



全国高等农业院校教材

全国高等农业院校教材指导委员会审定

农业遥感



● 林培 主编

● 土地资源 土化 草原
农学 植保 专业 用

北京农业大学出版社

全国高等农业院校教材

全国高等农业院校教材指导委员会审定

农业遥感

林 培 主编

土地资源、土化、草原、农学、植保专业用

北京农业大学出版社

全国高等农业院校教材

农业遥感

林培 主编

*

北京农业大学出版社出版发行
(北京市海淀区圆明园西路二号)
北京昌平华生印刷厂印刷
新华书店经销

*

787×1092毫米 16开本 19.75印张 495千字
1990年8月第1版 1990年8月第1次印刷
印数: 1-3 000

ISBN 7-81002-172-9/S · 173

定 价: 4.00元

主 编 林 培 （北京农业大学）

编 者 张宏铭 严泰来 金钟辉等
（北京农业大学）

主审人 毛达如 （北京农业大学）

审稿人 李学垣 （华中农业大学）

前 言

农业遥感是现代遥感技术与农业科学相结合而应用于农业生产领域的一门新型边缘学科。目前它所渗透到的有关农业学科领域有：土壤学中的土壤调查、土壤侵蚀调查和土壤水分监测；草原学中的草原调查、估产与监测；农学中的作物估产与长势监测；植物保护中某些病虫害调查与监测；农业气象中的农业气候研究与监测；农业生态学中的环境保护等。因此，它究竟是原有上述各学科的新技术运用，还是一门独立的新型学科，目前看法还不一样，所以，我们暂称之为“农业遥感”。

农业遥感的基础和发展特点大致有如下几方面：

第一，农业遥感的发展决不可能脱离农业科学中原有各有关学科的理论 and 实践基础。例如要利用现代遥感技术进行现代土壤调查，如果没有现有的土壤学、土壤地理学、地貌学和有关农业科学等方面的知识与实践，要想利用现代遥感资料和技术手段而绘制一幅合乎要求的土壤图，并进行有关的改良利用规划是不可能的。所以它要求具有农业科学中原有有关学科与遥感技术等双方面的雄厚基础，这种基础与其从遥感资料上所获取的专业信息呈正比，而且这个共存的基础永远是发展农业遥感的基础。

第二，上述这种结合只是基础性的、经验性的一面。它要求深入到各研究对象在自然界的有关因素和现象的物理关系中去，从而建立各研究对象的专业物理模式，如已有的热红外影象的地质体解译的热模式、正在研究中的土壤水分监测的热惯量模式、土壤侵蚀研究的土壤侵蚀模数的遥感定量分析模式、作物估产的物理模式等，它们都从现有的研究基础深入到各研究领域内的物理—遥感关系，从而建立专业性的物理模式，揭示出该研究对象的物理规律与遥感的接口，所以它不仅是将某些现象进行数理统计而得出的数学模式，而且只有通过这样才可能是推动农业遥感深入发展的基础。

第三，遥感与农业应用相结合，使遥感变为一个重要的信息源，它就必须与计算机科学和信息科学相结合。这种结合不仅是一些遥感和资源方面单纯的数学处理，必定会发展成为一个空间信息系统和图象显示与图形更新，而且要进一步专业智能化，也就是和专业应用、专业物理模式的紧密结合而形成一个现代化农业管理与决策系统，它也许是现代化农业发展的一个方面。

农业遥感这本教材基本上是围绕这一思想体系而组织有关教师编写的，因为是基础教材，所以90%以上还只限于遥感基础知识及在农业领域中的经验性应用方面的介绍。其中第一章至第六章均为遥感基础知识；第七章至第十一章为农业领域中的专业应用；第十二章至第十四章为当前一些技术性发展的介绍。

由于这门学科发展较快，本书有些章节在应用几年的油印教材基础上，进行了修订、改写，增加了新的适用的内容。但是，由于我们的水平所限，错误在所难免，希望有关同仁及读者给以批评指正。

