

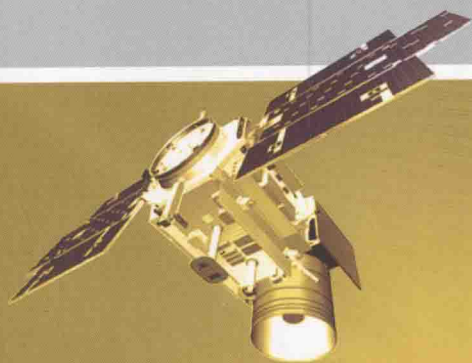


高等学校教材

遥感技术与应用

Remote Sensing Technology
and Applications

汪金花 张永彬 宋利杰 编著



测绘出版社

高等学校教材

遥感技术与应用

Remote Sensing Technology and Applications

汪金花 张永彬 宋利杰 编著

测绘出版社

· 北京 ·

© 汪金花 2015

所有权利(含信息网络传播权)保留,未经许可,不得以任何方式使用。

内 容 简 介

本书为综合类高等院校工程类专业教学用书。

全书内容分为“通用模块”和“方向模块”两大部分。第一部分“通用模块”共9章,介绍了遥感技术基础知识、遥感平台与传感器及数字图像的基础知识。第1章绪论,对遥感技术研究的对象和基本理论进行概要介绍;第2章遥感平台及传感器,对遥感数据获取平台和传感器类型、特点进行介绍;第3章遥感物理基础和第4章遥感图像数字基础,讲述遥感方法基础理论和形式;第5章遥感图像辐射校正,第6章遥感图像几何校正;第7章遥感图像增强与融合;第8章遥感图像目视解译;第9章遥感图像计算机分类,系统介绍了遥感图像的数字处理过程和方法。第二部分“方向模块”共6章,有遥感制图、土地利用遥感、矿山遥感、地质遥感、水体遥感、植被遥感等内容,分别介绍遥感技术在测绘与地理信息制图、矿业工程、地质工程、环境监测工程中的应用。

本书可作为测绘类、地理信息类、国土资源类、矿山工程类、环境与安全类、石油地质类等相关专业本科、专科的遥感类课程的教材,也可作为相关专业工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

遥感技术与应用 / 汪金花, 张永彬, 宋利杰编著. —北京: 测绘出版社, 2015.1

ISBN 978-7-5030-3463-3

I. ①遥… II. ①汪… ②张… ③宋… III. ①遥感技术 IV. ①TP7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 068236 号

责任编辑	王 波	装帧设计	李 伟	责任校对	宣 东	责任印制	喻 迅
出版发行	测绘出版社			电 话	010-83543956(发行部)		
地 址	北京市西城区三里河路 50 号				010-68531609(门市部)		
邮政编码	100045				010-68531363(编辑部)		
电子信箱	smp@sinomaps.com			网 址	www.chinasmp.com		
印 刷	三河市世纪兴源印刷有限公司			经 销	新华书店		
成品规格	184mm×260mm						
印 张	12.00			字 数	305 千字		
版 次	2015 年 1 月第 1 版			印 次	2015 年 1 月第 1 次印刷		
印 数	0001-1500			定 价	34.00 元		

书 号 ISBN 978-7-5030-3463-3/P · 721

本书如有印装质量问题,请与我社联系调换。

前 言

遥感技术具有多点位、多波段、多时相、多高度的信息获取方式和增强、融合、变换等遥感数字图像处理的特征,能获取可见光之外的地物光谱特征信息,进一步拓宽人眼的观察领域和范围,并能对同一目标进行多次的重复观测,提供客观现象特别是动态变化现象在时间维上的演化轨迹,是当前一种先进的信息采集方式,能全天候、全天时、多角度、宏观、动态地监测地表地物信息,并保证获取资料的客观性、可靠性和完整性,具有信息量大、成本低和反应快等优点。

本书是面向多种工程专业的一本遥感技术与应用教材,适用于多个以遥感技术作为专业基础课的工科类或其他类专业,如测绘工程、地理信息工程、采矿工程、资源勘查工程、环境工程、土地资源管理等专业。本书采用了“模块化”的编写思想,将整个教学内容分成“通用模块”和“方向模块”,意在遥感教学中整合教学资源,与相关辅助教学资料配套,规范教学质量管理和教学过程管理。

本书共15章。前9章为“通用模块”:第1章绪论,第2章遥感平台及传感器,第3章遥感物理基础,第4章遥感图像数字基础,第5章遥感图像辐射校正,第6章遥感图像几何校正,第7章遥感图像增强与融合,第8章遥感图像目视解译,第9章遥感图像计算机分类。这9章构成遥感技术与应用的基础,各专业共用。后6章为“方向模块”:第10章遥感制图,第11章土地利用遥感,第12章矿山遥感,第13章地质遥感,第14章水体遥感,第15章植被遥感。这6章内容供测绘、地理信息、矿山工程、环境与安全、石油地质、地矿等相关专业教学选用。不同专业教学根据所修专业的特点,选修前9章及“方向模块”的其中1章,总计约50教学学时。

