

农业遥感技术



Agricultural Remote Sensing Technology

谭昌伟 主编

 中国农业出版社

农业遥感技术

Agricultural Remote Sensing Technology

谭昌伟 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

农业遥感技术 / 谭昌伟主编. —北京: 中国农业出版社, 2017. 2

ISBN 978 - 7 - 109 - 22456 - 8

I. ①农… II. ①谭… III. ①遥感技术-应用-农业
IV. ①S127

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 296104 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区麦子店街 18 号楼)

(邮政编码 100125)

责任编辑 郭银巧

北京通州皇家印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2017 年 2 月第 1 版 2017 年 2 月北京第 1 次印刷

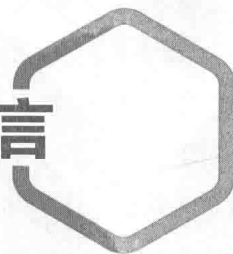
开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 18.25 插页: 16

字数: 396 千字

定价: 120.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

前 言



我国是发展中农业大国，农业不兴，无从谈百业兴，农民不富，难保国泰民安，农业是人类衣食之源、生存之本，在我国历来被认为是安天下、稳民心的战略产业，此外，没有农业的现代化，也不可能有整个国民经济的现代化，因此，农业的兴衰成败关系到国民经济的全局。

在当今现代农业发展的新阶段，我国都将以大田种植模式作为我国现代农业的发展方向，并且大田种植向着规模化、信息化和精细化发展是必然趋势。2016年1月中共中央国务院印发《关于落实发展新理念加快农业现代化实现全面小康目标的若干意见》关于强化现代农业科技创新推广体系建设中明确提出“大力推进‘互联网+’现代农业，应用物联网、云计算、大数据、移动互联网等现代信息技术，推动农业全产业链改造升级，大力发展智慧气象和农业遥感技术应用”。

遥感技术是一种空间信息获取的前沿高新技术，具有宏观性和综合性，时效性和动态性，以及成本相对较低等特点，伴随着遥感传感器和遥感数据处理技术的快速发展，遥感技术在多个领域已迅速得到广泛应用，并且利用其技术优势发挥了非常重要的作用，尤其农业是遥感技术应用最重要、最广泛和最成功的领域之一。遥感不仅能准确、快捷、大面积、无破坏地监测作物长势和籽粒品质，评估作物产量，而且可以实时快速准确地获取包括病虫害、倒伏、冻害、干旱等多种灾情信息和农业生产数据，基于此对作物生长进行宏观动态监测和实时生产指导具有独特的优势，有助于实现大面积、高效、低耗作物生长进程监测预报。总之，农业遥感技术在作物种植、农情信息实时动态监测与分析、农业生产精细管理等领域取得了重要进展，为农业生产、经营管理、信息服务提供了新的手段和途径，能够推动现代农业的快速发展，促进农业提质增效。

本书由江苏高校品牌专业建设工程资助项目（PPZY2015A060）、江苏高

校优势学科建设工程资助项目 (PAPD)、扬州大学粮食作物现代产业技术创新中心、扬州大学出版基金、国家自然科学基金面上项目“小麦氮素组分时空分布星地遥感监测机理与优化算法研究”(41271415)等资助完成的,作者来自扬州大学,全书凝聚着作者多年从事农业遥感基础与应用教学讲义、课件以及国家自然科学基金(41271415、40801122)、国家公益性行业科技专项(200803037)、“863”计划(2006AA12Z138)等项目科研创新成果,融入了作者对农业遥感技术的认识和心得,部分内容也引用了该领域权威学者取得的重要研究成果。该书围绕作物生产遥感技术应用为主线,从地面遥感和卫星遥感两个层面,深入浅出地介绍了农业遥感基本概念、原理、方法、模型和应用实例。全书共分9章,每章结尾设置复习思考题。第一章介绍农业定量遥感概述;第二章介绍实验设计与数据测量规范;第三章介绍遥感数据源及其处理方法;第四章介绍作物光谱特征及其参数定量反演;第五章介绍作物长势遥感监测;第六章介绍作物品质遥感预测;第七章介绍作物产量遥感估测;第八章介绍作物光合参数遥感监测;第九章介绍作物灾害遥感监测。

