



遥感手册

第八分册



国防工业出版社



87.9
195

遥 感 手 册

第 八 分 册

〔美〕 吉尼·索利 查尼斯·波尔顿 等编著

马建维 蒋伊尹 王先觉 王在德 译

刘益悟 张声荣 校



国防工业出版社

8710677

内 容 简 介

《遥感手册》比较全面系统地介绍了遥感技术的各个方面,内容丰富,具有一定深度,全书分十二个分册出版。

第八分册是原书的第十七章和第十八章。第十七章主要论述遥感在林业方面应用的问题,其中包括遥感如何应用于温带林带、热带林带森林资源的清查,阐明了遥感图像应用于林地分类和材积估算的方法、设备、局限性和前景;叙述了遥感对各种森林灾害(如火灾、病虫害、空气污染、风灾)的探测能力和水平以及在森林经营管理(如果伐规划和人工造林)等方面的应用情况。第十八章主要论述遥感对牧区资源应用问题,其中包括遥感技术在牧区资源分析中的任务和作用;遥感应用于牧区资源清查和监测的方法、设备与发展前景;如何应用遥感对野生动物和家畜头数进行清查以及对狩猎的经营管理等。

本书可供从事这方面的科研、工程技术人员及大专院校教师 and 研究生参考。

1036/14

Manual of Remote Sensing
Gene A. Thorley, Charles E. Poulton et al.
American Society of Photogrammetry 1975

遥 感 手 册

第八分册

〔美〕吉尼·索利 查尼斯·波尔顿 等编著

马建维 蒋伊尹 王先觉 王在德 译

刘益悟 张声荣 校

国防工业出版社出版

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

787×1092 1/16 印张8⁵/₈ 197千字

1987年3月第一版 1987年3月第一次印刷 印数: 0,001—1,730册

统一书号: 15034·2955 定价: 2.55元

7730178

译者的话

美国摄影测量学会集中了数以百计的有关科学家和工程技术人员,从1969年开始,花了约近六年时间,编辑并于1975年出版了这本遥感手册。遥感技术作为一门新兴学科,随着空间科学技术的发展,近十多年来进展很大,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,我们请各方面的同志共同翻译并出版这本手册,以供有关科研、教学和工程技术人员参考。由于遥感技术本身是一门新学科,应用范围又特别广,加之我国在这方面的的发展起步不久,有些定名和理解可能还需商榷。

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:

- 第一分册 遥感基础(第一至第五章);
 - 第二分册 光学和电-光遥感器(第六至第八章);
 - 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、第十一和第十三章);
 - 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(第十四和第十五章);
 - 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(第十七和第十八章);
 - 第九分册 遥感应用:水文学与海洋学(第十九和第二十章);
 - 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(第二十五和第二十六章)。
- 本书封面特约张博智同志设计。

目 录

第十七章 林地的清查与评价

1. 引言	1
2. 林地的清查	1
2.1 美国和加拿大的温带林带	1
2.2 欧洲的温带林带	28
2.3 南半球的温带林带	38
2.4 热带林带	40
3. 灾害估计	48
3.1 防火	48
3.2 森林虫害	53
3.3 森林病害	61
3.4 空气污染	65
3.5 暴风灾害	66
4. 森林经营管理	67
4.1 林木采伐规划	68
4.2 监测采运和人工造林	69
5. 游憩林	72
5.1 游憩林的资源调查	72
5.2 游憩区资源的监测	72
参考文献	73

第十八章 牧区资源的清查、 评价和监测

1. 引言	83
1.1 牧区的定义	83
1.2 范围和应用的的可能性	83
2. 信息的需求	83
2.1 影响信息需求的各种 变化因素	84
2.2 牧区资源管理所需要 的信息	84

3. 遥感技术在牧场资源经营管理中的作用——历史回顾	86
4. 遥感技术在牧区分析中的任 务和作用	87
5. 遥感技术用于牧区清查和监测的 一般方式	90
5.1 一般概念	90
5.2 实施作业流程	90
5.3 计划实施	96
6. 牧场清查的应用	97
6.1 用黑白航空摄影清查	97
6.2 用彩色航空摄影清查	99
6.3 概略资源清查和牧场资源	106
6.4 高空摄影在牧场清查 中的应用	107
7. 牧区资源的监测	108
7.1 地面摄影	108
7.2 常规的全色航空摄影	109
7.3 大比例尺航空摄影	110
7.4 从轨道卫星上监测植物发育	116
7.5 用于变化探测的正、 负掩模片	117
8. 野生动物和家畜的清查	119
8.1 活动物头数的调查	119
8.2 航空目视观测	119
8.3 摄影探测	120
8.4 利用航空热红外扫描技术进行 动物调查	123
9. 在野生动物经营管理上其它方面 的遥感应用	128
10. 狩猎和捕鱼管理	129
参考文献	130

0020178

第十七章 林地的清查与评价

作者 吉尼·A·索利等

1. 引言

森林占了地球上可更新自然资源的大部分。历史表明,要求对林地的采伐利用将与日俱增,然而这种采伐必须同森林对游憩、野生动物生境和水源等方面的利用保持平衡。从多方面的需要,有时是带竞争性的需要的观点来看,林地经营管理者要确定土地的合理利用是很困难的。

作为一种制定政策和做出决策的基础,林地经营管理者必须要及时而准确地掌握林地的总数、分布、质量和变化情况等方面的数据资料。本章的目的就是阐明如何借助于遥感技术来提供所需要的数据资料。

2. 林地的清查

2.1 美国和加拿大的温带林带

2.1.1 林地的分类

专业的林地经营管理人员已经懂得,关于林地经营管理所需要的很多信息,可以很容易地在各种不同类型的航空像片上得到。而对在像片上无法辨别的那些地物特征和情况,通常则可借助于像片能更有效地实地收集到这些资料。因此,人们发展了一些根据航空像片迅速而准确地进行林地分类的系统,分类因子可以直接从像片上估测或量测得到。在像片上可以直接看到地物和它们对地面真实情况所提供的最好估计,按此进行森林分类的概念是构成最充分利用遥感图像的基础。例如,利用常规航空摄影技术,通常可以按林分类型、树种组成、树种分布、大小级和树高对用材林进行分类。