本书编著工作由汪金花、张永彬组织,集体讨论,分工编写。其中,第1章、第6章、第7章、第8章、第9章、第10章、第11章、第12章、第13章、第15章由汪金花编写;第2章、第3章、第4章、第5章、第14章由宋利杰编写。各章编写完毕后,张永彬对书稿进行了统一校对工作。另外,研究生李玉萍、刘雨青、程素娜、白洋、王杰、张云英等参加全书录入、校正与编辑工作。

由于编者水平有限,对书中的错误和不足之处,敬请专家、读者指正。

目 录

第一部分 通用模块

第 1 章 绪论	1
1.1 遥感的基础概念	1
1.2 遥感发展简史	4
1.3 中国遥感事业的发展	5
第 2 章 遥感平台及传感器	8
2.1 概述	8
2.2 遥感平台种类及特征	9
2.3 遥感传感器种类及特征	15
第 3 章 遥感物理基础	22
3.1 概述	22
3.2 物体的反射辐射	26
3.3 地物波谱测定	30
第 4 章 遥感图像数字基础	33
4.1 遥感图像的数字表达	33
4.2 模拟图像数字化	37
4.3 数字图像的存储	39
4.4 遥感图像的特征	43
第 5 章 遥感图像辐射校正	45
5.1 遥感图像的辐射误差	45
5.2 传感器辐射定标	46
5.3 大气校正	47
5.4 地形与光照引起的辐射误差的校正	50
第 6 章 遥感图像几何校正	52
6.1 遥感图像几何变形	52
6.2 遥感图像几何纠正	55
6.3 图像配准和镶嵌	58
6.4 图像几何配准的应用	61
第 7 章 遥感图像增强与融合	65
7.1 对比度变换	65
7.2 空间滤波	67
7.3 彩色变换	69

7.4	图像波段运算	72
7.5	多光谱变换	73
7.6	图像融合变换	75
第8章	遥感图像目视解译	78
8.1	遥感图像目视解译原理	78
8.2	遥感目视解译标志	79
8.3	遥感目视解译方法与过程	84
8.4	不同类型遥感图像的目视解译	89
第9章	遥感图像计算机分类	94
9.1	特征提取	95
9.2	非监督分类	99
9.3	监督分类	102
9.4	面向对象分类	106
9.5	其他分类方法	108
9.6	分类后处理和精度评定	110

第二部分 方向模块

第10章	遥感制图	112
10.1	概述	112
10.2	遥感制图过程	114
10.3	地形图遥感更新或修测	115
10.4	西部无人区多源遥感测图	118
第11章	土地利用遥感	121
11.1	土地利用与土地覆盖分类系统	121
11.2	土地利用与土地覆盖的遥感监测	123
11.3	基于多尺度融合的高分辨率影像城市用地分类	126
11.4	土地利用变化的动态监测方法	130
第12章	矿山遥感	133
12.1	概述	133
12.2	矿区地表塌陷的遥感调查	135
12.3	矿山遥感光谱增强	139
12.4	矿山遥感空间增强	142
12.5	矿山遥感调查与解译	144
第13章	地质遥感	146
13.1	遥感图像的岩性解译	146
13.2	遥感图像的地层解译	149
13.3	遥感地质找矿	152
13.4	遥感找矿标志	154

13.5 成矿地质条件遥感研究	157
第 14 章 水体遥感	161
14.1 水体光谱特征	161
14.2 叶绿素对水体光谱的影响	163
14.3 悬浮泥沙对水体光谱的影响	165
14.4 水深与水体光谱的关系	168
14.5 水体信息遥感提取	170
第 15 章 植被遥感	173
15.1 植物光谱特征	173
15.2 植被指数	176
15.3 矿区植被遥感动态监测	178
参考文献	184

第1章 绪 论

1.1 遥感的基础概念

遥感是 20 世纪 60 年代发展起来的综合性对地观测技术，通常有广义和狭义的理解。广义的遥感一词来自英语“remote sensing”，即遥远地感知，泛指一切无接触的远距离探测，包括对电磁场、力场、机械波（声波、地震波）等的探测。实际工作中，重力、磁力、声波、地震波等的探测被划为物探（物理探测）的范畴，只有电磁波探测属于遥感的范畴。狭义的遥感是指应用探测仪器，不与探测目标接触，从远处把目标的电磁波特性记录下来，通过分析，揭示出物体的特征及其变化的综合性探测技术。

遥感过程是指遥感信息的获取、传输、处理以及分析判读和应用的全过程。这个过程主要是依赖于遥感系统，通过地物波谱测试与研究、数理统计分析、模式识别、模拟实验以及地学分析等方法来完成。

1.1.1 遥感的分类

按照遥感平台、探测波段类型、工作方式及研究领域不同，遥感可以划分成不同的类别。

1. 按遥感平台分类

根据所采用的平台（或工具），遥感探测可以分为地面遥感、航空遥感、航天遥感、航宇遥感。地面遥感是将传感器设置在地面平台上，如车载、船载、手提、固定或活动高架平台等；航空遥感是将传感器设置在航空器上，如飞机、气球等；航天遥感是将传感器设置在环地球的航天器上，如人造地球卫星、航天飞机、空间站、火箭等；航宇遥感是将传感器设置在星际飞船上，是指对地月系统外的目标的探测。

