



马鸿良 顾恒岳 奚敏敏

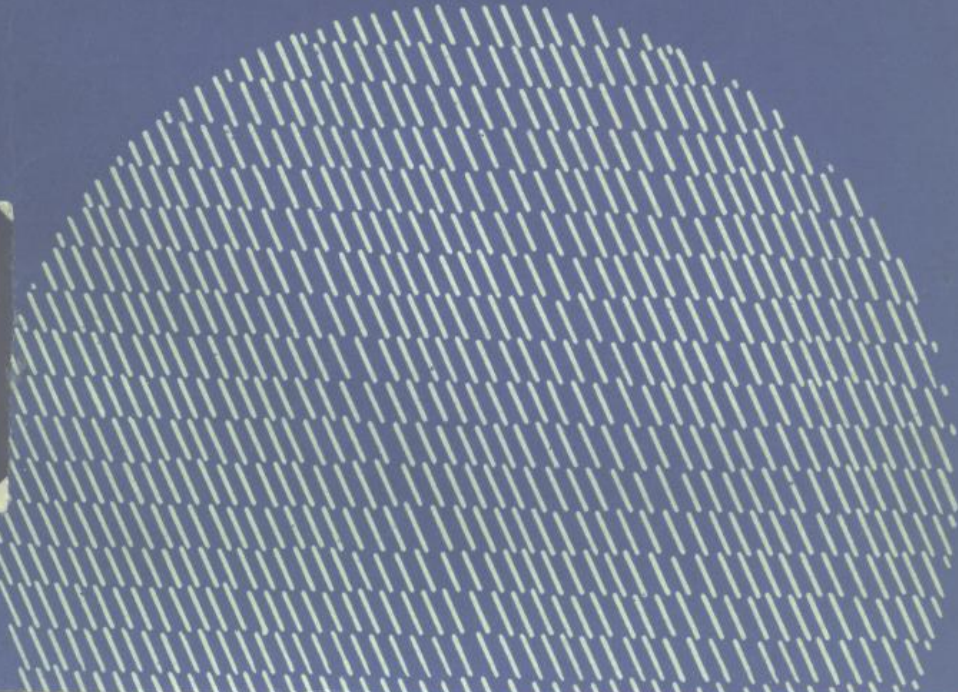
陈怀录 吴银忠 编著

国土资源遥感技术

GUOTUZIYUAN

YAOGANJISHU

四川科学技术出版社



国土资源遥感技术

马鸿良 顾恒岳 奚敏敏
陈怀录 吴银忠 编 著

四川科学技术出版社

1989年·成都

责任编辑：喻瑞卿 宋 齐

封面设计：李 勤

技术设计：康永光

责任校对：舒康琼

国土资源遥感技术

马鸿良等 编著

四川科学技术出版社出版

(成都盐道街三号)

新华书店重庆发行所经销

自贡新华印刷厂印刷

ISBN7-5564-1522-2/N 17

1990年2月第一版 开本787×1092毫米

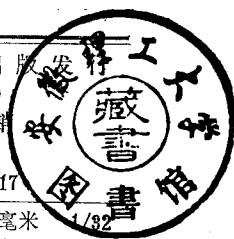
1990年2月第一次印刷

字数 180 千

印数 1—3090册

印张 8.5 插页 5

定价：3.00元



前 言

目前,遥感技术正被许多国家用来重新认识自己的国土、开发资源和监测环境的新手段,并用来研究洲际和全球性的科学问题。

从广义上说,可以把一切非接触的检测和识别技术都归入遥感技术。遥感技术就是利用波的运动来达到检测和识别物体的目的。我国的遥感技术,起步较晚。自1974年开始引进陆地卫星多波段扫描影象以来,许多单位开展了卫星影象处理假彩色合成的试验,取得了许多可喜的成果;在土地资源调查和草场资源调查方面,也取得了一定的成绩;在环境监测方面,已利用彩色航空相片及红外扫描图象,对海面油污染进行半定量的估算研究,还开展了监测工厂排污口、查明热源、热污染等工作,为城市环境保护和治理提供了基础数据。本书根据我国实际和我们的研究成果,并参阅有关文献资料(因篇幅有限,书中未列文献出处,在此向作者们致谢),结合国土资源,介绍了遥感的基本概念、基础理论,叙述了遥感技术在国土资源上的应用等等。

