

中国遥感技术系统的 软科学研究

阎守邕 郑立中 武国祥

何昌垂 詹慈祥

中国科学技术出版社

中国遥感技术系统的 软科学研究

阎守邕 郑立中 武国祥 著
何昌垂 詹慈祥

中国科学技术出版社

内 容 简 介

本书从我国国情出发,把我国遥感技术及应用置于国际背景中,站在一个恰当的高度上系统地进行了分析研究。全书包括正文四章和七个附录。第一章概要地对遥感技术进行了系统分析;第二、三章分别论述了国际遥感技术的发展趋势及我国遥感技术和应用的现状;第四章提出了笔者对我国遥感技术发展战略、科技政策及发展规划等问题的看法和建议。在附录中,分别介绍了国外空间站的发展概况、美国地球观测系统、我国遥感活动大事记、国外空间组织机构与管理、遥感技术效益分析方法、资源卫星应用与遥感技术发展支持系统以及我国遥感应用成套技术与基础研究课题。

本书可供遥感技术、空间技术及生物地学领域中的科技、教学、管理和决策人员参考。

2072/3

中国遥感技术系统的软科学研究

阎守邕 郑立中 武国祥 何昌垂 詹慈祥 著

特约编辑:路奇云

*

中国科学技术出版社出版(北京海淀区白石桥路32号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京市怀柔黄坎印刷厂印刷

*

开本:787×1092毫米 1/16 印张:6.625 字数:150千字

1990年10月第一版 1990年10月第一次印刷

印数:1—1,000册 定价:4.00元

ISBN 7-5046-0277-9/V·6

前 言

随着我国经济建设与科学技术的发展,作为自然科学、社会科学与工程技术等多种学科相互渗透之产物的软科学,也得到了蓬勃发展。这种软科学,在各级各类决策的科学化与管理的现代化中,发挥着越来越重要的作用。它以具有一定规模的经济系统、社会系统和科学技术系统为对象,研究和论证它们自身及其相互协调发展中的有关战略、政策、规划和管理等重大问题。这种研究一般投资较小,效果明显,作用时间长,影响面广,具有潜移默化的特点。

遥感技术及其应用,作为一个涉及范围广、技术构成复杂、规模庞大的科学技术系统,有许多软科学问题需要研究。为此,国家科委下达了“空间遥感技术综合应用预测及效益分析”软科学研究课题。根据课题要求,自1986年以来,我们结合我国遥感技术发展的实际情况和需要,陆续开展了一系列研究工作。第一阶段的工作主要由各部门的专家学者分头进行,然后通过学术讨论会的方式加以交流,集思广益,《空间遥感技术综合应用预测及效益分析》(学术期刊出版社,1986年10月,北京)一书即是其主要研究成果的集中反映。第二阶段的工作主要由笔者完成。作者在大量调查研究工作的基础上,经过多次讨论几度修改,并吸收了有关部门的研究成果之后,撰写出了《中国遥感技术系统的软科学研究》一书,作为上述软科学研究课题的总报告。

《中国遥感技术系统的软科学研究》一书由四章正文和七个附录组成。第一章概要地对遥感技术进行了系统分析,是本书讨论问题的基础;第二、三章分别论述了国际遥感技术的发展趋势及我国遥感技术和应用现状,使本书所讨论的问题能在一个大的国际技术背景中,从一个恰当的起点上展开;第四章是本书的主题,在前三章论述的基础上,提出了作者对我国遥感技术发展战略、科技政策及发展规划等问题的看法和建议。在附录中,分别介绍了国外空间站的发展概况、美国地球观测系统、我国遥感活动大事记、国外空间组织机构与管理、遥感技术效益分析方法、资源卫星应用与遥感技术发展支持系统以及我国遥感应用成套技术与基础研究课题的情况。它们是正文有关部分的重要补充。

作者在撰写本书的过程中,得到许多部门和专家的大力支持和具体帮助,受益匪浅,此外,中国科学院遥感应应用研究所的卫政同志为本书的出版做了大量工作,作者在此对他们表示衷心感谢。尽管如此,由于水平和占有资料所限,书中存在一些缺点和错误是在所难免的,谨请广大读者批评指正。

本书的出版,如能引起广泛的讨论,并对我国“八五”和2000年国家科技发展规划的制定以及我国遥感技术的发展,有一些帮助的话,作者将感到极大的荣幸。

作 者

1990.3.

• i •

目 录

第一章 遥感技术系统分析	(1)
第一节 系统构成.....	(1)
第二节 分类体系.....	(3)
第三节 任务实施.....	(3)
第二章 国际遥感技术的发展趋势	(6)
第一节 空间遥感平台的发展十分活跃.....	(6)
第二节 新一代传感器正在加紧研制.....	(8)
第三节 数据处理面临重大的挑战.....	(11)
第四节 地理信息系统在迅速发展.....	(13)
第五节 遥感应用正进入动态定量阶段.....	(15)
第六节 遥感技术及应用在商业化.....	(17)
第三章 中国遥感技术及应用的现状	(20)
第一节 中国遥感技术的发展能力已全面形成.....	(20)
第二节 遥感应用已初步进入实用化阶段.....	(22)
第三节 地理信息系统的发展有了良好的开端.....	(27)
第四节 遥感基础研究需要进一步加强.....	(28)
第五节 遥感技术队伍在不断壮大.....	(30)
第四章 中国遥感技术的软科学研究	(32)
第一节 发展战略研究.....	(32)
第二节 科技政策研究.....	(35)
第三节 发展规划建议.....	(39)
附录 I 国外空间平台发展状况	(42)
一、美国空间平台的发展.....	(42)
二、欧洲空间平台的发展.....	(44)
三、日本空间平台的发展.....	(45)
四、苏联空间平台的发展.....	(46)