2. 按探测波段分类

按照探测波段的不同，可以将遥感划分为紫外遥感、可见光遥感、红外遥感、微波遥感、多波段遥感等。其中，紫外遥感探测波段在 $0.05 \sim 0.38 \mu\text{m}$ 之间；可见光遥感探测波段在 $0.38 \sim 0.76 \mu\text{m}$ 之间；红外遥感探测波段在 $0.76 \sim 1\,000 \mu\text{m}$ 之间；微波遥感探测波段在 $1\text{ mm} \sim 1\text{ m}$ 之间；多波段遥感是指探测波段在可见光波段和红外波段范围内，可再分成若干窄波段来探测目标。

3. 按工作方式分类

按照工作方式，可以分为主动遥感和被动遥感。主动遥感是由探测器主动发射一定的电磁波能量并接收目标的反射或散射信号，由传感器将接收的目标电磁辐射信号转换成数字或模拟图像；被动遥感的传感器不向目标发射电磁波，仅被动接收目标物自身发射的能量和自然辐射源的反射能量。

4. 按研究和应用领域分类

从大的研究领域可分为外层空间遥感、大气层遥感、陆地遥感、海洋遥感等；从具体应用领域可分为资源遥感、环境遥感、农业遥感、林业遥感、渔业遥感、地质遥感、气象遥感、水文遥感、城市遥感、工程遥感及灾害遥感、军事遥感等；还可以划分为更细的研究对象，进行各种专题应用。

1.1.2 遥感系统

遥感系统包括信息获取、信息记录和传输、信息处理和信应用四大部分，具体组成如图 1.1 所示。

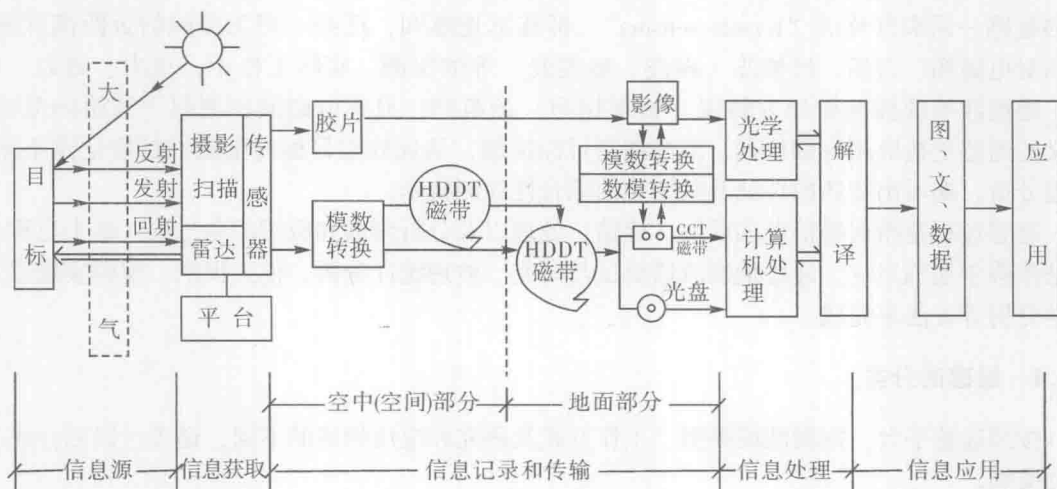


图 1.1 遥感系统的组成

1. 信息获取

遥感信息获取是遥感技术系统的中心工作，主要是通过遥感平台上的传感器来实现地物光谱信息的获取。不同物体，其反射、吸收或辐射电磁波的规律是不同的，这种特性称为物体波谱特性。如果事先掌握了各种物体的波谱特性，只要将传感器测到的波谱信息与标准信息进行比较，就可以识别相应物体类别。接收、记录目标物电磁波特征的仪器，称为传感器或遥感器，如扫描仪、雷达、摄影机、摄像机、辐射计等。搭载传感器的平台称为遥感平台，主要有地面平台（如遥感车、手提平台、地面观测台等）、空中平台（如飞机、气球、其他航空器等）、空间平台（如火箭、人造卫星、宇宙飞船、空间实验室、航天飞机等）。

2. 信息记录和传输

传感器接收到目标物的电磁波信息，记录在数字磁介质或胶片上。胶片是由人或回收舱送至地面回收，数字磁介质上记录的信息则可以通过卫星上的微波天线传输给地面的卫星接收站。

3. 信息处理

地面站接收到遥感卫星发送来的数字信息，记录在高密度的磁介质上（如高密度数字磁带 HDDT、计算机兼容磁带 CCT 或光盘等），并进行一系列的处理，如信息恢复、辐射校正、卫星姿态校正、投影变换等。地面站或用户还可根据需要进行精校正处理、增强处理、专题信息处理、分类等。

4. 信息应用

遥感获取信息的目的是应用。根据不同领域的应用需要,选择合适的遥感处理方法和技术流程,实现遥感信息的提取和应用。

总之,遥感技术是一个综合性的技术,涉及航空、航天、光电、物理、计算机和信息科学以及诸多的应用领域,它的发展与这些学科的发展紧密相关。

1.1.3 遥感的特点

1. 大面积同步观测

在地球上进行资源和环境调查时,大面积同步观测所取得的数据是最宝贵的。遥感观测可以为此提供最佳的获取信息的方式,并且不受地形阻隔等限制。遥感平台越高,视野越宽广,可以同步探测到的地面范围就越大,越容易发现地球上一些重要目标物的空间分布的宏观规律,而有些宏观规律,仅依靠地面观测是难以发现或必须经过长期大面积调查才能发现的。如一幅美国的陆地卫星 Landsat 图像,覆盖面积为 $100 \text{ n mile} \times 100 \text{ n mile}$ ($185 \text{ km} \times 185 \text{ km} = 34\,225 \text{ km}^2$),在 5~6 min 内即可扫描完成,实现对地的大面积同步观测;1 帧地球同步气象卫星图像可覆盖 1/3 的地球表面,实现更宏观的同步观测。

