

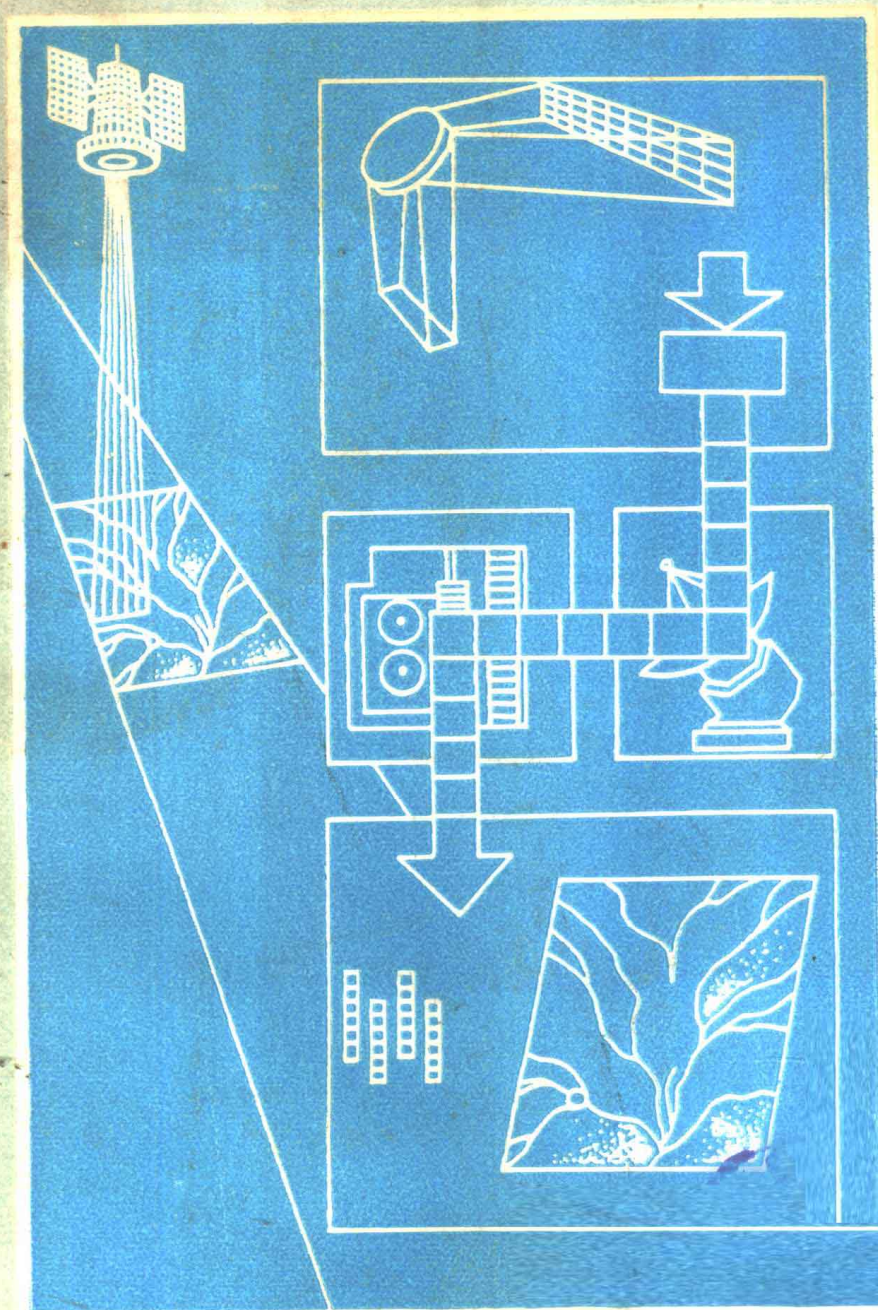
王西川 钱新强 编著

939279

X87
1012

环境遥感

原理与图像分析



PRINCIPLE AND IMAGE
ANALYSIS OF
ENVIRONMENTAL REMOTE SENSING

河南大学出版社

00279

X87
1012

环 境 遥 感

原理与图像分析

王西川 钱新强 编著

河南大学出版社

内 容 提 要

本书系统地论述了地球环境遥感技术的基本原理与各类遥感图像的分析应用。全书共分九章，包括绪论、遥感的理论基础、摄影方式遥感、热红外扫描成像、微波遥感、卫星多光谱遥感、遥感图像的处理和卫星图像的目视判释。

本书为高等院校地理系各专业（地理教育、地质地貌、经济地理、自然资源、国土整治等）本科生及函授生“遥感”课教材，同时可作为从事遥感技术各专业的科研人员的参考书，也可供环境保护、城乡规划、农、林、水利等部门的科技人员以及中学地理教师参考。

