

张仁华 著

实验遥感模型 及地面基础

789

08

科学出版社

(京)新登字 092 号

内 容 简 介

12030/25

本书以地表能量平衡,辐射,热量、物质的传输等物理过程为基点,定量分析太阳辐射和地物的互相作用;剖析地表界面所产生的信息流及其随波长、时间、空间的变化规律,能量流与物质流的内在联系,信息提取机理。在较长期实践的基础上,建立了以遥感信息转化为地表水、热应用模型,植物生物量及形态结构遥感模型,土壤水分含量遥感模型,蒸散通量及作物产量遥感模型等。全书结构及思路新颖,内容丰富,理论与实践相结合,应用与基础相结合,突出遥感实验场及模拟试验的作用。可供从事遥感、农业、气候、水文等专业的研究人员及高等院校师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

实验遥感模型及地面基础/张仁华著. —北京:科学出版社,
1996

ISBN 7-03-004823-7

I. 实… II. 张… III. 遥感-地表形态-模型 IV. TP79

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 09884 号

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1996 年 4 月第一版 开本: 787×1092 1/16

1996 年 4 月第一次印刷 印张: 18 5/8 插页: 1

印数: 1—500 字数: 421 000

定价: 36.00 元

12030/25

序

遥感作为新兴的科学技术，标志人类开始进入空间时代和信息时代。它是现代知识的综合与结晶。简单地说，它是物理手段、数学方法与地学规律的集成产品。遥感研究，其所以还要进行实验，可以从理论和实践两方面来说明：在理论方面它的意义是十分深远的；在实践方面，它是科学技术转换为生产力不可缺少的环节。

遥感的主要对象是地球的表层。地球系统的物质流、能量流和信息流是很复杂的。时间与空间的变异又很大。虽然我们的研究方法，已经从涉及简单的数理统计，进步到采用模糊数学、灰色系统、耗散理论与非线性方程，但归根结底，并不是所有的数学模型都具有物理学的涵义；也不是所有的物理模型都能放之四海而皆准。遥感分析模型需要足够的区域参数，才能逼近于地球表层的客观存在。我们需要在地面布置许多观测台站，形成网络，取得观测数据，来完善我们评估的理论和预报的方法。通过地物波谱特征、大气传输规律以及地球表层的信息机理等等实验研究工作，来弥补遥感瞬时观测在时间序列中的间隙，或地球物理场的深部信息，生物地球化学的客观分异特征，作为遥感自动分类、机助制图与动态监测的科学依据，也是改进遥感传感仪器必不可少的程序。日本发射地球资源卫星1号（JERS-1）之后，已经与印度尼西亚和俄罗斯签订6年的研究合作计划，要求分别提供低纬、高纬的太阳辐射能量地面观测数据，作为改进型对地观测卫星（ADEOS）的科学依据，即其一例。

其次，遥感的应用领域日益广泛，它不是万能的，必须因地制宜、因时制宜、扬长避短，才能以较小的投入，获得较大的社会经济效益与生态效益，提高遥感应用于资源勘探、环境监测、灾害预报与灾情评估的水平。以作物估产为例：田块有大小，需要有订正播种面积的田埂指数；品种有优劣，需要观测不同生长季节的叶面积指数与波谱特征；耕作制度有差异，需要掌握不同土壤的水分墒情；雨量有多寡，需要长期预报季风南北的推移。总之，不能一刀切，不能生搬硬套外国的模型和公式，需要联系中国地理环境，建立体现地域差异和特色的遥感模型。我国引进和消化遥感技术，已经具备发射卫星、研制遥感仪器的能力，但其中一些技术指标，还是亦步亦趋，“等距离”地赶超。需要通过实验，走向独立自主，自力更生，有所创造，有所前进。

中国科学院和农林、水利、气象、地震部门都建立了许多地面观测台站。他们的大量地面实况观测数据，对于遥感应用都是很有帮助的。但其中兼备遥感波谱数据观测能力的不多，除长春净月潭等少数几个台站外，能够用来强化对遥感数据的理解和分析的，就屈指可数了。中国科学院禹城综合试验站从事水热平衡与农业土壤改良试验历时十余年。在张仁华教授的主持下，设计和安装了一组遥感高塔和田间对比的半自动立体观测技术系统，建立了能与遥感卫星进行同步观测的遥感实验场，获取了多年（1981年至今）不间断的记录，并建立了一系列行之有效的遥感模型。这些模型对于华北平原的环境监测起了直接的作用，对于改进小麦估产和进行全球变化研究，也是十分难能可贵的。这些研究成果得到了国际知名专家阿萨尔逊（Axelson）和里根纳图（Regenato）等同行的高度赞赏，认为在作物估产模型和遥感土壤水分模型方面取得了重大的进展。美国长

期生态代表团认为，禹城试验站是世界生态网络中少数几个能直接进行遥感动态观测的试验场之一，应该推广到整个生态网络中去。

张仁华教授的这部《实验遥感模型及地面基础》专著，观测数据翔实，分析深入，模型多有创新，是值得称道的。他和实验站的同志们一起，十数年如一日，持之以恒，坚持不懈的毅力和精神，更是值得学习的。有幸奉读原稿，谨此为序，以志庆贺。希望遥感界同仁对于这类基础性的工作，能够坚持下去，加以推广，并呼吁社会对于艰苦的野外台站，给予更多的支持。

