

§ 1—1 遥感及其发展特点

一、 遥感的特点

“遥感”(Remote sensing), 即“遥远的感知”, 它是一种远距离不直接接触物体而取得其信息的探测技术。这个术语的出现是在 1962 年, 当时美国决定使两项原先属于军事保密的新技术——侧视雷达成像技术和红外行扫描成像技术公开于民用。为此在美国密执安大学召开了一个取名为“环境遥感”(Remote sensing of Environment)的专题讨论会, 从此遥感这个术语便正式地以特定的含义在学术界以及科技应用界中得到了流传和使用。

“遥感”有狭义和广义的不同理解。

狭义遥感——主要是指空对地的遥感。即在离开地面的平台上(包括卫星、飞机、气球和高塔等)装上遥感仪器, 对地面进行探测。它主要是以电磁波为媒介, 包括从紫外—可见光——红外——微波的范围。换句话说, 狭义遥感是把遥感看作为对地球表面进行探测的一个立体观测系统。

广义遥感——包括空对地、地对空、空对空遥感。这不仅把整个地球大球圈、水圈、岩石圈作为研究对象(地球遥感), 而且把探测范围扩大到地球以外的日地空间(宇宙遥感)。从遥感利用的媒介来看, 广义遥感包括: 电磁波遥感(光、热、无线电波); 力场遥感(重力、磁力); 声波遥感; 地震波遥感。本课程所讨论的内容是狭义地指电磁波遥感。

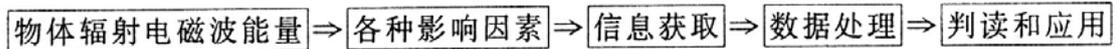
遥感是不直接接触有关目标物或现象而能获取信息, 并能对其进行识别、分类、判译和分析等的一种技术。遥感所获取的信息是由目标物自身辐射或反射的电磁波信息。

在遥感中, 收集、量测、记录地物各种电磁波特征的仪器称为遥感传感器, 如照相机、扫描仪等等。而装载传感器的设备称为遥感平台、如: 船、塔、飞机、气球、卫星、飞船、火箭等。

因此, 可以给遥感下这样一个定义, 所谓遥感就是用装载在飞机或人造卫星等不同高度平台上的传感器, 收集由地面目标物辐射和反射来的电

磁波信息，记录在胶片或磁带上，经过回收胶片或无线电传输，并对这些信息进行加工、处理、判译、识别出目标物及其所处环境条件的一种综合技术。

对地表进行遥感的总过程可表示为：



遥感是在不直接接触被研究物体、地区或现象的情况下进行的，因此地物辐射的电磁波必然要经过一定的空间，才能到达遥感传感器，电磁波在这个空间传递的过程中，将受到各种因素的影响而发生变化。各种因素包括太阳位置的变化。大气成份，大气状况的变化，地理位置，地形起伏，传感器本身的特性和姿态等。

信息获取也称数据获取，是将地物辐射的在传递过程中受各种因素影响后的，载有信息的电磁波能量收集起来，最后记录在胶片或磁带上。大多数传感器以二维图像形式来收集电磁波辐射能，另外还要收集实况，传感器姿态等参考和校正用的数据。

为了改正各种因素对原始数据的影响，提高图像判读的视觉效果和提取感兴趣的专题类别等，需对获取的数据作各种处理。处理内容包括辐射校准，几何改正，数据变换，影像增强，数据的识别和分类等。处理的设备有光学处理设备，光—电处理设备和计算机处理系统等。

对处理后的影像还需进行判读，定性和定量分析、清绘制图，并对成果做出评价。最后达到应用的目的。

二、当代遥感技术的发展特点

遥感技术发展的特点之一是不断研制新型传感器，除框幅式可见光黑白摄影，多谱段摄影，彩色摄影，彩红外摄影，紫外摄影外，还有全息摄影机，红外扫描仪，红外辐射计，多谱段扫描仪，成像光谱仪，CCD 线阵列扫描仪和矩阵摄影机，微波辐射，散射计，合成孔径雷达及各种雷达和激光测高仪等，今后的趋势是将多种传感器放到同一个卫星计划中去，例如美国于 1998 年发射的 EOS 地球观测系统空间站，它装有 0.4~1.04 /