环 境 遥 感

原 理 与 图 像 分 析

王西川 钱新强 编著
责任编辑 陈波涪 司锡明

河南大学出版社出版发行

（开封市明伦街85号）

开封中山印刷厂印刷

开本：787×1092 毫米 1/16 印张：26.875 字数：619 千字

1991年1月第1版 1991年1月第1次印刷

印数 1—2500 定价：11.90 元

ISBN7-81018-558-6/K·68

序

60年代以来,遥感技术在国防建设、生产建设和自然科学研究领域得到了非常广泛的应用。遥感技术应用于地球表层地理要素、自然地理过程和自然资源的探测,其成效甚为显著,且为人地生态地域系统的深入研究开辟了一条新的途径。同时,就在遥感技术应用于地球表层信息系统探测与人地关系的研究过程中,逐渐孕育形成了一门重要的遥感应用分支学科——环境遥感学。这门新兴的学科集中体现了当代遥感技术的综合性和横向延伸的特点,而具有强盛的生命活力。

多年来,全国高等院校地理系科随着教学体系的改革和调整,迫切要求确立并开设正规化的遥感课程,使学生能够系统了解遥感技术的基本原理和掌握遥感图像的地质解译分析技术。为了满足当前高校地理系科环境遥感教学的需要,王西川和钱新强两位同志根据多年的教学和科研实践体验,编写了这部《环境遥感——原理与图像分析》教材。这部教材作为教科书(或谓教学用书)出版,可以说是两位作者对高校教材建设的重大奉献。

在遥感技术日新月异的发展形势下,目前我国高校地理专业遥感课程的教材已显得相对落后。其中有的遥感教材出版时间较久,内容有一定老化现象(如对遥感技术的最新进展及其在地学领域的应用现状没有反映出来);有的遥感教材内容局限于某种比较狭窄的专业遥感应用领域,不便于地理专业的遥感教学使用,如此等等。本书的出版,无疑将为改变上述落后状况和弥补上述缺陷作出有益的贡献。

时至今日,航空遥感和航天(含卫星)遥感还可视为现代遥感技术研究与应用的两大大相对独立领域,它们在探测对象、空间尺度、技术路线、研究方法及应用特征等方面都有明显差别。本书的内容不仅覆盖了上述两大研究领域,而且章节的编排作到了层次清晰、上下连贯、前后照应,保证了本门课程教学的系统完整性。

不难看出,两位作者在编写这部教材的过程中付出了较多的心血和劳动,尽力使这部教材具有新的特色。例如在教材内容中,两位作者既溶进有自己的教学体验,又重视吸取同类教材的精华;在选材方面,力求反映当代遥感技术及其应用的新动态新成就,以体现教材的先进性;同时还适当增加了各类遥感图像判释分析内容的比重,以增强本门课程教学的实用性。

由于社会历史的原因和科技发展的不平衡性,勿庸讳言,“环境遥感”目前还没有建立起一个完善的学科体系,许多内容尚停留在应用技术阶段。尽管人们对于环境遥感应用理论的研究正在不断深入,但是在基础性理论研究领域中还有许多空白。例如地球表层“环境遥感”信息的传输机理与过程,目前人们对它的认识还不十分清楚。在遥感信息定量分析方面,多数的信息解译模式仍停留在“统计”阶段,而物理模式的研究还相当薄弱。若从概率统计角度来分析地理景观与遥感信息的相关关系,进而剖析地理景观

的发生发展过程与遥感信息传输之间的内在联系，则需要多学科相互合作；尤其需要地理科学、环境科学和信息科学的相互渗透，从系统科学理论的高度进行综合性研究。再者，只有经过较长时间的科研成果积累，才可能针对不同的环境条件去选择最佳的波段组合，设计最适宜的时相叠加，研制智能化较高的图像数据处理系统，从而使遥感科学技术达到更高的发展水平。在本书内容中，两位作者结合自己在区域性环境遥感科研工作中的实际体会，对于遥感信息的处理和解译分析等方面的理论与实践进行了尝试性的探讨。显然，这将会起到学术交流的作用。

现代的遥感技术，从信息的获取、信息的处理到分析预报等全部作业过程正进行系统优化和完善，以求充分体现遥感信息的全部功能与效益。许多地理工作者已经认识到，当代遥感技术不仅能够有效地应用于自然资源的探测和地理系统物质组分结构空间规律性的研究，而且还可以进一步应用于地理系统物质迁移和能量转化等方面的动态追迹研究；亦即把遥感技术的应用范围由三维扩展到多维，甚至延伸到超越某种自然演化和自然灾害的动态过程，以求赢得地理预测、预报的时间。上述遥感技术所能扩展到的应用领域，正是现代地理科学研究的前沿阵地。显而易见，“环境遥感”作为一门重要的遥感应用分支学科，它在更新地理科研手段和深化地理科研工作方面起着巨大的作用。当然，环境遥感学在不断发展，还需进一步充实和完善，许多问题有待深入研讨。我相信将有更多的从事环境遥感教学和科研的工作者，象本书的两位作者一样，为环境遥感学的发展而辛勤探索，作出有益的贡献