陳述彭
一九九四年元旦

前 言

遥感最早开始于人类眼睛,视网膜作为传感器非接触地感知外界事物。照相技术的发明,使得人类能够记录图象,由黑白发展到彩色,由可见光发展到紫外辐射及近红外辐射,从而能感知和记录人类眼睛看不到的信息。热红外技术使得物体热辐射信息也可以用非接触测量方式记录下来。微波技术不仅是非接触的,而且具有某种穿透性能,可穿过云层和一定厚度的土壤层,实现全天候测量。……由此可见,遥感与技术确实紧密联系在一起,随着技术的发展源源不断地给遥感输入新的内涵。技术的进步推动了遥感的发展。

然而,通过实践使人们认识到,技术不是遥感唯一的内容。遥感的另一重要部分就是信息转换。也就是说,遥感技术所获得的信息,除极少数表观形态的描述,可以直接应用外,绝大多数需要经过某种模型完成信息转换后才能被应用。

由于遥感应用模型的研究工作大多在技术开发后才开始,而且这种研究需要一定的持续时间。也由于人力、物力投入不协调,使得遥感模型的发展跟不上实际需求。再加上计算机图象处理、地理信息系统也没有相应配套的发展。造成遥感信息源——主要是卫星影像图“过剩”。根据美国宇航局报道,有95%的卫星遥感资料没有得到充分利用。

70年代末,正当我国许多遥感工作者忙于遥感技术跟踪发展的时候,学部委员、我国遥感事业的创始人之一陈述彭先生和我国辐射气候的倡导者左大康先生就已高瞻远瞩地洞察到了上述形势,积极提倡与支持我们开展遥感地学模型的研究工作。

陈述彭先生在1978年精辟地指出:“不同的物质,它们的波谱特性是不同的,即它们的辐射和反射的特性是各不相同的。要进行遥感,必须对每一种地面物体辐射和反射的波谱特性有比较清楚的了解。否则,即使遥感器获得大量的图象或其它信息,也无法进行对比、判读和识别。”

与此同时,陈述彭先生又指出,进行遥感应用研究应该“通过航空遥感实验和地面实况勘测,详细研究一些典型地区的环境背景条件;利用航空光谱辐射计与地球资源卫星进行大面积的同步观测实验,为遥感图象的纠正与数据处理,提供几何校准与辐射校准的依据。”

这些论点,成为我们的主要研究方向。我们在黄淮海的中心,山东禹城建立了遥感实验场,开展适合我国国情的因地制宜的遥感模拟试验,开展与陆地卫星、NOAA卫星的同步观测,进行深入细致的地物光谱测试,开展以水、作物为中心的遥感应用模型研究。

在国家自然科学基金委员会、中国科学院地理研究所、中国科学院禹城综合试验站的支持下,经过十多年的努力,已获得了一系列的成果。这仅仅是遥感科学的沧海中的一粟,微不足道。但我愿以此奉献给国内外同行,进行一次学术交流,旨在抛砖引玉,求得遥感的发展。

若把遥感比拟成汪洋大海,则遥感模型已成为涛涛江河,而我们提出的一些模型仅是一支涓涓小溪。正如下表所列,众多遥感模型涉及面非常广,如何分门别类确也是一件困难之事。遥感模型的分类本身没有意义,但通过分类的思索,倒可以理顺各种遥感模型的

实质性内涵。事实上,从不同角度分类,同一模型可列为不同的类别。换言之,各类模型是纵横交叉的,真是“你中有我,我中有你。”

为了确切表达我们开展的遥感模型研究工作的实质,似应恰如其分地赋予名称。现在首先从大家熟悉的研究方法分类出发,阐述物理模型、经验模型、及统计模型在遥感应用中的价值和实际状况。

遥感模型的类别及其简明内涵表

分类方法	模型类别	次级模型	模型内涵
遥感信息流 过程分类	大气模型		研究大气对遥感信息的影响及纠正方法
	景观模型		表征地表能量流、物质流的行为、规律
	传感器 模型		测量地表能量流、物质流的行为,研究 遥感信息在测量过程中的传递函数
空间分辨率 分类结构	连续模型		地物性质随时间与空间的变化是连续的
	离散模型		地物性质随时间与空间的变化不连续
		高分辨	地物单元(景观单元)大于空间分辨率
		低分辨	地物单元(景观单元)小于空间分辨率
研究方法 分类	物理模型		基于物理定律,定量表达物体性质 和能量物质变化的实时过程
	经验模型		以统计为主要手段得出地物变化的统计规律
	统计物理模型		介于物理与经验模型之间的半经验模型
输出方式 分类	图象模型	监督分类	有人工监督、训练分类器识别样本
		非监督分类	无需人工监督,利用集群方法等
	非图象模型		以非图象输出结果
应用目的 分类	作物冠层模型	产量模型	研究遥感信息与作物产量的定量关系, 又可分光谱、热红外及复合模型等
		作物结构 模型	研究作物冠层结构与光谱之间的定量关系。又称双向 反射模型,共分五个学派。也包括植被 指数模型与绿度模型
	水热模型	热惯量模型	以多时相遥感信息向地物纵深方向延拓 及挖掘信息的一种方法
		土壤水分 模型	从遥感及辅助信息中提取土壤水分含量信息
		蒸发模型	以热量平衡为基础的定量解析模型