编写分工：

第一、二、三、七、八章 林 培

第四章 张宏铭

第五章 程 芳

第六章 赵继红

第九章 夏景新

第十章 林 培、卢志光

第十一章 林志亮

第十二章 叶华刚、张 纬、林 培

第十三章 金钟辉、王家圣

第十四章 严泰来

目 录

第一章 遥感的概念及物理基础	1
第一节 遥感的概念、分类和遥感技术在农业中的应用	1
一、遥感的概念	1
二、遥感技术的分类	2
三、遥感技术在农业中的应用	3
第二节 电磁波	5
一、物质与电磁波	5
二、电磁波谱	6
三、电磁波谱中各谱段的遥感特性	7
第三节 太阳辐射与大地辐射	8
一、太阳辐射与黑体辐射	9
二、太阳辐射	10
三、大地辐射	11
第四节 电磁波的传导与大气效应	12
一、大气反射	13
二、大气散射与天空光	13
三、大气吸收与太阳光谱	14
四、大气的透过特性与大气窗口	15
第五节 地物的光谱特性	17
一、物体对电磁波响应的特性	17
二、几种主要地物的光谱反射特性	18
三、绿色植物的光谱反射曲线	19
第二章 航空遥感的基础知识	20
第一节 航空摄影及航空象片的基本特征	20
一、航空摄影	20
二、航空象片的基本特征	21
第二节 航空象片的立体观测与纠正	26
一、立体观察与立体量测	26
二、航空象片的象点位移	33
三、航空象片的纠正	36
第三节 航空象片判读(解译)的一般原则	36
一、航空象片判读的影象标志	36
二、航空象片判读的原则与工作方法	39

三、航空象片判读的工作程序和具体方法	39
第三章 陆地卫星基本知识	44
第一节 陆地卫星影象的基本特点	44
一、卫星的轨道高度和卫星的类型	44
二、陆地卫星的运行特征	45
三、陆地卫星影象的覆盖特征	46
四、陆地卫星影象的轨道与行列索引	50
五、陆地卫星影象的优缺点	51
第二节 陆地卫星的工作系统	52
一、遥感测试系统	52
二、星载系统	52
三、地面控制—处理系统	54
第三节 陆地卫星的传感器及影象的光谱特性	55
一、反束光导管摄影 (RBV)	55
二、多光谱扫描 (MSS)	56
三、专题成图仪 (TM)	59
第四节 SPOT 卫星及其影象	60
一、SPOT 卫星的轨道特征	60
二、传感器的特点	62
三、SPOT 的成象特征	63
四、SPOT 的影象特征	64
第五节 卫星象片的符号及注记	66
一、MSS 粗处理影象的符号及注记	66
二、TM 粗处理影象的符号及注记	68
三、SPOT 粗处理影象的符号及注记	69
第四章 气象卫星简介	70
第一节 气象卫星在农业遥感中的作用及其遥感应用特点	70
一、气象卫星的重复频率高	71
二、气象卫星上的光谱通道与农业监测	72
三、象幅刈度与宏观监测	72
四、气象卫星的产品价格低廉	72
五、NOAA 气象卫星在农业遥感应用中的不足之处	73
第二节 气象卫星的发展与探测特点	73
一、气象卫星的发展	73
二、气象卫星的探测特点	74
第三节 气象卫星的种类与探测内容	75
一、气象卫星的种类	75
二、气象卫星的主要结构、观测仪器与产品	77
三、气象卫星资料的接收与处理	79

第四节 气象卫星资料在农业气象中的应用.....	80
一、卫星云图的判读.....	81
二、台风预报.....	82
三、水旱监测.....	83
四、全球天气监测计划.....	86
第五节 植被指数及其应用.....	87
一、植被指数的计算.....	87
二、植被指数的分析应用.....	88
三、气象卫星对迁移虫害的监测.....	90
第五章 遥感影像的光学处理.....	93
第一节 色度学基础知识.....	93
一、光与色.....	93
二、三原色原理.....	94
三、色度图.....	95
第二节 单张影像处理.....	97
一、基础知识.....	97
二、反差调整.....	99
三、假彩色密度分割.....	100
第三节 影像合成处理.....	101
一、假彩色合成.....	101
二、边缘增强.....	104
三、影像相减.....	104
第四节 相干光学图象处理简介.....	105
一、影像付立叶变换.....	105
二、处理方法.....	106
第六章 卫星图象的数字图象处理.....	108
第一节 数字图象处理的基本概念、过程及设备.....	108
一、基本概念.....	108
二、过程.....	109
三、设备.....	110
第二节 卫星磁带数据.....	111
一、BSQ 格式(按波段顺序格式).....	111
二、BIL 格式(波段按行交叉格式).....	111
第三节 图象复原.....	112
一、辐射噪音与几何畸变.....	112
二、几何校正.....	113
第四节 图象增强.....	115
一、直方图修改技术.....	115
二、线性组合.....	117