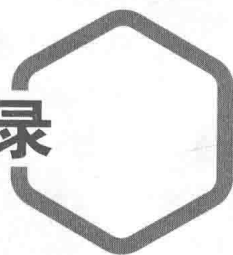
本书在编写过程中,本课题组罗明、周健、杜颖、杨昕、马昌、童璐等研究生做了大量资料收集与整理工作,郭文善教授、高辉副教授、孙成明副教授、顾骏飞副教授等同事,还有王君婵、王妍、王仁红、宋森楠、王丽爱、金秀良等研究生也给予不同方面的支持,同时参考借鉴甚至选用了一些有关的著作、教材、论文或资料,在此一并表示由衷的谢意。

限于作者水平,书中错误和疏漏在所难免,恳请读者在使用过程中对本书多提宝贵意见,以便改进。

编者

2016年4月

目 录



前言

第一章 农业定量遥感概述	1
第一节 遥感概述	1
一、遥感的概念及特点	1
二、遥感的类别	3
第二节 农业定量遥感发展历程	4
第三节 农业遥感定量监测原理	5
一、遥感定量监测地物基本原理	5
二、农业定量遥感应用的农学基础	7
第四节 遥感技术在农业生产上的应用	13
一、遥感技术在作物生长动态监测方面的应用	13
二、遥感技术在作物估产方面的应用	16
三、遥感技术在作物品质预测上应用	17
四、农田养分遥感与变量施肥决策	18
五、作物病虫害监测与预报	21
复习思考题	22
主要参考文献	22
第二章 实验设计与数据测量规范	27
第一节 地面遥感实验	27
一、实验目的及意义	27
二、遥感实验方法	29
三、光谱数据获取与分析	30

第二节 卫星遥感地面实验	34
一、遥感实验设计原则	34
二、作物生长参数遥感监测	35
三、地面主要设备	45
复习思考题	48
主要参考文献	48
第三章 遥感数据源及其处理方法	50
第一节 遥感数据源	50
一、遥感数据分辨率	50
二、遥感数据源及其类别	57
第二节 地面遥感数据处理	65
一、数据整理	66
二、常用光谱数据处理方法	66
第三节 卫星遥感影像处理	72
一、遥感软件简述	72
二、获取影像途径	73
三、ENVI 影像处理	74
复习思考题	90
主要参考文献	90
第四章 作物光谱特征及其参数定量反演	94
第一节 绿色植被典型光谱特征	94
一、光谱特征	94
二、绿色植被典型反射光谱特征	94
三、光谱特征变量	95
第二节 作物光谱特征变化规律	96
一、不同条件下作物冠层反射光谱特征变化规律	96
二、不同株型作物品种的光谱特征差异	101
三、作物单叶光谱特征	104
第三节 作物叶片营养状况光谱诊断	104
一、作物叶片营养光谱诊断概述	104
二、作物叶片光谱特征与营养参数的相关分析	105

