

寇有观 萧 铎 编著



农业遥感

农业出版社

农 业 遥 感

寇有观 萧 铎 编著

农 业 出 版 社

农 业 遙 感

寇有观 萧 铎 编著

* * *

责任编辑 陈菁华

农业出版社出版(北京朝阳区枣营路)

新华书店北京发行所发行 北京通县曙光印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 8.25印张 7插页 180千字

1988年5月第1版 1988年5月北京第1次印刷

印数 1—1,570册 定价 2.35 元

ISBN 7-109-00201-2/S·145

前 言

遥感技术是现代科学技术之一。在世界新技术研究迅速发展的今天，遥感技术伴随着航空、航天、宇航技术的发展不断扩大和完善。它以获取地球环境与资源的丰富信息服务于人类，因而受到世界各国的普遍重视，有着广泛的应用价值、经济效益和巨大的生命力⁽¹⁾。

人造卫星的发射成功，开辟了从宇宙空间观察地球的新纪元。如果说初期的卫星多用于军事目的，七十年代发射的陆地卫星1、2、3号和八十年代发射的陆地卫星4、5号则主要用于地球资源的考察，法国的SPOT卫星还有提供绘制地形图信息的能力。尤为重要的是，我国已经成为空间大国，多次成功地进行了卫星的发射和回收，国土普查卫星将给全国提供更好的遥感信息⁽²⁾。

由于农业生产是在辽阔的国土上进行的，所以，遥感在农业方面的应用受到格外的重视。美国自七十年代以来，开展了农作物识别技术评价、大面积作物估产⁽³⁾，航天遥感调查农业和资源（全名为：Agriculture and Resources Inventory Surveys through Aerospace Remote Sensing）⁽⁴⁾等大规模的农业遥感计划，广泛研究了农业资源调查、农业监测的遥感理论和方法。苏联、法国、加拿大、日本、德国、澳大利亚等许多国家也广泛开展了农业遥感工作。七十年代以来，在陈述彭教授的倡导下，我国的农业遥感研究发

展很快〔5〕。

八十年代以来，我们在从事全国农业区划委员会领导的土地资源概查的同时，在农业遥感领域开展了广泛的试验研究。实测农作物和土壤的反射波谱曲线170条，测定作物叶片的叶绿素的吸收曲线80余条，计算了叶绿素的含量，对六种作物叶片的横切面进行了显微照相分析。发表过农作物反射波谱特性及遥感信息解译〔6〕等论文。利用所测的作物、土壤等光谱数据，计算了我国农业遥感的最佳波段，在遥感影像的判读分析中，总结了目视判读和数字图象处理的经验〔7〕。广泛搜集了全国上千个县的作物历、物候历，帮助了遥感判读解译〔8〕，探讨了农业遥感的最佳时相，促进了遥感应用的发展。

本书是我们试验和研究工作的总结，希望能对我国农业遥感的发展起到一定的推动作用。此书的第一、四、七、八、十二共五个部分由寇有观同志执笔完成，第三、五、六、九、十、十一共六个部分由萧铎同志执笔完成，第二部分由俩人共同完成。

此研究曾得到中国科学院植物研究所王淑芝、余延莉同志，中国石油勘探设计院王天喜同志，国家地震局吴一凡同志的大力协助；得到北京大学李懋学同志，中国林业部梁香莲同志，中国农业科学院张玉兰、孙荣锦、杨宇光、乔秉均等同志，浙江省区划研究所丁贤勤同志的热情帮助，我所陈印军、覃志豪等同志参加过部分工作，在此一并致谢。

编 者

1985年

目 录

前 言

一、绪论	1
(一) 农业资源调查	3
(二) 农作物长势监测和估产	4
(三) 草场、畜牧业调查	6
(四) 农业区划	8
二、主要农作物和农业资源的光谱反射特性	16
(一) 光谱反射率的测试	16
(二) 光谱反射特性	18
(三) 求多种地类反射辐射和反射率公式	34
三、遥感的最佳波段选择	39
(一) 方差法	39
(二) t检验法	41
四、目视判读	49
(一) 判读所用的资料	49
(二) 地形图判读	51
(三) 遥感影象判读	53
五、数字图象处理	60
(一) 数字图象的特点	60
(二) 数字图象处理系统	63
(三) 试验样区的选择	71
(四) 图象增强	73
(五) 特征提取和分类	97