由于笔者的知识水平所限,加之编写完成时间较早,遥感的一些新发展未能列入,故书中难免有错误和不当之处,望广大读者提出宝贵意见。

编 者

一九八九年三月

目 录

第一章 概论	(1)
第二章 遥感的基本特征	(9)
第一节 遥感的基本概念.....	(9)
第二节 遥感的基本术语与名词解释.....	(11)
第三节 遥感电磁波谱和地物的波谱特征.....	(17)
第三章 资源卫星相片的特征	(28)
第一节 概况.....	(28)
第二节 资源卫星相片的几何特征.....	(29)
第三节 陆地卫星相片的符号与注记.....	(35)
第四节 卫星相片的光学物理特性.....	(44)
第四章 航空相片的基本特性	(49)
第一节 航摄概念.....	(49)
第二节 航片上的主要标志.....	(50)
第三节 航片种类.....	(51)
第四节 航片的几何特性.....	(52)
第五节 航空相片比例尺.....	(57)
第六节 因飞行倾斜引起的象点位移.....	(59)
第七节 因地形起伏引起的象点位移.....	(61)
第八节 航空相片的立体观察.....	(64)
第九节 航片上象点相对高程的测定.....	(69)
第五章 航空红外扫描图象的物理意义与应用	(74)
第一节 红外扫描相片的物理特性.....	(75)
第二节 红外扫描相片的判释标志.....	(80)

第三节	航空红外扫描片的若干应用.....	(82)
第六章	图象的判读与彩色处理.....	(87)
第一节	资源卫星相片的判读原理和判读标志.....	(87)
第二节	航空相片的判读原理与判读标志.....	(93)
第三节	热红外相片与侧视雷达相片.....	(104)
第四节	图象的彩色处理.....	(106)
第七章	遥感国土资源调查.....	(113)
第一节	土地利用现状分类.....	(113)
第二节	土地利用现状指标含义及计算方法.....	(124)
第三节	遥感资料与地形图相配合调查自然资源.....	(129)
第八章	遥感图象纠正转绘及面积量算.....	(153)
第一节	航空相片土地资源详查转绘.....	(154)
第二节	土地资源详查的面积量算.....	(177)
第九章	遥感资源与环境调查.....	(191)
第一节	遥感资源与环境解释概述.....	(191)
第二节	运用遥感图象进行水系、湖泊的调查.....	(205)
第三节	生物圈遥感.....	(228)
第四节	不良地质现象的影象判释.....	(255)
编后记		(268)

第一章

概 论

遥感技术是近年迅速发展起来的一门新兴的综合性的科学技术。许多国家都开始以现代遥感技术作为重新认识自己的国土、开发资源和监测环境的新手段，并用来研究洲际和全球性的科学问题。

遥感技术就是用一定的技术设备、系统，在远离被测目标的位置上，对被测目标的特性进行测量及记录。广义地说，可以把一切非接触的检测和识别技术都归入遥感技术。自50年代以来，随着近代物理学、空间科学、环境科学、计算机技术、光电仪器、仪表工业、感光材料工业等的发展，经典的航空摄影测量逐步扩展、演变，形成了可见光航空摄影遥感。航天工业和遥感技术在70年代蓬勃发展，它们如同望远镜、显微镜的发明一样，随着对天文学和生物学的大突

破，揭开了从宇宙空间来观测、研究地球的新时代。从此，不管是渺无人烟的浩瀚戈壁，还是人口密集的通都大邑，不论是在白天还是黑夜，遥感技术在自然资源勘探和环境动态监测等方面均显示了无与伦比的优越性。即便是瞬息万变的自然演变形迹，在遥感技术面前，都将原形毕露一览无遗。

