

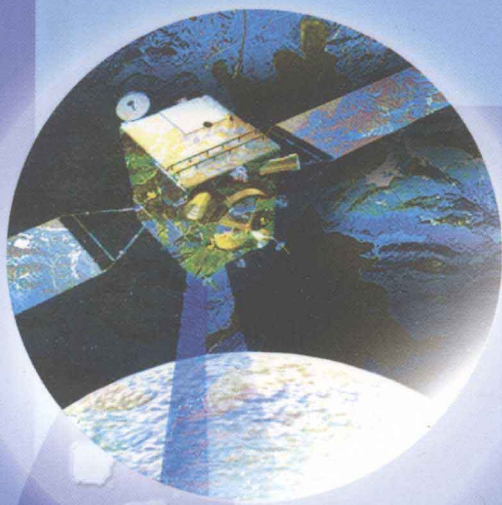
- 中国地质大学(武汉)地学类系列精品教材
- 国家地质学理科基地专项基金资助

地学遥感概论

DIXUE YAOGAN GAILUN

主 编 薛重生

副主编 张 志 董玉森 陈 于



中国地质大学出版社有限责任公司

ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE YOUXIAN ZEREN GONGSI

- 中国地质大学(武汉)地学类系列精品教材
- 国家地质学理科基地专项基金资助

地学遥感概论

DIXUE YAOGAN GAILUN

主 编 薛重生

副主编 张 志 董玉森 陈 于



中国地质大学出版社有限责任公司

ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE YOUXIAN ZEREN GONGSI

内 容 提 要

本书是中国地质大学(武汉)地学类系列精品教材编著规划的研究成果,是地理类专业公共核心课教材,也是地质类专业基础课程教材。

教材在多年教学实践中,注重反映地学遥感理论及应用技术的最新成果,在遥感技术系统、遥感物理、图像处理、摄影测量的基础上,以较大的篇幅系统介绍了地学图像解译原理、地理遥感、地质遥感、遥感找矿、矿山环境遥感、工程地质遥感及地质旅游资源遥感。

本教材在教学方法上强调理论与实践的结合,并特别注重遥感实践能力的培养,全书引用了各类遥感图像近 200 幅,并做了适当解译说明。

本书适合地学类及相关专业的遥感概论课程教学,也适合遥感专业技术人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

地学遥感概论/薛重生主编,张志、董玉森、陈于副主编. —武汉:中国地质大学出版社有限责任公司,2011.7

ISBN 978-7-5625-2596-7

- I. ①地…
- II. ①薛…②张…③董…④陈…
- 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(2011)第 129453 号

地学遥感概论

薛重生 主 编

张 志 董玉森 陈 于 副主编

责任编辑:段连秀

技术编辑:阮一飞

责任校对:戴 莹

出版发行:中国地质大学出版社有限责任公司(武汉市洪山区鲁磨路 388 号) 邮政编码:430074

电 话:(027)67883511

传真:67883580

E-mail:cbb@cug.edu.cn

经 销:全国新华书店

<http://www.cugp.cug.edu.cn>

开本:787 毫米×1092 毫米 1/16

字数:710 千字 印张:26.5 彩插:16

版次:2011 年 7 月第 1 版

印次:2011 年 7 月第 1 次印刷

印刷:武汉市教文印刷厂

印数:1—5 000 册

ISBN 978-7-5625-2596-7

定价:49.80 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

中国地质大学(武汉)地学类系列精品教材

策划、编辑委员会

策划部组成

主任：梁志

副主任：刘桂涛

成员：张晓红 段连秀 赵颖弘

编辑部组成

主任：刘桂涛

成员：张晓红 段连秀 赵颖弘

谌福兴 王凤林 周华

前 言

《地学遥感概论》第一版校内教材于1998年开始用于“地理科学”及“资源环境与城乡规划管理”本科专业教学,由薛重生、张志编写,王京名做编务协助工作。2005年列入中国地质大学出版社规划教材计划。

《地学遥感概论》教材的核心内容是系统介绍地学遥感过程中的应用理论、应用技术及其所需的图像识别和地学解译的知识系统。地学遥感过程可以分为从电磁辐射信号到图像数据、从原始图像数据到图像增强处理后的数据、从图像数据到地学专题信息、从地学信息到地学信息工程四个层次。本教材的重点是第三层次的理论、知识及其应用技术,兼顾第四层次的地学遥感信息工程的实践能力和行业遥感规范和技术标准。

