

遥感精解

[日] 遥感研究会 编

刘勇卫 贺雪鸿 译



测绘出版社

87.7
761

遥 感 精 解

[日] 遥感研究会 编

刘勇卫 贺雪鸿 译

测 绘 出 版 社

9410017

(京) 新登字 065 号

内容简介

本书是在九十年代初遥感技术飞速发展的基础上，融合了大量最新研究成果编写的。书中全面系统地介绍了遥感技术与应用的各个领域。包括：遥感基础、遥感器、微波遥感、遥感平台及数据、人工及计算机图像处理、遥感应用及地理信息系统等。全书共分 13 章，着重对有关原理和概念进行说明，在补充说明中则对理论性、研究性内容进行了详细论证和叙述，书中附有大量图表、照片，既便于对正文内容加深理解，又有较高的参考、保存价值。本书资料新颖、内容广泛，深浅结合，图文并茂。适合初学者、大专院校师生、各层次的科研人员及管理人员学习参考。

遥 感 精 解

[日] 遥感研究会 编

刘勇卫 贺雪鸿 译

*

测绘出版社出版·发行

外文印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所经销

*

开本 787×1092 1/16·印张 20.75·插页 2·字数 476 千字

1993 年 12 月第一版·1993 年 12 月第一次印刷

印数：0001—2000 册·定价：30 元

ISBN 7-5030-0731-1/P·252

敬 致 读 者

(代 序)

亲爱的读者们：如果您是熟悉方块汉字的中华文化圈的朋友，我愿向您推荐这部有关遥感这门高技术的新书。它会让您提纲挈领地了解遥感的基础知识和最新发展。

本书主编村井俊治 (Shunji Murai) 教授，他是国际摄影测量与遥感学会 (ISPRS) 主席，亚洲遥感协会 (ARSC) 秘书长。对于中国和亚洲广大读者并不陌生。他的早期著作《遥感原理纲要》中译本，就以简明扼要、纲举目张，深受中国读者欢迎。他主编的《亚太地区遥感应用》反映了亚太地区这一领域的蓬勃发展和巨大潜力，其中热情地介绍了中国遥感界的部分成果。自 1981 年以来，他为亚洲遥感学会四处奔波，已举办 14 次学术讨论会，从未间断，对于促进亚太地区遥感科学技术界的团结合作、进步和繁荣，受到了国际学术界的推崇和爱戴，与中国遥感界结下了深厚的友谊。他几乎每年都走访中国，热情支持中国组织的国际学术活动。1993 年 8 月，他和他的夫人——一位热爱中国的女地理学家，在参加第三届北京国际地理信息系统学术会议和兰州干旱区半干旱区遥感国际学术会之后一道考察了丝绸之路和敦煌文物。在日本东京大学村井俊治先生的研究室，已连续不断地接受了十多位中国访问学者和博士研究生，他们在中国有许多老朋友和学生。

1992 年 11 月，我应邀到东京参加日本宇宙开发事业团 (NASDA) 举办的亚太地区国际空间年大会，村井俊治教授就将这部新书的日文版托我转送给中国读者，并热情地表示奉送版税，提供图版，希望译成中文版。刘勇卫同志毅然承担并很快完成了繁重的编译出版工作。1993 年 10 月，我到曼谷参加亚太地区空间应用特邀专家会议的时候，村井俊治教授正在亚洲理工学院 (AIT) 执教，他对中文版的即将问世，非常高兴，再三用汉语向刘勇卫先生和测绘出版社表示感谢。我们相信，这部图文并茂，雅俗共赏的遥感新书，无论对于初学的大专院校青年学生，还是从事教学和关心遥感科技事业的专家学者、领导干部，都是值得一读的。特别是为新加坡、港、澳、台的华裔同行们，提供了促进相互理解和学术交流的一些新概念和新词汇。

本书原是村井俊治教授组织 30 多位日本遥感专家执笔，为日本遥感学会编写的一部高科技普及读物。它简明扼要地介绍了有关遥感信息机理、遥感技术和应用领域，共分 13 章 130 个小节，每节图 (表) 文对照，全书内容丰富、深入浅出、通俗易懂，比较充分地反映了九十年代遥感的技术进步和应用开发，特别是日本和亚太地区的最新研究成果。在附录中编入的遥感卫星时间表、参数表、遥感卫星地面接收站覆盖图，以及插图、照片、参考文献等，都体现了太平洋时代和地区的特点，对于中国和亚太地区的读者来说，更是十分难得，倍觉亲切的。

