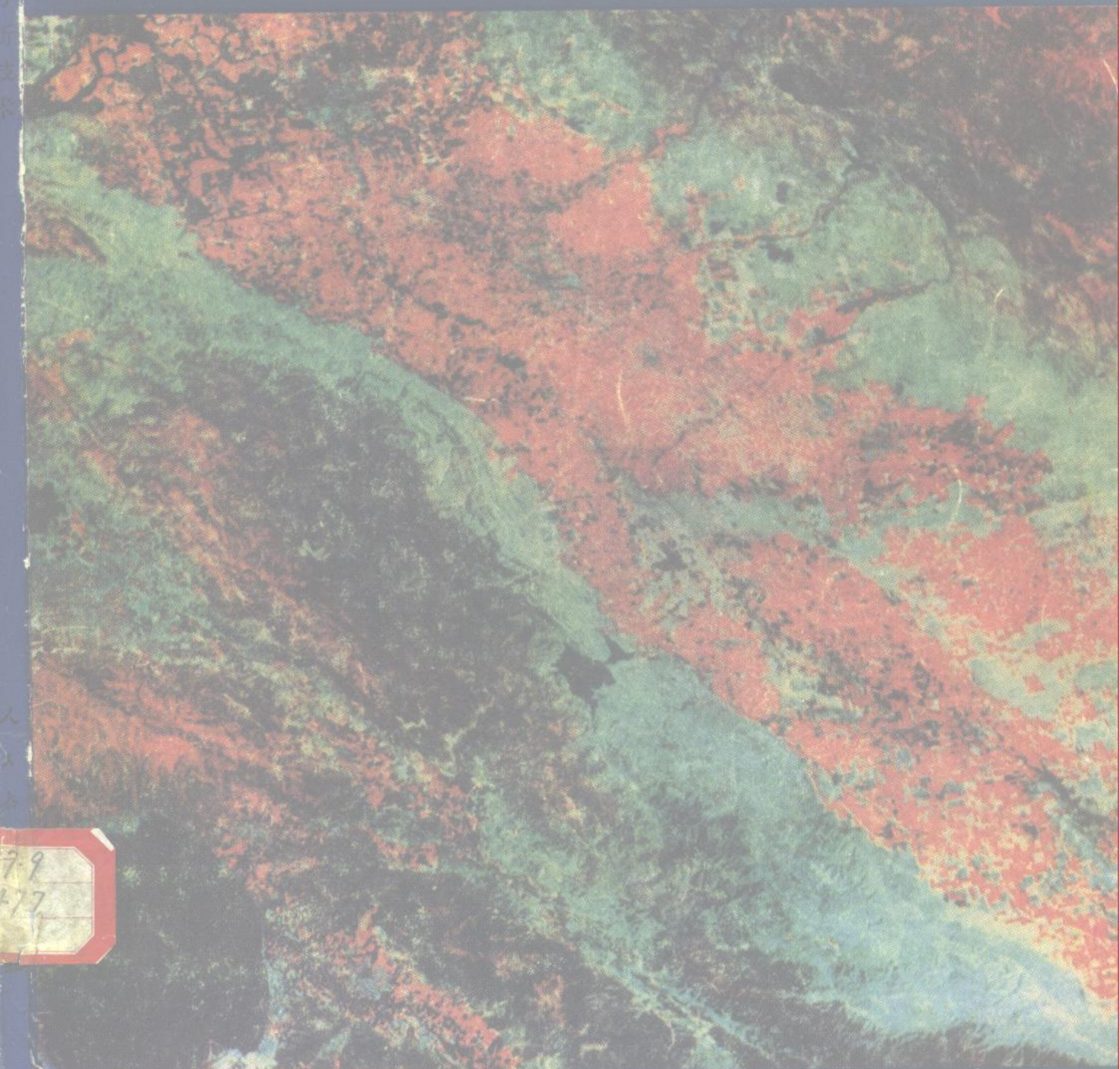


[美] J. E. 埃斯特斯 L. W. 塞格尔 主编

刘心务等 译

遥感—环境分析技术



人民教育出版社

遥 感

—环境分析技术

[美] J. E. 埃斯特斯 主编
L. W. 塞格尔
刘心务 楼格 江美球 译

人民教育出版社

内 容 简 介

本书是 1972 年 8 月在加拿大蒙特利尔举行的第 24 届国际地理学联合会议上为与会者讲授有关遥感技术的材料汇编。作者是十几位多年从事遥感工作的美国专家。内容包括遥感技术的基本概念、发展和遥感在地质-地貌、植被、土壤、土地利用、自然资源、农业规划、城市建筑、区域分析等方面的应用。是一本研究成果的总结性报导,但其阐述则根据大学本科学生及研究生易于理解的要求而进行的,故可作为有关专业的教学参考用书。也可供在各个学科领域内从事遥感工作的人员参考,还可作为大学生、研究生和中学教师等掌握遥感基本知识的用书。

REMOTE SENSING

Techniques for Environmental Analysis

Edited

by

John E. Estes

University of California, Santa Barbara

and

Leslie W. Senger

Dames & Moore, Santa Barbara

HAMILTON PUBLISHING COMPANY

Santa Barbara, California

1974.