本次编写过程中,结合教学实践对教材编写提纲进行了系统的调整和修改,删减了航空相片特性、卫星遥感图像特性等一般性内容,增加了航空摄影测量制图及部门遥感信息工程应用等章节的内容,将原教材的矿产资源遥感、工程地质遥感内容单列成章(第九章、第十章),将原教材的“旅游资源遥感”改为“地质旅游资源遥感”(第十一章),并以地质地貌景观遥感与旅游资源评价为重点。结合地球科学领域对遥感及空间信息技术的教学需求,本教材以地理遥感、地质遥感为重点,从地学遥感图像认知理论到地学遥感图像解译的基础理论系统、基本知识系统及实践环节作了较大的结构性改进和知识集成。

原稿编写人员:

薛重生:绪论、第一章、第三章、第六章至第十一章;张志:第一章(部分)、第二章、第三章(部分)、第七章(部分);董玉森:第四章;陈于:第五章;全书由薛重生统编修改定稿。

中国地质大学出版社段连秀副编审对全书进行了系统编辑,提出了重要的修改意见,在出版中对本教材作了大量细致的编辑加工和文字工作,为教材顺利出版作出了贡献;教材图件由彭凤娟进行整理清绘,对此特表衷心感谢!

特别感谢曲梅兰编审对全书所做的审查和系统校对工作,对她提出的问题已做了全面的响应和修改。

中国地质大学(武汉)教务处、教材科对本教材的出版提供了经费支持和工作指导,特表衷心的感谢!

中国地质大学(武汉)地球科学学院为本教材的出版提供了经费支持和编写人员的组织安排,特此表示感谢!

编 者

2010年12月于武汉

目 录

绪 论	(1)
第一章 遥感技术概论	(6)
第一节 遥感及分类	(6)
第二节 遥感技术系统	(14)
第三节 遥感应用的学科领域	(15)
第四节 遥感应用的技术类型	(19)
第二章 遥感物理基础	(20)
第一节 电磁波的理论基础	(20)
第二节 太阳辐射与地球辐射	(27)
第三节 电磁波与大气层的相互作用	(30)
第四节 电磁波与地表的相互作用	(34)
第五节 地物的反射光谱特征	(37)
第三章 遥感平台及其图像特性	(43)
第一节 遥感平台分类	(43)
第二节 航空遥感平台与图像特性	(44)
第三节 航天遥感平台与图像特性	(52)
第四节 航天遥感图像的分辨率与图像质量评价	(64)
第四章 遥感数字图像处理	(68)
第一节 遥感数字图像处理的基本概念	(68)
第二节 遥感数字图像的预处理	(70)
第三节 遥感图像的增强	(81)
第四节 图像数据的融合	(91)
第五节 遥感数字图像的分类处理	(95)
第五章 摄影测量与遥感制图	(100)
第一节 摄影测量学基础	(100)
第二节 航空摄影测量与制图	(107)
第三节 数字摄影测量	(119)
第四节 立体测图卫星与卫星影像制图	(123)
第六章 遥感图像地学解译原理与方法	(135)
第一节 遥感图像解译原理	(136)
第二节 遥感图像地学解译标志	(141)

第三节	遥感图像解译标志的地域性与可变性·····	(151)
第四节	遥感图像地学解译标志的直接性与间接性·····	(152)
第七章	地理遥感 ·····	(154)
第一节	地理遥感概论·····	(154)
第二节	地貌遥感·····	(157)
第三节	水资源遥感·····	(179)
第四节	植被遥感·····	(187)
第五节	土壤遥感·····	(198)
第六节	土地资源遥感·····	(203)
第七节	城市遥感·····	(213)
第八节	考古遥感·····	(219)
第八章	地质遥感 ·····	(226)
第一节	地质遥感概论·····	(226)
第二节	岩性识别原理与图像解译·····	(229)
第三节	遥感图像的地层解译·····	(257)
第四节	遥感图像的构造地质解译·····	(264)
第九章	遥感找矿与矿山环境遥感 ·····	(299)
第一节	矿产资源遥感概述·····	(299)
第二节	高光谱与遥感找矿标志·····	(300)
第三节	成矿地质条件遥感研究·····	(303)
第四节	矿山遥感与地质环境监测·····	(308)
第五节	危机矿山遥感与接替资源找矿·····	(311)
第十章	工程地质遥感 ·····	(313)
第一节	工程地质遥感概述·····	(313)
第二节	工程地质条件遥感解译基本内容·····	(315)
第三节	工程地质遥感勘测方法·····	(326)
第四节	线路工程地质遥感·····	(328)
第五节	场地工程地质遥感·····	(341)
第十一章	地质旅游资源遥感 ·····	(356)
第一节	旅游资源遥感概论·····	(356)
第二节	岩石地貌景观类型与图像识别·····	(364)
第三节	峡谷地貌景观与图像识别·····	(385)
第四节	海岸与岛屿地貌景观的图像识别·····	(404)
第五节	地质旅游资源遥感评价·····	(418)
附录	遥感专业词汇的中英文对照及名词解释 ·····	(423)
参考文献	·····	(431)