从三十年代,对加利福尼亚、密西西比和田纳西河谷进行森林分类规划以来,强调的主要是直接评价用材林资源。虽然,在1960年美国通过了多种经营条例,目的是要寻求对林地各部分做出最佳的森林综合利用方案,但最近在一些主要公共林区仍向着“环境恶化”的方向发展,因此,林地经营管理者除对用材林进行管理外,正在涉及到土地经营管理的各个方面。从而,对林地分类的方法也反映了这种趋势。所以,一个现代化的分类方案就要描述整个土地系统,包括植被、坡地位置、坡度、坡长、坡向、土被、温度带、表面岩石和石的含量、流域的结构及河流分级等。

(1) 分析的方法

林地分类是通过选择适当的分类方案同图像判读技术和外场作业相结合来完成的。但必须强调指出,图像只是用于补充、改进或减少野外作业,而不能完全用它来进行分类。所以,一个最理想的分类方法应该是最大限度地利用航空像片,而把所需调查地物的野外工作量降至最小。美国农业部的林业局在美国西部用材生产林中应用的一个分类

8710677

系统实例如图17-1所示^[809]。虽然，这个分类系统包含了林分类型、树种组成、林分大小级和立木度，并曾试图在林地经营管理中推广使用，但它只能确定林木资源。土地经营者期望使用适合于他特殊需要的系统部分。因而，各部分将根据需要可以被采用

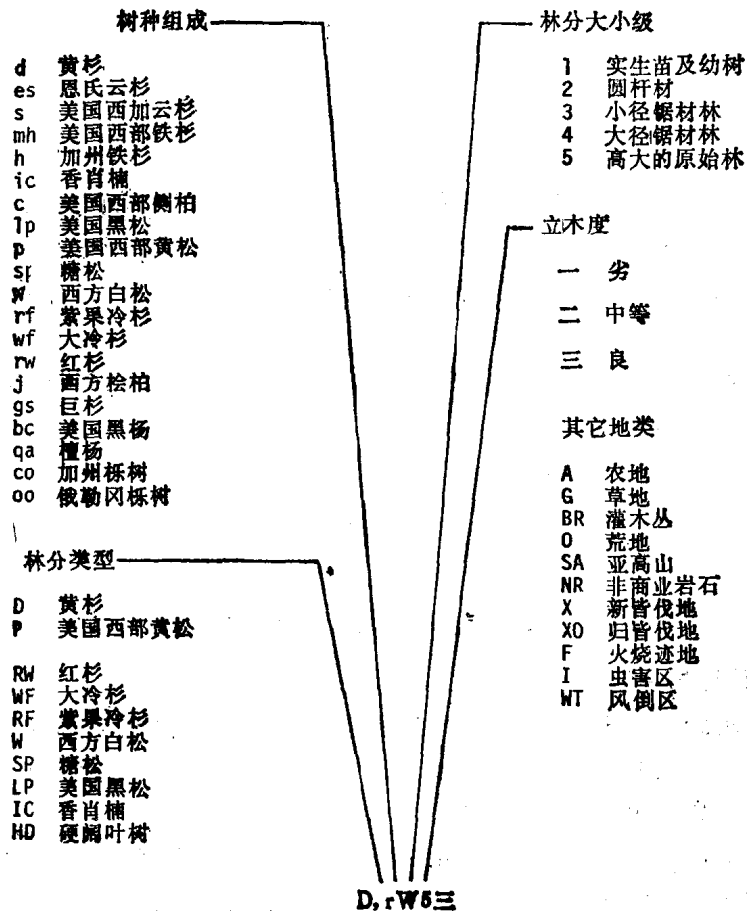


图17-1 这个分类方案现用于美国西部多林地区。实例符号D, rw5
 表示：林分类型——黄杉 (D)，树种组成——黄杉胸高断面面积组成
 系数为20%或红杉 (rw) 20%以上；林分大小级——多为高大原始林
 的锯材林 (5)；立木度——良好 (三)

或略去。最小制图面积一般为4公顷(10英亩)，但根据它们的重要性也可以更小些。用1:15840比例尺黑白垂直航空像片绘制的林分类型图，如图17-2所示。

通常只有在大比例尺像片上进行树种组成的分类才是切实可行的，这种工作一般包括很复杂的判读过程，分类的可靠性决定于像片的质量、判读员的技术水平和判读设备^[184, 347]。塞威特根斯坦(1960年)曾论述：随着像片比例尺的不同，树冠特征对树种识别的重要性^[285]。他对加拿大东部生长的二十四个树种，在描述其影像特征的过程中，对物候学及生态学的价值进行了专门研究。赫勒等人应用大比例尺彩色透明片(1:1584)证明^[109]，对明尼苏达州北部发现的十四个树种识别的平均准确度达到80%以上。

有效地进行林地分类通常需要有高度业务水平的图像分析人员。他们必须充分了解影响图像判读的许多因素；此外，还要象经过专业训练的土地经营者一样，熟悉所

7700172

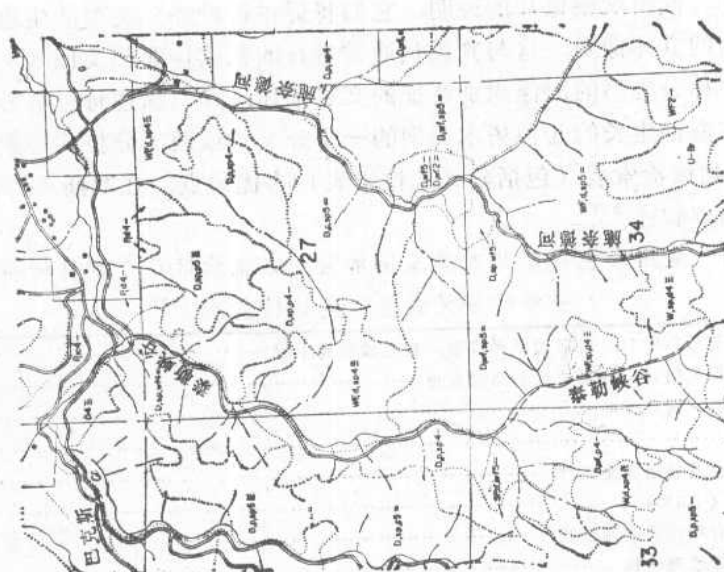
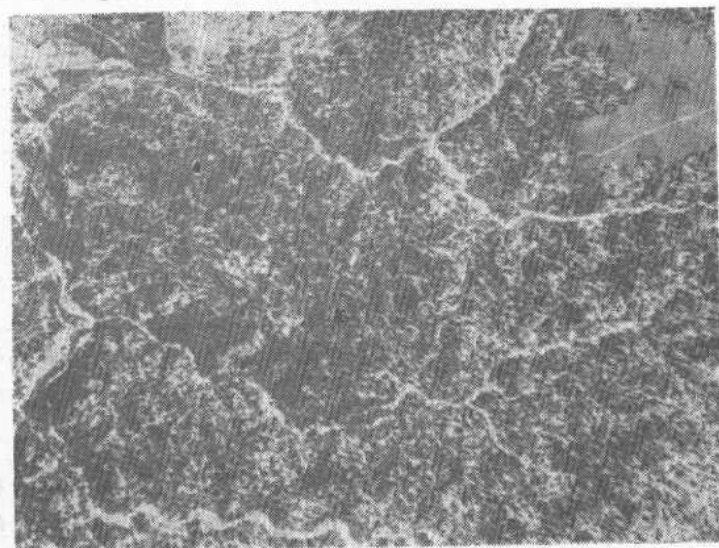


