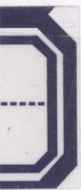




全国普通高校电子信息类专业规划教材

# 遥感图像获取与处理

苏娟 编著



清华大学出版社





全国普通高校电子信息类专业规划教材

# 遥感图像获取与处理

苏娟 编著

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书是作者在总结遥感教学经验、相关研究成果以及遥感领域最新技术的基础上编著而成的。本书立足于遥感图像获取与处理的基础,面向相关技术发展的前沿,系统介绍了遥感图像获取的基本原理、遥感图像处理的理论与技术,以及在相关领域的典型应用。本书共10章,包括遥感图像获取与遥感图像处理两大部分内容。在遥感图像获取部分,介绍了遥感成像的物理基础、各种遥感平台与传感器,以及对各种新型成像卫星的介绍;在遥感图像处理部分,介绍了遥感图像的基础知识,以及遥感图像的校正、遥感图像的增强、遥感图像的分类等遥感图像处理方法,并将图像处理方面的最新进展与遥感理论进行了结合,较大篇幅地介绍了图像匹配、变化检测和图像判读的新方法、新技术与典型应用。

本书内容新颖丰富,知识覆盖面广,结构合理,可作为高等院校电子信息、遥感测绘、地理信息系统等专业的本科生教材,也可供相关领域的专业研究人员参考使用。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

### 图书在版编目(CIP)数据

遥感图像获取与处理/苏娟编著. —北京:清华大学出版社,2014

全国普通高校电子信息类专业规划教材

ISBN 978-7-302-36842-7

I. ①遥… II. ①苏… III. ①遥感图像—图像处理—高等学校—教材 IV. ①P751

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第127322号



责任编辑:李 鹏

封面设计:傅瑞学

责任校对:梁 毅

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座

邮 编:100084

社总机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:15.5

字 数:386千字

版 次:2014年10月第1版

印 次:2014年10月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:35.00元

产品编号:057156-01

遥感是空间信息技术领域中发展最为迅猛的标志性技术之一,是一门涉及信息科学、空间科学与地球科学的交叉性学科,在资源勘探、环境监测、城市规划、地图导航、灾害监测和军事等方面有着重要的应用价值。

本书按照“遥感图像获取——遥感图像处理”的主线进行内容的组织,在编写过程中参考了国内外有关遥感教材的部分内容,结合了该方面的最新研究成果和发展动态,系统地介绍了遥感图像获取与处理的基本原理与方法技术。第1章在阐述遥感技术基本概念的基础上,介绍了相关技术的发展历程、发展现状与发展方向;第2章从可见光、红外、微波三个方面,在详细介绍地物辐射理论及特点的基础上,阐述了遥感成像的基本原理;第3章讲述了有代表性的遥感平台及其轨道特点,对现有传感器类别及其成像模式进行了分类总结,并详细介绍了有代表性的对地观测遥感卫星的具体参数;第4章介绍了数据格式和特征描述等遥感图像的基本知识,并简单介绍了几种常用的遥感图像处理软件;校正处理是遥感图像量化处理的基础,因此第5章详细阐述了遥感图像的几何校正和辐射校正方法,并介绍了遥感数据产品的等级划分方法;第6章介绍了图像特征提取和特征匹配方法,并结合遥感图像讨论了相关方法在多景拼接、匹配导航和目标跟踪等方面的应用;第7章在详细介绍空间域增强、频率域增强等图像增强概念的基础上,讨论了图像间运算、缨帽变换、主成分分析等遥感图像变换方法;第8章总结了遥感图像分类技术,介绍了光谱匹配分类、面向对象分类等有代表性的遥感图像分类方法与分类精度评价指标;第9章就像素级、特征级、目标级遥感图像变化检测方法进行了讨论,重点介绍了目标级变化检测中的典型目标检测算法,分析了检测目标与检测特征的基本关系;第10章结合实际应用,介绍了基于形状、大小、色调、阴影、纹理等特征的目视判读方法,分析了可见光、红外、微波等观测模式与典型目标表现形态间的关系。

在本书的编写出版过程中,参考了许多国内外经典教材和论文,这些文献均以参考文献的形式列出,正文不再详细列举,在此向各位作者表示感谢。清华大学孙卫东老师审阅了全书,提出了建设性的意见和建议,在此表示衷心的感谢!本书讲义从2008年起开始在作者任教学校各级信息工程专业使用,样书在2010级进行了试用,同学们提出了许多宝贵意见,特别是刘田田、杨罗、何芳、李冰等同学对讲义和书稿进行了部分整理和校对,在此一并表示感谢。