$\mu m64$ 波段中等分辨率成像光谱仪, $0.4\sim 2.5 / \mu m192$ 波段高分辨率成像光谱仪, 1.4GHz (L—波段)与 $6\text{—}90\text{GHz}$ 波段高分辨率微波辐射计, 还装了包括 L—波段(24cm), C—波段(5.7cm)和 X—波段(3.1cm)在内的不同极化方式的 EOS—SAR 合成孔径雷达。

遥感技术发展的特点之二是形成多级分辨率影像序列的金字塔, 以提供从粗到精的对地观测数据源。就传感器高度而言, 利用遥感无人飞机, 直升飞机, 飞艇, 气球, 低、中、高空飞机等航空遥感平台, 可在 50 米到 2 万米高度上, 利用人造地球卫星, 太空站, 航天飞机, 载人飞船和各种太空探测器等航天遥感平台可在 200 公里以上, 到上万公里的高度上获取各种大、中、小比例尺的遥感影像。就空间分辨率而言, 其跨度从 NOAA AVHRR 的 1.1 公里, LANDSAT MSS 的 80 米, MOS—1 的 50 米, TM 和 ERS—1AMI 的 30 米, MOMS—01 的 20 米, JERS—1 的 18 米, SPOT—1, 2 的 10 米 / 20 米 SPOT—3, 4 的 5 米。空间分辨率愈高, 其地面扫描的宽度将愈小, 例如加拿大发射的 RADARSAT 雷达卫星 4 种作业方式下的空间分辨率为 10m , 20m , 35m , 和 $50 / 100\text{m}$, 其扫描宽度相应为 50km , 100km , 180km , $300 / 500\text{km}$, 如果再考虑到航空遥感能达到米级, 分米级, 甚至厘米级的分辨率要求, 这样就自然构成了地球表面的影像金字塔, 人们在粗分辨率的影像上可以快速地发现可能发生变化的地区, 而从细分辨率影像上, 则可详细地分析和研究这些变化。

遥感技术发展的特点之三是可以反复地获取同一地区影像数据的多时相性。一般讲空间分辨率低的其时间分辨率就高, 遥感的多时相性提供了人们长期、系统和动态地研究地球表面变化及其规律的可能性, 例如美国地质调查局地球资源观测卫星数据中心和加拿大遥感中心合作, 将连续 10 天中的 NOAA AVHRR 数据融合在一起, 形成北美植被指数图, 并结合 GIS 中其它各数据, 建立起北美土地覆盖数据库, 以供全球变化研究之用。我国也将在亚太地区作类似的工作。 •

遥感技术发展的特点之四是尽可能增加更多谱段的遥感数据。一方面是充分利用能透过大气的各种电磁波谱段, 向红外, 远红外, 微波方面扩展, 另一方面则是细分光谱段, 例如美国 Landsat6, 7 上的 ETM 增强型专

题制图仪，除 7 个波段外，还有一个高分辨率全色波段，此外它还加了 5 个热红外波段和 8 个海洋宽视场传感器。

基于以上特点，未来的卫星遥感计划将尽可能地集多种传感器，多级分辨率，多波段和多时相于一身。并将 GPS，INS，CCD 等技术和快速数据处理系统结合成所谓既采集又处理数据的智能传感器，从而以更快的速度，更高的精度和更大的信息量来提供对地观测数据。

三、遥感技术的主要任务

由于遥感技术是在当代新技术革命下特别是信息技术和航天技术的推动下出现的，它不仅在技术上运用了数字化、自动化、智能化等现代处理方式，而且充分显示了其宏观性、动态性、综合性等优势。

