

# 现代遥感技术系统及其发展趋势

阎守邕

(中国科学院遥感应用研究所 北京 100101)

**摘要** 在对遥感技术与应用进行系统分析的基础上,本文首先给出了现代遥感技术系统的总体结构框图,并描述了遥感任务实施、技术系统和基础研究方面的主要内容、工作过程以及相互关系;接着,对遥感数据获取、分析及应用技术系统的构成、特点以及发展趋势分别作了进一步的论述。最后,作者对遥感与地理信息系统的结合、遥感成套应用技术发展、基础研究以及商品化等问题提出了自己的看法。

**关键词** 遥感,技术系统,发展趋势

自80年代以来,随着全球环境变化监测和研究等计划的提出与实施,遥感技术和地理信息系统(GIS)技术等的紧密结合以及新遥感技术领域的不断开拓,使遥感技术的发展和进入了一个新的阶段,其特点主要是:(1)大型遥感动态应用任务导向;(2)成套遥感实用技术发展;(3)综合遥感基础研究加强;(4)遥感技术工程化、商品化和国际化。它们使遥感技术与应用能在更广泛和深入的基础上不断地发展创新,比以往任何时候都更紧密地和人们的日常生活与管理工作联系在一起,也使遥感的技术产品和各种信息产品,不仅通过政府部门,而且更多地通过技术市场来满足各方面的需要,产生出巨大的社会经济效益。

## 1 系统总体构成<sup>[1]</sup>

### 1.1 系统构成

根据对遥感技术及其应用的系统分析与研究,现代遥感技术系统可以用图1所示的系统分析框图表示。

从总体上看,遥感技术系统的工作过程由3个基本环节组成,即遥感数据获取、专题信息分析和遥感技术应用。遥感技术的专业内容包括任务实施、技术系统和基础研究3个层次。

在任务实施过程中,每个工作环节都有相应的技术手段加以支持和保证。遥感工作平台、传感器、GPS、数据传输与预处理系统构成了遥感数据获取系统,保证了在不同情况下数据获取任务和过程的完成;从遥感数据中抽取有用信息可以通过遥感测量制图、目视分析判读以及计算机分析处理或它们之间的相互配合实现;遥感技术应用,特别是遥感动态应用需要有地理信息系统的支持,以使从遥感数据中提取出来的和其它来源的多种信息得以充分利用,有效地完成相关的应用任务。此外,在地理信息系统的支持下,也将有

收稿日期:1993年9月6日;收到修改稿日期:1994年5月30日

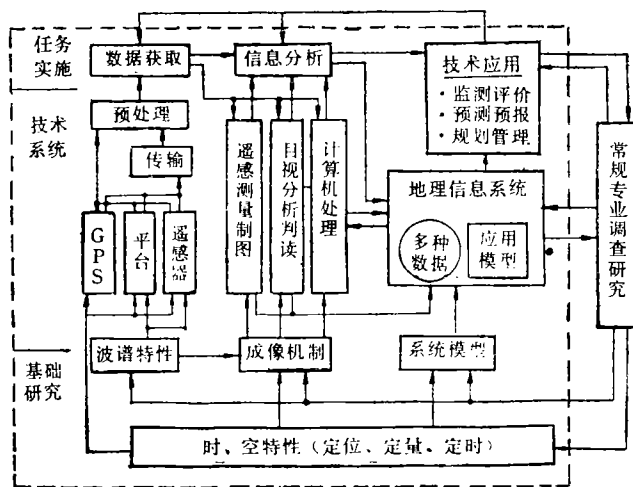


图 1 现代遥感技术系统分析框图

Fig. 1 Structure diagram of modern remote sensing technical system

助于遥感图像计算机分类精度和技术水平的提高,为智能化系统的发展创造良好的条件。

上述各种技术手段的发展、使用和效果,不仅取决于应用目标和任务要求,而且还和支持它们的基础研究工作的深入程度密切相关。一般来说,遥感平台类型和工作参数的选择,遥感器工作波段、作业时段、定位精度以及数据传输和预处理内容、方法的确定,除了和应用任务要求有关外,还在很大程度上受到目标的波谱、空间和时间特性以及大气影响研究进展的约束;从遥感数据中抽取有用信息的数量、质量与速度,取决于遥感成像机理与分析方法的研究;遥感技术应用主要包括对各种对象的调查研究、监测评价、预测预报及规划管理等,其效果除与地理信息系统中的数据及具体应用模型有关外,还取决于GIS应用系统总体模型的合理性与完整性。因此,要想使遥感技术和应用的发展取得显著进展,必须重视遥感基础研究工作。