图17-2 左图是垂直摄影的黑白像片，所示为加利福尼亚州北部内华达山脉西坡的针叶混交林部分。右图是用垂直摄影航空像片及图17-1说明的分类方案绘制的林分类型图



分类的森林环境。有经验的分析人员能很快地熟悉影像特征(如大小、形状、颜色或色调、阴影、图案、位置和植物群落),这些特征是与所分类的各种地物特征或条件相关联的。训练用的辅助工具或参考资料,如像片判读检索表,对分析人员熟悉这些可分辨的特征通常是有用的。科尔韦尔(1965年)曾提出^[66],林分类型的判读检索表至少应当包括四个方面:(a)倾斜观察像片的说明,它们将提供每种林分类型的生境;(b)垂直观察每种林分类型的立体像对,这与判读员通常进行的判读作业相类似;(c)按某些系统的方式陈述每种林分类型的图像识别特征的文字描述;(d)描述每种林分类型意义的说明书。对美国东南部生长的几种树木类型的一个分叉式或两叉分枝式检索表的实例介绍于表17-1^[160]。判读检索表(包括分叉式检索表)的优缺点,在罗斯克等人(1955年)的文章中做了摘要叙述^[257]。

表17-1 应用彩色透明片对美国田纳西州东部林区几个森林树种进行分析的分叉式像片判读检索表^[160]

1. 枝条分层, 三角形放射状, 树冠边缘锯齿形, 树叶浅绿到中绿	白松
1. 枝条没有三角形放射状, 树冠边缘不是锯齿形	见 2
2. 叶大多不显著, 树枝无叶	见 3
2. 树冠有叶	见 5
3. 无叶、树干暗色及枝条完全无叶	白松
3. 剩下树叶很少 (<5%)	见 4
4. 枝条使树冠有精细的纹理结构	美国白腊树及黑胡桃
4. 枝条显现中等纹理结构	黄花七叶树
5. 树叶稀疏, 树叶的主要部分(40%)早期脱落	见 6
5. 树冠叶稠密, 在枝条上树叶多	见 8
6. 枝条明显地分开, 树冠边缘形状为圆形或椭圆形, 而且通常很大。枝条银灰色。 树冠叶有精细的纹理结构, 树冠颜色为中橙黄到暗橙黄色	美国水青冈
6. 枝条显现出更庞大, 且有中等的张开, 树冠形状和大小是变化的	见 7
7. 树冠顶部钟形或簇生, 树冠边缘中等曲折, 树叶颜色为中红色或淡红橙色	美国紫树
7. 树冠顶部圆形, 树冠小, 颜色为暗粉红色到灰红色	美国枫香
8. 树冠边缘形状圆形或椭圆形, 一般无锯齿	见 9
8. 树冠边缘形状一般不规则, 有中到大的弯曲, 树冠顶部钟形、簇生或波状	见 10
9. 树冠结构精细、羽毛状、树冠小呈线状, 优势树冠颜色为淡绿色到黄绿色	短叶松或雪松
9. 树冠结构非常精细, 树冠顶部圆形或宽椭圆形, 树冠小丛状或部分丛状, 树冠颜色为浅黄绿色	刺槐
10. 大量阔叶分开或部分树冠分开, 树叶为黄绿色到淡黄绿色	白栎
10. 优势树冠浅灰红色、灰红或暗黄粉红色	猩红栎

在熟悉和训练的阶段, 可以使用该像片判读检索表, 分析人员应当懂得影响遥感器成像质量的许多因素, 诸如胶片和滤光片的组合、图像比例尺、摄影的季节和当天的时间, 因为林地的影像受这些因素的影响很大(图17-3)。

分析人员一旦通晓了分类的地区、采用的分类方案、待分辨的每一种地物的影像特征之后, 他就可以确定出所需要的影像范围(画出有效面积、所有权界线等等), 并把有代表性的森林各部在像片上直接地勾绘出它们的轮廓。分析人员按下列要求把林地划分成同类的层:(a)森林环境的复杂性;(b)把准确判读跟各级之间的差别很好结合起来确定适当的级数;(c)影像的质量;(d)分析人员的准确而稳定地分析能力。而后分析人员必须对初步的判读结果进行野外检验。这种检验作业既可在地面进行, 也可在低空飞行的飞机或直升飞机上进行^[68, 136]。分析人员一旦确信了最初判读的准确度是合格的

