



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

3S技术 在环境科学中的 应用

汤 洁 卞建民 李昭阳 房春生 主编



高等教育出版社
Higher Education Press



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

3S 技术在环境科学中的应用

36

3S Jishu zai Huanjing Kexue Zhong de Yingyong

汤洁 卞建民 李昭阳 房春生 主编



高等教育出版社·北京

HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

X-3p
T/8/

内容提要

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材,应环境科学的发展需要,对3S技术的基本原理与方法,及其在环境科学领域的应用进行了较为全面的介绍。全书共分九章,第一章、第二章介绍遥感(RS)、全球定位系统(GPS)、地理信息系统(GIS)的基本理论与技术方法,以及3S集成技术的基本内涵;第三章至第九章结合3S技术在环境科学中的应用实践,分别介绍3S技术在大气环境、水资源与水环境、海洋环境、森林及草地生态系统、土地利用/土地覆盖变化研究、土地退化研究、城市环境保护与管理中的应用。全书内容丰富,系统性强,具有较强的科学性和实用性。

本书可作为高等学校环境科学与工程专业本科生教材,也可作为环境科学与工程专业研究生以及从事环境保护与管理等相关工作人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

3S技术在环境科学中的应用/汤洁等主编. —北京:
高等教育出版社,2009.12

ISBN 978-7-04-027933-7

I. 3… II. 汤… III. ①遥感技术-应用-环境科学
②地理信息系统-应用-环境科学③全球定位系统(GPS)-
应用-环境科学 IV. X-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第181616号

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 廊坊市科通印业有限公司

开 本 787×960 1/16
印 张 12
字 数 210 000
彩 插 2

购书热线 010-58581118

免费咨询 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

网上订购 <http://www.landaco.com>

<http://www.landaco.com.cn>

畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2009年12月第1版
印 次 2009年12月第1次印刷
定 价 16.50元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 27933-00

前言

进入 21 世纪以来,随着人口剧增、资源短缺、生态破坏与环境污染加剧,促使资源、环境与人口之间的矛盾日益深化。全球变暖、臭氧层破坏、酸雨、物种灭绝、土地沙漠化、森林锐减、环境污染等大范围 and 全球性环境危机,严重威胁着人类的生存和发展。为此,应对气候变化,减缓环境恶化速度,保护人类赖以生存的环境,已成为世界各国共同关注的重大课题。近 10 年来,环境科学、地球科学、信息科学、计算机技术以及 3S 技术、空间信息技术的快速发展,为广泛深入研究复杂的环境问题提供了基础。特别是数字地球理论的核心——3S 技术的应用,极大地促进了环境科学的发展,提高了环境管理的水平。

3S 技术是遥感(RS)、全球定位系统(GPS)和地理信息系统(GIS)三个信息技术的总称。三者相互独立而在应用上又密切相关。遥感(remote sensing, RS)是 20 世纪 60 年代发展起来的一门新兴的对地观测综合性技术,它以航空摄影技术为基础,根据不同物体对电磁辐射产生不同响应的原理,利用飞机、飞船、卫星等遥感平台上的传感器实施远距离探测,以获取目标地物及其周围环境的信息。全球定位系统(global positioning systems, GPS)是一个由覆盖全球的若干卫星组成的全球性、全天候和实时性的卫星导航及精密定位系统。GPS 能够快速、高效、准确地提供目标地物点、线、面要素的精确三维坐标以及其他相关信息。地理信息系统(geographic information systems, GIS)是在计算机硬件和软件系统支持下,对整个或部分地理空间中的地理分布数据进行采集、储存、管理、运算、分析、显示和描述的技术系统。GIS 被誉为地学的第三代语言,其技术优势在于对空间数据具有强大的数据挖掘能力和综合、模拟与分析评价能力,可实现地理空间过程演化的模拟和预测,是一种重要的空间信息系统。