当这部教材出版之际，写此序言，聊表祝贺之意。

全 石 琳

1990年10月于开封

前 言

作者从1980年开始，在河南大学地理系讲授遥感课程。1985年以后，在最初编写的教学讲义的基础上，结合教学和科研的实践体验，根据高校遥感课教学大纲的要求，参考有关院校同类教材，编写成本书初稿。经多次修改后，最后编定这本《环境遥感——原理与图像分析》。

本书编写中，参考了大量国内外最新遥感文献，因此不惟可作教材之用，亦可供遥感和地学有关专业科研人员及环境保护、城乡规划、农、林、水利等部门的科技人员参考。全书引用文献较多，不能全部刊出，谨向有关作者表示歉意。

本书共分九章，第一、二、三、四、八、九章由王西川同志编写，第五、六、七章由钱新强同志编写。全书由王西川同志统稿，河南大学出版社陈波涔副教授和河南大学学报编辑部司锡明教授审订。

本书的编写和出版中，承蒙许多师友的关心和鼓励，尤其是得到河南大学地理系李克煌教授、全石琳教授、周华山副教授和河南大学出版社朱磐身、段文勇、王纯等同志的大力支持和帮助，书中插图由袁业茜、江黎、彭红、石桦、夏素娟几位同志清绘。谨此一并深致谢忱。

最后须指出，本书成书虽历经数载，数易其稿，但由于作者水平有限，仍难免有粗糙和不妥之处，敬希读者教正！

编著者

1989年1月15日

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 遥感概述.....	(1)
一、遥感的基本概念.....	(1)
二、遥感的类别.....	(2)
第二节 遥感的发展概况.....	(4)
一、国际上遥感的发展概况.....	(4)
二、我国遥感的发展与现状.....	(6)
第三节 遥感的应用.....	(7)
一、地质地理方面的应用.....	(7)
二、农林业方面的应用.....	(8)
三、测绘方面的应用.....	(9)
四、军事方面的应用.....	(10)
五、其它方面的应用.....	(11)
第二章 遥感的理论基础	(12)
第一节 电磁波.....	(12)
一、振动与波.....	(12)
二、电磁波谱.....	(14)
三、电磁波的辐射源.....	(17)
第二节 大气对电磁波的影响.....	(20)
一、大气的反射作用.....	(21)
二、大气的吸收作用.....	(21)
三、大气的散射作用.....	(23)
四、大气透射窗口.....	(25)
第三节 物体的电磁波辐射特性.....	(27)
一、物体反射电磁波的特性.....	(27)
二、物体发射电磁波的特性.....	(30)
三、物体透射电磁波的特性.....	(31)
四、物体散射电磁波的特性.....	(31)
第三章 摄影方式遥感	(33)
第一节 摄影方式遥感概述.....	(33)
一、摄影方式遥感成像的基本过程.....	(33)
二、感光材料的种类和特性.....	(35)

三、滤光片·····	(38)
第二节 航空摄影的基本知识·····	(41)
一、航空摄影机·····	(41)
二、航空摄影的种类·····	(42)
三、对航空摄影的质量要求·····	(44)
四、航摄像片·····	(46)
第三节 航摄像片的几何特性·····	(48)
一、中心投影成像·····	(48)
二、航摄像片的像点移位·····	(51)
三、航摄像片比例尺的多变性·····	(54)
第四节 航摄像片像对的立体观察及量测·····	(56)
一、天然立体观察·····	(56)
二、像对的立体观察·····	(59)
三、用两眼直接进行立体观察的方法·····	(60)
四、用立体镜作像对立体观察·····	(62)
五、像对的立体量测·····	(66)
第五节 各类航摄像片的特征·····	(69)
一、黑白航摄像片·····	(69)
二、天然彩色航摄像片·····	(71)
三、近红外彩色航摄像片·····	(76)
第四章 航摄像片的判释·····	(82)
第一节 航摄像片的判释技术·····	(82)
一、航摄像片判释的依据·····	(82)
二、航摄像片的判释标志·····	(84)
三、航摄像片的目视判释方法·····	(106)
四、航摄像片的判释程序·····	(107)
五、分带投影转绘·····	(111)
第二节 航摄像片的地貌判释·····	(116)
一、流水地貌的判释·····	(117)
二、湖泊地貌的判释·····	(127)
三、海岸带的地貌判释·····	(130)
四、岩溶地貌的判释·····	(134)
五、风成地貌的判释·····	(145)
六、冻土地貌的判释·····	(154)
七、冰川地貌的判释·····	(160)
八、黄土地貌的判释·····	(163)
九、重力地貌的判释·····	(166)
十、火山和熔岩地貌的判释·····	(191)