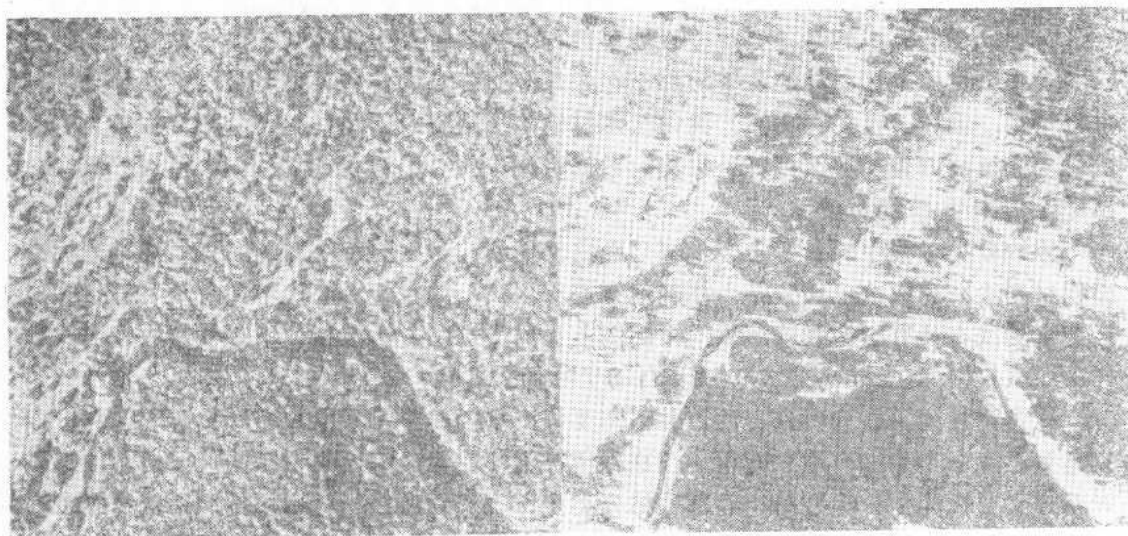


图17-3 在美国缅因州东部的北方硬阔叶林和挪威云杉的季节性全色像片（原比例尺为1:5000）。左面为夏季摄影的像片，右面为冬季摄影的像片。注意图上部的许多无叶阔叶林树冠在冬季像片上是很难辨认的，但在夏季像片上却很容易看出。冬季深色的针叶林对其它所有地物特征有很好的反差。由图的下部及右部集材道路的痕迹和冬季像片中部，还可以看出曲折溪流的细部

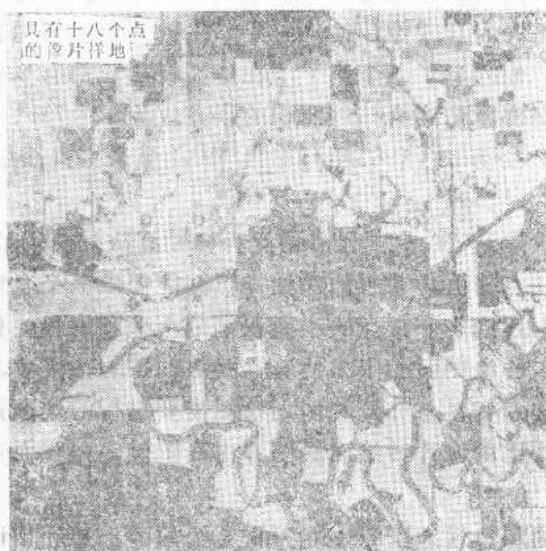


图17-4 每张像片上有一个十八个点的样地，在立体像对的一张像片上定向，在本图中的情况是十八个点中有九个点落在森林的细部。在立体镜下成材林木和比较小的林木大小级的点数是可以确定的。围绕点的一英亩小圆作为分级的最小面积

以后,他就可回到室内对其余的林地进行区划和分类,而对所有有问题的地区再继续进行野外检验。

在判读任务完成的基础上,一般需要进行大量的野外作业,其工作量取决于分类的目的。如果目的是用材林的清查,那么在像片上看不到的一些重要参数,就必须到现场进行量测,如树干直径、树高、树种、木材缺陷、缺陷原因和枯损百分数。如果目的是进行土壤植被调查,那么到野外收集的数据资料应有:土壤深度、土壤色泽、母质、pH值、结构和粒度等项目。

林地分类过程中的最后一个步骤是确定已描绘和辨别的每个层的面积。通常用标准面积量测法来完成这项任务,当精确地知道比例尺,并且地形起伏不大时,可直接在像片上量测或在具有图像判读结果的平面图上量测。这些方法包括使用点格网法、航线抽样法、试权(cut and weigh)法和自动坐标计算装置。

应该注意到,有许多分类设计并不需要每个重要林分类型的分布和位置的资料,而只是关心每个类型占有的总面积。在这种情况下,就无需编绘类似于图17-2所示的那种既费时又费钱的林分类型图,而每种林分类型所占据的总面积,则可按照系统设置或在像片上随机设置的大量抽样点进行分类来确定(图17-4)。各林分类型的面积计算如下:

$$\text{林分类型面积} = \text{总面积} \times \frac{\text{林分类型点数}}{\text{总点数}} \quad (17-1)$$

关于选取样点的数目、大小、形状和位置的方法,比克福德(1952年)^[38]和兰利(1962年)^[168]曾概略地论述过。

这个抽样方法的优点是不需要划定边界,因此比较快。1967年在美国林业局所属国家森林勘测队直接参与下,美国的1900万公顷(4800万英亩)林地按抽样点分类系统已清查完毕^[7]。森林勘测队的目标是每五~十年进行一次复查。奥尔德里奇指出^[7],林地分类的准确度依地区不同而异。像片使用年限、主要的土地利用方式和判读员的能力,都对其有一定的影响。他列举了一个例子,在华盛顿州北部有2%的林地分类是错误的,而在佐治亚州西南部,估测有林地面积的误差仅为 $\pm 0.7\%$ 。在缅因州69万公顷(170万英亩)的地区上,杨等(1963年)指出^[341],当采用九个层时,像片分类99%是正确的。

兰利(1962年)曾提到^[168],加利福尼亚森林勘测队提出的抽样点分类系统优于完整的绘图系统有下列几点理由:(a)像片抽样点网能提供一个全域,从中选取随机样本用于野外调查;(b)由环绕一个样点的小面积划分土地利用级、林分大小级、材积级和地被物类型要比在较大的绘图面积中来估算这些级的平均值更容易并更准确些;(c)在计算机卡片上的穿孔样点资料与林分的区划绘图需要进行的烦琐计算相比,大大简化了计算程序;(d)点抽样比由像片转绘成底图并由底图确定面积而进行整个面积的区划绘图要快而经济。

在加拿大已开发的和边远地区的260万平方公里的土地利用调查中,广泛地应用了航空像片。加拿大土地利用调查包括对农业、林业、游憩和野生动物生境等土地能力的评价。这一计划的主要说明可参见文献[76]。专门的分类系统和方法已经研制成功。这些内容在有关加拿大土地利用调查的出版物中都有充分的论述,例如,关于林业、野生动物栖息和户外游憩的情况在文献[17]、[187]和[234]中都有阐述。土地能力等级是根