由于作者水平有限,错误与不足之处在所难免,敬请广大读者和各位同仁不吝赐教,以便后续修改。

苏娟

2014年4月

# 目录

## CONTENTS

|                 |    |
|-----------------|----|
| 第1章 遥感概论        | 1  |
| 1.1 遥感的基本概念     | 1  |
| 1.1.1 遥感的定义     | 1  |
| 1.1.2 遥感的分类     | 2  |
| 1.2 遥感技术系统      | 3  |
| 1.3 遥感的发展历程     | 5  |
| 1.4 遥感的发展方向     | 6  |
| 1.4.1 高空间分辨率    | 6  |
| 1.4.2 高光谱分辨率    | 8  |
| 1.4.3 高时相分辨率    | 8  |
| 1.4.4 高辐射分辨率    | 9  |
| 1.5 遥感的典型应用     | 10 |
| 1.6 本书的主要内容     | 11 |
| 第2章 遥感的物理基础     | 13 |
| 2.1 电磁波与电磁波谱    | 13 |
| 2.1.1 电磁波       | 13 |
| 2.1.2 电磁波谱      | 14 |
| 2.2 物体的发射辐射     | 14 |
| 2.2.1 电磁辐射及其度量  | 14 |
| 2.2.2 黑体辐射定律    | 16 |
| 2.2.3 实际物体的辐射   | 18 |
| 2.3 物体的反射辐射     | 21 |
| 2.3.1 地物的反射波谱   | 21 |
| 2.3.2 地物反射波谱的测量 | 23 |
| 2.4 物体的微波后向散射   | 24 |
| 2.5 大气对电磁辐射的影响  | 28 |

|                    |    |
|--------------------|----|
| 2.6 遥感波段的设置        | 30 |
| 第3章 遥感图像的采集        | 33 |
| 3.1 遥感平台           | 33 |
| 3.1.1 遥感平台的种类      | 33 |
| 3.1.2 遥感卫星的轨道特点    | 34 |
| 3.2 遥感传感器          | 36 |
| 3.2.1 传感器的构成       | 36 |
| 3.2.2 传感器的分类       | 39 |
| 3.3 摄影成像类传感器       | 39 |
| 3.3.1 框幅式摄影机       | 40 |
| 3.3.2 缝隙式摄影机       | 41 |
| 3.3.3 全景式摄影机       | 42 |
| 3.3.4 多光谱摄影机       | 43 |
| 3.4 扫描成像类传感器       | 44 |
| 3.4.1 垂直航迹扫描       | 44 |
| 3.4.2 沿航迹扫描        | 47 |
| 3.4.3 成像光谱仪        | 48 |
| 3.5 雷达成像仪          | 49 |
| 3.5.1 侧视雷达         | 49 |
| 3.5.2 合成孔径雷达       | 53 |
| 3.6 常用的遥感卫星与传感器    | 55 |
| 3.6.1 Landsat 系列卫星 | 55 |
| 3.6.2 SPOT 系列卫星    | 57 |
| 3.6.3 IKONOS 卫星    | 59 |
| 3.6.4 TerrSAR 卫星   | 61 |
| 第4章 遥感图像基础知识       | 63 |
| 4.1 数字图像基础         | 63 |
| 4.1.1 数字图像的定义      | 63 |
| 4.1.2 数字图像的频域表现    | 64 |
| 4.1.3 数字图像处理方法简介   | 65 |
| 4.2 遥感图像的数据格式      | 66 |
| 4.3 遥感图像的彩色显示      | 69 |
| 4.3.1 伪彩色显示        | 69 |
| 4.3.2 彩色合成         | 70 |
| 4.4 遥感图像的统计描述      | 71 |
| 4.4.1 一元统计         | 71 |
| 4.4.2 多元统计         | 72 |