物理模型是以事物发展的机理为根基,研究遥感信息源同传输介质、目标相互作用的定量过程和结果。它是基于物理定律的确定性模式。典型的例子是地物的比辐射率,它导自于布朗克定律,是严格的确定模型。然而对于复杂的自然表面的野外作业,导致即使物理模型也有一定误差,也必须以实验(或说试验)验证其模型的灵敏度和精度。因此遥感实验不可缺少。

经验模型是根据大量重复的遥感信息及其相应的地面实况的统计结果所得的模型。这类模型受到一定的时间和空间的限制,没有上升到以事物的机理为基础的高度。但它具

有较强的应用适应性,在缺乏物理模型或物理模型参数要求过于复杂而难以获得的情况下,经验模型是唯一可用的模型。这类模型的素材当然主要来自遥感实验。例如遥感作物面积统计模型等。

统计物理模型是介于物理模型和经验模型之间的一种类型。它的根基还是来自于物理机制,但由于自然界的有些事物影响因素太多,从一定时空尺度衡量,变化是随机的。因此必须走物理机制与随机统计有机结合的道路。这种方法是解决有些问题的有效措施。例如作物冠层的双向反射模型,其叶子的反射、透射和投影基于严格的物理学、光学、几何学,但叶子的分布、植株的空间分布只能借助于随机统计方法。

上述三种模型各有其发展背景和应用范围。目前在遥感领域中是并行发展的。检验它们的正确性和应用适应性的途径是实践。

实践的途径有二条:一是实际应用,另一是模拟试验。后者可在特定的环境下,控制有关参数,方便于反馈修正,更容易获得预期目的,而且运转周期短,节约人力、物力。模拟试验是发展遥感模型、检验遥感模型的最有效的途径。

本书中所提出的模型大多是在遥感实验场通过遥感模拟试验而获得的及受到实践检验的,因此我们称其为实验遥感模型,是上述三类模型的综合。

本书的第一章重点介绍了建立遥感实验场的意义、目的及其方法。强调地面基础的重要性。突出了在目前的条件下,开展定量遥感研究所必须的同步观测。

第二章阐明了可见光、近红外波段的遥感基础,也就是太阳反射光谱的一些基本问题。辐射源和地物反射光谱是遥感的信息源。对自然表面反射模型的剖析,将有助于对地物波谱的更深入理解。

热红外辐射的基本问题在第三章论述。热红外辐射热红外遥感更为复杂,因为热红外遥感传感器的空间分辨率低,目标信号淹没在地表热量平衡各分量值里面,比辐射率的测定难度大等。然而热红外遥感的应用范围非常广泛。较透彻地论述热红外遥感的干扰、比辐射率的测量及真实表面温度的获取等问题将对后面许多应用模型的实践大有裨益。

第四章讨论了植被遥感的应用模型。它包括植被种类或作物种类的识别模型以及生物量估算模型。利用多时相光谱识别作物获得了成功。我们提出的黄淮海平原主要农作物的穗帽图是具有我国作物特点的。覆盖率的模型非常有价值,它将在蒸发模型、作物估产模型中准确分解作物与土壤的作用。植被指数模型经过各种应用领域的广泛使用,已逐渐趋向精确,克服土壤背景、大气的影响成为最新的攻克目标。文中提出的新思路颇有前景。

双向反射模型在近些年来发展非常迅速,学派林立、有相当深度,不可能在第五章的一章中全部详细论述。第五章仅阐明我们的实验工作以及反演均匀作物最主要结构参数的逆转模型。在此基础上,讨论以多波段摄影系统,结合图象处理,推算作物结构参数二维分布的新思路。目前,国外各学派的研究精力尚未用于航天、航空遥感资料的应用上。绝大多数的模型要求多方位,多角度的观测光谱数据,而现有遥感平台上的传感器尚不能达到这种要求。然而,高塔平台的多光谱摄像-图象处理系统,基本可以满足多方位、多角度的要求,并且下垫面的作物可以人工控制。因此这是理想的模拟试验,是地面双向反射光谱过渡到卫星、空间站多角度影象图的中间试验。

第六、第七章论述了遥感土壤水分含量模型。第六章是以热惯量模型为主体,对象是

裸地、稀疏植被。热惯量模型可把表面电磁波信息向地物纵深方向开拓及挖掘信息,是一种应用价值很高的模型。七十年代中期,热惯量模型主要应用于地质岩性的定量判别。我们开始研究热惯量模型,旨在提取土壤水分含量信息。从80年笔者提出相对热惯量模型到1992年承担广义热惯量遥感模型研究的国家基金项目,模型与方法在不断进展。热惯量模型的难点不在于土壤热传导方程的数值解法,而在于排除潜热、显热通量对热惯量信息的干扰。笔者的克服潜热、显热影响的方法的特点是充分利用热红外辐射的二维分布信息和干、湿两点的地面定标,使得土壤水分含量的推算精度至少提高8%。

在植被或作物覆盖下,遥感土壤水分含量的思路与上述不同。第七章讨论了冠层表面温度与环境气温的差值为主导信息的土壤水分遥感模型。改进了国外学者通用的作物缺水指标,使得物理意义更明确,计算方法更简便、推算结果更精确。阐明了作物缺水状况估算的最佳遥感条件及不同地理带的精度,使得在黄淮海平原建立的模型能扩展到全国和更大的地域。