附录 II 美国地球观测系统	(47)
一、90年代地球科学的目标.....	(47)
二、观测项目的要求及手段.....	(48)
三、世界各国已安排的对地观测业务和研究卫星.....	(48)
附录 III 中国遥感活动大事记	(58)
附录 IV 国外航天组织机构与管理	(65)
一、一些主要国家的航天组织机构.....	(65)
二、航天计划的组织管理.....	(69)
附录 V 中国遥感技术效益的分析方法	(74)
一、效益分析模型.....	(74)
二、效益计算方法.....	(76)
附录 VI 资源卫星应用与技术发展支持系统	(79)
一、意义与目的.....	(79)
二、背景情况.....	(79)
三、主要内容.....	(82)
附录 VII 中国遥感应用成套技术及基础研究课题	(94)
一、大型灾害与全国自然资源和环境遥感动态监测技术与应用系统.....	(94)
二、资源卫星应用与技术发展支持系统.....	(95)
三、遥感基础研究.....	(96)
参考文献	(98)

第一章 遥感技术系统分析

遥感技术是本世纪 60 年代以后蓬勃发展起来的一个新兴的科学技术领域。它是通过飞机、卫星等运载工具,把各种传感器带到空中乃至太空,以接受和记录来自地面物体发射和反射的电磁波辐射信号,并经过图像处理或人工分析判读,从中抽取出与应用目标有关的信息,最终编制出专题图或进入地理信息系统,与其它来源的数据相互配合,从而实现目标探测及解决各种生产、科研问题的一整套应用技术。这种技术集中了空间、电子、光学、计算机和生物地学等学科的最新成就,是当代高技术领域的一个重要组成部分。目前,它已广泛地应用于农业、林业、地质、地理、水文、海洋、气象、测绘制图、环境监测以及地球系统科学等领域,发挥着重大的作用,受到世界各国的普遍重视。

为了便于以后各章节的讨论,在此分别对遥感技术的系统构成、分类体系以及任务实施作简要的论述。

第一节 系统构成^[1]

遥感技术及其应用涉及到许多学科领域和技术内容,是一个规模庞大、内容复杂、环环紧扣的系统工程项目,需要有周密的考虑,严格的组织和有力的措施,才能收到应有的效果。然而,要做到这一点,首先必须对遥感技术及其应用进行深入细致的系统分析,其分析结果见图 1。该图清楚地说明了遥感技术的内容、组成以及它们之间的相互关系。

从总体上看,任何一个遥感应用任务的实施,均由遥感数据获取、有用信息抽取及其应用三个基本环节组成。在这里,遥感应用是整个过程的出发点和归宿,起着十分重要的作用。而每个环节的实施都要有相应的技术手段与基础研究的支持。因此,遥感技术应包括任务实施、技术手段与基础研究三部分内容。

遥感数据获取是在由遥感工作平台(包括飞机、卫星、航天飞机以及空间站等)与传感器(包括照像机、扫描仪、辐射计、成像光谱仪与雷达等)组成的数据获取技术系统的支持下,取得有关地物目标的各种遥感数据的一种作业过程。由于具体遥感应用的对象与要求各不相同,而且各种平台与传感器都有自己的适用范围及局限性,所以它们在实际工作中往往采用不同的组合,包括使用不同的平台或同一平台上使用不同的传感器等,以取得较好的应用效果,满足不同专业应用和技术上的要求。从遥感数据中抽取有用的信息,可以通过人工目视判读或计算机分析处理,或两者的配合实现。在这里,人工目视判读具有较广泛的含义。它不仅指用人眼对遥感图像的直接判读,而且还包括借助一些光电判读仪器或经过光化学及计算机处理以后的遥感图像的目视判读在内。因此,作为信息抽取的技术手段,可分别由人工目视判读系统、计算机图像处理系统以及两者的混合系统组成。目前,计算机图像分析处理是一个十分活跃和富有发展前景的领域,即使在这种情况下,人工目视判读仍起着不容忽视