遥 感

[美] J. E. 埃斯特斯 主编
L. W. 塞格尔

刘心芳 楼格 江美球 译

人民教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

国营五二三厂印装

开本 787×1092 1/16 印张 12.25 字数 270,000

1981 年 6 月第 1 版 1982 年 8 月第 1 次印刷

印数 00,001—5,500

书号 12012·024 定价 1.35 元

译者前言

本书是美国许多位从事遥感研究(包括理论和应用)有年的科学家集体编写的一本研究性的总结报导,也可作为大专院校有关专业的教学参考书。在美国流行很广,颇为地学工作者所推崇。本书的翻译大部分是因某种需要在1976—77年草译的。1977年末人民教育出版社承允出版译本,便正式译完最后几章。译稿经过人民教育出版社黎勇奇、汪安祥两同志大力校订,并由原译者审订。各章正文中所插之引文作者及章后参考文献,译本未一一列出。

译者水平有限,译文不免有错误,敬请广大读者指正。

译者 1981.6.6.

本书两位编者的简历

埃斯特斯 (John E. Estes)

埃斯特斯博士在洛杉矶加州大学获得地理学博士学位。自1963年以来,即受聘于联邦政府、私营企业及大学从事遥感方面的研究。他发表了35篇关于遥感方面的文章,其重点在于传感器系统、土地利用、区域资源基础的评价以及环境污染的评定与监测。他也是美国国家航空与航天局、美国海岸警卫队、美国森林局和海军部的签订合同与资助的主要的或合作的研究者。埃斯特斯博士曾任美国地理学者协会和国际地理联合会的遥感研究组的主任。他是加州大学校长遥感咨询委员会的成员和美国地理学者协会遥感地理应用专门委员会的委员。埃斯特斯博士现任圣巴巴拉加州大学地理学副教授和地理学规划代理副主席。

塞格尔 (Leslie W. Senger)

塞格尔博士也是在洛杉矶加州大学取得地理学博士学位的。六年多来他发表了一些关于遥感方面的著作。他的著作主要在土地利用、农业、城市系统和环境质量各个领域。他是两大遥感著作——《从双子星座卫星与阿波罗卫星成象编制美国西南部土地利用图》和《多光谱概念应用于探测洋面油溢》的共同执笔者之一,他还参与即将出版的《遥感手册》有关水的质量一章*的编写。1973年以前塞格尔博士在圣巴巴拉加州大学从事地理遥感的研究。自那时起,他即成为环境科学与应用地球科学国际咨询机构 Dames 与 Moore 公司的地理学专家。塞格尔博士负责测制圣巴巴拉外围的环境影响规划图,特别是关于社会环境的制图。

*《遥感手册》已于1975年出版,关于水的质量一章是指该书的第十九章《水源评价》——译者。

本书各章的作者

阿斯曼(H. Homer Aschmann)(伯克利加州大学哲学博士)。他作过美国科学院-国家研究委员会(NAS-NRC)联合会的轨道航天器在地理研究中应用专题小组的主席(1965),是当前地球资源遥感委员会(NAS-NRC)的地理学专题组的成员。1971年,他发表了一篇题为《环境质量遥感绪论》的哲学著作。现在他是里弗赛德加州大学地理学教授。

波敦(Leonard W. Bowden)(克拉克大学哲学博士)。他自1967年以来积极从事遥感方面的研究。曾是好几个联邦合同与资助的主要研究者,包括美国内务部(地质调查局),美国航空与航天局及海军研究局。他发表了许多关于遥感方面的著作,也是即将出版的《遥感手册》第二卷^{*}(美国摄影测量学会主编)的编辑。波敦是加州大学里弗赛德分校地理学副教授。

霍顿(Frank E. Horton)(西北大学哲学博士)。他发表过许多篇有关遥感在城市区域的应用的文章。他也写过讨论信息系统与遥感输入的文章。他的主要兴趣在于城市与运输规划和分析的研究。霍顿博士是即将出版的《遥感手册》的城市分析一章^{**}的作者。目前他是衣阿华大学研究生院院长。

路易斯(Anthony J. Lewis)(堪萨斯大学哲学博士)。他在以往八年多来评价过侧视机载雷达(SLAR)影像在地学研究中的潜力。他发表的著作大多集中于对雷达成象在定性和定量方面的几何形态分析。他也研究雷达成象上的文化特征、海水及土地利用的探测,并从彩色红外摄影图片上绘制湿地土壤图。他写过几本遥感专著,包括《监测科学》与《遥感手册》^{***}。目前他在巴吞鲁日路易斯安那州立大学地理学与人类学系任教。

林得格陵(David T. Lindgren)(波士顿大学哲学博士)。他在以往十年里在私人企业、联邦政府以及大学等单位积极从事遥感研究。写过或合写过许多有关遥感的文章与专题著作。他也是即将出版的《遥感手册》的城市应用一章的作者。现任达特默思学院地理学助理教授。

摩尔运(Stanley A. Morain)(堪萨斯大学哲学博士)。他从1964年以来便积极从事遥感方面的研究。他的贡献主要集中在成象雷达在农业、自然植被及土壤研究中的应用。最近他为取得农业统计资料的应用正对卫星成象进行研究。他的新作有《植被科学手册》中的若干章节和