1993 年 11 月，中日双方签订了北京遥感卫星地面站合作接收日本地球资源卫星 (JERS-1) 的协议，在空间上使覆盖范围有可能扩充到亚洲中西部地区；在时间上可以填补美国陆地卫星 Landsat-7 发射失败出现的空白。1994 年 9 月，联合国亚太地区经社会 (UNDP-ESCAP) 将在北京召开亚太地区空间应用部长级会议，为亚太地区的空间技术合作和卫星信息共享，为亚洲季风的环境与自然灾害监测、社会经济持续发展、携手合作，作出奉献。则本书中译本的及时出版，就具有更深远的一层意义。

中国科学院学部委员
第三世界科学院院士

陈 述 彭

1993 年 10 月 11 日
于北京

前 言

1972 年，随着 Landsat-1 号发射升空，遥感技术开始得到广泛的应用。两年后的 1974 年，日本遥感研究会成立，最初着手进行的工作是编写教科书。1975 年《遥感笔记》（技报堂出版）问世。当时，考虑到便于作为教科书使用，故将涉及 7 个章节约 70 个条目的内容以 2 页对开的形式构成，左边是说明，右边是图表。这是在日本出版的第一本有关遥感的教科书。

该书出版后，一直得到遥感界人士的充分利用，而且被许多论文所参考、引用。然而，17 年后，由于遥感技术有了很大的发展，该书需要增加新的内容，重新编写。所以我们就遥感器、微波遥感、卫星、图像处理、地理信息系统（GIS）、应用等内容进行了补充和修改。

《遥感精解》可以说是 17 年前出版的《遥感笔记》的大修改版。该书承技报堂之厚意，由日本测量协会出版，在此，仅表达我的谢意。

最初，我想只做部分修改就可以了，可实际上却做了全面的修改。与前一本书相比，内容量增至 13 个章节 130 个条目，几乎多了一倍。

执笔者除了当时的 5 个人外，又新增了约 30 人，而且几乎都是 30 岁或 40 岁的研究人员和技术人员。可以说，这是凝集了日本遥感界新生力量而编写的书。

我们还计划将该书译成英文，使世界上更多的人能得以利用。我衷心希望该书能成为日本为纪念哥伦布到达美洲大陆 500 年和 1992 年国际空间年计划（LSY）的一大贡献。

对于日本遥感研究会的成员以及年青执笔者们的贡献谨致深深的谢意。

日本遥感研究会会长 村井俊治

1992 年秋

编者、执笔者名单

主 编 村井俊治

编辑委员	赤松幸生	植木俊明	后藤真太郎
	柴崎亮介	下田阳久	建石隆太郎
	田中邦一	桥本俊昭	平田更一
	广泽春任	渡边诚	

执笔者	赤松幸生	新井康平	井上康司
	岩下笃	植木俊明	内田修
	远藤州	小川利绫	大山容一
	小池俊雄	古宇田亮一	江田敏幸
	后藤真太郎	斋藤诚一	柴崎亮介
	清水英范	下田阳久	瀬户岛政博
	高桥佳昭	竹内章司	竹内延夫
	建石隆太郎	田中邦一	玉井次郎
	田村昭南	丹波澄雄	长幸平
	土居原健	德永光晴	纳谷美也子
	桥本俊昭	早川清二郎	平田更一
	福江洁也	藤田正晴	细村幸
	本多嘉明	增子治信	松本雅雄
	松岡龙治	村岡纯正	望日贯一郎
	森山隆	安岡善文	柳田聪
	山本圭介	力丸厚	渡边诚

本书的使用方法

正如“前言”中所说，本书可以说是 1975 年出版的《遥感笔记》（技报堂版）的修改版。

本书的目的、结构等仍同旧版一样，是考虑到便于做为教科书使用而编写的。每一节的内容针对一个条目，左页是简单说明，右页是与该条目有关的图表。对于初学者来说，这种说明，简单明了。在旧版里，更深度内容是留给讲师解说的。