据土地物理特性和在一个气候区内单位面积生产的农作物、林产品的总量或维持野生动物生境及游憩活动的的能力确定的。关于土地物理特性和能力等级判读的一般方法见文献〔90〕和〔91〕。

上述的从像片上提取分类信息的方法仅是一些手工作业法。目前还无法取代训练有素的土地经营管理人员，他们能仔细观察图像并通过他们的头脑——复杂的并行多重处理计算机，提取出重要的分类信息，但在许多方面人脑还比较慢。分析人员可以做许多简单的分类工作，而自动化的计算机图像分类则非常快。并且，计算机处理能使人扩大他的能力，且能完成其它方法所不可能做的工作。例如，自动图像分类技术不仅能对森林分类做出最后判定，而且还能：(a) 进行一阶近似判读，提出要求用人去作进一步分析的地区；(b) 组合并汇总可见光谱段以外所收集的遥感数据；(c) 通过放大低于人眼分辨极限的微小辐射率 (radiance) 差的方法从图像上提取其它的信息。

借助计算机对森林进行分类研究的一个最成功的例子是处理国立黄石公园中一个崎岖的31平方公里的森林区域^{〔280〕}。它使用珀杜大学的LARSYSAA程序，通过自动化方法编制的计算机图表示了八个植被地带等级的分布。这些等级是：裸露的基岩、生有植被的基岩碎石、山麓堆积、冰川沉积草地、冰川冰砾草地、森林、沼泽及水。所有制图的准确度都大于80%。

在密执安32公顷林地上也试验过树种的自动识别^{〔225〕}，林地包括有三角叶杨、欧洲山杨、柳树、榆树、糖槭、扁柏、刺槐、白栎、松树、赤栎、云杉和黑胡桃。密执安大学的光谱处理和识别计算机 (SPARC) 被用于对这一林地进行分类。针叶树、赤栎、白栎、刺槐、黑胡桃和糖槭等树种是可以区别的。在划分主要类型，即环孔材、散孔材和针叶树种时，可获得非常好的结果。此外，主要的阔叶树种亦可以有效地区分开，包括从白栎中区别赤栎，其准确度约为70%。

在加利福尼亚州，伦特 (1969年)^{〔170〕}使用珀杜大学的LARSYSAA程序，曾试图在多波段扫描影像上辨别出九种地类之间的差别 (稀疏的混交灌木林、稠密雪地灌木林、稠密村落、混有阔叶林的针叶林、皆伐的灌木林、道路与裸露地、湖滨线、水面及雪区)。根据最大似然比率的计算，最终分类结果是成功的，仅有一对地类始终未能把它们两个区分开，即道路和湖滨线。大多数分类误差是由于阴影和地形起伏所造成的。

包括各种针叶树种和阔叶树种混交林地之间的辨别，也在加利福尼亚州用全色像片的自动光扫描方法进行了尝试^{〔161〕}。关于林分类型用完全自动化的光扫描法来分类，早期的试验表明，一百个数据单元中有九十七个是正确的。在一个试验林地进行试验时，对所观测的类型用自动分类，有46%是正确的，而用纯随机分配的方法只有25%的分类是正确的。

(2) 影像的类型

在黑白像片上可以进行林地分类的程度主要取决于像片的质量、比例尺、摄影季节、采用的胶片-滤光片组合以及分析人员的背景知识和经验。最常用的像片为像幅22.8×22.8厘米的黑白片，比例尺为1:20000或1:15840 (图17-2)。美国农业部林业局出版的《林业工作者航空像片判读指南》^{〔22〕}是使用黑白像片的最好参考书。

虽然，关于如何使胶片与滤光片进行最好的组合以适用于估测森林环境，已进行过一些研究，但对全色胶片-减蓝滤光片及红外胶片-减蓝滤光片这两种组合究竟那一种好

仍未有定论。例如，就美国西部地区的树种辨别而论，有人认为使用全色像片较好^[134]。可是，在东部同样性质的许多林区中，需要区别的是阔叶林和针叶林。斯珀尔和布朗（1946年）^[288]以及西利（1949年）^[274]对此却认为，红外胶片-减蓝滤光片的组合在提供阔叶树和针叶树之间的色调差别方面更为有效，但对探测单个树种的价值较小（图17-5）。在威斯康星州，蔡斯和多罗科夫（1947年）^[57]以及施泰格尔沃尔特（1948年）^[290]都提出用红外胶片-减蓝滤光片组合。在阿拉斯加州，斯通（1950年）^[297]曾成功地应用了全色片；而赫格（1966年）^[102]却提出用红外胶片-减蓝滤光片组合。显然，当选用适当的胶片-滤光片组合时，特别对用于确定树种组成，各地区使用的结果并不能使人满意。然而，根据调查目的的差别，可以确定最优的像片规格要求，但它会受到本节上面讨论的许多因素的制约（图17-6）。