|       |               |     |
|-------|---------------|-----|
| 4.5   | 遥感图像的特征描述     | 74  |
| 4.5.1 | 光谱特征          | 74  |
| 4.5.2 | 纹理特征          | 74  |
| 4.5.3 | 几何特征          | 75  |
| 4.5.4 | 空间关系特征        | 76  |
| 4.6   | 遥感图像处理软件      | 76  |
| 4.6.1 | ENVI          | 76  |
| 4.6.2 | ERDAS Imagine | 76  |
| 4.6.3 | PCI           | 77  |
| 4.6.4 | ECognition    | 77  |
| 第5章   | 遥感图像的校正处理     | 78  |
| 5.1   | 遥感图像的构像方程     | 78  |
| 5.1.1 | 通用构像方程        | 78  |
| 5.1.2 | 中心投影构像方程      | 80  |
| 5.2   | 遥感图像的几何变形     | 82  |
| 5.3   | 遥感图像的几何校正     | 87  |
| 5.3.1 | 地图投影          | 87  |
| 5.3.2 | 地面控制点         | 89  |
| 5.3.3 | 建立几何纠正变换函数    | 89  |
| 5.3.4 | 像元的几何位置变换     | 91  |
| 5.3.5 | 灰度重采样         | 92  |
| 5.4   | 遥感图像的正射校正     | 94  |
| 5.4.1 | 数字高程模型        | 94  |
| 5.4.2 | 数字微分纠正        | 95  |
| 5.5   | 遥感图像的辐射校正     | 98  |
| 5.5.1 | 传感器辐射误差校正     | 98  |
| 5.5.2 | 大气辐射误差校正      | 102 |
| 5.5.3 | 太阳辐射误差校正      | 105 |
| 5.6   | 遥感图像的产品级别     | 106 |
| 第6章   | 遥感图像的匹配处理     | 109 |
| 6.1   | 图像匹配的原理       | 109 |
| 6.1.1 | 变换模型          | 109 |
| 6.1.2 | 图像匹配的要素       | 112 |
| 6.1.3 | 图像匹配算法的性能评价   | 113 |
| 6.2   | 基于灰度的图像匹配     | 113 |
| 6.2.1 | 灰度相关法         | 113 |
| 6.2.2 | 相位相关法         | 114 |



|       |                  |     |
|-------|------------------|-----|
| 6.2.3 | 互信息法             | 114 |
| 6.3   | 基于特征的图像匹配        | 115 |
| 6.3.1 | Harris 角点的提取与匹配  | 116 |
| 6.3.2 | SIFT 特征点的提取与匹配   | 120 |
| 6.3.3 | SURF 特征点的提取与匹配   | 124 |
| 6.3.4 | 快速图像匹配策略         | 128 |
| 6.4   | 图像拼接             | 130 |
| 6.4.1 | 几何校正图像的拼接        | 130 |
| 6.4.2 | 未经几何校正的图像的拼接     | 132 |
| 6.5   | 图像匹配的典型应用        | 133 |
| 6.5.1 | 景象匹配导航           | 133 |
| 6.5.2 | 地理高程测量           | 136 |
| 6.5.3 | 目标跟踪             | 137 |
| 第 7 章 | 遥感图像的增强处理        | 141 |
| 7.1   | 遥感图像的辐射增强        | 141 |
| 7.1.1 | 对比度增强            | 141 |
| 7.1.2 | 空间域增强            | 144 |
| 7.1.3 | 频率域增强            | 146 |
| 7.2   | 遥感图像的变换增强        | 149 |
| 7.2.1 | 图像间运算            | 149 |
| 7.2.2 | 缨帽变换             | 151 |
| 7.2.3 | 主成分分析            | 154 |
| 7.2.4 | 最小噪声分离           | 156 |
| 7.3   | 遥感图像的融合增强        | 160 |
| 7.3.1 | 基于 HSI 变换的图像融合增强 | 161 |
| 7.3.2 | 基于 PCA 的图像融合增强   | 163 |
| 7.3.3 | 基于颜色归一化的图像融合增强   | 163 |
| 7.3.4 | 图像融合质量评价         | 164 |
| 第 8 章 | 遥感图像的分类处理        | 167 |
| 8.1   | 遥感图像分类的原理        | 167 |
| 8.1.1 | 基本思想             | 167 |
| 8.1.2 | 基本流程             | 167 |
| 8.2   | 无监督分类            | 170 |
| 8.2.1 | 相似性测度            | 171 |
| 8.2.2 | K 均值算法           | 172 |
| 8.2.3 | ISODATA 算法       | 174 |
| 8.3   | 有监督分类            | 176 |

|        |             |     |
|--------|-------------|-----|
| 8.3.1  | 训练样本        | 176 |
| 8.3.2  | 平行管道法       | 177 |
| 8.3.3  | 最小距离分类法     | 178 |
| 8.3.4  | 近邻法         | 178 |
| 8.3.5  | 最大似然比分类法    | 180 |
| 8.3.6  | 决策树分类法      | 181 |
| 8.3.7  | 光谱匹配分类法     | 183 |
| 8.4    | 面向对象的遥感图像分类 | 184 |
| 8.4.1  | 分割          | 185 |
| 8.4.2  | 特征定义        | 187 |
| 8.4.3  | 分类          | 189 |
| 8.5    | 分类后处理与精度分析  | 190 |
| 8.5.1  | 分类后处理       | 190 |
| 8.5.2  | 分类精度分析      | 191 |
| 8.5.3  | 提高分类精度的方法   | 193 |
| 第9章    | 遥感图像的变化检测   | 196 |
| 9.1    | 变化检测问题的定义   | 196 |
| 9.2    | 像素级变化检测     | 197 |
| 9.2.1  | 图像预处理       | 198 |
| 9.2.2  | 差异图像生成      | 198 |
| 9.2.3  | 差异图像分割      | 199 |
| 9.2.4  | 特点分析        | 204 |
| 9.3    | 特征级变化检测     | 205 |
| 9.3.1  | 基于特征图像的变化检测 | 205 |
| 9.3.2  | 基于结构特征的变化检测 | 205 |
| 9.4    | 目标级变化检测     | 206 |
| 9.4.1  | 分类后比较变化检测   | 206 |
| 9.4.2  | 基于目标检测的变化检测 | 207 |
| 9.5    | 变化检测性能评估    | 214 |
| 第10章   | 遥感图像的目视判读   | 215 |
| 10.1   | 目视判读特征      | 215 |
| 10.1.1 | 形状特征        | 215 |
| 10.1.2 | 大小特征        | 216 |
| 10.1.3 | 色调特征        | 217 |
| 10.1.4 | 阴影特征        | 217 |
| 10.1.5 | 纹理特征        | 219 |
| 10.1.6 | 位置布局特征      | 219 |



