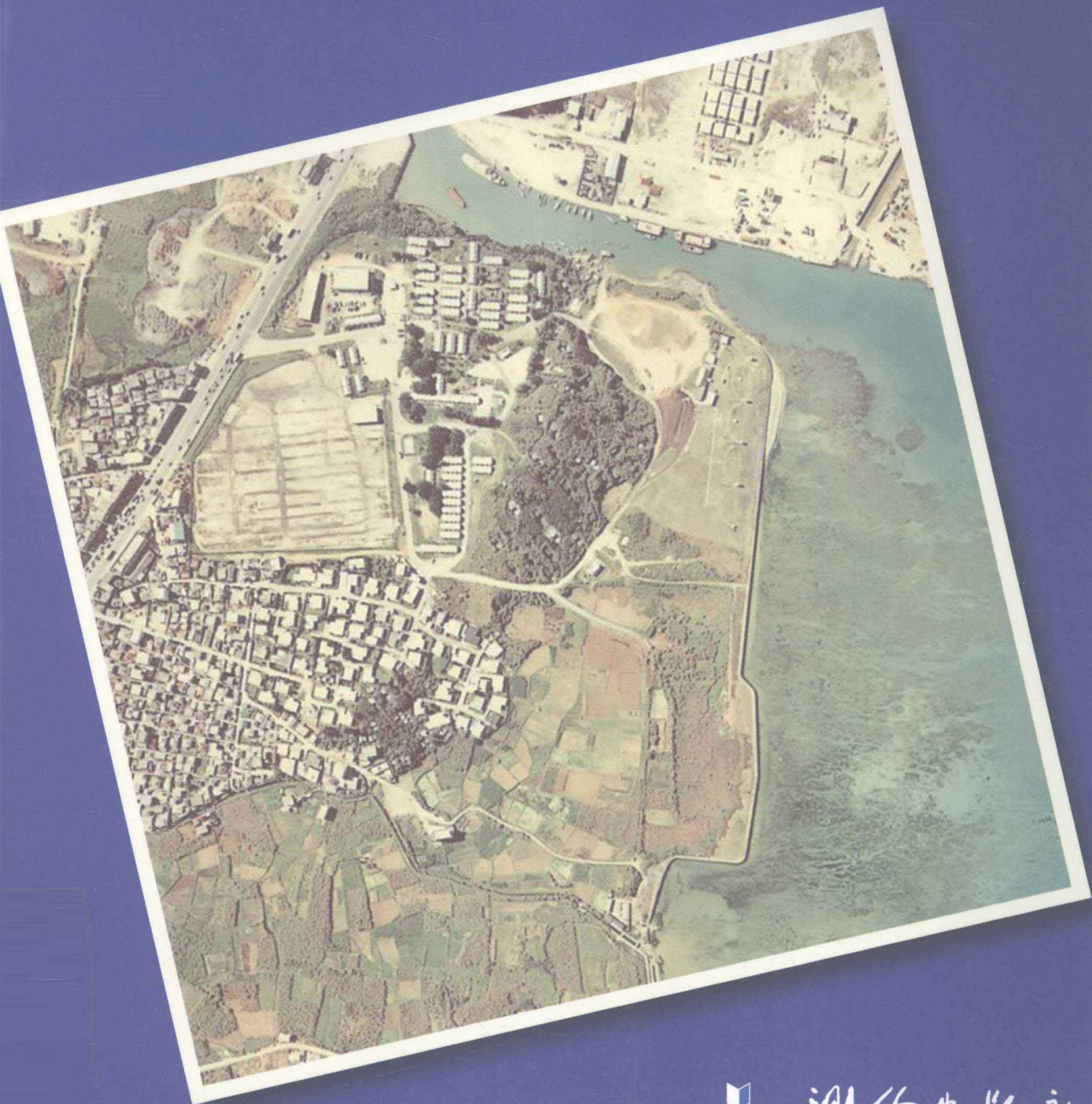


遥感精解

(修订版)

日本遥感研究会 编

刘勇卫 译



测绘出版社

遥 感 精 解

(修订版)