绪 论

遥感(Remote Sensing)技术是 20 世纪 60 年代迅速发展起来的一门综合性空间探测技术。它是建立在地球科学技术、空间科学技术、现代物理学(如光学技术、红外技术、微波技术、雷达技术、激光技术、全息技术等)、计算机技术科学和现代信息科学技术基础上的一种高新技术,已成为现代空间高新技术的重要组成部分和空间信息科学的基础,是现代社会从工业化时代发展到信息化社会的重要支撑技术,也将成为实现全球信息社会(Global Information Society, GIS)的重要的空间信息源。

遥感是当代对地观测的最重要的技术手段之一。现代遥感技术扩大了人们对地观测的视野与观察的领域,标志着人类对地球的研究手段与监测技术进入了一个新的发展阶段。它使我们能够从宇宙高度、从不同尺度去观测我们赖以生存的地球及地外的其他星球。空间遥感信息的处理和应用改变了我们对世界及其环境的理解,也首次使我们能到邻近的行星周围去进行观察,从而对地球的星外环境从本质上有了新的认识。

地学遥感概论课程是学习空间信息科学的入门课程,它是全面介绍摄影测量、遥感和地理信息系统的普及型课程。从空间信息科学角度看,地学遥感概论又是将地球信息科学研究领域的空间信息处理、地学空间数据采集、地学制图与地理信息系统相结合的一门综合性课程。

1. 现代空间遥感技术的发展现状

现代空间遥感技术的最新发展标志主要体现在以下三个领域。

(1)空间运载工具。即空间飞行器,它是携带遥感传感器的遥感平台。遥感平台经历了从探空气球到飞机再到卫星飞行器的三个发展阶段。从 20 世纪 40 年代的以航空飞行器为运载工具的航空摄影测量发展到以人造地球卫星、航天飞机等航天(轨道)飞行器为运载工具的航天遥感平台,现已构成了当今高、中、低轨道结合,大卫星与小卫星协同,粗、精、细分辨率图像互补的多平台、多数据源的空间遥感平台及天地一体化的对地观测系统。天地一体化的核心技术是以形成国家快速空间信息流为基础,借以满足国家对建设信息高速公路的地学空间信息和其他关联信息的需求,其技术目标是:①构建由航空-航天-地面台站多级遥感平台组成的互连网络系统;②构建图像图形海量数据宽带传送数据流;③构建地球圈层多层次遥感-遥测-动态监测的对地观测系统。对地观测和空间科学探索研究是空间信息探测的科学目标和重要技术之一。对地观测包括地球表层的资源-环境动态监测、地球的磁场、重力场、地热场、地震场的动态监测以及对大气层的外层空间辐射、磁暴及臭氧层的动态监测等内容。

(2)遥感传感器(Sensor)。即基于现代光电技术的数字成像系统。遥感传感器的光谱探测范围从 20 世纪 60 年代的可见光航空摄影测量扩展到红外谱段、紫外谱段、微波谱段等非可见光谱范围;空间遥感器已经从摄影方式的光学照相机发展到基于扫描方式的全数字成像多光谱传感器;多光谱遥感的光谱分辨率从宽波段发展到基于细分光谱的成像光谱仪,出现了高光谱、超光谱高分辨率的遥感图像;从基于二维的成像传感器发展到基于三维成像的激光遥感

成像传感器(Lidar);扫描传感器从基于二维的线扫描成像方式发展为基于面阵推扫方式的CCD数字成像技术,从而极大地提高了图像的几何分辨率。目前卫星遥感图像的空间分辨率已从公里级发展到了米级及亚米级,商用卫星遥感图像的地面分辨率已经达到了0.46m。航空航天遥感传感器的数据获取技术趋向于“三多”特征(多平台、多传感器、多角度)和“三高”品质(高空间分辨率、高光谱分辨率和高时相分辨率)的发展方向。

(3)“3S”技术与空间信息的综合集成。现代空间信息技术的另一个特征是遥感(RS)、全球定位系统(GPS)和地理信息系统(GIS)(称为“3S”技术)的系统集成和空间数据的一体化综合处理及数据集成技术。它为地球科学提供了全新的研究手段,从而推进地球科学在理论研究和方法技术研究领域上的重大变化,标志着在地理信息获取和分析处理方法的一场革命。