第八、第九章讨论了地表热量平衡方程中两个最重要的分量:净辐射通量和蒸散通量(即潜热通量)。在第八章中,我们以遥感实验场观测到的翔实数据,找到了遥感传感器的窄波段、窄视场角数据与净辐射表的全波段、宽视场角数据之间的差异规律。在目前,以陆地卫星和气象卫星的多光谱资料推算地表净辐射通量的方法还有争论。这种差异规律无疑给这种推算方法增加了有力的证据。众所周知,净辐射通量在许多应用领域中十分有用。陆地卫星空间分辨率高,气象卫星多时相资料丰富,以这两种卫星的影象资料推算净辐射通量,对发展地学定量遥感意义重大。

地表蒸散对环境和气候的影响是举足轻重的。作物蒸散是产量形成中的核心要素。中国科学院禹城综合试验站以农田蒸散研究作为开放课题的重心。笔者在第九章中以较多的篇幅论述了一层大叶模型、二层模型及光谱阻抗模型。二层模型发展了大叶模型,以遥感方法分解了土壤蒸发和作物蒸腾。从而遥感区域蒸腾值就可以实现,就可以从产量形成机理进行估产。对于遥感而言,空气动力学阻抗的测定是十分棘手的,其中关键参数是作物高度和风速。在遥感实验场的实验研究使我们找到了遥感作物高度的途径,初步解决了这个难题。利用散射原理来遥感风速,目前还不能实现,利用气象台站的风速外延仍是主要方法。

光谱模型与大叶模型的互相补偿,可以扬长避短,提高推算精度。

最后一章是作物估产。这一课题是遥感转换生产力的典型实例。精确无误地大面积作物估产可带来巨大的经济效益。从美国到我国,这种科学实践已经持续了20年之久。但遥感作物估产并没有达到顶峰,仍有许多方法和途径有待改进。特别是以全遥感信息估产更可发展。在绿峰前植被指数或绿度的累积值是作物潜在产量的理想指标。但当考虑跨不同土壤背景地区、跨年度的情况下,土壤的影响必须排除。当模型从地面运用到高空,也就是利用卫星资料计算模型的时候,大气影响必须纠正。巧妙地运用“劈窗技术”,可使棘手的难题得到改善。遥感传感器的扫描角度所造成的差异也应得到修正。

根据上述分析,在地面估产模型的基础上,笔者提出了以卫星遥感影象图为信息源,并考虑土壤、大气、扫描角影响的综合小麦估产模型。在小麦估产实践中获得了很好的效果。

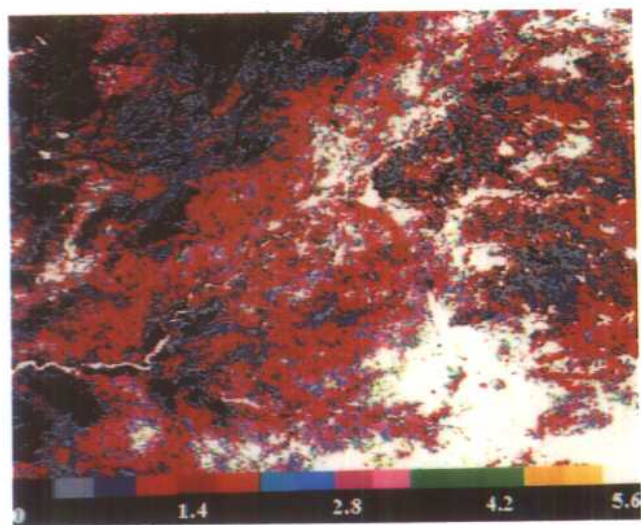
本书以遥感实验场为基地,以实验和定量分析贯穿所有章节,强调了地面基础在遥感

中的作用,突出了以水、作物为中心的遥感信息转换模型。

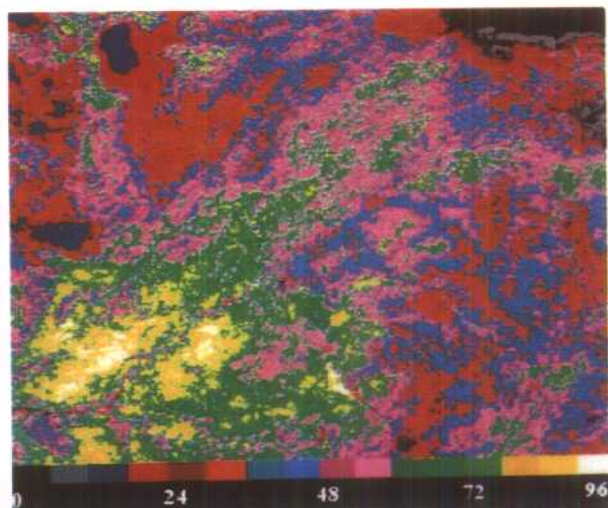
最后,借此机会,向国家自然科学基金委员会、中国科学院地理研究所、中国科学院禹城综合试验站的所有帮助、支持、关心我的先生、朋友致以真切的感谢,特别向指导我的研究工作的陈述彭先生表示衷心的感谢。