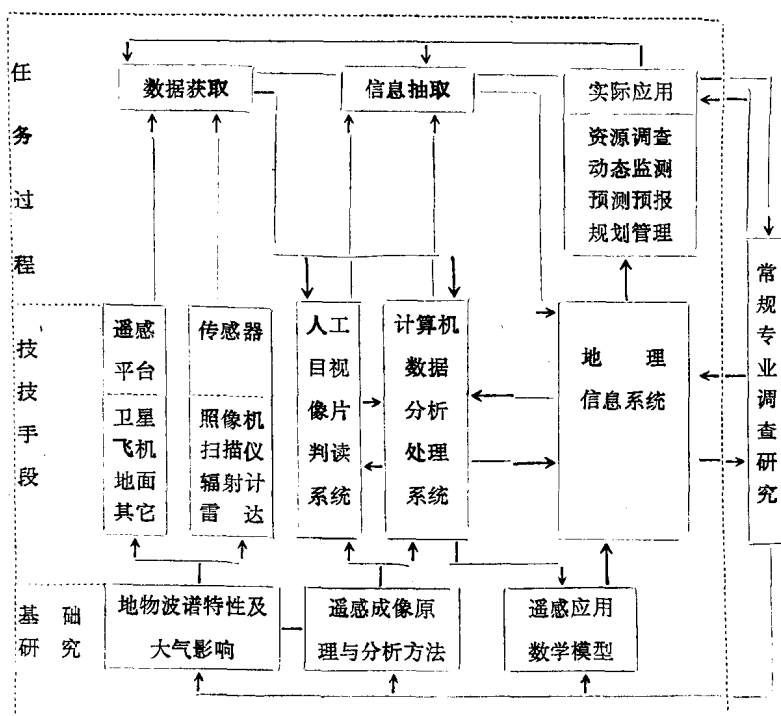


图1 遥感技术的系统分析框图

的作用。它不仅是不可被取代的,而且还是计算机图像分析处理技术进一步发展的基础和出发点。遥感应用,特别是要实现由单一数据向多种来源数据、由定性向定量、由静态向动态应用过渡时,需要有地理信息系统技术的支持,才能在深度和广度上进入新的阶段。事实上,地理信息系统为多种遥感数据和辅助数据的综合分析处理和应用提供了一个良好的技术环境,同时也有力地支持了遥感图像数据自动分类精度的改善。因此,它作为大量空间数据存贮、分析和应用的有效工具,在整个遥感技术系统中将占据越来越重要的位置。

上述各种遥感技术手段的发展、使用及其应用效果,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以及所取得的成果密切相关。一般来说,遥感数据获取系统及其作业,在很大程度上受到被测目标的电磁波辐射特性时空分布与变化规律以及大气影响的制约。对于自然界中各种物体电磁波辐射特性的长期和系统的测量研究,可以找出有效地探测和识别它们的最佳工作波段和时段,从而直接指导实用遥感数据获取系统的组建与作业,包括遥感平台与传感器的组合,传感器工作波段与有关参数的选择以及任务实施的时间与方案等,这样可以在付出较小代价的条件下,获得质量较高的遥感数据。从遥感数据中抽取有用信息的数量与质量,固然和原始数据的质量密切相关,但在很大程度上也取决于对遥感成像原理与规律的研究和认识的程度。遥感数据的波谱、极化、时间和空间特征,反映了自然界中物体的相应特征,是人工目视判读与计算机遥感图像分析处理的理论依据。对于人工目视判读而言,所利用的影像特征,除色调/彩色,即波谱特征外,大多数都是空间特征,如形状、大小、阴影、纹理、图型、位置以及关系等,而计算机图像分析处理所用最多的是影像的波谱特征,这正是目前计算机专题分类精度不够高的重要原因。随着计算机处理能力的加强和遥感数据空间分辨率的不断提高,遥感影像的空间特征在计算机分析处理

中的作用显得越来越突出，同时也使人工目视判读的经验及生物地学规律，有可能被逐步引入这一领域，形成一些专题判读专家系统。对于地理信息系统来说，它的功能和实际应用效果受到系统中各种应用模型的明显影响。事实上，这些模型是客观现象和过程发展规律与相互关系的抽象或模拟，在系统中起着由此及彼、由表及里地综合分析、处理和应用各种来源的数据以解决有关实际问题的关键作用。而各种应用模型的发展和使用，则要和有关专业的人员密切配合，并以大量深入、细致的常规专业研究为基础，才能取得事半功倍的效果。从遥感技术手段与遥感基础研究的关系分析不难看出：为了使遥感技术的发展和运用取得显著的进展，必须深入、系统地开展遥感基础研究。

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、信息抽取以及相应技术手段的各项要求与作业方式，而且也是这些技术环节和手段有效性的检验标准。如果检验结果不能满足实际应用的要求，有关信息就要反馈回去，对原有的安排做出必要的修改，直到取得满意的结果为止。因此，遥感应用的具体目标和任务要求的确定，应摆在整个系统分析的首要地位，予以极大的重视。

遥感技术和常规专业调查研究的关系在图 1 中也得以清楚表示。应该说，常规专业调查研究（包括地面实况调查）是遥感技术发展和应用的基础。反过来，遥感技术也为常规专业调查研究提供了一种先进的技术手段，促进其不断深化和富有成效。因此，只有两者的紧密结合、互相补充，才能收到相映生辉、共同发展的结果。

表 1 按平台高度和类型的遥感分类

平 台 类 型			平台高度
航 天 遥 感	轨道卫星	地球同步卫星	36 000公里
		太阳同步卫星	长寿命 500~1 000 公里 短寿命 150~500 公里
	载人飞船		<500公里
	航天飞机		<300公里
	探空火箭		100~650公里
航 空 遥 感	汽 球	漂浮气球	<50公里
		系留气球	<5公里
	飞 机	高空飞机	>9公里
		中空飞机	6~9公里
		低空飞机	<6公里
地 面 遥 感	高塔平台		<300米
	船载平台		<30米
	车载平台		<30米
	低架平台		<1.5米

第二节 分 类 体 系

遥感技术可以从不同角度出发，按照不同的原则和标准分类。如按平台高度和类型分类(表 1)，按传感器的遥感分类(表 2)和按遥感应用领域分类等。后者根据遥感应用领域的不同，可以分为气象遥感、海洋遥感、水文遥感、农业遥感、林业遥感以及地质遥感等等。由于各应用领域的研究对象及其变化规律不同，在遥感时采用的工作平台、传感器以及数据处理与分析方法也将有很大的差别。因此，各应用领域应结合自己的特点和要求，系统地发展适合自己需要的成套遥感技术，才能取得较好的效果。