|        |                 |     |
|--------|-----------------|-----|
| 10.1.7 | 活动特征 .....      | 220 |
| 10.2   | 目视判读方法 .....    | 220 |
| 10.2.1 | 目视判读前的准备 .....  | 220 |
| 10.2.2 | 目视判读的一般过程 ..... | 221 |
| 10.2.3 | 目视判读的观察方法 ..... | 222 |
| 10.3   | 典型图像的判读 .....   | 225 |
| 10.3.1 | 热红外图像的判读 .....  | 225 |
| 10.3.2 | 多光谱图像的判读 .....  | 226 |
| 10.3.3 | 雷达图像的判读 .....   | 227 |
| 10.4   | 典型目标的判读 .....   | 229 |
| 10.4.1 | 工业设施的判读 .....   | 229 |
| 10.4.2 | 交通运输设施 .....    | 231 |
| 10.4.3 | 居民地 .....       | 234 |
| 参考文献   | .....           | 236 |

# 第1章

## 遥感概论

本章从基本概念出发,对遥感进行了概括性介绍,主要内容包括遥感的基本概念、遥感技术系统、遥感的发展历程和发展方向,以及遥感的典型应用等。

### 1.1 遥感的基本概念

#### 1.1.1 遥感的定义

遥感一词最早由美国 Evelyn Pruitt 女士(美国海军研究所一名地理学家)于 20 世纪 60 年代在一篇非正式的文章中提出,意思是遥远的感知。

从广义上理解,遥感泛指一切无接触的远距离探测。其严格的定义为,从不同高度的平台上,使用各种传感器对地观测,接收来自地球表层的各种电磁波信息,并对这些信息进行加工处理,从而对不同的地物及其特性进行远距离探测和识别的综合技术。

如图 1-1 所示,地物目标信息的获取主要是利用从目标反射和辐射来的电磁波,接收从目标反射和辐射来的电磁波信息的设备称为传感器,如航空摄影中的航摄像机等。搭载这些传感器的载体称为遥感平台,如航摄飞机、人造地球卫星等。由于地面目标的种类及其所

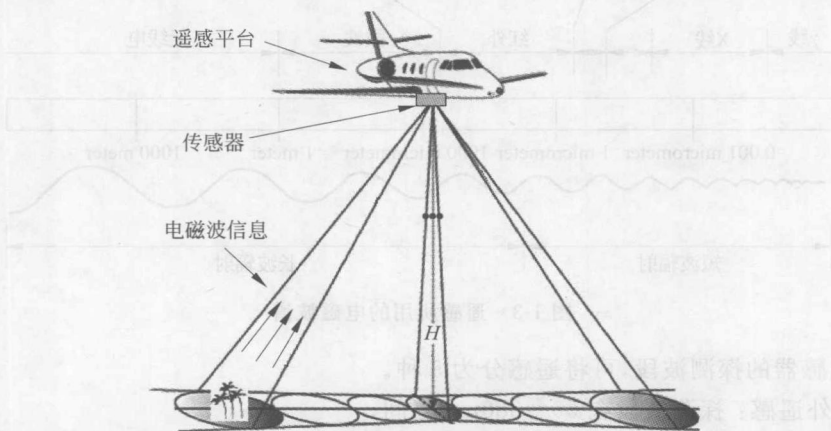


图 1-1 遥感数据的采集

处环境条件的差异,地面目标具有反射或辐射不同波长电磁波信息的特性,遥感正是利用地面目标反射或辐射电磁波的固有特性,通过观察目标的电磁波信息以达到获取目标的几何信息和物理属性的目的。

