

国家“双高”建设项目系列教材

遥感技术及其应用

主 编 黄铁兰 朱 腾

副主编 魏志安 张雪蕾 孙松梅 朱明帮

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

前 言

党的二十大报告提出，要“实施科教兴国战略，强化现代化建设人才支撑”，要“加快建设教育强国、科技强国、人才强国，坚持为党育人、为国育才，全面提高人才自主培养质量”。高等职业教育作为我国高等教育的重要组成部分，肩负着培养面向生产、建设、服务和管理第一线需要的高素质技术技能人才的重大使命，是科教兴国战略的重要举措。教材是高职院校落实“立德树人”根本任务、深化职业教育“三教”改革的关键要素，是支撑现代职业教育体系建设的基础性保障。

本教材是国家“双高”建设项目系列教材、广东工贸职业技术学院高等职业教育测绘地理信息类“十四五”规划教材。本教材依托国家“双高”专业群——测绘地理信息技术，由广东工贸职业技术学院和广州智迅诚地理信息科技有限公司校企合作共同开发，是一本满足高职院校测绘地理信息类专业和专业群信息化教学需求的工作手册式新形态教材。“教、学、做一体”是本教材的特点。本教材打破了以讲授知识为主线的传统教学方式和学习方法，采用“项目导向、任务驱动”架构，按照项目的形式组织教学内容，把知识点、技能点、思政点融合在一起，实现“知识传授、能力培养和价值引领”相统一。在项目中，以任务方式在课堂上引导学生完成知识学习和技能训练，并培养学生家国情怀、职业精神、岗位能力和创新创业意识。每个项目和任务的设计都遵循由易到难、由小到大的原则，螺旋式逐渐推进教学内容。

本教材适用于高职院校测绘地理信息技术、摄影测量与遥感技术、地籍测绘与土地管理、工程测量技术、国土空间规划与测绘、无人机测绘等相关专业。

本教材的体系结构是按照项目式的写法来编写，根据实际工作中遥感数据处理及应用项目开发常见技术要求，编写了 7 个项目，项目内容包括：遥感基础知识、遥感数据获取原理、遥感影像及其预处理、遥感影像增强处理、遥感影像目视解译、遥感影像计算机分类、遥感专题制图等，涵盖了遥感的基础知识和实践操作技能。通过完成教材的项目任务，可达到遥感数据处理工程师的基本知识、技能和经验要求。依照遥感数据处理的典型工作过程，实施“教、学、做一体”的教学思路，通过工作任务实施和任务拓展，将遥感技术应用中的“知识点、技能点、经验点”有机结合在一起。通过教，记住知识点；通过学，掌握技能点；通过做，获得经验点。在每个项目学习时，建议学生先对任务有个初步了解，然后通过任务实施来掌握相应的知识点和技能点，并通过技能实战训练来进一步提升技能和获取经验。

本教材参考学时为 60 学时，其中建议教师讲授 28 学时，学生实训 32 学时，即理论和实践比例为 7：8，学时分配表如下：

项目	课程内容	学时分配	
		讲授	实训
项目一	遥感基础知识	4	2
项目二	遥感数据获取原理	7	3
项目三	遥感影像及其预处理	3	9
项目四	遥感影像增强处理	4	5
项目五	遥感影像目视解译	2	2
项目六	遥感影像计算机分类	7	9
项目七	遥感专题制图	1	2
课时小计		28	32
总课时合计		60	

本教材项目一、项目六由黄铁兰编写，项目二由魏志安编写，项目三由朱腾编写，项目四由张雪蕾编写，项目五由孙松梅、黄铁兰编写，项目七由黄铁兰、朱明帮编写，全书由黄铁兰统稿。

由于编者水平有限，书中可能存在不足之处，敬请广大读者批评指正。

编者

2023年5月

目 录

项目一 遥感基础知识	001
任务一 遥感概述	002
任务二 遥感处理软件	019
项目小结	027
思考题	027
项目二 遥感数据获取原理	029
任务一 遥感物理基础	030
任务二 遥感平台及传感器	036
任务三 传感器	040
项目小结	050
思考题	050
项目三 遥感影像及其预处理	051
任务一 遥感影像基础	052
任务二 遥感影像预处理	056
项目小结	089
思考题	089
项目四 遥感影像增强处理	091
任务一 遥感影像增强	092
任务二 遥感影像变换	101
任务三 遥感影像融合	116
项目小结	123
思考题	124

项目五 遥感影像目视解译	125
任务一 遥感影像目视解译的原理	126
任务二 遥感影像目视解译的方法与流程	129
项目小结	136
思考题	136
项目六 遥感影像计算机分类	137
任务一 遥感影像计算机分类基础知识	138
任务二 遥感影像非监督分类	140
任务三 遥感影像监督分类	157
任务四 遥感影像决策树分类	171
任务五 遥感影像分类后处理	183
任务六 遥感影像精度评价	192
项目小结	202
思考题	202
项目七 遥感专题制图	203
任务 遥感专题制图的原理与方法	204
项目小结	229
思考题	229
参考文献	230

遥感基础知识

知识目标

- ◆ 了解遥感的定义、分类和特点
- ◆ 了解遥感的历史和发展趋势
- ◆ 了解遥感的应用领域和 3S 集成技术
- ◆ 掌握遥感的技术过程
- ◆ 掌握常用的遥感处理软件

技能目标

- ◆ 掌握 ENVI 遥感软件的安装
- ◆ 学会进行 ENVI 遥感软件的基本操作

素质目标

- ◆ 了解遥感的发展，增强民族自信心和自豪感
- ◆ 了解著名的遥感科学家及其主要成就，培养敬业精神和工匠精神

任务导航

- ◆ 任务一 遥感概述
- ◆ 任务二 遥感处理软件

任务一 遥感概述

【知识点】

一、遥感的定义

遥感 (Remote Sensing, RS), 从字面上理解为“遥远的感知”。从技术层面看, 遥感是指从空中或者外层空间, 通过飞机、卫星等运载工具所携带的传感器, “遥远”地采集目标对象的数据, 并通过数据的处理、分析, 获取目标对象的属性、空间分布特征或时空变化规律的一门科学和技术。

遥感是一种远距离的、非接触的目标探测技术与方法。广义的遥感包括一切无接触的远距离探测技术, 泛指电磁场、力场、机械波(声波、地震波等)的探测。狭义的遥感只包括电磁波探测。

遥感能够工作的根本原因是: 地球上的每一个物体, 时时刻刻都在发射、吸收和反射信息和能量, 且这些信息和能量一般以电磁波的形式表现。一般情况下, 同一类物体的电磁波特征基本上是相同的; 而不同类的物体, 它们的电磁波特性各不相同。因此, 通过遥感器远距离探测地表物体的电磁波特征, 可以识别不同的地表物体, 并且提取它们的属性特征和变化规律。

二、遥感的技術过程

遥感的技術过程由数据获取, 数据传输、接收和处理, 数据解译、分析与应用三部分组成的。三部分相辅相成、缺一不可。

(一) 数据获取

遥感的首要任务是数据获取, 也就是通过不同的遥感系统获取目标对象的数据。遥感系统, 也就是由遥感平台和传感器组成的数据获取系统。传感器也称遥感器或者探测器, 是远距离感测和记录地物环境辐射或反射电磁能量的遥感仪器, 是遥感数据获取的核心部件。遥感平台则是搭载传感器的载体, 如飞机、卫星等。

遥感技术是通过电磁波传递来获取地球表面信息的。太阳是遥感最主要的电磁辐射源, 其辐射电磁波包括不同波长的紫外线、可见光、红外线等多个波段。透过大气层到达地球表面的太阳辐射, 在与大气、地表发生相互作用后, 大部分电磁波被选择性地反射、吸收、透射、散射。地表发射或反射的电磁波再次通过大气层, 被传感器接收后存储在不同的介质上, 得到最初的遥感数据产品, 从而完成了遥感数据的获取(图 1-1-1)。

(二) 数据的传输、接收和处理

遥感卫星地面站是接收、处理、存档和分发各类卫星数据的技術系统, 由地面数据接收、记录系统和影像数据处理系统两部分组成。

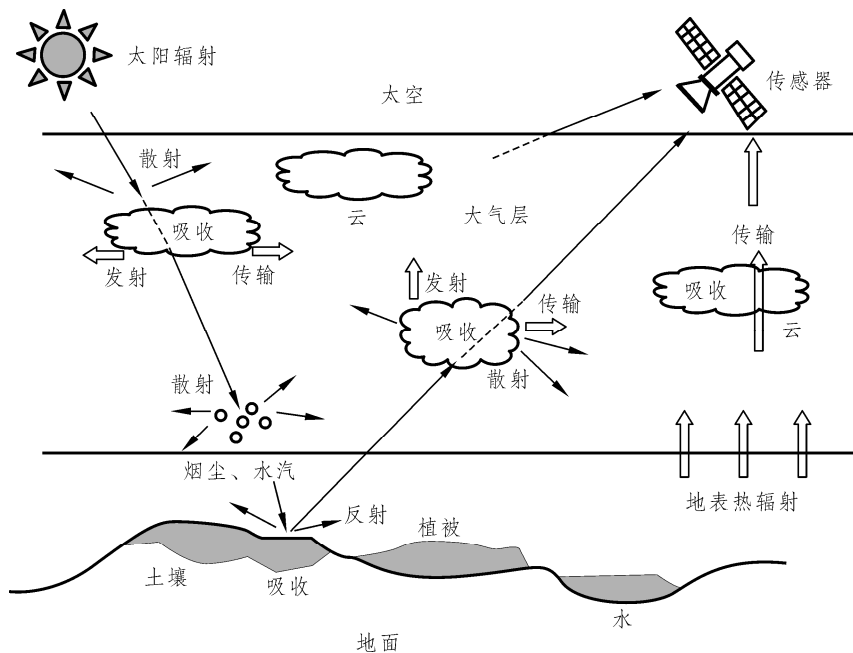


图 1-1-1 遥感的技术过程

地面接收站接收观测数据时，如果卫星在地面站的覆盖范围内，则采用实时传递、实时接收的数据传输方式；如果卫星超出地面站覆盖范围，则采用数据记录器和跟踪数据中继卫星两种方式传输数据。

