

# 遥感对地观测技术现状及发展趋势

吴健生

(北京大学环境学院,北京,100871)

**摘要** 遥感对地观测技术从地面遥感阶段、航空遥感阶段发展到航天遥感阶段,从最早发达国家开始应用,现在已经普及到绝大多数国家,其中应用程度较高的国家有美国、法国、加拿大、日本、前苏联、印度、以色列和中国,遥感技术已广泛应用于地质调查、植被遥感、大气遥感、环境与灾害、土壤调查、城市环境、水文与冰雪等领域,现在正朝高光谱分辨率、雷达传感器、高分辨率小卫星的方向发展。

**关键词** 遥感 对地观测 发展趋势

## Present Condition and Development Trend of Remote Sensing Technology

WU Jiansheng

(College of Environmental Science, Peking University, Beijing, 100871)

**Abstract** The remote sensing technology began with ground remote sensing phase and now it has been developed into the stage of Landsat remote sensing. This technology was first used in developed countries and now is widely adopted by almost all countries. It is extensively used in the USA, France, Canada, Japan, Russia, India, Israel and China. It is widely employed in geological investigation, vegetation remote sensing, atmosphere remote sensing, environment and disaster research, landuse investigation, urban environment investigation, ice research. etc. Now It is developing in the direction of high spectral resolution, radar sensor, and high-resolution small Landsat.

**Key words** Remote sensing land observation development trend

对地观测新技术主要指卫星通信技术、空间定位技术、遥感技术和地理信息系统等技术,这些技术的集成将使人类有可能源源不断地快速获取地球表面地物随时间变化的几何和物理信息,了解地球上各种现象及其变化,从而指导人们合理地利用和开发资源、有效地保护和改善环境,积极地防治和抵御各种自然灾害,不断地改善人类生存和生活的环境质量,以达到经济腾飞和社会可持续发展的双重目的(李德仁, 2001)。

世界各国(尤其是发达国家)十分重视对地观测新技术,促使它为促进生产力的发展和社会的进步作出更大的贡献。不断发展和应用对地观测新技术已成为世界各国现代化建设的重要内容(胡明诚, 2000)。遥感对地观测技术是对地观测新技术的重要组成部分,以遥感技术为核心的对地观测技术中对资源与环境的地球科学的研究是一个重要的研究

领域,也是最具有应用潜力的领域之一。

现代遥感对地观测技术是空间技术与光电探测技术的结合,是指利用航空、航天技术宏观地研究地球,综合地评价地球环境,进行自然资源调查、开发、管理的一种新型的技术。

## 1 遥感对地观测技术现状

自遥感对地观测技术问世30多年来,以应用为导向,技术方法与手段日臻完善,应用深度、广度不断拓展。遥感技术正在向“多尺度、多频率、全天候、高精度、高效、快速”的目标发展。

### 1.1 世界遥感对地观测技术的发展历程

以地球为对象的遥感对地观测技术,经历了地面遥感、航空遥感、航天遥感等发展阶段。观测地物的范围从可见光扩展到近红外、红外波段及微波遥感;从单波段的摄影扫描发展到多光谱摄影扫描、高

空间分辨率、高光谱分辨率的传感器的发展。高分辨率成像光谱技术的发展已成为21世纪国际遥感界的一个热点,也是当代国际遥感发展的重要领域和前沿,它同合成孔径雷达一起将是21世纪继续发展和改进的遥感传感器。

世界遥感对地观测技术的发展,经历了以下几个阶段。

**1.1.1 地面遥感阶段** 1608年,汉斯·李波尔赛制造了世界第一架望远镜。1609年,伽利略制作了放大倍数3倍的科学望远镜,为观测远距离目标开辟了先河。摄影技术与望远镜相结合发展为远距离摄影。1849年,法国人艾米·劳塞达特制定了摄影测量计划,成为有目的、有纪录的地面遥感发展阶段的标志。

1890年到20世纪20年代的初始阶段,开始利用地面摄影方法进行地面地质填图,开展了“摄影地质”。

**1.1.2 航空摄影初始阶段** 20世纪20年代,航空摄影方法问世到第二次世界大战前,已利用军用和地形测量的航空像片作地质解译,在西欧和北美相继利用航空像片作正规地质填图。摄影地质逐渐演变成航空地质方法,除了地质应用外,航空摄影技术也先后在农业、林业、土地管理等领域起步研究和应用。

第二次世界大战中,微波雷达的出现及红外技术应用于军事侦察,使遥感探测的电磁波谱段得到了扩展。

**1.1.3 航空遥感的飞速发展阶段** 二战后至20世纪50年代,是航空地质摄影迅速推广、应用的重要时期,也是航空摄影地质方法发展过渡为遥感地质方法的初级阶段。航空摄影地质已成为重要矿业国家区测填图的手段,彩色摄影、彩色红外摄影、机械式真实孔径雷达和超高空摄影像片等新技术资料已实验用于地学领域。