目前，遥感工作者研究的主要任务就是：研究地物的电磁波辐射特性；研究遥感信息的探测手段，主要是遥感传感器；研究遥感信息的传输和处理系统；以及研究遥感信息的应用。

四、航空摄影测量技术与遥感技术的关系

常规的航空摄影测量技术与遥感技术有着直接的亲缘关系，它们的基本组成环节都是对地球表面自然和人工现象的信息获取，信息处理和信息表达与应用。毫无疑问，航空摄影测量技术就是航空时代与光学机械时代的遥感技术(虽然当时还没有出现遥感这个术语)，而当代的遥感技术则是常规航空摄影测量技术的现代化发展。与此同时当代遥感技术本身的发展有一明显的趋势，就是与地理信息系统(GIS)技术紧密的结合起来。

在学习遥感技术时需要把握两个方面的习惯转移：一是要从遥感影像的几何特征处理转到对影像物理特征(辐射特征)的处理上来；二是要从单一的地形图测图应用目标转到广泛的资源与环境综合分析应用目标上来。

五、决定航天遥感信息实用化的几个方面

1. 新一代传感器的研制，使遥感数据的质量有很大提高。多波段扫描仪，从第一代四波段的 MSS 到第二代七波段的专题制图仪 TM，到第三代的推扫式 CCD 多波段扫描仪，空间分辨力不断提高

(80m→30m→20m→+10m), 并能获得三维的空间数据, 星载成像雷达也从第一代航天飞机成像雷达 SIR—A. B, 到第二代航天飞行微波试验器 SAMEX, 现在已到了第三代自由飞行成像雷达试验器 FIREX。此外, 开拓新的工作波段, 研制新的传感器; 如微波扫描仪, 激光雷达, 智能传感器等等。

2. 地理信息系统的支持。地理信息系统不仅可以科学地管理空间数据, 为遥感提供动态分析, 综合分析的基础, 而且可根据不同的应用目的, 选取不同层次的信息, 避免了单一光谱信息分类不足, 通过有效的信息复合处理, 把所要的信息提取出来进行应用、分析, 当然遥感反过来也成为地理信息系统的一个重要信息源。此外, 地理信息系统向智能化专家化系统的方向发展, 把不同专业知识与方法, 通过计算机系统介入图像分析处理与辅助决策过程, 这些都是提高遥感图像分析处理速度, 精度及水平的重要条件。

3. 遥感应用模型的深化。这取决于研究人员对地学规律, 影像特征及其成像机理这三者的深刻认识和有机结合。努力作到从单一传感器遥感数据分析, 到多来源数据的综合分析应用; 从定性、定位判读和调查制图, 到定量统计分析; 从资源与环境的静态分析, 到动态过程、分析; 从各种事物和过程的表面现象描述, 到内在规律的探求。

遥感应用从实验阶段向实用化阶段的转化, 将是一个十分艰巨的过程, 需要各种遥感应用领域的研究人员经过反复实践, 深入研究才能完成。

§ 1—2 遥感技术的分类

遥感技术的分类方法有许多种, 常见的分类方法有以下几种: 一、按照遥感器所选用的能源广义地可分为: 电磁波遥感技术, 声学遥感技术, 物理场遥感技术, 所谓电磁波遥感技术是利用各种物体(物质)反射(包括透射、散射、吸收、折射), 发射电磁波的不同特性去进行遥感的。它又分为可见光、红外、紫外、微波、 γ 和 X 射线。例如美国陆地卫星 1 号和 2 号, 用的是可见光近红外波段。侧视雷达用的是微波波段。所谓声学遥感技术是利用各种物体反射和发射声波的不同特性去进行遥感的。例如: 声纳

装置，从海上向海底发射一束声脉冲，经海水两次传播回到接收器，根据：

$$H=vt/2$$

公式即可测得到海底的最近点的距离(声波在海水中的传播速度 $v=1464$ 米 / 秒， t 是测得的往返时间)。所谓物理场遥感技术是利用物体在物理场中产生异常现象去进行遥感的。例如在地质勘探中利用磁场、重力场的异常变化感测地下的矿藏。