图 1-2 表示不同地面目标所固有的电磁波特性受到太阳及大气等环境条件的影响后,再通过传感器收集、转换、生成遥感数据并回传的数据流程。

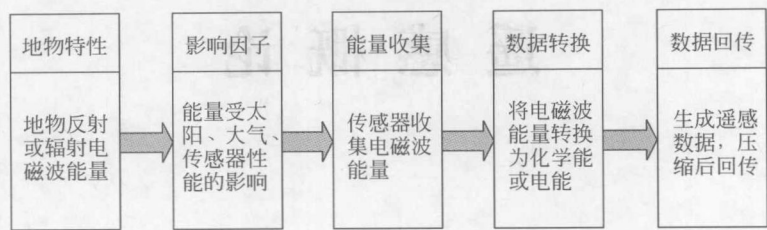


图 1-2 遥感数据的生成流程

1.1.2 遥感的分类

依据分类标准的不同,有如下几种遥感分类方法。

1. 按照传感器安置的遥感平台分类

按照传感器安置的遥感平台,可将遥感分为三种。

地面平台: 三脚架、遥感塔和遥感车等,高度在 100m 以下。

航空平台: 飞机和气球等,高度在 20km 以内。

航天平台: 航天飞机、宇宙飞船和卫星等,高度在 150km 以上。

2. 按照传感器的探测波段分类

遥感所用的电磁波谱一般位于紫外—微波区间,如图 1-3 所示。

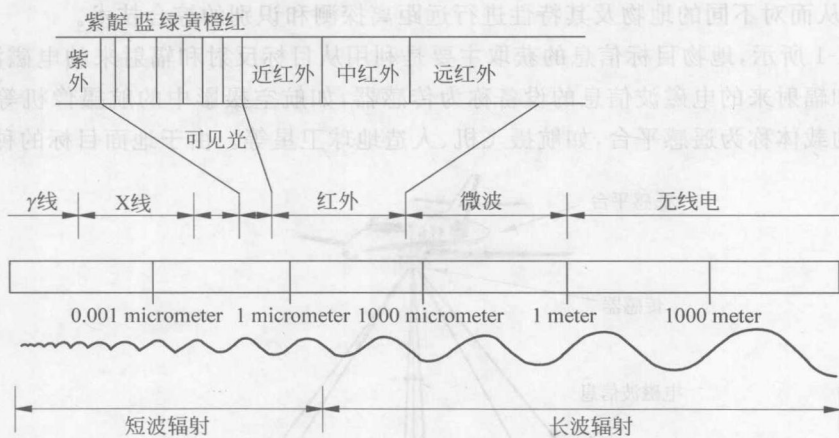


图 1-3 遥感所用的电磁波谱

按照传感器的探测波段,可将遥感分为 5 种。

(1) 紫外遥感: 探测波段在 50~380nm 之间。

(2) 可见光遥感: 探测波段在 380~760nm 之间。

(3) 红外遥感: 探测波段在  $760\sim 10^6\text{nm}$  之间。

(4) 微波遥感: 探测波段在  $10^6\sim 10^9\text{nm}(1\text{m})$  之间。

(5) 多波段遥感: 探测波段在可见光波段和红外波段范围内,再分成若干窄波段来探测目标。

通常将紫外遥感、可见光遥感和红外遥感统称为光学遥感,因此遥感又被分为光学遥感和微波遥感。

### 3. 按照传感器的工作方式分类

按照传感器的工作方式,可将遥感分为被动遥感与主动遥感,如图 1-4 所示。

被动遥感的传感器不向目标发射电磁波,仅被动接收目标物的自身发射和对自然辐射源的反射能量。被动遥感的工作波段范围涵盖了紫外、可见光、红外和微波区域,其类型包括各种成像仪、辐射计和光谱仪。

主动遥感由探测器主动发射一定的电磁波能量,并接收目标反射(散射)回来的电磁波,如雷达和激光。雷达为无线电探测和测距仪器,它向目标发射微波脉冲辐射,接收目标后向散射的微波辐射。激光为光探测和测距仪器,它向目标发射激光脉冲,测量目标后向散射或反射的激光。雷达和激光均可用于测高、测距和成像。

