1998
JERS-1 日本地球资源卫星	太阳同步极轨	568	97.7	96	44	10:30A 11:00A	1400		地质、土地利用、沿海地区观测、地质制图、环境、灾害监测	SAR, OPS	1992—1996
Landsat-4, 5 陆地卫星 4, 5 号 (美国)	太阳同步极轨	705	98.2	99	16	9:45A			土地利用、农林业、地质、水资源、制图	MSS, TM, RBV	1982—1997
METEOSAT 气象卫星 1 号—7 号 (欧空局)	地球同步轨道								天气预报、气象、气候	VISSR, DCS	1977—2000
MSG 第二代气象卫星 (欧洲)	地球同步轨道								气象、气候	SEVIRI, S&R, DCP, WEFAX	2000—2004
NOAA - GOES-7 诺阿地球同步环境卫星 7 号 (美国)	地球同步轨道								天气预报、气象、气候	VISSR, VAS, DCS, SEM	1987—1996
NOAA - 11 诺阿极轨卫星 11 号 (美国)	太阳同步极轨	800	98	102	11	1:49P			气象、气候、大气、能量	AVHRR, HIRS-2, SSU, MSU, SEM, SBUV, ERBE, S&R	1988—1997