二、按照传感器有无能源作用可分为有源遥感技术和无源遥感技术。所谓有源遥感技术(主动式遥感技术)是采用人工辐射源向物体发射一定能量和一定波长的电磁波，接收其返回波达到遥感的目的。例如图像雷达、侧视雷达等。所谓无源遥感技术(被动式遥感技术)是直接接收目标物反射和发射电磁波达到遥感的目的。例如各种摄影技术(黑白、彩色、红外摄影等)。目标物反射电磁波主要是指反射以太阳为辐射源的电磁波，而发射电磁波是指以目标物本身作为一个辐射源向外辐射的电磁波。

三、按照传感器使用的运载工具可分为：航空遥感、航天遥感和地面遥感。航空遥感是传感器装在飞机或气球上对地面进行遥感技术；航天遥感是传感器装在人造卫星、宇宙飞船或火箭上对地面进行的遥感技术；地面遥感的传感器都装在汽车或轮船等上。

四、按照遥感的对象和目的可分为：地球资源遥感技术(如地质、森林、农业、土地利用)、环境遥感技术(研究地球及其周围的自然环境)、气象遥感技术、海洋遥感技术等等。

五、按照记录信息的表现形式可分为图像方式和非图像方式两大类，见图 1—1。

1. 非图像方式：是沿着运载工具的飞行轨迹对辐射强度进行连续的测量。

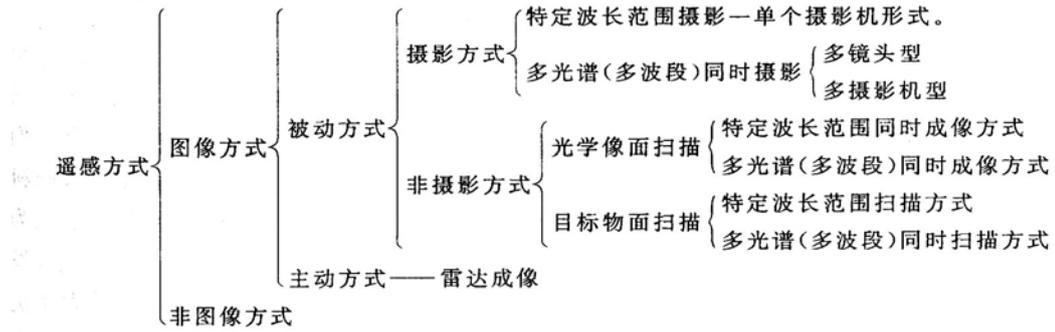
2. 图像方式：就是把从物体表面反射回来的电磁波能量分布，以图像色调的深浅来表示。它的测定值是相对值。

主动方式：探测由人工发射的能源经被测物体反射回来的能量强度。

如各种成像雷达。

被动方式：摄影方式和非摄影方式两种方式。

单个摄影机：选用适当的滤光片和胶片对一个特定波长范围的目标辐射能量进行记录。



多光谱摄影：对一个目标，采取多波段同时进行摄影，一般装 4 个镜头：蓝、绿、红、红外。

非摄影方式：有光学像面和目标物面扫描两种方式。

光学像面扫描方式：就是采用电视的传输形式。它的图像信号不仅能进行远距离传输，而且又能在显像管上显示出来。由于信号是以录像磁带方式记录的，因此，能以图像形式适时显示。此外，数据的自动化处理，也很容易。