从整个遥感过程来看,遥感应用既是这个过程的出发点,又是这个过程的终止点。它不仅决定了对数据获取、信息分析及相应技术手段的各项要求与作业方式,而且也是这些环节和技术手段有效性的检验标准。如果遥感所取得的结果不能满足应用的要求,就要对原有的技术方案进行必要的修改和调整,直到取得满意的结果为止。因此,遥感应用目标与任务的确定,对整个系统的配置与作业方案的选择起举足轻重的作用。

## 1.2 技术特点

如图 1 所示的现代遥感技术系统是一个具有模块化结构和多应用目标的系统。总的来说,这种系统具有快速、机动、准确和集成的特点,能够较好地适应不同应用任务、目标特性和工作环境的需要,收到多快好省的效果。表 1 给出了这种系统的主要特点和相应的技术关键所在。

具有模块化结构和多应用目标的遥感技术系统可以作为各种具体的或专业的应用系统的技术支持系统而起作用。根据不同应用系统的要求,它们可以组装成相应的应用技

表 1 现代遥感技术系统的特点

Table 1 Main characteristics of modern remote sensing technical system

技 术 特 点		技 术 关 键
快 速	快速(几小时—几天) 中速(1—3个月) 慢速(2—3年)	1. 遥感技术系统配套及完善; 2. 多级平台遥感采样技术; 3. 因地制宜分区遥感作业及不同时空特点数据规一化技术; 4. 作业地区 GIS 快速建立
机 动	全天时, 全天候及 任意地区作业	1. 红外、微波遥感技术发展; 2. 遥感数据远距离实时传输; 3. 无地面控制立体观测数据快速成图及 DTM 生成技术; 4. 机动灵活的通信调度指挥系统建立
准 确	定位、定性、定量	1. GPS/INS 遥感数据高精度、快速和动态定位及实时处理技术 2. 大容量、快速、高精度遥感数据专题分类; 3. 多级采样面积估算技术; 4. 因地制宜遥感专题应用模型生成技术
集 成	多目标、多用途	1. 遥感技术系统模块化发展; 2. 遥感技术模块优化组合与装配; 3. 遥感技术新领域新方法开拓; 4. 遥感应用技术系统设计与评价



图 2 现代遥感技术系统的派生产物和应用领域

Fig. 2 Applied systems and fields supported by modern remote sensing technical system

术系统。当该应用任务所需数据、模型及处理方法或软件以及相应地面支持活动与技术

系统相连接或配合,并按应用任务所要求的作业规程运转时,就可以形成相应的遥感应用系统,得到用户所期待的结果。图 2 比较直观地说明了由现代遥感技术系统派生出来的一些应用系统以及它们在社会进步、经济发展、科学研究中的应用范围和作用。

## 2 遥感数据获取系统

遥感数据获取系统根据应用目标与要求完成所需遥感数据的获取任务,主要由工作平台、传感器、GPS、数据传输及数据预处理等 5 个部分构成。其细节如图 3 所示。

### 2.1 工作平台

它是遥感数据获取仪器,即传感器的运载工具,直接影响到所获取数据的范围、频度以及其它重要的特性,如空间分辨率、几何畸变和辐射失真等。根据平台的高度和运行特点可分为气象卫星、陆地卫星、空间站、航天飞机、航空飞机、地面高架等类型。在完成具体任务时,可根据需要灵活加以组合使用。应该指出的是:

(1) 随着对空间遥感平台应用要求的多样化,特别是对地球的研究,已不再满足于对大气、陆地和海洋分别进行观测的状况,进而要求把地球作为一个系统或整体来研究其各组成部分之间的相互作用与关系,监测和预报全球范围不同时间尺度的变化。这样,从 70 年代中期就提出了一些空间站的方案,将在今后的各种空间及遥感任务中起重要作用<sup>[2]</sup>。

(2) 人们开始把更多的注意力由多目标大型空间平台转向目标较单一的中小型平台。例如,美国原来的 EOS 计划从 1992 年开始发生重大的改变。通过把传感器放在多个较小的平台上取代一系列大型飞船,而使 EOS 计划的弹性及灵活性有所提高。表 2 给出了调整后的结果。其中 EOS-AM 飞船较原计划的大型飞船提前 6 个月发射<sup>[3]</sup>。

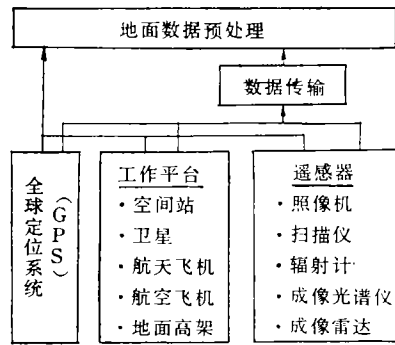


图 3 遥感数据获取技术系统

Fig. 3 Remote sensing data acquisition system

表 2 经过调整的部分 EOS 计划  
Table 2 Part of adjusted EOS plan

飞船名称	发射时间	飞船规模	工作内容	备注
EOS-AM1	1998.7	中偏大型	陆地表面、云、气溶胶及辐射收支特征研究	小型飞船由 Pegasus 发射;中型由 Delta II 火箭发射;中偏大型由 Atlas IIs 发射。
EOS-COLOR1	1998	小型	海洋生物量及初级生产力(海色)研究	
EOS AERO1	2000	小型	大气溶胶研究	
EOS-PM1	2000	中偏大型	云、降水和辐射平衡;陆地雪和水;海面温度及海洋生产力	
EPS-ALT1	2002	中型	海洋循环和冰层质量平衡	
EOS-CHEM1	2002	中偏大型	大气化学成分及它们的变化;洋面压力	

## 2.2 遥感器

遥感器是遥感数据获取系统中直接获取数据的仪器。最常用的遥感器包括光学照相机、红外或多光谱扫描仪、红外或微波辐射计、成像光谱仪和成像雷达等。后两种是当前最活跃及最有发展前景的遥感器。它们所获得的数据量巨大、处理方法复杂、应用前景广阔,对目前已有的遥感数据传输、处理和应用能力都提出了重大的挑战,同时也为它们的发展创造了前所未有的良好机会。

(1) 成像光谱仪及多参数成像雷达的出现,促进了星上数据处理的发展、新的数据分析技术以及应用领域,如岩石鉴别、油气探测等的开拓;

(2) 离天底、多角度观测能力推动了二向性反射模型等基础研究,使遥感器产生出大量立体测量数据(如法国 SPOT 卫星等)。它们和 GPS 数据相结合,为大范围、高效率和无地面控制点的遥感数字测量制图开辟了一条新路;

(3) 不同分辨率和覆盖范围的遥感器在同一颗卫星上配合使用,(如前苏联资源卫星等),不仅缩短了卫星覆盖全球的周期或加速了动态监测的频率,而且也给人们提供了完全同步的多级采样数据。这就使卫星数据在灾害和资源环境监测与评价中的作用得以明显提高。

## 2.3 全球定位系统 (GPS)

目前,世界上许多国家都在致力于全球定位系统技术的研究与开发。这种技术引入遥感领域,使遥感数据对地定位具有全球范围、全天候、全时域、连续、快速以及精度很高的特点。使有碍航天遥感数据更为实用的两大问题之一,即定位精度不足的问题得以解决<sup>[4,5]</sup>。