地面站接收到的原始数据存在各种误差和变形，影像数据处理系统负责对原始数据进行一系列辐射校正和几何校正处理，消除各种畸变，并制作成一定规格的数据产品提供给用户。

（三）数据解译、分析与应用

用户从地面站得到数据后，需要对数据进行进一步处理，然后进行数据解译，从中提取所需的专题信息。数据解译主要利用不同地面目标的种类和环境条件差异导致产生不同的电磁波这一特点，实现不同地物信息的识别和属性提取。数据解译包括目视解译和计算机自动解译两种方式。

遥感的最终目的是应用。不同用户根据解译获取的专题信息，深入分析和理解，并揭示其规律，以解决实际问题。遥感的应用范围非常广泛，包括资源环境、气候变化、城市规划等诸多领域。

三、遥感的特点

（一）宏观性

遥感传感器一般都安装在一定高度的遥感平台上。航天遥感平台的高度通常为 200 ~ 1 000 km，静止轨道气象卫星甚至高达 3 万 ~ 4 万 km；航空遥感平台的高度一般也在 1 km 以上，高者可达 50 km。因此，遥感技术能从空中乃至宇宙空间对大范围地区进行对地观测，并获取有价值的信息。这些数据拓展了人们的视觉空间，为宏观地掌握地面事物的现状创造了

极为有利的条件，同时也为宏观地研究自然现象及其规律提供了宝贵的第一手资料。与传统的人工作业相比，遥感技术可以实现大范围、多尺度的对地观测，且不受地形地貌的影响，具有明显的技术优势。

比如美国的陆地卫星（Landsat 5），轨道高度为 705 km，一张 TM（专题制图仪）影像的长度和宽度均为 185 m，覆盖地表面积接近 3.5 万 km²，可以获取丰富的地表景观信息，既有可见的，又有潜在的。又比如法国的 SPOT 5 卫星，轨道高度为 830 km，一张多光谱影像长度和宽度均为 15 km，面积为 225 km²，不但可以提供地表分辨率为 2.5 m 的各类地物分布情况，还能揭示各类地物之间的关系。

（二）时效性

遥感能实现周期性成像，每隔几天或十几天可以重复地对同一地区进行观测，这有助于人们通过获取多个时间段的遥感数据，可以发现并动态跟踪地球上许多事物的变化，研究自然界的发展及变化规律。尤其是在监视天气状况、自然灾害、环境污染、城市建设甚至军事目标等方面，遥感的运用就显得格外重要。

比如美国的 Landsat 5 卫星，每隔 16 d 就可以对同一地点进行重复拍摄；法国的 SPOT 5 卫星，每隔 2~3 d 可以重复拍摄 1 次；而我国的高分二号卫星，也达到 4 d 可重复一次的频率（表 1-1-1）。

表 1-1-1 部分常见卫星的重访周期和空间分辨率

卫星	重访周期/d	空间分辨率/m
Landsat 5	16	30
SPOT 5	2~3	10（全色 2.5）
Quick Bird	1~6	2.44（全色 0.61）
资源三号	5	5.8（全色 2.1）
高分二号	4	3.2（全色 0.8）

（三）综合性

一方面，遥感可以在同一时段获取大范围地区的遥感数据，这些数据综合地展现了地球上许多自然与人文现象，宏观地反映了地球上各种事物的形态与分布，综合地体现一个区域的地质、地貌、土壤、植被、水文、人工构筑物等地形与地物的特征，全面地揭示地理事物或现象之间的关联性。

另一方面，由传感器性能所决定的遥感信息的空间分辨率，体现了对探测目标信息的综合程度，特别是中低分辨率的遥感信息中包含大量的混合像元，所反映的往往是多种地物的综合信息，可以通过遥感的“解混”技术开展进一步分析研究。

（四）经济性

传统的地面数据采集，由于受到自然环境和资金设备等条件的制约，很多地方都难以开展，如沙漠、沼泽、高山峻岭以及地震灾害现场等。而遥感技术由于是在空中进行工作，不

受地形条件的限制，可以方便、及时地获取各种资料，而不需要使用昂贵的特殊作业设备。

同时，与传统方法相比，遥感单位时间内可以获取的数据量可以达到原来的数倍或者数十倍，数据的现势性和精度也更有保障，能够节省大量的人员、设备、资金和时间投入，可以创造更高的经济和社会效益。

四、遥感的分类

为了便于专业人员研究和应用遥感技术，人们从不同的角度对遥感进行分类。

（一）按遥感平台高度分类

按照平台离地面的高度由低到高，遥感可以分为地面遥感、航空遥感和航天遥感 3 类。

1. 地面遥感

地面遥感是把传感器设置在地面平台上，如车载、船载、手提、固定或活动高架平台等，常见的有遥感车、遥感船、高塔等。安全和交通领域常用的各种监控设备，也可以看作是地面遥感的一种。

2. 航空遥感

航空遥感又称机载遥感，即把传感器设置在航空器上，如气球、航模、飞艇、飞机及其他航空器等，具有机动、灵活的特点。飞机是航空遥感的主要平台，它具有分辨率高、调查周期短、不受地面条件限制、资料回收方便等特点。近年来，随着技术的发展，无人机在遥感中的应用越来越广泛。

3. 航天遥感

航天遥感即把传感器设置在航天器上，如人造卫星、宇宙飞船、空间实验室等（图 1-1-2）。在航天平台上，可以通过宇航员操作、卫星舱体回收、扫描影像转换为数字编码传输、卫星数据采集系统收集信号再中继传输等 4 种方式采集数据。



图 1-1-2 中国高分四号遥感卫星

（二）按遥感探测的工作波段分类

按照遥感的工作波段，可以分为紫外遥感、可见光遥感、红外遥感和微波遥感 4 类。

1. 紫外遥感

紫外遥感的探测波段在 $0.05 \sim 0.38 \mu\text{m}$ ，用于收集与记录目标物的紫外辐射能。紫外遥感主要用于监测气体污染和海面油膜污染。但由于该波段受大气中的散射影响十分严重，探测的成功率低、应用范围狭窄，在实际应用时很少采用。

2. 可见光遥感

可见光遥感的探测波段为 $0.38 \sim 0.76 \mu\text{m}$ ，用于收集与记录目标物反射的可见光辐射能（可见光是电磁波谱中人眼可以感知的部分），所用传感器有摄影机、扫描仪、摄像机，是进行航空摄影测量、自然资源与环境调查的主要波段。按照波长，可见光又可以分为赤、橙、黄、绿、青、蓝、紫 7 个波段（图 1-1-3）。

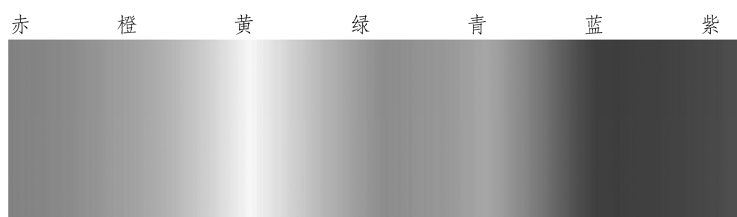


图 1-1-3 可见光光谱

3. 红外遥感

红外遥感的探测波段在 $0.76 \sim 1\ 000 \mu\text{m}$ 。可以进一步划分为近红外、中红外、热红外和远红外。其中 $0.76 \sim 0.9 \mu\text{m}$ 波长范围的辐射可以用于摄影（胶片）方式探测，故也称摄影红外，它对探测植被和水体有特殊效果。中、远红外可以探测物体的热辐射，所以也叫热红外，但它不能用摄影方式探测，须用光学机械扫描方式获取信息。热红外遥感主要采用 $3 \sim 5 \mu\text{m}$ 和 $8 \sim 14 \mu\text{m}$ 两个窗口。热红外可以夜间成像，除用于军事侦察外，还可以用于调查浅层地下水、城市热岛、水污染、森林火灾和区分岩石类型等，具有广泛的应用价值。