目标物面扫描方式：它是一个以固定视场对目标物扫描的旋转镜和多接收来的电磁波聚焦在接收元件上的光学系统。它还包括把它转换成可见光图像显示的不见而组成的系统。

被动方式除上述四种之外，还有一种微波图像记录方式，它是作为射电天文学研究星体的微波辐射计而发展起来的。

§ 1—3 遥感技术的分类

六十年代以来，随着空间技术的迅速发展，成千上百颗人造地球卫星和宇宙飞船及其它各种空间飞行器被送入太空。人们长期盼望的观察宇宙空间的梦想，今天变成了现实。

进入九十年代以后，国际上发射了一系列的资源遥感卫星，诸如欧空局的 ERS—1 和 ERS—2、日本的 JERS—1、印度的 IRS—1C 等。在今后几年里，还将有一些遥感卫星发射升空。这些遥感卫星所携带的各具特色的传感器，从一个侧面反映了遥感发展的新动向，标志着遥感技术的新水平。同时，新型传感器的运行和使用，也为未来一段时间内全球遥感应用的发展提供了新的动力和机会，在广度上有可能开拓新的应用领域，在深度上可以使某些原有的应用研究达到一个更高的水平。了解国际上遥感卫星发展的动态及其所携带传感器的特点，分析它们在遥感应用方面的潜力，选择接收符合我国实际需要的数据源，对全面推动我国遥感事业的发展无疑具有重要意义。

一、 航天飞机

航天飞机计划是美国于 1969 年提出来的，它是载人飞船技术，运载火箭技术和航空技术等综合发展的产物，是一种有人驾驶的空间飞行器，它既能像运载火箭那样在地面垂直起飞，像宇宙飞行器那样在地球轨道运行，又能像喷气式飞机那样，在地面水平降落。它是由一个轨道器，一个外燃料箱，两个固体火箭助推器组成的，每飞行一次报废一个外燃料箱，而其它部件可重复使用，因此，这是一种可重复使用的空间运载工具。

1981 年 4 月 12 日，美国航天飞机“哥伦比亚号”从卡纳维拉尔角发射成功。机组人员按原计划绕地球 36 周，飞行 54.5 小时。它的试飞成功为人类开发、利用宇宙打开了新的篇章。航天飞机的主要用途是：把欧洲十国共同研制的“空间实验室”送入空间，科学家们在“实验室”内不仅可以进行对地球资源探测，而且还可以进行空间加工制造和各基础科学的研究；在近地轨道间往返运送各种应用卫星和科学实验卫星；它将使空间望远镜成为自由飞行的空间观察站，利用这种望远镜，人们可以探测到的宇宙空间将增大 350 倍；发射轨道卫星和星际探测器；作为未来大型空间结构的运载工具和建造平台，利用航天飞机一次次运送部件，人们可以在地球轨道上组装大型太阳能发电站，大型空间加工厂，使空间成为重要的能量来源和新型工业基地。

二、美国的陆地卫星

1972年7月23日第一颗地球资源卫星(1975年以后改为陆地卫星)由美国发射成功。自此美国又相继在1975年、1978年、1982年、1984年发射了陆地卫星(Landsat)2号、3号、4号、5号，Landsat6发射失败，1998年中期，Landsat7发射升空。

陆地卫星在重复成像的基础上，产生世界范围的图像。这对地球科学的发展是个很大的推动。同时陆地卫星提供了数字化形式的多谱段图像数据资料，促进了数字化图像处理技术的发展，扩大了陆地卫星的应用广度和深度，更推动了陆地卫星系列的发展。

三、法国的 SPOT 卫星

SPOT—1卫星是法国于1986年2月发射的高性能地球观测卫星，目前SPOT—2，3，4卫星已相继发射升空。

四、日本的 ADEOS 卫星

ADEOS由日本宇宙事业开发团开发设计，目的是获取全球范围环境变化数据，包括温室效应、臭氧层破坏、热带雨林破坏和异常气候发生条件等。卫星于1996年发射，重约3500kg，轨道高度797km，发电能力4500W。星上热、电、机械部件设计为相对独立，以便简化装配和试验过程。按功能分，卫星主要包括图像获取系统、通讯与数据处理系统、电源系统、姿态与轨道控制系统等。

