

YAO GAN XIN XI KE XUE GAI LUN

遥感信息科学概论

● 邢立新 陈圣波 潘 军 编著



吉林大学
出版社

遥感信息科学概论

邢立新 陈圣波 潘军 编著

吉林大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

遥感信息科学概论/邢立新编. —长春: 吉林大学出版社, 2003. 3
ISBN 7-5601-2804-1

I. 遥... II. 邢... III. 遥感—信息学—概论 IV. TP7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 014143 号

遥感信息科学概论

邢立新 陈圣波 潘 军 编著

责任编辑、责任校对: 许海生

封面设计: 孙群

吉林大学出版社出版
(长春市明德路3号)

吉林大学出版社发行
长春市永昌福利印刷厂印刷

开本: 787×1092 毫米 1/16

2003年3月第1版

印张: 16.875

2003年3月第1次印刷

字数: 355千字

印数: 1—500册

ISBN 7-5601-2804-1/TN·15

定价: 27.00元

前 言

遥感信息科学由于它的科学性、技术性、应用性和服务性已成为现代信息科学的重要组成部分,尤其是计算机技术、空间技术、地理信息技术的发展,使得遥感信息科学技术在国民经济建设中有了空前广泛的应用和日新月异的发展,已成为一门集现代数学、物理学、计算机技术、航空、航天技术等学科于一体的边缘性学科。遥感信息科学在20世纪末无论从其研究内容,还是研究方法上都步入了发展的快车道,现已被广泛地应用于空间探索、生态与环境监测、国土资源调查与勘探、气象预报、城市发展规划、地理科学、农(林)业及海洋观测等许多学科领域。

随着遥感技术和地理信息系统与地球科学应用相结合,使得遥感信息成为地球科学资源环境开发利用中的重要信息源之一。而这种结合不仅仅是一些遥感和地球科学应用方面单纯信息的数学定量处理,而且必定会发展成为一个空间信息系统和计算机网络图像显示与图形更新,可进一步实现专业智能化。因此,从事遥感信息科学研究不仅要具备遥感信息机理与地学等相关理论知识、遥感技术应用基本技能,还要求掌握计算机及信息系统等必要的技术手段和方法。

本教材的编写是为适应地球科学教育体制从单(专)科性向综合型人才培养转型的需要,其特色是根据遥感信息技术在地球科学领域中的广泛应用,形成的众多边缘科学都具有很强的综合性、应用技术性的特点,充分发挥遥感技术和地理信息系统的优势,有机地把遥感技术、生态学、数学、物理学、地球科学、计算机网络技术和地球科学系统工程学的原理和方法联系起来,系统地分析和解决资源利用、环境动态监测、效益发挥、灾害预报与防治等各类问题。

我们分三篇十二章编写此教材,第一篇为遥感原理:主要内容有遥感物理基础;地物电磁波谱特性;遥感技术系统;遥感图像特性。第二篇为遥感方法,主要内容有:遥感图像目视解译;遥感图像处理;遥感与地理信息系统。第三篇为遥感应用,主要内容包括:地质遥感;环境遥感;农业遥感;海洋遥感;气象遥感。本教材是由从事遥感技术应用和地理信息系统应用教学与科研多年的教师邢立新、陈圣波、潘军执笔编写,由邢立新主编并统稿。研究生吕凤军、阮建武、孟治国、周媛绘制全书图件。

由于作者水平有限,书中难免存在诸多不足之处,敬请读者给予指正。

编者
2003.2

目 录

绪论	1
----------	---

第一篇 遥感原理

第一章 遥感物理基础	9
§1 电磁波与电磁波谱	9
§2 电磁辐射源	12
§3 电磁波在大气中的传输特性	17
§4 彩色原理	22
第二章 地物电磁波谱特性	26
§1 地物反射波谱特性	26
§2 地物发射波谱特性	38
§3 物体微波特性	42
§4 地物透射波谱	48
§5 地物波谱的时间效应与空间效应	48
第三章 遥感技术系统	50
§1 成像遥感技术系统	50
§2 光学成像类型传感器	58
§3 光机扫描类型传感器	60
§4 固体自扫描类型传感器	70
§5 天线扫描类型传感器	74
第四章 遥感图像特性	80
§1 概述	80
§2 可摄影遥感图像特性	82
§3 专题制图仪图像特性	94
§4 固体自扫描图像特性	97
§5 天线扫描图像特性	98
§6 高光谱图像特性	105

第二篇 遥感方法

第五章 遥感图像解译与地学分析方法	113
§1 概述	113
§2 遥感图像解译基本标志	115
§3 遥感图像目视解译方法	123
第六章 遥感图像处理与分析	134
§1 概述	134

§ 2	常规数字图像处理	136
§ 3	纹理分析	148
§ 4	成像光谱数据处理	156
§ 5	雷达图像处理	161
§ 6	多源遥感数据的融合与影像理解	165
第七章	地理信息系统	170
§ 1	地理信息系统构成	170
§ 2	遥感与地理信息系统	172