^{*}此书已于1975年出版——译注。

^{**}此书已于1975年出版。城市分析一章是指该书第二十三章城市环境:清查与分析——译注。

^{***}Lewis参与《遥感手册》第十四章和第十六章的写作。

题为《物候学与季节性模拟试验》科学讨论专集。现任堪萨斯大学地理学助理教授，兼任劳伦斯研究中心空间技术实验室的科学家研究员。

努纳利(Nelson R. Nunnally)(厄巴纳(Urbana)伊利诺斯大学哲学博士)。他是诺曼(Norman)俄克拉何马大学地理学系教师。从事遥感研究将近8年，发表了有关土地利用、区域分析及电磁辐射物理等方面的文章。他是美国地理学者协会遥感地理应用委员会的成员和美国摄影测量学会遥感组的成员。

裴普利斯(Robert W. Peplies)(佐治亚大学哲学博士)。他多年来发表过有关遥感方面的文章并指导着遥感研究工作。他是美国地理学者协会遥感地理应用委员会的规划工作指导者和主席。其著作主要是关于区域分析与土地利用。现为东田纳西州立大学地理学教授。

拉得(Robert D. Rudd)(西北大学哲学博士)。他从事遥感方面的研究已有十多年了。1968年他供职于美国地理学者协会遥感地理应用委员会，在该会工作了五年(1971—1972年任委员会主席)。1971年夏，他在由国家科学基金委员会资助的在丹佛大学举办的遥感短期训练班里担任领导工作。他写了许多文章、技术论文及自然地理和遥感的报导。现任丹佛大学地理系主任。

西莫尼特(David S. Simonett)(澳大利亚悉尼大学哲学博士)。他是华盛顿首都土地利用与地球卫星城市应用协会主任。在过去的三年里，他三十多次被邀请参加研究遥感应用的国内及国际的科学讨论会、专题会、工作组或大学讲座。他在航空与航天遥感，特别是关于不发达地区的资源评价研究中做指导工作。他写了50多篇关于遥感、土地评价与土地利用、土壤地理以及地貌学等方面的重要文章。

斯通(Kirk H. Stone)(密执安大学哲学博士)。他同时是佐治亚大学地理学系和佐治亚大学行为研究所的教授。1935年他就开始作航空象片判读工作，第二次世界大战期间在战略服务局当象片判读员，以后在威斯康辛大学提出一套象片判读的教学规划。他特别感兴趣的是，利用阿波罗与陆地资源卫星的小比尺影像作人口分布与农村聚落形态学的地理分析。

萨门(Randolph R. Thaman)(洛杉矶加州大学候选哲学博士)。他自1966年以来便积极从事遥感研究。发表了或与人合作发表文章共有20多篇，涉及到遥感技术在农业调查、土地利用分类、植被制图及污染监测中的应用。他在15次的国际性的科学讨论会、遥感专题讨论会、大学系统讲座、专业会议上，宣读或发表了许多文章。现任圣巴巴拉加州大学地理教学的讲师和地理遥感组的地理研究人员，并任印度尼西亚政府多光谱遥感规划的顾问。

序 言

遥感这一科学领域乃是航空象片判读的必然产物,自1960年由普鲁特(Evelyn Pruitt)首创遥感这个名词以来,它的内容与技术已有迅速的发展与扩大。所谓遥感是用遥感系统(传感器与台站)收集资料,而遥感系统本身并未直接接触及所研究的客体或现象。在许多情况下,目前遥感系统的技术发展远超过判读方法论与技术的相应的发展,而判读方法论与技术是将遥感资料转换为可用的信息所必需的步骤。因之,注意力是针对于遥感的判读与分析方面。目前,把重点放在实用判读方法论与技术的关键性的研究与发展上。

由于遥感成象对于信息内容是无选择性的(即从一张影象中可以判读出能应用于许多不同的学科的材料),因此吸引许多不同学科的个人和集体从事遥感影象的研究。具有边缘学科训练与兴趣的地理学者曾对遥感研究的许多方面作出有益的贡献,如城市、土地利用、农业以及其他等等。因为地理工作者需要有遥感方面的训练,在整个美国,各地理系便迅速地增设遥感课程。1950年,美国只有11个地理系开设航空象片判读课程。到1973年就有97个院校在地理学方面设立了航空象片判读及遥感的课程。

与其他地学科学一样,地理学的遥感课程所面临的一个重大问题,就是没有一本足以阐述遥感所研究的范围的教科书。虽有大量文章和报告形式的文献可以利用,如密执安大学的《环境遥感科学讨论丛》、各种杂志及政府出版物等。但这些文献太偏于专业化,难以作为概论性的课堂教学之用。也有关于《象片判读手册》及即将出版的《遥感手册》*一类的书籍,但它们所提供的象片判读与遥感的内容都太深,不适于教学用。由于它们的广度与设计,作为参考及补充读物用却是很好的。