三、作物氮素营养高光谱遥感定量反演	108
四、基于原始及微分光谱的作物理化参数定量反演	115
五、基于红边参数的作物理化参数定量反演	118
第四节 作物生物物理参数遥感定量反演	121
一、基于红端位置参数的作物营养参数遥感定量反演	121
二、基于光谱植被指数的作物 LAI 遥感定量反演	123
三、基于 FD_Max 的作物 LAI 遥感定量反演	125
第五节 光谱特征与作物 Beer-Lambert 定律结合应用	126
一、不同株型 NDVI、LAI 和 K 随生育天数的变化	126
二、不同株型 LAI 和 K 与 NDVI 间的相关分析	127
三、模型检验	129
复习思考题	130
主要参考文献	130
第五章 作物长势遥感监测	132
第一节 作物长势遥感监测概况	132
一、作物长势概述	132
二、作物长势遥感监测概述	132
第二节 作物长势遥感监测的方法	139
一、遥感监测指标方法	139
二、遥感数据与作物生长模型结合方法	141
三、作物长势遥感监测流程	142
第三节 作物全生育期长势遥感动态监测	144
一、小麦返青期长势遥感动态监测	144
二、小麦拔节期长势遥感动态监测	147
三、小麦孕穗期长势遥感动态监测	151
四、小麦开花期长势遥感动态监测	157
五、小麦花后 15d 长势遥感动态监测	161
第四节 遥感变量组合监测作物长势参数	164
一、遥感变量归一化组合对作物主要长势参数的遥感监测	164
二、遥感变量差值组合对小麦主要长势参数变幅的遥感监测	168
三、遥感变量比值组合对作物主要长势参数的遥感监测	175
第五节 基于优化算法作物长势遥感监测	180

一、基于多核支持向量算法作物 LAI 遥感监测	180
二、基于随机森林回归算法作物 SPAD 遥感监测	182
三、基于人工神经网络作物生物量遥感监测	184
第六节 卫星遥感与作物调优栽培技术集成应用	186
一、卫星遥感与小麦调优栽培技术集成	186
二、卫星遥感与水稻调优栽培技术集成	189
复习思考题	190
主要参考文献	190
第六章 作物品质遥感预测	193
第一节 作物品质遥感预测概况	193
一、作物品质遥感预测指标	193
二、作物品质遥感预测进展	194
三、作物品质遥感预测存在问题	195
第二节 作物品质遥感预测原理与方法	196
一、作物品质遥感预测原理	196
二、作物品质遥感预测方法	197
第三节 遥感变量与作物主要品质指标的定量关系	199
一、基于不同因子小麦籽粒蛋白质含量遥感预测模型	199
二、基于不同因子小麦籽粒淀粉含量遥感预测模型	206
三、基于不同因子小麦籽粒湿面筋含量遥感预测模型	210
四、基于 HJ-CCD 影像小麦沉降值遥感预测模型	212
五、基于 TM 和 PLS 的冬小麦籽粒蛋白质率预测	214
六、基于高光谱多参数的小麦 GPC 遥感预测模型	215
七、基于综合光谱指数小麦 GPC 遥感预测模型	217
第四节 作物品质遥感预测技术应用	222
复习思考题	223
主要参考文献	224
第七章 作物产量遥感估测	226
第一节 作物产量遥感估测概述	226
一、主要作物产量构成	226
二、作物遥感估产国内外进展	227

三、作物遥感估产存在问题	229
第二节 作物遥感估产过程与方法	229
一、作物遥感估产流程	229
二、作物种植面积遥感统计	230
三、常用的遥感植被指数	231
四、遥感估产方法	231
第三节 作物产量遥感预测模型及应用	232
一、基于不同生育期 TM 影像小麦产量遥感预测	232
二、基于开花期 HJ-CCD 影像小麦产量遥感预测	235
三、基于花后 15d HJ-CCD 影像小麦产量遥感预测	238
四、小麦遥感估产不同变量模型比较	241
五、基于 PLS 算法和 HJ-1A/1B 影像的小麦遥感估产	244
复习思考题	247
主要参考文献	247
第八章 作物光合参数遥感估算	249
第一节 作物光合遥感概述	249
一、作物光合遥感监测的重要性	249
二、植被光合遥感监测进展	249
第二节 作物冠层 fAPAR 遥感植被指数估算	250
第三节 叶绿素荧光参数 Fv/Fm 遥感植被指数监测	256
复习思考题	260
主要参考文献	260
第九章 作物灾害遥感监测	262
第一节 作物病害遥感监测	262
一、作物病害遥感监测优势	262
二、病情指数调查与严重度分级	262
三、常用遥感植被指数	263
四、作物病害遥感监测进展	263
五、作物病害遥感监测应用实例	265
第二节 作物虫害遥感监测	268
一、作物虫害遥感监测优势	268

