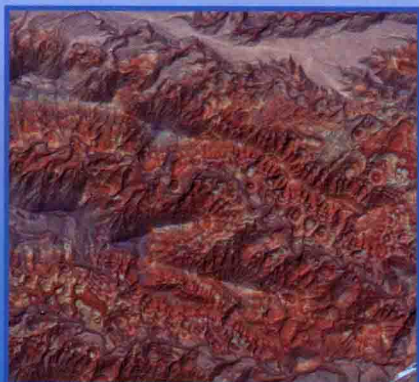


地学遥感应用概论

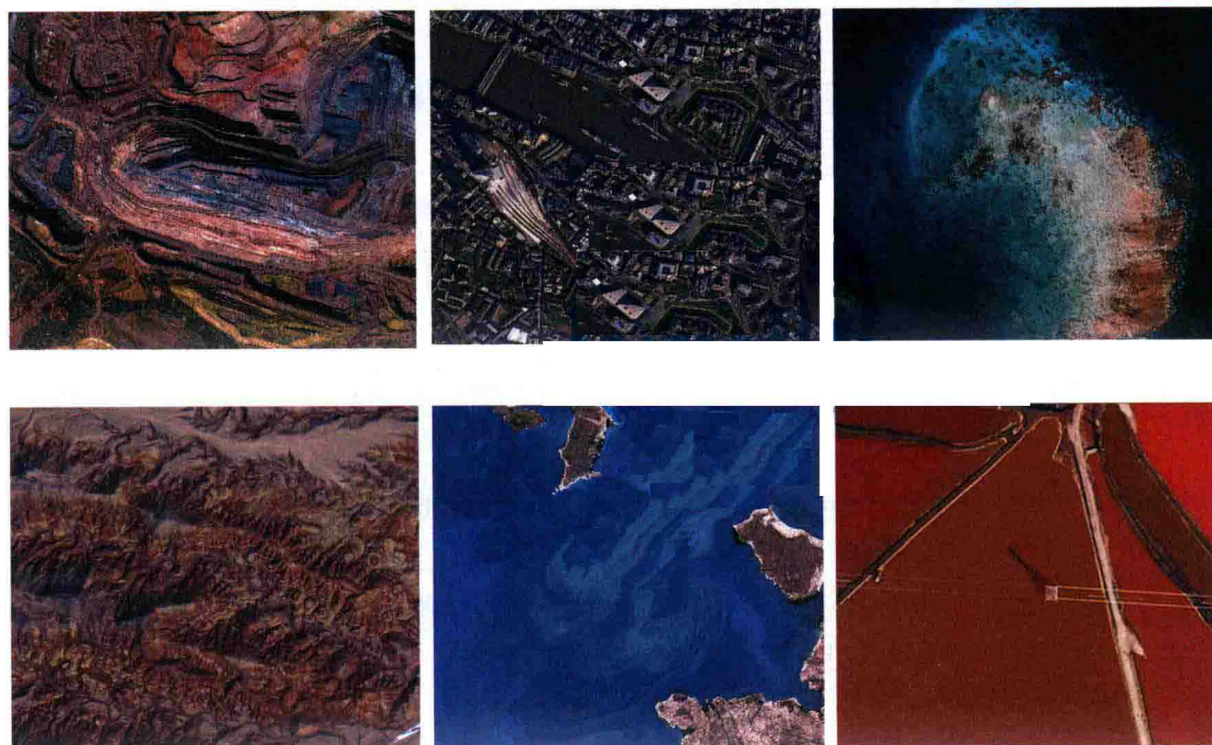
李志忠 汪大明 刘德长 何凯涛 主编



地质出版社

地学遥感应用概论

李志忠 汪大明 刘德长 何凯涛 主编



地

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

地学遥感应用概论 / 李志忠等主编. —北京: 地质出版社, 2017. 4

ISBN 978 - 7 - 116 - 10152 - 4

I. ①地… II. ①李… III. ①遥感技术—应用—大地测量学 IV. ①P22

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 311873 号

责任编辑: 白 铁 吕 静

责任校对: 王洪强

出版发行: 地质出版社

社址邮编: 北京海淀区学院路 31 号, 100083

咨询电话: (010) 66554528 (邮购部); (010) 66554625 (编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