三、滤波	117
四、主分量分析	118
第五节 图象分类	119
一、监督分类	119
二、非监督分类	121
第六节 图象处理的发展	122
一、纹理分析	122
二、辅助资料的应用	122
三、层次分析	122
第七章 植被与土地利用的遥感影像解译	124
第一节 有关植被和土地利用的一些基本概念	124
一、植被的一些基本概念	124
二、土地利用与土地覆盖	125
第二节 植被与土地利用的航片解译	125
一、航片的植被与土地利用的目视解译的影像标志	125
二、植被的航片解译与制图	129
三、土地利用的航片调查	130
第三节 绿色植物的光谱特性	134
一、绿色植物的一般光谱特性	134
二、叶片的透射率与重复反射	136
三、近红外反射与作物的种类及健康状况	136
四、绿色植物的季相和物候差异	138
第四节 植被与土地利用的陆地卫星影像解译	138
一、植被和土地利用的目视解译的卫星影像标志	138
二、植被的卫星影像解译	140
三、土地利用的卫星影像解译	141
第八章 土壤和土壤侵蚀的遥感影像解译与制图	145
第一节 土壤调查的发展与遥感影像的应用	145
一、土壤调查的历史发展与遥感影像的应用	145
二、遥感技术运用于土壤和土壤侵蚀调查的优点和缺点	146
第二节 航空象片的土壤解译与制图	147
一、航空象片土壤解译的影像标志	147
二、航空象片土壤解译的理论基础与方法论	150
三、航片的土壤解译与成图工作的过程	155
第三节 陆地卫星影像的土壤解译与制图	159
一、陆地卫星影像土壤目视解译的影像标志	159
二、陆地卫星影像土壤解译的理论基础	160
三、土壤卫星解译的方法论	164
四、陆地卫星影像土壤解译的工作步骤	165

五、陆地卫星影象磁带的土壤的机助解译	168
第四节 航空象片的土壤侵蚀解译	168
一、航空象片的土壤侵蚀解译的影象标志	168
二、航空象片土壤侵蚀解译的理论基础及方法论	171
三、工作及方法和工作过程	173
第五节 陆地卫星影象的土壤侵蚀解译与制图	173
一、陆地卫星影象的土壤侵蚀解译的影象标志	174
二、陆地卫星影象土壤侵蚀调查的理论基础和方法论	175
三、陆地卫星影象的土壤侵蚀解译的工作方法及工作程序	176
第九章 草原遥感调查与监测	177
第一节 草地学基础与遥感技术	177
一、草地学基础	177
二、草地植被的遥感基础——植物光谱	178
第二节 草地类型调查的遥感影象的目视解译与制图	180
一、资料收集及处理	181
二、路线调查、建立解译标志和分类系统	181
三、样地调查与统计抽样	184
四、生产力估测	185
五、草地类型图的编绘	185
六、计算机成图	188
第三节 草地生物量估测	188
一、以草地光谱反射率估测生物量	188
二、以象片密度估测生物量	189
三、以陆地卫星 MSS 光谱亮度值估测生物量	190
四、运用陆地卫星影象定量分析进行草地生物量估测	191
五、以 NOAA 气象卫星资料大面积估测草地生物量	192
第四节 草地资源监测	193
一、地面摄影	193
二、航空摄影	193
三、陆地卫星资料	194
四、草地沙化监测	194
第五节 野生动物栖息地和动物行为调查	195
一、野生动物栖息地调查	195
二、区域生态环境分析	196
三、动物数量调查	197
第十章 农作物产量的遥感估测	200
第一节 遥感作物估产的基本原理	200
一、作物产量形成因素与遥感影象的识别	200
二、绿色植物的光谱特性	201