二、虫害危害程度调查与分级	268
三、作物虫害遥感监测进展	269
四、作物虫害遥感监测应用实例	270
第三节 作物倒伏遥感监测	272
一、作物倒伏遥感监测优势	272
二、作物倒伏遥感监测进展	273
三、作物倒伏遥感监测应用实例	273
第四节 作物冻害遥感监测	275
一、作物冻害遥感监测优势	275
二、作物冻害遥感监测进展	275
三、作物病害遥感监测应用实例	276
第五节 作物干旱遥感监测	277
一、作物干旱遥感监测优势	277
二、作物干旱遥感监测进展	278
三、作物干旱遥感监测应用实例	279
复习思考题	281
主要参考文献	281

第一章

农业定量遥感概述

[农业遥感技术]

第一节 遥感概述

一、遥感的概念及特点

1. 遥感的概念

遥感 (remote sensing), 简称为“RS”, 意即“遥远的感知”。其科学含义是指从远距离, 不实际接触物体, 而是通过对物体发出的电磁波的测量获得信息, 进而综合运用物理原理、数学方法和地学规律进行分析研究的一门新兴探测科学技术。从技术层面讲, 遥感是不直接接触物体本身, 从远处通过传感器探测和接收来自目标物体的信息 (如电场、磁场、电磁波等信息), 经过信息的传输及其处理分析, 识别物体的属性及其分布等特征的技术 (图 1-1)。遥感就是对地球表面的地学过程及特征进行物理量测量, 并以数字量的形式客观地收集、记录、传输、处理和重现这一信息的科学。

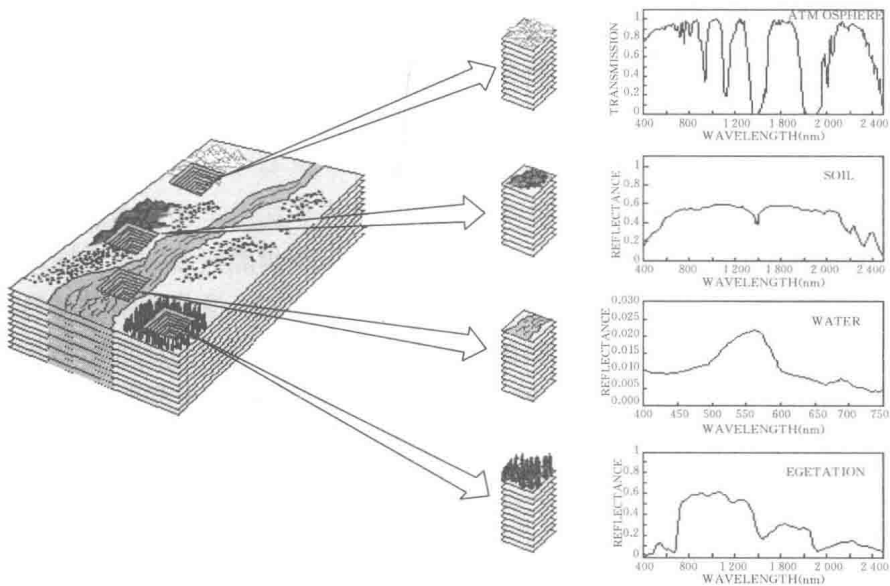


图 1-1 遥感技术示意图

遥感是一种空间信息获取的高新技术，具有宏观性和综合性，时效性和动态性，以及成本相对较低等特点，并与地理信息系统（GIS）和全球定位系统（GPS）结合，被称之为“3S”技术，能够快速准确地收集农业资源和农业生产的相关信息，且及时准确获取农业相关信息，对作物生长进行宏观动态监测和实时指导作物生产具有独特的优势（图 1-2）。