第三篇 遥感应用

第八章	遥感地质应用	179
§ 1	地貌形态和堆积物的识别	179
§ 2	遥感岩性解译	186
§ 3	遥感构造解译	191
§ 4	遥感找矿标志	198
第九章	环境遥感应用	203
§ 1	概述	203
§ 2	大气环境遥感	205
§ 3	水环境遥感	207
§ 4	地面环境遥感	209
§ 5	灾害遥感	211
第十章	农业遥感	215
§ 1	植被和土地利用遥感图像特征	216
§ 2	土地利用和土地覆盖遥感调查	224
§ 3	农作物产量的遥感估测	227
§ 4	土地利用/覆盖变化的环境影响	237
第十一章	海洋遥感应用	242
§ 1	海洋状况遥感测定	242
§ 2	海洋资源遥感调查	246
§ 3	海洋环境遥感监测	251
§ 4	海洋水文气象遥感观测	255
第十二章	气象遥感	260
§ 1	气象卫星及传感器	261
§ 2	气象卫星的应用	262
参考文献	263

绪 论

遥感科学是 20 世纪 60 年代初发展起来的一门新兴学科。随着标志人类进入了太空时代的第一颗人造地球卫星的升空,人类开始了从崭新的角度重新认识自己赖以生存的地球和生活环境。由此产生了遥感技术,它属于高新技术之一,近年来得到蓬勃发展。尤其是遥感技术在地质矿产业、地理学、农业、牧业、林业、海洋、土壤学、生态学、环境规划和军事科学等领域中的应用,已是硕果累累,应用效益日益突出,使人类以更为宏观综合定量的方式来探索大自然的奥秘和全球资源的真谛成为可能。

遥感信息科学的理论、技术和方法的逐步完善与发展,使人类有可能进一步将地球大气圈、水圈、生物圈及固体地球和全球资源环境作为一个完整的、开放的、非线性的系统,以全新的方法论为指导,以现代化高新技术为手段,以系统工程原理和方法为依据,全面、综合、系统地研究地球系统和资源环境系统中的各个组成要素及其相互关系,建立全球尺度上或大区域层次上的关系和变化规律。这些规律的研究构成了遥感科学的重要内容,促进了全球遥感信息科学的诞生和发展。

遥感信息科学技术是建立在空间科学技术、现代物理学、电子计算机技术科学、数字方法和地学规律基础上而形成与发展起来的,与地理信息系统和全球定位系统科学的集成、渗透和统一,构成了新型、现代化的对地观测系统,为地球科学研究提供了全新的科学方法和技术手段,引起了地球科学无论在理论上、技术上和应用上均发生了重要变化。尤其是近年来国际上一系列大型空间对地观测计划相继出台,遥感信息科学正进入一个以高分辨率成像光谱、多参数成像雷达遥感为代表,和遥感信息科学、地理信息系统、全球定位系统一体化发展的新阶段。

一、遥感与遥感的发展简史

1. 遥感基本概念

遥感 (Remote Sensing) 意为遥远的感知。广义而言,凡是不与目标物接触,利用探测仪器收集、记录物体信息来认知目标物的都属遥感范畴。然而我们这里所讨论的遥感主要是指从远距离、高空、以至外层空间的平台上,利用可见光、红外、微波等探测仪器,通过摄影或扫描方式,对地物电磁辐射信息的感应、传输、记录和处理,从而识别目标物的性质和运动状态的现代化技术系统。由此可知,这里所研究的是狭义遥感——电磁波遥感。即是通过地球表面物体电磁辐射信息特征来研究物体的性质与状态。

2. 遥感分类

(1) 按遥感仪器接收目标物电磁辐射信息的性质不同分:

① 被动遥感 (Passive Remote Sensing)

探测器只接收、记录从目标物反射或发射来自自然辐射源(太阳、地球、宇宙辐射、物体自身发射能量等)的电磁波信息的遥感方式。又称无源遥感。

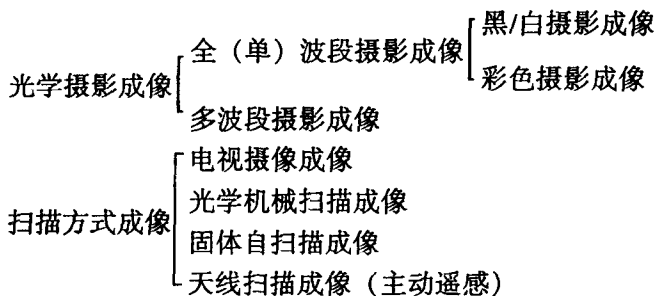
② 主动遥感 (Active Remote Sensing)