4. 微波遥感

微波遥感的探测波段在 $1\ \text{mm} \sim 1\ \text{m}$ ，可收集与记录目标物发射、散射的微波能量。所用传感器，有扫描仪、微波辐射计、雷达、高度计等。与可见光、红外遥感技术相比，微波遥感技术具有全天候昼夜工作能力，能穿透云层，不易受气象条件和日照水平的影响；能穿透植被，具有探测地表下目标的能力；获取的微波影像有明显的立体感，能提供可见光和红外遥感以外的信息。因此，微波遥感具有重大的军事、经济意义，日益受到重视。但是，由于微波的波长比可见光、红外线要长几百至几百万倍，因而所获得的影像的空间分辨率较低，需要利用各种相干信号处理技术（如合成孔径技术）进行改进。

实际工作中，常用的传感器并不是按照单个波段来采集数据，而是集成了多个波段，也就是多波段遥感，或者叫多光谱遥感。另外，在可见光波段和外红波段范围内，还可以再分成若干更窄的波段来探测目标，发展成为高光谱遥感或者超高光谱遥感。

（三）按遥感探测的工作方式分类

根据遥感探测的工作方式不同，可以将遥感分为主动式遥感和被动遥感 2 类（图 1-1-4）。

（五）按应用领域或专题分类

按大的研究领域，遥感可分为星际遥感、地球大气层遥感、陆地遥感和海洋遥感。

从具体应用领域看，遥感可分为资源遥感、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、工程遥感、灾害遥感及军事遥感等。

五、遥感的发展历史

（一）国外遥感技术的发展历史

按照时间顺序，国外遥感的发展分为 4 个阶段：无记录的地面遥感阶段、有记录的空中摄影遥感阶段、航空遥感阶段和航天遥感阶段。

1. 无记录的地面遥感阶段（1606—1838 年）

无记录的地面遥感阶段以望远镜作为主要的观测工具。

1608 年，汉斯·李波尔赛制造了世界上第一架望远镜，从此人类获得了远距离观测物体的工具。1609 年，伽利略制作了放大倍数为 30 倍的天文望远镜，从而为观测远距离目标奠定了基础，开创了地面遥感的新纪元（图 1-1-5）。之后的 200 多年，人类不断地改进望远镜的性能，并且利用望远镜远距离观测地球上的物体、月球表面、星空和太阳黑子等。

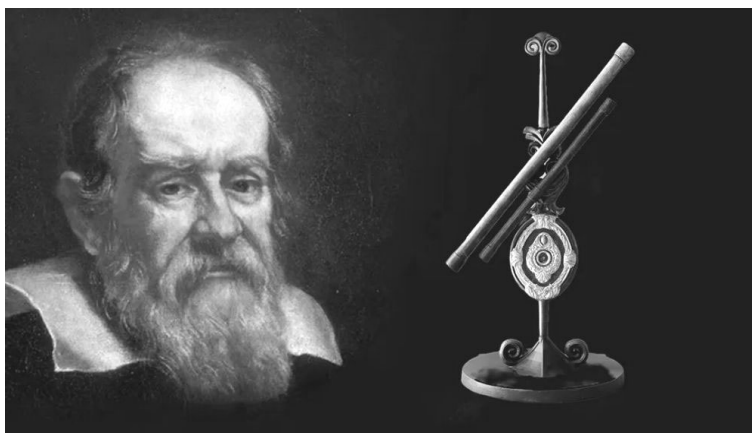


图 1-1-5 伽利略和他发明的科学望远镜

但仅仅依靠望远镜观测，并不能把观测到的事物用影像的方式记录下来，所以这个阶段的遥感是无记录的地面遥感。

2. 有记录的空中摄影遥感阶段（1839—1902 年）

有记录的空中摄影遥感阶段，也称为航空遥感的初步阶段。这一时期由于摄影技术的发明，人们能够将观测到的地面物体记录到胶片上。通过与望远镜相结合，发展为远距离摄影。人们利用气球、风筝、鸽子等平台，将摄影相机带到空中，开始对地面进行试验性的低空摄影。

1839 年，达盖尔发表了他和尼普斯拍摄的照片，第一次成功地把拍摄到的事物形象记录在胶片上。1849 年，法国人艾米·劳塞达特制定了摄影测量计划，成为有目的、有记录的地面遥感发展阶段的标志。1858 年，法国的 G. F. 陶纳乔在升空气球上离地仅 80 m 高度的地方，

拍摄到法国比弗雷的空中相片，是世界上第一张航空相片。1860年，J. W. 布莱克与 S. 金教授乘气球升空至 630 m，成功地拍摄了美国波士顿的照片，是目前已知的保存最早的一幅航空相片（图 1-1-6）。1882 年前后，风筝摄影开始投入使用。第一张利用风筝拍摄的航空相片是一位英国气象学家完成的。1900 年初，美国风筝摄影师在旧金山大地震之后，拍摄了旧金山的航空相片。1903 年，J. 纽布朗纳设计了一种捆绑在鸽子身上的微型相机，并且开始应用到对地面的摄影中。

这些试验性的空中摄影，为后来的实用化航空摄影遥感打下了基础。



图 1-1-6 美国波士顿 1880 年的航空相片

3. 航空遥感阶段（1903—1956 年）

航空遥感阶段也称航空遥感的发展阶段，主要是利用飞机作为平台，进行航空摄影。

1903 年，美国的莱特兄弟发明了飞机，才真正地促进遥感向实用化前进了一大步（图 1-1-7）。1908 年，人类首次利用飞机拍摄电影。1909 年，W. 莱特在意大利的森托塞尔上空，用飞机进行了空中摄影。1913 年，利比亚班加西油田测量中就应用了航空摄影，C. 塔迪沃在维也纳国际摄影测量学会会议上发表论文，描述了飞机摄影测绘地图的问题。



图 1-1-7 美国莱特兄弟发明的飞机

第一次世界大战期间，航空摄影成了军事侦察的重要手段，并形成了一定的规模，像片的判读水平也得到了提高。第一次世界大战以后，航空摄影人员从军事领域转向商业应用和科学研究。美国和加拿大都成立了航测公司；美国和德国分别出版了《摄影测量工程》及类似性质的刊物，专门介绍航空摄影的有关技术方法。

1924年，彩色胶片的出现，使得航空摄影记录的地面目标信息更为丰富。1930年起，美国的农业、林业、牧业等许多政府部门都采用航空摄影，并应用于制订规划。1934年，美国摄影测量协会科学专业组织成立，推动了航空摄影领域的学科和技术的发展。1935年，彩色胶片开始投入市场，为后来的航空遥感打下了基础。

第二次世界大战前期，德国、英国等充分认识到空中侦察和航空摄影的重要军事价值，并在侦察敌方军事态势、部署军事行动等方面取得了实际效果。第二次世界大战中，微波雷达的出现及红外技术在军事侦察的应用中，使遥感探测的电磁波谱段得到了扩展。第二次世界大战后期，美国的航空摄影范围覆盖了欧亚大陆和太平洋沿岸岛屿，以及包括日本在内的广大地区，成为美国在太平洋战争中的主要情报来源；苏联的航空摄影在斯大林格勒保卫战等重大战役中对苏联的军事行动决策起到了重要作用。

在第二次世界大战中及其以后，美国出版很多遥感的著作和刊物，对航空遥感的方法和理论进行总结，如1945年美国创办了《摄影测量工程》杂志。与此同时，美国在大学中开设了航空摄影与像片判读的课程，开始了遥感专业人才的培养。这些对以后遥感发展成为独立的学科在理论方法上奠定了基础。

4. 航天遥感阶段（1957年至今）

航天遥感阶段以人造卫星为主要的工作平台。

1957年10月，苏联第一颗人造地球卫星——斯普特尼克1号的发射成功，标志着人类从空间观测地球和探索宇宙奥秘进入了新的纪元（图1-1-8）。1959年9月，美国发射的“先驱者”号探测器拍摄了地球云图，同年10月，苏联的月球3号航天器拍摄了月球背面的照片。从1960年开始，美国发射的TIROS 1和NOAA 1太阳同步气象卫星，真正从航天器上对地球进行了长期观测。从此，航天遥感取得了重大进展。1972年，美国发射了地球资源技术卫星ERTS 1（后来改名为Landsat 1），装有多光谱扫描仪（MSS）传感器，分辨率达到79 m。1982年，美国发射了Landsat 4，装有专题制图仪（TM）传感器，分辨率提高到30 m。

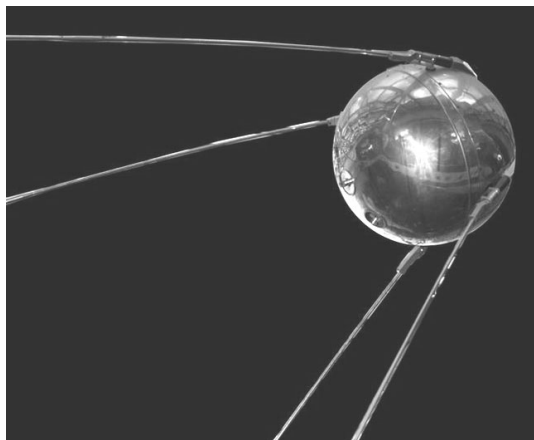


图 1-1-8 苏联斯普特尼克 1 号卫星

1986年，法国发射SPOT 1，装有高分辨率可见光传感器（HRV），分辨率提高到10 m。1999年，美国发射IKONOS，空间分辨率进一步提高到1 m。2001年，美国发射的Quick Bird卫星，空间分辨率为0.61 m，是世界上首颗亚米级分辨率的卫星。2007、2009和2014年，美国先后发射了World View I、World View II和World View 3，空间分辨率分别达到0.5 m、0.5 m