**1.1.4 航天遥感发展阶段** 20世纪60年代至70年代,是遥感对地观测技术重要的发展阶段,也是各个地学领域应用遥感对地观测技术资料的高涨阶段。1957年,苏联第一颗人造地球卫星发射,标志着人类从空间观测地球的探索宇宙进入了新纪元。1960年,美国发射的太阳同步卫星开始了对地球进行长期观测。1972年,美国陆地卫星-1的发射揭开了直接源于现代空间高技术的遥感对地观测技术发

展的历史。

20世纪70年代,全天候的微波遥感技术正成为遥感领域中一个新的发展方向。

1983年,美国成功地研制出第一台航空成像光谱仪,在成像光谱技术研制发展中,迈出了一大步。迄今为止,国际上已有40余套航空成像光谱仪正在运行。1999年底,第一台中分辨率成像光谱仪MODIS成功地随着美国EOSAM-1平台进入轨道,以及欧洲空间科学研究局和日本等高光谱卫星计划,使得高光谱遥感进入航天遥感并在应用的深度上有较大的突破。高光谱分辨率遥感的成像光谱技术的发展已成为21世纪国际遥感界的一个热点,也是当代国际遥感发展的重要领域和前沿。现已广泛应用于地质调查、植被遥感、大气遥感、环境与灾害、土壤调查、城市环境和水文与冰雪等领域。

## 1.2 国外遥感对地观测技术发展

遥感对地观测技术经过半个世纪的探索和尝试,现在已经在实用化的方向上迈出了重要的一步。下面将一些遥感对地观测技术发展快、技术先进的国家在遥感地观测技术的发展状态予以简要介绍<sup>①</sup>。

**1.2.1 美国** 美国是世界上遥感对地观测技术发展最早、技术最先进的国家。美国国土资源调查所拍摄的彩色红外航片覆盖整个国土面积的85%左右。20世纪60年代初,继航空黑白、彩色摄影、航空扫描技术之后,研制出一批技术先进的遥感传感器;70年代以来,相继推出航空成像光谱仪,获得连续的高光谱高精度的图像数据,1972年以来,发射的陆地系列卫星(Landsat),为遥感地观测提供了对地球大陆表面和近海岸地区最长的连续遥感纪录。美国陆地系列卫星(Landsat),尤其是Landsat-5、Landsat-7代表了目前遥感地观测技术的一个发展新水平。

**1.2.2 法国** 1986年,法国发射了第一颗卫星(SPOT-1)以来,相继又发射了SPOT-2、SPOT-3和SPOT-4,SPOT-5也在2002年运行。SPOT卫星是世界上首先具有立体成像能力的遥感卫星。其图像精度十分高,分辨率高于20m(短波红外,1.5~1.7 $\mu\text{m}$ ),波段范围0.61~0.68 $\mu\text{m}$ 的红色通道分辨率为10m,SPOT-5的分辨率又提高了一个数量级,最高可达2.5m,还具有一个高分辨率立体成像(HRS)装置。

<sup>①</sup> 中国地质调查局研究发展中心. 2001. 公益性地质调查中遥感方法技术现状、发展趋势与对策研究.

**1.2.3 加拿大** 加拿大在 1995 年 11 月 4 日发射了主动遥感卫星加拿大雷达卫星 :RAOARSAT-1 , 标志着卫星微波遥感的又一个重大进展。除加拿大雷达卫星外, 美国、欧洲空间科学研究所、日本等国也发射了航天雷达卫星。

**1.2.4 日本** 日本自 1970 年东京大学发射的第一颗卫星之后, 连续发射 45 颗, 以后又发射了海洋卫星、地球资源卫星、改进型地球观察卫星, 以及所谓“监视亚洲灾害计划”的“宇宙监视系统”的系列卫星。

日本已成为重要的空间遥感国家之一, 第一颗海洋卫星(MOS-1)于 1987 年发射。另一颗卫星是地球资源卫星(JERS-1), 于 1992 年 7 月 11 日发射。另外, 日本在 1998 年发射的 EOS, 寿命为 15 a。