可是，由于遥感技术的普及和发展，我们在进行这次修改时感到，左页的说明里有许多不充分的地方。为此，我们增加了补充说明，针对正文的内容做了充分的论述。这样，把补充说明加进去，就使本书可能适应具有相当水准的研究人员使用了。

本书的第二种使用方法是做为自学教科书使用。遥感的应用技术在各种不同的领域有很大差异。由于篇幅有限，很难将其全部说清。然而，就遥感的基础和共同技术来说，必须加以说明，而且，尽可能做到使那些没有这方面知识的人也能理解、明白。这样，如果有高中毕业的学历，便能基本掌握整个遥感技术的知识。

本书的第三种使用方法是做为遥感专家笔记使用。由于遥感涉及了广泛的学科领域，即使是专家也不可能准确无误地把全部知识记忆下来。而且，要精通所有的领域也是非常困难的。在开始研究新领域的时候，本书可以做为其入门书，而且，在遗忘了某些专业知识的情况下，本书可以做为数据库发挥作用。

本书共分 13 章。第 1 章是基础，也就是遥感的概论。第 2 章是遥感器，讲述现在已被应用或不久的将来有可能应用的遥感器的基础。第 3 章和第 4 章是微波遥感。由于搭载各种微波遥感器的地球观测卫星的出现，该部分与旧版相比，在内容上做了大幅度增加。第 5 章是遥感平台，除了基础之外，附加了有关现在经常使用的地球观测卫星的解说。第 6 章是关于遥感中所应用的各种数据及其特性的说明。第 7 章的内容在旧版中没有，考虑到遥感数据的实际利用状况，增加了图像判读的内容。第 8 章是有关图像处理系统的介绍，第 9、10、11 章是关于图像处理的各个领域的解说。第 12 章是遥感应用，考虑到要长期使用，所以收集了一些规范的而且尽可能是接近实用的例子。第 13 章是有关地理信息系统（GIS）的内容。本书中应否加进 GIS 的内容，编委会内部虽然有不同意见，然而，随着遥感实用化的发展，估计今后 GIS 的利用会越来越多，所以，从读者的角度考虑，我们还是加进了这方面的内容。

在正文的后边附有补充说明，正文中一些没有解释清的及过于专业化的内容在补充说明中加以论述。补充说明与正文，可按各章节的号码对照查找。

参考文献与引用文献按各小节归纳，并附有连续号码。引用文献的号码与正文中的号码相对应。加外，若想获取更深奥的知识，也请参照参考文献。在正文中，需参照参考文献时用“[]”符号表示，需参照引用文献时用“()”符号表示。

书后的附录中，主要汇总了关于遥感卫星的信息。

目 录

敬致读者（代序）

前言

本书的使用方法

第 1 章 遥感基础

1.1 遥感的概念	(2)
1.2 电磁波的性质	(4)
1.3 物质和电磁波的相互作用	(6)
1.4 电磁波的波段	(8)
1.5 根据波段划分遥感的种类	(10)
1.6 辐射量的定义	(12)
1.7 黑体辐射	(14)
1.8 反射率	(16)
1.9 物体的光谱反射特性	(18)
1.10 太阳光的光谱辐射特性	(20)
1.11 大气的透射特性	(22)
1.12 辐射传递理论	(24)

第 2 章 遥感器

2.1 遥感器的分类	(26)
2.2 光学遥感器的特征	(28)
2.3 空间分辨率	(30)
2.4 分光元件	(32)
2.5 分光滤光片	(34)
2.6 分光计	(36)
2.7 光探测元件的种类及特性	(38)
2.8 遥感摄影机	(40)
2.9 遥感用的胶片	(42)
2.10 光机扫描仪	(44)
2.11 推帚式扫描仪	(46)
2.12 成像光谱仪	(48)
2.13 大气遥感器	(50)
2.14 声波遥感器	(52)
2.15 激光雷达	(54)

第3章 微波遥感

3.1 微波遥感的原理	(56)
3.2 微波的衰减	(58)
3.3 微波的辐射	(60)
3.4 微波的表面散射	(62)
3.5 微波的体散射	(64)
3.6 天线的种类	(66)
3.7 天线的特性	(68)