RS、GPS 和 GIS 在空间信息采集、动态分析与管理等方面各具特色,且具有较强的互补性。这一特点使得 3S 技术在中应用紧密结中,并逐步朝着一体化集成的方向发展。3S 技术及其集成应用已经成为空间信息技术和环境科学的一个重要发展方向。其中, GPS 主要用于目标物的空间实时定位和不同地表覆盖边界的确定; RS 主要用于快速获取目标及其环境的信息,发现地表的各种变化,及时对 GIS 进行数据更新; GIS 是 3S 技术的核心部分,通过空间信息平台,对 RS 和 GPS 及其他来源的时空数据进行综合处理、集成管理及动态存取等操作,并借助数据挖掘技术和空间分析功能提取有用信息,使之成为决策的科学依据。在环境科学领域, 3S 技术的结合能实现海量环境数据的提取、处理、存储、更新

和应用,能准确把握环境的动态变化过程和规律,借助环境模拟技术,能够实现对环境和资源的监测、评价、预测、预警、决策及管理,因此,3S技术的集成应用,已经成为环境信息获取、全球环境演变研究、环境污染防治与生态修复研究的重要技术与方法。随着3S技术的不断发展,尤其是GIS和RS技术的发展及相互渗透,3S技术将会在环境保护、资源合理开发与利用、环境污染治理、自然灾害预报和监测、环境规划和管理等领域发挥越来越重要的作用。

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材,是适应环境科学研究与环境管理对3S技术的迫切需求,为本科生编写的一部教材。本书也可作为研究生教学,以及环境科学研究和管理者的参考书。

本书在编写过程中,力求做到系统性和实用性相结合,理论与实践相结合,使读者对3S技术及其在环境科学中的应用有一个较为全面的了解。

本书由汤洁、李昭阳进行统稿、文字修订、图表设计。前言由汤洁编写;第一章由李昭阳、王晨野编写;第二章由李昭阳、孙平安、毛子龙编写;第三章由房春生、李海毅编写;第四章由卞建民、汤洁编写;第五章由汪雪格、徐小明编写;第六章由汤洁、斯蔼、韩维峥编写;第七章由汤洁、李昭阳编写;第八章由汤洁、斯蔼编写;第九章由王晨野、房春生编写。在编写过程中,第六章、第七章和第八章得到林年丰教授的指导,在此表示由衷的感谢。

本书在编写过程中得到了高等教育出版社陈文副编审的热心指导与大力帮助,高等教育出版社为本书的出版付出了大量精力与心血,编者对此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中历经数十稿,最终成书。尽管作者力争使本教材无论在内容上还是在编排上都科学、清晰和完善,但由于作者的水平有限,错误和不足在所难免,请广大读者和同行专家批评指正。

编 者

2008年元旦于长春

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100120

购书请拨打电话：(010)58581118

策划编辑 陈海柳

责任编辑 谭 燕

封面设计 于文燕

责任绘图 尹 莉

版式设计 马敬茹

责任校对 殷 然

责任印制 韩 刚

目 录

第一章 遥感基础理论	1
第一节 遥感概述	1
一、遥感的概念	1
二、遥感技术的发展	1
三、遥感的分类	2
四、遥感技术的特点及遥感技术系统的组成	3
第二节 遥感信息的获取	4
一、遥感的物理基础	4
二、遥感的成像原理	10
三、遥感图像的特征	11
第三节 遥感数字图像处理	13
一、遥感图像校正	13
二、遥感图像增强和变换	14
三、多源数据融合	16
第四节 遥感图像解译	18
一、遥感图像目视判读	18
二、遥感数字图像计算机分类	19
三、定量遥感反演	21
第五节 遥感前沿技术	23
一、高光谱遥感	23
二、热红外遥感	24
三、微波遥感	25
思考题	26
第二章 全球定位系统与地理信息系统	27
第一节 全球定位系统	27
一、全球定位系统概述	27
二、坐标系统和工作原理	29
三、全球定位系统的特点与用途	33
第二节 地理信息系统	35
一、地理信息系统概述	35
二、地理信息系统常用功能介绍	38
第三节 3S 集成技术	50