**1.2.5 前苏联** 前苏联早在 1974 年就在 Meteor、Soyuz 和 Salyut 飞行中拍摄了地面分辨率为 30~80 m 的多光谱像片。1997 年, 联盟 6 号载人宇宙飞船携带 KE-6M 多光谱相机获取地面分辨率为 10~20 m 的 6 个波段的像片。在 1980~1984 年的 Cos mos-1500、Cos mos-1620 飞行中, 曾用地面分辨率为 200~100 m 的可见光和红外扫描仪及合成孔径侧视雷达来观测海洋。前苏联的 SOYUZKARTA 可提供全色、彩色和多波段像片, 如用 KATE-140、KATE-200、KATE-1000 相机拍摄的像片, 地面分辨率分别是 50~60 m、30 m 和 5~6 m; 后者为当时地面分辨率最高的民用遥感图像。SMK-6 多波段相机波段范围分别为 0.46~0.5  $\mu\text{m}$ 、0.52~0.56  $\mu\text{m}$ 、0.58~0.60  $\mu\text{m}$ 、0.64~0.68  $\mu\text{m}$  及 0.78~0.86  $\mu\text{m}$ , 地面分辨率为 20~40 m 的多光谱相机具有极好的波谱分辨率。

**1.2.6 印度** 在发展中国家里, 印度是较早起步发展遥感对地观测技术的国家之一。

20 世纪 60 年代, 印度已用航空照相、多光谱遥感进行地质勘查、农作物研究, 并初步形成一套完整的航天遥感系统。巴斯卡拉 1 号卫星于 1979 年发射成功。印度的 RS-1D 卫星于 1981 年和 RS-2D 卫星于 1983 年分别升空。目前, 卫星陆地观察分辨率已达 15~20 m。

**1.2.7 中国** 中国的遥感对地观测技术在 20 世纪 30 年代, 于个别城市进行过航空摄影, 20 世纪 50 年代系统的航空摄影主要应用于地形图的制图、更新。20 世纪 70 年代以来, 中国遥感对地观测事业有了长足进步。航空摄影测绘已进入业务化阶段, 采用航空摄影测量更新了全国范围内的地形图, 同时也

开展了不同目标的航空专题遥感试验及应用研究, 特别是在航空平台进行各种新型传感器试验和系统集成试验研究方面, 取得了成效。

中国自 1970 年 4 月 24 日发射“东方红 1 号”人造卫星以后, 相继发射了数十颗不同类型的人造地球卫星。太阳同步地球卫星“风云 1 号”(FR-1A、FR-1B)和地球同步轨道卫星“风云 2 号”(FR-2A、FR-2B)的发射, 返回式遥感卫星的发射和回收, 使中国开展宇宙探测、通讯、科学实验和气象观测等研究有了自己的信息源(范天锡 2000, 董超华 2000), 1999 年 10 月 14 日中国-巴西地球资源遥感卫星(CBERS-1)的成功发射, 使中国拥有了自己的资源卫星(陈宜元 2000); “北斗 1 号、北斗 2 号”定位导航卫星及“清华”小卫星的成功发射, 丰富了中国卫星的类型。2002 年 5 月发射的“海洋一号”卫星, 结束了中国没有海洋卫星的历史, 开创了海洋应用和管理的新局面。

1999 年 11 月 20 日, 中国第一艘试验飞船“神州一号”遨游太空, 掀开了中国载人航天工程飞行试验史上的第一页; “神州二号”、“神州三号”、“神州四号”飞船的成功发射和返回, 表明中国载人航天工程技术日臻成熟, 为最终实现载人飞行奠定了坚实基础。利用飞船开展对地观测, 标志中国空间科学研究空间资源的开发进入了新的阶段。

## 2 遥感对地观测技术发展趋势

### 2.1 一系列对地观测计划正在加紧实施

在地球资源环境的监测与研究中, 空间信息技术, 主要是卫星遥感技术, 以宏观、综合、快速、动态、准确的优势为地球资源的调查和区域的环境变化监测乃至全球变化研究提供了先进的探测与研究手段。

美国、欧洲、日本、印度等国相继推出的一系列大型国际合作计划: 如国际地圈-生物圈研究计划(IGBP)、世界气候计划(WCRP)、全球量级与水循环实验计划(GEWEX)等, 都以遥感技术作为不可缺少的科学和技术基础, 针对全球变化和资源环境问题, 世界各国也提出了一系列大型国际遥感计划, 如美国宇航局(NASA)的对地观测计划(EOS); 日/美联合的热带降雨测量计划(TRMM), 欧洲空间科学研究所(ESA)的极轨平台计划(POEM)等, 这些计划充分显示了遥感技术在地学研究(包括地球资源环境监控)中的作用和地位。

中国政府从 20 世纪 80 年代开始, 将遥感技术的发展与应用列为国家科技攻关重大项目。“遥感、

地理信息系统及全球定位系统技术综合应用研究”是“九五”国家科技攻关重要项目。1999年起,中国国家高技术研究发展计划863计划提出了对地观测关键技术与应用等信息技术领域的重大研究项目。