三、遥感与统计	201
第二节 取得预测产量的基本工作方法	202
一、单位面积产量的取得	202
二、作物种植面积的计算	211
第三节 面积框图抽样的遥感估产	213
一、遥感的面积框图取样的基本原理	213
二、工作方法	214
三、影像分层抽样效果的检查	216
第四节 美国大面积的遥感估产试验	218
一、美国国内试验的主要内容及主要成果	218
二、全球估产的工作方法	224
第五节 气象卫星的作物估产与监测	224
一、NOAA 气象卫星估产的基本原理及其特点	224
二、基本工作方法	226
第十一章 遥感技术在植物保护方面的应用	228
第一节 遥感技术在植物病害方面的应用	228
一、红外监测植物线虫病	228
二、红外监测植物病毒病害	229
三、红外监测植物细菌性病害	229
四、红外监测植物真菌性病害	229
五、红外监测半知菌类病害	230
第二节 遥感技术在昆虫学方面的应用	231
一、遥感技术在昆虫学方面应用的主要领域	231
二、遥感技术在昆虫学方面应用的主要类别	233
第十二章 热红外遥感与微波遥感	239
第一节 热红外遥感	239
一、物质的热学物理特性	239
二、热红外影像特征	240
三、热红外影像的解译与应用	241
第二节 微波遥感	243
一、微波传感器的特点	243
二、侧视雷达	244
三、侧视雷达图象的特点及其应用	251
四、微波遥感的未来发展	251
第十三章 野外地物反射光谱的测试	254
第一节 测试原理	254
一、镜面反射	254
二、漫反射	255
三、方向反射	256

第二节 测量中的几个具体问题	259
一、天空光和云彩的影响	260
二、参考板的影响	261
三、测量地物的确定	262
四、测量次数的选择	263
第三节 测试仪器	264
一、波长范围	264
二、视场角	266
三、测定方式	266
第十四章 地理信息系统	267
第一节 地理信息系统与遥感信息源	267
一、地理信息系统的概念	267
二、遥感与地理信息系统	268
第二节 地理信息系统的构成	269
一、地理信息系统的数据规范	270
二、数据采集	279
三、数据管理	282
四、数据库的管理	287
五、信息的处理与应用	289
六、输出部分	292
第三节 地理信息系统的功能及其应用	294
一、地理信息系统的功能	294
二、地理信息系统的应用	295
三、地理信息系统的实例	297
四、地理信息系统的未来前景	299

第一章 遥感的概念及物理基础

60年代以来,遥感技术得到了蓬勃的发展,一方面是遥感技术本身所取得的一系列伟大成就,使人类进入了航天的宇宙空间;另一方面是遥感技术的成果集中表现在影像及其磁带记录等资料在各个领域内的应用,如地质学、地理学、土壤学、森林学、草原学等领域中的应用,因此,使遥感技术成为20世纪迅速发展的高技术科学之一。

遥感技术所牵涉的学科较多,但作为该学科本身的发展基础还是物理学。当然,如果讨论其应用的话,就牵涉到各个所应用的学科。农业遥感,也就牵涉到农业学科中的各个学科。

第一节 遥感的概念、分类和遥感技术在农业中的应用

一、遥感的概念

所谓遥感(remote sensing)就是从遥远的地方感觉一个物体的客观存在。它在人类的生活领域内是广泛存在的现象。如每个人,通过自己的两只眼睛,不与物体接触而能观察到不同距离的物体的存在,这就是遥感。如果从现代的科学定义上来说,遥感就是:在一定距离之外,不与目标物体直接接触,通过传感器收集被测目标所发射出来的电磁波能量而加以记录,并形成影像,以作为有关专业信息的识别、分类和分析的一种技术学科。

(一) 遥感系统的组成

一个完整的遥感系统应当由三个部分组成:即传感器(sensor)、载体(carrier)和指挥系统(command system)。一个人体的器官就是一个天然的、完整的遥感系统,如一对眼睛就是两个天然的传感器,人的身体即为载体,人的大脑即为指挥系统。