就遥感地学应用研究来说，自1974年开始引进陆地卫星多波段扫描（MSS）影象以来，许多单位开展了卫星影象处理假彩色合成的试验，取得了许多可喜的成果。我国的农业遥感的主要研究课题是土地资源调查和草场资源调查。1980年北京大学等八大院校和山西省联合进行了卫星MSS影象，通过对各种组合方案合成的1：50万假彩色合成影象进行解译，比较系统地编制了地质、水文、地貌、水库、农业等专业图件。此项工作在影象处理技术上有独特之处，如对植被的解译，在区分乔、灌、草方面取得了较好的效果。兰州大学、甘肃省遥感学会、甘肃省农垦局、铁道部第一设计院、甘肃省草原生态所等单位，在干旱与半干旱地区，以地球资源卫星相片为基础，结合大比例尺的航空相片、地形图、电视录象上的丰富信息采取计算机影象测色制图，数理统计分析等新的技术手段，对甘肃省天水地区十二市、县，天祝藏族自治县、甘南藏族自治州夏河县、河西及青海省、西藏自治区的部分地区数十万平方公里的土地、森林、牧草、水利等资源，不良地质现象和新构造应力场等进行了定性、半定量的分析研究，取得了明显的效果。在一些大范围内的具有宏观结构的科学问题上，得到了不少新的概念和认识。

在环境监测方面，我国的科技工作者已利用彩色航空相片及红外扫描图象，对海面油污染进行半定量的估算研究。

还开展了监测工厂排污口、查明热源、热污染等工作，为城市环境保护和治理提供了基础数据。在区域地质研究方面，利用卫片编制了1:600万中国陆地线性构造略图及大部分省区1:100万~1:200万地质解译图。在水文地质、工程地质方面，航空遥感对干旱、半干旱地区水文地质条件分析，平原地区古河道圈定及岩溶发育地区地下暗河排泄口的探测等方面已取得了初步效果。在能源与矿产勘查工作中也有可喜进展，如应用卫片对我国一些含油盆地的石油地质构造提出了新的见解。

总之，目前的遥感技术已从军事转向民用，从实验研究转向实际应用，在国民经济的各方面应用中取得了重大收益。受到我国各有关方面的广泛重视，应用前景是极为广阔的。但与技术先进的发达国家相比，尚有较大差距。

一、航空遥感的发展概况

早在上世纪的1858年，法国人 Gaspara, Felix, Tourmachon第一次把摄影机安置在气球上，成功的拍摄了巴黎街道的相片。1860年，美国的J·W·Black和S·King也从气球上拍摄了波士顿街道的相片。至19世纪70年代初，Meydembaur教授提出了应用摄影相片进行地形测量制图的想法。1903年美国的莱特兄弟发明了飞机，航空事业开始突飞猛进。1909年Wilb Wright第一次从飞机上对地面摄影。1913年Tardiro用相片制作了地形图。1915年第一架专用航空摄影机研制成功。美国海军于1918年创办了第一所摄影学校。第二次世界大战期间，由于军事上的需要，航摄技术及其应用有了新的发展。进入20世纪60年代，由于彩色感光材料工业与彩色摄影处理技术发展到了生产应用阶段，航空遥感

得到长足进步，出现了彩色影像地图。

二、航天遥感的发展概况

就整个发展过程而言，航天遥感技术是在航空摄影基础上逐步发展起来的一门独立的边缘学科。所以从广义上讲，常规航空摄影技术也应属于航天遥感的技术范畴之内。

美国是发展遥感技术最早的国家，目前处于世界领先地位，代表了当代遥感技术的发展水平。苏联虽落后于美国，但也有一定的发展规模。从1976年9月开始使用联盟——22号载人飞船首次携带多光谱摄影机进行资源遥感试验成功以来，相继利用气象卫星和“宇宙”号卫星开展了地球资源遥感探测。西欧各国，加拿大、日本等国正在迎头赶上。如法国的SPOT卫星早已问世。许多第三世界国家也都把遥感技术列入国家发展规划，大力开展遥感技术的研究和应用。