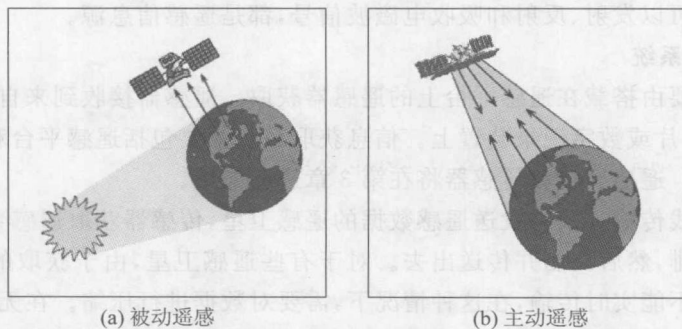


图 1-4 遥感的工作方式

### 4. 按照遥感资料的获取方式分类

按照遥感资料的获取方式,可分为成像遥感和非成像遥感。成像遥感将探测到的目标电磁辐射转换为可以显示为图像的遥感资料,如航空影像、卫星影像等;非成像遥感将所接收的目标电磁辐射数据输出或记录下来而不产生图像,如反射波谱等。

## 1.2 遥感技术系统

遥感的目的在于获取用户所需要的信息。达到这一目的通常要经历遥感数据获取、处理和信息提取(或分析或解译)等过程。当提到遥感时,人们首先想到的是遥感平台和遥感器。的确,在遥感数据获取过程中,遥感平台和遥感器起的作用很大,但不是唯一决定因素,用户最终得到的遥感信息还与其他因素(如数据传输、处理、显示和解译等)有关。因此,从系统分析和优化设计角度出发,通常把对用户最终得到的遥感信息有影响的各个环节作为一个整体来研究,称其为遥感技术系统。

如图 1-5 所示,遥感的基本工作流程是:位于航空和航天平台上的遥感器获取目标及其

背景的遥感数据或图像,获取的遥感数据或图像通过无线传输或回收记录遥感图像的介质而到达地面,经过一定处理和解释得到所需要的信息,然后提供给用户使用。因此,遥感技术系统包括遥感信息源、信息获取系统、信息传输系统、信息处理系统和信息应用系统五大部分。



图 1-5 遥感技术系统

### 1. 遥感信息源

任何地物都可以发射、反射和吸收电磁波信号,都是遥感信息源。

### 2. 信息获取系统

地物信息主要由搭载在遥感平台上的传感器获取。传感器接收到来自地物目标的电磁波信息,记录在胶片或数字记录装置上。信息获取系统主要包括遥感平台和传感器,以及星上数据处理单元。遥感平台和传感器将在第 3 章进行介绍。

对于通过无线传输方式来发送遥感数据的遥感卫星,传感器获取遥感数据之后,需要对其进行格式化编排,然后调制并传送出去。对于有些遥感卫星,由于获取的数据量很大,以致数据率太高而不能实时传输,在这种情况下,需要对数据进行压缩。在无法实时发送数据时,有时还需要对数据进行存储。数据传输、压缩和存储都可能会造成数据错误或失真,从而降低遥感数据质量。随着遥感技术的不断发展,一些在地面上做的数据处理(如探测器各探元响应非均匀性的校正)工作可放在星上数据处理单元完成,以提高遥感数据的质量和应用的时效性。

### 3. 信息传输系统

对于回收型卫星,胶片由回收舱送至地面。

对于传输型卫星,数字记录装置上记录的信息可通过卫星上的微波天线传输给卫星地面站。天线的旋转形成了跟踪卫星的张角,确定了跟踪卫星的最大范围。一般陆地资源卫星接收站的天线张角为  $85^\circ$  左右,当卫星飞行高度为 700km 时,接收半径为 2000km 左右。

如图 1-6 所示,数据发送方式根据遥感卫星是否在天线视场内而定。具体如下:

(1) 方式 A: 卫星在天线视场内,直接发送。

(2) 方式 B: 卫星不在天线视场内,将数据存储在卫星上的数据记录器上,延时发送。

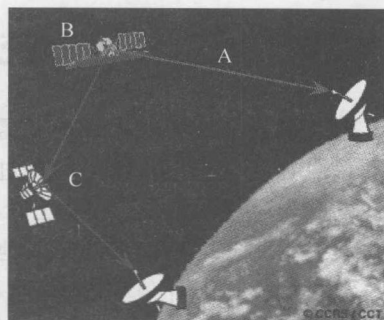


图 1-6 数据发送方式

(3) 方式 C: 卫星不在天线视场内,通过数据中继用的静止轨道卫星进行实时间接发送。

NASA 在西经  $41^{\circ}$  和  $171^{\circ}$  的赤道上空发射了跟踪数据中继卫星 TDRS(Tracking and Data Relay Satellite),为 Landsat-4、5 传送数据。ESA 于 2001 年 7 月发射了数据中继卫星 ARTEMIS(Advanced Relay and Technology Mission Satellite),为 Envisat 和 SPOT-5 传送数据。

地面接收站主要接收卫星发下来的遥感数据和卫星姿态、星历参数等。发射卫星的国家除了在本土建立接收站以外,还可在其他国家建立接收站。本土上的地面接收站除了接收遥感数据外,还承担发送控制中心指令和接收有关星上设备工作状态数据的工作。