由于我的水平有限,错误和问题敬祈读者多予赐教。

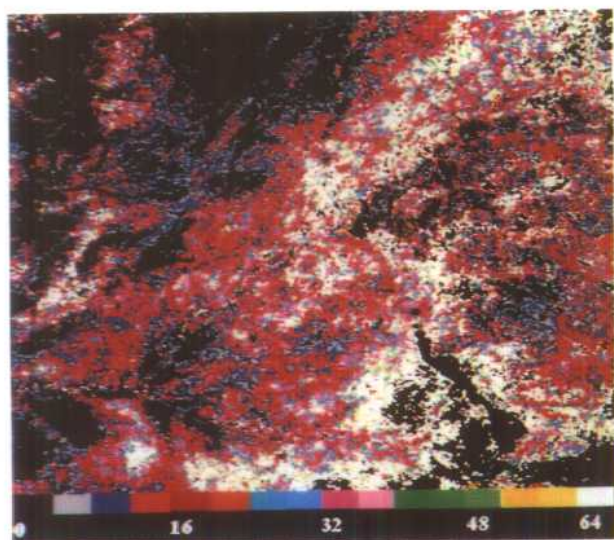
作者



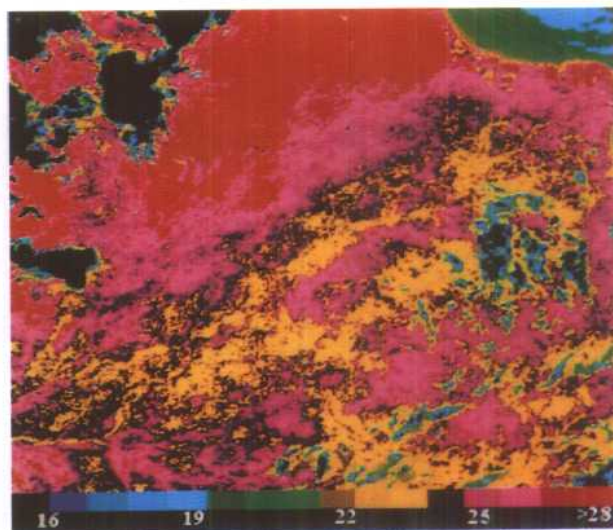
彩图1 小麦的叶面积分布影象图
(禹城地区, 1992年4月)



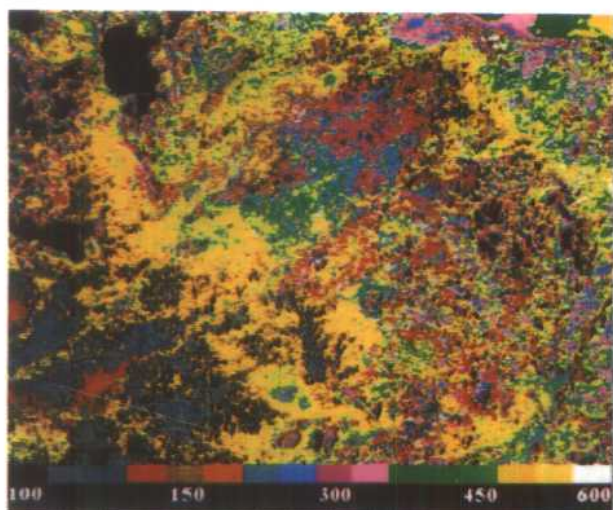
彩图2 小麦覆盖率(%)分布影象图
(禹城地区, 1993年5月23日)



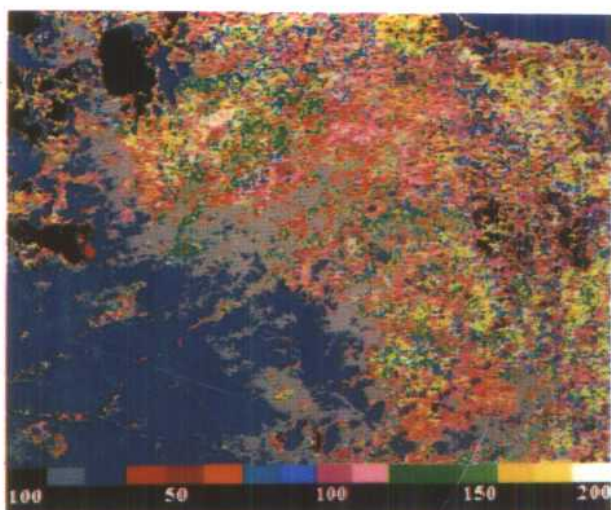
彩图3 小麦株高(cm)分布影象图
[禹城地区, 1992年4月
黑色斑块为云层(左上)及水体(右下)]



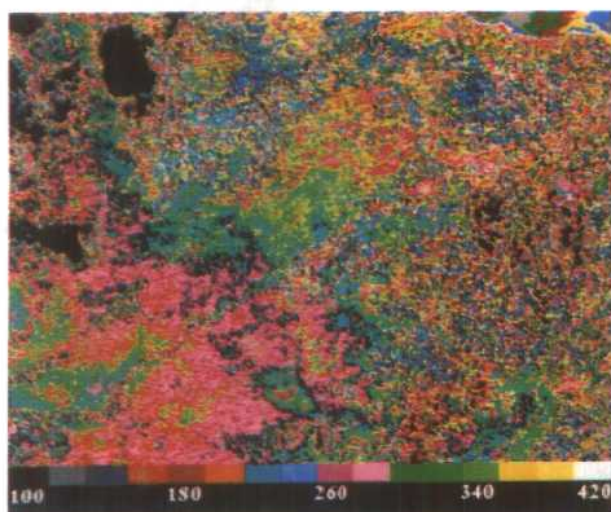
彩图4 地表温度(°C)分布影象图(含土壤、植被)
(禹城地区, 1993年5月23日)