十一、地貌物质组成的判释·····	(192)
第三节 航摄像片的地质判释·····	(193)
一、岩石的判释·····	(193)
二、构造的判释·····	(205)
第四节 航摄像片的土壤和植被判释·····	(231)
一、土壤的判释·····	(231)
二、植被的判释·····	(236)
第五节 航摄像片的地下水判释·····	(137)
一、孔隙潜水的判释·····	(237)
二、裂隙潜水的判释·····	(241)
三、岩溶潜水的判释·····	(243)
四、地下水露头的判释·····	(244)
五、自流水的判释·····	(245)
第五章 热红外扫描成像·····	(248)
第一节 热红外扫描成像技术系统·····	(248)
第二节 热红外扫描图像的信息特征·····	(251)
一、图像的空间信息特征·····	(251)
二、图像的光谱信息特征·····	(255)
第三节 热红外图像判释·····	(255)
一、判释标志·····	(255)
二、判释模式·····	(256)
三、典型地物热图像判释·····	(258)
第六章 微波遥感·····	(260)
第一节 微波测视雷达系统·····	(261)
一、微波波谱及微波雷达·····	(261)
二、真实孔径侧视雷达系统·····	(262)
三、机载侧视雷达系统的空间分辨力·····	(263)
四、合成孔径侧视雷达系统·····	(266)
第二节 侧视雷达图像的特性·····	(269)
一、图像的几何特性·····	(269)
二、图像色调特征及透视信息·····	(272)
第三节 侧视雷达图像的判释特点·····	(273)
第七章 卫星多光谱遥感·····	(276)
第一节 多光谱遥感基本原理·····	(276)
一、摄影方式·····	(276)
二、扫描方式·····	(276)
第二节 卫星多光谱遥感概述·····	(278)
一、卫星遥感的发展·····	(278)

二、陆地卫星	(279)
三、陆地卫星遥感系统	(287)
四、SPOT卫星	(292)
五、SPOT卫星遥感系统	(268)
六、其他遥感卫星简介	(303)
第三节 卫星多光谱遥感信息获取与处理	(305)
一、反束光导管摄像机成像原理与方法	(305)
二、多光谱扫描仪成像原理与方法	(311)
三、专题制图仪工作原理	(313)
四、陆地卫星遥感视频信息处理	(315)
五、高分辨力可见光扫描仪的工作原理与过程	(318)
六、SPOT卫星HRV 视频信息处理	(322)
第四节 卫星多光谱遥感主要数据产品	(322)
一、陆地卫星RBV和MSS 数据产品	(322)
二、陆地卫星TM数据产品	(325)
三、SPOT卫星HRV 数据产品	(325)
第五节 卫星多光谱遥感图像数据信息特征	(327)
一、图像的空间信息特征	(327)
二、图像的光谱信息特征	(334)
三、图像的信息量特征	(338)
第八章 遥感图像的处理	(341)
第一节 遥感图像的光学处理	(341)
一、非相干光处理	(342)
二、相干光和部分相干光处理	(354)
第二节 遥感图像的计算机数字处理	(358)
一、遥感数字图像	(359)
二、遥感数字图像处理的硬件与软件	(362)
三、遥感数字图像处理的实施	(364)
第九章 卫星图像的目视判释	(375)
第一节 卫星图像的目视判释技术	(375)
一、卫星图像的判释原理	(375)
二、卫星图像的判释特性	(376)
三、卫星图像的判释标志	(378)
四、卫星图像目视判释的方法	(380)
五、卫星图像目视判释的程序	(381)
六、卫星图像目视判释的内容	(382)
七、影响卫星图像判释的因素	(383)
八、卫星图像目视判释的注意事项	(383)

第二节 卫星图像的地貌判释	(384)
一、河流地貌的判释	(384)
二、湖泊地貌的判释	(387)
三、海岸地貌及浅海海底地貌的判释	(389)
四、冰川和冻土地貌的判释	(390)
五、风沙地貌的判释	(390)
六、岩溶地貌的判释	(391)
七、黄土地貌的判释	(392)
第三节 卫星图像的地质判释	(392)
一、线性与环状影像特征分析	(392)
二、卫星图像的构造判释	(395)
三、卫星图像的岩性判释	(400)
第四节 卫星图像的土壤植被判释	(404)
一、植被的判释	(404)
二、土壤的判释	(407)
第五节 卫星图像的社会经济要素判释	(411)
一、居民地的判释	(411)
二、交通线的判释	(412)
第六节 卫星图像的判释实例	(412)
一、注记的阅读	(413)
二、判释	(413)
三、判释成果图的绘制	(418)
四、编写判释报告	(418)
参考文献	(419)