2. 时效性

遥感探测,尤其是空间遥感探测,可以在短时间内对同一地区进行重复探测,以发现地球上许多事物的动态变化。如地球同步轨道卫星可以每半个小时对地观测 1 次(如中国风云气象卫星 FY-2);太阳同步轨道卫星(如美国气象卫星 NOAA 和中国风云气象卫星 FY-1)可以每天两次对同一地区进行观测。这两种卫星可以探测地球表面及大气在 1 天或几小时之内的短周期变化。地球资源卫星(如美国的 Landsat、法国的 SPOT 以及中国与巴西合作的 CBERS)则分别以 16 天、26 天或 4~5 天对同一地区重复观测 1 次,以获得在 1 个重访周期内某些事物的动态变化数据。

3. 数据的综合性和可比性

遥感获得的地物电磁波特性数据综合地反映了地球上许多自然、人文信息。红外遥感昼夜均可探测,微波遥感可全天时、全天候探测,人们可以从中有选择地提取所需的信息。地球资源卫星 Landsat 和 CBERS 等所获得的地物电磁波特性均可以较综合地反映地质、地貌、土壤、植被、水文等特征,从而具有广阔的应用领域。由于遥感的探测波段、成像方式、成像时间、数据记录等均可按要求设计,使其获得的数据具有同一性或相似性。同时,考虑到新的传感器和信息记录都可向下兼容,所以,获得的数据也具有可比性。与传统地面调查和实地考察相比,遥感数据可以较大程度地排除人为干扰。

4. 经济性和局限性

与传统的方法相比,遥感可以大大地节省人力、物力、财力和时间,具有很高的经济效益和社会效益。有人估计,美国陆地卫星的经济投入与所取得的效益之比为 1:80,甚至更大。目前,遥感技术所利用的电磁波还很有限,仅涉及其中的几个波段范围。在电磁波谱中,尚有许多谱段资源有待进一步开发利用。此外,已经被利用的电磁波谱段对许多地物的某些特征还不能准确反映,还需要发展高光谱分辨率遥感以及遥感以外的其他手段相配合,特别是地面调查和验证尚不可缺少。

1.2 遥感发展简史

最早使用“遥感”一词的是美国海军研究局的艾弗林·普鲁伊特 (Evelyn L. Pruitt)。1961 年,在美国国家科学院 (National Academy of Sciences) 和国家研究理事会 (Nation Research Council) 的资助下,于密歇根大学 (University of Michigan) 的威罗·兰 (Willow Run) 实验室召开了环境遥感国际讨论会。从此,在世界范围内,遥感作为一门新兴的独立学科获得了飞速的发展。

1.2.1 遥感发展过程

1609 年,伽利略制作了科学望远镜,为观测远距离目标开辟了先河。1839 年,达盖尔 (Daguarre) 第一次成功地把拍摄到的事物形象地记录在胶片上。1858 年,世界上获得了第一张航空像片。1909 年,莱特在意大利的森托塞尔上空用飞机进行了空中摄影。1913 年,利比亚班加西油田应用航空摄影测量,开始了飞机摄影测绘地图。

1957 年世界上第一颗人造地球卫星发射成功,标志着人类从空间观测地球和探索宇宙奥秘进入了新的纪元。1960 年,美国发射 TIROS-1 和 NOAA-1 太阳同步气象卫星,从此,航天遥感取得了重大进展。这个时期传感器技术长足发展,出现了多光谱扫描仪、热红外传感器和雷达成像仪等,使得获取信息所利用的电磁波谱的波长范围大大扩展,获取信息的能力增强。计算机技术的发展和运用,使海量卫星图像数据的处理、存储和检索快速而有效,尤其在图像的压缩、变换、复原、增强和信息提取方面,更显示了它的优越性。

美国 1972 年 7 月 23 日发射了第一颗地球资源卫星 (ERTS-1),后改称陆地卫星 (Landsat),星上载有多光谱扫描仪 (MSS) 和多光谱电视摄像机 (RBV) 两种传感器系统,空间分辨率 80 m,是一颗遥感专用卫星,其发送下来的大量地表图像经各国科学家分析和应用,得到了大量成果,可称为遥感技术发展的第一个里程碑。从此,遥感技术进入发展的快车道。

1.2.2 遥感发展成果

1. 遥感平台方面

遥感平台由以遥感卫星、宇宙飞船、航天飞机为代表的有一定时间间隔的短中期观测,发展为以国际空间站、无人机为代表的多平台、多层面、长期的动态观测。在空间轨道卫星中,有地球同步卫星、太阳同步卫星以及一些低轨和高轨卫星,有综合目标的较大型卫星,也有专题目标明确的小卫星群。不同高度、不同用途的卫星构成了对地球和宇宙空间的多角度、多周期观测。到 21 世纪,已有 5 000 余颗人造卫星升空。