五、印度的 IRS 系列卫星

印度是世界上少数几个成功地开发、发射并运行自己遥感卫星的国家之一。从80年代开始，印度顺利地发展了印度遥感卫星系统(IRS)，1988年发射了IRS—1A，1991年发射了性能相同的IRS—1B，属太阳同步极轨卫星，高度904km，过赤道时间为上午10点30分。它们都装备了分辨率为72.5m和36.25m的多光谱传感器，分别与LANDSAT的MSS和TM相当。卫星携带的探测器叫线性图像自扫描传感器(LISS)，LISS共有4个光谱波段，这些波段相当于TM的1至4，十分适于植被识别和土地覆盖制

图。IRS—1A 和 IRS—1B 至今仍正常运行，遥感数据在印度国内的销售稳步增长。

六、加拿大的 RADARSAT 卫星

RADARSAT 是全球第一颗商业化的微波遥感卫星，由加拿大于 1995 年 11 月发射上天，星上携带的合成孔径雷达可全天候、全天时、多分辨率对地球进行主动式微波遥感成像。轨道高度 797.9km，倾角 98.594°，重复周期 24 天。

七、我国的第一颗资源卫星

中国资源卫星的研制、发射和运行是一项大的系统工程，它包括卫星研制、运载、测控、发射场和卫星应用五大系统。前四个系统自 1986 年国务院正式批准研制资源卫星以来，早已投入研制工作。其中卫星研制已经进入正样阶段，而地面应用系统由于漏项，迟迟不能开始建设，严重影响了与其它系统的协调，制约了整个工程进度。在国务院和有关部门的关怀下和应用系统有关单位的共同努力下，于 1997 年 3 月由国防科工委主持评审通过了《资源一号卫星应用系统技术总体方案》，8 月由国家计委主持又通过了《中国资源卫星应用系统工程建设项目可行性研究报告》，加快了工程建设速度。1999 年 10 月中巴资源卫星发射成功。

中国资源卫星应用系统工程主要由数据接收、数据预处理、数据分发和客户服务、运行管理、卫星有效载荷业务测控、应用示范及分析模型、数据模拟、应用评价七个分系统组成。

1. 数据接收分系统

其主要任务是按资源一号卫星运行管理部门的计划，根据轨道预报在卫星过境时跟踪资源卫星下行遥感数据，记录在高密度数字磁带机上。然后将高密度磁带交中国资源卫星应用中心进行处理和分发。计划建设北京、乌鲁木齐和广州三个地面接收站。

北京地面站在中国科学院北京密云遥感地面接收站的基础上进行改扩建。广州地面站位于广州花都炭步镇，乌鲁木齐地面站位于乌鲁木齐安

宁渠，后两个站均由中国资源卫星应用中心等单位建设。

2. 数据预处理分系统

主要任务是对接收到的卫星遥感数据进行格式变换、分幅、辅助数据处理及辐射校正等几何校正。生产用户所需的各类产品与归档。

3. 数据分发和客户服务分系统

主要业务是负责对我国资源卫星数据和图像产品在国内外范围内通过网络进行销售、管理和网上服务。

4. 运行管理分系统

主要任务是负责制定卫星有效载荷飞行计划及整个应用系统的生产计划安排。

以上三个分系统均由中国资源卫星应用中心负责进行建设，座落在北京丰台区七里庄。

5. 应用示范及分析模型分系统

主要任务是以中国资源卫星数据为主要信息源，在中央和地方遥感单位参加下，开展应用研究，逐步建成并为资源与环境调查和动态监测的快速反应系统提供服务。

6. 数据模拟和应用评价分系统

主要任务是产生资源卫星模拟图像并进行评价；卫星发射后进行早期数据的像质评价，为遥感定量化服务适时提供绝对辐射校正数据和真实性检验数据。

7. 业务测控分系统

主要任务是卫星在轨测试和应用飞行段，完成对星上有效载荷工作状态的测量与控制。