传 真: (010) 66554686

印 刷: 北京地大彩印有限公司

开 本: 889 mm × 1194 mm ¹/₁₆

印 张: 12

字 数: 350 千字

版 次: 2017 年 4 月北京第 1 版

印 次: 2017 年 4 月北京第 1 次印刷

定 价: 50.00 元

书 号: ISBN 978 - 7 - 116 - 10152 - 4

(如对本书有建议或意见, 敬请致电本社; 如本书有印装问题, 本社负责调换)

地学遥感应用概论

编委会

顾问 徐冠华 赵文津 吴双 李子颖

主编 李志忠 汪大明 刘德长 何凯涛

副主编 赵英俊 高振记 党福星 杨日红

编写人员 (以姓氏笔画为序)

王燕 王子涛 王永江 邓小炼 刘德长

汪大明 李加洪 李志忠 李增元 宋宏儒

何凯涛 杜培军 张立福 肖晨超 杨日红

杨燕杰 邱骏挺 周伟 周萍 赵英俊

赵继成 赵慧洁 党福星 郑鸿瑞 高振记

傅肃性 童立强 童勤龙 柴渊 葛榜军

序 言

从宇宙观察地球是将人类梦想变成现实的奇迹，这就是 20 世纪 60 年代崛起的“遥感”。它为人类探索地球、完善地球系统科学以及开拓地球信息科学提供了先进的手段，开启人类迈入太空时代和信息社会的新世元，推动地学应用进入了历史新阶段。

回眸 20 世纪我国地学遥感应用的业绩和成就熠熠生辉：通过遥感、全球定位系统以及地面观测系统共享平台的支持，查明了大量的自然资源，发现新的地下矿产资源，解决国家急需的油气能源、再生资源、生物资源的调查评价等。它们的应用在深度及广度上将遥感技术提升至科学的新水平，为我国国民经济建设发挥了重要作用。我国遥感技术发展迅速，卫星应用向着政府决策、企业应用及民用普及多元应用方向发展；卫星研制朝着智能、小型、组网及卫星群方向发展；遥感监测方式向航天、航空、地面、地下立体化观测模式发展；卫星数据处理向大数据、云平台、天地一体数据同化方向发展。

由李志忠、汪大明、刘德长、何凯涛等主编的《地学遥感应用概论》，即将由地质出版社出版发行，这是作者在遥感地学领域探索应用的新作。本书对地学遥感，包括水土、地质矿产资源评价及其地学规律的认知和信息机理，对固体矿产资源、油气资源、再生资源和城市生态环境等遥感应用提供了原理、方法和实用案例，这对我国“十三五”规划中提出的“国家大数据”、“生态文明”，促进“人与自然”和谐共生，推动低碳与循环经济发展产业体系建设等都具有一定的科学现实意义。

理论方法与技术应用二者密切相关：没有科学理论指导的技术是盲目的，没有技术支持的理论是落后的。《地学遥感应用概论》的作者大都是长期从事该领域的一线科技工作者、专家及学术带头人。该书基于遥感理论、地学多元分析原理，从实践问题出发开展新概念、技术与方法以及科学实验的探索，借鉴前人的成果和经验，推陈出新总结了他们长期以来从事遥感地学应用的宝贵经验与心得，以生动案例、图文并茂剖析解决新的实际问题。本书面对复杂众多的自然环境、多样化的矿产资源、生物资源和生态环境、灾害等，运用地球信息科学理论及其相关机理，由遥感多源信息综合分析、数据挖掘着手，集成专家知识、数字图像融合、模型构建和相关技术，开展了土地资源调查监测、矿产与油气资源探测评价、区域及城市环境监测和地质灾害可视化等应用研究。其中油气异常信息航空高光谱遥感探测是我国新拓展的一应用领域，运用油气烃类光谱测量、数据集成、图谱合一、建模填图等技术，提取异常信息预测目标区，为我国油气资源航空高光谱遥感信息融合、综合集成探测开拓了数字化、定量化研究方法的新技术途

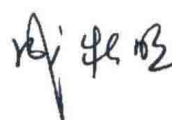
径，将有效带动其他地质领域的创新发展。

《地学遥感应用概论》一书，凝聚了作者的集体智慧和丰富的学识积累，较系统地反映了我国在该领域遥感地学调查、地质矿产资源探测和环境、灾害监测等的应用进展。该书从深空观测地球角度出发，抓住应用重点、热点和难点，结合案例深入浅出地展示了其研究新篇章，对于我国“天空地一体化”战略实施、深化地学应用研究定会相得益彰！诚然，面对我国人口、资源与环境、生态、灾害、城市等问题，突破其间矛盾与瓶颈约束，任重道远、温故知新，有待更好地创新科技，完成承前启后的历史使命。