2. 传感器方面

1982 年美国发射的陆地卫星 4 号 (Landsat-4) 上装载的 TM 专题制图仪,将光谱段从 MSS 的 4 个波段增加到 7 个波段,空间分辨率提高到 30 m。1986 年法国发射的 SPOT 卫星上装载的 HBV 线阵列推扫式成像仪,将空间分辨率提高到 10 m,被称为第二代遥感卫星。目前,已发展到第三代遥感卫星,IKONOS 卫星上遥感传感器空间分辨率达到 1 m,快鸟 (QuickBird) 卫星达到 0.61 m。探测的波段范围也不断延伸,从单一谱段向多谱段发展。成

像光谱技术的出现把感测波段从数百个推向上千个。目前已在运行的有 36 个波段的 MODIS 成像光谱仪, 未来的成像光谱仪的波段个数将达到 384 个, 每个波段的波长区间窄到 5 nm。

3. 遥感信息处理方面

随着数字成像技术和计算机图像处理技术的迅速发展, 大容量、高速度的计算机与功能强大的专业图像处理软件的结合成为主流, 如 PCI、ERDAS、ENVI、ER-MAPPER 和 IDRISI 等商品化软件。这些软件本身也在不断完善以适应遥感技术的发展, 如可以读取多种数据格式, 设置专门模块处理雷达图像, 具有三维显示、贯穿飞行等功能, 并与多种地理信息系统软件和数据库兼容。

4. 遥感应用方面

随着遥感应用向广度和深度发展, 遥感探测更趋于实用化、商业化和国际化。由遥感观测到的全球气候变化、厄尔尼诺现象及影响、全球沙漠化、绿波(指植被)推移、海洋冰山漂流等的动态变化现象已经引起人们广泛的重视; 海洋渔业、海上交通、海洋生态等方面的研究中, 遥感也已成为重要角色; 矿产资源、土地资源、森林草场资源、野生动物资源、水资源的调查和农作物的估产都缺少不了遥感手段的应用; 遥感在解决各种环境变化, 如城市化、沙漠化、土地退化、盐渍化、环境污染等问题有其独特的作用。此外, 在灾害监测, 如水灾、火灾、震灾、多种气象灾害和农作物病虫害的预测、预报与灾情评估等方面, 遥感都发挥了巨大的作用。在各种工程建设中, 不同尺度、不同类型的遥感都在不同层次上发挥作用, 如大型水利工程、港口工程、核电站、路网、机场建设、城市规划等, 都从遥感图像取得重要的数据。必须指出的是, 进入 21 世纪后, 国际上几次重大的军事行动也都综合地运用遥感技术以获取重要的信息。

1.3 中国遥感事业的发展

在 20 世纪 30 年代, 我国只有个别城市进行过航空摄影。系统的航空摄影是从 20 世纪 50 年代开始的, 主要应用于地形图的制图、更新, 在铁路、地质、林业等领域的调查、勘测、制图等方面发挥了重要的作用。20 世纪 60 年代, 航空摄影工作粗具规模, 应用范围不断扩大, 航空摄影与航空像片的应用已形成了一套完整的体系。70 年代以来, 航空摄影测量已进入业务化阶段, 全国范围内的地形图更新已普遍采用航空摄影测量, 并开展了不同目标的航空专题遥感试验及应用研究。

中国遥感事业大致经历了 3 个发展阶段: 第一阶段为 20 世纪 70 年代至 80 年代初期, 中国遥感事业开始起步, 主要以学术探讨、调研学习、技术模仿为主; 第二阶段为 80 年代至 90 年代末的试验应用阶段, 主要以研究遥感基础、建设卫星接收系统、配套航空遥感系统、开展“三北”防护林综合遥感调查等试验应用为主; 第三阶段是从 21 世纪开始的实用化与产业化阶段, 在遥感技术系统、实用化应用系统、地理信息系统软件开发与产业化、人才培养和国际合作领域等方面取得了一系列新的成就。

1. 遥感卫星技术方面

我国自 1970 年 4 月 24 日发射“东方红 1 号”人造地球卫星以来, 相继发射了十几种不同类型的 100 多颗人造卫星。太阳同步轨道的“风云 1 号”(FY-1A、1B) 和地球同步轨道的“风云 2 号”(FY-2A、2B) 的发射、返回式遥感卫星的发射与回收, 使我国开展宇宙探

测、通信、科学实验、气象观测等研究有了自己的信息源。1999年10月14日,中巴地球资源遥感卫星 CBERS-1 的成功发射,使我国拥有了自己的资源卫星。“北斗 1/2”定位导航卫星及“清华 1 号”小卫星成功发射,丰富了我国卫星的类型。2002 年 5 月 15 日,我国成功研制并发射了第一颗海洋卫星,开启了我国在海洋遥感领域的新篇章。2008 年 9 月 6 日,我国第一颗环境卫星发射成功,该卫星成为我国遥感卫星的又一新系列。我国还发射了极轨和静止气象卫星(风云系列)、海洋卫星、资源环境卫星等,初步形成了对地观测体系,形成气象卫星、海洋卫星、资源卫星等三大类卫星系列。目前,机载遥感仪器几乎覆盖了遥感的所有波段,具有全波段的探测能力,其中既有被动遥感的光机扫描仪系列、高光谱分辨率、三维成像和多波段微波辐射计系统,又有主动遥感的激光高度计、激光雷达和成像雷达系统,并具有全天候和全天时获取遥感信息的能力。随着我国遥感事业的进一步发展,我国的地球观测卫星及不同用途的多种卫星也将形成对地观测系列,并进入世界先进行列。

