

全球环境、 资源遥感分析

中国科学院遥感应用研究所 编
李树楷 主编

测绘出版社

. 37.9
140

全球环境、 资源遥感分析

中国科学院遥感应用研究所 编
李树楷 主编

测 绘 出 版 社

(京) 新登字 065 号

编辑委员会

顾问：陈述彭
编辑委员会主任：童庆喜
副主任：郭华东、周上益、李树楷
编委：(以姓氏笔划为序)
王长耀、田国良、朱重光、闫守邕、何欣年、
何建邦、陈正宜、李树楷、郑兰芬、张崇厚、
唐新桥、钱育华、崔伟宏、颜铁森

编写组

主编：李树楷
编写组成员：唐新桥、张崇厚、何欣年、刘彤、马景芝、
张润根、徐昶

全球环境、资源遥感分析
中国科学院遥感应用研究所 编
李树楷 主编

*

测绘出版社出版·发行
北京朝阳大地印刷厂印刷
新华书店总店科技发行所经销

*

开本 787×1092 1/16·印张 17.5 ·插页 5 ·字数 397 千字

1992 年 12 月第一版·1992 年 12 月第一次印刷

印数 0001—1000 册·定价 16 元

ISBN 7-5030-0569-6/P·218

序

遥感及其应用在我国已取得明显的社会、经济与生态效益。在许多生产部门开始形成信息服务行业。国家和政府也十分重视、支持它的发展,连续列入三个五年攻关计划。在资源勘测、环境保护、区域开发的各个应用领域中,发挥着科技作为第一生产力的作用。

回顾我国遥感发展的历史过程:大体在 1978—1982 年间,为技术准备时期,以航空遥感为主体,进行遥感器的研制和多平台的检验,从事水、土、森林、矿产资源的勘测与制图。1983—1987 年间,我国发射了系列科学技术实验卫星,同时利用国际卫星遥感信息对三北防护林、黄土高原土壤侵蚀与江河洪水灾情监测与评估,组织了大规模的遥感工程实验,对长江中下游、三峡工程、内蒙草场以及北京、天津、广州等大、中城市进行了生态与环境的评价,着眼于环境变化的动态监测。1988—1993 年间开始注意多种信息源的综合分析与集成研究,开展自然灾害实时监测系统与快速反应系统的研制,以及植被指数、作物估产等生物量估算的攻关。遥感信息与全球定位系统、地理信息系统相辅相成,进入遥感面向宏观决策、管理与预测、预报的新阶段。

90 年代,遥感面临着新的挑战与机遇。一是如何适应信息时代的技术潮流,卫星与光纤通讯的业务网络通讯系统方兴未艾,卫星数据的极大丰富与光盘海量信息的存储能力日新月异;二是如何适应全球变化国际合作的开放形势,积极参加 CEOS 计划和亚太地区的遥感科学技术活动,争取我国应有的一席之地,都是刻不容缓的战略问题。为此,遥感科技工作者必须立足本国而又放眼世界,对国情现状有清醒的分析和估计;对国际动向有客观的基本的了解。既要埋头拉车,还要抬头看路。知己知彼,百战不殆!

李树楷教授在这部著作中,对国内、国际的遥感现状和发展计划作了系统的剖析;对全球研究计划,特别是对地观测系统(EOS)计划和国际地圈-生物圈计划(IGBP)作了重点介绍,对我们是很有启发的。记得 1977 年全国科学大会期间,我在“现代科学技术简介”中介绍遥感时,就曾着重指出,资源、环境、区域与全球研究,是遥感的四个主要的优势应用领域。15 年过去了,资源、环境遥感已取得可观的成就;遥感应用于区域与城市规划、管理也渐为社会所共识,唯有遥感应用于“全球研究”,长期以来尚不为人们所理解。面临世界重新组合,全球资源、环境问题举世瞩目的今天,我们就显得相当被动了。亡羊补牢,犹未为晚。李树楷教授在这部著作中,及时地响应了这一时代背景与国情的社会需求,使我深感欣慰,谨此表示热烈的祝贺,并且相信它会受到广大读者欢迎的。



1992 年 11 月

前 言

人类认识自身赖以生存的地球环境经历了漫长的历史时期。实现在航空高度观测地球只有百年的历史；在太空高度观测地球以至遨游太空仅只有 30 多年的历程。随着观测高度的增高，观测技术的进步，人类对自然的认识也在经历着从局部、片断逐渐向整体、全面地认识方向发展的过程。

空间技术中，遥感技术的应用广度及发展速度是始料不及的。短短 30 多年间，平台技术、传感器技术、数据传输技术、数值分析处理技术、数值信息系统、建模和决策等技术得到了飞速发展。已形成了初期的遥感数据获取和处理系统。80 年代得到蓬勃发展，90 年代将进入成熟期的全球定位系统技术是一项具有巨大应用潜力的高新技术领域，代表着定位系统技术全新的发展方向。全球定位系统技术与遥感平台、传感器技术的组合应用，构成了比较完善的遥感技术系统，使遥感信息的定位自动化在近期可能成为现实。数据通讯、传输技术、新型传感器技术及相应的分析处理技术的发展，一种智能化遥感技术系统的蓝图已展现在人们的面前。遥感作为一项综合性高技术仍在不断地发展之中。

