



遥感手册

第一分册



国防工业出版社

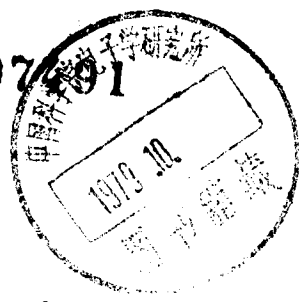
87.9483
641
25

遥 感 手 册

第 一 分 册

汤定元、陈宁锵 等译
刘益悟 等校

1107491



國防工業出版社

内 容 简 介

《遥感手册》系统而全面地介绍了遥感技术的各个方面,包括:遥感基础、遥感器、运载工具、数据传输、地面研究和数据图象的处理以及遥感在诸领域的广泛应用,如军事上的战略和战术侦察,伪装识别,地图测绘,预警以及国民经济上的地质勘察,作物病虫害监视,森林海洋和水利资源考察,地形地貌的调查,城市规划,环境污染监视,气象和地震预报等。本手册共分十二个分册陆续出版。

本分册共分五章。重点介绍有关遥感技术的基础知识,其中分别叙述了遥感技术的基本概念、发展历史、电磁辐射以及电磁辐射与有关介质所发生的相互作用机理。可使读者对遥感技术有个初步的了解、并为判读人员提供分析遥感用的各种数据和信息。本分册可作为随后各分册深入阅读的入门。

全书内容丰富,具有一定的深度和水平,可供从事遥感技术研究和应用的工程技术人员以及大专院校的师生参考。

D036 / 07

Manual of Remote Sensing
Robert G. Reeves
American Society of Photogrammetry

遥 感 手 册

第一分册

汤定元、陈宁楷 等译

刘益悟 等校

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可出字第074号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

787×1092¹/₁₆ 印张17¹/₄ 插页5 400千字

1979年9月第一版 1979年9月第一次印刷 印数:00,001—2⁰⁰⁰,000册

统一书号:15034·1874 定价:1.95元

译者的话

美国摄影测量学会集中了数百名科学家和工程技术人员,从1969年开始花了近六年时间,编著并于1975年出版了这本《遥感手册》。遥感技术作为一门新兴的学科,随着空间科学技术的发展,十多年来进展很大,获得了多方面的应用,对促进国民经济发展和国防建设都有很大作用。因此,当前世界各国都对它给予了必要的重视。在遥感技术领域中,本手册是迄今较为全面而在技术上又有一定深度的书。为配合我国遥感技术的发展,我们翻译了这本手册,供有关的工程技术人员参考。由于遥感技术本身是一门发展中的新学科,而其应用范围又特别广泛,加之我们水平有限,错误和不妥之处在所难免,欢迎读者批评指正。

原书分上、下两卷出版,计二十六章加一个遥感小辞典。我们考虑到编辑出版的方便,分十二个分册出版,即:

- 第一分册 遥感基础 (第一至五章);
- 第二分册 光学和电—光遥感器 (第六至八章);
- 第三分册 微波遥感器 (第九章);
- 第四分册 遥感器的运载工具、数据传输及遥感地面研究 (第十、十一和十三章);
- 第五分册 遥感数据的处理与管理 (第十二章);
- 第六分册 图象判读和制图 (第十四和十五章);
- 第七分册 遥感应用:地质勘测 (第十六章);
- 第八分册 遥感应用:森林与草原 (第十七和十八章);
- 第九分册 遥感应用:水文学与海洋学 (第十九和二十章);
- 第十分册 遥感应用:气象学及作物与土壤 (第二十一和第二十二章);
- 第十一分册 遥感应用:城市环境与区域工程规划 (第二十三和第二十四章);
- 第十二分册 遥感应用:区域分析与社会科学 (第二十五和二十六章)。

本手册封面是邀请张博智同志设计的。

目 录

第一章 导 论

1. 基本概念	2
2. 五十年代开始出现的遥感技术	3
3. 应用于搜集和分析遥感数据的“多”的概念	7
3.1 多站摄影	7
3.2 多谱段摄影	7
3.3 多日摄影	8
3.4 多级摄影	8
3.5 多向偏振摄影	9
3.6 多向摄影	9
3.7 摄影图象的多次增强	9
3.8 综合分析	10
3.9 资源清单数据的多专题图象	11
3.10 专题图象的多用途	15
4. 机载侧视雷达成像技术	15
5. 热红外成像技术	17
6. 地球资源开发技术	
卫星-1号的图象	20
7. 遥感与近感	27
7.1 地球资源技术卫星的遥感技术	
有助于制定全球统一的资源清单	30
8. 小结	31
参考文献	31

第二章 遥感的历史

1. 前言	32
2. 常规航空摄影	32
2.1 航空摄影的早期历史	32
2.2 常规摄影测量技术的发展	36
2.3 常规彩色摄影	37
2.4 从第一次世界大战到第二次世界大战期间航空摄影及像片判读的发展	37

2.5 地球科学像片判读技术的发展	41
3. 非常规摄影	43
3.1 非常规彩色摄影	43
3.2 多谱段黑白摄影	46
3.3 紫外摄影	48
4. 非摄影式遥感器	50
4.1 红外系统	50
4.2 激光与发光系统	52
4.3 雷达系统	53
5. 火箭和地球轨道成像技术	56
参考文献	60

第三章 电磁辐射的本质

1. 电磁辐射的基本性质	63
1.1 波动性	63
1.2 电磁波谱	66
1.3 电磁辐射的量子性质	67
1.4 电磁辐射的极化(偏振)	68
1.5 相干辐射和非相干辐射	69
1.6 多普勒效应	71
2. 有关电磁辐射的术语	72
2.1 辐射量	72
2.2 光谱量	76
2.3 光度量	78
2.4 下标、上标和函数符号的使用	79
2.5 光度量与辐射量的关系	79
2.6 半球反射比、透射比和吸收比	80
2.7 十倍乘数的命名法	81
3. 电磁辐射的测量	81
3.1 响应率 R	82
3.2 归一化	83
4. 电磁辐射的产生	84
4.1 发射辐射的结构	84
4.2 热辐射	86
4.3 荧光和激光辐射	89