所谓传感器,就是收集目标物反射,或者发射电磁波信息的装置。它是遥感系统的主要的功能组成部分。最普遍的、最常见的人工传感器是照相机,它是将各种地物所反射的可见光的电磁波特征用感光胶片记录下来,并可以形成象片。传感器的发展,目前有多波段照相机、电视摄影机、多波段光谱扫描仪(MSS)、电荷耦合器(CCD)、红外光谱仪等。

所谓载体,也称平台(platform),它是负载这些传感器的工具,最常见的有相机支架、气球、飞机,目前已发展为各种卫星。

所谓指挥系统,就是指挥和控制传感器与平台并接收其信息的指挥部,现代遥感的指挥系统一般均由计算机系统来执行。如在卫星遥感中,由地面控制站的计算机向卫星发送指令,以控制卫星载体运行的姿态、速度,指令传感器探测的数据和接收地面遥测站的数据向指定地面接收站发射,地面接收站接收到卫星发送来的全部数据信号,送交数据中心进行各种预处理,然后提交用户使用等,均由技术中心指挥与控制。具体关系可参考图(1-1)。

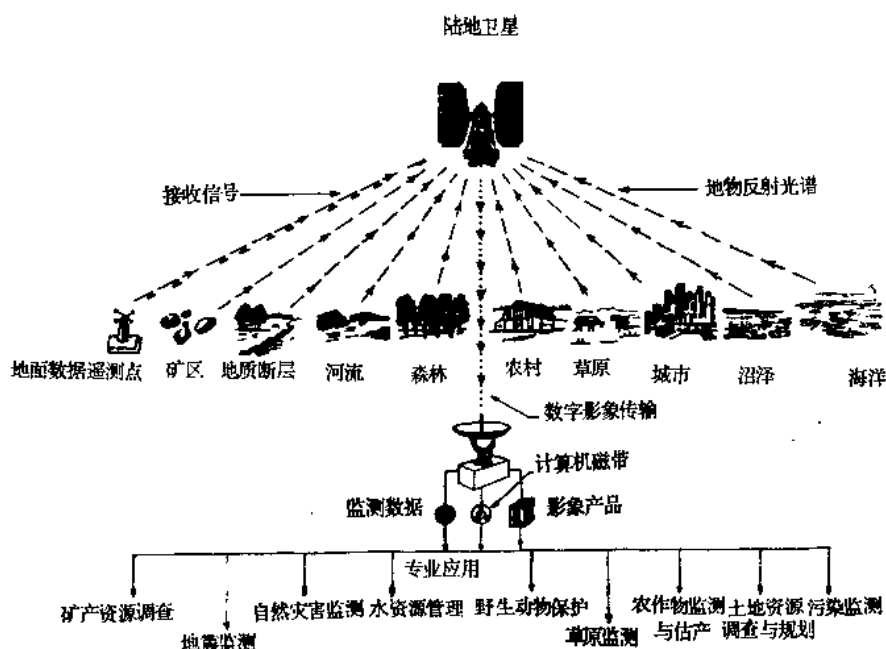


图1-1 现代遥感工作技术系统总体示意图

（二）遥感技术的研究和发展

遥感技术的研究主要分两个方面，即遥感技术本身和遥感技术的应用，两者的相互结合，以推动遥感技术的发展。

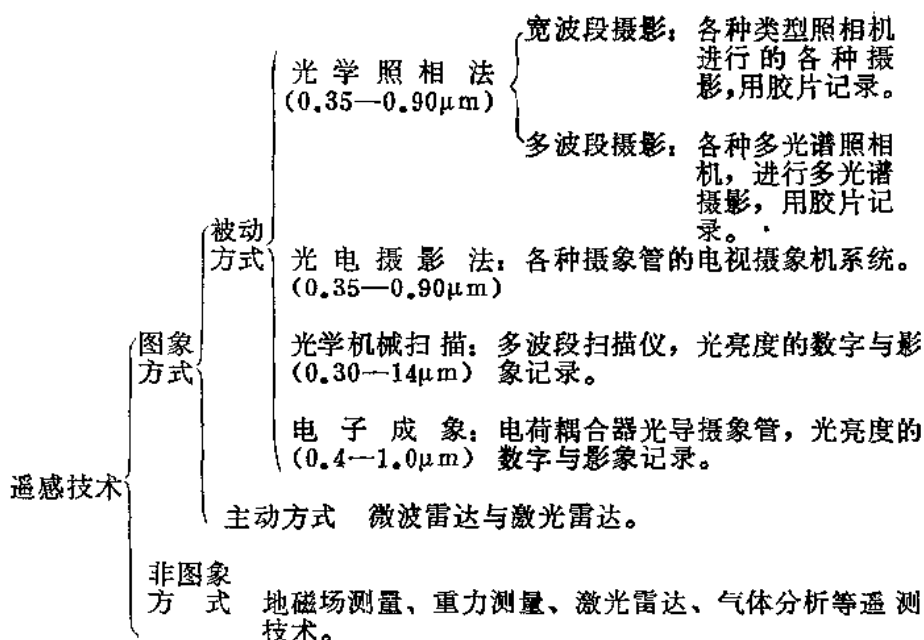
1. 遥感技术本身的研究。这主要是：A. 各种类型的传感器和各种载体的研究，这多集中在国家的航天专门机构内进行；B. 各种特征的地物波谱特性，这多集中于各个遥感工作站和地物光谱场，它的研究是为传感器的波段选择与各专业解释提供依据。