## 2.4 数据传输

数据传输是遥感数据获取系统中的重要组成部分。它对非返回式的卫星遥感以及需要快速及远距离给出结果的航空遥感数据获取来说更是不可缺少的部分。随着新一代遥感器,特别是成像光谱仪及成像雷达的发展,其海量数据使已有的数据传输系统无法承受,因而在星上数据处理及压缩技术发展的同时,现有数据传输能力也在不断改进和提高,以应付这种严重的挑战

## 2.5 数据预处理

为了给用户提供可以使用的遥感数据,其预处理着重在成像处理及消除由平台及传感器等造成的系统误差上。其中,成像雷达原始相干数据的快速成像处理是一个具有挑战性的问题。而那些和地面实况及应用有关的数据处理,则是信息分析系统的任务。

# 3 遥感信息分析系统

遥感信息分析系统最主要的任务是从遥感数据中,根据应用的要求抽取出各种有用

的信息。它一般由遥感测量制图系统、目视判读分析系统以及数字分析处理系统组成。前者主要利用不同观测角度获取的同名数据之间的视差而完成地形制图的任务，可以在航空和航天两个不同的层次上实现；后两者主要通过判读人员、计算机系统或两者的结合与交互来完成各种专题信息的提取与制图。

### 3.1 遥感测量制图技术

当前，遥感测量制图领域中最引人注目的动向是：航天遥感器离天底观测数据与 GPS 数据相结合，或航空遥感与动态 GPS 定位相结合，发展无地面控制定位系统的数字测量直接成图技术。它们最终将会导致传统摄影测量技术和工艺的巨大变革，直接在空中将遥感图像地学编码、生成 DEM 和正射影像，从而使遥感数据在更快、更灵活和更经济的水平上得到更广泛的应用<sup>[4,5]</sup>。

### 3.2 数字分析处理技术

遥感图像数据处理技术当前面临的重大挑战，一个是如何提高专题分类精度；一个是如何适应成像光谱仪和成像雷达海量数据处理与应用需要的问题。对于前者，发展多种来源及多个时相数据综合分析技术，特别是在 GIS 支持下的分类技术是主要的趋势，但如何充分利用各种影像特征，特别是空间特征及引入生物地学规律仍是一个急待解决的难题。因此，从实用的角度来看，对影像进行增强，然后目视判读，往往会取得较好的效果。对于后者，则需要发展更为综合和复杂的处理技术(图 4)，以充分发挥这些新型遥感器数据在识别各种地面目标上的优越性。对于成像光谱仪数据分析而言，由于其波段数目众多而引入了对每个像元的光谱曲线进行分析与比较等一系列新的概念，同时也出现了一些专用的数据分析软件包和专家系统<sup>[6]</sup>。雷达数据定标等方面工作及多参数成像雷达数据专题分析的水平，有待于地物微波辐射特性研究及测量技术的进展而不断提高。

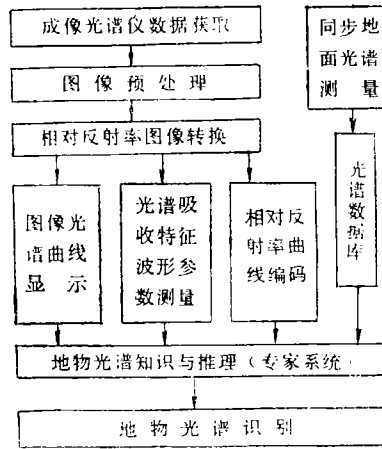


图 4 成像光谱仪数据分析技术流程

Fig. 4 Flow chart of data analysis for imaging spectrometer

### 3.3 目视判读分析技术

在遥感图像数据计算机分析技术发展极为迅速和活跃的情况下，目视判读技术仍是一种不可取代的、十分重要的遥感数据分析技术。这不仅因为它仍是一种十分有效和经济的数据分析手段，而且也是遥感图像分析技术智能化的基础与出发点。作为人工目视判读能力的延长，电子光学判读系统将会逐步为人脑与电脑相结合的人机交互判读系统所代替。