遥感技术为地球系统科学研究提供了对地观测的全新资料和先进的技术手段。遥感技术提供了全球或大区域精确定位的高精度宏观影像,它为数字地球和地球表层系统的岩石圈、水圈、气圈和生物圈研究提供了多尺度、多时相、多频谱、多观测视角、多光谱信息的空间数据源,提高了人类的对地观测能力。

全球定位系统是为空间信息探测和对地观测系统提供准确定位信息的技术系统,GPS的位置测量技术可以全天候地提供各类观测和空间探测点的地理位置坐标(X,Y)及其高程数据。GPS技术已经广泛地应用于大地测量、工程测量、导航定位、动态监测和基于社会民众应用的生活领域。

基于RS、GPS和GIS的集成技术和数字地球的定量分析技术,促进了人类对地球从以定性描述为主到以定量分析为主的研究方法的过渡,实现了从空间维度和时间维度综合角度定量地研究地球资源环境演变格局,为全球社会的可持续发展研究提供了科学依据和数据基础。

2. 遥感信息科学与地球空间信息科学的学科理论

遥感技术是对地观测技术的重要组成部分,对地观测技术是基于空间遥感技术、现代高精度数字摄影测量技术和地理信息科学及空间定位系统(GPS)等数字信息技术所构成的现代地球空间信息科学(Geoinformatics)。地球空间信息科学的产生与发展是当代地球科学发展的必然产物,随着人类社会信息化进程的快速发展,对地球科学的研究就需要引入空间信息技术来研究全球的资源、环境及其全球变化问题。空间信息科学是研究地球表层资源、环境及其全球变化的数据获取与动态监测的基础;遥感信息技术将为全球性的整体研究提供最新、最快、最精细的科学数据。遥感图像数据为数字地球和地球信息科学提供了最佳的空间信息源。

图像信息理论是基于摄影测量、遥感和地理信息系统相结合的一门空间信息科学分支。王之卓院士首先提出图像信息学(Iconic Informatics)概念,将图像信息学定义为记录、存储、传输、测量、处理、解译、分析和显示由非接触式传感器影像获得的目标图像及其环境的信息科学、技术和经济实体。有的学者提出地球信息科学(Geo-Informatics)概念,认为其所研究的内容比图像信息学更宽广。李德仁院士提出基于航测、制图和地理信息系统相结合的“空间信息科学”(Geomatics)概念,指出地球科学研究的最终目标是运用空间信息技术为监测全球变化和区域可持续发展服务。随着世界信息社会的快速发展,地球信息科学的研究更需要以遥感信息科学作为基础信息源为现代社会发展提供更加快速和准确的资源环境信息和全球变化的动态信息。地球空间信息科学作为地球科学的一个重要分支学科将为地球环境、全球变化监测及区域可持续发展提供理论指导与技术支持,而监测全球变化与区域可持续发展的应用研究也将极大地推动地球空间信息科学的学科发展。

地球空间信息科学的支撑技术是全球定位系统(GPS)、地理信息系统(GIS)、遥感(RS)技术,并以计算机和通讯技术为主要协调技术,将对地观测的数据采集、量测、分析、存储、管理、显示、传播和应用集成到一起,形成一门综合和集成的地球信息科学与技术。目前,地球空间信息科学是地球科学的一个前沿研究领域,也是地球系统科学的一个重要组成部分,其理论系统与方法系统尚处于初步发展阶段,一个完整成熟的地球空间信息科学理论体系有待进一步建立和完善。

目前,就地球空间信息科学提出了一系列专业术语,如地球信息机理(Geo-Informatics)、图像测量学(Iconimetry)、图像信息学(Iconic Informatics)、地理信息科学(Geographic Information Science)、地球信息科学(Geo-Information Science)等,但其研究内容却基本相似,大体上涵盖了以下三个领域:

- (1)地球空间信息的组成与性质;
- (2)地球空间信息的形成机理与分类系统;
- (3)地球空间信息应用的基础理论。

3. 遥感信息科学的学科构成

遥感信息科学是一门跨越理学、工学、农学三大学科门类的综合性交叉学科。从空间遥感技术系统领域看,它偏重于工学;从遥感应应用系统看,它偏重于理学和农学。

理学所涉及的一级学科有物理学(0702)、地质学(0709)、地理学(0705)、大气科学(0706)、海洋科学(0707)等学科。

“遥感物理学”就是基于光学(070207)及电子学中的电磁场理论(080904)应用于遥感基础理论研究的,如多光谱遥感理论、红外遥感理论、微波遥感理论、激光遥感理论等以及遥感成像理论都是在现代物理学的理论基础上展开应用研究的。