第一章 绪 论

环境遥感主要是用遥感技术研究地球表层这一部分人类环境的综合性学科。随着科学技术的发展,人类环境的范围不断扩大。现代,人造地球卫星和各种宇宙飞行器不仅可以从高空探测地球,而且可以探测月球、火星、水星、金星、木星、土星……,以至太阳系以外宇宙的奥秘。从而使人们能从宇宙空间的高度,大范围、快速、周期性地观测地球上和空间中的自然现象及其变化,并研究它们的发生、发展和演化规律。这样,就使人类环境超出了地球表层的范围,进入了高空和宇宙空间。

环境遥感的研究对象主要是人类赖以生存和生活的地球表层,它是指海陆表面上下具有一定厚度的范围,而不包括地球的高空和内部。其上界大致为大气对流层的顶部,下界为岩石圈层的底部,其中包括整个水圈和生物圈的分布范围。地球表层的突出特点是人类社会存在其中,充满着人类活动的明显烙印。在研究地球表层这一重要的人类环境中,采用了遥感技术这一现代化的手段,因而诞生了环境遥感这一新的分支学科。

第一节 遥 感 概 述

一、遥感的基本概念

遥感,即遥远感知的意思。从这个广义的理解出发,可以说最早的遥感是人类开始懂得凭借眼、耳、鼻等感觉器官,感知物体的形、声、味等信息,从而来辨认物体及其性质,那么这称为最原始的天然遥感。

自古以来,人类总是千方百计地想方设法扩大自己的感觉器官的感觉范围。人们为了突破本身天然遥感器官在物理上的局限性,使人们看不见的紫外线和红外线,听不到的超声波和次声波,闻不出的气味等,也都能够感知出来;为了突破本身天然遥感器官在空间上的局限性,使遥感平台不断增高,使视线延伸得更长,使视野范围扩得更大;为了突破本身天然遥感器官在时间上的局限性,要把信息记录下来,使之静止定影在某种画面上,以便随时可以再现,甚至可以全天时、全天候地获得信息。于是,人们就研究创造出了各种各样的遥感仪器,用来远距离地对物体的性质进行探测,这称为人工遥感。

遥感一词是60年代初由美国科学家提出后被科学界正式引用,并广泛传播成为一个新的科学技术用语。它是对这个学科领域相继出现的一系列新的分支学科的总概括。特指以电磁波作为媒介的遥感技术。

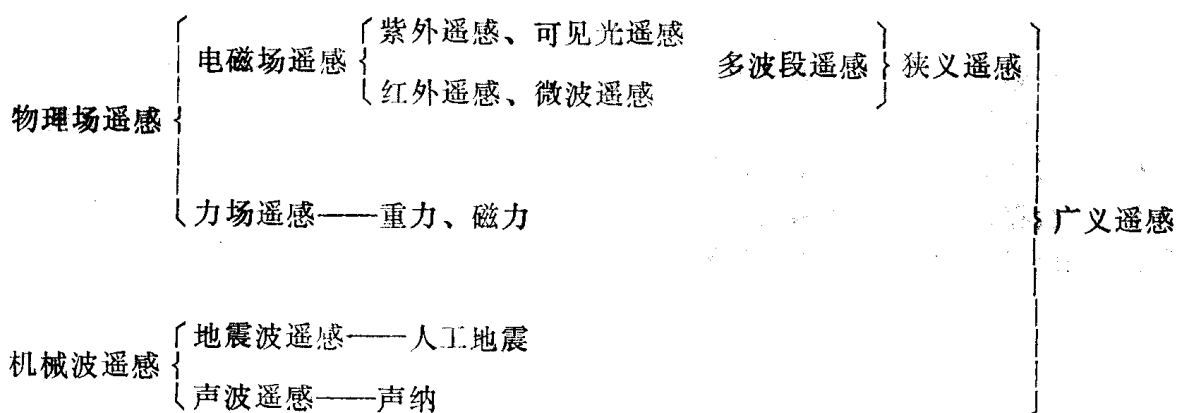
所谓遥感技术,是利用运载工具,携带各种遥感仪器,从远距离无接触的敏感地面景物电磁波特性的一种方法。通常把整个接收、记录、传输、处理和分析判释遥感信息(物体电磁波的能量信息)的全过程统称遥感技术。它包括遥感手段和遥感应用,而遥

感则是这个全过程的简称。

遥感这个术语只限于使用电磁波作为媒介的探测技术。目前遥感技术中所研制和使用的传感器的工作范围都在电磁波谱中的紫外、可见光、红外和微波等波谱段。为什么遥感的定义范畴仅限于使用电磁波作为媒介呢？这就涉及到广义遥感和狭义遥感的概念。

广义遥感是以电磁波、声波、地震波、力场作为媒介，远距离地用仪器对物体的性质进行探测。因此，航海测探、航海物探、航空物探、航空摄影测量、地震测量、环境监测等都包括在广义遥感的范畴之内。