第三节 任 务 实 施

遥感技术发展和应用任务的实施，往往规模较大，涉及面广，内容复杂。它们只有采用

表 2 按传感器的遥感分类

	被动遥感		主动遥感		被动遥感	主动遥感	
	照像机	电视摄像机	激光扫描仪 激光测高仪 激光荧光计		辐射计 扫描辐射计	成像雷达	单参数 多参数
紫外、可见光和近红外遥感 (0.3—2.5微米)				微波遥感 (0.1—30.0厘米)		散射计/高度计	
红外遥感 (3—14微米)	扫描仪	双通道	激光红外雷达	多波段遥感 (0.3—14微米)	照像机		
		多通道			电视摄像机		
	辐射计	单通道			扫描仪		
		多通道			成像光谱仪		

系统工程的管理方法，集中控制、分散执行、协同动作才能完成。对此，许多国家已积累了相当丰富的经验，是值得借鉴的。

事实上，任何一项研究或工程任务都是为实现特定的目标、在时间和资金有限的条件下进行的。因此，任务的实施从开始到结束总要分成几个阶段。各阶段要确定应达到的目标，每个阶段完成后都要经过严格认真仔细地评审才能进入下一阶段。对于一些大型技术发展任务尤其如此。

美国国家航空与宇宙航行局（以下简称美国航宇局或 NASA）实施航天遥感计划一般分为四个阶段，即 A 阶段——概念研究或可行性论证阶段；B 阶段——方案确定阶段；C 阶段——设计和研制阶段；D 阶段——运行阶段。由于航天器进入轨道后就转入运行阶段，因而又把后两个阶段合在一起，称为 C/D 阶段。西欧国家的阶段划分与美国大致相同，但它们把 A 阶段又分成两个阶段，即 O 和 A 阶段，前者称为概念阶段，后者称为可行性论证阶段。O 阶段是对可能形成航天任务计划的设想和概念进行探索研究，确定目标并进行任务分解，提出可实现目标的多种设想，并使其逐步具体化，最后写成候选研究报告供领导决策。若需要继续研究，就进入 A 阶段，反之就停止研究。实际上，美国的航天任务计划在进入 A 阶段之前，也进行了类似的研究工作，但美国不把它列为一个独立的阶段。下面以美国 NASA 的做法为例，说明各阶段的主要工作。

(1) A 阶段：在此阶段要建立特别任务组，负责管理 A 阶段的研究工作。研究内容包括：确定科学或应用的目标，进行任务分析并说明发展该计划的理由，论证计划的可行性，确定发展先进技术的要求，及其与其它计划的关系，初步拟定经费、进度和所需人力，制定实施计划的规划、管理和采办方法。此阶段通常在 NASA 内部进行，也可选择承包商进行补充研究，最后将写成可行性研究报告，供领导审批，确定是转入 B 阶段还是中止计划。这个阶段的研究经费只占总计划经费的 0.1%。

(2) B 阶段：建立计划办公室，由它负责管理整个任务计划，并将完善计划的组织机构，如建立项目办公室等，以便领导 B 阶段的研制工作。这阶段的主要任务是进行一个或几个系统的初步设计并进行综合分析，最终选定一个方案；开始先进技术的发展，有些将完成实用性验证试验；制定分系统的要求；审定经费、进度和人力；修改管理和采办方法，最终将提供计划的实施规划。此规划批准后即转入 C/D 阶段，并将成为实施任务计划的指导文件。此阶段的经费约占总计划总经费的 5~10%。

(3) C/D 阶段：此阶段将进行设计、制造、总装、试验，直至发射和运行。在招标时，项目办公室要制定投标要求，规定承包商承担项目的设计、研制、试验的技术规范。随着研究计划的进展，项目主任要花大量的时间进行设计和试验评审。计划主任要监视计划总的进展情况，保证计划按期完成，并参加各种重要的设计审查，以便发现问题，避免出现重大错误。C 阶段的经费约计划经费的 80%，D 阶段约占 10%。

对于一些遥感应用任务来说，它的实施阶段的划分、内容及要求，与上述工程技术项目不尽相同。一般来说，遥感应用任务计划的实施分 5 个阶段或步骤进行^[2]。

(1) 提出用户的要求或目的：主要任务是根据用户所提出对信息的要求，拟定一份目的说明书。该说明书将对应用计划最终必须产生哪些信息作出明确规定。

(2) 确定可行性：在此阶段主要应对所采用的各种遥感技术手段的合理性作出判断，其中也包括各种方案的技术经济比较。

(3) 制定计划：主要应从各种可能的方案中选定一种具体方案，包括准备采用何种数据获取系统、数据获取频率和数据分析方法、对参考数据、地面观测和预处理有何要求等内容。

表 3 遥感应用计划的实施步骤	
(1) 说明用户的要求或目的	需要做什么？
(2) 确定可行性	能做到吗？
(3) 制定计划	应采用什么方法？
(4) 实施计划	实际去做！
(5) 结果评价	目的达到没有？

方案的选择往往是成本与计划进度之间的合理折衷。

(4) 实施计划：在此阶段主要根据选定方案的内容和要求，逐一付诸实践。为此，需要有足够的人力和物力加以保证。

(5) 结果评价：对所获结果进行评价的主要标准，就是看它们是否真正满足用户的各项要求，如果输出产品不能满足用户的要求，就需要采取修改措施，重新实施。

表 3 对遥感应用计划实施的 5 个阶段或步骤进行了简要的总结。事实上，这 5 个阶段的划分并不十分严格，在很多情况下是交叉重叠进行的，彼此之间也有不同程度的相互影响。

第二章 国际遥感技术的发展趋势

对国际遥感技术发展趋势的分析研究,可使我国遥感技术发展战略的制定,置身于国际技术发展的环境之中,有效地取各家之长、借前车之鉴,具有十分重要的意义。根据对文献资料和国际学术交流看法的分析,国际遥感技术的发展趋势可以从下述几个方面说明。