参考文献	90
------	----

第四章 相互作用机理

1. 引言	91
1.1 模式化	91
1.2 参数分类	92
2. 相互作用机理	93
2.1 电磁辐射的反射和折射	94
2.2 发射率	100
3. 温度	100
3.1 热传递	101
3.2 比热	103
3.3 热惯量	104
4. 相互作用机理举例	104
4.1 地球表面的能量交换	104
4.2 太阳电磁辐射的反射比	108
4.3 辐射率计算	109
4.4 植冠的相互作用	118
4.5 在 γ 射线、X射线和可见光谱段内的相互作用	130
4.6 红外谱段内的相互作用	154
4.7 雷达相互作用	167
4.8 被动式微波辐射计	188
参考文献	210

第五章 辐射与大气的相互作用机理

1. 大气对遥感的影响	214
2. 大气特性	214
2.1 相互作用机理	214
2.2 大气成份	216
2.3 云	217
3. 太阳辐射能的特性	218
3.1 光谱辐照度	218
3.2 太阳常数	218
4. 辐射能与大气的相互作用	218
4.1 大气-辐射能相互作用理论	219
4.2 求解方法	220
5. 大气悬浮微粒	220
5.1 物理特性	221
5.2 悬浮微粒对遥感的影响	222
5.3 悬浮微粒的散射特性	224

6. 光学厚度	226
6.1 朗伯-布格透射定律	226
6.2 大气悬浮微粒的参考标准	228
6.3 作为光学厚度量度的混浊因子	228
7. 地面接收的向下辐射	229
7.1 太阳光和天空光的光谱辐照度	229
7.2 太阳光和天空光的光谱组成	229
7.3 天空辐射率的分布	230
7.4 向上辐射返回的散射	230
8. 大气层顶部接收的向上辐射	231
8.1 辐射出射率	231
8.2 辐射率	233
9. 海洋的颜色	235
9.1 叶绿素浓度对反射比的影响	235
9.2 叶绿素浓度对颜色比的影响	236
9.3 大气悬浮微粒对颜色比的影响	237
9.4 反差和反差透射比	237
10. 湍流	240
11. 大气对1到300千兆赫微波波段遥感的影响	240
11.1 谱线吸收	241
11.2 湿空气的介电性质	245
12. 电磁辐射与霾、云和降水微粒之间的相互作用	246
12.1 单个水滴与电磁场的相互作用	247
12.2 云的单位体积辐射传输性质	249
13. 微波在地球大气中的传播	253
13.1 散射介质和吸收介质中辐射的传输	253
13.2 1到300千兆赫的大气吸收和发射	256
14. 权函数	257
14.1 大气介电性质变化的影响	260
15. 大气和地球的遥感	261
15.1 大气现象的观测	261
16. 利用大气遥感探测污染的基本技术	263
16.1 主动系统	263
16.2 被动系统	265
16.3 用于空气污染测量的系统	266
16.4 污染悬浮微粒	267
16.5 气体污染物	271
参考文献	277

第一章 导 论

作者 罗伯特 N·科尔韦尔

这本《遥感手册》是为满足各方面的需要而撰写和出版的。这是关于环境遥感的理论、技术、设备及其应用方面一部重要的书。象行扫描器和侧视雷达这类新型遥感器的研制和使用,增加了用常规航空相机所获取的资料。为了运载这些新型传感器,出现了一些新的和经改进的运载工具,而在这些运载工具中占首位的要算是载人和不载人的地球轨道飞行器了。当然,各种类型的高空飞机也有着重大的作用,通常这些飞机的飞行高度为21000米(70000英尺)或更高一些,它能摄取广大地域的高分辨率像片。此外,一大进展是利用直升飞机把人逗留在低空,从而使人能第一次得到非常精细的像片,并能在某地点准确地定位,这就大大减少了为搜集外场地面资料所需的费用。

一些光学和电子合成仪业已设计出来了,它们能把一系列覆盖某一给定地区的黑白像片(或其它类型遥感图象)中呈现的各种色调特征进行彩色编码,并合成为一张复合图象。这些多重像(multiple image)能给每一种地物特征提供一种独特的“色调特征”,从而可以通过观看这种复合彩色像的独特的特征来鉴定地物特征的类型,这比起通过辨别复合这种彩色像的各组黑白像片上色调度的特定组合来说,要协调得多,而且肯定要容易得多。

人们已经发明了一些将这些特征自动地转换成准确地识别目标和方法。这种能力主要是通过所谓“自动数据处理”过程来实现的,其基础是电子计算机技术。为了适应这类技术,像片或其它类型的图象上所呈现出来的每一种色调或亮度都赋予一个数字(即从纯黑等于零,直到纯白等于64)。使用时要建成“标定区”,“标定区”就是指已经知道欲待识别的每一种地物特征的几个实例的地区。通过研究这些具体实例的图像,即可确定每一种地物特征对应的多谱段数字系列。一旦按此法得出任何给定地物特征的色调或亮度的多谱段图样,就可以很快编排出计算机程序,这从原理上来讲,所有其它相同类型的地物特征样本就都能被识别了。因为代表着某一给定地物特征的色调特征的数字系列构成了一个数字“图形”,则识别过程就变成了众所周知的“图形识别”(“pattern recognition”)。这种系统的计算机印刷输出提供了一种地图,在此图幅上任一给定点体现的输出符号,表明地面上对应点的地物特征的类型。

由于所述各种技术的发展,近来产生了一些新的遥感术语,前面几段已提到其中的一部分。许多权威人士认为,对于象热红外扫描仪、机载侧视雷达和机载 γ (伽玛)射线光谱仪等很多数据搜集系统来说,用“照相侦察”这个术语就不尽恰当了。因此,“遥感”这个含义更广泛的术语已广为使用。同样,在许多情况下,需要使用“成像术”(imagery)这个术语,而不用更为局限的“摄影术”(photography)这个术语;用“图像分析”而不用“像片判读”。