狭义遥感是单指以电磁波作为媒介的遥感手段。它包括可见光遥感、红外遥感、微波遥感、紫外遥感和多波段遥感。广义遥感与狭义遥感的范畴及相互关系列表如下：



二、遥感的类别

在遥感技术的发展过程中，随着研究角度的不同，对于遥感技术研究领域的划分采用了不同的划分标志。目前主要的划分标志包括遥感平台、电磁辐射源、传感器的工作波长、获得的遥感资料和研究对象及应用领域等六种。

(一) 根据遥感平台的划分

现代遥感技术根据所使用的遥感平台（通常指在地面上空不同高度用来搭载遥感仪器的工作平台）的不同，可将其研究领域划分为航天遥感、航空遥感与地面遥感。

航天遥感，通常指从地球大气层外层空间，距地面80公里以上，以宇宙飞行器或人造地球卫星等作为遥感平台的探测方法。航天遥感的发展始于60年代末，虽然历史较短，但由于具有高度大而探测范围广，成像快，实现对目标的动态研究，不受区域自然条件和国界限制等多方面的优越性，目前在现代遥感技术中已占主导地位。

航空遥感，是指在地球大气层内层空间、使用航空飞行器（飞机、气球等）作为遥感平台对地面目标进行的遥感。航空遥感历史较长，积累了丰富的研究经验，即使在今天也由于其平台的灵活性、所获图像的高分辨力、可进行各种遥感试验、校对航天遥感数据资料以及进行地物光谱测试工作等多方面的独特优点，在现代遥感技术中仍占有相当的地位，起着不可替代的作用。

地面遥感，指在地面上或海面上利用汽车、高台或船舶作为平台，或由人直接携带和操作遥感仪器对地面、地下或水下进行的遥感。地面遥感应用于某些特殊的遥感探测或试验。

（二）根据电磁波辐射源划分

遥感过程中，传感器所收集和记录的目标物信息在不同的情况下，来自不同的电磁辐射源。其中反射和散射部分，可以来自太阳，也可以来自人工辐射源；而发射部分则来自目标物本身。根据能量来源的不同，遥感的研究领域可划分为主动遥感和被动遥感。

被动遥感，指传感器被动地直接接收地面物体反射或发射的电磁辐射能量进行探测的遥感方式。目前，多数的遥感探测属于被动式。

主动遥感，通常指在遥感平台上，以人工辐射能源，用仪器主动地向被探测目标发射一定波长的电磁辐射（脉冲），然后接收并记录目标散射的回波信息（即所谓后向散射），识别目标物属性的遥感方法。这种方法不依赖太阳作为辐射源，也不靠目标本身发射电磁波，所以称为主动遥感，比如机载合成孔径侧视雷达扫描成像即属典型的主动遥感。

（三）根据传感器工作波长划分

在电磁波谱中，现代遥感技术所能利用的波段已经由单一的可见光波段，扩大到紫外、红外和微波。这些不同类型的电磁波由于其波长不同、能量各异，因此它们的信息特征也不相同。对每种电磁波的利用，所采用的探测方式和传感器的类型也不同，从而形成不同的遥感研究领域。

可见光遥感，主要研究利用目标物在可见光波段的反射能量。采用的传感器主要包括常规摄影传感器和多光谱摄影传感器、反束光导管摄像机、多光谱光学机械扫描仪以及多光谱固体自扫描式传感器等。显然，可见光遥感只限于白天工作。

红外遥感，指研究和利用物体反射和发射的红外辐射能量。尽管属不可见电磁波，但使用常规摄影传感器和红外感光材料也能利用物体在近红外波段的反射能量进行摄影成像。而对中、远红外的利用，主要采用热红外扫描成像，它可实现全天时探测。

微波遥感，收集和记录属于无线电波中的微波能量。根据所利用的电磁波辐射源的不同，又可分为主动微波遥感（比如合成孔径侧视雷达成像）和被动微波遥感（如微波辐射计探测）。由于微波对许多地物具有强烈的穿透性能（如云、雾、水体、土壤等），所以微波遥感实现了全天时、全天候的探测。

紫外遥感是目前遥感技术发展中的一个薄弱环节，研究重点在于提高紫外摄影传感器对地物的表现能力以及紫外感光材料的性能。

另外，需要说明的是，现代遥感技术已经不仅仅局限于用一种传感器对某一种类型电磁波信息进行探测，随着能同步探测多种类型电磁波信息或同步探测同种类型电磁波若干个狭窄光谱带信息的多波段传感器的问世和不断进步，多光谱遥感技术业已成为现代遥感技术中一个新的有广阔应用前景的研究领域。它综合了可见光、红外和紫外等领域的有关研究成果，可以同时获得同一目标不同波段的多幅遥感图像，大大提高了目标的信息量。

(四) 根据获得的遥感资料划分

1. 有影像方式遥感,是指能够获得图像资料方式的遥感。按其成像原理,又可分为:

(1) 摄影方式遥感,是指用光学原理,摄影成像方法,获得图像资料的遥感。如使用多光谱摄影机进行探测的航空遥感或航天遥感。

(2) 非摄影方式遥感,是指用光电转换原理,扫描成像方法,获得图像资料的遥感。如使用红外扫描仪、多光谱扫描仪和侧视雷达进行探测的航空遥感和航天遥感。

2. 无影像方式遥感,是指只能获得数据或曲线记录结果,而不能最终获得图像资料的遥感。如使用红外辐射温度计和微波辐射计等进行探测的航空遥感或航天遥感。

(五) 根据研究对象划分

遥感的研究对象十分广泛,包括探测月球、火星、金星、日地空间,以至太阳系以外的宇宙。从它的研究对象来看,可以划分为两大类,即宇宙遥感和环境遥感。

宇宙遥感,是指用遥感技术研究地球以外的太阳系的行星及广大空间的科学。

环境遥感,是以观测人类居住的地球为主要对象。它主要是研究地球表层这一部分人类环境的电磁波辐射信息,以及这些信息的收集、传递、处理、显示和应用技术的一门学科。

(六) 根据应用领域划分

遥感目前已在农林、地理、海洋、气象、地质等方面得到比较普遍的应用。为了便于区别遥感在各个学科领域的应用,出现了按照应用领域分类的方法。比如,用在海洋探测方面的遥感叫海洋遥感。用在地质勘测方面的遥感叫地质遥感,等等。

第二节 遥感的发展概况

一、国际上遥感的发展概况

遥感是在航空摄影的基础上形成与发展起来的。航空摄影已有50年左右的历史。第一次世界大战后,由于军事上的需要,航空摄影得到了迅速的发展。这个阶段,主要是以航空摄影测量和为军事侦察服务的像片判读为主要内容。航空摄影在军事侦察上的成功,激起了各民用部门的很大兴趣,使航空摄影的应用逐步扩展到范围更加广泛的各民用部门。

第二次世界大战以后,随着彩色、近红外等新型感光胶片的应用和电子光学的进步,从紫外一直到红外及微波波段传感器的研制成功和应用,大大扩展了人们通过常规航空摄影所能感受、记录的电磁波的波长范围,形成了具有可见光、红外、多光谱、微波等遥感手段和设备的航空遥感技术系统。与此同时,航空遥感的应用也从军事领域迅速扩大到各民用生产部门,尤其在环境科学、地质学、地理学、农学、林学等方面的应用更加广泛,成为对自然资源进行勘察和研究的一个重要手段。

1957年世界第一颗人造地球卫星的发射成功,开创了人类空间活动的新纪元。航天技术的迅速发展,各种传感器的不断改进和创新以及数据接收处理系统的相继发展和不断完善。使遥感技术逐步形成一个由地面到空间立体化的动态的探测、传输与处理信息

的技术系统。它不仅极大地开阔了人们观察地球的视野，而且提高了鉴别分析观测目标的能力，同时实现了全球性的资源勘察和环境动态监测的研究与应用，从而使遥感进入了航天遥感的新阶段。

由于遥感的广泛应用及取得的显著经济效益，引起了世界各国的普遍重视。据不完全统计，现已有120多个国家和地区不同程度的开展了遥感工作。大部分国家建立了专业遥感的研究和管理机构，国际协作以及学术交流日益频繁。当前，美国和苏联在遥感技术的发展中处于领先地位。他们起步早、投资多、规模大，在一定程度上代表了世界遥感发展的水平。

工业比较发达的西欧十国（法国、西德、英国、意大利、瑞典、瑞士、荷兰、比利时、西班牙、丹麦）和日本、加拿大、澳大利亚等对遥感技术也十分重视。他们强调航天遥感与航空遥感并重。西欧十国共同组成了欧洲空间局（ESA），并制定了一项长期发展计划，于1977年发射了第一颗气象卫星。法国还单独成立了国家空间研究中心，制定了一个发射“灵巧型”的斯帕特（SPOT）地球观测卫星计划。SPOT—1号已于1986年2月22日发射。英国在发展灵活机动的资源考察火箭方面作了很大的努力，不久前曾成功地发射了“云雀资源火箭”。日本制定了一个15年发展规划，计划发射七颗卫星，其中一颗气象卫星已于1977年发射。以上这些国家的遥感技术发展都很快，大有赶上美苏的趋势。

广大的发展中国家对遥感技术也十分重视，并已取得了一些很有价值的成果。这些国家能结合本国实际积极地进行遥感试验。重视建立适合实际的独立遥感体系。如巴西、印度、埃及、菲律宾、泰国和我国等都建立了遥感专业研究中心和管理机构，形成了初具规模的遥感科技队伍。