2. 遥感信息接收方面

我国于 1986 年建立了专门用于接收、处理与分发国外民用对地观测卫星地面系统并投入正式运行。经过 20 多年来的发展,我国负责接收、处理与分发国际上民用对地观测卫星的中国遥感卫星地面站,已成为国家关键的空间信息基础设施及国际对地观测陆地卫星地面站网的重要成员。接收与记录卫星数据分辨率覆盖 2.5~250 m,数据类型从光学到雷达,卫星范围涉及美国、法国、加拿大、欧洲空间局、日本、印度等国际主流的遥感卫星系列及我国自主发展的资源卫星系列。真正实现了一站多星、全天候、全天时、近实时、多种分辨率,成为世界范围内最成功的对地观测地面站之一。

2013 年,中国科学院遥感与数字地球研究所的数据接收站成功接收“高分一号”卫星首轨成像数据,并成功实现实时记录和大数据量光纤传输,在 6 分钟内,共成功实现 32.5 GB 图像数据的接收。2014 年 8 月,中国的数据接收的密云站、喀什站、三亚站以及国家卫星海洋应用中心的牡丹江站负责承担“高分二号”卫星的数据接收任务,成功完成了卫星数据的可靠接收、卫星图像的实时快视显示、大数据量高速光纤数据传送等运行任务。

3. 遥感图像信息处理方面

目前,国内市场上主流的遥感图像处理软件主要有加拿大 PCI 公司开发的 PCI Geomatica、美国 ERDAS LLC 公司开发的 ERDAS Imagine 以及美国 Research System INC 公司开发的 ENVI;而 RSIES、IRSA、SAR INFORS、CASM ImageInfo 等国产遥感图像处理软件也以其独特的本土化优势冲击着遥感图像处理软件市场。总体上而言,国内遥感图像处理软件价格相对较低,操作流程和界面也容易被国内的客户所接受,但起步较晚,功能设计上尚未成熟,在短时间内还难以满足大型的地理空间研究需求。泰坦遥感图像处理软件(Titan Image)是在充分吸收了国内外优秀遥感软件优点的基础上,由北京东方泰坦科技股份有限公司研发的具有完全自主知识产权的新一代优秀的国产遥感图像处理软件平台,是“国家‘863’商用遥感数据处理专题”的重大科技成果的结晶。

4. 遥感应用方面

自 20 世纪 70 年代中后期开始,遥感技术广泛渗入各地区和各业务部门。涉及的领域广、类型多,既有专题性的,也有综合性的,包括农业生产条件研究、作物估产、国土资源调查、土地利用与土地覆盖、水土保持、森林资源、矿产资源、草场资源、渔业资源、环境评价和监测、城市动态变化监测、水灾和火灾监测、森林和作物病虫害监测、气象监测,以

及港口、铁路、水库、电站等工程勘测与建设的遥感研究,涉及许多业务部门,从而极大地扩展了遥感的应用领域。

当前,我国遥感系列卫星的发展目标和主要任务是:按照国家整体规划,建立多种功能和多种轨道的、由多种卫星系统组成的空间基础设施,与卫星地面应用系统形成完善、连续、长期稳定运行的天地一体化网络系统。总之,我国遥感的未来具有广阔的发展前景,这是一个难得的历史发展机遇,会在部分领域接近或赶上国际先进水平。

参考文献

1. 中国科学院遥感所. 中国遥感科学进展. 北京: 科学出版社, 1998.
2. 中国科学院遥感所. 中国遥感科学进展. 北京: 科学出版社, 1998.
3. 中国科学院遥感所. 中国遥感科学进展. 北京: 科学出版社, 1998.
4. 中国科学院遥感所. 中国遥感科学进展. 北京: 科学出版社, 1998.
5. 中国科学院遥感所. 中国遥感科学进展. 北京: 科学出版社, 1998.
6. 中国科学院遥感所. 中国遥感科学进展. 北京: 科学出版社, 1998.
7. 中国科学院遥感所. 中国遥感科学进展. 北京: 科学出版社, 1998.
8. 中国科学院遥感所. 中国遥感科学进展. 北京: 科学出版社, 1998.
9. 中国科学院遥感所. 中国遥感科学进展. 北京: 科学出版社, 1998.
10. 中国科学院遥感所. 中国遥感科学进展. 北京: 科学出版社, 1998.
11. 中国科学院遥感所. 中国遥感科学进展. 北京: 科学出版社, 1998.
12. 中国科学院遥感所. 中国遥感科学进展. 北京: 科学出版社, 1998.
13. 中国科学院遥感所. 中国遥感科学进展. 北京: 科学出版社, 1998.
14. 中国科学院遥感所. 中国遥感科学进展. 北京: 科学出版社, 1998.
15. 中国科学院遥感所. 中国遥感科学进展. 北京: 科学出版社, 1998.
16. 中国科学院遥感所. 中国遥感科学进展. 北京: 科学出版社, 1998.
17. 中国科学院遥感所. 中国遥感科学进展. 北京: 科学出版社, 1998.
18. 中国科学院遥感所. 中国遥感科学进展. 北京: 科学出版社, 1998.
19. 中国科学院遥感所. 中国遥感科学进展. 北京: 科学出版社, 1998.
20. 中国科学院遥感所. 中国遥感科学进展. 北京: 科学出版社, 1998.