2. 遥感技术的应用。这主要集中于各专业部门，如农业、林业、水利、地质、铁道、矿产等各个部门的研究机构与大学。因此，应用部门是应用遥感资料来解决本专业部门所需要解决的理论与生产实践的问题。其特点是：首先是各自的专业解释主要依靠本部门专业技术人员在专业领域的基础知识，结合遥感技术的特点而加以研究和利用。其次是它与遥感技术本身相比，往往具有众多的专业人员和技术领域。

二、遥感技术的分类

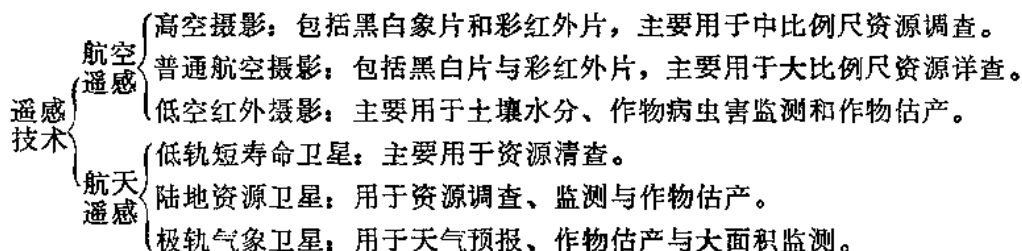
由于遥感技术包含的内容较多，因而在其分类方面就有各式各样，如按其电磁波波段的的工作区域可划分为可见光波段遥感、红外遥感、热遥感、微波遥感等；如按遥感成像划分，传感器是否向地面发射电磁波可分为主动遥感和被动遥感，例如先由传感器向地面目标物发射电磁波然后再收集返回到传感器上的电磁波，则称之为主动遥感，如带闪光灯的摄影、雷达、侧视雷达等。如果传感器仅是收集来自地面目标物的电磁波，则称之为被动遥感，如一般的摄影、扫描成像等均属被动遥感；其它也有按成像与否而分为成像遥感和非成像遥感；也有按遥感平台而划分航空遥感和航天卫星遥感；也有按应用特点而分为农业遥感、林业遥感、地质遥感、水利遥感等等。以下我们介绍两个方面。

（一）遥感技术的综合分类



(二) 遥感技术的农业应用划分

一般根据其在农业中的应用及其成像特点而分，如以下图示：



三、遥感技术在农业中的应用

现代遥感技术的多波段性和多时相性，十分有利于以绿色植物为主体的再生资源的研究，因为这一类的再生资源——如植物、水体、土地利用等每时每刻均在变化，它与非再生资源不一样，如一个地质体或是地貌类型可以相对稳定的保存一段时间。因而许多类型卫星的传感器的波段设计都考虑到反映绿色植物的红光波段（约0.6—0.7μm）和近红外波段（0.8—1.0μm）特征。这样，对农业生产状况及其生态环境的监测就十分有利。所以说，农业是遥感技术最大的受益者，也是遥感技术最大的用户，是有一定道理的。