短短的 30 多年中，遥感技术在对地观测、大气探测、军事应用、行星探测等领域中发挥出的独特作用，充分地显示出它是其它技术无法替代的重要技术手段。依赖地面观测了解和认识自然的一些学科领域随着遥感技术的应用而进入一个新的发展阶段。就对地观测而论，遥感在农、林、水、地矿、海洋、大气及城市环境等领域中已取得的显著应用业绩及对这些学科领域发展的强大动力为世人公认。

近 10 多年来，全球环境的日益恶化引起了世界各国的普遍重视。环境、资源与人口成为当今世界关注的三大焦点问题。全球环境问题的特点是：全球尺度；影响环境质量的因素多；各影响因素的变化周期多种多样，整体时间跨度大；综合影响效果；各种环境问题发生在包括地圈、水圈、冰雪圈、生物圈、气圈在内的整个地球系统中。这就要求人们的视点由一个地区扩大到全国、全球范围；要求人们从已习惯的地面观测、航空观测扩展到太空观测和根据需要从事各种专业观测；要求遥感具有由区域、局部的应用扩展到全国、全球范围的应用能力；相应的学科和技术要从地球系统的高度考虑其理论、技术方法的发展。显而易见，全球环境问题的研究向遥感提出了高要求，成为遥感发展在新时期的动力源泉。

本书从汇总遥感技术和应用的现状入手，分析了美、日、法、德、加、欧空局、独联体等国的遥感发展计划及 IGBP、EOS 等计划，结合我国遥感发展现状及已取得的成就编写而成。主要背景资料取自英、日文的国外期刊和国内书刊。全书共分四章。第一章综合概述遥感发展现状及发展趋势。是全书的缩写；第二章是遥感综合技术，包括数据获取技术及数据处理技术的分析；第三章概要介绍了各国遥感发展计划和 EOS 计划；第四章侧重于阐述应用于实用型领域的现状及继续深入应用的可能性分析。全书涉及到遥感的所有技术环节，给出了遥感发展的现状及动向的概貌。

近年来，遥感正处在一个新的发展时期，新的大型极轨平台、载人太空站、小卫星系列、静止轨道卫星等互为补充的平台技术得到很大发展；微波传感器和成像光谱仪为代表的传感器技术发展迅速并向智能化传感器方向发展；综合数值信息系统技

术、多元多维复合分析技术成为遥感数值分析处理技术的主流；以定量化遥感为目标的遥感技术的发展，在全球环境变化研究和资源调查这两大应用领域的促进之下，正经历着关键性的发展时期。把握其发展动向，立足于促进我国遥感事业的发展是编写本书的主要目的。

本书在中国科学院遥感应用研究所主持下编写，参加本书编写的有：李树楷（选题；编写纲要；翻译原文；一、二、三、四章的编写；定稿及组织书稿出版等），唐新桥（第二章的三、五节和第三章的十节的编写及译文复校），何欣年（第三章的十一节）、张崇厚（图件绘制；图件文字）、刘彤（组织文字输入；计算机排版；文稿修改）、马景芝（文稿修改）。唐新桥、张崇厚参加了书稿的讨论及重大学术观点的讨论。张润根曾在本书编写初期翻译过缩写词，徐昶为本书提供过有关 GPS 发展方面的素材，中国科学院遥感所第六研究室的同志们在本书编写中给予了热情的支持和帮助。

在编写过程中承蒙陈述彭先生给予热情的鼓励和指导；童庆禧先生、郭华东先生审阅了书稿并提出宝贵的建议；周上益先生在编写全过程中给予了热情的支持；中国科学院遥感所所长基金资助了部分出版经费。值此出版之际，一并表示衷心的感谢。