和 0.31 m。

在这一阶段，中国、印度、俄罗斯、以色列、日本等国家的卫星遥感技术也在不断发展，世界真正进入遥感大发展的时代。

（二）中国遥感技术的发展历史

按照时间顺序，我国遥感的发展分为 4 个阶段：萌芽阶段、起步探索阶段、初步发展阶段和快速发展阶段。

1. 萌芽阶段

在远古时期，中国人的祖先就有遨游太空的梦想，“夸父追日”“嫦娥奔月”的传说，寄托了古人对茫茫宇宙的探索愿望。西周时期开始出现的烽火台、春秋战国时期的军事瞭望塔，都可以看作是一种地面遥感。春秋战国时期，中国古代的天文学家为了观测星空，发明了窥管、望筒等远距离观察的仪器，也就是望远镜的雏形。

大约 14 世纪末，中国明朝的万户（原名陶成道），以大无畏的牺牲精神，坐在绑上了 47 支火箭的椅子上，手持风筝飞向天空，但是火箭升空不久在空中爆炸了，万户也为太空探索献出了生命。万户是人类历史上提出借助火箭推力升空的想法并付诸实践的第一人，是世界公认的“真正的航天始祖”（图 1-1-9）。



图 1-1-9 万户飞天雕塑

2. 起步探索阶段（1930—1970 年）

这一阶段，我国主要是利用飞机开展航空摄影对地形图进行绘制和更新，并应用到国防、农业、林业、铁路等方面。

20 世纪 30 年代，我国在部分地区开展过航空摄影，主要测绘了上海、南京、杭州等地区

1:1万和1:2.5万比例尺的军事要塞图，以及湘黔、成渝一带1:5万比例尺的地形图。

中华人民共和国成立后，成立了航空测绘队伍，并开始了系统的航空摄影。1950年11月，军委测绘局航空测量队成立，设有航空摄影组。1954年5月，组建了空军航空测量队，1956年9月扩编为航空测量大队。从此，中国有了专门的航空摄影队伍。

1950年，军委航空测量队航空摄影组承担治淮工程的航空摄影工作。1954年3月—1956年4月，在苏联的援助下，我国完成东部国防地带约85万 km^2 的航空摄影，并培养出60余名航空摄影技术人员。1957年，空军航空测量大队开始独立开展东部国防地带的航空摄影，到1960年基本完成。

与此同时，民用航空摄影队伍也相继成立。1952年，军委民航局在天津成立了农林航空队，承担工业、农业和林业的航空摄影任务。1954年，地质、铁道、石油、水利等部门，也先后组建了航空摄影队伍。1957年，中国民用航空总局统一接办全国民用航空摄影业务，至1965年基本完成国家测绘总局分工测图区域的航空摄影以及林业、铁路、地质、水利等部门所需的航空摄影。

3. 初步发展阶段

这一阶段，我国发射了一系列自己的人造卫星，并利用卫星数据开展了多个重大项目，积累了宝贵的经验，培养了大批人才。

1970年4月24日，我国发射了第一颗人造地球卫星——东方红一号（图1-1-10），成为世界上第五个具有自主发射卫星能力的国家，开创了中国航天的新纪元。

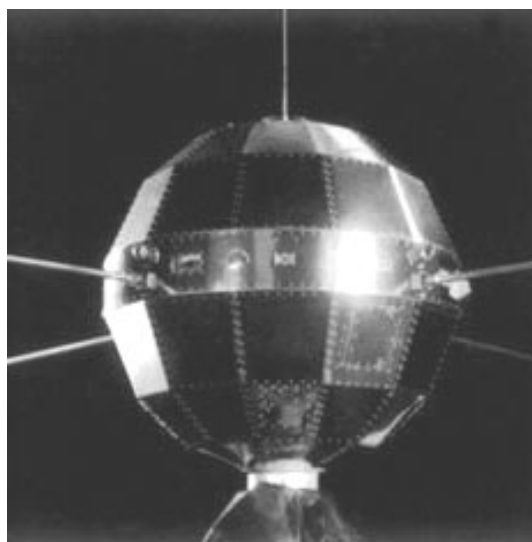


图 1-1-10 中国东方红一号卫星

1975年11月26日，我国发射了返回式卫星，并在三天后安全返回地球。至此，我国成为继苏联、美国之后世界上第三个掌握航天器回收技术的国家，为载人航天工程做了重要的技术积累。

1977年，陈述彭先生率团赴瑞典、英国考察，了解欧美各国开展卫星遥感应用的情况。

1978年，中国科学院牵头开展腾冲遥感试验，是我国首次航空遥感应用示范试验，开创了基于遥感的自然资源与环境调查工作，被誉为“中国遥感的摇篮”。

1979年，邓小平同志出访美国，亲自主持签订了有关中国遥感卫星地面接收站的协议，引进TM、SPOT等国际卫星数据，并开展广泛应用。

1979年10月，中国农业部组织“以MSS卫片影像土地利用和土壤目视解译”培训班，启蒙了李德仁、王人潮、严泰来等我国第一批遥感学者，是我国遥感技术应用的正式起步。

20世纪80年代，我国将遥感列入“六五”国家科技攻关项目。1980年，组织开展的天津—渤海湾环境遥感试验，是我国第一次以城市和近海环境为背景的遥感综合性试验，开创了我国城市遥感的先河。1980年12月，开展二滩水能开发遥感试验，是我国第一次将遥感和地理信息系统技术结合应用于大型能源工程的科学试验。

1988年，我国首次成功发射了试验型气象卫星风云一号A星。此后，陆续发射的风云一号B星、C星、D星，风云二号A星、B星、C星，形成了独立的风云气象卫星系列。

1999年，我国第一颗以陆地资源环境卫星中巴地球资源卫星发射成功。此后，又于2000年、2002年和2004年相继发射了三颗资源二号卫星(CBERS-02)，为我国农业、林业、水利、海洋和国土资源等方面的工作提供更准确的遥感影像产品。

2002年5月，海洋一号卫星发射升空，实现了我国海洋卫星“零”的突破，广袤的“蓝色国土”从此有了“天眼”，对维护海洋国土主权和权益起到了重要作用。

4. 快速发展阶段

2006年4月，我国将“遥感卫星一号”送入太空。该卫星是中国遥感系列的第一颗卫星，也是中国第一颗实用型遥感卫星。

2013年4月，国家“十二五”规划启动的高分辨率对地观测系统重大专项。同年，具备全色2m、多光谱8m分辨率的高分一号卫星成功发射，分辨率和幅宽综合指标达到国内外领先水平(图1-1-11)。

2014年8月，我国成功发射高分二号卫星，该卫星可自主获取全色1m、多光谱4m的高分辨率卫星影像。随后，相继发射高分三号、高分四号、高分五号、高分六号卫星，共同推动高分辨率数据应用，标志着我国遥感卫星进入高分辨率影像应用的快速发展阶段。

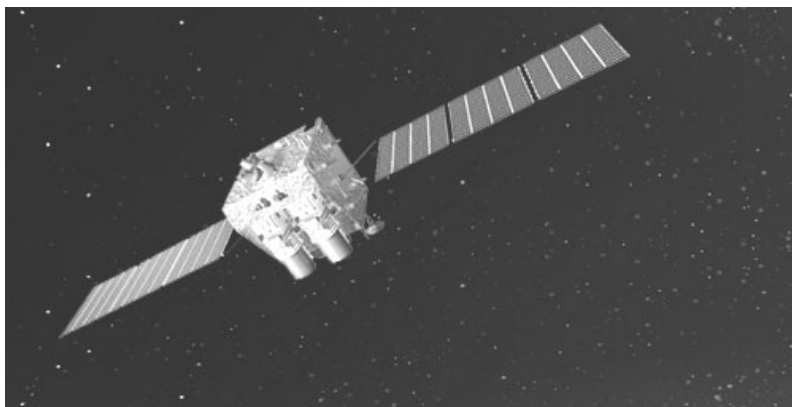


图 1-1-11 中国高分一号卫星

2015年,我国全年成功发射遥感卫星二十七号、遥感卫星二十八号和遥感卫星二十九号三颗遥感系列卫星,标志着我国遥感卫星在民用领域的应用水平趋于成熟。

2015年10月,我国首颗自主研发的“星载一体化”商用卫星、米级高清动态视频卫星——吉林一号卫星发射成功,标志着我国航天遥感应用领域商业化、产业化发展实现重大突破。

2018年11月,我国高分七号卫星成功发射。该卫星的分辨率达到亚米级,而且可以立体成像,达到世界领先水平。

2018年7月—2022年12月,我国发射了高分十一号01~04星,该组卫星分辨率达到10 cm及更高,其数据处理和传输能力大幅提高,达到国内领先、国际先进水平。