国际地质科学联合会 (IUGS) 主席

国际数学地球科学学会 (IAMG) 前主席

地质过程与矿产资源国家重点实验室主任



前 言

遥感作为一种重要的空间数据采集手段及地球观测工具，在对地观测、星际探测等领域正发挥越来越重要作用，已在国土、海洋、气象、环保、水利、测绘、农业、林业等行业获得了广泛应用，获得了良好的社会效益和经济效益。未来随着遥感、地理信息系统及空间定位等技术的进步和深度融合，高空间、高光谱、高时相遥感数据的愈加普及，遥感技术在各个领域将有更广泛和深入的应用。为了推动遥感在地学领域的应用，普及遥感地学应用基本知识，特筹划编著了本书，为遥感应用普及贡献绵薄之力。本书主要读者为从事地学遥感应用领域的学者、技术人员及管理人员，也可为遥感学习及应用相关人员提供参考。

广义的地学，泛指地球的大气圈、水圈、生物圈和土圈所涵盖的研究及应用领域，是对以我们所生活的地球为研究对象的学科统称，通常包括地质学、地理学、海洋学、大气物理、古生物学等学科。狭义的地学，主要是指地质学和地理学的统称。本书的应用领域主要指狭义地学范围，重点阐述了遥感在固体矿产、油气、地质环境、地质灾害及城市生态等领域应用，采用作者在实际工作中的案例进行分析，具有一定的实用性和针对性，对在相关领域开展工作的研究人员具有一定参考意义。

全书共计十一章，分上下两篇，上篇包括第一、二、三、四章，重点论述遥感技术发展历程及遥感应用相关基础理论知识。第一章重点论述了遥感类型及遥感发展历史，简述了遥感的特点及应用领域；第二章重点阐述了航天、航空两类遥感系统及相关卫星及数据特点；第三章重点论述了遥感数据的特点、遥感数据处理内容及处理方法，并介绍了主流的遥感数据处理软件；第四章重点阐述高空间分辨率、高光谱及微波遥感技术发展及应用状况，并描述了遥感与 GIS 和 GPS 等技术的集成及应用情况。上篇主要编写人员除四位主编外，李加洪、李增元、杜培军、肖晨超、周伟、周萍、赵继成、赵慧洁、党福星、高振记、傅肃性、葛榜军等参加编写。

下篇包括第五、六、七、八、九、十、十一章，主要结合作者的研究案例阐述遥感在地学领域的应用程序、方法及效果。第五章主要论述遥感在土地资源遥感监测中应用情况，分析了土地监测的主要遥感数据源和遥感监测内容，并阐述了遥感土地监测技术体系；第六章重点阐述了遥感在固体金属矿产找矿原理、技术流程、找矿实例，并总结了金属矿产多光谱遥感找矿模式；第七章重点论述了高光谱遥感在油气资源探测中应用，阐述了遥感油气探测原理和高光谱油气探测技术方法，并给出了具体应用案例；第八章重点从应用领域阐述了遥感作为一种有效手段开展境外矿产调查的应用实例，体现

了遥感作为一种非侵入非接触式探测手段的优势和应用效果；第九章重点论述了遥感在石漠化、矿山环境等地质环境调查中应用；第十章重点分析了遥感在城市格局和生态环境中的应用，阐述了城市遥感应用主要领域并给出了相关应用案例；第十一章重点阐述了遥感在地质灾害调查与监测方面的应用，并基于 GIS 等技术分析了三维遥感可视化技术在地质灾害监测与评估中的应用。下篇主要编写人员除四位主编外，赵英俊、王永江、邓小炼、宋宏儒、张立福、杨日红、赵继成、童立强、童勤龙、周鸿瑞、柴渊、杨燕杰、邱骏挺等参加编写。

本书由李志忠、汪大明、刘德长、何凯涛负责统稿，傅肃性、高振记、郑鸿瑞参加编写及校核工作。本书作者均为长期从事遥感地学应用的科研人员，将各自领域多年来的遥感应用及经验编著整理成书，尤其是把“十一五”、“十二五”期间国家 863 计划的应用成果系统整理编入本书，体现了作者对遥感技术进展的关注和与时俱进的精神。由于本书涵盖领域较多，其中难免有纰漏和不到之处，敬请各位读者批评指正。遥感学科正成为与国计民生紧密关联的学科，这个“王谢堂前燕”，正在飞入寻常百姓家，在祖国大地上落地生根！各位同仁，让我们共同努力，共同发展壮大我国的遥感科学及应用事业！