本书是1972年8月在加拿大蒙特利尔举行的第24届国际地理学联合会议上,特为参加会议的人员所撰写的一两天遥感专业讨论会一系列参考读物的基础上扩大而成的。这次遥感专业讨论会的目的是为发展中国家的地理工作者和其他科学家提供有关遥感领域的基本知识。与会者要求作报告的人提供已有的讨论题的材料,这些材料汇编成为专业讨论会的参加者有益的参考课本。因此,认为有可能编写一本原始著作的课本,它能证实各个地区的遥感发展状态处于初步的认识水平,并提供参考以指引读者对一定的课题进行较为高级的研究。与会者对于这本蒙特利尔会议参考课本的评论反应是令人鼓舞的,因此便决定公开出版这个材料,并加以修订、补充,使之成为较为完善的成果。

诚如我们编者所设想的,这本书不是单纯作为教科书或参考书而设计编写的。而是更近于参考读物的集子,缺乏教科书通常所具有的整体概念。根据读者的需要与背景,可以有效地利用书中的材料。本书希望能填补教学上的一个空白,并起到下列几方面的作用:①它是一本遥

*《遥感手册》已于1975年由美国摄影测量学会组编出版——译者。

感技术的基本概论,②论述地理学和其他学科感兴趣的研究课题,③提供大量文献目录以引导读者参阅丰富的遥感文献资料,④介绍许多从事专门研究遥感的单位和组织。本书各章是邀请遥感方面的权威人士本着大学本科学士及研究生易于理解的要求而撰写的。每章开头的编者说明是提供全书的连贯性并在各章之间加上一些连续性。

编者对本书有贡献的各位要深致感谢: J. Graumann 夫人对本书最后稿本的卓越的打字与领导工作; E. A. Gustafson 为本书绘制插图; R. H. Alexander 对原始稿本所作的湛深的评论; R. N. Colwell, D. M. Carneggie, R. Welch, G. A. Thorley 诸位博士以及 J. D. Lent, W. G. Brooner 对有关章节提出批判性的评介; 圣巴巴拉加州大学地理遥感组的成员 (D. Brunelle, F. Evannisko, D. Hoffman, S. P. Kraus, B. Palmer 和 T. Soper) 及时地提供了帮助与合作; D. Schichner, C. Knight 以及其他等人曾参与蒙特利尔参考课本的准备工作, 本书就是从参考课本发展而成的; 要特别感谢 K. Thaman 夫人, 她编辑附录 2 和附录 3 并校对了本书的大部分最后稿本。编者也要感谢每一位撰写文章的作者及其善意的合作。全体作者一致同意与编者们一道感谢美国地理学者协会惠赠本书所引用的成果, 遥感委员会运用这些成果以促进地理教育与研究的遥感技术。最后, 如同任何其他这种性质与范围的著作一样, 本书不可避免地有错误和缺点。编者对这些不足之处应负责任, 欢迎提出建设性的意见以便改进。

J. E. 埃斯特斯 圣巴巴拉加州大学

L. W. 塞格尔 圣巴巴拉 Dames and Moore 公司

目 录

本书两位编者的简历	I
本书各章的作者	I
序言	IV
第一章 斯通 (K. Stone): 发展中的地理遥感	1
第二章 埃斯特斯 (J. Estes): 摄影及非摄影传感器系统的成象	9
第三章 西莫尼特 (D. Simonett): 遥感影象的定量数据提取与分析	34
第四章 拉得 (R. Rudd): 自然资源遥感	56
第五章 路易斯 (A. Lewis): 地貌-地质制图	70
第六章 摩尔运 (S. Morain): 自然植被判读与制图	83
第七章 努纳利 (N. Nunnally): 由遥感器成象判读土地利用	110
第八章 萨门 (R. Thaman): 农业资源遥感	118
第九章 林得格陵 (D. Lindgren): 遥感的城市应用	135
第十章 霍顿 (F. Horton): 遥感技术与城市资料获得: 选例	146
第十一章 裴普利斯 (R. Peplies): 区域分析与遥感: 方法论的探讨	163
第十二章 阿斯曼 (H. Aschmann) 和波敦 (L. Bowden): 环境质量的遥感: 问题和潜力	173
附录 术语汇编	180

第一章 发展中的地理遥感

佐治亚大学 斯通 (K. H. Stone)

遥感技术的发展已为许多学科与边缘学科提供了许多不同的研究成效的机会。本章的要旨是论述遥感技术的历史发展,特别着重于把遥感资料与地理学方法论结合为一体。由于遥感已从它最初的常规航空象片进展到最近的电磁波谱的非摄影的发展阶段,作者特为检验地理研究与遥感之间的关系。在本章末了作者还提出地理遥感将来可能的发展方向。这样为读者了解与选择全书以后各章内容提供前景与展望。

每一门学科必有其发展历史的论述而享有成就感。地理学就是如此。作为“科学之母”的地理学,它的定位分析方法是有其古老而悠久的渊源的,持续到现在,以致成为受重视的专业学科。地理学的这种进展应记载下来,因它标志了制图与分析地图的方法在不断的改进,而地图是地理描述与分析的最主要的手段。

显然地理学的功能过去、现在、将来都是与其用来定位客观实体,并决定该实体特性的手段密切相关的。只要能取得实体性质的准确性、完整性与可比较性,不管所用的方法是在野外工作中直接接触与就近观察,还是在遥远的地方遥感,两者是无差别的。在漫长的历史时期中,地理制图的方法主要是前一种;但是在现代,对客体的遥感,先是用照象机,到最近便用超出可见光能量的记录。在地球上,那些极端偏僻而孤立的地方,只有遥感才有可能作地理清查与分析,要去直接观测那就太费事了。