截至2022年年底,我国的卫星总数超过500颗,排名世界第二。目前,我国已经形成了完整自主的卫星产业链,包括资源系列、高分系列、环境/实践系列、小卫星系列组成的陆地卫星系列、以风云系列为主的气象卫星系列、7颗海洋卫星组成的海洋卫星系列、北斗导航卫星系列等。

另外,我国的“嫦娥”探月探测器、“天问”火星探测器和“天宫”空间站、“夸父”太阳探测卫星、“墨子”量子卫星也相继发射,并不断取得重大进展,标志着我国航天遥感事业进入了大发展时代(图1-1-12)。

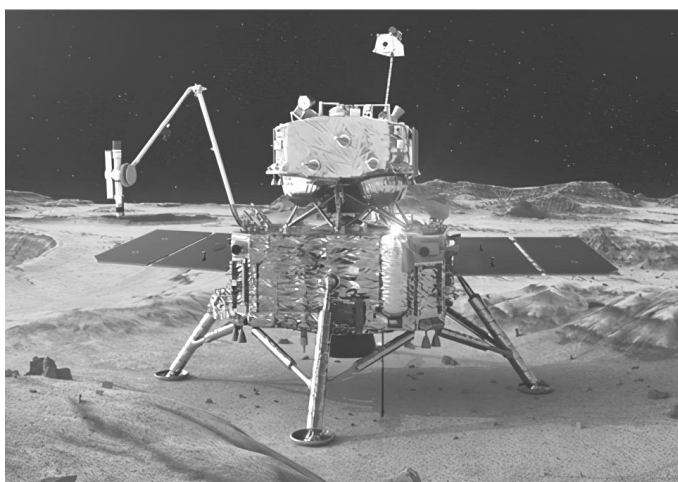


图 1-1-12 中国嫦娥五号月球探测器

六、遥感的发展趋势及亟待解决的问题

(一) 遥感的发展趋势

遥感技术正在进入一个能够快速准确地提供多种对地观测海量数据及应用研究的新阶段,它在近几十年内得到了飞速发展,目前又将有一个新的高潮,这种发展主要表现在以下6个方面。

1. 遥感的空间分辨率、时间分辨率普遍提高

截至2022年年底,国际上已拥有十几种不同用途的地球观测卫星系统,卫星总量达到近5000颗,并拥有全色0.1~2.5 m、多光谱1~30 m的多种空间分辨率(图1-1-13)。

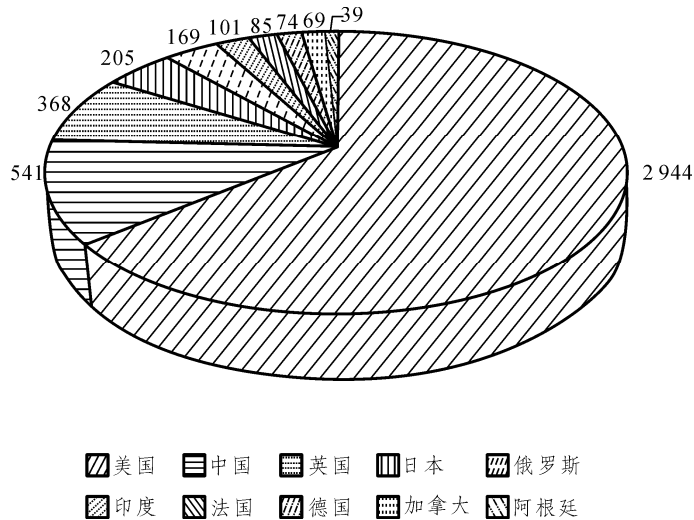


图 1-1-13 全球卫星数量排名前十的国家（截至 2022 年 12 月 31 日）

遥感平台和传感器，已从过去的单一型向多样化发展，并能在不同遥感平台上获得不同空间分辨率、时间分辨率的遥感影像。目前遥感影像的空间分辨率可以达到亚米级甚至厘米级，回归周期可以达到几天甚至几个小时。

从空间分辨率看，美国的商业卫星 World View-3 可获取 0.31 m 分辨率的影像，我国的高分十一号遥感卫星 02 星远距离地面像元分辨率可达亚米级，近距离分辨率可达 0.1 m。

从时间分辨率看，美国 NOAA 卫星每天可对地面同一地区进行两次观测，我国也实现了 2 m 分辨率光学卫星全球 1 d 重访，1 m 分辨率合成孔径雷达卫星对全球任意地区重访时间为 5 h。

随着遥感应用领域对高分辨率遥感数据需求的增加，以及遥感技术本身的发展，各类遥感分辨率的提高，已经成为普遍发展趋势。

2. 高光谱遥感迅速发展，波段数越来越多，光谱分辨率也越来越高

高光谱遥感的出现和发展是遥感技术的一场革命。它使本来在宽波段遥感中不可探测的物质，在高光谱遥感中能被探测。由于它能够获取近似连续的地物光谱信息，可以扩大地物光谱分析模型的应用范围，极大提高对地表覆盖类型、道路铺面材料等的识别能力，且提供的基于地物光谱数据库的光谱匹配方法，可以增加地形要素分类识别方法的灵活多样性，使地形要素的定量或半定量分类识别成为可能，提高了遥感高定量分析的精度和可靠性。

传统的多光谱遥感只有几个或者十几个波段，光谱分辨率只有 0.1 ~ 0.2 nm，高光谱遥感的波段数可以达到几十个甚至几百个，光谱分辨率可以达到 10 ~ 20 nm；最新的超高光谱遥感，波段数超过 1 000 个，光谱分辨率达到 1 nm 以内（图 1-1-14）。

美国地球观测卫星 1 号（EO1）上的高光谱传感器（Hyperion）具有 242 个波段，光谱分辨率为 10 nm。我国的高分五号卫星的高光谱仪有 330 个波段，光谱分辨率达到 5 nm。

3. 微波遥感技术快速发展

微波遥感技术，是近几十年发展起来的具有美好应用前景的主动式探测方法。微波具有穿透性强、不受天气影响的特性，可全天时、全天候工作。它采用多极化、多波段及多工作模式，形成多级分辨率影响序列，能提供从粗到细的对地观测数据源。近年来，成像雷达、

激光雷达等的发展，越来越引起人们的关注。

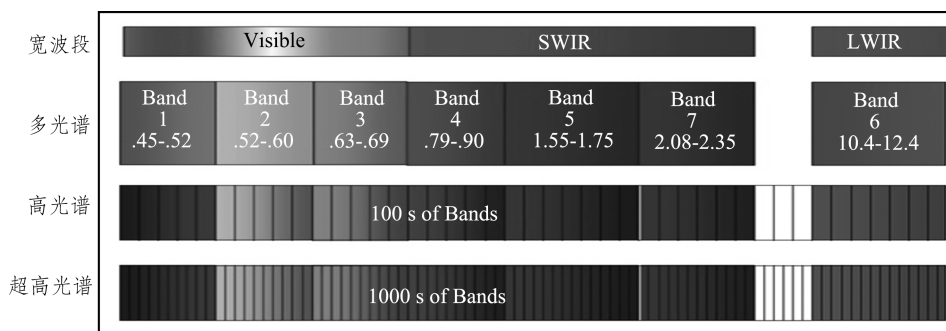


图 1-1-14 高光谱遥感示意

我国的高分十二号微波遥感卫星，地面像元分辨率最高可达亚米级，可以广泛用于国土普查、城市规划、土地确权、路网设计、农作物估产和防灾减灾等领域。

4. 三维遥感不断发展

利用机载三维成像仪，能够从中同步获取地面目标的三维位置和遥感光谱信息，实现定位、定性数据的一体化获取。把三维位置信息和遥感光谱数据套合在一起，就可以获取一体化的遥感信息，也就是三维遥感信息。三维遥感信息通过高分辨率遥感影像与地面地信数据叠合，可以用于地形分析、地质灾害调查、矿产资源调查、农业作物长势监测、产量估算和病虫害监测等，还可以用于城市景观设计、军事地形三维仿真、工程选址等方面。

5. 遥感的综合应用不断深化

目前，遥感技术正经历着一场质的变化，综合应用的深度和广度不断扩展，主要表现为：

(1) 遥感分析数据源更加多样化，从单一遥感信息源分析向包含非遥感数据在内的多源信息的复合分析方向发展。

(2) 遥感影像解译技术更加成熟，从人工或半自动的定性判读向信息系统应用模型及专家系统支持下的定量分析发展。

(3) 遥感的研时态从静态现状研究向多时相的动态监测研究发展。

(4) 3S 集成技术的发展，为遥感提供了各种有用的辅助信息和分析手段，提高遥感信息的识别精度，也使遥感的应用范围和研究深度不断扩展。

(5) 国际上相继推出了一批高水平的遥感影像处理商务软件包，可以为实现遥感的综合应用提供技术支撑。

6. 商业遥感快速兴起

随着卫星遥感的兴起，世界各主要航天大国的遥感卫星，逐步向商用化转移。联合国制定的有关政策，在一定程度上也鼓励了商业遥感的发展。目前，很多私营企业参与了遥感卫星的研制、发射和运行，并提供了相应的配套服务。美国的 IKONOS 系列、ORB-VIEW 系列和以色列的 EROS 系列等就是商业卫星的代表。