我国是一个国土辽阔、人口基数很大的第三世界国家，农业生产的自然条件十分复杂，土地资源的数量、质量及其分布不十分清楚，自然灾害比较频繁，因而遥感技术对我国来说就显得十分重要。因此，我国政府与联合国开发计划署、粮农组织先后进行几期的农业遥感合作项目，在北京农业大学建立了“全国农业遥感应用与培训中心”，并在哈尔滨、南京、成都等一些大行政经济区建立了分中心。国内有关机构也先后在工作中建立了一些农业遥感组织。所以，使我国的农业遥感工作得到了迅速的开展。总的来说，农业遥感工作有以下几个方面。

(一) 土地资源调查

土地资源是指包括气候、地形、表层岩石、土壤、植被（森林和草原）和水文等自然要素的自然综合体，可以说包括了整个农业生产的生态要素。国际上于50年代开始大量地使用航空象片进行以土壤为主体的土地资源调查工作，70年代开始利用陆地卫星影象对一些原来缺乏资料的第三世界国家进行了中比例尺制图，特别是一些非洲国家，如苏丹、坦桑尼亚、埃塞俄比亚等，并在一些已有资料的发达国家进行了中比例尺的专业图的汇编工作（如美国的南达科塔州）。

我国利用航空象片进行土壤制图的试验开始于60年代，但正式大量使用是于1979年开始的全国第二次土壤普查。不过利用航片进行森林资源调查开始较早，始于50年代初期，而且工作卓有成效。利用陆地卫星进行土壤调查和水文调查等则开始于70年代末和80年代初期。目前陆地卫星资料已开始广泛使用于中小比例尺的土地资源调查与农业区划工作，如山西、内蒙等省区即如此，而且已被许多专业和技术人员认识到，陆地卫星影象对于中小比例尺的土地资源调查来说，的确是一项“多、快、好、省”的途径，特别是一些面积较大、技术力量比较薄弱的边远省区。

（二）土地资源监测

土地资源是一个变化的自然综合体，特别是一些人为经营得不合理的地区，往往引起土壤侵蚀、土壤沙化和土壤次生盐渍化等，即所谓土地资源退化等问题。对土地资源的监测除实地进行定位观测或从实地遥测器取得实地资料以外，也可用不同时期的同一幅影象进行影象迭加、对比，这就可以准确地看该区的土地资源的变化，特别是一些交通不便，或面积较大的地区，只有卫星遥感技术发展以后，真正的所谓监测才变成了现实。例如通过卫星影象的监测，泰国、巴西等国家发现了他们热带森林资源已破坏得如此严重。同样，我国的大兴安岭林区也观察到了如此的现象。所以，一个国家对自己的土地资源必须有一个监测网，否则心中无数，例如南水北调以后的华北平原的土壤次生盐渍化问题，我国西北和西南地区的土壤侵蚀问题，我国的草原退化问题等就必须建立遥感监测系统。

（三）作物估产

作物的农业产量对于一个国家的经济发展影响较大，特别是我国这样一个人口众多的农业大国，预测农作物的产量情况就显得十分重要。美国对卫星估产的研究一直就比较注意，它是美国农业部遥感研究的一个重要方面。

作物估产基本上分两个方面，一是大面积估产，它可以以卫星影象进行生态分区，而在各个生态区根据历史产量建立各种的产量模拟公式，并根据每年的气候条件进行校正。目前它已开始采用 NOAA 卫星进行生物量模拟计算。另一方面是小区估产，包括美国的“框图面积取样”在内，它是将卫星影象与航空象片相结合的一种方法。

（四）农作物生长状况及其生态环境的监测

这包括两个方面：一是通过绿色植物的红光吸收波段和近红外反射波段的光谱特征而对影象进行不同绿度值的数字图象处理，通过这种绿度值的数字图象来了解作物的生长状况，其中包括作物的病、虫（特别是近红外航片）等生物性自然灾害；另一方面可以通过陆地卫星影象的背景值及热红外波段等特征来了解作物生长的环境条件，其中包括地面温度和土壤水分的旱涝状况。

（五）鱼情水产的研究

海洋鱼群的活动与水温关系较大，因水温影响着浮游生物的生长。这方面有些国家利用