再者,遥感能作多种比尺的地理分析。最初遥感只能显示电磁波谱的可见光部分的大比尺资料。现在这一地理分析已发展到可见光区的几种比尺,并从大比尺到中等比尺直到超越可见光。由于将来在技术与分析都有所改进,则地理工作在所说的各种比尺中可望取得领导地位*。

总 述

自 1860 年以来,遥感的地理应用至少经历了五个阶段。这个发展历程不仅反映了材料和方法的改变,而且学科专业人员的目标也有所不同。每一阶段与其前后相邻阶段是重迭的,愈后的阶段则愈短,前四个阶段是与航空象片有关的。

第一阶段是对首次采用航空象片制图这一方法的缓慢认识阶段。接着便有一短时期的试验阶段,用航空象片绘制景观各种自然要素与文化要素图,以及战时航空象片判读迅速发展时期,

*详见本章末的一节。

用于搜集复杂情报。紧接着有几年从战时的利用程序扩展到和平时期的利用,并通过大量的正规训练,但是这个时期过分强调的是在技术方面,不是在成果的分析利用方面。到第四个阶段纠正这个偏向,在地理工作中集中精力于航空象片判读的应用。直到最近对这些应用进行调整,资料搜集与分析扩展到电磁波谱的超越可见光区的部分。全部波谱的可见光与非可见光部分都是遥感前途的所在,可是对于地理学所寄予较大的希望,是在加强分析应用,而不是减轻在野外的观察。

1860—1930: 开始有航空象片

1839年摄影术的实践一开始,便有飞速的改进。到1851年银板摄影术(金属板)与湿板摄影术(纸质负片与印象)皆取得成功。此后二十八年中以用湿珂罗酊(火棉胶)板摄影为主要特征,结果能在蛋白化的纸上印象。嗣后,到1900年,有巨大的发展,发明了明胶上涂上溴化银的干胶板、明胶上敷上氯化银或溴化银的纸质印象,并可卷成胶卷。这样就创造了对远距离客体的机械感觉,即现在所称的遥感。

航空摄影开始于这个阶段的初期。1857年从自由气球上拍摄空中象片,1860年又在美国麻萨诸塞州的波士顿城于1200英尺高的系留气球拍摄空中象片。稍后又用风筝、飞鸽及火箭试摄,但因这些运载工具不稳定,摄得的成果质量也很差。到有飞机运行时,摄影术得到改进,第一张象片是1909年4月24日怀特(Wilbur Wright)在意大利的Centocelli上空从飞机上摄得的活动影片。

远在此以前,就认识到空中象片的重要性。在美国内战时期的侦察活动与一般制图是航空象片的两大用途。可是实用性质的航空象片是在第一次世界大战初期开始的;英国空军纽特嫩特(L. Lieutenant)首先在敌人的领空上拍摄了第一张照片而得到推广。此后联军便大力发展摄影装备与操作方法。

有些与第一次世界大战军事单位有交往的地理学家便注意到这一早年军事象片在和平时期的利用。有人提出用于考古与道路、建筑、田园等更为详细的制图。另一些人在象片上标注如沼泽地、基岩露头等自然特征。虽然那些象片拍摄得很差,而且拍摄的地区也有限,但都认为对于资源调查与地理制图很有用处。

由于飞机、照相机及胶卷的改进,促进了和平时期的摄影术的发展。在地理研究中用两种类型的空中照片。第一类为手持照相机单镜头拍摄的照片,从垂直到低倾斜、高倾斜的照片都有。一般都是说明式的照片,1922年李(W. T. Lee)指出,从航空象片中可以搜集有关自然与人文特征的资料。航空象片的其他实用的例子是乔里(Joerg)关于城市的研究以及后期约翰逊(Johnson)和普莱特(Platt)两人对于考古方面的重视。这类照片大小不齐,目的不一,而且是在不同时期用不同比尺拍摄的。

第二类的航空象片所不同的是为编制地形图而拍摄的,这就很快地扩大了航空象片的主要用途。在二十年代中期美国有几个州应用装置三个镜头的相机来拍摄,即一次可同时拍摄一张

垂直的与两张低倾斜的照片,垂直照片的比尺约为1:35000,相邻照片之间有少量的旁向重叠与航向重叠。在美国这种航空象片大多是由空军拍摄的,后来也有一些是制图公司摄制的。所有从事这类工作的人皆强调摄影测量的优越性(用航空照片制图准确性高),这种实践的结果,便有一大的航测全美国的长期规划,约在1930年开始的。从此便进入另一发展阶段。

1920—1950: 航空象片拍摄大发展

上述航测规划原来有两个主要目的。一是中等比尺的全国地形图制图用。另一种为农业税收用的大比尺地方制图。对这两种用途,航测规划要求垂直航摄片的接触印制的比尺为1:20000,旁向重叠为30—40%,航向重叠为60%。显然这种比尺对两方面都不适用,因此便缩小为地形图用与放大为农业税收用。