一般地面接收站包括以下部分:天线及伺服系统、接收分系统、记录分系统、计算机、模拟检测系统、定时系统(以格林尼治时间为准)、信标塔(用来校检天线自动跟踪性能和调节自动跟踪相位)等。

#### 4. 信息处理系统

地面接收站接收到的遥感信息,受到多种因素影响,如传感器性能、平台姿势不稳定性、地球曲率、大气不均匀性及地形差别,因而与原来地物的几何特性和光谱特性有一些不同,必须通过适当处理后,才能提供给用户使用。信息处理系统对接收到的遥感影像进行处理,一方面为了校正各种成像畸变,另一方面为了改善数据质量,以便进行后续的数据分析。作为遥感技术系统的重要组成部分之一,遥感数据处理涉及的内容很广,主要包括几何校正、辐射校正、图像增强、图像融合、图像分类等。

图像解译是遥感图像处理中的一种常用的信息提取方式。图像解译是对遥感影像上的各种特征进行综合分析、比较、推理和判断,最后提取出感兴趣的信息。图像解译主要依据地物的光谱特征、空间特征和时间特征。不同地物具有不同的特征,在图像上的表现形式也不同。

传统的解译方法是采用目视解译这样一种人工提取信息的方法,解译者进行目视观察,凭借丰富的解译经验、扎实的专业知识和手头的相关资料,通过人脑的分析、推理和判断,提取有用的信息。图像解译的效果与遥感数据的质量、解译方法、解译者的能力以及被解译对象的性质等密切相关。在对遥感影像进行解译之前,需要对遥感影像进行必要的处理,提高影像的可解译性。

#### 5. 信息应用系统

通常以增强后的影像、影像地图、正射影像图、专题图、空间数据库文件、统计信息或图表等形式来表达从遥感数据获取的信息。最终产品可用于信息应用系统,如制图、地理信息系统等。

### 1.3 遥感的发展历程

遥感始于摄影技术的发明,随后又发展了主动和被动光电探测技术以及微波探测技术,并经历了“地面遥感—航空遥感—航天遥感”这一发展历程。照相技术发明后,人们首先在地面上进行近距离照相,随后利用气球、风筝、火箭甚至鸽子携带照相机从空中照相。20 世纪初,人们开始从飞机上照相。航空遥感在第一次世界大战(一战)和第二次世界大战(二战)中得到广泛应用。1946 年,从白沙试验场发射的 V-2 火箭携带照相机在空间摄取了地

球的照片。随着 1957 年 10 月 4 日苏联发射世界上第一颗人造地球卫星,人类进入太空时代。20 世纪 60 年代初期,携带胶片相机和电视摄像系统的卫星和飞船被送入太空收集民用和军事信息,标志着航天遥感时代的开始。

下面是遥感发展中的一些标志性事件。

1858 年,法国人 Gasper Felix Tournachon 在气球上拍摄巴黎,但照片未能保留下来。这是人类最早从空中观察地球,被认为是遥感的萌芽。

1860 年 10 月 13 日,James Wallace Black 乘气球在 350m 高空上拍摄波士顿港口照片。这是人类现存最早的空中对地观测照片。

1909 年,Wright 兄弟发明飞机,从此飞机成为遥感的主要平台,一战和二战期间广泛应用于军事侦察。

1957 年,苏联成功地发射了人类历史上第一颗人造地球卫星 Sputnik,遥感技术开始进入航天时代。

1960 年,NASA 发射第一颗气象卫星 TIROS-1,分辨率 1100m,民用遥感开始。

1972 年发射 ERTS-1,装有 MSS(Multi-Spectral Scanner)传感器,分辨率 79m,标志着遥感进入新阶段。

1975 年发射 Landsat-2,并将 ERTS-1 改名为 Landsat-1。

1982 年发射 Landsat-4,装有 TM(Thematic Mapper)传感器,分辨率提高到 30m。

1986 年发射 SPOT-1,装有 PAN 和 XS 传感器,分辨率提高到 10m。

1991 年发射 ERS-1,装有 SAR 传感器。

1995 年发射 RADARSAT,装有 SAR 传感器,引入标准模式、宽幅模式、精细模式和宽扫描模式等多种操作模式。

1999 年发射 IKONOS,分辨率提高到 1m,从此高空间分辨率卫星成为重要的遥感数据源。

1999 年发射 Terra Mission(EOS/AM-1)卫星,星上载有 36 波段的 MODIS 传感器,分辨率为 250m、500m 和 1000m,从此高光谱分辨率卫星成为重要的遥感数据源。