感谢国土资源部、中国地质调查局、国家测绘地理信息局、中国科学院、中国地质大学、南京大学、吉林大学、核工业北京地质研究院、中国航天科技集团、二十一世纪空间股份公司等部门的大力支持。特别感谢中国地质调查局钟自然局长长期以来对地质遥感应用研究和创新的支持，诚挚感谢徐冠华院士、赵文津院士、吴双研究员、李子颖研究员的关心帮助，衷心感谢国际地科联主席成秋明教授专门为本书作序。各位领导及大师的关心和鼓励是我们前进的重要动力，我们将继续秉承科技创新、支撑社会、服务国家的理念，把我国遥感应用事业推向更加广阔的天地。

2017 年 5 月

主要单位及符号对照表

nm	纳米
μm	微米
mm	毫米
cm	厘米
m	米
km	千米
km^2	平方千米
g	克
kg	千克
SAR	合成孔径雷达
bit	比特
TB	Terabyte, 太字节, 等于 1024GB
Ma	百万年
Ppb	十亿分之一, part per billion 的缩写 10^{-9}
K	开尔文, 热力学温度单位

目 录

序 言
前 言

上 篇

1 遥感概述	(1)
1.1 遥感的基本概念	(1)
1.2 遥感类型和特点	(2)
1.2.1 遥感的类型	(2)
1.2.2 遥感的特点	(2)
2 遥感信息源	(6)
2.1 航天遥感系统及数据	(6)
2.1.1 陆地卫星及数据	(6)
2.1.2 气象卫星及数据	(10)
2.1.3 海洋卫星及数据	(11)
2.1.4 雷达卫星和宇宙飞船及数据	(13)
2.2 航空遥感系统及数据	(14)
2.2.1 航空遥感技术的起源与发展	(14)
2.2.2 航空遥感的传感器及数据	(16)
2.2.3 新兴的航空遥感技术及数据	(19)
3 遥感数字图像处理方法原理	(22)
3.1 遥感数字图像的基础与特点	(22)
3.2 遥感数字图像处理内容	(27)
3.2.1 图像姿态参数校正	(28)
3.2.2 图像增强	(28)
3.2.3 图像分类与融合	(30)
3.2.4 GIS 支持的遥感图像处理	(31)
3.2.5 高空间分辨率多光谱遥感图像处理	(31)
3.2.6 高光谱遥感图像处理	(32)
3.2.7 基于数据挖掘与知识发现的遥感图像处理	(33)
3.3 遥感数字图像处理方法	(34)
3.3.1 直方图法	(34)
3.3.2 邻域法	(34)
3.3.3 卷积法	(34)

3.3.4	频率域增强法	(35)
3.3.5	图像运算法	(35)
3.3.6	非监督分类法	(35)
3.3.7	监督分类法	(36)
3.3.8	图像分割法	(36)
3.4	遥感数字图像处理基础软件	(36)
3.4.1	PCI Geomatica 软件	(36)
3.4.2	ERDAS IMAGINE 软件	(36)
3.4.3	ENVI 软件	(37)
3.4.4	MAPGIS 图像处理软件	(37)
3.4.5	MapInfo 软件	(37)
3.4.6	Photoshop 软件	(37)
3.4.7	ArcGIS 软件	(37)
3.4.8	eCognition 软件	(37)
4	地学遥感新技术与集成	(39)
4.1	高空间分辨率多光谱遥感技术及其应用方面	(39)
4.2	高光谱遥感技术及其应用方面	(40)
4.2.1	高光谱遥感平台与数据处理技术方法	(41)
4.2.2	高光谱遥感的应用方面	(43)
4.3	微波遥感技术及其应用方面	(45)
4.3.1	微波遥感	(45)
4.3.2	微波遥感的波段划分	(45)
4.4	多角度遥感技术及其应用方面	(48)
4.5	天基激光雷达技术及其应用方面	(49)
4.6	太赫兹遥感技术及其应用方面	(50)
4.7	多源遥感协同探测与小卫星编队组网检测技术及其应用方面	(51)
4.8	对地观测“3S”技术集成	(53)
4.8.1	“3S”集成技术基础	(53)
4.8.2	“3S”技术集成与应用	(55)
4.8.3	“3S”技术集成的模式与关键技术	(57)
4.8.4	“3S”集成与遥感技术综合应用	(58)