有少数地理学人员参加这种航测制图工作。他们都是对专题或区域有研究的人,并参与实地航测工作并企图确定引起照片上纹理与色调差别的原因。当然,他们也注意到一个地区自然与文化特征的总体。他们所取得的成果只有少数公开出版,罗素(Russell)、弗斯特(Foster)和马克摩里(McMurry)的论文,便成为利用航空象片作地理调查的经典著作,可惜这类著作是在战时刊出的,而且是在流行不广的杂志上发表的。同一时期在南美及非洲有用小比尺象片作地理研究的事例。就本阶段末期有一篇关于阿拉斯加植被图例的文章,说明小比尺(1:35000—1:50000)航空象片判读可作为土地分类及穿越无人地区野外工作人员之用。

在美国航测规划中,农业部是主要的承包者,在此时期它取得愈来愈多的象片,地理工作者只是到处试试。罗斯加(Roscoe)认为这些象片缺乏拍摄地区的其他信息,地理学目的多样性,以及理论兴趣的强烈,对他们的判读成果缺乏作为商品的需要。然而有些实验与无用的成果可能是反映当时美国地理学目标的变化,强烈的自然地理兴趣减弱了,较为热衷于人地中心的人文地理。

与此同时,欧洲的地理学者取得自然地理专门训练,将航空象片用于这一方面。在此期间,特罗尔(Troll)和博贝克(Bobek)是早期的负责人,许多其他学科的科学家,如地质、林业等开始从航空象片判读许多类型的资料。其中有些在观点上是地理学的,并且找到了应用于地理上的方法。但大多数是在其他学科杂志上发表的。1945年以后,所有关于航空象片判读各类文章大都发表于《摄影测量工程学》杂志上。

航空象片判读在第二次世界大战时期受到特别注意,这一时期航空象片判读成为一门复杂的情报收集技术,享有非常成功的信誉。有好几位地理工作者(包括美国的和外国的)被指定作象片判读工作,同时受到专门训练。其主要任务为研究军事目标位置与危害的评价。这一工作是在战术与战略两级水平上进行的。重点在于判读的准备与判读标志的利用,以便用来对有直接军事意义的项目能迅速进行鉴别,不管判读者以前的经验如何。英国的判读者在战略水平上对这一工作作出过有价值的贡献。

战时的象片判读大多是在大比尺照片上进行的,其比尺为1:5000—1:10000。为制图与

战略研究用的照片是重迭的垂直照片，为评价战术情报用的照片则是各种类型与不同质量的照片；判读者要善于利用任何类型的照片，甚至包括湿负片。对战后判读工作来说，这是好的经验，使得许多有水平的地理学家将战时的经验为和平时期服务。在这个阶段的末期，在美国发表的一些主要地理论文多数仍然是一般性的与描述性的。同时也存在一些战时发展的不良后果。

1945—1960：判读技术的夸张时期

由于以前经验的某些不必要的设想而使得第二次世界大战后过分强调判读的技术。其部分原因是战前及战时摄影测量进展太快。即使从好的垂直象片编制地图也需要工程手段与训练。又因多数判读文章是在《摄影测量工程学》杂志上发表的，该学会对这些专业文章管理不当使人误解。还有，战时的训练与实习偏重于“如何做”而不是“为什么做”。

此外，判读工作所需要的步骤对许多人是陌生的。即使祖辈曾使用光学立体镜在摄影室观察立体照片，但这一较新的方法具有更能移动的部件，同时还牵涉到因人而异的眼睛肌肉的运动。必要的装备包括立体镜（有几种型号）、直尺（一般刻度到几千英尺）、玻璃铅笔、涂墨剂及一叠照片。应该注意的是，技术是很标准的，特别是从全世界搜集资料的新方法更是如此。这是一个“飞跃”的阶段，许多地理工作者以及其他科学工作者都热心地掌握了有巨大潜力的新手段——象片判读。

正规的教育迅速发展，且着重于技术。如1946年在美国这一学科中有十三种课程；在其他国家有少数院校将判读课程与其他技术课程结合在一起。到1954年，美国已发展到173种课程，在其他国家，这种训练也被介绍到大学与政府机构。在多数情况下，主要的有价值的参考资料是军事手册，教员们有军事经验，而作练习用能够取得的外国照片也具有军事性质；希望着重在技术。所有各种判读例子则是由判读景观的自然要素与人文要素而发展起来的。总的趋势仍然是过分乐观，尽管有人不时警告。可是这个时期涉及到航空象片判读的绝大多数地理工作只以描述而告结束，并无分析。

由于特别注意已有的航空照片，有些人过分强调技术。当1949年国际地理学会设立航空象片利用委员会时，它的成员便强调需要了解世界上哪些部分已航测过了这一观点在当时相当突出。再者，因为判读对于自然要素予以极大的关注，同时因为这是一新的工具，因此下述情况就变得很自然了，即改变过去十五年来美国地理学的兴趣集中于方法而不考虑空间分布的分析。

1955—1962：地理学的应用

在第四个阶段，美国的地理象片判读成为一门比理论更为重要的应用技术。普通地理的作用更为明显地集中在人地关系上；地理学作为基础边缘学科的性质也表现得更清楚了。⁹导源于象片判读的资料分析现已成为最后成果。事实上它是地理应用时代的开始，正是地理学发展到今天的一个名称改变而已。