第一节 空间遥感平台的发展十分活跃

自1960年以来,美国先后成功地发射了气象卫星、陆地卫星、海洋卫星及各种类型的载人飞船,实现了航空遥感向航天遥感的过渡。特别是从1981年11月又开始了一系列的航天飞机的飞行试验,为航天遥感活动开创了新的局面^[3,4]。美国在这一领域中所做的努力和贡献,有力地推动了遥感在全球范围里的发展和应用。图2是美国NASA地球系统科学委员会关于美国空间任务安排的建议^[5]。它反映了目前及未来美国空间活动的状况。其规模之大,除苏联以外,其它各国难以匹敌。此外,欧洲空间局(以下简称ESA或欧空局)、法国、西德、日本、加拿大、苏联、印度和巴西等也在积极地发展自己的航天遥感技术和平台,出现了既竞争又合作的活跃局面。

欧空局已利用美国航天飞机把空间实验室1号送入轨道;3颗第二代气象卫星,即地球静止气象卫星(EUMETSAT)将于1995年进入轨道,提供连续的气象数据与服务;载有雷达高度计、主动微波仪器(包括合成孔径雷达)和风散射计等微波传感器的第一颗欧洲遥感卫星(ERS-1)计划在1989年底或1990年初投入运行^[6]。法国除参加欧空局等国际合作活动外,还独自于1986年2月发射了第一颗SPOT卫星,空间分辨率达10~20米,并对后续的SPOT卫星作了安排与改进。第2至5颗SPOT卫星分别计划在1988,1991,1994和1998年发射,以保证数据供应的连续性^[7]。日本于1987年2月发射了第一颗海洋观察卫星(MOS),还准备发射陆地观察卫星(LOS)及后续的MOS卫星^[8]。加拿大为了及时获得极地海区交通所需的海冰信息,准备发射一颗雷达卫星(RADARSAT),正寻求国际合作与经费分摊^[9]。苏联在卫星对地观测方面也做了大量工作,特别是空间站的发展已走在美国前面,但是由于见到的资料较少,很难做出客观的评价。一般来说,苏联的对地观测卫星以摄影胶片回收方式为主,可向国外提供空间分辨率达5米的遥感像片。印度曾于1979和1981年底分别利用苏联和自己的火箭发射了两颗地球观察卫星,主要使用电视摄像机和辐射计。在此基础上又制定了实用型资源遥感卫星系统计划。其中,印度的第一颗遥感卫星IRS-1A已于1988年3月17日在苏联发射成功。该卫星携带两台具2048单元的CCD为探测器的推帚式照像机,刈幅宽度148公里,空间分辨率72米,分别以可见光和近红外四个波段工作^[10,11]。印度的第一颗遥感卫星诸项技术指标都不够先进,但却为今后向更高水平发展争取了时间,奠定了基础。