参考文献 (续)

序号	文献名称	作者	出版年份
21	中国科学院遥感所. 中国遥感科学进展. 北京: 科学出版社, 1998.	中国科学院遥感所	1998
22	中国科学院遥感所. 中国遥感科学进展. 北京: 科学出版社, 1998.	中国科学院遥感所	1998
23	中国科学院遥感所. 中国遥感科学进展. 北京: 科学出版社, 1998.	中国科学院遥感所	1998
24	中国科学院遥感所. 中国遥感科学进展. 北京: 科学出版社, 1998.	中国科学院遥感所	1998
25	中国科学院遥感所. 中国遥感科学进展. 北京: 科学出版社, 1998.	中国科学院遥感所	1998
26	中国科学院遥感所. 中国遥感科学进展. 北京: 科学出版社, 1998.	中国科学院遥感所	1998
27	中国科学院遥感所. 中国遥感科学进展. 北京: 科学出版社, 1998.	中国科学院遥感所	1998
28	中国科学院遥感所. 中国遥感科学进展. 北京: 科学出版社, 1998.	中国科学院遥感所	1998
29	中国科学院遥感所. 中国遥感科学进展. 北京: 科学出版社, 1998.	中国科学院遥感所	1998
30	中国科学院遥感所. 中国遥感科学进展. 北京: 科学出版社, 1998.	中国科学院遥感所	1998
31	中国科学院遥感所. 中国遥感科学进展. 北京: 科学出版社, 1998.	中国科学院遥感所	1998
32	中国科学院遥感所. 中国遥感科学进展. 北京: 科学出版社, 1998.	中国科学院遥感所	1998
33	中国科学院遥感所. 中国遥感科学进展. 北京: 科学出版社, 1998.	中国科学院遥感所	1998
34	中国科学院遥感所. 中国遥感科学进展. 北京: 科学出版社, 1998.	中国科学院遥感所	1998
35	中国科学院遥感所. 中国遥感科学进展. 北京: 科学出版社, 1998.	中国科学院遥感所	1998
36	中国科学院遥感所. 中国遥感科学进展. 北京: 科学出版社, 1998.	中国科学院遥感所	1998
37	中国科学院遥感所. 中国遥感科学进展. 北京: 科学出版社, 1998.	中国科学院遥感所	1998
38	中国科学院遥感所. 中国遥感科学进展. 北京: 科学出版社, 1998.	中国科学院遥感所	1998
39	中国科学院遥感所. 中国遥感科学进展. 北京: 科学出版社, 1998.	中国科学院遥感所	1998
40	中国科学院遥感所. 中国遥感科学进展. 北京: 科学出版社, 1998.	中国科学院遥感所	1998

第2章 遥感平台及传感器

2.1 概 述

遥感平台是搭载传感器的工具。根据运载工具的类型,可分为地面平台、航空平台和航天平台。根据遥感的目的、对象和技术特点(如观测的高度或距离、范围、周期、寿命和运行方式等),大体分为:

(1) 地面遥感平台,如固定的遥感塔、可移动的遥感车、舰船等。地面遥感平台高度一般在100 m以下,在其上放置地物波谱仪、辐射计、分光光度计等,可以测定各类地物的波谱特性。

(2) 航空遥感平台(空中平台),如各种固定翼和旋翼式飞机、系留气球、自由气球、探空火箭等。航空遥感平台是指高度在100 m以上、100 km以下,用于各种调查、空中侦察、摄影测量的平台。

(3) 航天平台,一般指高度在240 km以上的航天飞机和卫星等。其中高度最高的要数气象卫星GMS所代表的静止卫星,它位于赤道上空36 000 km的轨道上;地球观测卫星Landsat、SPOT等高度也在700~900 km之间;航天飞机的高度在300 km左右。表2.1中汇总了遥感中可能利用的平台的高度及其使用目的。

表2.1 应用的遥感平台

遥感平台	高度	目的与用途	其他
静止卫星	36 000 km	定点地球观测	气象卫星
圆轨道卫星(地球观测卫星)	500~1 000 km	定期地球观测	Landsat、SPOT等
小卫星	400 km左右	各种调查	
航天飞机	240~350 km	不定期地球观测、空间实验	
天线探空仪	100 m~100 km	各种调查(气象等)	
高高度喷气机	10 000~12 000 m	侦察、大范围调查	
中低高度飞机	500~8 000 m	各种调查、航空摄影测量	
飞艇	500~3 000 m	空中侦察、各种调查	
直升机	100~2 000 m	各种调查、摄影测量	
无线遥控飞机	500 m以下	各种调查、摄影测量	

续表

遥感平台	高度	目的与用途	其他
牵引飞机	50~500 m	各种调查、摄影测量	牵引滑翔机
系留气球	800 m 以下	各种调查	
索道	10~40 m	遗址调查	
吊车	5~50 m	近距离摄影测量	
地面测量车	0~30 m	地面实况调查	车载升降台