“遥感地质学”是遥感信息科学应用研究的主要领域,它所研究的内容,如区域地质遥感与遥感地质填图、高光谱矿物填图、遥感找矿等应用领域就是将遥感技术应用与“矿物学、岩石学、矿床学”(070901)、构造地质学(070904)、地层学(070903)、第四纪地质学(070905)等学科结合的产物;在地学多源数据综合处理或地学遥感空间数据融合处理研究中,还引入了地球化学(070902)、地球探测与信息技术(081802)等数据处理的理论和方法。

“资源与环境遥感”是遥感信息科学在地球系统科学理论和地球表层学研究领域中综合交叉的重要应用领域,也称为“地理学遥感”。它涉及到大气科学(0706)包括大气物理学与大气环境(070602);海洋科学(0707)包括海洋生物学(070703)和海洋地质(070704);地理学(0705);林学(0907);生物学(0710);地图学与地理信息系统(070503)等学科。其中主要相关的学科有自然地理学(070501)、生态学(071012)、环境科学(083001)、水文学及水资源(081501)、农业资源利用(0903)、土壤学(090301)、水土保持与荒漠化防治(090707)等重要应用学科。资源与环境遥感的进一步划分,则形成部门遥感应用的分支学科,如海洋遥感、大气层遥感、气象遥感、土地资源遥感、林业遥感、农业遥感、水资源遥感、土壤遥感、土壤侵蚀遥感、生态资源遥感、城市遥感、环境遥感等。

工学所涉及的一级学科有:测绘科学与技术(0816),包括大地测量学与测量工程(081601)、摄影测量与遥感(081602)、地图制图学与地理信息工程(081603);地质资源与地质工程(0818),包括矿产普查与勘探(081801)、地球探测与信息技术(081802)、地质工程(081803)及计算机科学与技术(0812)等。其中,测绘科学与计算机科学构成了遥感信息科学

的技术基础,构成了基于空间信息处理的测绘制图技术和基于信息科学的空间数据采集、存储、传输和信息表达的形式化技术,包括数字地球技术、现代网络技术、信息高速公路、虚拟现实技术等。而在地学工程领域,其重点研究的领域是资源、环境和地球表层变化的快速动态检测的理论和关键技术,数字地球信息机理与智能管理的应用技术。

4. 地学遥感的发展趋势

地学遥感的总体发展趋势是:①从航空遥感向航天遥感发展;②从多光谱遥感向高光谱遥感发展;③基于多平台、多尺度、多方向、多维度(空间维度与时间维度)遥感数据融合技术向地学空间信息综合应用的发展趋势;④多层次对地观测与遥感动态监测技术的发展趋势;⑤遥感与GIS、GPS技术的集成应用发展趋势;⑥遥感空间数据与地学分析数据的多层次融合技术的深层次应用发展趋势;⑦基于栅格数据与矢量数据混合处理技术的应用。

在地学遥感应用研究中,由于地球圈层之间的相互作用及影响,基于遥感图像信息的地学图像理解和实际应用还存在着一系列的理论问题和关键技术问题,尚需进行探索性的深入研究。这些问题涉及到以下研究领域:地球系统动力模型的研究、地学遥感信息模型的研究、遥感图像认知模型与信息图谱的研究、地理目标空间信息特征及其构像机理等基础理论的研究。其前沿研究领域如下:

遥感图像信息机理的研究 地学信息机理是地球信息科学研究的热点,图像信息科学和理论研究的重点就是建立光谱数据库,研究面向地学对象的图像模型和地理图谱;研究遥感图像信息机理,建立基于地球科学及其知识系统的语义化标志体系;研究地球表层系统的成像机理及其识别机理、识别模式。目前在图像处理方法研究中多注重数学方法和数学模型的研究,而忽视了对地理空间结构、图谱类型、环境本底、构图特征进行语义识别方法研究。目前国土资源环境遥感调查还是以图像目视解译为主要方法,在很大程度上依靠专家的经验。而人的视觉识别能力、专家经验认识的局限性,特别是对覆盖层或与背景相混淆的信息,目视解译已无能为力,需要通过有效的数字图像处理方法,将其从背景或噪声中分离出来。在基于图像特征光谱分析基础之上,采用图像处理与目视解译相结合的综合信息方法,将大大增强获取资源环境信息的能力。

地学图像信息处理的技术流程研究 目前遥感地学信息识别与目标信息提取的方法研究多属案例型的方法研究,缺乏通用方法、通用工具和实用化平台的研究。在遥感数据的应用上,由于光谱图像的数据特性及其图像结构从数值的物理量值上就存在“同质异谱”与“异质同谱”现象,因此,依赖于数理统计分类识别或图像纹理识别都不可能达到普适性和推广性的应用水平。究其原因,主要是缺乏对其光谱信息的深入研究和如何有效地进行图像光谱增强与信息提取处理。图像信息识别是在图像光谱信息研究与图像空间结构分析的基础上进行的,如将图像统计与分形分维研究相结合,将图像模型识别与基于对象的构图语义识别相结合,在图像识别中引入图像融合技术、多尺度层次识别技术、向量机技术、小波技术、混合模型技术等都是当前研究的热点。