鉴于还有很多资料还来不及消化分析，综合分析的起点高度有待提高，书中缺点在所难免。热诚欢迎广大读者批评指正。

作者

1992 年 10 月 15 日于北京

目 录

第一章	概论	(1)
第一节	遥感应用领域分析	(1)
第二节	遥感应用于全球环境问题应具备的能力	(4)
第三节	遥感应用于地区性专业性问题应具备的能力	(7)
第四节	传感器的发展方向	(10)
第五节	遥感数据处理分析技术	(15)
第六节	综合数值信息系统的发展	(22)
第七节	遥感综合计量系统	(27)
第八节	遥感发展中的有关问题分析	(31)
第二章	遥感综合技术的现状分析	(35)
第一节	遥感应用于地球环境研究的分析	(35)
第二节	全球环境研究对遥感数据的要求	(40)
第三节	IGBP 计划对遥感数据的需求	(47)
第四节	光学传感器技术的发展	(54)
第五节	成像光谱仪	(62)
第六节	微波遥感技术的发展	(73)
第七节	遥感数据与目标数字信息的一体化	(84)
第八节	全球环境监测的基础物理量及数据库	(92)
第九节	多光谱图像处理技术	(99)
第十节	数据和信息系统	(103)
第三章	全球环境、资源观测计划	(114)
第一节	地球观测系统 (EOS) 计划概要	(114)
第二节	EOS 计划中的合成孔径雷达 (SAR)	(124)
第三节	EOS 计划中的高空间分辨力微波辐射计 (HMMR)	(142)
第四节	地球圈、生物圈国际共同研究计划 (IGBP)	(161)
第五节	美国的遥感发展计划	(168)
第六节	日本的遥感发展计划	(179)
第七节	欧洲的遥感发展计划	(186)
第八节	中国资源卫星 1 号计划	(191)
第九节	日本地球资源卫星 1 号 JERS-1	(199)
第十节	加拿大的 RADARSAT 计划	(208)
第十一节	前苏联遥感发展简况	(213)
第四章	遥感专业应用的现状分析	(217)
第一节	农业遥感的现状分析	(217)
第二节	林业遥感的现状分析	(222)
第三节	海洋遥感的现状分析	(226)
第四节	大气遥感的现状分析	(232)

第五节	地质、矿产资源遥感的现状分析.....	(236)
第六节	城市环境遥感的现状分析.....	(240)
第七节	冰雪遥感的现状分析.....	(246)
第八节	防灾遥感的现状分析.....	(250)
图 版		(255)
附录	略语表	(263)
参考文献		(271)

第一章 概论

第一节 遥感应用领域分析

一、空间技术发展现状

30 年前以前苏联第一颗人造卫星发射上天为标志, 人类进入了太空时代; 人类从飞机的高度 (10~20 km) 局部地认识地球到从太空高度 (几百到几万公里) 观测人类生存环境的时代; 从地面观测天体到遨游太空、人类登月、飞越天体进行行星探测的新时代。30 年的发展历程, 空间技术从初期的探险、试验, 进而实用化、商业化。人类从整体宏观的角度取得了对地球的从未有过的新认识; 对太阳系的家族几乎均进行了亲切的访问, 取得了地球起源、生命起源、太阳系实况的最新认识。这种认识仍然是初步的、片断的、局部的认识。空间技术的应用已涉及到行星探测、大气探测、对地观测、军事应用、空间科学等众多领域。

这一阶段中, 太空开发在军事应用、空间科学、地球以外的月、金、木、火星等太阳系中其它行星的探测中均取得了惊人的成就, 限于篇幅本书不再赘述。

1961 年发射的 TIROS-1 到现在的 NOAA 系列, 由这类极轨气象卫星系列和由 GOES, METEOSAT, GMS 等组成的静止气象卫星系统不仅为人类公益性事业 (气象预报, 灾害的发现等) 作出了很大贡献, 而且发现了地球上发生的所有热带风暴, 拯救了无数的生命, 减少了财产的损失。

1972 年以来的 ERTS/ LANDSAT 的多波段、高分辨力的可见光近红外 (以至热红外) 图像以较之气象卫星更高的分辨率把地球的面貌呈现在人类的面前。这个整体面貌不是反映同一时刻的地球全貌, 而是不同季节、不同年份的各个区域面貌的集合。

1978 年发射的 SEASAT 等使人们认识到微波的有效性, 可以用这个技术手段拉开遮掩地球表面的面纱(云), 形成了“SAR”热。探险者号航天飞机的空前灾难一度使“SAR 热”降到了常温。

80 年代随着 LANDSAT 的私营化, SPOT 的发射等, 太空开发将进入商业化时代。

由于太空技术和应用的进展, 遥感一词也从初期的名词定义的推敲变成了大众化的技术用语。航天 (卫星) 遥感、航空遥感这些专用术语也有了明确的含义。从地面到太空, 多平台高度、多载体、多种传感器组成了系统的遥感信息获取体系。以目视判读分析、数字图像处理、数据库技术等组成了遥感信息处理技术体系。这些信息在资源勘查、地质构造、作物估产、动态变化监测、军事侦察、气象预报等诸多领域中取得了前所未有的应用效果。完整的初期遥感技术体系已经形成。

遥感 30 年的发展中, 随着解决科学技术和应用领域中诸多问题能力的增强, 在认识自然的过程中发现很多新的问题和一些惊人的现象。

卫星遥感发现了一些全球性的现象。雨云 7 号的 TOMS 在发现臭氧洞方面做出了贡献; 气象卫星发现了全球所有的热带风暴; 卫星遥感的连续监测发现海冰在逐渐减少; 热带森林在减少; 沙漠化趋势明显; 海水温度上升; 海平面上涨。这从用 NOAA 的 AVHRR 制作的植被指数图 (NVI)、海面温度分布图; 依 TOMS 制作的