一、遥感与地理信息系统的集成	50
二、全球定位系统与地理信息系统的集成	51
三、全球定位系统与遥感的集成	51
四、3S 技术的集成	51
思考题	52
第三章 3S 技术在大气环境中的应用	53
第一节 遥感技术在大气环境中的应用	53
一、大气监测中的遥感技术	53
二、遥感技术在大气监测中的应用	54
三、遥感技术在地表温度监测中的应用	55
四、遥感技术在气象预报中的应用	56
第二节 全球定位系统在大气环境中的应用	58
一、全球定位系统研究大气水汽含量的基本原理	58
二、全球定位系统反演水汽在天气预报中的应用实践	61
第三节 地理信息系统在大气环境中的应用	61
一、地理信息系统在城市大气环境规划管理中的应用	62
二、地理信息系统在环境影响评价中的应用	64
思考题	65
第四章 3S 技术在水资源与水环境领域中的应用	66
第一节 遥感技术在水资源和水环境研究中的应用	66
一、遥感在地表水资源研究中的应用	66
二、遥感在地下水资源研究中的应用	69
三、遥感在水环境污染监测研究中的应用	70
第二节 地理信息系统在水资源和水环境领域中的应用	71
一、地理信息系统在流域水资源信息管理中的应用	71
二、地理信息系统在水利水电工程管理方面的应用	72
三、地理信息系统在洪水预报与灾情评估中的作用	73
四、地理信息技术在水污染规划控制中的应用	74
第三节 3S 技术在水资源和水环境研究中的应用实例	79
一、湖泊污染的遥感监测应用实例	79
二、基于地理信息系统的流域水资源管理系统应用实例	80
三、地理信息系统在地下水环境预警中的应用	82
思考题	85
第五章 3S 技术在海洋环境中的应用	86
第一节 海洋环境概述	86
一、海洋概述	86
二、海洋在全球环境中的作用及海洋污染	87

三、海洋环境信息的特点与 3S 技术应用的优越性	88
第二节 遥感技术在海洋环境中的应用	89
一、海洋遥感简介	89
二、海洋遥感的特点	89
三、海洋遥感的主要应用	90
四、应用实例	93
第三节 地理信息系统在海洋环境中的应用	93
一、海洋地理信息系统	93
二、地理信息系统在海洋环境中的应用	94
三、应用实例	96
思考题	97
第六章 3S 技术在森林及草地生态系统中的应用	98
第一节 3S 技术在森林生态系统中的应用	98
一、森林生态系统简介	98
二、3S 技术在森林生态系统中的应用	101
三、应用实例	104
第二节 3S 技术在草地生态系统中的应用	107
一、中国草地生态系统	107
二、3S 技术在草地生态系统中的应用	109
思考题	115
第七章 3S 技术在土地利用/土地覆盖变化研究中的应用	116
第一节 土地利用/土地覆盖变化研究概述	116
一、土地利用/土地覆盖变化(LUCC)研究背景	116
二、LUCC 的内涵和研究内容	117
第二节 遥感技术在 LUCC 研究中的应用	118
一、LUCC 研究中的遥感数据源	119
二、利用遥感技术对 LUCC 进行动态监测	119
三、遥感分类技术在 LUCC 研究中的应用	120
四、遥感制图	120
第三节 地理信息系统在土地利用/土地覆盖变化研究中的应用	121
一、地理信息系统支持下的 LUCC 分类	122
二、地理信息系统与 LUCC 动态变化分析	122
三、地理信息系统与 LUCC 的景观生态格局研究	126
四、地理信息系统与 LUCC 时空动态模拟	127
第四节 3S 技术在 LUCC 研究中的应用——以松嫩平原为例	129
一、研究区概况	129
二、LUCC 变化动态监测的方法	129