美国国家宇航局在正式发射地球资源卫星之前，进行了一系列的地面和空中试验工作。从1958~1966年间，发射了“水星”和“双子星座”，以及后来的“阿波罗”载人宇宙飞船，摄取了1000多张地球表面照片。从1972年起相继发射四颗地球资源卫星，进行遥感资料的应用研究，至今尚未完全达到生产阶段。陆地卫星—1号，1972年7月23日发射，当时叫做地球资源卫星。机上一组反束光导摄像管（Return Beam Vidicon简称“RBV”）多光谱电视系统。三个相同的摄像管分三个波段进行工作，其中RBV₁用蓝绿滤光片，RBV₂用黄红滤光片，RBV₃用近红外滤光片。这样，就一次形成0.475~0.575微米、0.58~0.68微米、0.69~0.83微米三种光谱图象。但是，这种高分辨率电视摄像机（RBV）因仪器发生了故障，只工作了20多天（7月23日至8月15日），仅

获得83幅图象。第二号地球资源技术卫星的RBV也很快就坏了。陆地卫星—1号主要应用一台多光谱扫描仪(Multispectral Scanner简称“MSS”)系统,6个探测器分四个波段工作。卫星预计使用一年,实际使用到1978年1月才全部停止工作。

陆地卫星—2号于1975年1月22日发射,1981年12月停止工作。它与第一颗陆地卫星相位差 180° ,机上的MSS增加了一个热红外通道(称MSS—8),可以昼夜工作;影象分辨率提高50%。

陆地卫星—3号于1978年1月发射,1981年后即处于非正常运行。陆地卫星—4号于1982年7月16日发射,在进入轨道后,被命名为“陆地卫星—4”。它的轨道高度为705公里,周期98.9分,覆盖宽度185公里。机上除了携带一台与前几颗陆地卫星相同的四谱段多光谱扫描仪外,还带了一台新研制的七谱段专题测图仪(Thematic Mapper)。它的地面分辨率,除了第六谱段热红外为120米外,其它均为30米。它的七个谱段为:0.45~0.52微米、0.52~0.60微米、0.63~0.69微米、0.76~0.90微米、1.55~1.75微米、10.4~12.50微米、2.08~2.35微米。高分辨率及近红外与热红外谱段(陆地卫星—3虽亦有热红外谱段,但发射后不久即告失败),对土壤与植被分类,地质勘测将有重要帮助。据已发回的数据表明,图象质量确有了很大提高,可清晰地看到湖中航行的船,工厂的厂房,市郊的房屋等。机上没有数字图象磁带记录器,只能提供实时数据。由于与之配套的数据中继卫星,因航天飞机计划批准而未能及时发射,因而目前,陆地卫星—4号专题测量仪只能向哥达德地面站提供实

时数据，且其覆盖面积仅限于美国本土的东南部及墨西哥湾一带。随着两颗数据中继卫星的发射，计划1983年底扩大覆盖到全球。此外，由于专题测图仪数据的地面处理系统的研制工作跟不上，目前只能使用临时性的处理系统，每天只能处理一幅（每幅包括七个波段的影象）。要到一年后，正式处理系统投入使用，将具有每天12幅的处理能力。到1985年计划则可达到每天100幅的能力。

目前，美国已经把地球资源卫星应用于研究地质断层、探矿、森林、预报农作物产量、了解虫害、水灾和旱灾的灾情、调查河流和海洋污染情况、搜集人口流动、城市规划和合理利用土地资源等方面。正在运行的陆地卫星三号和四号，由于其图象具有小于80米的地面分辨率。所以可作为“侦察”卫星对全球重要军事目标进行长期普查、重点搜集和动点跟踪。例如：1974年11月25日美国《航空周刊》发表了资源卫星拍摄的苏联萨雷沙干反导弹（ABM）试验场的相片。其上可以看出七个主要的反导弹基地和雷达设施，还有机场公路和铁路等。再如1977年，美国为了研究小麦国际市场价格，在麦收前的两个月，利用卫星观测到苏联当年小麦的预计产量为9140万吨，结果比苏联公布的数字只少60万吨。