此外，商用小型地球观测卫星计划正在实施。这种小型卫星具有灵活的指向能力，可以获取高空间分辨率的影像，并快速回传到地面，它具有投资小、研制周期短，经济效益高等

优点。美国的 SpaceX 已累计发射 2 000 多颗“星链”卫星，为美国、英国等国的上百万用户提供了互联网接入服务，并可用于军事领域。中国近年来也发射了北京一号、吉林一号、高景一号等多个小卫星星座。如图 1-1-15 所示为吉林一号卫星星座。另外，由 128 颗小卫星组成的秦岭小卫星星座项目也正式启动，未来可用于自然资源监测、环境保护、气象水文、减灾救灾等多个领域。



图 1-1-15 中国吉林一号卫星星座

(二) 遥感研究亟待解决的问题

尽管遥感在短短的几十年时间内，无论在理论研究还是应用领域都得到了迅猛发展，但仍有以下几个方面的问题还有待解决：

(1) 遥感仍处在由定性向定量过渡的阶段，精度还不能完全满足不同用户的要求，需要进一步提高。

(2) 由浩瀚的遥感影像和数字资料组成的海量的遥感数据，需要更加有效的存储、管理、使用手段和方法。

(3) 遥感数据的融合与压缩、遥感信息的自动识别、遥感影像的理解和应用，仍然是遥感面临的重要问题。

(4) 定量遥感、新型数据处理、相关技术的结合等方面，与生产实际应用的需求仍有差距。

(5) 国际间的合作有待进一步探索，各国要加强在安全、环保、气候、农业、科研等方面的遥感技术合作，同时要防范遥感成为某些国家维护霸权、制造地缘政治冲突的工具。

七、3S 集成技术

3S 集成技术包括遥感系统 (RS)、地理信息系统 (GIS) 和全球定位系统 (GNSS)，它们与现代通信技术有机地结合起来，在空间信息管理中各具特色 (图 1-1-16)。RS 可以源源不断地获得对地观测数据；而 GIS 的空间数据库则通过信息高速公路实现全国乃至全球的数据交换与共享；GNSS 依靠远程通信可实现高精度的定位和导航。要让地理信息在信息高速公路上川流不息，需要建立一个自动化、智能化的对地观测数据处理系统，实现 RS、GIS 和 GNSS 的整体结合，使之成为快速实时的空间信息分析和决策支持工具。

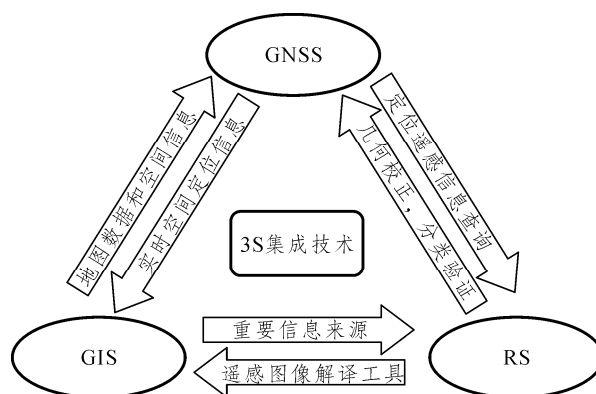


图 1-1-16 3S 集成技术

(一) RS 与 GIS 结合

一方面, RS 作为一种获取和更新空间数据库的强有力手段, 为 GIS 源源不断地提供及时、客观、准确的大范围的可用于动态监测的各种资源环境数据, 使得 GIS 处理信息的时间有可以压缩到自然灾害形成过程之内, 从而赢得了预测、预报的时间。因此, 遥感信息是地理信息系统十分重要的信息来源。

另一方面, RS 获取的丰富的信息资源有赖于 GIS 的科学管理和有效利用。GIS 能接受大量不同来源的空间数据, 并能根据用户的不同需求对这些数据进行有效的存储、检索、分析和显示, 为 RS 数据的充分利用提供一个良好的环境。此外, RS 的影像识别也往往需要在 GIS 的支持下改善其精度。

因此, RS 与 GIS 的结合不仅有助于提高 RS 数据自动分类的精度和信息复合的能力, 加速 RS 的发展进程, 同时也使 GIS 的应用进入了一个新阶段。随着它们应用领域的开拓和深入发展, 二者的结合已成为空间信息科学发展的热点之一。

(二) RS 与 GNSS 的结合

从 GIS 的角度看, RS 和 GNSS 都可作为数据源获取系统, 但它们既分别具有独立的功能, 又可以相互补充完善, 成为 RS 和 GNSS 结合的基础。

GNSS 的出现对遥感影像的使用有着很大影响,高度轻便的 GNSS 接收机根据影像上预先确定的位置,可获得精确的位置坐标,并且自动提供几何校正时所需的成像信息。另外,利用 GIS 中的电子地图和 GNSS 接收机的实时差分定位技术,可以组成 GIS+GNSS 的各种电子导航系统,可用于交通、公安等领域,也可以直接用 GNSS 方法对 GIS 作实时更新。此外,RS 与 GNSS 结合的新技术在短期天气预报中发挥着重要作用。如 GNSS 气象遥感技术是利用 GNSS 卫星和接收机之间无线电信号在大气电离层和对流层中的延迟时间,记录电离层中的电子浓度和对流层中的温度、湿度,以获得大气参数及其变化信息。目前,全球许多建成和正在建立的 GNSS 观测网将成为提供大气参数的一个重要新数据源。

(三) RS、GIS 和 GNSS 的结合

在 RS 与 GIS 的综合系统中所处理的对象是空间数据,而把 GNSS 的成果运用到综合系统之中,必然会进一步改进 RS 对地观测的质量,扩大 GIS 数据分析和管理的的能力。GIS 充当人的大脑,对所得信息加以管理和分析;RS 和 GNSS 相当于人的两只眼睛,负责获取浩瀚信息及其空间定位。RS、GIS 和 GNSS 三者的有机结合,构成了整体上的实时动态对地观测、分析和应用的运行系统,为科学研究、政府管理、社会生产提供了新一代的观测手段、描述语言和思维工具。

3S 集成的方式可以在不同的技术水平上实现。低级阶段表现为相互调用一些功能来实现系统之间的联系;高级阶段表现为三者之间不只是相互调用功能,而是直接共同作用,形成有机的一体化系统,对数据进行动态更新,快速准确地获取定位信息,实现实时的现场查询和分析判断。目前,开发的 3S 集成系统软件的技术方案一般采用栅格数据处理方式实现与 RS 的集成,使用动态矢量图层方式实现与 GIS 集成。随着信息技术的飞速发展,3S 集成技术从低级到高级不断发展和完善。

任务二 遥感处理软件

【知识点】

常用遥感软件介绍

(一) ERDAS IMAGINE (地球资源数据分析系统)

ERDAS (Earth Resource Data Analysis System) IMAGINE 软件,是美国 ERDAS 公司开发的遥感影像处理系统。ERDAS IMAGINE 以其先进的影像处理技术、友好的用户界面、灵活的操作方式,面向广阔的应用领域的产品模块,服务于不同层次用户的模型开发工具以及高度的遥感影像处理和 GIS 集成功能,为遥感及其应用领域的用户提供了功能强大的影像处理工具,代表了遥感影像处理系统未来的发展趋势。

ERDAS IMAGINE 是以模块化的方式提供给用户的,用户可以根据自己的应用要求、资金情况合理地选择不同功能模块以及不同组合方式,对系统进行剪裁,充分利用软硬件资源,

并最大限度地满足用户的专业应用要求。ERDAS IMAGINE 对于系统的扩展功能采用开放的体系结构，以 IMAGINE Essentials、IMAGINE Advantage、IMAGINE Professional 的形式为用户提供了低、中、高 3 种级别产品架构，并有丰富的扩展模块供用户选择，使产品模块的组合具有极大的灵活性。

（二）ENVI（遥感影像处理平台）

ENVI（The Environment for Visualizing Images）是美国 Exelis Visual Information Solutions 公司的旗舰产品。它是由遥感领域的科学家采用交互式数据语言（Interactive Data Language, IDL）开发的一套功能强大的遥感影像处理软件，获 2000 年美国权威机构 NIMA 遥感软件测评第一。

ENVI 软件主要功能包括：常规处理、几何校正、定标、多光谱分析、高光谱分析、雷达分析、地形地貌分析、矢量应用、神经网络分析、区域分析、GPS 连接、正射影像图生成、三维影像生成、可供二次开发调用的函数库、制图、数据输入/输出等功能。

目前，ENVI 已经广泛应用于科研、环境保护、气象、石油矿产勘探、农业、林业、医学、国防安全、地球科学、公用设施管理、遥感工程、水利、海洋、测绘勘察和城市与区域规划等领域。

（三）PCI 软件

PCI Geomatica 软件是加拿大 PCI 公司开发的用于影像处理、几何影像、GIS、雷达数据分析以及资源管理和环境监测的软件系统。PCI 拥有比较全的功能模块，包括：常规处理模块、几何校正、大气校正、多光谱分析、高光谱分析、摄影测量、雷达成像系统、雷达分析、极化雷达分析、干涉雷达分析、地形地貌分析、矢量应用、神经网络生成、区域分析、GIS 连接、正射影像图生成、DEM（数字高程模型）提取（航空摄影、光学卫星、雷达卫星）、三维影像生成等。