基于知识工程的地学图像理解过程及地学图像认知基础理论的研究 遥感图像所反映的是地球表层信息,由于地球表层系统的复杂性和非线性特性,地面目标经过空间或时间的分割而被离散化,成为以像元为基本单元的遥感图像,这必然要损失地质地理目标的整体结构特征信息,使得遥感信息的地学空间分析和过程反演具有多解性和不确定性。具体表现为同质异谱、同谱异质、混合像元、时相变化以及遥感信息传输过程中信息的衰减和增益,地表目标之间

相互作用而造成的影像上地物单元空间交错分布等特点。因此地学遥感解译必须充分利用地学知识,包括遥感岩石学、影像地层学、遥感构造分析等,进行地学遥感分析,弥补遥感信息的复杂性和不确定性带来的图像解译偏差,从而获得可以准确地反映地质现象和地质过程的地学信息。

第一章 遥感技术概论

本章内容提要:介绍遥感信息科学与遥感技术系统的基本概念及其发展趋势;重点论述遥感定义及其技术系统构成与发展历史;较系统地介绍遥感技术的主要应用领域及其科学意义。

遥感技术是在航天技术、传感器技术、计算机技术等推动下,于20世纪60年代兴起并迅速发展起来的一门综合性对地探测技术,它促使摄影测量技术产生革命性的变化,从以飞机为主要运载工具的航空遥感,发展到以航天飞机、人造地球卫星等为运载工具的航天遥感,极大地拓展了人们的观察领域,形成了对地球资源和环境进行探测和监测的立体观测体系。遥感技术在城市规划、环境保护、地质勘探、农业、林业以及军事领域的广泛应用,产生了十分可观的经济效益和显著的社会效益。

第一节 遥感及分类

一、遥感的基本概念

1. 遥感的定义

遥感(Remote Sensing)即“遥远的感知”。从广义理解,遥感泛指一切无接触的远距离探测,包括对电磁场、力场、声波、地震波的探测。狭义遥感的概念是指基于电磁辐射场的探测和成像过程。

对重力场和磁场的空间探测称为地球物理探测,地球物理测量主要应用于区域测量、地质找矿、工程测量等;对水体的探测称为声纳测量,主要用于水下测量,如海洋探测或河道水下地形测量等;对地震波的探测称为地震测量,主要用于石油资源勘测。实际工作中,我们将这些领域的探测统称为物理探测范畴,而“遥感”仅仅是指用于电磁波谱探测或基于电磁辐射测量的对地观测范畴。

遥感定义:遥感是从不同高度的平台上,使用各种传感器,不与物体、区域目标或现象直接接触,接收来自地球表层各类地物的电磁波信息,通过信息处理、分析,揭示出目标的结构性质及其变化的综合性空间探测技术。

地学遥感则是以电磁波与地球表面物质相互作用为基础,探测、分析和研究地球资源与环境,揭示地球表面各要素的空间分布与时空变化规律的一门科学技术。

2. 遥测与遥控

遥测(Telemetry)也称为远程测量,是利用传感技术、通信技术和数据处理技术的一种综

合性技术,将对象参量的近距离测量值传输至远距离的接收站或网络,实现对远距离目标的数据获取。遥测技术分接触测量和非接触测量两种。遥测技术主要用于检测分散的或难以接近的被测目标,如相距遥远、环境恶劣,或处于高速运动状态下的目标。

遥控(Remote Control)是对受控对象进行远距离控制和监测的技术,它是利用自动控制技术、通信技术和计算机技术的一门综合性技术,在国民经济各部门,特别是航空航天和导弹核武器等方面具有重要作用。被遥控的目标可以是固定的装置,如自动化水电站;也可以是活动的,如无人驾驶飞机、人造卫星、弹道导弹等。

3. 遥感、遥测、遥控的关系

在空间遥感过程中,遥感探测任务的完成需要综合运用遥测和遥控技术。如在卫星遥感中,必须对卫星轨道运行参数进行遥测和对卫星姿态及遥感传感器工作状态进行遥控等。在现代综合遥感探测过程中,为了取得多元信息来解决地学及其空间关系问题,需要采用多传感器技术来获取多类物理信息或空间信息,如现代环境监测中的环境传感器、地面 GPS 基站等,都是遥感、遥测、遥控多传感器协同工作与交互验证的典型实例。