十年前(1960年)撰写《像片判读手册》⁽¹⁾的100位像片判读人员,对上述大多数技术的发展以及六十年代发生的其它一些事件,不是未有所闻,就是没有预见到。

这一章导论的目的在于概述上面提到的一些概念和发展，对其中的每一方面将单独或在其它有关章节中予以阐述。

编写这部《遥感手册》是与美国摄影测量学会的目标完全吻合的，因而在这里有必要陈述一下该学会的任务。美国摄影测量学会四十多年前成立宣言讲到的宗旨是：“提高摄影测量学和像片判读领域的有关知识水平，以及鼓励对它们的兴趣；为传播与这些领域有关的新知识提供手段，从而促进自由交换思想以有助于它们的进一步发展；增进美国与世界各国航空摄影部门间的了解和合作精神。”我们满意地注意到，尽管为了保证使用新的术语，而变更了少数名词，但这些仍是该学会的宗旨。希望使用这本手册的人与撰写者一样，使它能推动这些宗旨的实现，以及使它成为合作成果的一个杰出范例。

1. 基本概念

遥感技术正迅速地变得愈来愈复杂，但复杂性的增加未必会使其价值得到增加。事实上，潜在用户缺乏“技术远见”可能意味着，技术变得越复杂，很自然它就会变得越没有什么用处。然而，对于一些人来说，遥感可能是富有魅力和吸引人的，很少被人（如果说有的话）认为它本身就是一种目的。从这个意义上来说，应该强调的是，当今时代大多数遥感应用是针对着地球表面的。尽管可能有少数的例外，但这类遥感装置大抵都是为帮助管理地球资源而设计的。并不需要什么深奥的道理，就能把对地球表面的遥感与管理诸如林木、饲料、土壤、水、矿物、农作物、活树苗、鱼类和野生动物等资源联系起来。实际上，这个道理可从以下四个方面得到说明：（1）不论是从局部地区的、区域的、国家的，还是从全球的观点看，人类对大部分地球资源的需求正与日俱增，而其中许多资源的供应正日趋减少，其它资源的质量也正每况愈下；（2）这种状况就要求对这些资源进行尽可能合理的管理；（3）如果能及时而又准确地定期作出供资源管理使用的清单，那么管理者就能随时知道他所管理的地区每一部分的各种资源的数量和状况；（4）利用遥感手段几乎肯定可以很好地做出这类清单，那就是通过飞机和（或）空间飞行器的定期飞行来获取像片和有关数据。

在一个多世纪以前，资源管理者欲获得所要求的资料，只能完全依赖于直接的地面观测。后来才认识到，在地面上观察不如到天空中去观察，因此，常常想到用飞机作为“鸟眼”来观察地球，进一步又联想到用空间飞行器作为“鸟眼”会看得更广阔，能更好地为资源管理者提供他所需要的信息。

很显然，对于资源管理者来说，定期准确地了解他所管辖地区内的整个资源状况的信息，是很有用的。因为我们认为，要合理地管理地球资源通常需做好三步工作：制定清单、分析研究和实施作业。

在制定清单工作中，要确定所管理地区各处存在的每一种地球资源的数量和质量。在分析研究工作中，要作出关于这些资源的某种管理上的决定。在对所管理地区的每一部分做决定时，一方面要考虑到先前在制定清单过程中所了解的资源性质，另一方面要考虑到可能采用管理这些资源的每种方案的“成本-效率”。在实施作业中，资源管理者执行在分析阶段作出的每一项决定（如在农业区的某一缺少无机物地区施加适当的肥料；或者在林区某一部分推迟循环放牧）。在处理诸如农作物、林木和饲料这类可更新的自然资源时，管

理者可能会发现，这些资源不是以静态而是以动态存在的，因而需要定期地得到新的清单——这就是所谓“监视”过程。

2. 五十年代开始出现的遥感技术

从 1858 年得到第一张航空像片以后的几乎整整一个世纪，直到《像片判读手册》编写出来之时，遥感技术基本上没有什么变化。对于所研究地区的每一部分，不是应用如图 1-1 那样的单幅像片，就是用如图 1-2 那样的立体像片对。像片的比例尺通常为 1:20000，地面分辨率大约为 1 至 2 米（地面分辨率表示对地面特征实际可分辨的最小尺度）。像片判读者在区分地物特征时所用整个系统的基础是进行尽量的折衷，即要在他需要报告的和它能够提供的高度准确的报告之间进行折衷，前者是为了满足资源管理者对资料的需求，后者受到分辨率和摄影技术的色调反差特性的限制。



图1-1 按标准规范飞行拍摄的普通航空像片，使用全色胶片和“消蓝”（“minus blue”）滤光片（Wratten12），相机焦距长20厘米，底片尺寸为24×24厘米。整个像片的平均比例尺是 1:20000。这幅像片上标注符号的区域是：T = 树木，S = 灌木，G = 草地，R = 岩石，W = 水，B = 裸露土壤。

由于《像片判读手册》是五十年代后期编写的，所以实际上《手册》的正文和图片资料都是按标准摄影学和从中萃取信息来处理的。因而下面的例子有助于说明当时是如何来分析一个有代表性的地区的。然后试图说明，由于应用了在那本手册出版后发展的遥感手段，如何来分析同一地理区域和其它几个具有代表性的区域。

在五十年代，根据经验，有关的信息类别可从对普通航空像片进行分类中得出，因而像片判读者常常会感到，他们希望能有一种所谓航空像片判读索引。按照定义，这种索引就是一种参考资料，它设计得使之对已在航空像片上成为影象的地物特征便于快速、准确地识别。