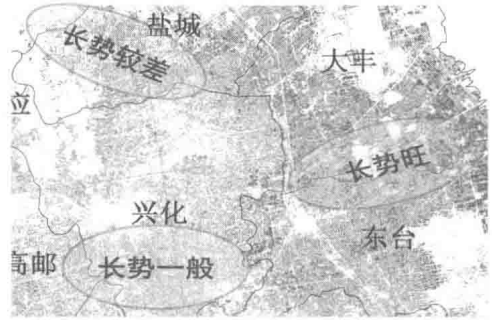


图 1-2 作物生长遥感监测（见彩图）

2. 遥感的特点

通过遥感手段能获得丰富的综合性信息、并对所获得信息进行有效处理，具有很大潜力以及广阔的发展前景。遥感有如下主要特点：

（1）感测范围大，具有综合、宏观的特点

遥感从飞机上或人造地球卫星上，居高临下获取的航空像片或卫星图像，比在地面上观察视域范围大得多，又不受地形地物阻隔的影响，为人们研究地面各种自然、社会现象及其分布规律提供了便利的条件。例如，航空像片可提供不同比例尺的地面连续景观像片，并可进行立体像对观测，图像清晰逼真，信息丰富。卫星图像的感测范围更大，一幅陆地卫星 TM 图像可反映出 $34\,225\text{ km}^2$ （即 $185\text{ km} \times 185\text{ km}$ ）的景观实况。我国全境仅需 500 余张这种图像，就可拼接成全国卫星影像图。因此，遥感技术为宏观研究各种现象及其相互关系，诸如区域地质构造和全球环境等问题，提供了有利条件。

（2）信息量大，具有手段多，技术先进的特点

遥感是现代科技的产物，它不仅能获得地物可见光波段的信息，而且可以获得紫外、红外，微波等波段的信息。不但能用摄影方式获得信息，而且还可以用扫描方式获得信息。遥感所获得的信息量远远超过了用常规传统方法所获得的信息量，这无疑扩大了人们的观测范围和感知领域，加深了对事物和现象的认识。例如，微波具有穿透云层、冰层和植被的能力，红外线则能探测地表温度的变化。因而遥感使人们对地球的监测和对地物的观测达到多方位和全天候。

（3）获取信息快，更新周期短，具有动态监测特点

遥感通常为瞬时成像，可获得同一瞬间大面积区域的景观实况，现实性好，而且可通过不同时相取得的资料及像片进行对比、分析和研究地物动态变化的情况，为环境监测以及研究分析地物发展演化规律提供了基础。例如，陆地卫星每 16 天即可对全球陆地表面成像一遍，气象卫星甚至可每天覆盖地球一遍。因此，可及时地发现病虫害、洪水、污染、火山和地震等自然灾害发生的前兆，为灾情的预报和抗灾救灾工作提供可靠的科学依据和实时资料。

（4）实现对作物的无损监测特点

遥感对作物的长势监测、病虫害的快速预报及病情程度的预估和作物的产量预估都是通过非接触的方式进行的，这样减少了对作物及农田的破坏，也降低了农民的损失，监测

的同时不使农民产生抵触心理。

此外,遥感还具有用途广、效益高的特点。遥感已广泛应用于农业、林业、地质矿产、水文、气象、地理、测绘、海洋研究、军事侦察及环境监测等领域,深入到很多学科中,应用领域在不断扩展。遥感成果获取的快捷以及所显示出的效益,是传统方法不可比拟的。

二、遥感的类别

由于分类方式的不同,遥感有多种分类。

1. 按遥感平台的高度分类

可分为航天遥感、航空遥感和地面遥感。

航天遥感又称卫星遥感 (satellite remote sensing),泛指利用各种太空飞行器为平台的遥感技术系统,以地球人造卫星为主体,包括载人飞船、航天飞机和太空站。

航空遥感又称机载遥感 (aerial remote sensing),是指利用各种飞机、飞艇、气球等中空平台作为传感器运载工具在空中进行的遥感技术系统,是由航空摄影侦察发展而来的一种多功能综合性探测技术。

地面遥感又称近地遥感 (ground remote sensing) 主要指以高塔、车、船为平台的遥感技术系统,地物波谱仪或传感器安装在这些地面平台上,可进行各种地物波谱测量。