臭氧图；用雨云 7 号的 SMMR 制作的大范围积雪深度图；依 GEOSAT 的 ALT 制作的海面高度图等以及世界台网的资料分析中得出了这些结果。

遥感数据的专业性、实用性应用中也发现了不少问题。单纯依赖光谱数据的效果不能令人满意；从工业和医学方面借用的数字图像处理技术往往难以处理出满意的结果；人类感官的直接经验对付非目视可分析的图像（微波图像、超高光谱分辨力的图像等）感到束手无策；多元、多维复合分析是一种很好的方法，如何复合匹配感到棘手；在某一种遥感资料应用于某一地区的成功经验却不具备广泛的移植性；对专业应用的高要求（数据的可信度）尚无一套可行技术系统来保证；理论、方法、结果的一致性受到了挑战，还存在严重的知其当然，不知其所以然的现象等等。

行星探测、军事应用中多用到遥感技术。仅就对地观测、大气探测应用而言，遥感 30 年的发展使人类对自身的生存环境有了初步的、不完全的认识，而 90 年代将是对地球环境全面认识、研究的重要阶段，也是遥感发展的关键时期。

二、遥感应用的动向

30 年来的遥感发展解决了不少公益性、专业性、实用性、地区性问题，创造了继续发展的条件和动力；遥感技术和应用水平取得了长足的进步。但如上所述现象及问题的存在，迫使人们思考，逐渐形成了几个基本认识：

1、人类生活在地球环境中，但对于人类赖以生存的地球尚不完全了解。臭氧洞的出现说明大气中臭氧量在减少，称之为厄尔尼诺现象的海水升温、温室效应、酸雨对森林的破坏、沙漠化的推进、异常的气象现象等，尽管只是相对于地球环境而言的片断现象，但充分地显示出地球环境在恶化。这些现象的产生，一是自然规律在起作用，二是人类活动的影响。人类的活动无节制状态，加速了地球环境恶化的进程，人类在用自身的力量逐步地在毁灭人类赖以生存的地球环境。搞清楚地球环境的全貌，限制人类自身的有害地球环境的活动，保护地球环境已不仅仅是科学问题，而且是社会问题、政治问题。已成为国际政治性会议上的议题，是世界各国尤其是发达国家必须承担义务的问题。

2、地球的寿命和自然发展规律问题。上述一些令人担心的环境恶化现象中，属于自然规律的有多大影响？属于人类活动的是哪些影响？以决定人类改造地球环境的能力、措施。以往对地球的研究是片断的、局部的。为搞清楚人类影响和自然规律作用，必须把地球，即包含有固体地球、气圈、水圈、冰雪圈、生物圈在内的地球作为一个完整的系统进行研究，建立地球系统模型。包括各种要素的全球模型、描述各要素相互关系和相互制约规律的综合分析模型。这是一种多学科的综合研究领域，称之为地球系统科学。显然，上述地球环境恶化的现象现在还不能说都已有清楚的科学解释，通过地球系统科学的研究以图解释各种现象，必须是国际范围的共同努力，全世界多种学科的综合研究。

3、资源问题。人口的无限增长，有限的资源无限的开发，无节制地浪费资源破坏资源，使地球资源承载力的问题成为人类生存环境的另一重要问题。这个问题不仅具有地区性而且具有全球性，是作为地球的居民不能回避的问题。

地球资源问题，地区性、专业性、公益性的应用是各国发展遥感的实效问题，是推动遥感发展的动力。涉及到一个国家的资源勘察、防灾减灾决策、粮食生产、经济

建设和国防战略决策等重大问题，也涉及到诸如气象预报、海况预报、灾害预报等与人们日常生活密切相关的公益性应用。全球环境变化是一种长远研究性的发展方向，而资源问题，地区性、专业性、公益性的遥感应用将是实用型的。

4、遥感技术是完成上述使命不可缺少的重要手段。遥感技术又必须完成质的变化以适应这种应用要求。遥感技术本来就是一种宏观的观测与信息处理技术。全球范围的观测中卫星遥感所具备的全球范围、短周期、大信息量等特点，显然是首选技术。但是全球系统的复杂性，又必须辅以航空遥感技术、地面观测等技术组成组合观测技术体系才能胜任使命需求。

全球范围的观测，由于要素的多样化，各种要素所要求观测条件、范围、周期、分辨力不同而对遥感技术的要求也不同。已有卫星遥感技术显然不能适应这种需要。为解决专业性、公益性等应用中已存在的问题也对今后遥感的发展提出了要求。

基于这种认识，围绕全球环境问题和资源问题、地区性、专业性、公益性应用问题，国际科学界提出了各种国际合作研究计划。如：世界气候研究计划（WCRP）；国际地圈—生物圈研究计划（IGBP）；国际空间年计划（ISY）；太阳、地球系能量国际合作研究计划（STEP）；中层大气国际合作研究计划（MAC）等种类繁多的国际合作研究计划。

美、日、欧空局、法、德、加等发达国家针对全球环境问题，资源问题，地区性、专业性应用问题等分别有各自的 90 年代的遥感发展计划和国际合作计划。这些发展计划中，反映了遥感发展的两个重要的领域。