88	三、土地利用的分类系统及其解译标志的建立	129
93	四、土地利用遥感解译	132
98	五、基于 GIS 的 LUCC 变化特征分析	135
98	思考题	139
88	第八章 3S 技术在土地退化研究中的应用	140
90	第一节 土地退化研究概述	140
90	一、土地退化的概念	140
90	二、土地退化的分类	140
100	三、土地退化的评价方法	141
90	第二节 3S 技术在土壤侵蚀研究中的应用	142
90	一、土壤侵蚀概念	142
90	二、土壤侵蚀监测方法	142
90	第三节 3S 技术在土地荒漠化研究中的应用	143
90	一、荒漠化监测	143
101	二、荒漠化监测的技术体系	145
101	三、全球定位系统与荒漠化监测	145
101	四、地理信息系统与荒漠化监测	145
101	第四节 3S 技术在土地退化研究中的应用实例	146
90	一、土壤侵蚀研究应用实例	146
111	二、土地荒漠化研究应用实例——松嫩平原土地荒漠化的 EOS-MODIS	148
111	研究	148
111	思考题	153
88	第九章 3S 技术在城市环境保护与管理中的应用	154
111	第一节 3S 技术在城市环境监测中的应用	154
111	一、3S 技术在城市环境监测中应用的优越性	154
111	二、3S 技术在城市环境信息采集方面的应用	155
111	三、3S 技术在城市环境监测中的应用	155
101	第二节 3S 技术在城市环境质量评价与预测中的应用	158
101	一、城市环境质量评价	158
111	二、城市环境演变预测	160
111	三、城市环境质量评价研究实例	160
111	第三节 3S 技术在环境规划中的应用	163
111	一、3S 技术在环境规划中应用的优势	163
111	二、3S 技术在城市环境规划中的应用	163
111	第四节 城市环境信息系统	164
111	一、城市环境信息系统的构建	165
111	二、城市环境信息系统的功能	167

第五节 3S 技术与数字城市	168
一、数字城市的含义	168
二、建设数字城市的意义	169
三、数字城市建设的基本内容	169
四、数字建设的关键技术	169
思考题	171
参考文献	172

第一节 遥感概述

一、遥感的概念

遥感(remote sensing, RS)即“遥远的感知”,可理解为在不直接接触物体的情况下,借助一定的仪器设备对目标与自然现象进行远距离探测的技术。现代遥感技术主要是将应用搭载在遥感平台上的探测仪器(传感器),从高空或外层空间接收目标地物反射的电磁波以获取地表信息,通过数据的传输、处理、解释和分析,揭示物体的特征、性质及其变化的综合性探测技术。

环境遥感是以探测地球表层系统及其动态变化为目的,对大气环境、水环境(包括海洋环境)、土地环境、生态环境等环境要素实施全方位、多尺度、多层次、多角度的探测和研究。随着全球变化的加剧和环境污染问题的日益突出,遥感技术在环境科学领域中得到越来越广泛的应用。利用遥感技术监测大范围的环境变化成为获取环境信息的强有力手段。环境遥感逐渐发展成为遥感应用学科的一个重要组成部分。

二、遥感技术的发展

遥感技术的发展历史可以追溯到 17 世纪初,经历了从地面遥感(1608—1857 年)、航空遥感(1858—1956 年)到航天遥感(1957 年至今)的发展历程。1608 年望远镜的发明、1839 年感光胶片的问世、1903 年莱特兄弟飞机的升空和 1957 年苏联第一颗人造地球卫星的发射,一步步推动着遥感科学的发展。现代遥感技术是 20 世纪 60 年代发展起来的一门对地观测综合性技术。1960 年美国发射了太阳同步气象卫星 TIROS—1 和 NOAA—1,从此开始真正从航天器上对地球进行长期观测。1961 年,在美国国家科学院(National Research Council)的资助下,在密歇根大学(University of Michigan)的威罗·兰(Willow Run)实验室召开了“环境遥感国际讨论会”,它标志着遥感作为一门新兴独立学科的诞生。

第一章 遥感基础理论

第一节 遥感概述

一、遥感的概念

遥感(remote sensing, RS)即“遥远的感知”,可理解为在不直接接触物体的情况下,借助一定的仪器设备对目标与自然现象进行远距离探测的技术。现代遥感技术主要是指应用搭载在遥感平台上的探测仪器(传感器),从高空或外层空间接收目标地物反射的电磁波以获取地表信息,通过数据的传输、处理、解译和分析,以揭示物体的特征、性质及其变化的综合性探测技术。