指由探测器向目标物发射一定能量的电磁波(如微波),再接收从目标物反射或散射回

来的回波的强弱来识别目标物体的遥感方式。又称有源遥感。

(2) 按遥感资料获取方式不同分类

①成像方式遥感，即所获资料是将地物的不同电磁波辐射（发射或反射）能量转换成深浅色调（或色彩）而构成直观可视的遥感图像资料形式。



②非成像方式遥感，是将地物不同电磁辐射能量转换成相应的模拟信号或数字化输出，或记录在磁带上的形式，二者可以互相转换。

3. 遥感发展简史

遥感科学是从航空摄影测量逐步演变发展起来的，又通过一些高科技军事侦察技术的解密和转向民用而成长的，它增强了人类在区域以至全球尺度上开发资源、成图和监测的能力。现代遥感史以人类首次登上月球为重要里程碑，在 20 世纪 60 年代初迅速发展起来的一门相对年轻的学科和综合性应用技术。可分四个阶段：

(1) 遥感的初期发展时期

最初级的遥感应该从自然界存在的某些生物(如蝙蝠)及人类本身为获取远距离信息而算起。直到人类向往探索地球以外的宇宙空间奥秘美好愿望的实现,遥感逐渐形成。

1610 年伽利略（意大利）发明的望远镜对月球首次观测。

1794 年气球首次升空侦察，可视为遥感最初尝试和实践。

1839 年达格雷（Daguerre）和尼普斯（Niepe）第一张摄影像片的获得可谓是遥感成果的首次展示。

随着摄影术的诞生和照相机的使用，以及信鸽、风筝及气球等简陋平台的应用，构成了遥感技术系统的雏形。

1903 年发明了飞机，1909 年第一次从飞机上拍摄意大利西恩多西利地区空中像片。从此揭开了航空摄影测量——遥感初期发展的序幕。

1913 年开普顿·塔迪沃（Captain·Tardivo）首次描述了用飞机摄影绘制地图的问题。直到第一次世界大战爆发，使航空摄影因军事上的需要而迅速发展，并逐渐发展形成了独立的航空摄影测量学科学体系。其应用进一步扩大到森林、土地利用调查及地质勘探等方面。

特别是第二次世界大战军事上的需要，以及科学技术的不断进展，使彩色摄影、红外摄影、雷达技术及多光谱摄影和扫描成像技术相继问世，同时运载工具以及判读成图设备等也都得到相应的完善和发展。尤其随着空间技术的飞速发展，遥感迎来了一个全新的现代遥感发展时期。

(2) 现代遥感技术的发展

1957 年 10 月 4 日前苏联发射了人类第一颗人造地球卫星，标志着遥感新时期的开始。

1959年前苏联宇宙飞船“月球3号”拍摄了第一批月球像片。上世纪60年代初人类第一次实现了从太空观察地球的壮举,获取从宇宙空间拍摄的地球卫星图像。70年代初(1972年7月23日)美国宇航局(NASA)发射了用于探测地球资源和环境的地球技术卫星(Earth Resources Technology Satellite-ERTS-1)后更名为陆地卫星1号(Landsat-1)的成功,标志着民用航天遥感新时代开始。美国发射的一系列陆地卫星,包括陆地卫星1号至7号,所携带的传感器由四波段多光谱扫描仪发展到80年代初投入使用的专题制图仪,1999年4月发射升空的陆地卫星7号所搭载的增强型专题制图仪ETM⁺,使定时、定位观测地球与对比解译在技术上成为可能。

至现在人类已向太空发射了约4500余颗人造地球卫星,其中大部分为军事侦察系列卫星,其他用于科学研究及地球资源探测和环境监测的有气象卫星系列、陆地卫星系列、海洋卫星系列、测地卫星系列、天文观测卫星系列和通讯卫星系列等。人们可通过不同高度的卫星及其载有的不同类型的探测器不间断地获得地球上的各种信息。

现代遥感技术的发展引起了世界各国的普遍重视,遥感应应用领域及应用广度在不断扩大和延伸,取得了丰硕的成果和显著的经济效益。到上世纪80年代后期至90年代初,法国发射的SPOT卫星上载有20 m、10 m的高分辨率传感器(HRV分辨率为20 m,全色波段为10 m);印度发射的IRS卫星上载有6.25 m分辨率的全色波段;由美国(1992年)和日本(1992年)相继发射的ERS-1 SAR和JERS-SAR的星载雷达数据的获取;1999年9月,美国光谱成像公司(Spectral Imaging Inc.)发射成功的小卫星上载有IKONOS传感器,其空间分辨率高达1 m;此外低空间高时相频率的AVHRR(气象卫星NOAA系统系列),星下点分辨率为1 km;特别是80年代初开拓性的成像光谱仪的研制,形成了高(超)光谱分辨率的新遥感系统。以及其他各种航空航天多光谱传感器亦相继投入运行,形成现代遥感技术高速发展的兴盛期。