由于像片判读索引仍然是很有用途的，所以用图 1-1 和图 1-2 来介绍一下这种索引还是有所裨益的。在这个特定情况中，经验表明，像片判读者仅能识别出六种主要的资源类型或土地形态：即裸露岩石、裸露土壤、水、树木、灌木和草地。当他想制作一像片判读索引，以便于识别六种地物特征时，像片判读者就应制作一份象表 1-1 那样的表格式摘要。这类摘要应根据像片判读者事先对许多“标定区”（即已知航空像片上各部分的地面数据）的研究结果，列出每种地物特征的主要色调（亮度）和质地（色调变化的频率）。“地面数据”这个术语，只有在人到达了像片上相对应的地点，且可靠地记录了他在那里发现的资源类别及其状况的情况下才适用。用到我们现在讨论的地区时，这些地面数据在图 1-1 中由印有标记的场区表示。

借助这种资料，像片判读者就能列出表 1-1。在列表时，通常他就会发觉，任何给定的地物特征类别只要列出“色调”和“质地”特点就可以了，除非二种或更多的地物特征类型在本质上呈现出相同的色调和质地组合。在这种情况下，他就应尽可能列出一种或几种附加的特点（如表 1-1 所举的例子），以用于进行预期的识别。

表 1-1 图 1-1 中所标的各种地物特征的像片影象特点

地物特征的类型	色 调	质 地	其 它 特 点
R—岩石	L(浅)	R(粗糙)	流动波纹
G—草地	L	S(平滑)	
T—树木	D(深)	R	
S—灌木	D	S	
B—裸露土壤	L	S	色调浅的河岸线
W—水	D	S	

下一步，在把这种资料组织成有用的文字说明书的过程中，像片判读者应使用一种象表 1-2 所表示的“对生的”（“dichotomous”）〔“双分支的”（“two-branched”）〕格式。在使用这种格式对目标或地物特征进行分类时，像片判读者每一步工作都试图把欲进行分类的整个“群体”（“population”）或一组目标的类型分成两等分。按照这个概念来检定表 1-1，指出像片判读者在使用这个特定的索引中的第一步工作，依据的是色调（三个浅的地物特征和三个深的地物特征的比较），而不是质地（二个粗糙与四个平滑地物特征的比较）。这个决策由表 1-2 的第一步反映出来。在完成对生索引过程中采用了类似原则。

初次学习如何在像图 1-1 和图 1-2 那样的像片上对资源特征进行分类的人会认识到，参照表 1-2 所列的像片判读索引是非常有用的。借助于这种索引，虽然每个像片判读员只

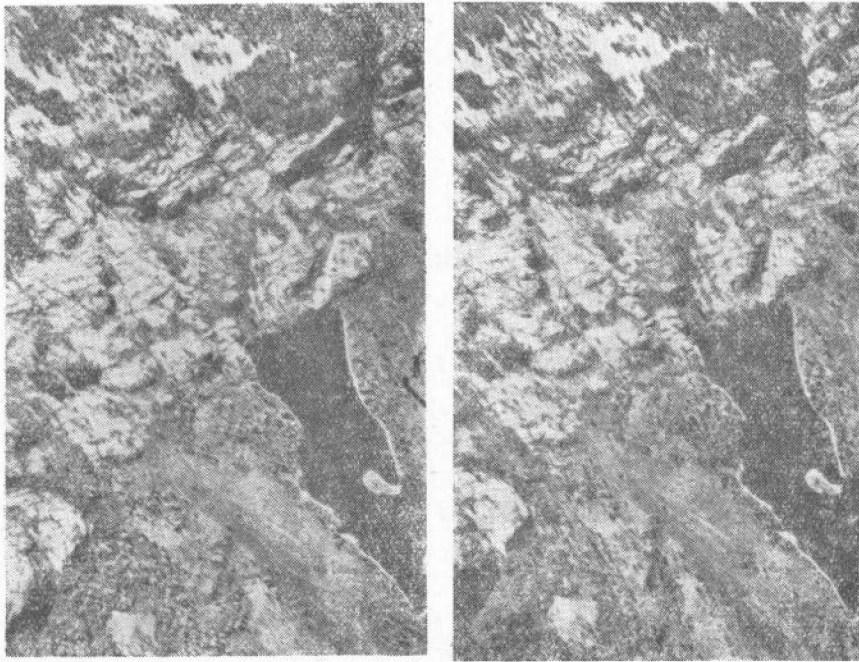


图1-2 许多年来,世界各地的像片判读者都了解这一事实,象这张立体图所呈现出来的三维特征(与图1-1比较),对判读地球资源特征有很大帮助。这样,图1-1和图1-2就用作同下述的图例进行比较的标准。

判读一个广阔地区中的部分区域的资源特征,若干个像片判读员却可能得到相当一致的结论,因而综合这些结果,就会得到一张整个地区完全一致的分类的资源地图。在本手册第二卷中将叙述到类似的像片判读索引的例子。

表1-2 按表1-1格式作出的对生像片判读索引

1.色调浅.....	见2
1.色调深.....	见4
2.质地粗糙.....	岩石
2.质地平滑.....	见3
3.有流动波纹.....	草地
3.无流动波纹.....	裸露土壤
4.质地粗糙.....	树木
4.质地平滑.....	见5
5.边界线的色调浅,形成河岸线.....	水
5.边界线的色调深,没河岸线.....	灌木

到目前为止,像片还仅仅是限于一天拍摄的,且对应着这样一套规范:(a)胶片一滤光片的组合(决定拍摄时所用波长);(b)飞行高度与相机焦距的组合(决定像片比例尺)。应强调指出,作为几年前使用的(1)常规摄影学、(2)常规像片判读索引和(3)常规像片判读技术,在解决许多资源清单问题时仍是非常有用的。这是确凿无疑的,尽管近来发展了十分引人注目的设备和技术,使像片判读者能更快、更精确或更经济的完成判读任务。使用新的设备和技术,特别是对于一些小型计划来说,往往是太麻烦、太复杂或太昂贵。根据推理,像片判读者将会发现,应用现代化的设备和技术主要是用来制作大面积的