第4章 微波遥感器

4.1 微波遥感器的分类	(70)
4.2 真实孔径雷达	(72)
4.3 合成孔径雷达	(74)
4.4 雷达图像的几何特性	(76)
4.5 合成孔径雷达图像的重建	(78)
4.6 雷达图像的特征	(80)
4.7 地形引起的雷达图像差异	(82)
4.8 微波辐射计	(84)
4.9 微波散射计	(86)
4.10 微波高度计	(88)
4.11 海面风的测量	(90)
4.12 雷达对波浪的测量	(92)

第5章 遥感平台

5.1 遥感平台的种类	(94)
5.2 高度与大气的状态	(96)
5.3 遥感平台的姿态	(98)
5.4 姿态测量传感器	(100)
5.5 卫星的轨道参数	(102)
5.6 卫星的轨道	(104)
5.7 卫星位置的测量	(106)
5.8 遥感卫星	(108)
5.9 Landsat 卫星	(110)
5.10 SPOT 卫星	(112)
5.11 NOAA 卫星	(114)
5.12 静止气象卫星	(116)
5.13 极轨平台	(118)

第6章 遥感数据

6.1 数字数据	(120)
6.2 图像数据的几何特性	(122)
6.3 图像数据的辐射量特性	(124)
6.4 遥感图像的数据格式	(126)
6.5 辅助数据	(128)
6.6 定标、验证数据	(130)
6.7 地面实况调查	(132)
6.8 地面定位数据	(134)
6.9 地图数据	(136)
6.10 数字地形数据	(138)
6.11 数据记录、分发用的载体	(140)
6.12 卫星数据的传送和接收	(142)
6.13 遥感数据的检索	(144)

第7章 人工图像判读

7.1 遥感信息提取	(146)
7.2 图像判读	(148)
7.3 立体观察	(150)
7.4 判读要素	(152)
7.5 判读标志	(154)
7.6 判读图的制作	(156)

第8章 计算机图像处理

8.1 遥感图像处理	(158)
8.2 图像处理系统	(160)
8.3 图像输入设备	(162)
8.4 图像显示装置	(164)
8.5 图像输出设备	(166)
8.6 图像数据的存贮设备	(168)

第9章 图像处理——校正

9.1 辐射量校正	(170)
9.2 大气校正	(172)
9.3 图像的几何畸变	(174)
9.4 几何校正的方法	(176)
9.5 几何校正的重采样、内插方法	(178)
9.6 地图投影	(180)

第10章 图像处理——变换

10.1 图像增强和特征提取.....	(182)
10.2 灰度变换.....	(184)
10.3 直方图变换.....	(186)
10.4 图像的彩色显示.....	(188)
10.5 色的表示——混色系统	(190)
10.6 色的表示——显色系统	(192)
10.7 图像间运算.....	(194)
10.8 主成分分析.....	(196)
10.9 空间滤波.....	(198)
10.10 纹理分析	(200)
10.11 图像相关	(202)

第11章 图像处理——分类

11.1 分类的方法.....	(204)
11.2 分类类别的总体统计量的测定.....	(206)
11.3 集群分析.....	(208)
11.4 多级切割法.....	(210)
11.5 决策树法.....	(212)
11.6 最小距离分类法.....	(214)
11.7 最大似然比分类法.....	(216)
11.8 模糊理论的应用.....	(218)
11.9 采用专家系统分类.....	(220)

第12章 遥感应用

12.1 土地覆盖分类.....	(222)
12.2 土地覆盖变化的监测.....	(224)
12.3 世界植被图.....	(226)
12.4 水质监测.....	(228)
12.5 水温分布的观测.....	(230)
12.6 积雪水量的估算.....	(232)
12.7 大气成分的观测.....	(234)
12.8 线性构造的提取.....	(236)
12.9 地质判读.....	(238)
12.10 高程测量	(240)

第13章 地理信息系统

13.1 地理信息系统与遥感.....	(242)
13.2 地理信息的表现形式和数据结构.....	(244)

13.3 数据的输入、编辑.....	(246)
13.4 空间检索的方法.....	(248)
13.5 空间分析的方法.....	(250)
13.6 地理信息系统中遥感数据的应用.....	(252)
13.7 地理数据的误差、模糊性及其影响.....	(254)