1、遥感在全球环境变化方面的应用。在各个国家的 90 年代遥感发展计划中可明显看出这一特点。如：NASA 的地球观测计划（EOS）是 90 年代遥感发展计划的重要内容之一。其近期目的是推进各学科对地球更深刻的理解，揭示将地球作为一个系统的基本概念。同时是一个以世界多个国家参与（ESA、日本、加拿大等）计划的国际系统。重点是要搞清楚地球系统各个领域主要物质的全球周期循环和过程。日本遥感计划中的 TRMM 热带降雨量测计划是与 NASA 的合作计划。极轨平台 JPOP、静止轨道平台 JGOP 也是参与 EOS 计划的内容。欧空局（ESA）的 EPOP 平台、PO-EM-1 极地平台也是参与 NASA 的 EOS 计划的。加拿大的雷达卫星计划等均为全球环境变化研究的遥感计划。

全球环境变化研究大致分两个阶段：90 年代是现状分析，即科学地定量地分析地球范围的各种现象，从更好地了解地球开始。21 世纪初要依据 90 年代分析结果，拿出解决问题的对策。

2、地区性、实用性、公益性、商业性应用仍然是遥感应用的主要应用领域。如：美国的 LANDSAT5，6 号；法国的 SPOT1-4 号；日本的 MOS-1B，JERS-1；ESA 的 ERS 以及气象卫星等不仅要对全球环境变化研究作出贡献，同时要为社会公益事业（气象预报等）和实用性事业（如：地区性的专业应用、资源等）作出贡献。也即通常所指的在农、林、水、地质、能源、灾害、动态变化监测等领域的应用。

如上所述；遥感在行星探测、军事应用中同样得到广泛应用，且往往是比民用更先进的遥感技术。有关这部分内容由另外的书作介绍。

第二节 遥感应用于全球环境问题应具备的能力

全球环境恶化问题已成为世界关注的焦点问题之一。地球环境问题的全球性质,国际合作的跨学科的多学科综合研究性质是遥感最易发挥作用的领域。与此同时海湾战争虽然是打过了,矿产还要开采,石油的消耗仍要日复一日地延续着。资源、战略、地区性、公益性、商业性、专业性的应用向遥感提出更高的要求。这些都促进了遥感技术的发展,以适应这种需要。

全球环境变化的研究要求遥感提供下述类型的数据:

- 1) 全球范围的数据;
- 2) 长时间段的连续数据;
- 3) 周期性的数据,同步观测数据;
- 4) 物理的、化学的、生物学的等多种学科的数据;
- 5) 校正过的定量化的数据;
- 6) 具有准确的全球地理分布的数据。

为了获得满足上述要求的数据类型和数据的处理,遥感系统必须具备下述能力。

1) 全球观测的能力

全球环境变化监测要求以全球范围的尺度标准是不言而喻的。但实现全球观测包含有两种涵义:第一,具有覆盖全球范围的能力。第二,在一定的周期内能够得到全球范围连续数据的能力。例如:EOS 计划中的极轨平台(NPOP, EPOP, JPOP),载人太空站以及小型卫星观测平台系列等,以期达到全球覆盖的要求。影响在一定周期内获得全球数据的原因之一是云层覆盖下无法取得数据。具有全天候功能的微波设备,合成孔径雷达等成为首选传感器是必然的结果。有人说 90 年代是微波传感器时代是不为过言的。以保证在一定周期内获得全球范围的数据。

2) 长时间段的连续数据、周期性数据、同步观测数据的获取能力

传感器设计寿命从一般设计中的 2 年增长到 5 年的设计制造技术;一个平台搭载多个任务舱的技术,如 EOS 计划中计划平台寿命 15 年,置换 3 次设计寿命为 5 年的传感器任务舱;静止平台的周期性、连续性数据获取技术;平台上更换任务舱的技术,如:ADEOS 和 TRMM 将试验在轨置换任务舱。由于传感器、平台设计寿命的增长而带来的一系列技术问题,如:要求 5 万小时寿命的致冷技术;致冷剂致冷向机械循环式致冷系统的转换;传感器工作参数的长期稳定性技术等。促使这些技术的发展以达到能够长时间段连续、周期性、同步性观测数据的获取能力。

3) 机星地组合观测技术

作为星载设备的模拟研究,机载模拟试验是很重要的。星载设备的绝对校正,包括性能验证、质量评价及绝对辐射校正等也需星、机、地组合观测试验技术,以及多平台传感器数据的解析方法的研究等。机、星、地组合观测是必然的趋势,如:雨云 7 号 CZCS 的后续设备的研究中使用了 AOCI, LANDSAT TM 是利用了 TMS,其它 ASAS, TIMS, AIS, AVIRIS 都是同样的情况。