判读资料应用于各种课题与问题。有几种文献阐明这方面的情况。早期应用同特定的城市问题有关,如不同经济状况的居民点布局分析。其他如交通线方向与交通量、工厂分类、各种土地利用带的制图及发展规划等曾是受欢迎的课题。

农村特征的判读也有同样的进展。如为了土地利用的分析,通过作物不同生长阶段对作物进行鉴定。在自然要素方面,为了不同的目的对植被进行判读也卓有成效。

当然,在这个阶段,许多航空象片利用的成果都匿迹于地理著作的内容里。偶而在注脚中发现为关于商业或私人企业研究的附件,但在多数情况下,这类资料不注明其出处。国外的地理研究也采取同样的格式。

同样,其他学科在判读方面也有巨大的进展。如地质学、林业学、农业和考古学等方面,在学术性的与非学术性的研究中增加了航空象片判读的应用。因此,应用的成果主要地不再出现于工程出版物中,而是出现于同区域性与学科专业化有关的书籍与期刊之中。

这个阶段,有些学术性的地理兴趣仍集中于技术方面。区域性的与重点性的研究还在继续。景观的主要自然要素与人文要素的专门判读的程序已进行总结。仪器判读已在研究。正规的教育训练强调航空象片在区域和专题分析中的技术和应用。这些对于向宇航时代过渡是有好处的,如以前所强调的专心致力于技术的研究,是不算夸大的。

1960—现在: 地球遥感资料的发展

1960年4月1日,引用了一个新的传感系统自太空俯感地球。这就是装备有电视与红外观测卫星的TIROS-1号,它是继探索者(Explorer, 1958)与发现者(Discoverer, 1959)之后发射的研究与发展计划的卫星,它很快地成为一个天气观测的运行系统。这个成就引起人们很大的注意,很快就意识到它还有其他可能的用途。不久,在1964年,雨云号卫星(Nimbus)被送入天空,它带有先进的电视摄影机与高分辨力的红外观测系统,第一次能日夜提供地球的照片。

同时在1961年,美国载人的宇宙飞行计划以第一次载人飞行的水星号(Mercury)开始实现,接着有双子星座号(Gemini)与阿波罗号(Apollo)进入宇宙空间。双子星座3号于1965年3月的航行中,用手持摄影机摄得25张彩色照片。三个月后,第二次飞行用同样的装备进行摄影试验,并摄得很多照片。1965年8月又用同样的装备摄得250张照片。拍摄范围限于低纬度地区,最好的照片是在干旱地区上空拍的;一些大型天气形势、地质的及农业土地利用的彩色图片在科学界引起广泛的兴趣。可是由于这些照片的比尺很小与摄影机的轴的位置不同,却限制了它的有效应用。仅仅在五年多以内,便完成了登月飞行和连续244小时的宇宙飞行,在这些航行中仍用手持摄影机,而固定装置的电磁波谱的感应仪器也提供了新的资料。(美)国家航空和航天局(NASA)的专题研究与区域研究的规划便大为扩展了。

1972年7月23日,地球资源技术卫星一号(Earth Resources Technology Satellite, 简称为ERTS-1)的发射使有关地球遥感资料的供应大为增加。与此同时,美国地质调查局也有一个称之为地球资源观测系统的宇航发展计划(Earth Resources Observation System, 简称EROS)。

ERTS-1 是与太阳同步的,在极地上空的轨道半径约为 600 英里,它每 18 天环行巡视整个地球一次。它的反束光导摄像管 RBV (return beam vidicon) 的成象记录三个光带 (0.475—0.575 微米[绿],0.580—0.680 微米[红],0.690—0.830 微米[太阳红外]),但这摄影系统于卫星发射一个月以后便停止运转了;它的多光谱扫描仪 (multispectral scanner—MSS) 成象记录四个光带,即 0.5—0.6 微米、0.6—0.7 微米、0.7—0.8 微米及 0.8—1.1 微米。在 70 毫米胶片上接触晒印的象片比尺为 1:3369000。这类象片可以从南达科他州 苏瀑布城 (Sioux Falls) 的地球资源观测卫星资料中心购得各种规格的复制象片。美国地质调查局有 19 个营业处,商务部的国家海洋和大气局有 22 个以上的营业处,以更新的形式供应所谓“浏览档案”以备公开检验成象。图象资料用计算机编目与自动复制,才能够于适当时期满足订购的要求。因此,美国与其他参与规划的国家所能取得的资料,在数量上与质量上都是前所未有的。

这种图象资料的有用性将继续。将来的计划是用天空试验室 (Skylab) 去搭接预计一年寿命的 ERTS-1,并发射 ERTS-B 去补充它。天空试验室为一 10000 立方英尺的载人的工作车间,其轨道在地球上空为 235 英里,将要进行天文学、生物学及有关地球定向的研究;所谓有关地球的研究是指用安装在复式对接接合器上的遥感装置从事农业与林业、海洋学、水文学、地质学和地理学的研究。ERTS-B 将是改进的 ERTS-1,至少增加一个波段的成象。