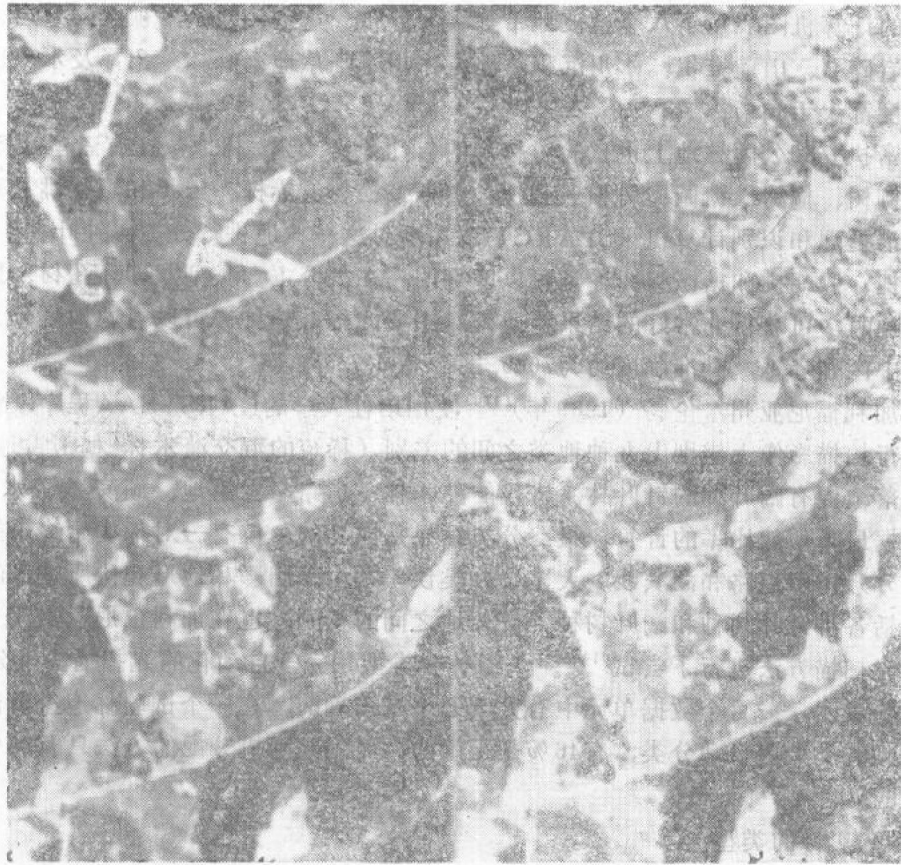


图17-5 垂直航空立体像对，比例尺为1:30000，表示的是在佐治亚州东北部的短叶松、原始林和山地阔叶林。上图是用红外感光胶片摄影的，下图是用全色胶片-减蓝滤光片组合摄影的。从这里可以看出，在辨别A处的纯阔叶林、B处的纯松林和C处的松树与硬阔叶树混交林之间的差别时，黑白红外胶片优于全色胶片

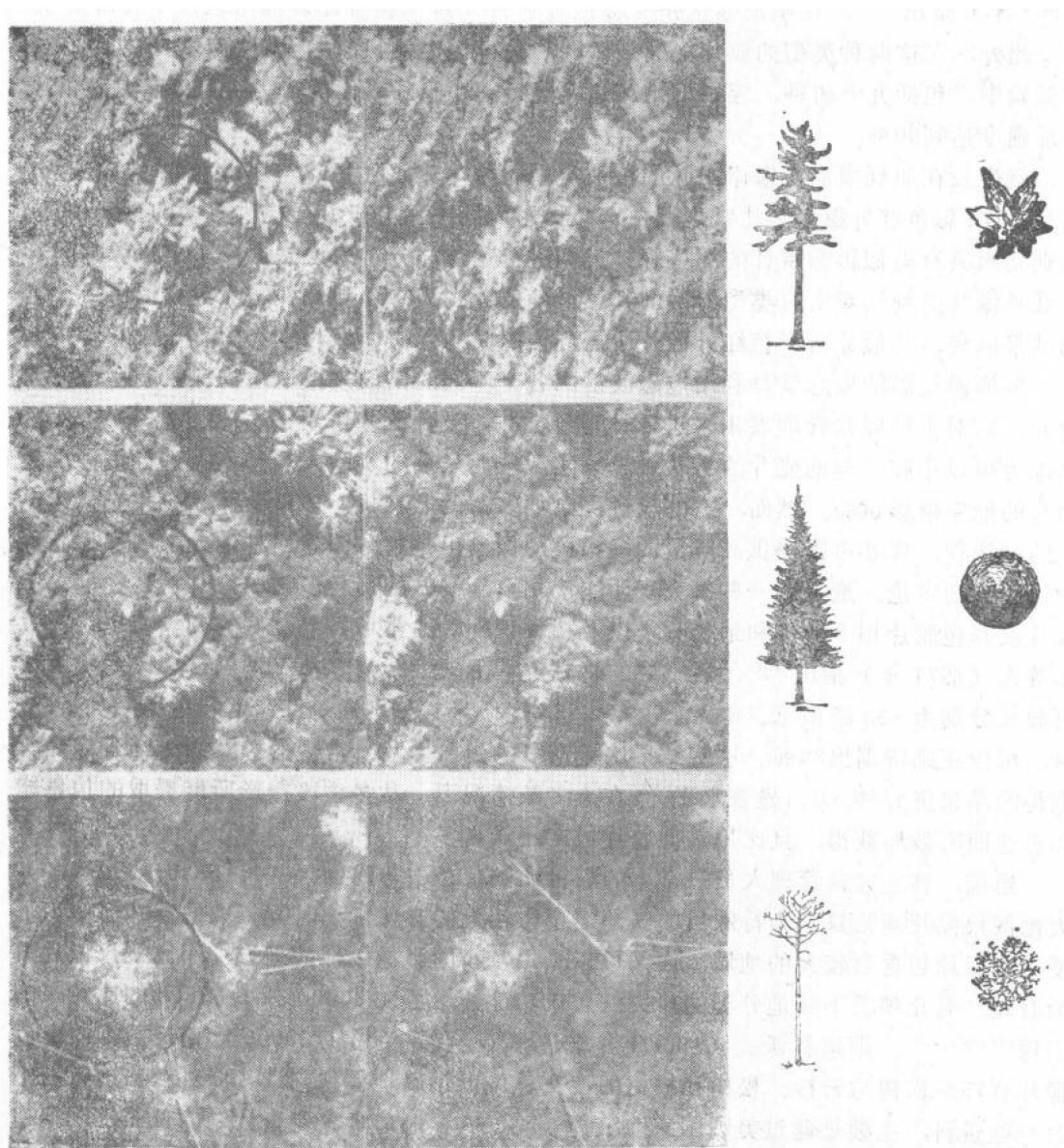


图17-6 识别单个树种通常需要按照最佳规格要求的大比例尺航空像片。为了辨别本图所示的三种树木类型（它们生长在加拿大东部），判读员必须要估测树木形态的特征，诸如树冠形状和发枝的习性^[266]。右图是白松、香脂冷杉和白杨的垂直和水平树冠图。配合立体像对说明这些树木。这些像片是用全色胶片摄影的，比例尺为1:600。上面的两个立体像对是在夏季摄影的，下面的一个立体像对是在春天摄影的

彩色胶片和彩色红外胶片的质量最近几年已经取得了稳步的改进，并且由彩色负片制成像片的成本要比常规黑白像片低。所以为进行林地分类，彩色摄影正在得到迅速推广。贝金（1959年）认为^[31]，彩色航空摄影对绘制森林植物图和土壤类型图以及为分辨树种之间的差别，要比常规黑白摄影能提供更大的可能性，因为显示地物和状态在色调、饱和度与亮度差别方面彩色的范围比较大。同样，在绘制南卡罗来纳州植被类型图时，安森（1970年）指出^[18]，彩色红外摄影要比黑白摄影能提供更多的信息。赫勒等人