日本遥感研究会 编
刘勇卫 译

测绘出版社

· 北京 ·

修订版序

村井俊治,这位中国遥感界的老朋友,他的身上充满了活力,并总能在关键的时刻迸发出思想的火花。作为亚洲遥感学会和亚洲遥感会议的创始人之一,他是亚洲遥感发展的元老和见证者。作为一位亚洲遥感的佼佼者,他跻身于国际摄影测量和遥感学界的前列,曾荣膺国际摄影测量和遥感学会主席,这是亚洲人的荣耀。村井先生退休前是日本东京大学的著名教授,尽管一直活跃在国际学术舞台上,但他总不忘以教书育人为己任。他不仅培育了大批日本国内的学生,而且接纳了包括中国在内的亚洲各国的青年学子,这些人在他的教室内受到了良好的教育和他为人的熏陶,回国后在相应的部门发挥着骨干作用。《遥感精解》、《遥感精解(修订版)》的翻译者刘勇卫先生就是曾在村井教研室进修,得到了很好的培训和提高并在回国后担当科研和管理重任的学者。村井先生将遥感教育摆在重要位置的另一个事例就是他在20世纪70年代初期,即遥感还不大为世人所知之时,他就作为日本遥感研究会干事长和他的同仁们一道编写了《遥感笔记》一书。

《遥感笔记》的全名为《遥感笔记·原理与应用》(リモートセンシング・原理と応用),这是一本带有科普和启蒙性质的读物。该书于1976年,其问世的第二年,由一位在日本资深的摄影测量和遥感专家西尾元充老先生转交给我。为此,我一直对以村井教授为代表的日本当时的青年学者们跟踪前沿、锐意开拓的精神心存敬意。1992年,陈述彭先生又将村井教授等人在《遥感笔记》基础上增补修订后出版的《遥感精解》带回国内并由刘勇卫先生担纲翻译。只用了短短的一年时间,1993年《遥感精解》的中文版就在中国面世了。该书顺应和满足了国内广大读者对遥感知识的渴求,成为了一本不可多得的精品遥感教科书。不少年轻人正是受到这本书的影响毅然步入了遥感科学技术的殿堂,更多的人则从中获得新的知识,受益匪浅。

从20世纪90年代初期《遥感精解》问世以来,遥感科学技术有了长足的进步,新一代遥感对地观测卫星在分辨率、数据的质量和精度等方面都有了很大的提高。90年代末,卫星的空间分辨率突破了1 m大关,高光谱卫星的光谱分辨率也达到了纳米级,以全天候为特征的雷达卫星已逐渐上升到主力的位置。在卫星导航技术、地理信息系统技术和通信网络技术的支持下,遥感应用得以深化并逐步渗透到人们活动的各个领域,成为人们进行地球科学认知、经济社会活动、生活生产、交通出行、防灾救灾等须臾不可或缺的信息基础。

因此,《遥感精解(修订版)》在《遥感精解》的基础上进行了不少修改,增加了许多新的内容,如新型遥感器、微波遥感、新一代的卫星和新发展的遥感图像处理技术等。它涵盖了从遥感科学技术启蒙、普及到提高和深化的全部内容,是一部惠及不同层次和广泛读者的教科书和一部优秀的科技文献。《遥感精解(修订版)》的出版体现了村井教授和以日本遥感研究会为核心的业界同仁们孜孜不倦的努力和精益求精的治学精神,大量崭新内容的增补更是体现了他们与时俱进的追求。

从20世纪70年代末期开始,特别是80年代中期以来,我与村井先生和日本遥感界的朋友们有很多的交往和合作,建立了深厚的友谊,我特别感谢村井先生几十年如一日为遥

感科学发展、为亚洲遥感发展、为遥感教育事业发展呕心沥血的不懈努力。回忆 1981 年在
北京召开第二届亚洲遥感会之际,村井先生还是一位健壮的中年才俊。时隔 28 年,在北京
第 30 届亚洲遥感会上的村井先生已是两鬓如霜、腰背微曲的古稀老人,但这却更显出他那
特有的学者风范。除村井先生外,我与本书的许多参编者都有过很深的交往,但近年来过
往甚稀,许多往事也渐行渐远。此次中文版《遥感精解(修订版)》的问世使我倍感亲切,见
文如见其人,这些老朋友们那鲜活的面容和过去交往中的点滴逸事都不断浮现在我的眼
前。我为他们在遥感领域所做出的新贡献由衷地感到欣慰,但愿村井先生和这些老朋友们
前行珍重,让我们相约为遥感事业的发展,也为中日遥感界的友谊再奉献几十年。

在此,我热烈祝贺中文版《遥感精解(修订版)》的面世,也希望更多的年轻学生和学者
们从中获得更多的教益!