随着用户对空间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

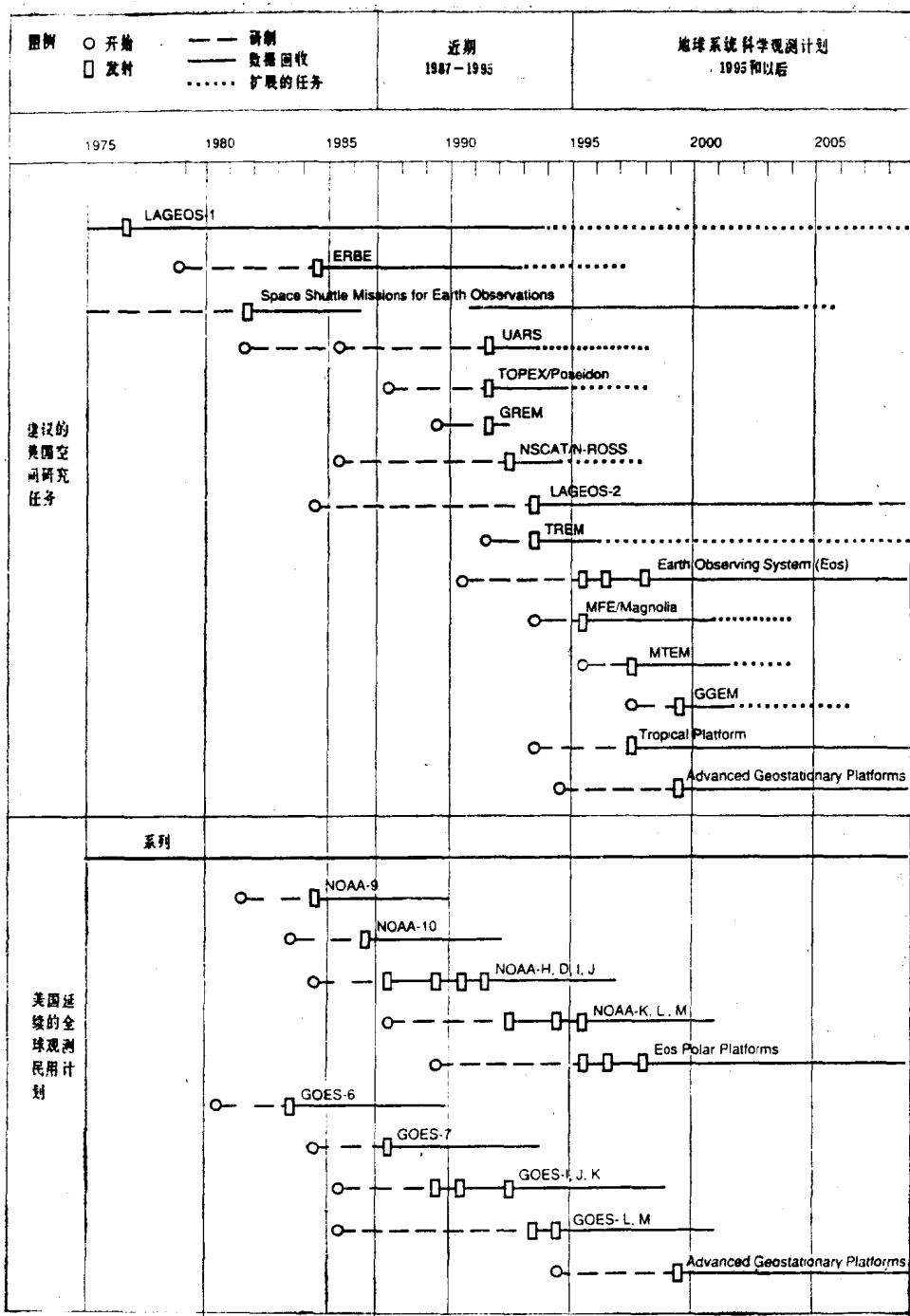


图 2 美国空间任务的安排建议

NOAA——国家海洋大气管理局, GOE——地球静止业务环境卫星, GGEM——重力梯度探测任务, LAGEOS——激光地动力学卫星, ERBE——地球辐射收支试验, UARS——上层大气研究卫星, TOPEX/Poseidon——海洋形态试验, GREM——地势场研究探测任务, TREM——热带降雨探测任务, MFE/Magnolia——磁场探测任务, MTEM——磁大气层和热大气层探测任务, NSCATN-ROSS——航空局散射计, 海军海洋遥感系统, Space Shuttle Missions for Earth Observations——地球观测航天飞机任务, Earth observing System(EOS)——地球观测系统, Tropical platform——回归线平台, EOS Polar platforms——地球观测系统极轨平台, Advanced Geostationary platforms——高级地静止平台

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多学科多用途载荷的空间站方案。这种平台发展的结果,将使航天遥感活动进入一个更新的局面。

空间站实际上是一种能提供定期服务和载荷调换的组合式空间飞行器。其特点是:(1)能适应多种学科、多种技术、多种任务联合试验、观测以及使用大型载荷与各种仪器设备的需要,可提供较大的承载能力、空间、大功率电源(从几千至几万瓦)和高数据率的通信线路(100~200兆比特/秒);(2)可以进行多种组合,如桁架结构组合或载荷舱组合等,并能由航天飞机等提供定期维修、补充和载荷更换等服务;(3)工作寿命长,一般可达几年、十几年或更长时间。这种平台可以广泛应用于空间科学与应用研究、对地球观测、空间材料加工、药物开发以及航天技术发展等方面。航天遥感技术及应用仅占其中一小部分。

目前,美国、西欧、日本和苏联都在积极制定空间站发展规划,提出各种实验方案。有的国家或组织已成功地发射了自己的空间站,如西欧的SPAS 1号和2号;苏联的大型地球观测平台宇宙1870号;有的正在积极进行研制,如西欧的尤里卡(EURECA)平台,美国的Z系统和地球观测系统(EOS)以及日本的空间飞行单元(SFU)。预计在本世纪内将出现许多不同类型的多学科与多用途的平台,其中主要是极轨平台和共轨平台。而地球同步轨道平台的发展则是21世纪的事情了^[5]。关于国外空间站平台更多的资料可以参看附录I和II。

第二节 新一代传感器正在加紧研制

长期以来,航空照像机一直是最主要的传感器。但是,随着50年代初期航空红外扫描仪和真实孔径雷达的出现、60年代初合成孔径雷达的研制成功以及多光谱照像机、多波段扫描仪、辐射计等的发展,使整个传感器覆盖的波段范围,迅速地由可见光波段扩展至紫外、红外和微波范围,传感器的工作方式与结构也变得多样化起来。目前已有或今后将要发展的传感器和它们所覆盖的波段范围见图3。

此外,随着遥感平台的高度逐渐由低空向高空、乃至太空的发展,传感器的研制也由机载进入了星载阶段。由于后者的工作环境和作业方式与前者有较大的差异,因而,在传感器星载化过程中,也出现了一些新的需要解决的问题。一般来说,星载传感器的研制需要经过机载试验阶段才能逐步趋于完善。

在遥感广泛应用与发展的基础上,许多国家都在致力发展新一代的星载传感器,以期开拓新的应用前景。目前,这些努力主要集中在两个方面:一是研制第三代星载多波段扫描仪,以成像光谱仪为代表;一是研制新型的星载微波传感器,以多参数成像雷达为代表。

除星载光学照像机外,多波段扫描仪是在航天遥感中使用最为广泛的一类传感器。从美国的情况来看,它已成功地完成了前两代扫描仪的研制,目前正致力于第三代产品的发展。第一代扫描仪主要包括LANDSAT-4波段扫描仪和SKYLAB 12波段扫描仪(S192)等。第二代为LANDSAT-4使用的专题制图仪(TM),代表着光机扫描仪的最高水平。第三代主要是CCD推帚式扫描仪。为了加速它们的发展,NASA正在推行一项名为MLA的计划。其中,两项相互补充的工作分别由哥达特宇航中心(GSFC)和喷气推动实验室(JPL)平