2007 年发射 TerraSAR-X,SAR 分辨率提高到 1m。

## 1.4 遥感的发展方向

随着传感器技术、航空和航天平台技术、数据通信技术的发展,遥感已进入一个能够动态、快速、准确、多手段提供多种对地观测数据的新阶段。现代遥感技术正向着高空间分辨率、高光谱分辨率、高时相分辨率、高辐射分辨率的方向发展。新型传感器不断出现,已从过去的单一传感器发展到现在的多类型传感器,并能在不同的航天航空遥感平台上获得不同空间分辨率、光谱分辨率、时相分辨率和辐射分辨率的遥感影像。

### 1.4.1 高空间分辨率

空间分辨率指像素所代表的地面范围的大小,由传感器的瞬时视场和成像平台高度共同决定。瞬时视场定义为:在某一瞬时,探测系统所接收的总辐射通量,通常用入射能量聚集在探测器上的圆锥角表示,以 mrad(毫弧度)为单位。卫星遥感系统使用固定 IFOV 的光学系统,因此传感器系统的空间分辨率定义为 IFOV 在地面上的投影的大小,即在某一瞬时

被感测到的地面区域,通常以 m(米)为单位。

空间分辨率给出了传感器所能分辨的最小目标的尺寸,传感器不能分辨尺寸小于空间分辨率的目标。空间分辨率的数值越小,传感器的空间分辨能力就越强。

图 1-7 给出了空间分辨率在 12.8~0.10m 之间的影像,可以看出,随着空间分辨率的提高,影像的可解译性大大提高,影像中目标的可识别性也随之提高。关于目标判读对影像空间分辨率的要求,影像判读人员认为,空间分辨率的数值至少需要小于目标尺寸的五分之一,否则目标判读不能取得理想的效果。

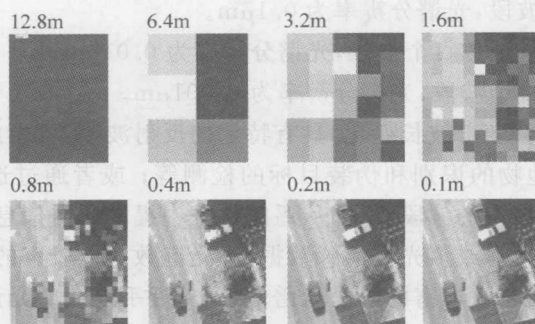


图 1-7 不同空间分辨率的影像

高空间分辨率对地观测技术是空间信息获取技术的一个主要发展方向,在测绘、军事等领域有着极为重要的作用。目前,高分辨率民用卫星的空间分辨率可以达到 0.4~1m,如美国民用光学卫星 GeoEye-1 的空间分辨率为 0.41m(全色)和 1.65m(多光谱),IKONOS 的空间分辨率为 1m(全色)和 4m(多光谱),Quickbird 的空间分辨率为 0.61m(全色)和 2.44m(多光谱)。军事侦察卫星的空间分辨率更高,一般可达到 0.15~0.3m。

高空间分辨率是一个特定的、历史的、相对的概念,不同的时期对高空间分辨率的定义不同。1999 年以来,高空间分辨率被认为是空间分辨率优于 1m,这是以 IKONOS 卫星全色影像的空间分辨率为尺度进行划分的,因此 IKONOS 卫星被认为是高空间分辨率商业遥感卫星发展史上的一个里程碑。

图 1-8 给出了几种常用的遥感卫星影像空间分辨率差异的示意图。

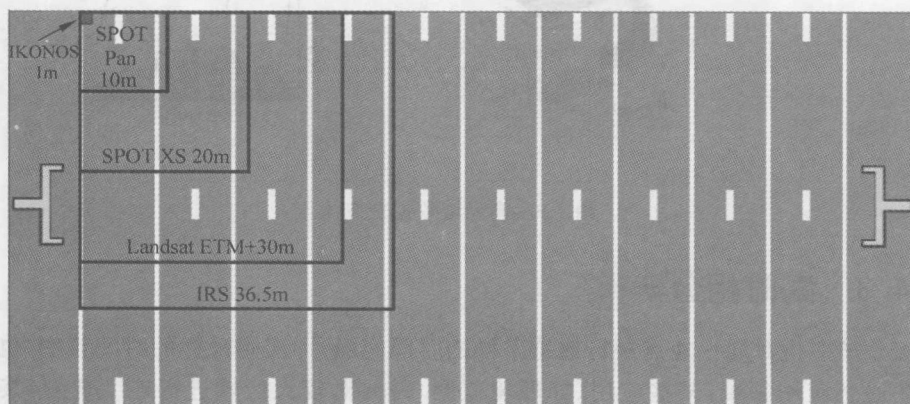


图 1-8 不同遥感卫星影像的空间分辨率差异