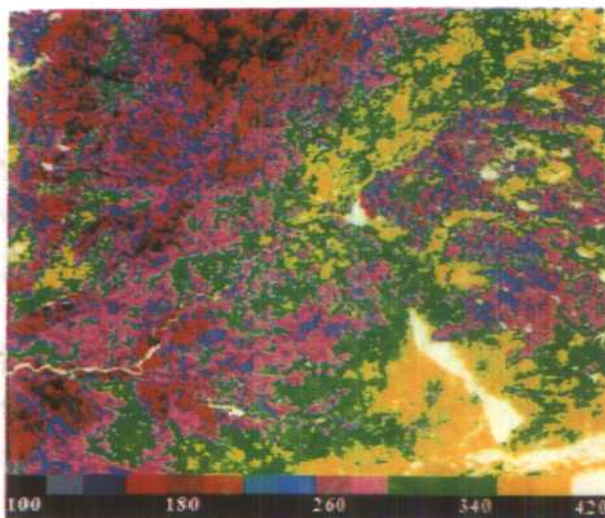
彩图5 地表净辐射 ($W \cdot m^{-2}$) 分布影象图
(禹城地区, 1993年5月23日)



彩图6 土壤蒸发 ($W \cdot m^{-2}$) 分布影象图
(禹城地区, 1993年5月23日)



彩图7 小麦蒸腾 ($W \cdot m^{-2}$) 分布影象图
(禹城地区, 1993年5月23日)



彩图8 地表蒸发 ($W \cdot m^{-2}$) 分布影象图
(禹城地区, 1993年5月23日)

目 录

序

前言	(vii)
----------	---------

第一章 遥感实验场和遥感模拟试验	(1)
------------------------	-------

第一节 遥感实验场的意义及工作内容	(1)
-------------------------	-------

第二节 遥感实验场设置原则	(3)
---------------------	-------

第三节 遥感实验场的实例——禹城遥感实验场	(3)
-----------------------------	-------

一、自然条件概况	(3)
----------------	-------

二、高塔实验遥感的意义、特点及适用范围	(4)
---------------------------	-------

三、高塔遥感平台和实验场结构	(6)
----------------------	-------

四、遥感实验场的仪器及其测量方法	(8)
------------------------	-------

第四节 多遥感平台的同步观测及地面定标	(24)
---------------------------	--------

一、同步观测及地面定标的意义和途径	(24)
-------------------------	--------

二、地表反射率的标定——卫星、地面同步观测实例	(26)
-------------------------------	--------

三、地表温度的标定——飞机、地面同步观测实例	(29)
------------------------------	--------

第二章 地物对太阳的反射光谱及遥感模型	(34)
---------------------------	--------

第一节 辐射源	(34)
---------------	--------

一、大气顶的太阳辐射	(34)
------------------	--------

二、大气对太阳辐射的影响	(35)
--------------------	--------

三、太阳辐射和天空辐射的光谱结构	(37)
------------------------	--------

四、天空辐射率分布及大气向下反射比	(39)
-------------------------	--------

第二节 自然表面的反射理论	(40)
---------------------	--------

一、粗粒反射模型	(41)
----------------	--------

二、细粒反射模型	(43)
----------------	--------

三、反射光谱的可预报性及其存在问题	(44)
-------------------------	--------

第三节 自然表面的光谱特征	(45)
---------------------	--------

一、植物(含农作物)反射光谱特征	(45)
------------------------	--------

二、土壤光谱特性	(48)
----------------	--------

三、水的光谱特性	(52)
----------------	--------

第三章 热红外遥感基础	(55)
-------------------	--------

第一节 热红外遥感的基本问题	(55)
----------------------	--------

一、热红外遥感的一些基本概念	(55)
----------------------	--------

二、热红外信息及其干扰	(59)
-------------------	--------

三、热红外遥感的复杂性	(62)
-------------------	--------

第二节 比辐射率性质及其测定方法	(65)
------------------------	--------

一、比辐射率的概念	(65)
二、比辐射率的黑体筒测定法	(67)
三、比辐射率的非封闭测定法	(70)
四、利用 CO ₂ 激光远距离测定比辐射率	(73)
五、比辐射率测量中的温度外延测量方法	(78)
第三节 真实地表温度的遥感原理	(83)
一、环境辐射照度的测量及天空温度	(84)
二、对非均匀地面的考虑	(86)
三、大气影响及航空遥感简单纠正模型	(88)
四、常规温度表所测的地表温度与真实地表温度	(90)
第四章 植被遥感应用模型	(96)
第一节 作物遥感识别的特殊性	(96)
一、作物光谱结构	(96)
二、光谱时相分析方法	(99)
第二节 作物光谱数据压缩的可能性	(101)
第三节 覆盖率信息的提取	(104)
第四节 标准差(ND)及简单比(SR)植被指数的应用及其局限性	(106)
第五节 土壤背景对植被指数的影响及调整	(113)
一、垂直植被指数	(114)
二、土壤调整植被指数	(116)
三、转换土壤调整植被指数	(118)
第六节 大气状态对植被指数的影响	(119)
第七节 抗大气影响的植被指数	(122)
第八节 植被指数的灵敏度分析	(126)
一、植被指数表达叶面积的灵敏度分析	(126)
二、植被指数表达吸收有效光合辐射的灵敏度	(127)
第五章 双向反射模型的应用探索	(129)
第一节 双向反射模型研究动态及思路	(129)
第二节 实验在双向反射模型研究中的意义	(131)
第三节 一种冠层双向反射模型的近似解析方法	(133)
第四节 模型的计算方法及其验证	(140)
第五节 逆转模型及参数反演	(143)
第六节 双向反射模型区域应用的过渡性试验	(145)
第六章 裸地或稀疏植被下土壤水分的遥感模型	(148)
第一节 近红外波段的经验模型	(148)
第二节 热红外波段的相对温差模型	(151)
第三节 一种热惯量模型及其剖析	(156)
一、表观热惯量模型的分析	(156)