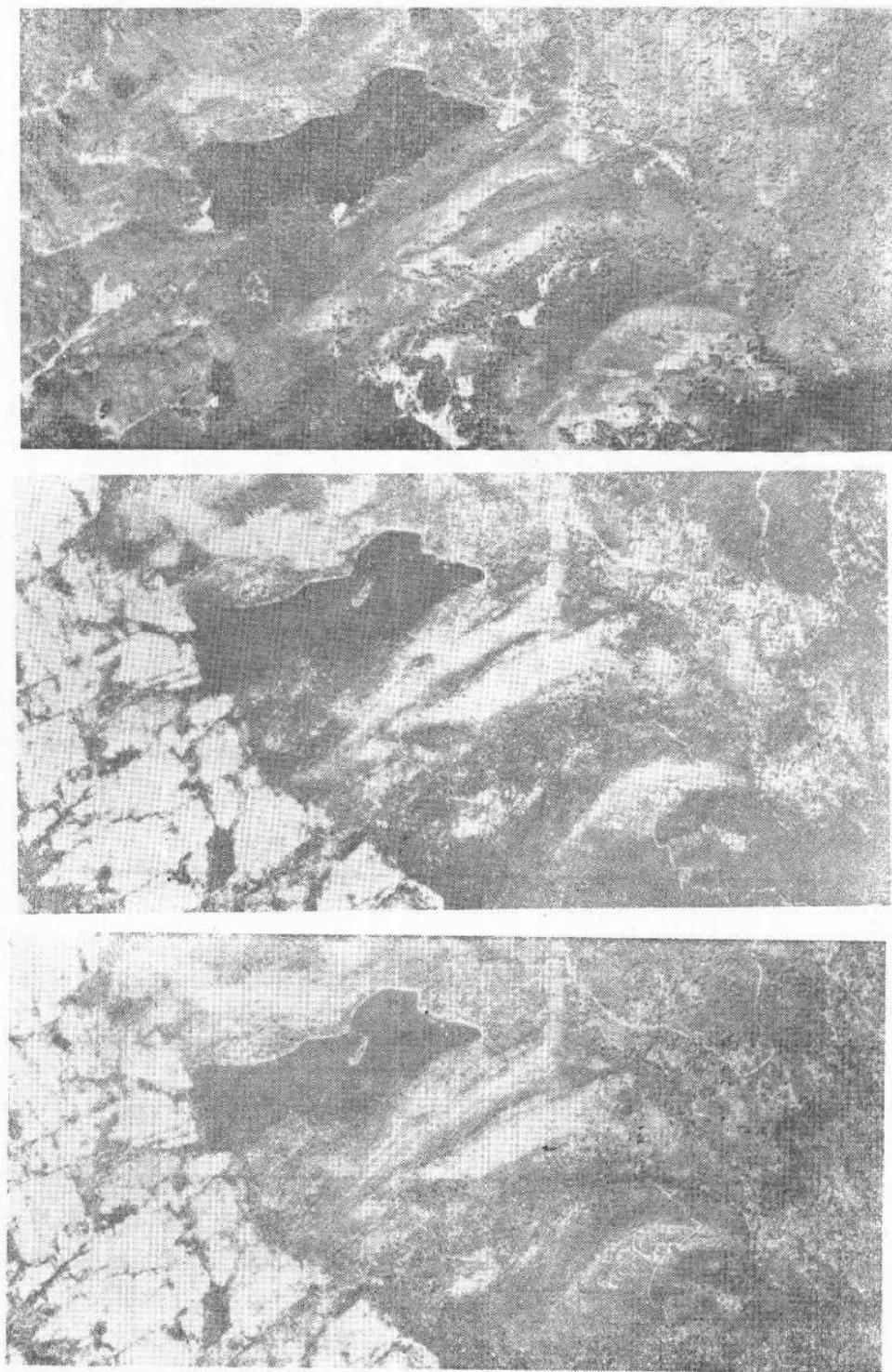


图1-3 通过比较这三张同时拍摄的,但使用了三种不同谱段的像片的地物特征,可以看出多谱段摄影在帮助识别资源方面的价值。这三张像片都是用黑白红外胶片拍摄的,这种胶片对可见光也极其敏感。左面那张是加用雷登(Wratten)12(“消蓝”)滤光片拍摄的,中间那张是加用了雷登25(红色)滤光片拍摄的,右边那张加用了雷登89(红外)滤光片。

资源清单。当需要制作大面积的、要求反复在较短时间内进行复查的可更新资源,如制作农作物、林木、饲草和水等的清单时(而不是制作不可更新的,如矿物和矿物性燃料资源的一次清单),则使用现代化的设备和技术可能更为有利。

3. 应用于搜集和分析遥感数据的“多”的概念

在本章的这一节中,重点叙述了五十年代以来,遥感器、运载工具、多重图象的组合和增强、以及自动数据处理这四个重要领域中出现的重大进展。同时也阐述了五十年代以来,由于发展了多种数据的搜集能力和分析技术而促使遥感技术领域得到进展的特点。反过来,这种进展又要求要明确地了解其固有的优点和局限性,其中假定叫做“多”的概念^[5]应用于遥感数据的搜集和分析过程中。

试图让我们了解这个概念的最好途径也许是先介绍一种遥感的特定实例,然后再说明“多”的概念。尽管大多数例子(不必要是全部)都属于普通的地理学范畴,象处理图1-1和图1-2(航宇局在加利福尼亚州塞拉内华达山的巴克斯湖试验区)那样,但实践证明这样做更有启发作用。在每一个例子中,首先将说明基本原理,然后叙述为利用这个原理而研制的设备和技术,最后,将用一些影象实例来阐明恰当应用这个原理、这些设备和技术的情况。