二、遥感技术分类

依据遥感技术分类标准的不同,遥感分类的方案也不同,通常有如下几种分类。

1. 根据遥感平台的分类

遥感平台(Platform for Remote Sensing)是空间遥感过程的工作平台。平台由运载工具(飞行器)、传感器及其他用于遥测、遥控的装备所组成,遥感平台的基本功能是维护平台运行、进行数据存储、传输各种数据。按遥感平台的距地高度,可以分为近地遥感、航空遥感、航天遥感、星际遥感等不同平台类型。

(1)近地遥感平台:指以高塔、车、船为平台的遥感探测系统,地物波谱仪或传感器安装在这些平台上,可进行各种地物波谱测量。

(2)航空遥感平台:传感器搭载在航空飞行器上,主要指飞机、气球等。

(3)航天遥感平台:传感器搭载在环地球的航天器上,以地球人造卫星为主体,包括载人飞船、航天飞机和太空站,有时也把各种行星探测器包括在内。

(4)星际遥感平台(Planetary Remote Sensing):也称深空探测平台,传感器搭载在星际飞船上;星际遥感探测的目标是地月系统以外的其他太空目标。

2. 根据电磁波的工作波段分类

(1)紫外(UltraViolet,UV)遥感:探测波段在 $0.05\sim 0.38\mu\text{m}$,收集与记录目标物的紫外辐射能,由于波长小于 $0.3\mu\text{m}$ 的信息被大气中的臭氧所吸收,可以通过大气传输的只有 $0.3\sim 0.4\mu\text{m}$ 的紫外信息才可适用于紫外摄影,主要用于监测气体污染和海面油膜污染。但由于该谱段受大气中的散射影响十分严重,故对成像条件的要求十分苛刻,由于探测的成功率低、应用范围狭窄,在实际应用时很少采用。

(2)可见光(Visible,VIS)遥感:可见光是电磁波谱中人眼可以感知的部分,遥感探测波段为 $0.38\sim 0.76\mu\text{m}$,只收集与记录目标物反射的可见光辐射能,所用传感器有摄影机、扫描仪、摄像机,是进行航空摄影测量、自然资源与环境调查的主要波段。

(3)红外(InfraRed,IR)遥感:探测波段在 $0.76\sim 1\,000\mu\text{m}$ 。可以进一步划分为:近红外($0.76\sim 1.3\mu\text{m}$)、中红外($1.3\sim 3\mu\text{m}$)、热红外($3\sim 14\mu\text{m}$)、远红外(大于 $14\mu\text{m}$)。其中 $0.76\sim$

0.9 μm 波长范围的辐射可以用于摄影(胶片)方式探测,故也称摄影红外,它对探测植被和水体有特殊效果。中、远红外可以探测物体的热辐射,所以也叫热红外。热红外辐射不能用摄影方式探测,须用光学机械扫描方式获取信息。在热红外遥感主要采用 3~5 μm 和 8~14 μm 两个窗口。热红外可以夜间成像,除用于军事侦察外,还可以用于调查浅层地下水、城市热岛、水污染、森林火灾和区分岩石类型等,具有广泛的应用价值。而波长大于 15 μm 的超远红外辐射,绝大部分被大气层吸收。

(4)微波(Microwave, MW)遥感:探测波段在 1mm~1m,收集与记录目标物发射、散射的微波能量,所用传感器有扫描仪、微波辐射计、雷达、高度计等。

3. 根据电磁辐射源分类

(1)被动式遥感(Passivity Remote Sensing):指不利用人工辐射源,直接接收与记录目标反射的太阳辐射或者目标物本身发射的热辐射和微波辐射。如航空摄影、多光谱扫描、热红外扫描等。

(2)主动式遥感(Active Remote Sensing):使用人工辐射源从平台上向目标发射电磁辐射,然后接收和记录目标物反射或散射回来的电磁波的遥感,如雷达遥感、激光遥感。