二、遥感发展主要特点与展望

(1) 新一代传感器的研制以获得分辨率更高、质量更好的遥感图像和数据。空间分辨率、光谱分辨率及时间分辨率均要提高。实时传输信息、多时相性。

(2) 实现用卫星进行准确定时定位(GPS)。

(3) 通讯方面建立了低轨通讯卫星网。

(4) 遥感应不断深化。由于遥感信息获取增加,遥感(RS)、地理信息系统(GIS)和全球定位系统(GPS)的成功集成(合),成为遥感应应用发展方向。具体有:①从单一信息源的信息分析应用向多种信息源的信息综合应用分析;②从静态分析研究向多时相的动态研究以及预测预报方向发展;③从定性判读制图向定量分析发展;④从对地球局部地区及其各组成部分的研究向地球系统的全球综合研究方向发展。

(5) 地理信息系统(GIS)的发展与支持是遥感发展的又一方向。遥感所获取的丰富信息资源有赖于GIS加以科学的管理,遥感应应用亦有赖于GIS提供多种信息源进行复合及其综合分析,遥感定量分析更需要信息系统提供应用模型,以及专家系统的支持。遥感图像的识别或分类往往需要GIS支持下改善精度并在数字模型中得到应用。

三、遥感技术系统与遥感技术应用特点

1. 遥感技术系统

遥感技术系统是从地面到高空各种对地球、天体观测电磁辐射信息的综合技术系统的总称(如图 1)。主要是由遥感器及其遥感平台、信息传输与预处理、分析解译等三部分组成。可包括:

(1) 遥感地面试验

是遥感技术系统的基础。为选择探测器类型和工作波谱范围而进行的诸多地物波谱特性测试工作,为遥感信息探测以及遥感信息处理提供各种校正所需的相关信息和参数,也是遥感应应用解译和信息提取的基础依据。

(2) 探测器及遥感平台

探测器与遥感平台是遥感技术系统中地物信息获取的重要组成部分。

探测器是收集和记录地球表面物体电磁辐射能量信息的装置。如航空摄影机(仪)、扫描仪等,是遥感信息获取的核心部件,装载在遥感平台上按飞行轨道或路线进行探测。

遥感平台是运载遥感器的工具,如飞机、卫星、宇宙飞船等。

(3) 遥感信息接收、传输与预处理

遥感器通过记录在感光胶片或数据磁带上的遥感信息要经过传输和预处理后,提供给用户。遥感信息的传输分直接回收和无线电传输两种方式。直接回收是指将遥感信息资料(感光胶片、数据磁带)带回地面。飞机、气球、飞船常采用此方式,特点是保密、方便,但不能实时回收。无线电传输是将探测器接收到的信息通过无线电载频传输给地面接收站,卫星遥感多采用此种传输方式。这种方式可实时传输,即指当探测器收集到地物电磁辐射信息后立即通过无线电发往接收站。对于火灾、火山爆发、洪水、污染等环境监测和军事侦察是及时和必要的。也可以将信息存贮起来,当平台飞越接收站上空时,接到发送指令后,再向接收站发送信息。例如,陆地卫星就是利用无线电来传输信息的。

遥感信息预处理是指由于地面接收站接收到的遥感信息,会受到多种因素影响,诸如探测器性能、平台姿态不稳定、地球曲率、大气不均匀性及地形差别,会引起地物的几何特性和波谱特性的畸变,因此必须经过适当处理后,才能提供使用。

(4) 遥感信息资料的应用分析

遥感资料的应用分析是遥感过程的最终目的。根据不同专业目标的需要,选择适宜的遥感信息处理及其工作方法进行,以取得良好的社会效益和经济效益。

2. 遥感技术应用特点

(1) 宏观性强:随着平台增高,单幅图像覆盖地表面积增大。如一幅航空像片(30 × 30 cm², 1:50000)覆盖地面景观约为 225 km²,而一景陆地卫星 TM 图像可包括 185 × 185 km²

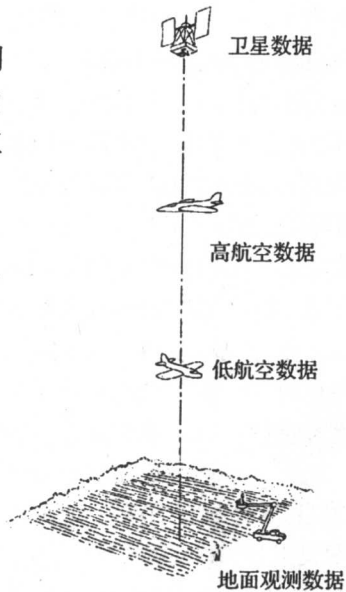


图 1 遥感平台

= 34225 km² 的地表面积。有利于进行区域性宏观调查与分析对比。

(2) 信息量真实且丰富: 遥感信息是地球表面信息的真实记录。探测器不但记录可见光条件下的物体电磁辐射信息, 而且记录地物在超越人视觉的红外、微波波段范围地物辐射信息特征, 延伸了人的视觉感官。又由于计算机技术的发展, 图像增强处理使得信息识别能力大大提高, 如正常人肉眼大多能分辨 10~15 级灰阶(度), 而计算机至少能分辨 256 级, 丰富了信息量。