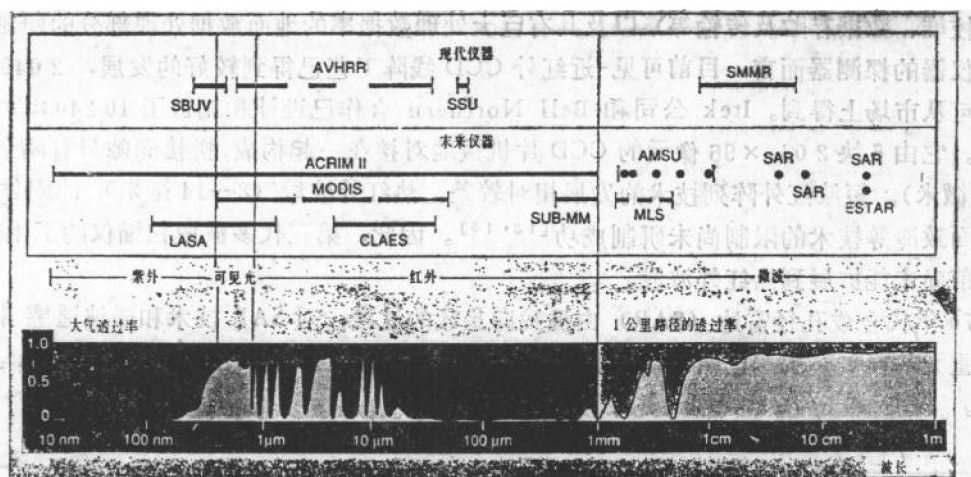


图3 传感器类型及覆盖波段范围^[6]

AVHRR——高级甚高分辨率辐射计, SBUV——太阳反向散射光谱仪, SSU——同温层探测装置, ACRIM II——有源空腔辐射计辐照监视器, SMMR——扫描多波段微波辐射计, AMSU——高级微波探测装置, SAR——合成孔径雷达, ESTAR——电控细化阵列辐射计, MLS——微波 Limb 探测器, LASA——激光大气探空仪和高度计, SUB-MM——亚毫米波谱仪, CLAES——低温阵列标准光谱仪, MODIS——中分辨率成像光谱仪。

行地进行^[12]。

JPL 近期的工作主要致力发展一些关键性的技术, 如高速 CCD 器件, 具有宽光谱色散的大视场光学系统, 短波红外阵列以及航天飞机传感器设计等。而长期的目标是研制在 90 年代中期地球观测系统 (EOS) 所使用的成像光谱仪 (IS)。这种仪器使用 CCD 面阵成像器和移动配准器, 不同波段数据的配准精度高, 并能在仪器研制时调整好; 它们的工作波段可以用电子学方法按照指令组合安排, 以满足不同用户的需要, 即波段中心波长和带宽可以在 CCD 配准器输出时用充电求和的办法加以选择和调整, 具有极大的灵活性。目前机载可见和红外成像光谱仪 (AVIRIS) 已取代老的成像光谱仪。它具有在 220 个波段、600 个像元宽度上同时成像的能力, 可以提供景象中任一点或目标的波段范围在 0.41—2.45 微米里的近乎连续的光谱曲线。预计在 EOS 上的高分辨率成像光谱仪 (HIRIS) 覆盖的光谱范围在 0.4—2.5 微米区段里, 景象中每一地物点将有 192 个波段的光谱数据, 空间分辨率为 30 米。它还将具有离天底观测、根据指令改变指向和工作模式的能力^[13]。

法国已成功地为 SPOT 研制了 HRV 高分辨率可见光 CCD 推帚式成像器, 其波段范围为 0.50—0.89 微米, 空间分辨率随工作方式而异, 分别为 10 或 20 米。90 年代中期以后, SPOT 的光谱范围将扩展至 1.6 微米。目前 Matra 公司正在研制热红外推帚式成像器, 其地面分辨率 30 米, 波段为 8, 11 或 12 微米, 等效温度探测率 0.1K, 校准精度 1K。该仪器的焦平面组件由两组 5 个 256 单元探测器的可对接线性阵列组成 (每一个光谱段一组), 探测器由混合型光电 HgCdTe/Si 材料制成, 工作温度为 65K^[14]。

上述仪器的研制面临许多技术上的挑战, 其中包括具有大视场、高分辨率和宽光谱范围的光学系统与光谱分离技术, 可见光、短波红外和热红外焦平面工艺, 背景辐射和探测器饱和问题处理, 传感器热控制和致冷技术, 高速多路调制技术, 星载数据处理 (包括数据压缩、

辐射校准、数据存贮及传输等) 以及具有巨大处理数据率的地面数据处理部分的研制。作为这种仪器的探测器而言, 目前可见-近红外 CCD 线阵工艺已得到较好的发展, 2048 像元的线阵可从市场上得到。Itek 公司和 Bell Northern 合作已设计和制造了 $10\,240 \times 96$ 像元的阵列。它由 5 块 $2\,048 \times 96$ 像元的 CCD 片机械地对接在一起构成, 拼接间隙只有两个像元大 (26 微米)。短波红外阵列技术的发展相对较差。热红外波段 (8—14 微米) 的固体阵列受焦平面致冷等技术的限制尚未研制成功^[13, 15]。因此, 第三代多波段扫描仪的工作波段范围目前尚未能扩展到热红外波段。

70 年代合成孔径雷达 (SAR) 由机载向星载的过渡, 对 SAR 技术和微波遥感来说都是一个重大的突破。美国已研制成功和正在研制的星载合成孔径雷达的主要技术指标与参数见表 4。