二、一种热惯量模型的演绎及其量纲分析	(157)
三、演绎模型和表观模型的对比分析	(160)
第四节 定标热惯量模型	(161)
一、定标热惯量模型的目标	(161)
二、定标模型的建立	(162)
三、地面模拟试验及模型验证	(165)
第五节 定标热惯量模型在航空遥感中的应用	(171)
第七章 植被覆盖下土壤水分的热红外遥感模型	(175)
第一节 植物温度、气孔阻力及水势	(175)
第二节 信息链的实验证明	(178)
第三节 表面温度变率与作物缺水状况	(180)
第四节 估算作物缺水状况的定量模型	(186)
第五节 风速、净辐射对作物缺水指标的影响	(192)
第六节 模型的小区验证	(195)
第七节 模型的灵敏度分析及最佳遥感条件	(197)
第八章 地表净辐射通量的遥感方法	(200)
第一节 遥感净辐射通量的意义及发展概况	(200)
第二节 向下至地表的辐射分量的确定	(201)
第三节 向上辐射分量的多波段遥感资料的确定方法	(204)
第四节 以航空多光谱资料推算地表净辐射通量实例	(206)
第五节 净辐射通量的地面模拟及误差分析	(210)
第六节 专用卫星(ERBE)的地球辐射平衡试验	(214)
第九章 遥感蒸发模型与方法	(217)
第一节 遥感蒸发的意义及发展概况	(217)
第二节 一层热量平衡模型	(218)
一、一层热量平衡模型概论	(218)
二、非遥感方法确定的参数	(219)
三、遥感信息在参数化中的作用	(221)
第三节 表面温度-光谱模型	(227)
一、表面温度-光谱模型的建立	(228)
二、模拟试验效果及灵敏度分析	(230)
三、两种模型的补偿	(232)
第四节 两层模型	(233)
一、两层模型概论	(234)
二、土壤、植物、大气的耦合效应	(236)
三、遥感蒸发二层模型的几个关键	(238)
第五节 遥感蒸发的实践及存在问题	(240)

一、瞬时信息的时间延拓	(242)
二、气象参数的空间延拓	(243)
三、比辐射率问题	(244)
第十章 遥感作物估产的理论与实践	(247)
第一节 遥感信息与作物产量形成机制	(248)
一、作物对碳的吸收及其阻力	(248)
二、作物长势的最佳遥感条件	(253)
第二节 遥感信息的单产估算模型	(256)
一、改进的 SDD 遥感估产模型	(256)
二、复合遥感估产模型	(260)
第三节 遥感估算作物面积	(265)
一、成数抽样法	(265)
二、逐点象元法	(266)
第四节 遥感作物估产中大气影响的对策	(268)
一、抗大气影响的植被指数的应用	(269)
二、热红外波段的劈窗技术	(270)
第五节 遥感在小麦估产中的实践	(271)
一、植被指数与产量	(273)
二、植被指数的测量误差及类型选择	(277)
三、冠层表面温度及小麦受胁状态	(281)
四、全遥感信息的小麦估产	(282)

第一章 遥感实验场和遥感模拟试验

第一节 遥感实验场的意义及工作内容

遥感信息是空间、时间、波长的多变量函数。来自太阳的辐射穿过大气到达地球表面，与地物互相作用。大气本身也向地球表面散射和发射辐射，地球表面的地物本身也反射和发射辐射。这三者在返回到遥感平台的传感器之前又受到大气的吸收、散射以及大气的发射。因此，遥感平台上的传感器所接收到辐射信息，产生了各种变化。这种变化既造成了复杂性又包含着多种信息。遥感的目的是要再现这一反映地物本质及其与辐射相互作用的信息源。也就是从这些电磁波及其随空间、时间、波长的变化规律，揭示地物的本质内涵。