4) 物理量观测中高空间分辨力、高光谱分辨力、合适的时间分辨力的能力

这是一般而论,实际上每种物理量的观测中对三种分辨力的要求不同。相对于以

往的分辨力而言,空间分辨力对于全球环境监测而言,不超过目前实用性的 SPOT、LANDSAT 的空间分辨力。因为空间分辨力不仅有技术问题方面的协调,且要根据应用目的所能容许的空间分辨力/数据量/数据处理能力三者之间的合适比例。光谱分辨力要求很高,如大气中的微量气体的观测,甚至要求分离出每根吸收线,必须有 0.01cm^{-1} 左右的光谱分辨力。另外高光谱分辨力对于识别目标特征显然具有重要意义。其中成像光谱仪 HIRIS 堪称为代表,在 $0.45\text{--}2.5\mu\text{m}$ 范围内分成 192 个波段。航空方面已有 288 个波段的成像光谱仪计划。我国已有 71 个波段的成像光谱仪(机载)问世。超多波段的成像光谱仪已代表着 90 年代传感器的发展方向之一。器件方面,推帚式面阵 CCD 探测器是发展方向。

时间分辨力要合适,如:大气现象观测中要求以小时计的时间分辨力,而地质现象的观测时间分辨力的要求几乎不作为问题提出。各种现象的观测对时间分辨力要求各异,然而确实是动态监测的重要参数。但一般而言,观测系统的回归周期是固定的,即使是同平台多种传感器的组合系统,时间分辨力引起的工作状态方程的设计和调整也是重要的研究内容。

5) 物理量的定量化数据获取能力

全球环境的动态变化是以时间为基准的,其变化空间是全球范围。观测系统覆盖全球范围是一个时间过程。同一种性质的目标在世界不同地区不同时相其波谱反射辐射量传送到传感器时很可能是数值差异很大的量。传感器的工作参数不可能是一成不变的恒量等等。使得同一种目标在全球范围的可比性产生了问题,相对量的分析技术往往不具备移值性。全球模型建立时,这是必须解决的问题。这牵涉到传感器的标准定标和足够的校正系统,包括不同类型光学传感器间的校正。其中卫星传感器在轨校正精度和长期稳定性是重要课题之一。真正作到在全球范围内具有可比性,除传感器绝对定标外,尚须对获取的数据作绝对校正。包括地区性生物地学规律校正。众所周知,这是个更为复杂的问题。但是,建立全球模型,定量化数据的获取是必须的,成为 90 年代遥感研究的重要方向。这种遥感综合计量系统(包括传感器、绝对定标、绝对校正、区域特征校正等在内的系统)是研制的方向。

6) 观测量在全球范围有准确的地理空间分布

遥感的基本问题是定性、定量、定位。即,是什么物质,有多少,分布在什么地方,三者缺一不可。依此方能建立全球系统模型和专业模型。换言之,各种目标的定性数据必须放在同一个地理坐标空间里才能够进行相互比较、综合分析,才能够得到其动态变化量,才能得出其分布、数量、面积、体积,在综合分析中所占的比重及在综合模型中的地位等等。其地理坐标空间里的定位愈准确,愈逼近于自然分布的实际状态,分析结果的精度愈高。

全球环境变化监测的全球范围、周期性,不少观测量要有高的时间分辨力等特点的存在,要求观测量的定位必须在短的周期内实现,甚至要实时定位。以往的定位系统如:多谱勒系统、NNSS 系统(海军导航定位系统)等均满足不了这种要求。美国国防部主持开发的 GPS 全球定位系统以及比之稍后的前苏联的 GLONASS 全球导航定位系统等为此提供了适用的全球定位系统。LANDSAT 5 号上已装有 GPS 系统。美法合作的 TOPEX/POSEIDON 卫星上装上了 GPS 系统,配合 CNES 固态测高

仪，测定全球洋流及其变化。

在地区性、专业性应用方面全球定位系统同样有逐步取代地面测量定位的趋势。如：海湾战争中的遥感高技术系统中，GPS 已作了出色的表演。甩开地面控制测量、地形图，直接在空中将遥感图像地学编码，生成 DEM、正射影像的设想不久即将成为现实；实时系统的实现也已指日可待。以 GPS 等全球定位系统逐步取代地面控制测量定位系统是发展的必然趋势。

7) 数据处理和建立数值信息系统的能力

全球环境观测的数据是多种类的、海量的。一般来说，数据处理有两类：一种是数据预处理。这类以原各国的数据处理中心为基础，为适应全球环境研究，迅速地数据交流和汇总，高效数据通讯设备是必须的。数据中心必须具备快速数据处理能力和建立全球数据库的能力。美国 EOS 计划中的 EOSDIS 数据处理系统是 EOS 计划中的核心系统，其功能包括平台和传感器的运营管制、数据处理、保存、分发、用户管理、网络、数据交换等。数据处理的第二类是应用处理，已开始从基于图形、文字（从工业、医学方面借用的）的图像处理技术向物性数值解析方向发展，类型分类向类型分解，图像数据的二维平面处理向立体处理、立体加时间维组成的四维处理方向发展。由于全球环境数据不仅仅是资源和地理信息，故具有管理和决策功能的数值信息系统是发展方向。

由上述可知，遥感技术是全球环境观测的重要技术手段，又必须具备上述的能力以适应全球环境观测的需求，这大大促进了遥感技术的发展。主要反映在平台、传感器、数值信息系统以及围绕这几方面的相应技术的发展，其中与通常应用的遥感技术有关的，尚有观念的发展及理论、方法的发展等。