三、航天飞机及其它卫星概况

到目前为止，包括我国在内的一些国家，已经向宇宙发射了大约5000个左右的人造卫星，部分卫星至今还在绕着地球运行。在这些人造卫星中大部分是地球卫星，少数是其它星球的卫星，如火星卫星等。在人造地球卫星中，主要有以下几种类型：侦察卫星、空防预警卫星、通讯卫星、天文观

测卫星、测地卫星、导航卫星、气象卫星和地球资源技术卫星等。苏联自1962年4月开始发射侦察卫星以来，迄今发射总数约500颗。近年，每年平均发射35颗左右，每年侦察累积天数达400天以上。在卫星通信技术方面，自1963年美国发射世界上第一颗实验通信卫星成功后，1965年美国发射了世界上第一颗商业性通信卫星，用于国际通信，取名为国际通信卫星一号。目前，美国同世界各国的电话、电报和电视转播已全部通过卫星线路。另外，海洋卫星于1978年6月进入轨道上。天空实验室于1973年5月14日发射，1974年2月8日结束载人飞行，1979年7月11日格林威治标准时间16时30分，在南纬42.87度、东经105.97度上空进入稠密大气层坠毁。天空试验室，从发射至坠毁，总共运行了2249天，绕地球运转了34981周，航程达14亿多公里。在它运行的前9个月里，先后有三批共9名美国宇航员进入这座实验室工作过，其中最后一批在这座实验室里住了84天，创造了当时宇航员空中生活时间最长的世界纪录。

从1957年世界上第一颗人造卫星发射成功以来，运载火箭都只能用一次，因此费用昂贵。从1968年开始研究能多次使用的卫星运载工具——航天飞机。原计划在1979年底前进行第一次飞行，到1985年11月，美国已成功地进行了4次航天飞机飞行，一般航天飞机每架可使用100次。虽然每架航天飞机的成本较高，但由于可以多次使用，每颗卫星的发射费用就大大降低了。据估计全部卫星发射费约可累积节省10亿美元。航天飞机的出现，改变了一些卫星发射的方式。同步卫星不必再用火箭直接送到几万公里高空的轨道上，而是先由航天飞机把它带到低轨道上，然后再进行发射进入高轨

道。卫星如果在轨道上出现毛病，宇航员可以驾驶航天飞机接近它，操纵航天飞机上的机械手把它抓来进行修理后再送到轨道上，这样就大大延长了卫星的使用寿命。

总的说来，目前世界范围内遥感技术的发展趋势有以下特点：

1. 重视建立统一的管理机构，并有进一步成立世界性的协调管理机构的趋势。

2. 进行地面遥感、航空遥感、航天遥感的立体遥感试验，系统地获取地球表面不同比例尺、不同地面分辨率的影像数据，建立地球环境卫星系列。

3. 传感器的研制正向电磁波谱全波段可能覆盖的方向发展，向立体遥感、全息遥感，器件固体化、小型化，高分辨力、高灵敏度方向发展。

4. 遥感图象信息处理，已分别应用光学、电子学、计算数学方法，进行了图象的校正、恢复、增强、重构、识别、分类、自动储存与检索等处理技术，以及向光学——电子计算机混合处理及实时处理方向发展，图象模式识别与地学数据库结合，建立遥感信息系统。

5. 有关遥感的基础理论研究，正在进行大量的地物波谱测试，建立地面试验场、地面辐射校准站，开展地面实况调查，向同步测试，实时监测的方向发展。在理论上对地物波谱的机理与模式进行研究，建立地物波谱与影像特征的关系，包括大气窗口、海水窗口在内的各种理论研究。