回顾 1962 年,“遥感”已成为一通用名词时,遗憾的是“遥感资料判读”却介绍得不十分确切;但是“遥感”是指既取得成象又分析成象而言的。然而,正是在 1962 年,第一次环境遥感的科学讨论会是在普鲁特 (E. L. Pruitt) 与伯伊勒 (W. H. Bailey) 两位地理学者努力之下在密执安大学召开的。这个讨论会是将“黑箱”技术人员*与需要遥感资料的科学家结合在一起的开端;早期传道式的低调很快就被许多在各种学科的论证应用的文章赶走了。

可是地理学者深入地掌握遥感是相当缓慢的。出席 1962、1964、1966 及 1967 年的四次大的全国性的科学讨论会的地理同行们甚为谨小慎微,在专业上的反应也是谨慎的或冷淡的。但有些地理同行们则是活跃的。一般应用与整体区域判读为所涉及的两个主题。1966 年,《地理研究中的宇宙飞船》一文发表时,在地理学的八个分组中都附有遥感资料利用的介绍,这是一个重大的开端。它概括了航空红外成象的特定的发展前景。同时航空象片在土地利用与历史地理中的可应用性得到更大的重视。还是在 1966 年,认识到地理学的边缘学科的特点,因而也就认识到宇宙飞船取得的资料进行自然的与人文的要素的分析的潜力。在 1967 年,地理学的潜力得到进一步的表现。

当然,制图是许多学科的一个重大任务。有些地理学者从事制图工作;但是甚至早在 1965 年,电磁波谱不同区段的多比尺与多分辨力的全部问题,在许多学科中有不同的看法。正如一参考资料所说的:“为了最好地利用宇航摄影,象片判读者的必要的任务是要在极为不同的比尺与分辨力的普通特征的鉴别上取得经验”。

总之,到 1966 年,美国的地理学为适应遥感的职责提供了分析工具。除了上面所提到的个

*指只管遥感成象而不管分析成象的技术人员——译者。

别作用外，也有训练的作用。例如，在 1966 年美国地理学者协会成立了遥感地理应用委员会。在第一任会长裴普利斯(R. W. Peplies)的指导下，该委员会大约有五年的时期对研究与教育任务十分积极。在其着手进行的几个计划中，有为其工作人员与大学毕业生开设的暑期学习班，从 1968 年开始持续了四年之久。委员会的工作与美国地质调查局的由主要地理学者杰尔拉契(A. C. Gerlach)所倡立的地理应用规划密切结合，这个地理应用规划一直是一个执行、评价与研究的主要规划。

1971 年，有几位地理学者全神贯注于利用宇宙空间成象资料的内容分析。不再有谨小慎微或漠不关心的态度了。迫切需要应用于城市土地利用。摄影机系统也在研究改进。乡村土地利用分类与鉴别技术也发展了。居民区的分析大为改进了。影象判读的自动化与系统探索在试验。正规的课程也在增加，有的与摄影测量结合在一起，有的则不是。本书以后各章里可以证实空中成象的地理利用的广度和深度。遥感这一学科与其有关的学科已超出对可见光的利用，已发展为对反射或近红外光、热或发射红外光、雷达及无源微波的遥感资料进行了解与利用。最重要的，是一些地理学家以边缘科学家的身份将一些科学中的众多遥感成效联系在一起。

发 展 前 景

在即将来临的年代里将是令人鼓舞的。地理遥感的理论与应用都不可避免地将加速发展。所有的科学是处于资料搜集、分析与出版的激发过程中。地理遥感的质量(不是说数量)有赖于下列的冷静的思想与严谨的行动。

(1) 要统一在以普通地理学的作用为主要中心的基础上 在遥感发展过程中，它的进展有几次受阻，前面所列举各阶段中至少有一阶段是如此，其原因是因缺乏一明确的学科核心。“人地关系”的概念有些人是不能接受的。“地球的描述与判读”对另一些人讲又太一般化了。“人类中心论”(anthropocentricity) 仍为其他的人所反对。这些不同的看法在技术的使用上亦有所反映。遥感资料判读是一技术科学；它的价值首先要取决于它的基本哲学思想。

作为地理学方法的一种技术——定位分析——可用来确定一种可能的中心论题。假若能采用的话，则边缘学科的功能便是最重要的了。当然，任何科学在某种程度上都具有边缘性，不过有的多一些，有的少一些而已。因此，将来致力于发展地理遥感有效可行的办法，就是集中于取得为定位分析所必要的理论的或应用的任何资料。

(2) 克服陷于细节技术与传教主义 这是关于航空象片判读曾经犯过的错误。我们热衷于提高效率，我们既不需要当“黑箱”专家，也不需要另一“飞跃”阶段。当然，我们应该了解光谱那部分的电子隐藏(pitfalls)特性，它是实现遥感任务关键所在。无论如何，技术的细节不会比发动汽车的内燃机的专门知识更为必要。关于传教主义者，要知道好的工作总是有它自己的最好的推销员。

(3) 有条理的工作程序 这一方面比前面的更为重要。在将来，主要问题无疑是从大量成象中从事资料的选择，那些大量的成象是在不同的地方、时间、电磁波谱的部位、比尺、与分辨力