(3) 获取信息快, 更新周期短: 陆地卫星可 18 天、16 天、14 天覆盖全球一次, 气象卫星可以小时为周期重复观测。现代遥感技术可定时、定位观测, 非常有利于地表动态监测研究。

(4) 综合分析应用: 遥感信息的数据形式为计算机处理提供方便, 借助地理信息系统, 可使多种(源)信息进行综合信息提取分析应用, 使得地学综合信息库的建立成为可能。

四、遥感信息科学

1. 基本概念

由前述可知, 遥感信息是指以光或电磁波为载体, 经介质传输而由航空或航天遥感平台所收集到的反映地球表层系统现象的空间信息。遥感信息科学属于信息科学中的一个新兴领域, 它是以信息科学与地球科学为理论基础的遥感信息处理和分析模型, 形成以物理手段、数学方法与地学规律紧密结合的技术体系; 特别是现代的遥感技术、地理信息系统和全球定位系统的集成, 实现了从地面到空间, 从信息数据收集、处理到解译分析和应用, 构成多层次、多视角、多领域的观测体系, 对全球进行的探测和监测, 使遥感信息成为地球科学资源环境开发利用中的一个重要信息源。现在以至将来已不仅仅是遥感和地球科学应用方面单纯信息的数学定量处理, 而且必定会发展成为一个空间信息系统和计算机图像显示与图形更新, 进一步实现专业智能化。因此, 遥感信息科学是指通过建立各种遥感模型, 并根据以遥感数据为输入变量的地学模式来研究地球科学各个层次上物体的遥感信息产生的机理, 地学意义及其应用的理论和方法的新兴边缘学科。

遥感信息科学基本理论是地物电磁波理论与相应应用领域的基础理论。

2. 遥感信息科学的主要研究内容

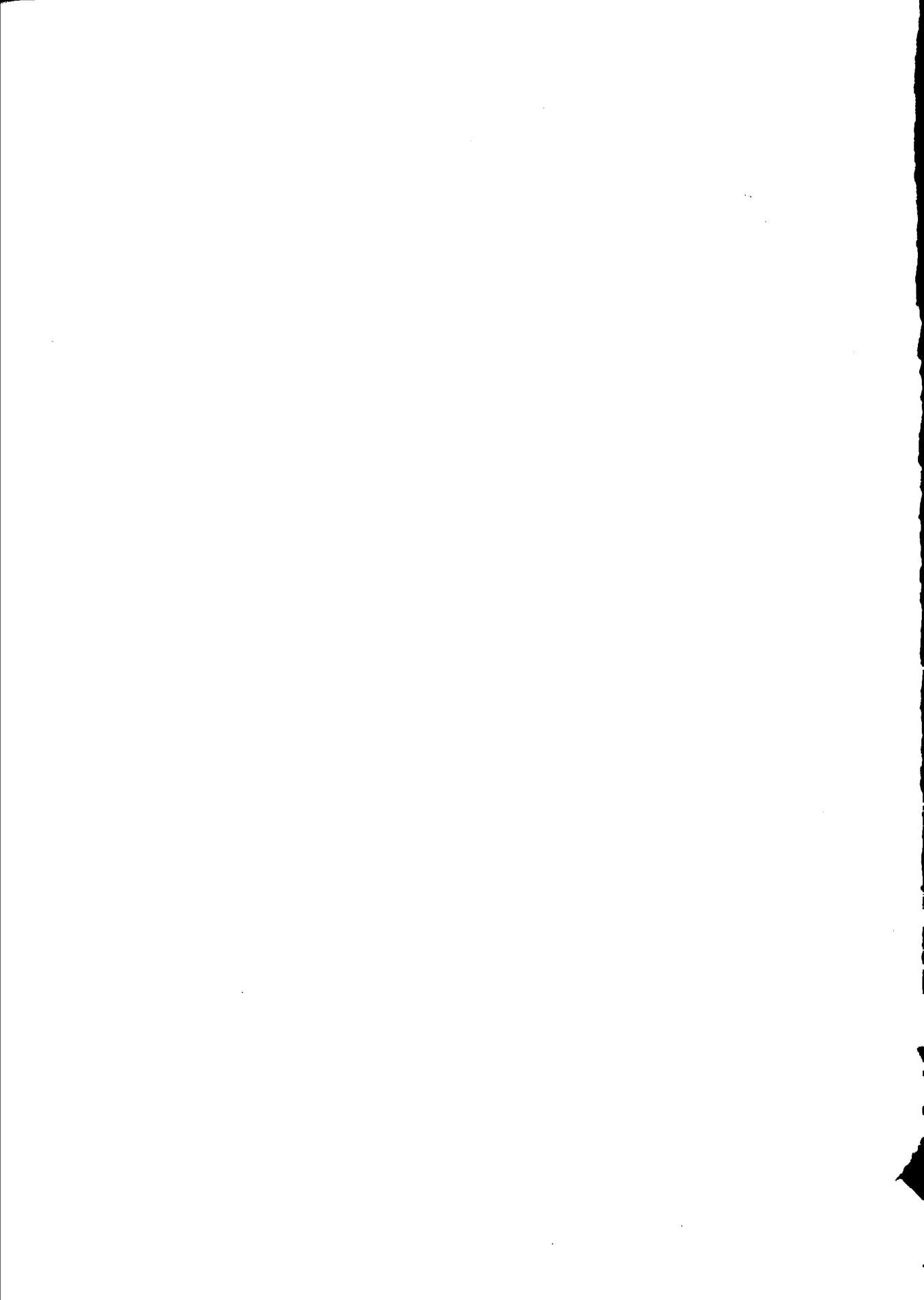
遥感信息是地物电磁辐射信息经介质传输, 通过遥感系统对地表的成像过程获得的反映地面物体物理、化学、几何、生物及相关地学特征等属性的信息, 然而对一个连续、开放、完整、复杂的地球系统而言, 通过对地观测获取的遥感信息具有三重属性, 即遥感信息是电磁波辐射与地表物质相互作用的产物, 是地圈、生物圈等基础科学规律的反映, 同时也是该信息载体在其传输路径上受各种介质影响的结果。与此同时遥感信息又同时具有空间、波谱和时间三种特性。遥感信息具有多源性、宏观性、周期性、综合性和量化等特点。因此, 遥感信息科学主要研究内容有:

(1) 研究电磁波与地物之间相互作用机理及电磁波在大气中传输特性;

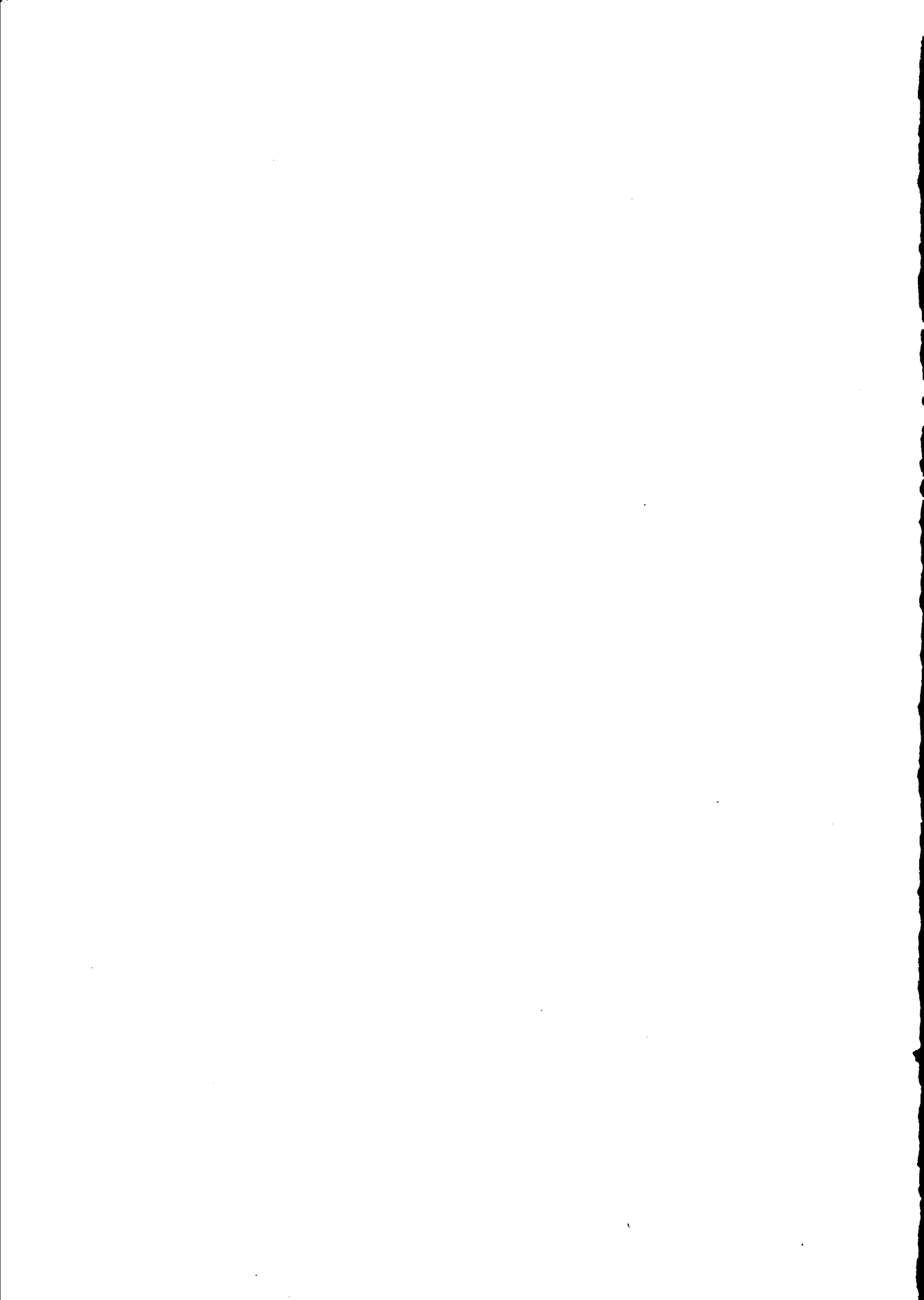
(2) 通过研究各种地物在遥感图像上的影像特征而识别其性质、运动状态、展布规律以及与环境背景在时间、空间和成因上的联系;