6. 遥感技术的应用，目前已在军事侦察，地图测绘，资源调查，环境监测及农业生产管理方面初见成效，并向更多的科学领域内推广应用。

第二章

遥感的基本特征

第一节 遥感的基本概念

一、自然界中的遥感现象

在自然界中，人的感觉器官是一种天然的“遥感器”。人的双眼好象是两台天然的“光学传感器”，物体辐射或反射的可见光可经过人眼的成象系统在视网膜上产生视象，并传给大脑这个“处理中心”，经过处理、分析、对比达到感知。人眼能感受电磁波谱中从 $4200\text{ \AA}$ （紫光）到 $7700\text{ \AA}$ （红光）的可见光部分；能分辨出一定区间的各种不同波长的可见光颜色，即有色感。最敏感的是 $5550\text{ \AA}$ 的绿色光；并具有分辨能力和觉察出一定亮度差别本能；人的双眼在观察物体

时能产生生理视差，这种生理视差形成天然的立体观察；另外，人眼还具有暂留特性和一定的适应能力等。

人的耳朵好象是天然的声能传感器，对2000~4000赫的声波灵敏度最高，同样，人耳对声音的强弱和各种不同的单频或混频声波有一定的分辨和鉴别的能力。

在自然界中，有一些动物感觉能力很强，例如：响尾蛇对红外线灵敏性很强，能觉察到300毫米外零点几度的微小温度差。蝙蝠能发射每秒25000~70000次的超声波，并以反射波来判断障碍物的距离、方位和性质。马在漆黑的夜里能沿着道路走向宿营地等等。这些都说明了遥感在某种程度上，是从仿生学的基础上发生、发展起来的。

二、遥感的基本概念

“遥感”（Remote Sensing）一词，最初是在1962年美国召开的第一次“环境科学遥感讨论会”上，讨论如何把探测地面军事目标的侦察技术转向民用的问题时提出来的，有遥远感知的意思。就是对远距离目标不直接接触进行探测和识别的理论和方法。这种方法虽不和目标物直接接触，但必须获得目标物的某些信息，如电磁波辐射特性等。由于技术水平所限，目前能利用目标物的电磁波特征信息进行遥感的范围，还只限于利用从紫外线、可见光、红外线到微波的某些波段的辐射特征信息。遥感的确切定义为：从一定距离对地表和近地表的、从紫外到微波的电磁波的发射或反射现象进行探测，从而达到识别目标物的理论和方法。也就是说，不和目标物直接接触，从一定距离，以主动或被动方式获得目标物的从紫外到微波的某些波段辐射特征信息（包括发射、吸收、反射和透视），通过接受、传输、处理

过程，从中提取有用信息，并依靠不同目标物具有不同辐射特征，来达到识别目标物性质、探测目标物的空间和时间分布的整个过程，称为遥感。

第二节 遥感的基本术语与名词解释

遥感技术是不直接与研究对象接触，从高空或远距离，通过传感器对研究对象的特性进行测量的方法。为了深入了解并运用这种方法进行调查与成图，必须掌握遥感中的若干名词术语。

一、遥感与遥测

1. 遥感 遥远感知的意思。

2. 遥测 指主动地对远距离目标物发射脉冲，然后再接受目标物的反射信息的方法。

遥测有两种形式：一种是对远距离目标物发射脉冲信号（可以是电磁波脉冲或声脉冲），然后接收目标物的反射信号来测定目标物的距离和方法，如雷达系统的测距和定位，声纳测距等。另一种形式是遥测仪器跟随被测物体或放入被测地区，随时测定所需测定的各种测量数据，并向接受仪器发回测量数据的信号，如我国科学工作者对登上珠穆朗玛峰的登山运动员所进行的遥测心电图。遥感与遥测虽有区别，但往往兼有两者的特点和效用。如侧视雷达，它既能遥测地面物体的位置，又能根据地物反射微波的不同强度来遥感地物的性质。目前，国际上有些国家认为“遥感”和“遥测”具有相同的含义。

二、被动遥感与主动遥感