在大多数讨论过程中,将使用更易于理解的“摄影学”这一术语,而不用“成像学”,尽管在大多数例子中,应把“摄影学”的概念扩大到包括其它类型的遥感影象和数字式资料。

3.1 多站摄影

多站摄影(multistation photography)这一术语(不要与后面将要叙述的多级摄影混淆),主要是指飞机或空间飞行器沿任一给定航线或轨迹飞行时拍摄的逐张重叠的像片。当对两张这样的像片一起进行研究时,像片判读者就能更好地看出三维地形特征,比起只是从一个位置拍摄的像片来说,能得到更高的地形特征“信噪比”。将图1-2的多站像片同图1-1的单站像片进行比较,就可以很清楚的看出这两方面的优点。

3.2 多谱段摄影

遥感主要记录从地球表面上的地物特征发射出来的、同波一样运动的电磁能。辐射通常不单单是一种波长,或者仅仅是一段窄窄的谱带,而是包括电磁波谱的许多谱段。某一地物特征(如岩石、各类土壤、各类树木或各种农作物)所发射出的固有的能量组成,在很大程度上取决于该地物特征的原子、分子和大分子的组成。因此,每一种地物特征一般都呈现出各自独特的“色调特征”(tone signature)——在多谱段像片序列中看到的合成亮度。即使这种色调特征在一谱段或二谱段所拍摄的像片中不能肯定地辨认,但只要它显现出来了,那么原则上,相应地物特征在多谱段像片中(当然是在合适谱段拍摄的像片上)就会被识别出来。因此,从用二个或更多谱段拍摄的某地区的像片中,可获取的地球资源信息比从单一谱段拍摄的像片所能提供的信息要多。例如,图1-3表示的是一套三张多谱段像片,所摄地区与图1-1和图1-2相同。即使随便地察看一下这些像片,也可很好地看出图1-3左边那张的人为的痕迹与周围植被之间的色调反差;而图1-3中间那张显示出草

地与其它区域的色调反差最好;右边那张水的色调反差最好。还能看出另外许多色调差异。

3.3 多日摄影

由于许多地物特征呈现出随时间推移而发生独特变化的性质,因而把按一系列规定日期拍摄的像片进行比较分析,能提供对同一地物特征的许多附加的识别要素。据此,从二天或更多天拍摄的某区域像片中可获得的地球资源信息,较由仅于一天拍摄的该区域像片所得到的资源信息为多。例如,图 1-4 表明,相隔 26 年,“A”处的大部分大树已死亡而被小树所取代;“B”处植被茂密的生长;“C”处林木部分被砍伐;“D”处基本上没什么变化。

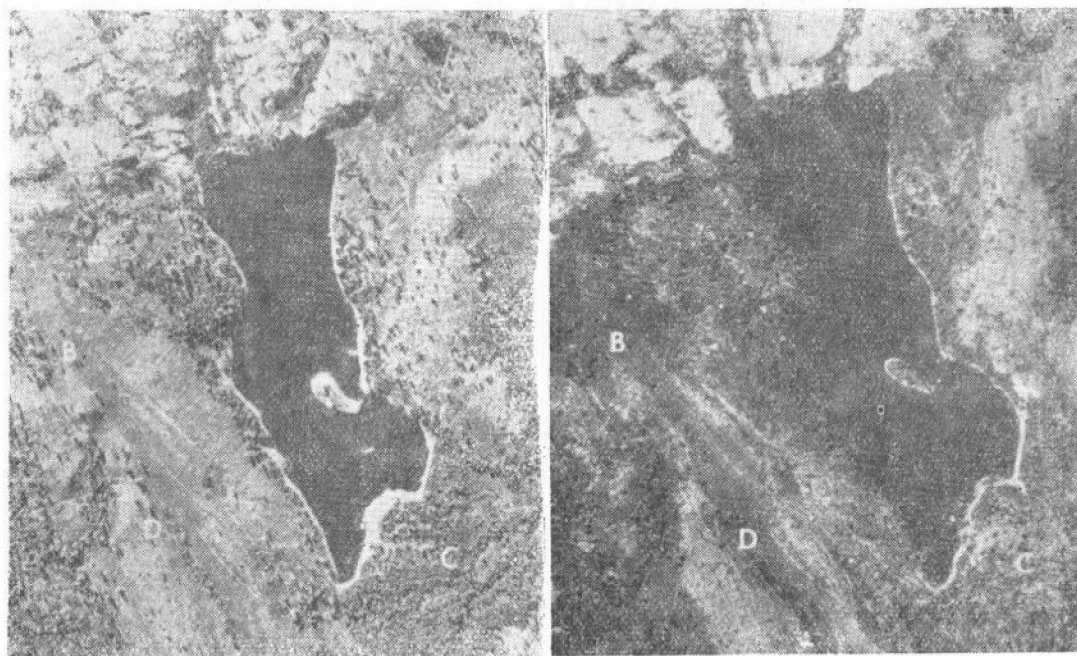


图1-4 通过比较采用同一谱段,使用全色胶片和红色滤光片,但在相隔很长时间的两个不同日子拍摄的两张像片,说明多日摄影帮助识别资源的价值。左边那张像片是1941年夏天拍摄的,右边那张是1967年夏天拍摄的。在正文中叙述了由二张像片可看到的有代表性的差异、类似点及其含义。

3.4 多级摄影 (multistage photography)

遥感专家像统计学家一样以同样的方式使用多级这个词。多级抽样方案就是指:对所研究区域累加小子样,逐步获取更详细的信息。多谱段、多日空间像片可能仅仅是用来辨认大的陆地或植被,以及大片荒芜地区的地形类别。有了这有限的信息,遥感专家就能选择几个有代表性的子区域,用第二级摄影学(大比例尺、高分辨率航空摄影)对它进行更精细的研究,以确定各种木材贮量或放牧各类牲畜的能力。还可能要取得三级子样,尤其是可能要对经第二级观察选择的几个重点森林或牧场区进行实地考察,以期获取更详细的资料来回答这样一些问题:这个地区是否真的蔓延着虫或病害?若确有病虫害,又是哪种昆虫或菌株?以及用现有的方法能控制它们吗?有了这样详细的资料,在制定清单——分析研究——实施作业程序一开始,就会目的明确并比用别的管理资源的方法更加明智。与单级