2. 按电磁波光波段分类

可分为可见反射红外遥感、热红外遥感和微波遥感 3 种类型。

可见光或反射红外遥感,主要指利用可见光 ($0.4\sim 0.7\ \mu\text{m}$) 和近红外 ($0.7\sim 2.5\ \mu\text{m}$) 波段的遥感技术统称,前者是人眼可见的波段,后者即是反射红外波段,人眼虽不能直接看见,但其信息能被特殊传感器所接收。它们的共同特点是,其辐射源是太阳,在这两个波段上只反映地物对太阳辐射的反射,根据地物反射率的差异,就可以获得有关目标物的信息,它们都可以用摄影方式和扫描方式成像。

热红外遥感,指通过红外敏感元件,探测物体的热辐射能量,显示目标的辐射温度或热场图像的遥感技术的统称。遥感中指 $8\sim 14\ \mu\text{m}$ 波段范围。地物在常温 (约 $300\ \text{K}$) 下热辐射的绝大部分能量位于此波段,在此波段地物的热辐射能量,大于太阳的反射能量。热红外遥感具有昼夜工作的能力。

微波遥感,指利用波长 $1\sim 1\ 000\ \text{cm}$ 电磁波遥感的统称。通过接收地面物体发射的微波辐射能量,或接收遥感仪器本身发出的电磁波束的回波信号,对物体进行探测、识别和分析。微波遥感的特点是对云层、地表植被、松散沙层和干燥冰雪具有一定的穿透能力,又能夜以继日地全天候工作。

3. 按研究对象分类

可分为资源遥感与环境遥感两大类。

资源遥感:以地球资源作为调查研究对象的遥感方法和实践,调查自然资源状况和监测再生资源的动态变化,是遥感技术应用的主要领域之一。利用遥感信息勘测地球资源,

成本低,速度快,有利于克服自然界恶劣环境的限制,减少勘测投资的盲目性。

环境遥感:利用各种遥感技术,对自然与社会环境的动态变化进行监测或作出评价与预报的统称。由于人口的增长与资源的开发、利用,自然与社会环境随时都在发生变化,利用遥感多时相、周期短的特点,可以迅速为环境监测、评价和预报提供可靠依据。

4. 按应用空间尺度分类

可分为全球遥感、区域遥感和城市遥感。

全球遥感:全面系统地研究全球性资源与环境问题的遥感的统称。

区域遥感:以区域资源开发和环境保护为目的的遥感信息工程,它通常按行政区划(国家、省份等)和自然区划(如流域)或经济区进行分类。

城市遥感:以城市环境、生态作为主要调查研究对象的遥感工程。

第二节 农业定量遥感发展历程

卫星遥感技术在农业领域中的应用是较为活跃的,尤其在作物长势监测、品质监测预报、产量估算、种植面积提取以及灾害监测与损失评估等方面表现出强大的功能。利用遥感技术定量提取作物信息,其过程是通过搭载在卫星遥感平台上的传感器实时获取地表作物信息,依据农学机理与原理,运用3S技术,采用相关算法,将传感器获取的作物信息经过一系列的处理和运算,以实现大面积、快速、无损地作物长势定量监测和品质定量监测预报以及产量定量估算。