4. 根据遥感资料的显示形式分类

(1)成像方式遥感:是把目标物发射或反射的电磁波能量以图像方式来表示遥感探测过程。

(2)非成像方式遥感:是将目标发射或反射电磁波辐射的各种物理参数记录为数据或者曲线图形式,主要包括以下传感器:光谱辐射计、散射计、高度计等。

5. 根据波段宽度及波谱连续性的分类

(1)宽波段遥感:波段宽度大于 100nm,其工作波段的波谱也不连续。宽波段遥感图像的光谱分辨率较低,对地物的光谱识别能力也较低。

(2)高光谱遥感(Hyperspectral Remote Sensing):波段宽度小于 20nm,波段之间波谱区间接近连续,它可以同时获取空间、辐射和光谱三种类型的图像数据信息。由于高光谱图像的波谱变量维数多达数十甚至数百个波段,构成了多光谱阵列图像数据,故称高光谱图像数据为“立方体”数据。高光谱遥感的理论基础是测谱学(Spectroscopy)。测谱学是用于识别原子结构的成分测试技术,从 1980 年开始,基于测谱学原理创立了成像光谱学(Imaging Spectroscopy)。成像光谱学是在电磁波谱的紫外、可见光、近红外和中红外区域进行图谱合一的遥感探测成像过程,具有地质遥感、遥感找矿探测的应用潜力。

图 1-1 说明高光谱遥感绝不仅仅是图像数据量的增加,而是光谱信息量以十倍以至数百

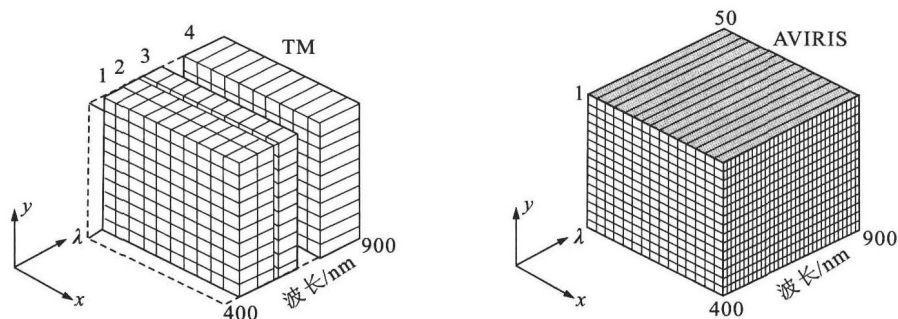


图 1-1 高光谱光谱分辨率与数据立方体示意图(据 Schowengerdt, 1997 改编)

倍信息容量的增加。

6. 根据应用学科领域的分类

(1)按遥感应用领域可以分为星际遥感、地球大气层遥感、陆地遥感和海洋遥感。

(2)按对地观测应用领域可以划分为:地质遥感(基础地质遥感、工程地质遥感、矿产资源遥感、地质灾害遥感、能源遥感)、地理遥感(地貌遥感、土地利用与地表覆盖遥感、环境遥感、水文遥感、城市遥感)、农业遥感、林业遥感、气象遥感和海洋遥感。

依据行业应用需求还可进一步划分为各种遥感专题应用项目。

三、遥感技术发展简史

遥感技术的形成与发展同传感器技术、宇航技术、通讯技术以及电子计算机技术的发展相联系,与军事侦察、环境监测、资源开发利用和全球变化研究的需要相适应。

(一)航空摄影的早期阶段

航空摄影技术的早期阶段是从空中照相活动开始的,到1840年人们就主张利用空中摄影来进行地形测量,称之为地貌摄影。

1. 气球平台阶段

世界第一张航空相片是在升空气球上获取的,气球离地仅80m高度,拍摄到法国比弗雷的空中相片。但目前保存的最早一幅航空相片是1860年从630m高的气球上拍摄的波士顿市空中相片(图1-2)。

2. 风筝平台阶段

风筝摄影在1882年前后开始投入使用。第一张利用风筝拍摄的航空相片是一位英国气象学家完成的。1900年初期美国风筝摄影师在旧金山大地震之后的火灾险情下拍摄了旧金山的航空相片。

3. 飞机平台阶段

飞机发明于1903年,1908年首次利用飞机拍摄电影。1909开始在飞机上进行航空摄影。在第一次世界大战期间就开始利用航空摄影技术进行军事侦察,引起人们极大的关注。第一次世界大战结束后,由美国军人摄影师协会成立了航空调查公司,航空摄影开始广泛应用。1934年美国摄影测量协会(现为美国摄影测量与遥感协会)科学专业组织成立,推动了航空摄影领域的学科和技术的发展。

(二)航空遥感的发展阶段

1. 航空遥感光谱探测范围的发展

1924年彩色胶片开始出现,彩色航空摄影增加了地表图像信息的识别能力。航空摄影从军事侦查开始转人民用摄影测量与地形制图。

从20世纪30年代起,航空相片广泛应用于地学研究及应用领域,以认识地理环境和编制各种专题地图为主题。1930年美国开始运用航空遥感进行全国测绘制图,编制中小比例尺地形图,并将航空图像应用于农业服务。1931年开始应用近红外航摄胶片,并首次获得了目标



图1-2 1860年拍摄的波士顿航片