表 4 美国星载成像雷达的特征⁽¹⁶⁾

任 务	SEASAT	SIR-A	SIR-B	SIR-C	SIR-D	EOS
发射日期	1978	1981	1984	1988/9	1991	1993/4
高度 (公里)	800	240	220	250	250	700
频率 (波段)	L	L	L	L/C	L/C/X/K	L/C/X/X
分辨率 (米)	25	40	20	20	20	20
刈幅宽 (公里)	100	50	50	50	50	100—200
入射角 (度)	20	48	15—60	15—60	15—60	15—60
极 化	HH	HH	HH/VV/HV	HH/VV/HV	HH/VV/HV	HH/VV/HV
类 型	C	C	C	D	D	D
扫 描			M	E	E	E

类型: C=常规 SAR, D=分布式 SAR 扫描: M=机械的, E=电子学的

第一台星载 SAR 使用于美国 SEASAT。该卫星于 1978 年 6 月发射, 进入 800 公里高的轨道, 由于电源故障仅工作了 100 天就失效了。SEASAT SAR 主要用于获取海面和海冰的高分辨率影像。它工作在 L 波段 (1.4 吉赫), 刈幅宽 100 公里, 空间分辨率 25 米, 入射角 20° 。接着, 在 1981 年 11 月哥伦比亚号航天飞机试验成功, 获得了世界许多地区的 SIR-A 雷达影像。SIR-A 影像的空间分辨率为 38 米, 刈幅宽度 50 公里, 入射角 50° 。在 SIR-A 以后, SIR-B 已在 1984 年 10 月投入试验, SIR-C 和 SIR-D 将在 80 年代末或 90 年代初使用。欧空局的 ERS-1 将在 1989 年发射。它是欧洲第一颗业务雷达卫星, 飞行高度 785 公里, 星上装有 C 波段主动微波 (遥感) 仪 (AMI), 可按指令要求分别以测风、测浪与合成孔径雷达 (SAR) 模式工作, 极化方式为垂直-垂直 (VV)。当其以 SAR 模式工作时, 空间分辨率 30 米, 刈幅宽度 100 公里, 刈幅中心距星下点 250 公里, 入射角 23° , 其辐射分辨率在 σ_0 为 -18 分贝时为 2.5 分贝。

此外, 在加拿大 RADARSAT 上的 SAR 工作在 C 波段, 刈幅度 100 公里, 分辨率约 25 米, 入射角范围 $20 \sim 45^\circ$ 。

由于微波遥感具有全天候工作能力等优点, 并在海洋和大气研究中占据十分重要的地位,

所以许多国家都在努力发展这种技术,除上述 SAR 逐渐向多参数方向发展外,性能较好的星载微波辐射计、成像辐射计以及散射计/高度计等也在加速研制中。遗憾的是,关于各种地物的微波辐射特性以及成像机制等方面的基础研究较差,在不同程度上影响了微波遥感的深入发展和广泛应用。

此外,一些主动式的红外传感器,如德意志联邦共和国(以下称联邦德国)遥感与空间研究中心的机载激光红外光谱系统(9.1—11.6微米)、美国麻省理工学院林肯实验室的红外雷达以及星载激光雷达(LIDAR)、激光荧光传感器等也有一定的发展。它们的动向是值得注意的。

第三节 数据处理面临重大的挑战

目视判读一直是应用最广泛、作用最重要的遥感影像数据分析方法。它主要根据影像的色调/彩色、形状、大小、阴影、纹理、图型、位置及相互关系等特征构成的直接或间接判读标志进行。判读结果的好坏,在很大程度上取决于判读人员的经验与专业水平。随着多波段及微波遥感技术的发展,促进了各种光学、电子光学辅助判读技术及计算机数据处理分析技术的加速发展与广泛应用。其中尤以计算机数据处理分析领域最为活跃。在过去的 20 多年里,已发展了许多具体处理分析方法,如影像复原、规整、增强、统计识别分类、纹理分析、频谱分析、句法模式识别以及多种来源数据的综合分析等。从它们的具体运算方式来看,可以概括为四种基本类型。

逐点运算:辐射校正、影像增强、识别分类等。主要利用遥感数据的波谱特征;

局部运算:边界探测、空间滤波、频谱分析和纹理分析等。主要利用遥感数据的空间特征;

整体运算:句法模式识别。主要利用遥感数据的空间特征;

地址运算:几何改正。运算的对象不是数据本身,而是它们的地址。

在这四种基本类型中,逐点运算方式的遥感数据处理和分析方法应用最为普遍。目前几乎所有商用遥感图像处理系统均是以此为基础发展起来的。实践证明:仅利用遥感数据的波谱特征进行统计识别分类,其精度很难提高。一般分类精度在 70—80% 左右。但是,如能充分和综合地利用遥感数据的波谱、极化、时间和空间特征以及多种来源的辅助数据的话,分类精度可明显地提高(范围在 10—20% 或更多)。特别是在地理信息系统支持下,发展多种来源(包括非遥感)数据的综合分析方法,将会收到很明显的效果,是一个重要的发展方向。

随着新一代固体线阵或面阵推帚式多波段扫描仪和多参数成像雷达等对地观测传感器系统的迅速发展,不仅使我们可以从轨道高度上获得波谱和空间分辨率都很高、数据量十分巨大且具有立体成像能力的遥感数据,而且还对遥感数据处理分析提出了许多新的课题。

一、星上数据实时处理技术的发展

以典型情况为例,对具 4 个可见/近红外波段和 2 个瞬时视场两倍于前者的短波红外波段的固体多波段扫描仪而言,在轨道高度 705 公里与分辨率为 10 米时,其总的数据传输率为 450 兆比特/秒。这个数字是现有限跟踪和数据中继卫星系统(TDRSS)两条通信线路允许