(3) 遥感信息的计算机处理, 由定性向定量的智能化研究发展;

(4) 遥感信息与相关信息综合研究。



第一篇 遥感原理



第一章 遥感物理基础

§ 1 电磁波与电磁波谱

电磁波是在空间传播的交变电磁场，即指变化的电场和磁场交替产生，由近及远，以有限的速度在空间内传播的过程。电磁波是一种横波，其电场和磁场以光速传播并且彼此垂直，同时还与传播方向垂直。无线电波、微波、红外线、可见光、紫外光、X射线、 γ 射线都是电磁波，各种电磁波产生的方式不同，波长及频率也各不相同。由于受物质成分、结构、构造、表面状态以及外界环境条件等诸多因素的影响，不同的地物其发射或反射的电磁波性质存在着一定的差异，遥感即根据此原理来识别和区分地物与现象。因此电磁波理论是遥感的物理基础，是学习遥感的必备知识。

一、电磁辐射的基本特征

电磁辐射在遥感中常指电磁波，实际上是电磁波通过空间或媒质传递能量的物理现象，即电磁能量以波的形式传播的过程。它具有下列特征：

1. 电磁波的传播

电磁波的传播是能量存在的一种形式，在传播过程中，其波长（或频率）、强度、传播方向和偏振面会发生变化，如反射、折射、吸收、散射、偏振等。

波长、强度、传播方向、偏振面是描述电磁波的四个基本物理量。电磁波所以能够传递信息是与上述四个基本参量密切相关的。

例如在可见光范围，不同波长、强度的电磁波，给人们以各种颜色的信息；电磁辐射源与目标之间的相对运动会产生频率移动的多普勒效应，利用此效应可获得目标速度的信息。

根据电磁波的传播方向、振幅和极化面的变化，可获得有关目标的位置、形状（包括方位、距离、图像）等信息。如光线被水体反射后会发生强烈的偏振，据此可进行多向偏振摄影，以获取更多的相关信息。

2. 电磁波的叠加和相干

当振动方向和振动频率均不同的多列电磁波在空间相遇时，相遇点的复合振动等于各列波在该点的矢量和，而在其他位置每一列波仍保持原有的特征（振动方向、频率等保持不变），即波的传播是独立的，这就是叠加原理。电磁波的叠加原理适合于大多数常见介质中传播的电磁波。

两列频率、振动方向、相位都相同或相位差恒定的电磁波叠加时，某些部位处于振动永远加强，而另一些相位则处于振动永远减弱或完全抵消，这种现象称为电磁波的相干。对于相干辐射，探测器在某一位置可能接收到较多的能量，而在另一位置可能接收到较少的能量；对于非相干辐射，探测器接收的平均能量等于每列波单独投射时的平均能量之和，且不

受探测器位置变化的影响。相干作用的结果使影像产生颗粒状或斑点，影响人们对图像的解译。

3. 电磁波的衍射

如果电磁波投射在一个它不能透过的有限大小的障碍物上，将会有一部分波从障碍物的边界处通过，这部分波在超越障碍物时，会改变方向绕过其边缘而达到障碍物后面的阴影区。当电磁波通过有限大小的小孔或狭缝时也会发生上述现象。这种电磁波通过障碍物边缘所引起的使一些辐射量发生方向改变的现象称为电磁波的衍射。在遥感测量中必须考虑电磁波衍射效应的影响。例如，在微波遥感中当电磁波到达遥感天线时，被天线孔径切割或截获时要发生衍射，使接收效果受到影响。

4. 电磁波的偏振（极化）

电磁波是交变电磁场在空间的传播，在传播过程中，电场强度、磁场强度和传播方向三者之间始终保持垂直。通常电场强度在各个方向（垂直于传播方向的平面上）是相等的，若其总是固定在某个方向振动，则称电磁波在该方向被极化（偏振），与传播方向相垂直且包含振动方向的面称为偏振面。根据电场强度与入射面（通常是地表面）两者的关系分为水平极化（H）和垂直极化（V），水平极化两者互相垂直，垂直极化两者互相平行。电磁波的极化现象在微波遥感技术中有很重要的意义，是影响微波图像灰度的一个重要因素。