下 篇

5	土地资源遥感监测应用	(63)
5.1	土地资源遥感的数据源分析	(63)
5.2	土地资源遥感调查的内容	(65)
5.3	建立土地资源遥感技术体系	(67)
6	金属矿产遥感找矿模式与应用	(73)

6.1	金属矿产遥感找矿原理与方法	(73)
6.1.1	金属矿产遥感找矿原理	(73)
6.1.2	遥感金属矿产找矿常用影像处理方法	(76)
6.2	多光谱遥感找矿	(77)
6.2.1	多光谱遥感找矿技术流程	(77)
6.2.2	金属矿产多光谱遥感找矿实例	(79)
6.2.3	金属矿田多光谱遥感图像的几种模式	(81)
6.3	高光谱遥感找矿	(82)
6.3.1	高光谱遥感矿物填图	(82)
6.3.2	金属矿产航空高光谱遥感找矿实例	(83)
7	油气高光谱遥感探测与应用	(96)
7.1	油气渗漏运移的原理和方式	(96)
7.1.1	扩散式	(96)
7.1.2	渗透式	(96)
7.1.3	水动力式	(96)
7.2	油气渗漏异常的形成机理及特征光谱	(97)
7.2.1	烃异常的形成机理及特征光谱	(97)
7.2.2	碳酸盐异常形成机理	(97)
7.2.3	黏土化异常形成机理及特征光谱	(97)
7.2.4	铁异常的形成机理及特征光谱	(98)
7.2.5	植被异常形成机理及特征光谱	(98)
7.3	高光谱遥感油气渗漏异常探测技术	(99)
7.4	烃类识别模型的建立	(100)
7.5	高光谱遥感油气填图方法	(100)
7.5.1	光谱角度填图 (SAM)	(100)
7.5.2	光谱信息散度匹配 (SID)	(102)
7.5.3	混合调制匹配滤波 (MTMF)	(102)
7.5.4	掩模技术	(103)
7.5.5	综合方法	(103)
7.6	国外高光谱遥感油气探测的现状	(104)
7.6.1	卫星高光谱油气探测及其应用效果	(104)
7.6.2	航空高光谱遥感油气探测及其应用效果	(104)
7.6.3	高光谱遥感为主的综合油气探测及其应用效果	(104)
7.7	国内高光谱遥感油气探测的进展	(104)
7.7.1	卫星高光谱遥感油气探测的进展	(104)
7.7.2	航空高光谱油气探测的进展	(107)
7.8	高光谱遥感油气探测方法	(113)
7.8.1	光谱特征参数识别法	(113)
7.8.2	烃及其蚀变信息填图法	(113)

7.8.3	植被异常提取方法	(113)
7.9	高光谱遥感油气探测的技术流程	(114)
7.10	高光谱遥感油气探测的产品类型	(115)
8	境外矿产遥感调查与评价的实例分析	(116)
8.1	非洲大陆成矿背景地质调查与评价实例分析	(116)
8.1.1	非洲大陆矿产资源概况	(116)
8.1.2	控矿主导因素遥感识别与提取	(117)
8.1.3	非洲大陆成矿带遥感综合分析评价	(117)
8.2	赞比亚铜(钴)矿遥感调查与评价实例分析	(121)
8.2.1	矿产资源概况	(121)
8.2.2	控矿构造与赋矿岩层识别与提取	(122)
8.2.3	蚀变矿物信息提取与分析	(122)
8.3	秘鲁阿雷基帕地区斑岩铜矿遥感调查与评价实例分析	(126)
8.3.1	斑岩铜矿成矿带矿床地质特征	(126)
8.3.2	斑岩铜矿示矿信息提取	(129)
8.3.3	斑岩铜矿找矿靶区的遥感预测	(129)
8.3.4	境外矿产遥感调查与评价的几点启示	(130)
9	地质环境遥感调查与监测	(135)
9.1	石漠化遥感调查与监测	(135)
9.1.1	石漠化遥感影像特征	(135)
9.1.2	石漠化遥感信息提取	(136)
9.1.3	石漠化调查与演变分析	(136)
9.2	矿区环境遥感动态监测分析	(141)
10	城市格局与生态环境的遥感分析	(143)
10.1	城市遥感基本原理和研究内容	(143)
10.1.1	基本原理	(143)
10.1.2	研究内容	(143)
10.2	城市遥感的技术关键	(144)
10.2.1	城市遥感信息的处理方法	(144)
10.2.2	城市遥感解译的重点	(144)
10.3	城市环境遥感分析实例	(146)
10.3.1	城市景观结构分析	(146)
10.3.2	城区道路规划与交通环境分析	(146)
10.3.3	城区变迁分析	(147)
10.3.4	城市环境污染分析	(147)
10.4	景观格局遥感变化分析实例	(148)
10.5	城市热岛效应分析实例	(152)
10.6	城市地表不透水层分析实例	(152)
11	地质灾害的遥感调查与三维可视化分析	(156)