随着新型传感器的研制及开发水平的提高以及遥感对地观测技术在地学领域应用,对高精度遥感数据的要求增加,高空间和高光谱分辨率将是卫星遥感总的发展趋势,在近10a左右的卫星对地观测计划中,大部分传感器都具有10m以上的空间分辨率,少数达到1~3m。高分辨率的遥感资料对地质勘探和陆地、海洋生物资源调查十分有效。

## 2.2 高光谱遥感技术应用已越来越普及

高光谱分辨率传感器是未来空间遥感发展的核心内容。高光谱分辨率传感器是指既能对目标成像又可以测量目标物波谱特性的光学传感器,其特点是光谱分辨率高、波段连续性强(赵锐等,1999)。其传感器在0.4~2.5 $\mu\text{m}$ 范围内可细分成几十个,甚至几百个波段,光谱分辨率将达到5~10nm。如澳大利亚的资源信息与环境卫星(ARIES-1)(郭祖军,2000)。美国一些公司或组织及空军、海军等部门也都在研制和发射自己的成像光谱卫星。美国Geosat Committee目前正在对高光谱传感器Probe-1进行矿产、油气、环境及农业等四大领域的应用试验。人们希望通过高光谱遥感数据对矿物、岩石的类型,农作物、森林的种类,环境中各种污染物质的成份进行遥感定量分析。高光谱和超高光谱传感器的研制和应用将是未来遥感技术发展的重要方向(张均萍,2001)。

## 2.3 雷达卫星遥感日益受到青睐

雷达遥感由于具有全天候、全天时和具有一定穿透功能的特性,在遥感发展初期就受到国际社会的关注。20世纪80年代以前,主要进行了一系列的航空雷达试验和航天飞机成像雷达试验;90年代以来,是雷达遥感的飞快发展的黄金时代。日本的JERS-1、欧洲空间科学研究所的ERS-1、ERS-2和前苏联的ALMAZ均成功地实现了航天雷达的对地观测。1995年,加拿大发射的雷达卫星则是迄今为止所有雷达卫星最为完善和最为先进的一颗,它的多模式对地覆盖和多分辨率等特性已经吸引了国内外众多的用户(郭华东,1991;承宗,1997;沈成忠,1998)。

## 2.4 现代高分辨率小卫星发展迅速

所谓小卫星,是指质量小于500kg的小型近地轨道卫星,其地面分辨率可达5m,甚至1m。由于其研制和发射成本低廉,近年来发展非常迅速。美国IKONOS-2是美国Space Imaging公司于1999年9月成功发射的第一颗高分辨率商业小卫星,并已开始出售数据。Orbview3/4卫星是美国Orbital Sciences公司研制和发射的小型卫星,其空间分辨率为1m(全色)和4~8m(多波段),其中,Orbview-4为一个拥有200个波段高光谱传感器的卫星。高分辨率小型卫星具有较高的空间分辨率和高频率的、立体的观测能力,其数据将是近年来商业服务最为活跃的数据源,由于它的研制周期短、成本低,是目前国际空间技术市场最为走俏的产品。预计今后几年,全球每年将发射70~80颗小卫星,约占整个卫星发射数量的一半以上(张燕燕等,2000)。

## 参考文献

- 陈述彭. 2001. 中国遥感奋进创新二十年. 北京:气象出版社,1~10
- 陈宜元. 2000. 中巴地球资源卫星数据应用评价文集. 国防科工委系统工程一局,1~6
- 承宗. 1997. 中国地方遥感应用进展. 北京:宇航出版社,492~497.
- 承继成. 1999. 遥感与新世纪. 北京:气象出版社,1~2.
- 董超华. 2001. 中国遥感奋进创新二十年. 北京:气象出版社,43~49.
- 范天锡. 2000. 遥感科技论坛. 北京:地震出版社,47~50.
- 郭祖军,张炎炎,李永铁. 2000. 世界航天遥感技术现状、发展趋势及油气遥感应用方向. 国土资源遥感(2):1~4
- 郭华东主编. 1991. 雷达图像分析及地质应用. 北京:科学出版社,127~128.
- 胡明城. 2000. 卫星遥感技术的发展和最新成就. 测绘科学,25(1):25~28
- 李德仁,刘良明,胡晓沁. 2001. 1996~2000年中国摄影测量与遥感进展. 测绘学报,30(2):117~126.
- 沈成忠. 1998. 遥感应用回顾与效益分析. 北京:宇航出版社,341~343.
- 王志刚. 1996. 遥感新进展与发展战略. 北京:中国科学技术出版社,89~91.
- 赵锐等. 1999. 中国环境与资源遥感应用. 北京:气象出版社,203~204.
- 张钧萍,张晔,周廷显. 2001. 成像光谱技术超谱图像分类研究现状与分析. 中国空间科学技术(1):37~43.
- 张燕燕,陈新湖,陈军. 2000. 商业遥感卫星的发展. 测绘通报(10):18~21.