环境遥感是以探测地球表层系统及其动态变化为目的,对大气环境、水环境(包括海洋环境)、土地环境、生态环境等环境要素实施全方位、多尺度、多层次、多角度的探测和研究。随着全球变化的加剧和环境污染问题的日益突出,遥感技术在环境科学领域中得到越来越广泛的应用。利用遥感技术监测大范围的环境变化成为获取环境信息的强有力手段。环境遥感逐渐发展成为遥感应用学科的一个重要组成部分。

二、遥感技术的发展

遥感技术的发展历史可以追溯到 17 世纪初,经历了从地面遥感(1608—1857 年)、航空遥感(1858—1956 年)到航天遥感(1957 年至今)的发展历程。1608 年望远镜的发明、1839 年感光胶片的问世、1903 年莱特兄弟飞机的升空和 1957 年苏联第一颗人造地球卫星的发射,一步步推动着遥感科学的发展。现代遥感技术是 20 世纪 60 年代发展起来的一门对地观测综合性技术。1960 年美国发射了太阳同步气象卫星 TIROS—1 和 NOAA—1,从此开始真正从航天器上对地球进行长期观测。1961 年,在美国国家科学院(National Research Council)的资助下,在密歇根大学(University of Michigan)的威罗·兰(Willow Run)实验室召开了“环境遥感国际讨论会”,它标志着遥感作为一门新兴独立学科的诞生。

经过几十年的发展,遥感对地观测的空间信息获取技术已从可见光发展到红外、微波,从单波段发展到多波段、多极化和多角度,从空间维拓展到光谱维,遥感平台高、中、低轨结合,大、中、小卫星协同,粗、中、细、精分辨率互补,遥感技术已形成多星种、多传感器、多分辨率共同发展的局面。一个多层次、立体、多角度、全方位和全天候的对地观测系统业已形成。

随着数字成像技术和计算机图像处理技术的迅速发展,遥感信息处理技术获得了较快的发展。大容量、高速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,PCI、ERDAS、ENVI、ER-MAPPER 等商品化软件已为广大用户所熟知。

由于遥感信息处理技术的不断进步,使得遥感技术的应用也获得了空前的拓展。近年来,遥感技术已广泛渗透到国民经济的各个领域。由遥感观测到的全球气候变化、沙漠化、海洋冰山漂流、土地利用/土地覆盖变化等动态变化现象引起人们广泛的关注,海洋渔业、海上交通、海洋生态等监测与管理,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,遥感技术已经成为促进经济和社会发展不可替代的重要技术手段。

三、遥感的分类

遥感的分类方法很多,主要有下列几种分类方式:

(1) 按平台距地面的高度划分,可分为航天平台、航空平台和地面平台三类。各种遥感平台及其高度和用途见表 1-1。

表 1-1 各种遥感平台

类别	遥感平台	高度	用途
航天遥感平台	宇宙探测器	太阳系、深空	月球、太阳系、深空观测
	静止卫星	36 000 km	定点地球观测
	极轨卫星	500 ~ 1 000 km	定时地球观测
	小卫星	400 km 左右	各种调查
航空遥感平台	载人飞船、航天飞机	200 ~ 400 km	对地不定期观测、空间实验
	飞机	500 ~ 30 000 m	大面积调查、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	定时、定点对地观测
	系留气球	800 m 以下	各种调查、摄影测量
	无线遥控飞机	50 ~ 500 m	各种调查、摄影测量
地面遥感平台	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
	三脚架	0.75 ~ 2.0 m	测定地物的野外波谱曲线

(2) 按传感器的探测波段划分,可分为紫外遥感(探测波段在 $0.05 \sim 0.38 \mu\text{m}$)、可见光遥感(探测波段在 $0.38 \sim 0.76 \mu\text{m}$)、红外遥感(探测波段在 $0.76 \sim 1\,000 \mu\text{m}$)、微波遥感(探测波段在 $1\text{ mm} \sim 10\text{ m}$)。探测波段在可见光波段和红外波段范围内,再分成若干窄波段来探测目标,称为多波段遥感。

(3) 按工作方式划分,可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,仅被动接收目标物自身发射和对自然辐射源反射的能量。

(4) 按是否形成图像来划分,可分为成像遥感与非成像遥感:前者传感器接收的目标电磁辐射信号可转换成(数字或模拟)图像;后者传感器接收的目标电磁辐射信号不能形成图像。