PCI 专业遥感影像处理系统分为三个软件包及五个专业扩展模块，这三个软件包中是向上包含的。

（1）第一软件包“IMAGEWORKS”，主要由三个部分组成：①“IMAGEWORK/Multispectral Classification”，用于显示和处理影像、位图和矢量数据，包含了 100 多种基本的影像处理功能。②“GCPWORKS”，专门的几何校正工具，可作影像-影像、影像-地图，影像-矢量等方式的几何配准和影像镶嵌。③“GEOGATEWAY”，可直接读取 60 多种影像、栅格及矢量数据格式，并对其中 30 多种数据可直接写入。

（2）第二软件包“EASI/PACE Image Processing Kit*w/Visual Modeller”。该软件包在包含第一软件包功能的基础上又增加了可视化建模、XPACE 核心程序、影像处理、几何校正、多层栅格模型、矢量工具、ACE（AutoCAD 认证专家）专业制图、地形分析、航片立体像对 DEM 提取、磁带输入和输出的功能。

（3）第三软件包“EASI/PACEIMAGEPRO”。该软件包除包含上一软件包全部功能外，还具有多光谱分析、雷达分析、AVHRR 轨道领航者、大气校正、高光谱分析、神经网络分类器、地面控制点影像库、三维可视化飞行模拟的功能。

(4) 五个专业扩展模块分别为大气校正、影像锁数据融合、极化雷达、PCI 作者、软件工具箱目标库，这些模块可以单独地与第二或第三软件包配合用。

(四) PIE 软件

PIE (Pixel Information Expert, 像素专家) 软件是北京航天宏图信息技术股份有限公司自主研发的国产新一代遥感与地理信息一体化处理软件，经过多年的发展形成了覆盖多平台、多载荷、全流程的系列化软件产品体系，可提供面向航天、航空等多源异构遥感影像的处理、辅助解译、信息提取、专题制图以及二维、三维可视化等一体化解决方案，广泛应用于气象、海洋、水利、农业、林业、国土、减灾、环保、军事等多个行业和领域。

PIE 的主要功能如下：

(1) 遥感影像预处理：辐射校正、影像配准、影像融合、影像镶嵌等。

(2) 遥感影像基础处理分析：影像裁剪、格式转换、波段运算、波谱运算等常用影像处理，投影转换，监督分类、非监督分类、面向对象分类和分类后处理、精度评价，多种影像变换、影像滤波等。

(3) 遥感信息提取与解译：多源遥感数据快速读取与渲染，遥感信息自动提取和人工解译，解译结果的综合统计、查询、测量、可视化分析、基于模板的智能制图和报表输出。

(4) 遥感与 GIS 一体化集成：提供丰富的行业 GIS 符号库，并支持符号快速扩展；提供遥感和 GIS 处理功能的二次开发接口，支持遥感与 GIS 一体化集成系统开发。

(5) 遥感专题制图：专题模板定制，多种出图格式输出，出图前尺寸调整等。

【技能点】

ENVI 软件基本操作

(一) 技能目标

掌握遥感软件 ENVI 5.3 的基本功能。

(二) 训练内容

(1) 认识 ENVI 5.3 软件的 2 种风格界面。

(2) 设置默认文件路径。

(3) 了解基本菜单命令及其使用方法。

(三) 操作步骤

1. 软件启动

(1) 启动 ENVI 5.3 新界面。

依次点击菜单栏的“程序”→“ENVI 5.3”→“ENVI 5.3 (64-bit)”，启动 ENVI 5.3 新版程序界面，如图 1-2-1 所示。

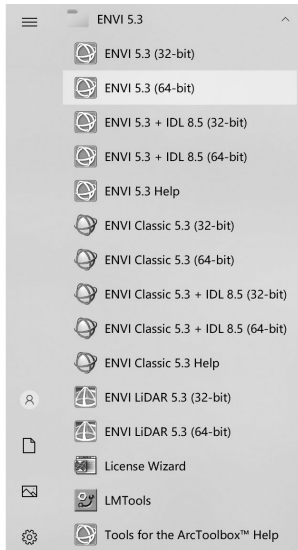


图 1-2-1 启动 ENVI 5.3 新版程序

(2) 启动 ENVI 经典版界面。

也可以依次点击“程序” → “ENVI 5.3” → “ENVI Classic 5.3 (64-bit)”，启动 ENVI 5.3 经典界面。

2. 了解 ENVI 5.3 新版程序界面

ENVI 5.3 新版程序界面，包括菜单栏、工具栏、图层管理、工具箱、状态栏和显示视图，如图 1-2-2 所示。

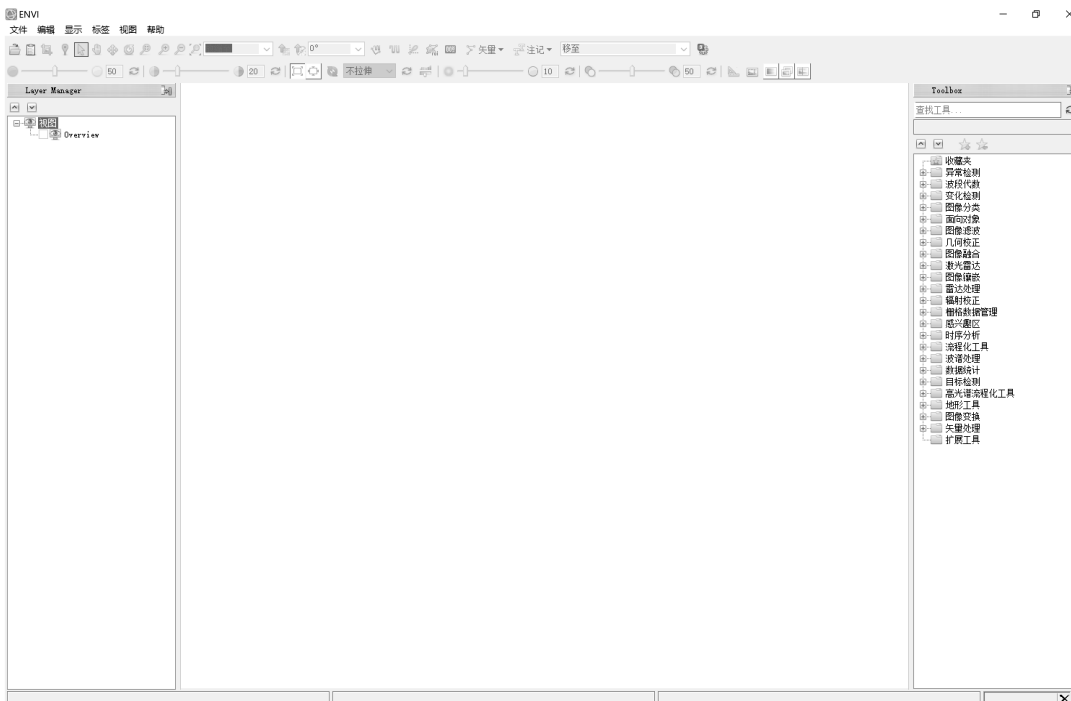


图 1-2-2 ENVI 5.3 软件新版界面

3. 设置默认文件路径

为了后续实训读取和存储影像数据方便，建议设置默认文件路径，如默认输入路径、默认输出路径、临时路径等。依次点击菜单栏的“文件”→“选项”→“路径”，打开默认文件路径设置界面，如图 1-2-3 所示。