11.1	地质灾害遥感调查与监测	(156)
11.1.1	孕育地质灾害的背景调查	(156)
11.1.2	地质灾害现状调查	(156)
11.1.3	地质灾害动态监测与预警	(157)
11.1.4	灾情实时(准实时)调查与评估	(157)
11.1.5	区域性地面沉降监测	(157)
11.2	地质灾害的三维可视化分析	(159)
11.2.1	三维遥感地质灾害调查的发展与应用	(159)
11.2.2	三维遥感可视化的流程和关键技术	(160)
11.2.3	地质灾害三维遥感调查平台实现与应用案例	(164)
主要参考文献		(174)

上 篇

1 遥感概述

从宇宙观测人类生存的地球，长期以来一直是人们的梦想。美国的怀特兄弟第一次驾驶飞机从高空看地球时那种君临天下的感受令他们无比惊喜；法国人第一次从空中拍摄了地面的照片，开拓了人类从宇宙空间观看地球的方式和手段。在 20 世纪中期的太平洋彼岸，火箭一声巨响把人类的梦想带到了天外，人类可以从全新的角度来观察自己赖以生存的摇篮。

1.1 遥感的基本概念

遥感是在 20 世纪 30 年代航空摄影与制图的基础上，伴随电子计算机技术、空间及环境科学的进步，于 60 年代勃勃兴起的综合性信息科学与技术，是对地观测的一种新的先进技术手段。从广义来说泛指各种非接触、远距离探测物体的技术，而狭义的遥感是指电磁波遥感，即从高空以至外层空间的平台上，利用可见光、红外、微波等直接成像的传感器，通过摄影扫描，信息感应、传输和处理等技术过程，识别地面物体的性质和运动状态的现代化技术系统。

空间信息的获取技术有多种方式，利用遥感技术进行目标探测是获取信息的重要方式。用遥感数据制作数字正射影像图，并用交互式方法进行目标提取的技术也已成熟，已生产大量遥感数字正射影像产品。

遥感技术系统从地面到高空的观测主要是航空遥感和航天遥感，包括空间信息采集系统（遥感平台和传感器）、地面接收和预处理系统（辐射校正和几何校正）、地面实况调查系统（收集环境和气象数据）、信息分析应用系统（图 1.1）。