(1964年)指出^[100],在明尼苏达州的彩色透明片上辨别树种比在黑白像片上要准确得多。此外,在这两种类型的胶片上,判读的准确度随比例尺的增大而增大,例如,在一次试验中,包括九个树种,应用的是70毫米彩色透明胶片,比例尺为1:1584,判读的平均准确度达到90%。

就生长在加利福尼亚海岸山脉的植被类型而论,劳尔(1968年)指出^[105],在林分类型方面,彩色红外摄影要比常规黑白全色摄影能给图像分析人员提供更多的重要信息,特别是对具有类似影像特征的那些森林类型进行定位和分辨来说是这样。全色像片和彩色红外像片的判读对所有类型给出的判读准确度分别为77%和89%。除需要提供更准确的结果以外,一般分析彩色红外像片所需判读的时间比黑白像片少25%。

多谱段摄影的概念就是利用电磁波谱的各个不同的谱段来摄取地物在色调特征上的差异,它对土地经营管理者用来进行林地分类并不是什么新鲜事^[51,95,184,261,268,286]。这是因为可以用胶片与滤光片的各种组合来实现,而早期的实验人员却不能进行每种可能组合的航空摄影试验。然而,新的设备,诸如多谱段照相机、多镜头照相机和光学与电子的扫描仪,现在可以提供高质量的多谱段图像,但是这种图像对林地分类的用途尚未做出明确的定论。最近的一些研究表明,应用重新制做的彩色多谱段像片代替标准黑白胶片或彩色胶片用于植被和地形分类以及树种识别,通常可得到较好的判读结果^[67]。劳尔等人(1971年)指出^[167],最重要的森林类型,即针叶树,在三种黑白图像(峰值透射波长分别为533毫微米、682毫微米和754毫微米)分别通过红、蓝和绿滤光片投影时,可以正确辨别出88%。这些结果比单谱段的黑白像片、常规彩色及彩色红外像片所取得的结果更好些(0.1显著水平)。在大多数情况下,从多谱段摄影所能提取的信息能够迅速而有效地获得,且比用常规胶片成本还低得多。

当前,林地经营管理人员最常用的影像比例尺是中等比例尺(1:15840~1:20000)。大比例尺像片通常只是为特殊目的(即需要比较大的影像细部时)摄取的。在那些为了使每张像片包含有较大的地域,而又可以采用较小的影像细部的地方,小比例尺像片更为有效。有几项关于林地分类的研究就曾成功地使用了1:30000~1:50000的比例尺的图像^[80,194,232]。斯坦林沃夫(1968年)报道^[204],在芬兰用1:30000比例尺摄影的全色像片有75%松树与云杉、松树和桦树的混交林可以正确地得到判读。此外,当前正在汇总一些资料,主要是通过美国国家航宇局(NASA)地球资源调查计划,试图证明把超小比例尺(1:100000~1:500000)图像应用于一些林业调查的目的(包括林地分类)(图17-7,见书末)。例如,在加利福尼亚州,劳尔和本森(1973年)^[168]用比例尺为1:15840的常规黑白像片与用RB-57F型飞机离地面20000米高空拍摄的比例尺为1:120000的彩色红外像片进行了比较。对于每一种图像,就20000公顷地区的林地分类结果,按边界位置准确度、林分类型辨别和判读时间进行了比较。最后发现,小比例尺彩色红外图像提供的成果与由大比例尺黑白图像取得的成果相比,几乎对每一种情况都不相上下。而其中最重要的一点是使用小比例尺图像时,判读时间可减少50%以上。

尽管空间遥感仍处在实验性阶段,但关于用从地球轨道飞行器获得的图像进行林地分类的可行性研究,可借助于阿波罗-9号的像片(如图17-8所示)来进行。空间像片的优点之一就是具有宏观性,即相对于它的周围环境可以看出任一特殊的森林类型。通常一个不容易识别的自然地物特征,如果与周围的地形、植被和土壤类型相联系,就可单

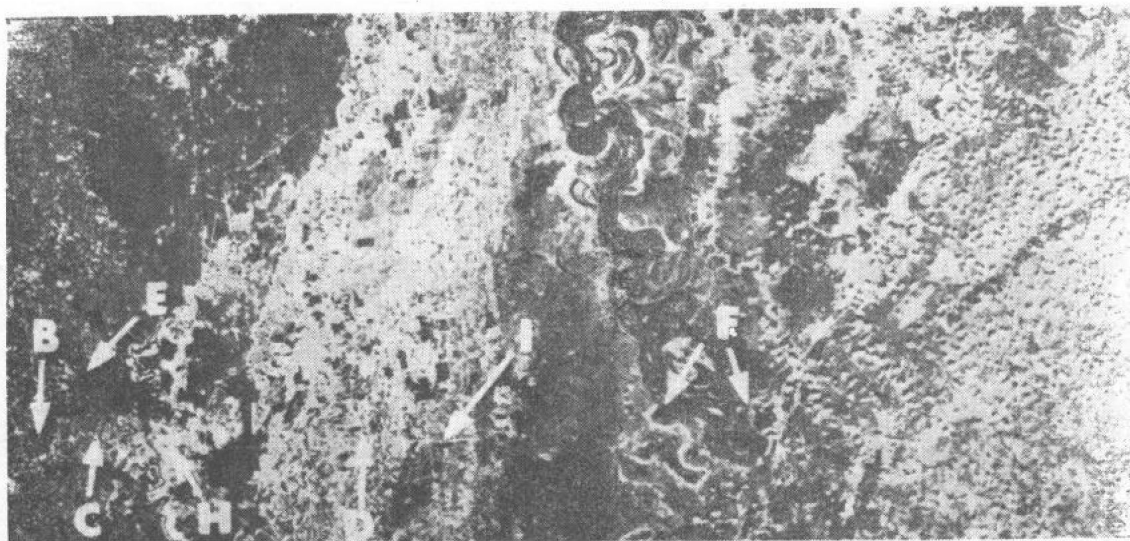


图17-8 1969年3月从阿波罗-9号飞船拍摄的两张重叠彩色红外像片经拼接且复制成黑白像片。在由距地表190公里高度摄取的这两张像片上，可以看出阿肯色州、路易斯安那州及密西西比州的部分地区。从中可以看到密西西比河横贯镶嵌图的中心。熟练的判读员可以有效地辨别出落叶林（A）、松树林（B）、落叶树和松树混交林（C）、耕地（D）、开阔水面（E）、江河（F）、沟渠（G）、城市和工业区（H）以及主要道路（I）