### 3.4 综合影像理解技术

在上述技术发展的基础上,发展以人工智能为特点的影像理解技术或判读专家系统是一个十分引人注目的前沿课题。一方面它有广阔的发展前景和应用潜力,另一方面它尚有很长的路要走,需要完成一系列艰苦、细致的基础研究工作,包括遥感图像判读及背景知识的获取、表答和使用,各种遥感影像特征的提取与量化以及目标识别的多级、不精确推理判断和学习机制的确立等。只有这样,实用化的影像理解技术才能得以迅速发展和广泛应用。

## 4 遥感技术应用系统

遥感技术应用系统从某种意义上讲就是地理信息系统(GIS)。它为遥感技术应用在深度和广度上的扩充以及社会经济效益的充分发挥上,提供了良好的技术环境与支持,使各种遥感动态应用,如灾害监测评估、资源环境动态调查与分析、城市与区域动态规划管理以及全球环境变化监测等成为可能,同时也为遥感数据分类精度的提高以及各种先进数据分析处理技术的发展提供了有力的支持。因此,GIS与遥感技术的紧密结合是现代遥感技术系统形成的最重要的标志之一。

### 4.1. GIS 软件系统

GIS软件系统比较具体地显示了这种技术的功能与特点。一般来说,它们分通用软件工具、专用软件工具及应用系统3个层次,其中较为理想与完善的GIS通用软件工具系统,由如图5所示的9个模块或子系统组成。它们是:数据输入、交互编辑、图像处理、查询检索、数据操作、空间数据管理、应用模型管理、整饰输出以及用户界面等模块。各模块的主要功能以及相互之间的关系亦在图5中给出。它们应满足以下要求:

- (1) 对多种来源、多种结构的空数据,如矢量图形、栅格图形/图像和属性数据统一管理,彼此之间的连接或转换高效、灵活、可靠;
- (2) 遥感数据和GIS中相应地图数据能精确配准,使遥感成为GIS的一个重要数据来源和更新手段,同时在GIS支持下提高遥感数据分类精度,使其应用能与人们的日常工作和生活紧密联系起来;
- (3) 兼具空间数据处理系统、空间管理信息系统和空间决策支持系统等开发工具的各种重要功能,能有效和灵活地支持各种应用系统的开发和使用,取得多快好省的效果。

### 4.2. GIS 技术系统

GIS技术系统是支持GIS应用系统的软硬件系统。它的构成如图6所示,上述软件系统占其中最外面的3层。对于GIS技术系统而言,根据其硬件规模可分为微机系统、工作站系统、中小型和大型机系统;根据软件技术水平和功能,可分为统计型、空间型和智能型系统;根据系统连接方式,可分为单机系统和网络系统等。为了形成我国自己的GIS技术体系,必须对上述不同类型和规模的系统进行统筹安排和纵深部署,在保证实