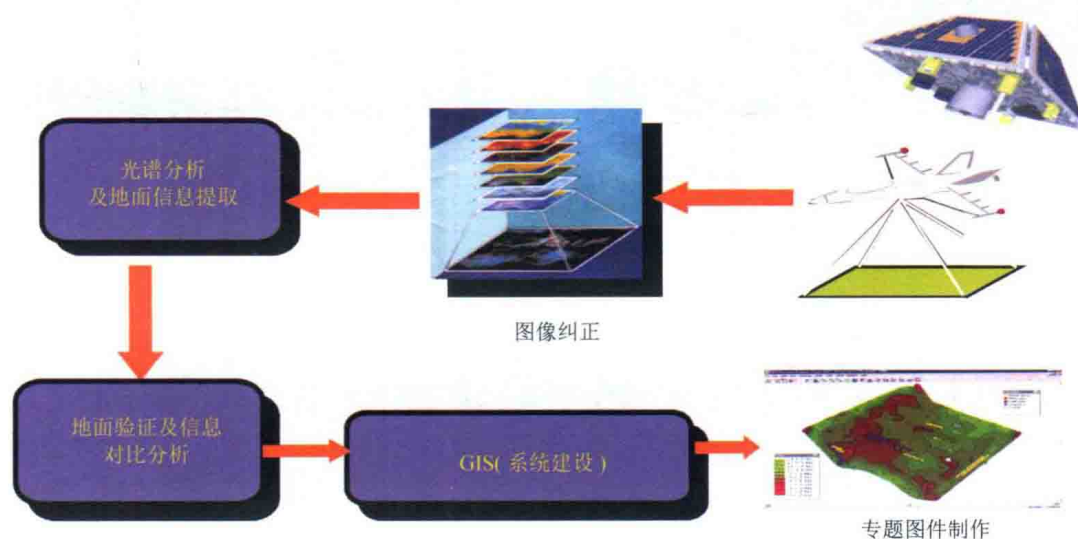


图 1.1 遥感的工作流程

1.2 遥感类型和特点

1.2.1 遥感的类型

遥感的分类方法很多，既可按照遥感平台、传感器类型分类，也可按照应用领域分类。按遥感平台可分为：地面平台，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；航空平台，传感器设置于航空器上，主要是飞机、气球等；航天平台，传感器设置于环地球的航天器上，如人造地球卫星、航天飞机、空间站、火箭等；航宇平台，传感器设置于星际飞船上，指对地月系统外的目标的探测。按传感器的探测波段可分为：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 $0.76 \sim 1000 \mu\text{m}$ 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，指探测波段在可见光和红外波段范围内还可再分成若干波段来探测目标。按工作方式分为主动遥感和被动遥感：主动遥感由探测器主动发射一定电磁波能量，并接收目标的后向散射信号；被动遥感的传感器不向目标发射电磁波，仅被动接收目标物的自身发射和对自然辐射源的反射能量。按遥感的应用领域可分为大气遥感、陆地遥感、海洋遥感等。从应用领域还可分为资源遥感、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。

从卫星上传输下来的遥感图像具有不同的数据格式和不同的清晰度（空间分辨率），图 1.2 显示了不同分辨率图像的特点。

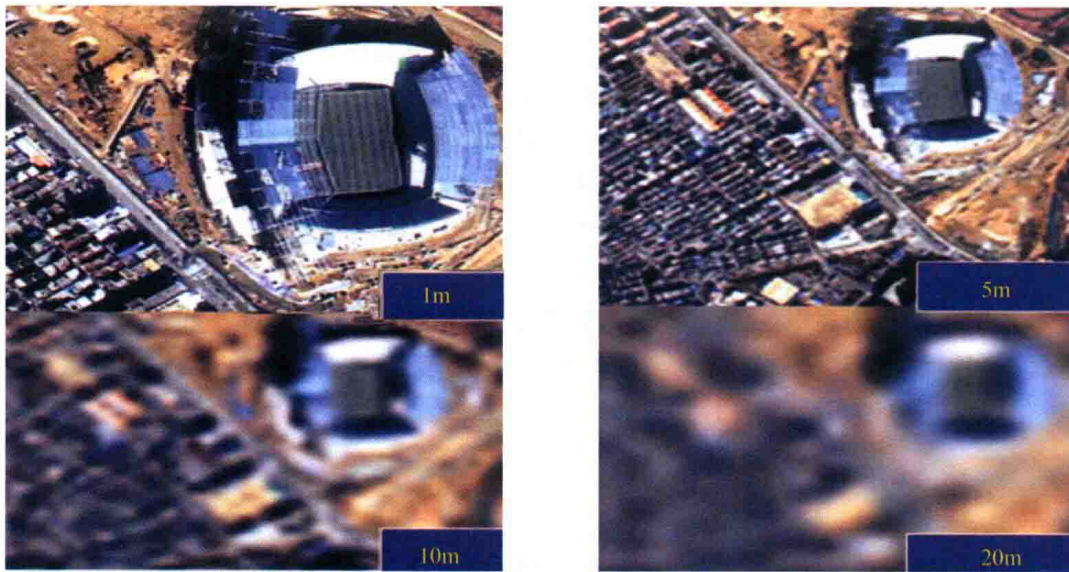


图 1.2 不同分辨率的遥感图像

1.2.2 遥感的特点

遥感技术所观测到的结果超越了人眼所能感受到的可见光的限制，并极大地延伸了人的感官范围。通过遥感技术能快速、及时地监测环境的动态变化。它涉及天文、地学、生物学等应用领域，广泛吸取了电子、激光、全息、测绘等多项技术的先进成果。它为资源勘测、环境监测、军事侦察等提供了现代化高新技术手段。遥感技术的特点归纳起来主要有以下 4 个方面：