附录

附录 1	(256)
附录 2	(257)
附录 3	(266)
附录 4	(268)
补充说明	(269)
参考文献	(293)
引用文献	(297)
中文索引	(300)
英文索引	(309)
略语索引	(311)
后记	(314)

遥 感 精 解

第 1 章 遥感基础

1.1 遥感的概念

遥感是一种远离目标，通过非直接接触而判定、测量并分析目标性质的技术。

对目标进行信息采集主要是利用了从目标反射或辐射的电磁波。此外重力和磁也作为信息采集手段而加以利用，这些都包含在广义的遥感之中。

接收从目标中反射或辐射的电磁波的装置叫作**遥感器** (remote sensor)，照相机及扫描仪等即属于此类。此外，搭载这些遥感器的移动体叫做**遥感平台** (platform)，如现在使用的飞机及人造卫星等。遥感这一词汇是 60 年代在美国创造的技术用语，它是用来综合以前所使用的摄影测量、像片判读、地质摄影而提出的。特别是 1972 年，随着第一颗地球观测卫星 Landsat 的发射成功而迅速得到普及。

利用遥感技术，通过观测电磁波，从而判读和分析地表的目标及现象，是利用了物体的电磁波特性，即“一切物体，由于其种类及环境条件不同，因而具有反射或辐射不同波长的电磁波的特性”。所以遥感也可以说是一种利用物体反射或辐射电磁波的固有特性，通过观测电磁波达到识别物体及物体存在的环境条件的技术。

图 1.1.1 表示遥感数据采集的概念，图 1.1.2 表示不同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，通过遥感器观测并经过计算机数据处理或人工图像判读，最终应用于各种领域的数据流程。

遥感的应用领域是非常广泛的，从室内的工业测量到大范围的陆地、海洋信息的采集以至全球范围的环境变化的监测。在城市和区域的尺度内，可应用于土地开发的进展及绿地植被的变化监测等，同时也是掌握沙漠化等全球尺度的自然环境变化的不可缺少的手段。在海洋研究中，可以收集海面水位、混浊状况、植物性浮游生物的分布状况、海面温度等各种信息，同时从遥感得到的波浪信息中还可以测定海面风的风向和风速。在大气研究中，可应用于调查二氧化碳及臭氧等微量成分的组成以及从云图中分析气象现象等领域。随着地球环境时代的到来，遥感也更加显示出其重要性。