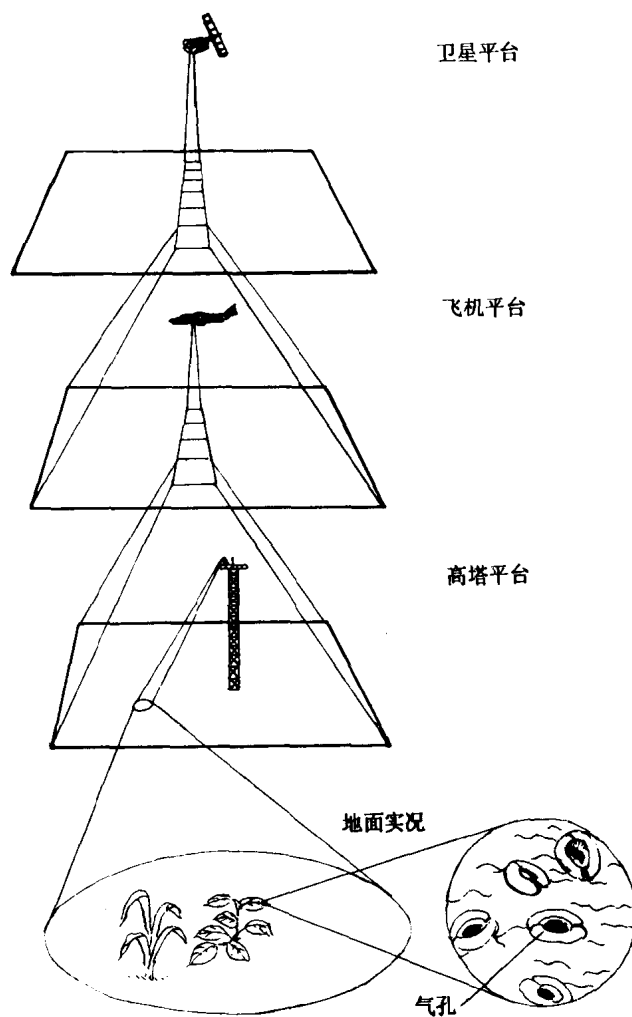


图 1.1 (a) 多级遥感平台及其尺度

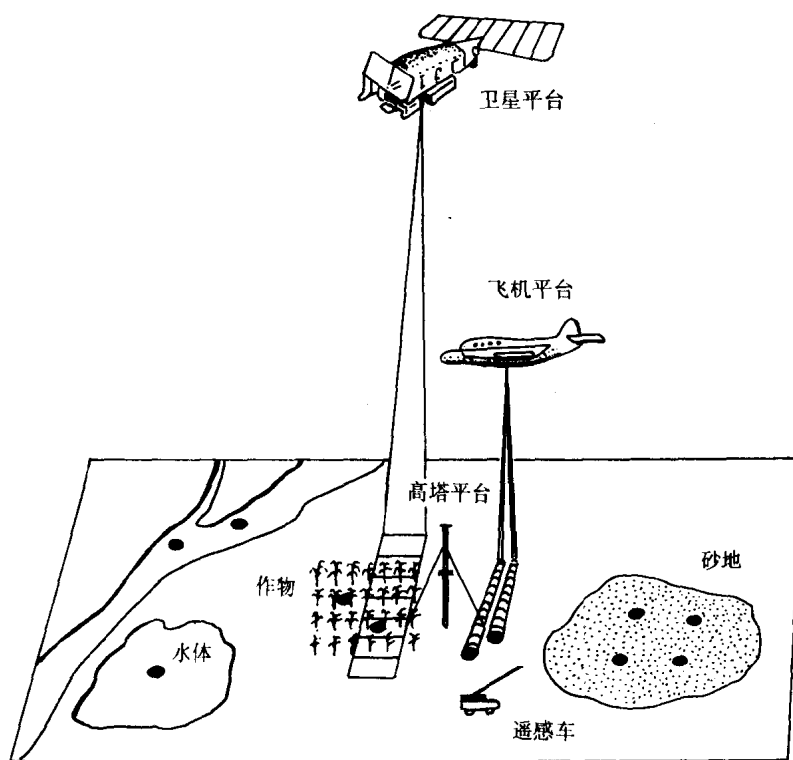


图 1.1 (b) 多级遥感平台与同步观测场

为了达到这一目的，最有效的途径是建立一系列有特征及代表性的空间场合，在这些场合里可以集中地获得反映电磁波与地物互相作用的信息流。并能同时获得分析这种信息流所必须的环境、气象、生态、生物物理、土壤物理等等多方面的辅助信息。在这特定的空间场合中，根据这些遥感信息和辅助信息，寻找信息流的每一个环节中所产生的变化原因，探求变化规律，研究电磁波和地物相互作用的机理，剖析地物的本质，从而获得具有科学价值、社会经济价值的信息。

这种空间场合被命名为遥感实验场。它是遥感这个系统工程的地面支撑部分，是研究遥感信息转换为应用信息的基地。

遥感实验场的基本课题有如下几方面：

(1) 建立与多种遥感平台及其传感器空间分辨力相对应的同步观测场（图 1.1）。开展绝对同步及准同步观测，起到标定遥感数据的作用。为开展定量遥感创造条件。

(2) 研究各种空间尺度之内电磁波与地物互相作用的过程。这种空间尺度的变化范围可从宏观的卫星测量面积到微观的植物气孔。开展多方位的基础试验和模拟试验，研究信息产生机理，从而建立将遥感信息转换为各领域应用信息的模式。

(3) 积累基础资料。这包括遥感模拟试验资料，同步观测资料及地面实况。建立数据库、其中包含地物波谱数据。这里应指出，地物波谱数据不是为测试而测试，而是具有明确目的，融合于遥感模拟试验及同步观测之中。

通过以上的基本课题和任务，不仅要抓住某一试验场特有空间所具有的个性，而且更重要的要揭示信息变化和 information 转换的共性，起到示范与推广作用。