中国科学院院士
国际欧亚科学院院士



2010 年 8 月 10 日于北京

修订版前言

遥感真正得到广泛应用是从 1972 年 Landsat-1 发射升空以后开始的。两年后的 1974 年,日本遥感研究会成立,开始着手编写推动遥感技术普及的教科书。1975 年,由本研究会编写的《遥感笔记》(技报堂出版)问世。该书是日本最早出版的遥感教科书,得到广泛的应用,并被许多论文所参考、引用。

进入 20 世纪 80 年代,遥感技术得到迅速的发展,必须对原教科书进行改编。1992 年,在日本摄影测量学会的支持下,增加了新型传感器、微波遥感、新的卫星、新的图像处理技术等众多条目的修订本以《遥感精解》的书名出版。与《遥感笔记》70 个条目相比,《遥感精解》的条目几乎增加了一倍。2001 年进一步充实了有关内容,出版了《遥感精解(修订版)》。

与一般书店里销售的书籍不同,本书作为大学等的教科书使用,已经印刷了 1 万册以上。本书已经翻译成英文、中文、泰文、波斯文、蒙古文等,据说已被英国的部分大学所采用。1999 年召开的联合国“UNISPACE-III——关于和平利用空间技术的国际会议”以 CD-ROM 的形式发送了 2 000 张,引起了国际上的广泛关注。

进入 21 世纪,随着遥感的发展,带来了高分辨率卫星图像及高光谱传感器等先进技术,使得新的遥感技术不断涌现。在日本摄影测量学会的协助和日本遥感研究会成员的努力下,这次对 2001 年的《遥感精解(修订版)》进行了再次修订。作为具有编写遥感教科书 30 年经验的研究会而言,我们感到自豪的是,本书不仅在日本,即使在全世界范围内都可以称得上是优秀的教科书。继本书出版后,将考虑修订英文版。如果能对有志于遥感研究的人员起到一点作用则深感荣幸。

对于为本书付出辛勤劳动的日本遥感研究会的成员们谨致以深深的谢意。特别对桥本昭君先生的努力表示感谢。最后,对日本摄影测量学会的有关人员表示衷心的感谢。

日本遥感研究会会长 村井俊治

敬致读者

(第一版代序)

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,不仅促进了亚太地区遥感科学技术界的团结合作、进步和繁荣,受到国际学术界的推崇和爱戴,还与中国遥感界结下了浓厚的友谊。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。刘勇卫先生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感到非常高兴,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。特别是为港、澳、台、新加坡的华裔同行们,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20世纪90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、社会经济持续发展而携手合作,作出贡献。因此,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

第一版前言

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,谨表达我的谢意。

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,这是凝聚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及年轻执笔者们的贡献谨致以深深的谢意。

日本遥感研究会会长 村井俊治

编者、执笔者名单

主 编： 村井俊治

编辑委员： 下田阳久 高木方隆 德永光晴 桥本俊昭

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 大山容一
小川利绂 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 须崎纯一 濑户岛政博 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
细村宰 本多嘉明 政春寻志 增子治信
松冈真如 松冈龙治 村冈纯生 望月贯一郎
森山隆 森山雅雄 安冈善文 柳田聪
山本圭介 山本浩万 力丸厚 渡边诚

本书的使用方法

本书是 1975 年出版的《遥感笔记》(技报堂出版)的修订本。

本书的目的、结构等与旧版相同,是考虑到便于作为教科书使用而编写的。每节针对一个条目,左页是简单的说明,右页是与该条目有关的图表。对于初学者而言,这些说明已经足够了。在旧版中更深度的内容是留给教师解说的。

可是,由于遥感技术的普及和发展,在此次修订中,需要补充仅用左页不能充分说明的内容。为此,我们增加了补充说明,针对正文内容做了充分的论述。因此,如果包含补充说明在内,就可以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作为自学者的教科书使用。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,很难将其全部论述清楚。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。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作为遥感专家的笔记使用。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,本书可以作为新领域的入门书,或者在遗忘了某些专业知识的情况下,作为数据库发挥作用。

全书共分 13 章。第 1 章是基础,也就是遥感的概论。第 2 章是遥感器,讲述现在已经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,在内容上有了大幅度增加。第 5 章是遥感平台,除了基础外,附加了有关现在经常使用的地球观测卫星的说明。第 6 章是关于遥感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 8~11 章是关于数字图像处理的解说:第 8 章是关于系统,第 9~11 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且尽可能接近实用的例子。第 13 章是有关地理信息系统(GIS)的内容。本书中是否应加入 GIS 的内容在编委会内部有不同意见,但是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,还是加入了这方面的内容。