摄影相比, 多级摄影可以得到关于某一地区的更多的资源信息。例如, 图 1-5 是图 1-1 所示的同一地区的小比例尺航空和空间像片, 图 1-6 是该地区的一个局部的大比例尺航空像片。根据图 1-5 的空间像片, 可以很容易地勾画出主要植被和地形边界; 而根据图 1-6 的航空像片, 就能准确地识别出大部分树木的种类, 并可以准确测出树高和冠径, 以及通过使用预先编制的航空像片材积表, 能准确地作出森林材积估计。按小比例尺空间和航空像片勾画出来的每个地层的有代表性区域的这类信息, 就能按成材级别和种类——一个地层接一个地层, 准确地对整个林区的森林材积作出估计, 从而很易于作出森林资源清单。

3.5 多向偏振摄影

在把从太阳发出的一光束组成的各种波作为整体看时, 可以认为, 它在与那个光束平行的所有平面内振动, 这样它们穿透大气层射到地球表面上。但当光线被地面上的一种地物, 例如水, 反射回大气层时, 它可能被强烈地偏振 (即主要沿一个平面振动), 而当光线从另一种地物, 例如植被或破碎岩石, 反射到大气中时, 偏振即使有, 也很轻微。

多向偏振摄影 (multipolarization photography) 的最简单情况就是用二台相机进行拍摄, 每一台相机都带有一个偏振滤光片, 而后者只允许在一个特定平面内振动的光波通过。当其中一个相机的偏振滤光片按这样一个平面取向, 即在理想情况下这个平面包含有太阳、相机和地面待摄地物, 而另一个相机的偏振滤光片则取向与上述平面相垂直的平面时, 则由此二相机进行拍摄称作交叉偏振摄影。这时, 强烈偏振的地物由第一个相机成象比由第二个相机成象呈现得更亮一些, 但对于无偏振的地物, 就不呈现这种情况。既然地物的偏振能力是识别它的一个要素, 则与单偏振摄影相比, 多向偏振摄影就可以取得更多的地球资源信息。例如, 图 1-7 所示就是图 1-1 中部分区域内的各种地球资源特征的交叉偏振影象。

3.6 多向摄影 (multidirectional photography)

尽管现代大多数遥感手段是使用相机或其它传感器垂直向下工作的, 但在一些情况下, 如果还能采用传感器从一个或几个倾斜方向摄取同一区域的影象, 就可得到更多的信息。比较图 1-1 和图 1-7 就提供了这类与偏振、比例尺、胶片和滤光片无关的实例。本手册第二卷列举了许多其它的例子。

3.7 摄影图象的多次增强 (multienhancement)

通常, 为使像片判读者更便于搜集到恰当的信息, 而这种信息或者包含在一天中拍摄的某地的多谱段像片中; 或者包含在以一个谱段拍摄的一套多日像片中, 对于一套多向偏振像片也一样。

为了满足这个要求, 现已发展了一些技术, 可以把几种多谱段、多日和 (或) 多向偏振影象组合成一张彩色复合象。如前所述, 为实现所需组合, 有两种通用装置。在第一种通称为“光学合成仪”中, 一般就象幻灯片那样, 把要合成的一套像片做成同一比例尺的幻灯片, 通过采用适当的幻灯放映机, 并在其光路上插入一个蓝色滤光片, 把一套幻灯片中的任一张投影到屏幕上, 这样, 呈现在幻灯片上的灰色部分就会被转换成屏幕上的蓝色

部分。同样，把同一套幻灯片的第二张用第二架幻灯放映机同时投影到屏幕上，并与第一张记录到同一记录器中，而在第二架幻灯机的光路中插入的是一个绿色滤光片，这样第二张幻灯片上看到的灰色部分就转换成屏幕上的绿色部分。假定在这个例子中有三张影像需要合成，那么最后第三张幻灯片就经一个红色滤光片投影到记录器上。通过这种附加的上彩程序，屏幕上的合成影像就呈现出彩色象，而且显示在屏幕上的每种地物特征的色彩、色调和色度的特殊组合会与这套三张像片各自的黑白“色调特征”有直接关系(见图1-8)。这样一来，像片判读者只要检定一张彩色复合像就能搜集到必要信息；否则的话，那只有对三张像片的色调度，一种种资源特征进行比较分析，才能获得那些信息。因而使得像片判读工作变得很方便了。

在这些例子中，比如使用九个镜头的相机拍摄像片时，可能在一套多谱段的九张像片中，就有多达六张含有极有价值的色调信息。尽管1961年科尔韦尔阐述了只能使用三种颜色的合成方法，但在这些例子中，却可以将三个以上谱段的像片进行组合。

刚才叙述的“光学合成仪”这种类型的装置有它的局限性，这是因为与将要叙述的“电子合成仪”相比，色调度(即影像密度值)很少能调控。

电子合成影像的目的，也是把一套几张多谱段或“多日”黑白像片组合为一个复合彩色影像。所用像片与在光学合成仪中所用的完全相同，图象分析者可以把它们显示到一个闭路式彩色电视系统的屏幕上。一幅输入像片的色调度可以用调节电视系统屏幕上的蓝荧光粉的亮度来控制；第二张像片则用调节绿荧光粉的亮度来控制；第三张像片用调节红荧光粉亮度来控制。通过这种方法可把一幅复合彩色象显现在屏幕上，但是它与光学合成仪相比，空间分辨率较低，或者说“清晰度”(sharpness)较差。然而通过调节扫描三张输入像片的三台电视摄像机的刻度盘，人们可以达到十分有用的扫描密度，即能抑制存在于一幅或多幅像片中的不希望有的灰度级，同时增大剩下的全部灰度级，这样就可以很好地区分开各种地球资源目标之间的色调差异。有时如果为了某种需要，宁可牺牲精细的色调或颜色的鉴别，而要做到图象清晰度最好的话，还是采用光学合成仪为好。在其它情况下，当资源目标只能通过增加色调或颜色的差异来识别时，应该使用电子合成仪(比较图1-8和图1-9)。因此，与一次增强的像片相比，多次增强像片可以获得更多的地球资源目标特征的信息。