(5) 按遥感技术的应用领域划分,可分为外层空间遥感、大气层遥感、陆地遥感、海洋遥感等。按遥感技术的具体应用领域划分,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、灾害遥感及军事遥感等。

四、遥感技术的特点及遥感技术系统的组成

遥感技术具有广域性、时效性、综合性、可比性、经济性等特点。遥感观测的范围从几十平方米到几千平方千米,可以根据不同空间尺度的环境特征选择不同空间分辨率的遥感影像;遥感探测可以在短时间内对同一地区进行重复探测,并且数据获取方式保持一致性,大大提高了观测的时效性,也使数据在较大程度上排除人为干扰的同时具有可比性;此外,遥感获得的地物电磁波特性数据是多种信息的综合反映,人们可以基于知识的相关性进行信息的提取和挖掘。特别是对于大区域的宏观生态环境研究来说,遥感技术相对于传统的地面调查不仅节省了大量的人力、物力,而且可以获取大面积同步观测数据,具有无可比拟的优势。

现代遥感技术系统是一个从地面到空间,从信息收集、存储、传输处理到分析判读、应用的完整技术体系,概括起来可以分为遥感信息的获取、遥感信息的处理和遥感信息的应用三大部分。

遥感信息的获取是遥感技术系统的中心工作。它是在遥感试验研究的基础上,通过搭载在遥感平台上的传感器接收、记录目标物的电磁波信息,并将之传输回地面,经过简单处理后获取不同特征的遥感影像。遥感试验是整个遥感技术系统的基础,主要包括对地物电磁辐射特性以及信息的获取、传输及其处理分析等技术手段的试验研究。遥感平台和传感器是确保遥感信息获取的物质保证,传感器是信息获取的核心部件。

遥感信息处理技术包括对遥感影像的预处理技术和遥感影像解译技术。前

者的目的是消除各种畸变,使处理后的图像恢复或接近目标物的真实情况,利用增强技术突出景物的某些特征,融合多源数据,提高影像的信息量等。后者是根据研究需要,进一步分析解释和识别处理后的图像,以获得更多的有用信息。

遥感信息获取的最终目的是应用。随着遥感信息获取技术的不断发展和信息处理技术的不断改进,遥感技术几乎已经渗透到环境科学研究中的各个领域。

第二节 遥感信息的获取

一、遥感的物理基础

(一) 电磁波谱

遥感的本质是通过探测器接收物体或现象反射、发射的电磁辐射信息,进而转变成数据或影像。宇宙射线、 γ 射线、X射线、紫外线、可见光、红外线、无线电波等都属于电磁辐射(又称电磁波)。将这些电磁波按照波长(或频率)大小依次排列所形成的图表叫电磁波谱。目前,遥感使用的电磁波主要为可见光、红外线和微波。电磁波谱各波段的产生及其遥感应用如表1-2所示。

表1-2 各电磁波谱段的产生及其遥感应用特征(常庆瑞,2004)

产生方式	谱段	波长	遥感应用特征
原子核内部的相互作用	γ 射线	$<0.03 \text{ nm}$	来自太阳的辐射完全被上层大气所吸收,不能为遥感利用,来自放射性矿物的 γ 辐射作为一种探矿手段可被低空飞机探测到
层内电子的离子化	X射线	$0.03 \sim 3 \text{ nm}$	进入的辐射全被大气所吸收,遥感中未利用
外层电子的离子化	紫外线	$3 \text{ nm} \sim 0.38 \mu\text{m}$	波长小于 $0.3 \mu\text{m}$ 的由太阳进入的紫外辐射完全为上层大气中的臭氧所吸收
	摄影紫外	$0.3 \sim 0.38 \mu\text{m}$	穿过大气层,用胶片和光电探测器可检出,但是大气散射严重