(1) 从宇宙空间观测地球，获取综合性地表信息

遥感探测所获取的是某一时段、覆盖大范围地区的遥感数据，宏观综合地反映了地球上各种地物

的形态和分布，真实地体现了地质、地貌、土壤、植被、水文、人工构筑物等的特征，全面地揭示了地理事物之间的关联性。此外，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，数据具有可比性。与传统地面调查和考察比较，遥感数据更能客观地反映地物信息。

(2) 通过探测器平台数据，实时监测地物动态变化

遥感探测能按照一定周期、重复地对同一地区进行观测。例如，地球同步轨道卫星可每半个小时对地观测一次，太阳同步轨道卫星可每天2次对同一地区进行观测。这有助于人们通过所获取的遥感数据，发现并动态跟踪地球上许多事物的变化，从而有利于研究自然界的规律，尤其是在监视天气状况、自然灾害、环境污染，乃至军事目标等方面有十分重要的作用。相较而言，传统的地面调查则须投入大量的人力、物力，用几年甚至几十年时间才能获得区域动态变化的数据。

(3) 探测范围广、采集数据周期短、速度快

遥感探测能在较短的时间内，从航空或航天平台对大范围区域进行对地观测，并从中获取有价值的遥感数据。这些数据拓展了人们的视觉空间，为宏观地掌握地面事物的现状创造了极为有利的条件。同时也为宏观地研究自然现象和规律提供了宝贵的第一手资料。一般而言，遥感平台越高，视角越宽广，可同步探测到的地面范围越大，越容易发现地球上一些大型重要目标物及其空间分布规律。

(4) 可多方式获取海量信息，效益好

遥感的费用投入与所获取的效益与传统方法相比，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。据估计，美国陆地卫星的经济投入与取得的效益比为1:80，甚至更高。

从上不难看出，遥感技术具有综合性、周期短、实时性、覆盖广、宏观性和效益好等优点。对于遥感的应用，随着卫星影像分辨率（空间、时间和光谱）的不断提高，以及影像校正、增强、融合等图像处理技术的创新和完善，卫星影像在天气预报、海洋监测（图1.3）、环境监测、地质调查、国土调查、林农调查、资源管理、城市规划（图1.4）、水文观测、地形测绘、灾害监测与评估、风景区的开发与规划，以及重大工程和交通等领域发挥的作用越来越大。遥感已为国民经济和社会的发展提供服务，地学遥感，以地球的资源环境、灾害等为主要研究对象，是主要应用领域之一。

环境遥感可对自然与环境的状况及动态变化进行监测并作出评价与预报。由于人口的增长与资源的开发、利用，自然与环境随时都在发生变化，利用遥感多时相、周期短的特点，可迅速为环境监测、评价和预报提供可靠依据（图1.3）。遥感应用研究从其空间尺度可分为全球遥感、区域遥感和城市遥感。

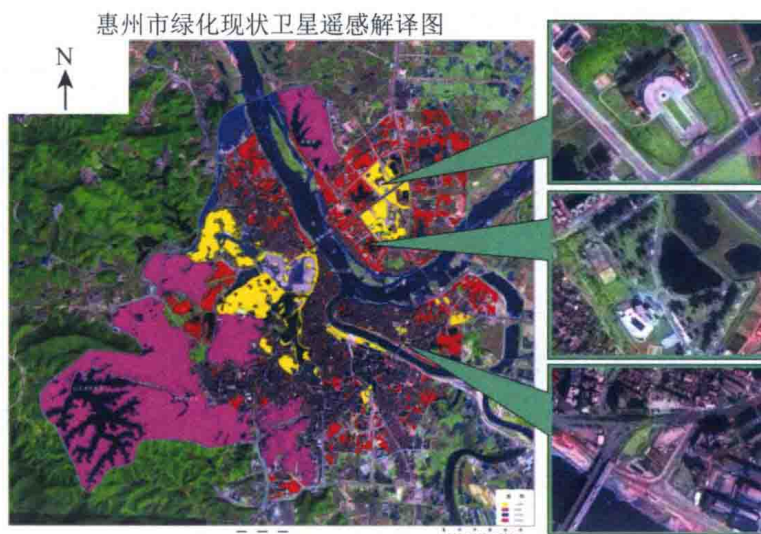


图 1.3 环境遥感监测图