自1972年美国发射了第一颗陆地资源卫星(Landsat)以后,卫星遥感就开始应用到农业领域。埃及农业资源监控系统(ALIS),由埃及农业和土地部下属的水土研究所(Soil and Water Research Institute, SWRI)和法国SPOT IMAGE公司于1991年开始研制的。我国“七五”期间,江苏省农业科学院承担了江苏省里下河地区的水稻估产试验。浙江大学农业遥感与信息技术研究所对水稻遥感信息提取开展较系统的研究。“八五”期间,浙江大学农业遥感与信息技术研究所研究浙江省水稻遥感信息提取,同时参与“太湖平原水稻遥感估产”专题研究,解决了水稻遥感信息提取的关键技术,取得了一系列成果。“九五”期间,由中国科学院主持的国家卫星应用技术重点项目——“主要农作物卫星遥感估产系统研究”,研制卫星遥感水稻估产系统。“十五”期间,在国家“863”重点项目——“我国典型地物标准波谱知识数据库”的支持下,已对农作物波谱数据及其配套参数的测量标准和质量控制体系进行了研究,并取得了一定的研究成果。“十一五”期间,由北京师范大学主持的“国家粮食主产区粮食作物种植面积遥感测量与估产业务系统”,探讨遥感提取作物种植面积的方法。2008年由国家农业信息化工程技术研究中心牵头组织实施的农业部公益性行业科研专项——“主要农作物调优栽培信息化技术”,其中“中弱筋小麦调优栽培信息化技术”课题由扬州大学牵头实施,研究将现代信息技术与作物栽培措施进行集成组装,形成基于现代信息技术的作物调优栽培技术体系。

1974—1977年,美国农业部(USDA)、国家海洋大气管理局(NOAA)、宇航局

(NASA) 联合制定了利用遥感技术开展“大面积作物调查实验”计划 (LACIE), 实现了对世界小麦主产区的种植面积、单产和总产的估算, 其精度在 90% 以上, 我国农业定量遥感技术的应用始于 20 世纪 70 年代末, 根据当时全国农业资源区划工作的要求 (周清波, 2004), 在科技部、财政部、农业部等大力支持下, 农业部门的遥感技术应用工作经历了“六五”“七五”“八五”期间的设备引进、人才培养、技术攻关、实验研究和生产服务, “九五”期间的实用化, 运行服务系统的建立, 到“十五”“十一五”期间的技术推广应用, 已在作物实时动态监测、作物产量估算、农业资源调查、农业灾害监测及损失评估等方面得到极为广泛的定量化应用 (图 1-3)。

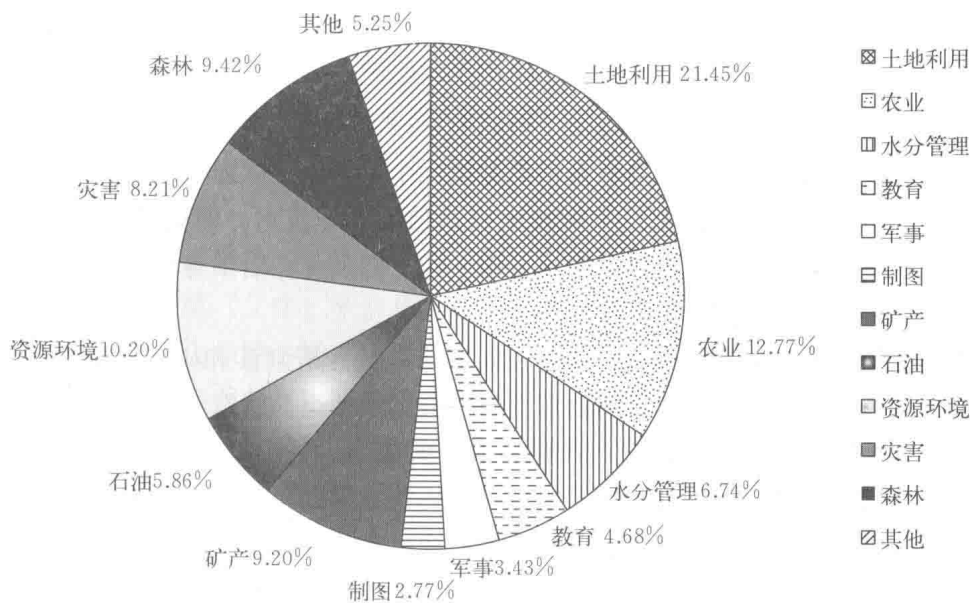


图 1-3 定量遥感在不同领域中的应用地位 (见彩图)