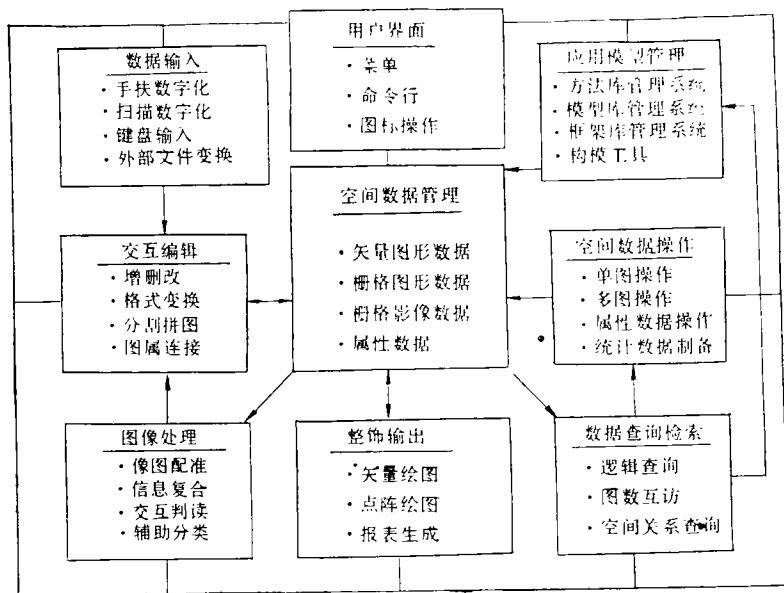


图 5 GIS 通用软件工具系统构成

Fig. 5 Structure of GIS general software tools



图 6 GIS 技术系统构成

Fig. 6 Structure of GIS technical systems

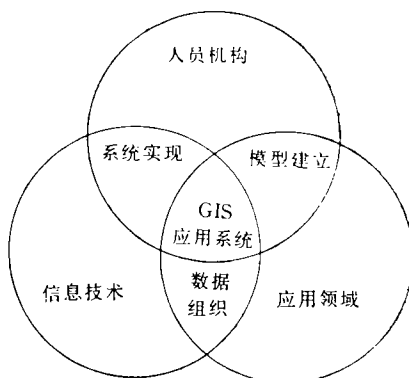


图 7 GIS 应用系统的构成和关键技术

Fig. 7 Structure of GIS applied systems and their key problems

用性的前提下,不断提高其先进性。

在 GIS 技术系统发展过程中,软件发展和更新的速度远远落后于硬件的趋势,在今后很长时期里仍会保持不变。这样,硬件价格降低、性能提高、新型号新机器不断出现以及软件发展滞后、价格昂贵且不断上涨等,都会对 GIS 的发展和应用产生深刻的影响。此外,GIS 商品化和产业形成的势头以及由此产生的后果,也是值得研究的一个重要问题。

### 4.3. GIS 应用系统

作为人类认识、利用和改造客观世界的一种工具, GIS 应用系统的构成有着更为广

泛的内容和含义。图 7 概要地给出了 GIS 应用系统的基本构成和关键技术所在。

#### 4.3.1 基本构成

GIS 应用系统,特别是业务运行的 GIS 应用系统,一般来说,由 3 个主要部分,即应用领域、信息技术和人员机构组成。它们相应于图 7 中的 3 个大圆,而 GIS 应用系统则处在 3 个圆相交的部分。应用领域确定了 GIS 的工作对象、实现目标、数据内容、功能要求以及系统模型等重大问题,同时为系统提供了所需的各种数据及赖以建立应用模型的相应专业研究成果,是 GIS 应用系统建设和发展的基础或出发点,同时也是系统性能和效益检验的客观标准;

信息技术主要包括 GIS 应用系统建立和运行所需的计算机软、硬件设备、数据获取系统以及模型建立、系统实现的技术方法等内容,是 GIS 应用系统作业的物质保证和技术支持;

人员机构则涉及到支持与保证 GIS 应用系统设计、实现、运行、维护和应用等活动正常进行的一系列问题,包括人员配备、机构设置、运行体制、经费支持、领导态度等。它们是决定系统好坏与成败的关键所在,其重要性值得进一步强调和引起更加广泛的注意和重视。

#### 4.3.2 关键技术

GIS 应用系统的关键技术在图 7 中 3 个大圆两两相交的部分给出。它们分别是模型建立、数据组织和系统实现。

模型建立包括两方面的内容,即整个应用系统的概念模型或简称系统模型的建立和应用系统中各种具体应用模型的建立。它们均对 GIS 应用系统的建立与效益起决定性的作用。因为它们是 GIS 与常规专业研究联系的纽带,综合使用系统中各种数据的工具,系统解决各种生产科研问题的武器以及系统性能与水平不断提高,特别是向智能化方向发展的基础。

数据组织所面临的是数据获取、表答方式、组织结构、质量控制、数据共享以及标准化等一系列十分重要和关键的问题。由于数据是 GIS 应用系统和各种应用模型作用的对象,就象人体里的血液一样,它们的存在和运动决定了系统的生命和活力,因此,研究有关数据的问题及其相应的技术方法就显得格外重要。特别是数据结构与组织方式的确定将是整个应用系统软件设计的基础。