第三节 遥感应用于地区性专业性问题应具备的能力

这个问题是世界各国的遥感专家近 30 年来潜心研究的问题。应用范围之广、解决的问题之多，充分地显示了遥感技术的有效性。应用范围涉及到农业、林业、水资源、大气、海洋、地质、冰雪、灾害、环境、建设、城市环境、测绘、军事工业等。

农业方面依应用对象不同主要有三个方面的应用，其一是识别与分类。包括耕地面积、作物种类区别、作物估产、土壤分类、受灾耕地面积的提取等；其二是土壤水分和农作物水分状态的提取；其三是农业环境。包括地区气象条件预测，河、湖污染状况对农业的影响等。林业主要应用在六个方面：其一，森林的分布和森林资源；其二，林地的生产力和生产环境；其三，森林的采伐和林害；其四，森林的公益性功能评价；其五，森林资源及其环境的动态变化监测；其六，林业管理。而在地质及矿产资源方面，主要用于制作地质构造图。建设方面主要应用于本底调查和对环境的影响的评价。城市环境方面主要应用于城市土地利用现状、绿地分布和城市结构分析、城市环境信息系统、城市热环境分析、城市污染和动态变化。冰雪领域主要应用于冰雪范围的体积及其变化监测。在灾害方面主要应用于灾害现状、灾情评价、受害现状调查等方面。大气领域主要应用于气象预报、大气成分观测、大气现象观测等方面。海洋领域主要应用于水温、海流波浪、海洋生物、海水物质的浓度等方面。遥感的地区性、专业性应用也包括测绘制图的更新。在军事方面早已成为战争中的特殊武器。是侦察手段，也是预警和武器系统中的重要技术。

遥感的地区性、专业性应用由于范围很广，各个专业领域要求的时间、空间、物理量的尺度与全球环境变化相比非常之不同，各个专业领域应用遥感的深度也不同，这也是客观规律。其中既有研究深度问题，也有遥感技术非万能技术方面的问题。总体而言，在近 10 年遥感仍只能是研究自然界宏观规律性的一种技术。

但是，上述的各个领域向遥感提出了高的要求，尤其是用遥感技术解决实际问题方面。归纳起来有这几方面：

- 1) 时相合适，光谱分辨力、空间分辨力合适的的数据；
- 2) 长时间段的连续数据；
- 3) 校正过的定量化的数据；
- 4) 直接地学编码的数据。

为了提供这类数据，遥感技术应具备的能力依赖于三个大的方面，其一是与全球环境监测相结合，充分利用全球监测方面的各种平台和传感器等系统技术；其二是发射针对某种专业性、地区性应用的卫星。如：海洋卫星、气象卫星、测地卫星等。由于是专业性、地区性应用，要顾及的因素相对简单，具有相对较大的自由度；其三，有些要求实时性强，数据获取要求短周期、高空间分辨力的专业性应用，如：灾害中的地震、洪灾，作物估产的作业化，城市规划等。要辅之以航空遥感、气球遥感技术组成互补的多平台遥感系统。现已在太空中运行的遥感卫星及在 90 年代计划发射的卫星中应用广泛的有 LANDSAT5，6 号，SPOT1-4 号，MOS-1B，JERS-1，EERS，NOAA 系列以及中国的 ZY-1 等等。通过这三个主要依托方面达到上述四种要求还是有困难的，地区性专业性应用要求之高，遥感同样必须完成质的变化才能适应这种要求。

1) 遥感应提供专业性应用要求的时相、光谱分辨力、空间分辨力合适的数据的能力

一般的遥感专业应用的现状是根据专业应用的要求去选择已有遥感数据,且往往是不能满足要求的。如作物估产,需要作物不同生长季节的遥感数据。但是LANDSAT是18天的回归周期。若卫星过顶时天气情况欠佳,则要再等待18天才有下次取得数据的机会。而作物的生长季节是基本上按规律进行的,可见获得合适的的数据是相当困难的。但是遥感要满足这类专业要求就必须具备在要求的时相能提供数据的能力。这涉及到卫星轨道设计(包括回归周期)或者说发射专业应用卫星等问题。

其一,回归周期满足专业需要;其二,在卫星过顶时一定能获得数据;其三,光谱分辨力要合适,以明显地区分专业内容。如:小麦估产,就要求光谱分辨力适合于提取小麦信息;其四,空间分辨力要合适,一为识别,二为估产时的面积精度。

遥感满足这些要求有两种途径,一是发射专业卫星,微波传感器可保证过顶时获取图像,但微波图像应用于作物估产的理论、技术、方法尚需进一步研究其可行性。其它专业应用也同样有些问题。二是采用机星地综合遥感技术。

专业应用只能根据现有遥感数据从中挑选一些不足的数据作勉强应用的状况,必须向根据专业应用的要求进行遥感数据获取的模式过渡。遥感只有具备了后者的能力才能满足专业应用的需要,也正是发展的方向。