图 1-2-3 默认路径设置窗口

注意：输出路径必须全部是英文，或由英文形式的字母或符号组成，不要出现中文字符，否则容易报错。比如“D:\XM1”，整个路径中没有任何中文字符。

4. 掌握 ENVI 基本菜单命令及其使用方法

(1) 打开影像。

依次点击菜单栏的“文件”→“打开”，打开影像选择界面，如图 1-2-4 所示。

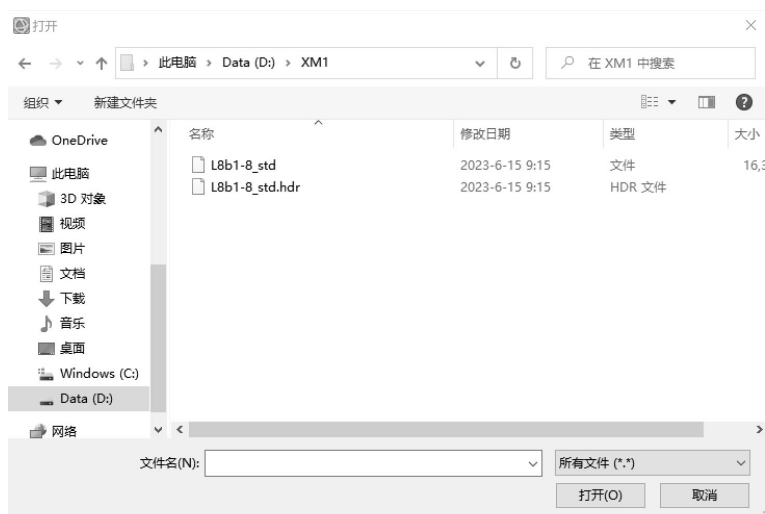


图 1-2-4 影像选择界面

选择“D:\XM1\L81-8_std.dat”，打开 Landsat 8 OLI 影像数据，该数据由 8 个波段组合而

成，默认以灰度形式显示第一波段，如图 1-2-5 所示。

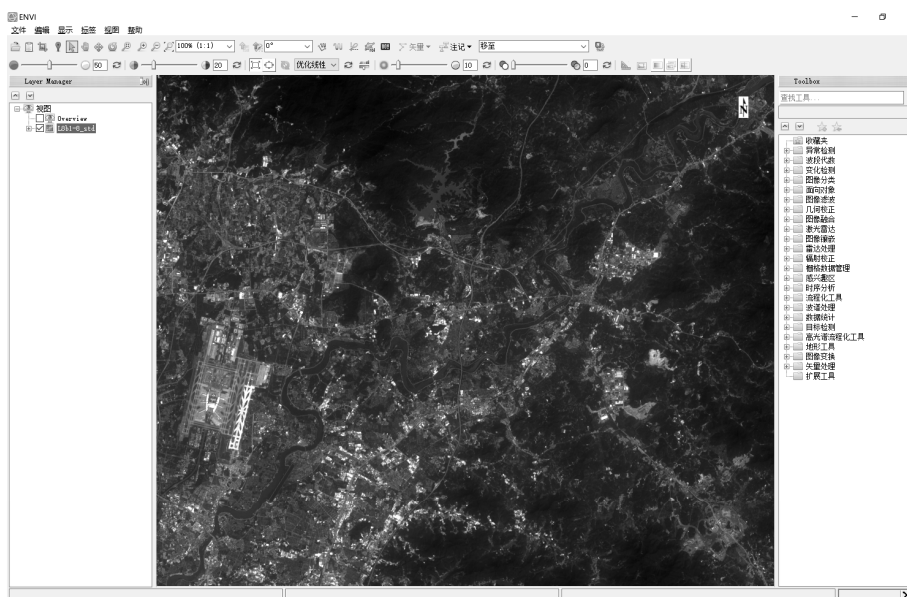


图 1-2-5 多光谱影像显示

在工具条上点击“数据管理器”按钮，打开数据管理器，如图 1-2-6 所示。

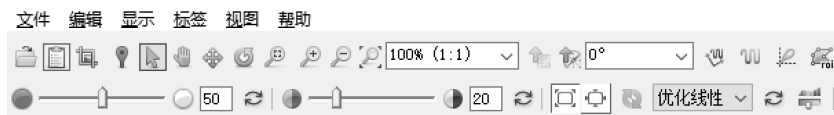


图 1-2-6 数据管理器工具

在数据管理器界面，依次点击第 7 个、第 5 个、第 3 个波段，将其分别赋给红、绿、蓝三个通道，如图 1-2-7 所示。



图 1-2-7 选择波段

点击“加载”按钮，在视图中将影像显示为彩色，如图 1-2-8 所示。

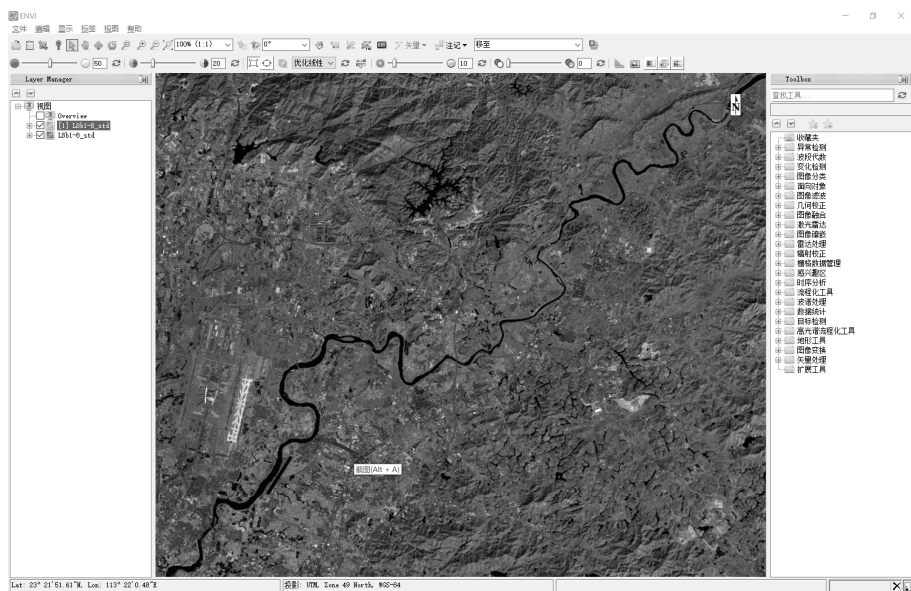


图 1-2-8 影像彩色显示

(2) 影像另存为其他格式。

首先，依次点击菜单栏的“文件”→“另存为”。然后，分别选择后面的菜单，可以将影像另存为 TIFF、ASCII、ERDASIMAGE 等不同格式。这里选择第一个菜单，将影像另存为 TIFF 格式。最后，进入数据选择界面，可以通过“空间裁剪”“波段裁剪”“掩膜”选择数据范围和波段，这里全部选择默认选项，如图 1-2-9 所示。



图 1-2-9 “数据选择”设置

点击“确定”，进入“文件另存为参数”界面，设置输出格式为“TIFF”，输出路径和文件名为“D:\XM1\L8b1-8_std.tif”，如图 1-2-10 所示。点击“确定”另存文件，另存的文件默认打开并以灰度方式显示第一波段。



图 1-2-10 “文件另存为参数”设置

还可以选择其他另存菜单，存储为 ERDAS IMAGINE 等其他类型（图 1-2-11）。

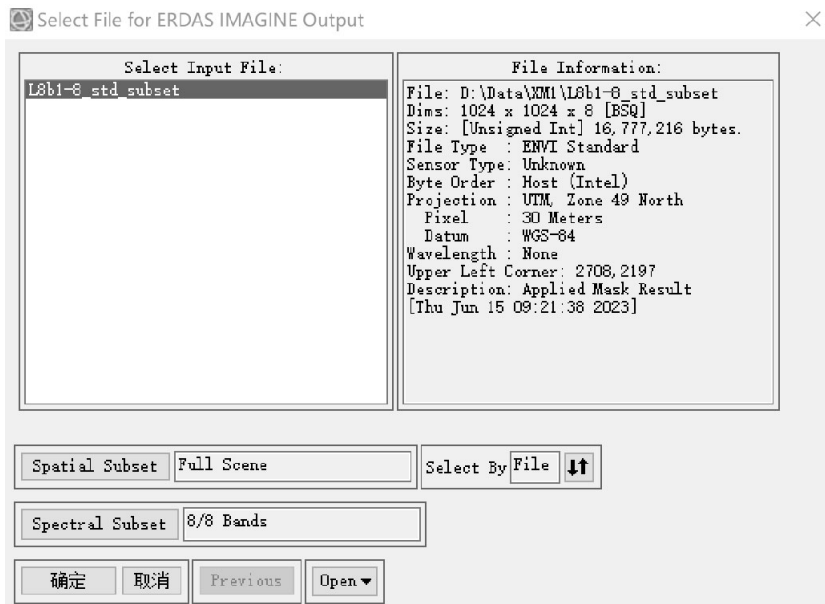


图 1-2-11 另存为 ERDAS IMAGINE 格式

（3）查看影像像素信息。

点击工具栏的“鼠标取值”工具，如图 1-2-12 所示，可以打开“鼠标取值”窗口，在窗口中查看当前光标所在位置的所有打开的影像文件的属性值、坐标和投影参数等信息，如图 1-2-13 所示。鼠标在视图中移动，对应的信息也会随之改变。



图 1-2-12 鼠标取值工具



图 1-2-13 鼠标取值窗口

(四) 成果要求

- (1) 学会打开 ENVI 5.3 软件的两种不同版本界面。
- (2) 根据自身电脑的配置，设置默认文件路径。
- (3) 在 ENVI 5.3 软件中打开影像，并另存为 TIFF 格式，查看像素信息。

项目小结

本项目主要阐述了遥感的基础知识，包括遥感的定义、分类、技术系统、特点、发展历史、趋势、应用领域及 3S 集成技术等，介绍了常用遥感软件及 ENVI 5.3 遥感软件的版本、基本界面及主要功能。通过对本项目的学习，同学们能够掌握遥感的基础知识，了解常用的遥感软件，学会初步使用 ENVI 5.3 软件的基本功能。

思考题

- (1) 什么是遥感？广义的遥感和狭义的遥感有什么区别？
- (2) 遥感技术系统的组成部分及主要功能是什么？
- (3) 我国遥感的成就表现在哪些方面，有何特点？
- (4) 遥感在资源调查与环境监测中的作用有哪些？
- (5) 遥感与常规测绘手段相比，有什么优点？
- (6) 简述常用遥感软件的主要功能及各自的优点。