利用平面偏振以及它在各种物质表面的反射、透射特性，我们就能预计相应的回波强度；反之，根据回波强度，我们也可以判断物体的特性，这就是偏振波在遥感中的意义所在。例如，用微波辐射计测量 1.41 GHz、8.36 GHz、19.34 GHz 三个频率上的海面亮度温度时发现，当入射角为 55° 时，海面风速对垂直极化的亮度温度没有贡献，而水平极化的亮度温度却随风速增加而增加。在 19.34 GHz，风速每增加 1 m/s，水平极化的亮度温度增加约 1.1 K。

5. 电磁波的多普勒效应

当一个频率为 f 的电磁辐射源朝向观察者运动或者背离观察者运动时，观察者从这个辐射源所接收到的辐射将具有另一个频率 f' 。如果这个辐射源朝向观察者运动， f' 大于 f ；如果辐射源背离观察者运动，则 f' 小于 f 。由于观察者和辐射源的相对运动所引起的电磁辐射的频率改变，称为多普勒效应。

6. 电磁波的波粒二象性

电磁波具有波动性和粒子性两方面特征，即具有波粒二象性。波动性是指电磁波具有时空周期性，可以用波长、速度、周期和频率来表征，它主要表现为电磁波有干涉、衍射、偏振、散射等现象。粒子性是指电磁波是由密集的光子微粒流组成的，电磁波实质上是光子微粒流的有规律的运动，主要表现为电磁辐射的光电效应、康普顿效应等。

连续的波动性和不连续的粒子性是相互排斥、相互对立的；波动性和粒子性又由统计学观点而得以联系和统一，即波是粒子流的统计平均，而粒子是波的量子化。

不同波长的电磁波，其波动性和粒子性表现的度不一样，较短波长的电磁波主要表现出粒子性，波长越短，粒子性表现愈明显；而长波电磁波则主要表现出波动性。

二、电磁波谱

不同的电磁辐射源产生的电磁波的波长（频率）各不相同，其变化范围也很大。将各种

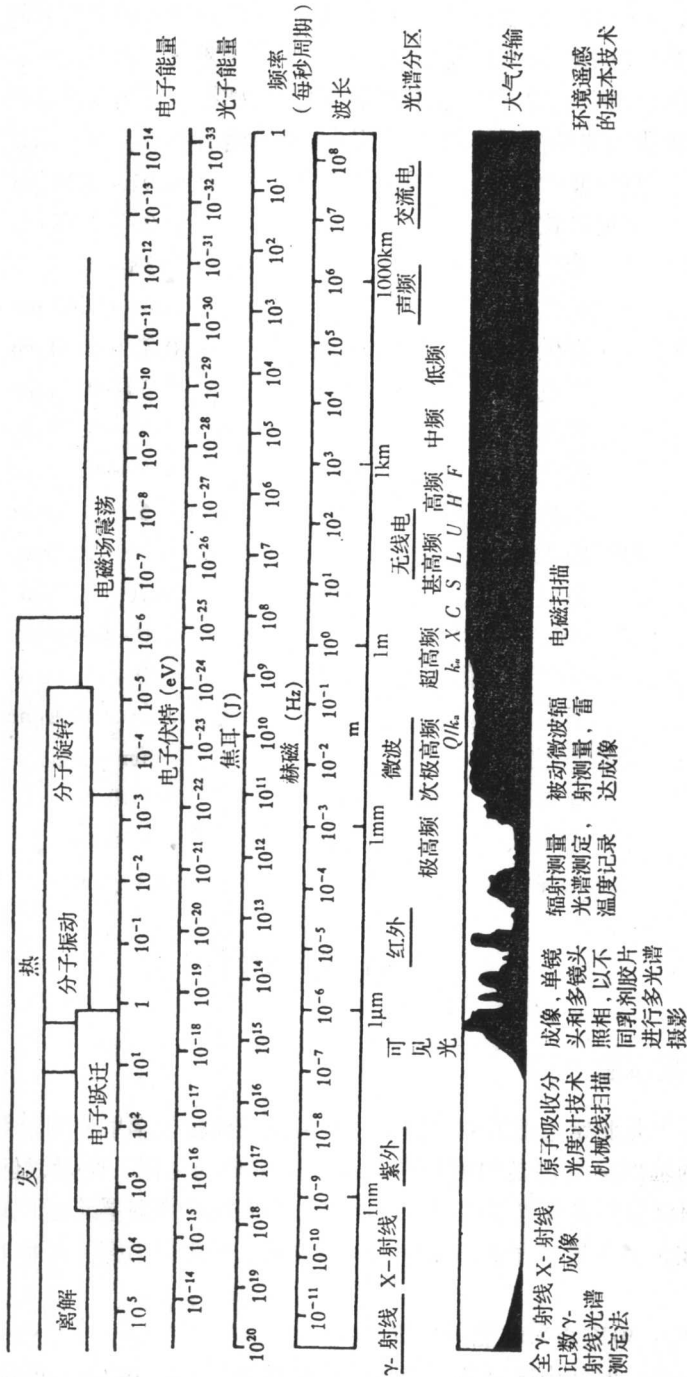


图 1-1 电磁波谱及其应用