续表

产生方式	谱段	波长	遥感应用特征
外层电子的激励	紫	0.38 ~ 0.43 μm	用照相机、电视摄影机和光电扫描仪等均可检测,包括在 0.50 μm 附近的地球反射比峰值
	蓝	0.43 ~ 0.47 μm	
	青	0.47 ~ 0.50 μm	
	绿	0.50 ~ 0.56 μm	
	黄	0.56 ~ 0.59 μm	
	橙	0.59 ~ 0.62 μm	
	红	0.62 ~ 0.76 μm	
分子振动、晶格振动	0.76 ~ 1000 μm		与物质的相互作用随波长而变,各大气传输窗口被吸收谱段所隔开,一般有以下划分方式
	近红外 (反射红外)	0.76 ~ 3 μm	
	中红外 (热红外)	3 ~ 5 μm	
	远红外 (热红外)	8 ~ 14 μm	
分子旋转和反转,电子自转与磁场的相互作用	微波	0.1 ~ 100 cm	这些较长的波长能穿透云和雾,可用于全天候成像,其下可分为毫米波、厘米波和分米波,而且都是无线电波的一种
核自转与磁场的相互作用	无线电波	100 ~ 106 cm	用于无线电通信,分超短波、短波、中波、长波
	工业用电	>106 cm	

注:因波长范围与相应谱段划分不太统一,作者仅采用一般划分。

(二) 遥感辐射源

任何物体当温度高于热力学零度时,都会向外发射电磁辐射,可以被看做是

一种辐射源。在遥感中,辐射源分为人工辐射源和天然辐射源两大类。主动遥感方式接收的是人工辐射源(主要指雷达)发出的电磁辐射的回波;被动遥感方式接收的是天然辐射源的电磁辐射。自然界中的天然辐射源主要是太阳和地球,它们也是遥感信息的主要提供者。

1. 太阳辐射

太阳是遥感的主要能源。太阳的辐射波谱是一个从 X 射线到无线电波的综合波谱,但主要能量集中在 $0.2 \sim 3 \mu\text{m}$,其中,可见光范围 $0.38 \sim 0.76 \mu\text{m}$ 全部包含在该区域,约占总能量的一半。太阳辐射的峰值在 $0.5 \mu\text{m}$ 附近,相当于可见光中的绿色光。太阳辐射被近似看做黑体辐射(在任何温度下,对所有波长的电磁辐射都能够完全吸收,同时能够在热力学定律所允许的范围内最大限度地热能变成辐射能的理想辐射体),满足普朗克定律,即在给定温度下,光谱辐射率随波长增加而减少,温度越高,光谱辐射能力越强。

2. 地球辐射

当太阳辐射入射到地球表面后,一部分被吸收,转变为热能,进而向外发射长波辐射;另一部分被地面反射,向外发射以近紫外、可见光和近红外为主的短波辐射,这两部分辐射共同构成了地球辐射。地球辐射近似于该温度下的黑体辐射。其能量分布在从近红外到微波这一很宽的范围内,但大部分能量集中在 $4 \sim 30 \mu\text{m}$ 。

(三) 地物的波谱特性

电磁辐射与物体作用后会发生反射、透射、吸收和发射等物理现象。所有物体都具有反射和发射电磁辐射的本领,但物体在不同波长处其反射或发射电磁辐射的能力是不同的,这种特性称为物体的波谱特性。不同物体由于其表面状况和内部组成物质不同;或同一物体在不同的环境条件下,由于入射辐射的不同,它们具有不同的波谱特性,这种差别被传感器探测并记录下来,形成不同的影像特征,成为我们识别物体的依据。

1. 电磁辐射的反射

(1) 反射的定义:电磁辐射与物体作用后产生的次级波返回原来介质的现象称为反射,其次级波称为反射波(辐射)。

(2) 反射的类型:根据物体表面对反射的影响,可分为光滑表面和粗糙表面两类。由光滑表面产生的反射叫镜面反射。粗糙表面上产生的反射称漫反射。物体的实际表面既非光滑表面,也不是粗糙表面,所以,电磁辐射在各个方向上都有反射,但当在某一方向反射波要强一些时,这种现象称为方向反射。

(3) 物体的反射波谱:物体对不同波长的电磁辐射反射能力的变化,即物体的反射率(系数)随入射波长的变化规律叫做该物体的反射波谱。物体的反射波谱常用曲线表示,称为反射波谱曲线。图 1-1 是几种典型地物的反射波谱