在正文的后面有补充说明,正文中一些没有解释清楚或过于专业化的内容将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。

此外,若想获得更深入的知识,请查阅参考文献。参考文献与引用文献按各节归纳,并附有序号。各节引用文献的序号与其在该节正文引用处的上角标相对应。在正文中,需参照参考文献时用“[]”符号表示,需参照其他章节内容时用“)”符号表示。

书后的附录主要汇总了遥感卫星的相关信息。

目 录

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成像	78
4.6	雷达图像的特征	80
4.7	微波辐射计	82
4.8	微波散射计	84
4.9	微波高度计	86
4.10	海面风的测量	88
4.11	雷达对波浪的测量	90

第5章 遥感平台

5.1	遥感平台的种类	92
5.2	高度与大气的状态	94
5.3	遥感平台的姿态	96
5.4	姿态测量传感器	98
5.5	卫星的轨道参数	100
5.6	卫星的轨道	102
5.7	卫星位置的测量	104
5.8	遥感卫星	106
5.9	Landsat 卫星	108
5.10	SPOT 卫星	110
5.11	NOAA 卫星	112
5.12	静止气象卫星	114
5.13	EOS 卫星	116
5.14	ADEOS, ADEOS-II	118
5.15	ALOS 卫星	120
5.16	高分辨率商业卫星	122

第6章 遥感数据

6.1	数字数据	124
-----	------------	-----

6.2	图像数据的几何特性	126
6.3	图像数据的辐射量特性	128
6.4	遥感图像的数据格式	130
6.5	辅助数据	132
6.6	定标、验证数据	134
6.7	地面实况调查	136
6.8	地面定位数据	138
6.9	地图数据	140
6.10	数字地形数据	142
6.11	数据记录、分发用的载体	144
6.12	卫星数据的传送和接收	146
6.13	遥感数据的检索	148

第7章 人工图像判读

7.1	遥感信息提取	150
7.2	图像判读	152
7.3	立体观察	154
7.4	判读要素	156
7.5	判读标志	158
7.6	判读图的制作	160

第8章 计算机图像处理

8.1	遥感图像处理	162
8.2	图像处理软件	164
8.3	图像输入设备	166
8.4	图像显示装置	168
8.5	图像输出设备	170

第9章 图像处理——校正

9.1	辐射量校正	172
9.2	大气校正	174
9.3	图像的几何畸变	176
9.4	几何校正的方法	178
9.5	几何校正的重采样、内插方法	180
9.6	地图投影	182
9.7	正射校正	184

第10章 图像处理——变换

10.1	图像增强和特征提取	186
------	-----------------	-----

10.2	灰度变换	188
10.3	直方图变换	190
10.4	图像的彩色显示	192
10.5	色的表示——混色系统	194
10.6	色的表示——显色系统	196
10.7	图像间运算	198
10.8	主成分分析	200
10.9	空间滤波	202
10.10	纹理分析	204
10.11	图像相关	206

第 11 章 图像处理——分类

11.1	分类的方法	208
11.2	分类类别的总体统计量的测定	210
11.3	集群分析	212
11.4	多级切割分类法	214
11.5	决策树分类法	216
11.6	最小距离分类法	218
11.7	最大似然比分类法	220
11.8	模糊理论的应用	222
11.9	利用专家系统分类	224
11.10	利用神经网络法分类	226

第 12 章 遥感应用

12.1	土地覆盖分类	228
12.2	土地覆盖变化的监测	230
12.3	世界植被图	232
12.4	水质监测	234
12.5	水温分布的观测	236
12.6	积雪水量的估算	238
12.7	大气成分的观测	240
12.8	线性构造的提取	242
12.9	地质判读	244
12.10	高程测量	246
12.11	成像雷达干涉测量法	248
12.12	地壳变动的提取	250

第 13 章 地理信息系统

13.1	地理信息系统与遥感	252
------	-----------------	-----

13.2	地理信息的表现形式和数据结构	254
13.3	数据的输入、编辑	256
13.4	空间检索的方法	258
13.5	空间分析的方法	260
13.6	地理信息系统中遥感数据的应用	262
13.7	地理数据的误差、模糊性及其影响	264
补充说明		266
参考文献		292
引用文献		297
附录 1 世界遥感卫星发射及相关年表		300
附录 2 遥感卫星一览		303
附录 3 全球卫星接收站		323
附录 4 世界主要数据分发机构		324
附录 5 主要卫星图像的自动检索机构		326
中文索引		328
英文索引		336
缩略语		338



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 20 世纪 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所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。