现代遥感平台应能提供稳定的对地定向，并对平台飞行高度、速度等有特定的要求。高精度、高分辨率的传感器对平台有更严格的要求，如平台姿态控制和安装精度等。对于雷达类的传感器，遥感平台还需提供安装天线、较大的电源功率等条件。对于热红外光谱段的遥感器，遥感平台还需要提供能满足遥感器冷却到所需工作温度（制冷）的条件，如在卫星上安装辐射制冷器或其他制冷器。此外，遥感平台还应提供传感器合适的环境，如振动和抖动小、电磁干扰小、温度在合适的范围等。

2.2 遥感平台种类及特征

2.2.1 气象卫星

气象卫星是最早发展起来的环境卫星。从 1960 年美国发射第一颗实验气象卫星（TIPOS-1）以来，已经有多种实验性或业务性气象卫星进入不同轨道。气象卫星时间分辨率较高，有助于对地面快速变化的动态监测。静止气象卫星具有较高的重复周期（0.5 小时/次）。极轨卫星如 NOAA 等具有中等重复覆盖周期，约 0.5~1 天/次，扫描宽度约 2 800 km，成像面积大，有利于获得宏观同步信息，只需 2~3 条轨道就可以覆盖我国，相对于其他卫星资料（如陆地卫星）更加容易获得完全同步、低云量或无云的影像。

气象卫星获得的遥感资料包括：可见光和红外云图等图像资料，云量、云分布、大气垂直温度、大气水汽含量、臭氧含量、云顶温度、海面温度等数据资料，太阳质子、 γ 射线和 X 射线的高空大气物理参数等空间环境监测资料，以及对图像资料和数据资料等加工处理后的派生资料。另外，由于气象卫星兼有通信卫星的作用，利用气象卫星上的数据收集系统可以同时收集来自气球、飞机、船舶、海上漂浮站、无人气象站等的各种资料，并转发给地面专门的资料收集和处理中心，已在气象预报、气象研究、资源调查、海洋研究等方面显示了强大的生命力。

1. 全球气象卫星系统

全球气象卫星系统是世界气象监测网计划（world weather watch，WWW）最重要的组成部分，由 64 个国家配合（表 2.2）。该卫星系统包括 5 颗静止卫星系列和 2 颗极轨卫星系列。

表 2.2 全球气象卫星系统

类型	承担国家	卫星名称	卫星监测区域	位置
静止气象卫星	日本	GMS	西太平洋、东南亚、澳大利亚	E140°
	美国	SMS/GOES	北美大陆西部、东太平洋	W140°
	美国	SMS/GOES	北美大陆东部、南美大陆	E70°
	欧空局	Meteosat	欧洲、非洲大陆	0°
	俄罗斯	COMS	欧洲大陆中部印度洋	E70°
极轨气象卫星	美国	NOAA 系列	从 800~1 500 km 高度，南北向绕地球运行，对东西约3 000 km的带状地域进行观测，一日两次。在极地地区观测密集	
	俄罗斯	Meteop 系列		

2. 我国的气象卫星

我国的气象卫星发展较晚。“风云 1 号”气象卫星（FY-1A）是中国发射的第一颗环境遥感卫星，1988 年 9 月 7 日准确进入太阳同步轨道，其主要任务是获取全球的昼夜云图资料以及进行空间海洋水色遥感实验。1990 年 9 月 3 日，风云 1 号的第二颗 FY-1B 发射成功，其所携带的传感器有甚高分辨率扫描辐射计，可用于预报天气、提供植被指数、区分云和雪、进行海洋水色观测等。“风云 2 号”（FY-2A）于 1997 年 6 月 10 日由长征三号火箭从西昌发射中心发射升空，是一颗完全依靠国内自己的力量研制的地球同步轨道静止气象卫星，也是中国第一颗自旋稳定静止气象卫星。主要功能是对地观测，每小时获取 1 次对地观测的可见光、红外与水汽云图。

2.2.2 主要陆地卫星系列

1. 陆地卫星类

用于陆地资源和环境探测的卫星称为陆地卫星系列。按照不同的指标和方法，陆地卫星有多种分类方法。按综合分类方法，可分为陆地卫星类、高空间分辨陆地卫星、高光谱陆地卫星和合成孔径雷达（SAR）卫星等 4 类。陆地卫星在 900 km 左右的高度上沿着太阳同步近极地近圆形轨道运行。目前美国、俄罗斯、法国、印度、中国等都发射了陆地卫星，见表 2.3。

表 2.3 陆地卫星系列轨道参数

系列	发射国家	卫星	传感器类型	重复周期 /d	运行周期 /min	轨道高度 /km
Landsat	美国	Landsat-1~3	TM	18	103.267	915
		Landsat-4/5	TM	16	98.9	705
		Landsat-7	ETM	16	99	705
SPOT	法国	SPOT1~3	HRV	26	101.4	832
		SPOT-4	HRG、VEG			
		SPOT-5	HRG、VEG、HRS			
CBERS	中国 巴西	CBERS-1	CCD 相机、IRMSS、WFI	26	100.26	778
		CBERS-2	CCD 相机、IRMSS、WFI			
		CBERS-02B	CCD 相机、HR、WFI	104		