第三节 农业遥感定量监测原理

一、遥感定量监测地物基本原理

1. 定量遥感应用的原理

任何物体都具有吸收和反射不同波长电磁波的特性, 具体地说, 它们都具有不同的吸收、反射、辐射光谱的性能。在同一光谱区各种物体反映的情况不同, 同一物体对不同光谱的反映也有明显差别。即使是同一物体, 在不同的时间和地点, 由于太阳光照射角度不同, 它们反射和吸收的光谱也各不相同, 这是物体的基本特性。人眼正是利用这一特性, 在可见光范围内识别各种物体的, 遥感技术也是基于同样的原理, 利用搭载在各种遥感平台 (地面、气球、飞机、卫星等) 上的传感器 (照相机、扫描仪等) 接收电磁波 (图 1-4), 根据地面上物体的波谱反射和辐射特性, 识别地物的类型和状态遥感的介质以电磁波

为主，并通过电磁波来传递信息，通常是使用绿光、红光和红外光 3 种光谱波段进行探测，并对物体作出判断。绿光段一般用来探测地下水、岩石和土壤的特性，红光段探测植物生长、变化及水污染等，红外段探测土地、矿产及资源。

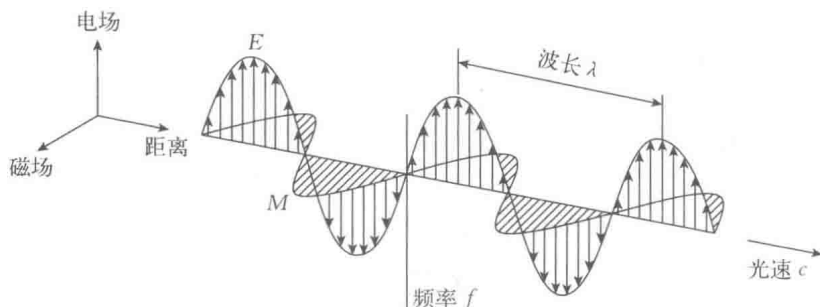


图 1-4 电磁波 (梅安新等, 2001)

遥感主要是由信息源、传感器以及信息处理三个部分组成。遥感中主要使用的技术有波谱技术、热感技术、微波技术、宇航技术以及信息处理技术。而信息处理的内容又包括：信息数字化、信息校正、波谱的对比分析、信息的强化、输出与模拟以及检验。

2. 遥感过程

遥感过程是指遥感信息的获取、传输、处理，以及分析判读和应用的全过程 (图 1-5)。它包括遥感信息源 (或地物) 的物理性质、分布及其运动状态，环境背景以及电磁波光谱特性，大气的干扰和大气窗口，传感器的分辨能力、性能和信噪比；图像处理及识别，以及人们的视觉生理和心理及其专业素质，等等。因此，遥感过程不但涉及遥感本身的技术过程，以及地物景观和现象的自然发展演变过程，还涉及人们的认识过程。这一复杂过程当前主要是通过地物波谱测试与研究、数理统计分析、模式识别、模拟试验、地学分析等方法来完成。

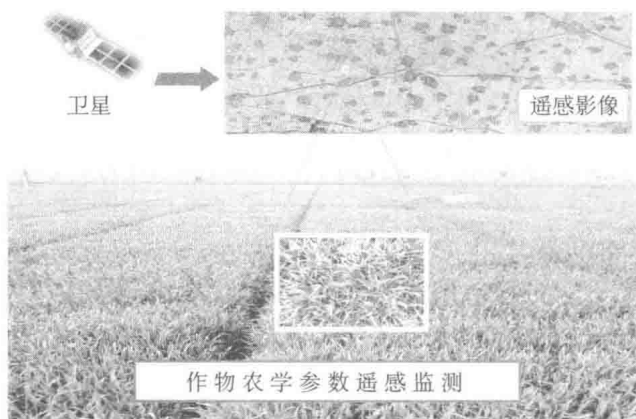


图 1-5 农业遥感监测过程 (见彩图)

3. 遥感技术系统

遥感技术系统是实现遥感目的的方法论、设备和技术的总称。现已成为一个从地面到