独识别出来。应用摄有阿肯色州、密西西比州及路易斯安那州的阿波罗-9号的图像(如图17-8所示)，由十个熟练判读员组成的小组就能把森林环境划分成几个主要的植被和土地类型^[67]。所得到的制图准确度达：落叶林81%；松树林90%；落叶树与松树混交林56%；生有植被的耕地92%；裸露地100%；休闲地90%；开阔水面90%；河流及沟渠90%；道路85%；城市及工业地区67%。

1972年7月发射的地球资源技术卫星-1号的最有效的特性就是不管天气如何，能每18天对地球同一地方获得多谱段图像。因此，它可以用来探测、辨认并估测地面和植被光谱反射比的季节性变化。用计算机和像片判读技术对林分类型的物候学的分析（连续“绿色波”型和“褐色波”型）已提供了关于北美森林的额外信息^[78]及荒地资源的额外信息^[60]。

地球资源技术卫星-1号试验的初步成果表明，对加利福尼亚州内华达山脉北部特殊资源类型的识别平均准确度可达67%，对主要资源类型的识别准确度达73%，而把高空飞机摄影同地球资源技术卫星-1号图像的判读相比，计算的设计成本比率为7:1^[161]。希斯和帕克（1973年）^[101]根据地球资源技术卫星-1号图像对得克萨斯州的休斯敦国有林编绘树种、林况和土地利用图同样取得了成功。把结果与用飞机取得的图像加上地面检测进行比较得出，采用一般图像判读技术，准确度为63%；采用计算机判读，准确度为70%。

为了确定机载侧视雷达图像对估测森林环境的作用，早期的研究是由莫雷恩和西蒙内德（1966年）在犹他州、俄勒冈州和阿拉斯加州地区进行的^[211]。他们发现，一个熟练的分析人员可以用机载侧视雷达图像，根据影像的色调和纹理特征的比较并结合以该

地区的基础地理知识进行下列作业：(a) 编绘区域植被类型图；(b) 区分随着高程变化的植被带；(c) 区分旧的火烧迹地的类型；(d) 区分用材林界线；(e) 按靠近单一特殊林分特点的地区识别树种（图17-9），其它的研究（参见文献[71、100 和 313]）也都曾推荐用雷达图像来进行林地粗略分类；然而，限制这种图像使用的主要因素是各种不同植被和地物特征体现在图像上的色调和纹理特征受地形的影响很大。

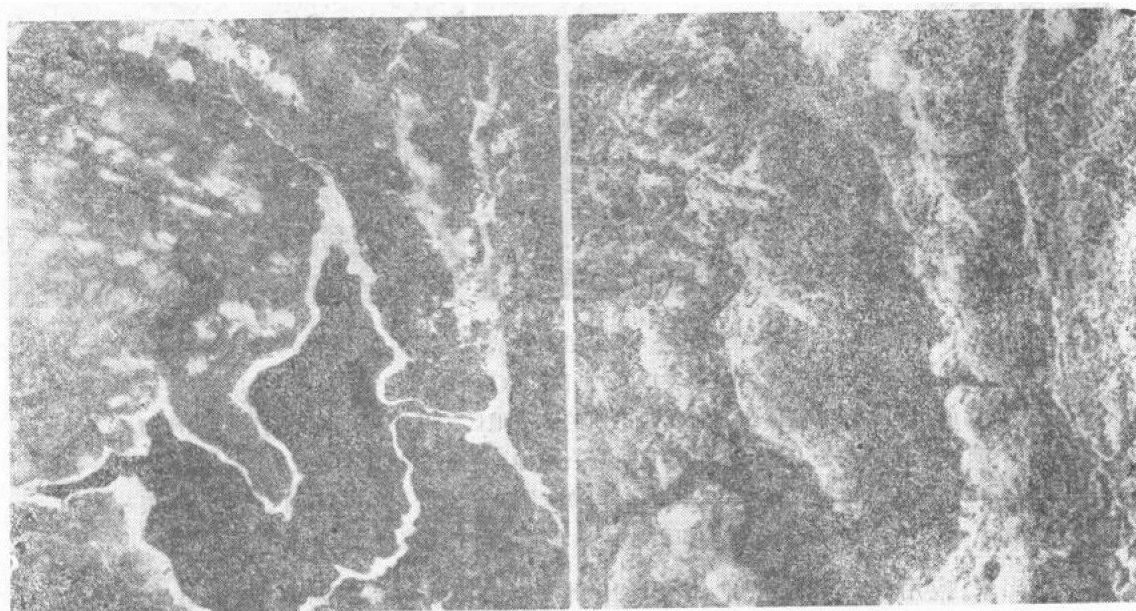


图17-9 左图是彩色像片（0.5~0.7微米），右图是机载侧视雷达图像（0.86厘米）。这两张像片都显出了加利福尼亚州北部的巴克斯湖。由机载侧视雷达图像可以取得有效的林地分类信息，特别是对气候条件不好妨碍常规摄影的地区是这样，除了下列两个限制因素的影响以外，即解象力低和地形对地物色调的影响（如在影像上看到的那样）。在机载侧视雷达图像上可以准确地勾绘出大、小湖泊的水线（见下图右角）

（3）成果的评价

林地分类的准确度是不太容易确定的，因此，由遥感图像取得的判读结果通常很难于进行评价。最常用的评价方法是在整个待分类的地区选择样点。然后，将在抽样点上收集地面数据，再用定量方法跟抽样点所在的那个单元内相应的分类数据进行比较。然而，林地往往是由异质单元组成，并且所描绘出的类别仅仅是按照这个类别内看到的平均值来辨认的。所选择的抽样点可能并不能代表样点的一般类别，除非观测了大量的地面样点。

贾科纳和德雷格（1971年）在访问了不同用户和森林的生产者以后发现^[188]，迄今对于衡量分类准确度或其重要性的主观评价的标准还很少。因此，所谓表示分类信息的图件仅是一种“充分可靠和有用的”图件。正如美国土壤调查局（1960年）阐明的土壤分类那样：“……人们进行的筹划是要适合于他们的目的，……一项完美的设计当它用于预定的目的时，是不会有问题的”。

由于林地分类准确度的概念不清，所以试验定量评价图像判读结果准确度的工作，