从整个遥感的发展来看，许多国家曾经出现，或者依然存在这样的局面：传感器落后于运载工具，图像数据的处理分析又落后于传感器的制造，而遥感信息应用理论的研究，更落后于图像数据处理技术。这种现象是否存在，或者存在的程度是否严重，几乎可以说是一个国家遥感技术水平发展的标志，也是关系到一个国家能否独立自主发展遥感技术的关键。

目前，在运载工具方面，美国正在努力发展多次重复使用的航天飞机，用它把卫星或飞船带到一定的轨道上，或将轨道上的卫星、飞船进行回收，或对卫星和飞船进行各种检验维修，补充给养，或替换其中的宇航人员。

在传感器方面，努力提高影像的光谱分辨率和几何分辨率，扫描元件向固体自扫描系统发展。这种电荷耦合器件（CCD）的扫描没有机械运动，它具有效率高、分辨率高、工作电压低、信噪比好、信号均匀、不产生图像畸变、重量轻、体积小、遥感的波段宽、并能直接成像等许多优点。

在信息传输方面，从1979年起，美国陆续发射由四个通讯卫星组成的“跟踪和数据中转卫星系统”。它可以中转20个卫星的各种信息，能适时地获得全球性的遥感信息。在信息接收方面，美国正在研究制造一种快速、多功能和综合性的地面接收系统，叫“模块式地面接收系统”。它可以用来同时接收陆地卫星、气象卫星和海洋卫星的数据。

综观遥感发展的现状和水平，可以看出兴起于70年代的卫星遥感在很大程度上影响

了人们进行自然考察、资源探测和环境污染监测的传统作法，从而使人们对自己所居住的地球的观测和研究进入了一个崭新的阶段。

但是，第一代的卫星遥感存在着遥感数据发行的不连续性，影像的分辨率和度量特性较差等缺陷，尤其重要的是不能立体成像，这就从根本上限制了这一代卫星遥感数据在编制大、中比例尺地形图和专题地图中的使用。

新一代的卫星遥感正从试验向实用过渡，从定性判释向定量分析发展，从静态研究到动态监测和向地学综合分析和光电数字处理相结合的方向发展。

二、我国遥感的发展与现状

我国的遥感技术也是在航空摄影的基础上发展起来的。1949年以来，我国进行了大规模的航空摄影测图工作。航空摄影测量的成图方法已成为我国测制地形原图的主要方法，而且航空摄影资料也很快地应用于国民经济建设的有关领域。我国的航空摄影技术已经比较成熟，并且具有雄厚的实际生产能力。

70年代中期，我国就开始了新的遥感仪器的研制工作。多波段相机系统、地物光谱仪和彩色合成仪的研制成功，对我国遥感技术的发展和普及起了很大的推动作用。与此同时，航天遥感也已在我国兴起。70年代后期，有关部门利用陆地卫星多光谱数据开展了资源和环境等方面的分析研究工作。另外，还开展了大规模的综合性遥感实验工作，培养造就了我国第一批遥感技术人材。在此期间，我国研制了10余种地物光谱仪，建立了大型波谱测定模拟实验室和微波特性测量实验室，为基础研究工作提供了基本条件；开发了大、小相幅的多波段相机系统和CCD相机系统；研制了多光谱扫描仪、红外扫描仪、微波辐射计和机载合成孔径侧视雷达系统等各种类型的先进传感器。在遥感图像处理方面，研制了光学、光电、光化和计算机等各种类型的图像处理设备和系统，开发了一批适合我国应用条件的计算机软件。

遥感技术的应用是遥感发展的动力。我国紧密结合国民经济建设的急需问题，开展了一系列的应用研究和实验，取得了可观的社会经济效益。比较突出的有：国家测绘局等部门利用564幅陆地卫星多光谱图像，在不到三年的时间内，完成全国15种土地利用类型的分析判读和量算统计，提供了全国和分省的土地利用基础数据和图件。北京大学与山西省的有关单位协作完成了山西全省农业资源综合调查，编制了17种系列图件。煤炭部地质局采用多种遥感数据，经地学综合分析，在东北圈出一个含煤540亿吨的远景区。此外，内蒙古草场资源调查，天津市土地利用调查，黄淮海平原遥感监测以及北京市航空遥感综合调查等课题，都取得了较高的社会效益，为国民经济建设做出了贡献，同时推动了遥感技术自身的发展。

总之，我国的遥感技术已经形成了一些符合我国国情特点的遥感体系。1981年经国务院批准在国家科委建立了国家遥感中心。该中心是我国制定遥感技术发展战略与政策、拟订遥感发展规划的核心机构。它可根据国民经济建设中急需解决的关键项目，组织全国各部门的遥感技术力量协调攻关。国家遥感中心分别通过设在国家教委的技术培训部、中国科学院的研究发展部、国家测绘局的资料服务部以及遥感卫星地面站等分支机构，向全国各部门提供人材培训、资料服务和技术协作的机会。我国还先后建立了地