系统实现涉及到一个 GIS 应用系统由提出调研、论证、设计、实现、运行、维护以及改进的全过程。其中需要解决的关键问题包括系统设计方法、实施途径、运行和维护规程以及性能和效益的评价与改进等。它们是使系统由概念模型转化为实际应用系统和产生社会效益的唯一途径。因此, GIS 应用系统的好坏与成败和上述一系列问题的合理解决密切相关。

### 4.4 遥感技术应用的优先领域

根据国民经济建设的需要以及遥感技术的优势和特点,其优先应用领域如下:

- 重大自然灾害遥感监测评价;
- 主要农作物遥感估产与长势监测;

- 全国再生资源及生态环境遥感动态调查与分析;
- 油气藏及黄金等金属矿的遥感探查;
- 城市与区域动态规划与管理;
- 全球环境变化监测与研究;
- 遥感应用及技术发展支持系统, 等。

通过对现代遥感技术系统的构成和发展趋势的研究, 可以得出一些有价值的看法:

1. 遥感技术与 GIS 的紧密结合是现代遥感技术系统形成的最重要的标志之一。它使遥感技术和人们的日常生活与管理工作联系在一起, 并逐渐成为它们不可缺少的一部分。

2. 现代遥感技术系统是一个以各种遥感应用任务为导向的成套技术系统。在 90 年代里, 随着全球环境变化监测与研究等重大项目的实施, 使它的各个技术环节或组成部分都有不少改进, 甚至出现新的突破, 因而使整个系统的工作能力迅速提高, 展宽。

3. 现代遥感技术系统是一个具有快速、机动、准确和集成特点的模块化系统。它可以根据不同的任务要求、目标特点和工作环境等, 灵活地拼装组合成一些具体的应用技术系统, 完成相应的应用任务, 取得多快好省的效果, 产出越来越大的社会效益。

4. 系统和深入开展遥感基础研究, 将使我国遥感技术及其应用的发展出现一个新的局面, 即形成我国自己的遥感技术体系与风格。这方面的工作是十分重要的, 应给予充分注意、纵深部署和合理安排。

5. 商品化是遥感技术在更大的范围里转化为社会生产力和社会效益的必由之路。一方面要把力量集中在高级信息产品及支持它们的遥感动态应用成套技术的发展上; 另一方面也要注意加强技术产品, 特别是成套技术系统产品的工程化和商品化以及信息交流与服务的社会化。

## 参 考 文 献

- [1] 阎守邕. 遥感技术的系统分析和发展战略探讨. 见: 国家科委国家遥感中心编. 空间遥感技术综合应用预测及效益分析. 北京: 学术期刊出版社, 1988, 7—12.
- [2] 阎守邕等. 中国遥感技术系统的软科学研究. 中国科学技术出版社, 1990.
- [3] GSFC/NASA. Mission to Planet Earth. NASA Facts4/92.
- [4] 李树楷等. 遥感信息对地定位技术的变革性进展. 见: 李树楷主编. 遥感图像对地定位研究. 测绘出版社, 1991, 130—136.
- [5] 李树楷等. 遥感应用技术系统的技术支柱——动态 GPS 遥感信息对地定位系统. 遥感图像对地定位研究. 北京: 测绘出版社, 1991, 145—155.
- [6] 郑兰芬等. 成像光谱遥感技术及其图像光谱信息提取的分析研究. 环境遥感, 1992, 7(1): 49—58.

## Modern Remote Sensing Technical System and its Development Trends

Yan Shouyong

*(Institute of Remote Sensing Application, Chinese Academy of Sciences)*

**Abstract** Based on systematical analysis of remote sensing and its applications, a general structure diagram of modern remote sensing technical system is presented in this paper. Its main contents, operational procedures and relationships between the components in the diagram are also discribed. Then, structures, characteristics and development trends of technical systems seperately for remote sensing data acquisition, analysis and applications are discussed in detail. Finally, author's opinions on integration between remote sensing and GIS, development of series applied techniques, fundamental research and commercialization of remote sensing techniques are indicated.

**Key words** Remote sensing, Technical systems, Development trends