2) 提供长时间的连续数据的能力

一般而论专业应用的周期较短。由于具有地区性,没有全球环境变化的周期要求严格。但往往有突发性,如:地震灾害、火山爆发等。一方面依赖于全球环境监测遥感系统作长周期观测,另方面依赖专业卫星,第三保持航空遥感、高空气球遥感等补充应急技术系统。这是遥感综合数据获取系统问题。

3) 校正过的定量化数据

遥感专业性应用的现状是采用相对指标,应该说大多是使用目视解释。一方面遥感数据价格偏高,另方面数字处理设备需相当经费,限制了遥感应应用者使用计算机等先进技术。其三,多数的遥感应应用者具备丰富的地学工作经验,知识结构更适宜目视解释。就遥感数据本身而言,目前仍处在图像是否清晰、色彩是否鲜艳漂亮论图像数据质量的阶段。而很少询问遥感数据是否真实地反映了地面目标的光谱信息间的客观规律。地面站的数据处理迎合用户的这种要求,所生产的图像数据已是加工变形的相对数据。在应用技术上主要还是依靠目视经验形成的目视分析方法,而对于如:雷达图像、全息图像等没有这种目视经验的图像则尚缺乏有效的应用能力。

因此,实际使用的是相对量、相对指标。这样形成的应用技术局限性很大,不具备移植性。在北方的应用分析模式只能在原试验区有效,拿到南方用这种模式去分析,其结果往往是预想之外的。为此,每个地区的遥感应应用都需从头做起,流程可能相同,但每项技术所包含的内容已面目全非,这应称作为流程经验技术,而不能称其为模式或理论方法。建立模型的目的是为了使其有通用性、移植性,否则这类模型就不具备实际意义。

由于使用的是相对量,是流程经验技术,这种流程经验技术又没有在各个地区的

生物地学规律模型已建立的基础上进行,依据地学知识分析方法从事应用占很大比例,遥感数据和数据处理结果经验证问题较多时也不知道原因在何处,可见尚达不到知其所以然的自由王国境地。

这些问题困扰着遥感应用专家,而遥感传感器或者遥感技术的专家对此一是不甚了解,二是遥感应用专家与遥感技术专家交流甚少。遥感专业性应用水平的提高是社会发展的要求,随着计算机的廉价化、高性能化,计算机在遥感上的应用会更普及,加之遥感数据的定量化,遥感应用水平会更进一步提高。要发挥遥感快速、准确的特点,遥感数据绝对量化、实现定量化遥感是发展的必然趋势。

校正过的定量化数据的提供,要依赖于遥感综合计量系统。其中包括:一,遥感器绝对定标,且定标标准统一;二,遥感器各种参数长期稳定并能够简单校正;三,建立各典型区地物光谱与传感器光谱数据间的相关模型,包括不同季节,不同天气情况等多种影响因素在内的相关模型,也包括大气传输模型。四,生物地学规律模型。

这是一项浩大的技术工程和应用基础性研究工作,也是发展方向。

4) 提供直接地学编码图像数据的能力

这个问题是遥感专家早已意识到并已从事研究的问题。立体图像的获取从 SPOT 开始, JERS-1, ZY-1, ASTER 等多种卫星上都能获取立体图像;大量采用 CCD 阵列元件以提高图像的几何保真度; LANDSAT, TOPEX 等装载了 GPS 等定位系统以图取得传感器实时位置;利用已有地形图、专题图等建立国土基础数据库(包括 DEM)可满足遥感应用之需等。这是世界各国均很重视的领域。

当前这方面有几条途径向这一目标趋近。一条途径是从地面开始,利用已有地形图等资料建立全球 DTM,其中包括 DEM,利用遥感数据提取专题信息入库。为此研究彩色图的数字化及自动生成 DEM 和专题信息库的技术。第二条途径是通过立体卫星图像生成 DEM,作为全球 DEM 生成而言,使用立体卫星图像生成 DEM 是一种快速、高精度的途径,在此基础上同时从卫星图像上获取专业信息并利用已有专题信息,建成包括 DTM 在内的 DIS 数据库和信息系统。第三条途径如 TOPEX 卫星那样,在卫星上装载激光测高仪或微波高度计,同时利用 GPS 组合技术等定位技术,测求海面地形变化数据并建成数据库。这是直接获取地学编码图像技术系统的初型。

这几条途径既可用于全球环境变化研究也可用于地区性专业性研究中。通过综合技术以实现直接提供地学编码图像数据的能力,是遥感的发展方向之一。

军事应用方面,直接提供高精度地学编码遥感图像的系统或类似系统已用于战争,如海湾战争中的多种侦察、预警、武器制导、攻击控制、攻击效果监测等方面。这些系统直接应用或稍加改造、组合,应用于民用的地区性专业性应用中是完全可能的。现有技术的组合应用是遥感直接提供地学编码图像技术系统建立的可行性途径,是遥感在资源、地区性、专业性应用方面水平大幅度提高的重要的技术保证。

资源勘察、地区性专业性应用对遥感的要求很高。这些技术系统又是全球环境观测系统的预研和补充。