3.8 综合分析 (multidisciplinary analysis)

许多例子说明，由二个或更多的受过不同训练(如森林学和地质学)的像片判读者来分析像片，比起仅受过一种训练的人判读像片，可以获得更多的关于一个地区内整个地球资源“集合体”(complex)的信息。这个概念一般可以扩大为组织一个综合像片判读小组，它可以包括林学家、地质学家、水文学家、土壤科学家和土地利用分析人员。

为了充分利用这个综合分析概念的优点，小组的成员们可能会感到，采用像片判读的“讨论会体制”(conference system)是很有益的。这时他们同时在一起研究同一张像片，各个方面的代表根据他们所受的训练和经验，分析与他们各自有关的问题，从而对整个分析作出贡献。与其它可能采用的方法比起来，这可能是分析一个地区地球资源的更为准确而完善的方法。

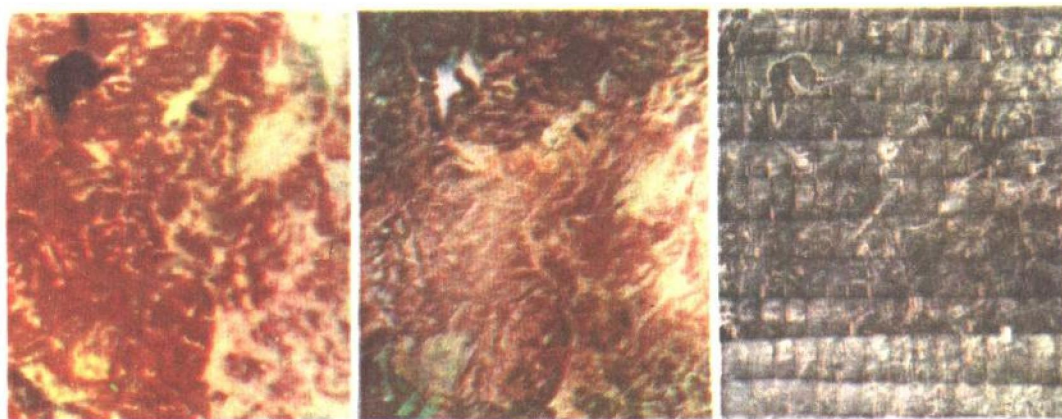


图1-5 制作地球资源清单的多级采样方案。左：地球资源开发技术卫星1号多谱段（光谱）扫描仪，从570英里高度拍摄的空间像片，这里已把字转换成彩色复合像片；中：从13英里高度，用彩色反转片(Ektachrome)拍摄的一幅“高空”像片；右：从2.5英里高度拍摄的全色消蓝的近200幅像片，覆盖着与左、中图大致相同的地区。图1-5中用红色勾画出的就是这种黑白航空摄影的一幅。当采用这种逐级摄影技术时，一般使用空间摄影勾画出整个待查地区的广阔资源边界，然后逐次使用大比例尺摄影，以得到逐渐小的子样区域的更细部的信息。一旦按此多级摄影方案完成了图象分析，那么为了作到广泛地估计这整个地区的资源，需要把这个程序再倒过来，这时可以认为每套细部信息代表了比取得小样本地区大得多的地层

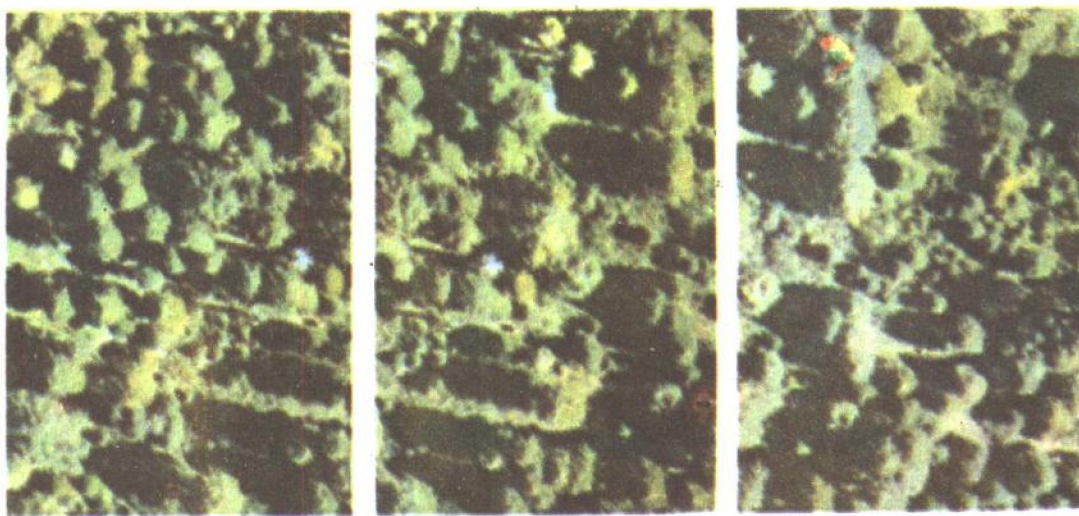


图1-6 在判读图1-5所示的小比例尺像片时，选择一个特殊地层的三维立体、大比例尺(1:800)的标准分地区(sub-plot)，可以识别出树木品种，并且可以按摄影测量方法测出树高、冠径及有关的一些特征数值。然后将这些资料应用于在小比例尺像片上勾画出来的相应的其它地层中