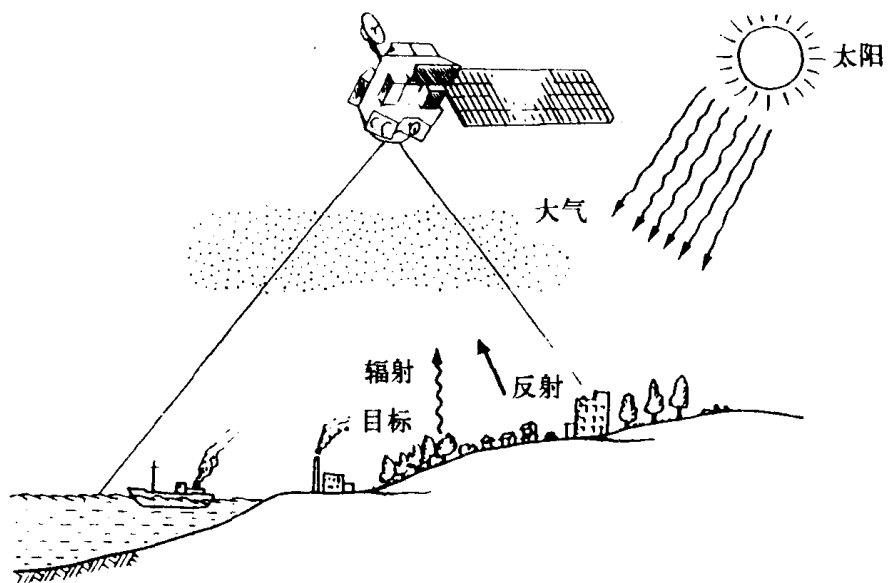


图 1.1.1 遥感数据采集

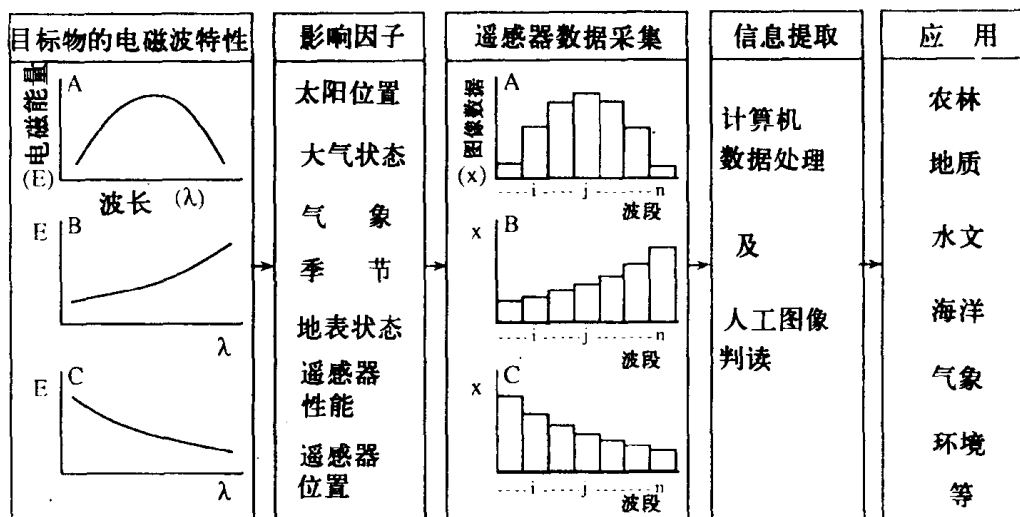


图 1.1.2 遥感数据流程

1.2 电磁波的性质

电磁波 (electromagnetic wave) 是在真空或物质中通过传播电磁场的振动而传输电磁能量的波。电磁波的传输可以从麦克斯韦 (Maxwell) 方程式中推导出 (参照补充说明)。

电磁波具有波动性和粒子性两种性质。

(1) 波动性质

电磁波是一种伴随电场和磁场的横波, 在平面波内, 如图 1.2.1 所示, 电场和磁场的振动方向都是在与波的行进方向成直角的平面内, 是相互垂直的。电磁波的波长 (wavelength) λ 和频率 (frequency) ν 及速度 v 之间有如下关系:

$$\lambda = v / \nu$$

电磁波在真空中以光速 c ($= 2.998 \times 10^8 \text{ m/sec}$) 传播, 在大气中以接近于真空中光速的速度传播。频率 ν 是 1 秒钟内传播的波的次数, 用赫兹 (Hz) 作单位。

(2) 粒子性质

当把电磁波作为粒子对待时, 又叫光子 (photon) 或光量子, 其能量 E 由下式给出:

$$E = h\nu$$

式中 h 为普朗克常数, ν 为振动次数 (= 频率)。

例如光电效应就可以把电磁波看成粒子进行说明。

电磁波有 4 个要素, 即频率 (或波长)、传播方向 (transmission direction)、振幅 (amplitude) 及偏振面 (plane of polarization)。振幅表示电场振动的强度, 振幅的平方与电磁波具有的能量大小成正比。从目标物体中辐射的电磁波的能量叫辐射能。包含电场方向的平面叫偏振面, 偏振面的方向一定的情况叫直线偏振。

这 4 个量与电磁波具有的信息的对应, 可以表示成图 1.2.2。频率 (或波长) 对应于可见光领域中目标的颜色, 包含了与目标体有关丰富的信息。在各个波长中表示目标体辐射能量大小的曲线具有该物体固有的形状。在微波领域, 根据目标和飞行平台的相对运动, 利用频率上表现的多普勒效应可以得到地表物体的信息。物体的空间配置及形状等, 可以根据电磁波传播的直线性从传播方向上知道。此外也可以从电磁波的强度即振幅中得知。当电磁波反射或散射的时候, 偏振的状态往往发生变化, 此时, 电磁波与反射面及散射体的几何形状发生关系。偏振面对于微波雷达是非常重要的, 因为从水平偏振和垂直偏振中得到的图像是不同的。