六、农业遥感与物候	118
(一) 影响物候历的因子	119
(二) 等物候线图	124
(三) 全国的物候历	149
(四) 不同地点的物候历	155
(五) 遥感最佳时相的选择	164
七、农业自然资源调查	169
(一) 遥感农业自然资源调查	169
(二) 工作准备	170
(三) 调查方案	172
(四) 目视判读结果的分析	174
(五) 与数字图象处理结果的比较	179
八、种植业遥感调查	181
(一) 种植业调查的基本内容	182
(二) 种植业调查方法	184
(三) 种植业遥感调查事例	188
(四) 农作物识别	193
(五) 种植业遥感调查的几个问题	199
九、草场、畜牧业、野生动物遥感调查	202
(一) 遥感调查的内容	203
(二) 遥感调查的方法	204
(三) 草场调查	208
(四) 牲畜、载畜量调查	216
(五) 草场评定和规划	218
(六) 野生动物调查	220
十、病虫害遥感调查	222
(一) 农作物、牧草病虫害调查	224
(二) 果树病虫害调查	228
(三) 林木病虫害调查	232

十一、渔业遥感调查	234
(一) 内陆渔业调查	237
(二) 沿海渔业调查	237
(三) 深水渔业调查	238
(四) 我国渔业遥感调查	239
十二、农业区域分析和规划中的遥感应用	241
(一) 区域调查	241
(二) 区域特征分析	244
(三) 结点区域分析	247
(四) 区域规划	249
参考文献	254
附图	

一、绪 论

农业是培育动植物以取得产品的社会生产部门。一般包括植物栽培业和动物饲养业。在我国现阶段，狭义的农业指种植业，或仅指农作物栽培；广义的农业包括种植业、林业、畜牧业、副业和渔业。在国外，通常包括种植业和畜牧业；随着现代农业的发展，还包括为农业提供生产资料的农业前部门和农产品加工、储藏、运输、销售等农业后部门。农业生产在自然条件下进行，具有强烈的季节性和明显的地区性，年际变化也很大，所以，及时掌握农业的情况是十分困难的。为此，发展了许多农业调查方法。遥感技术是农业调查的有效方法之一。通常叫做农业遥感（Aplication of remote sensing in agriculture），即为农业服务的遥感。这种遥感工作的范围很广，包括农业资源调查，种植业调查，草场、畜牧业遥感调查，病虫害监测和预报，农业结构调查，农业区划，土壤湿度调查和灌溉管理等。常用的遥感平台有陆地卫星，气象卫星，中、低空遥感飞机，最近发展了国土普查卫星，Spot卫星和高空遥感飞机等。传感器有多光谱扫描仪（MSS）、多光谱照相机、多通道电视摄象机、红外扫描仪、红外图象仪、合成孔径成象雷达等。我国已经开展的农业遥感工作有：利用遥感技术进行全国土地资源调查、县级土地资源概查、草原调查、灾害分析等。

遥感是一种以物理手段、数学方法和地学规律为基础的

综合性应用技术。经过几十年的发展,遥感逐步形成了对地球的立体观测体系,能信息共享、不断更新,对地面的分辨率越来越高。目前,世界上已经有一百五十多个国家利用卫星遥感信息,有十多个国家建立了陆地卫星地面接收站和处理系统。我国的遥感工作也正在由试验研究阶段转入生产应用阶段。

农业遥感在整个遥感应用中占重要地位。据日本国调查,国民经济各部门应用遥感资料的2281实例中,种植业占24.9%,土地占5.5%,林业占22.4%,三者合计占52.8%,超过其它部门。

二十年来,为解决农业问题开展了许多遥感试验。我国开展的腾冲遥感试验、长春遥感试验中都包括了许多农业遥感内容。早在1969年,“阿波罗-9”就显示了空间摄影资料在农作物观测中的作用。1971年,美国开展玉米黄萎病监测试验。1974—1978年,美国开展大面积作物调查试验(LACIE)。1979—1984开展航天遥感调查农业和资源计划(AgRISTARS)。欧洲各国、加拿大、澳大利亚、印度、泰国等也开展过农业遥感试验。

七十年代初期,由美国国家航宇局约翰逊空间中心地球观测部、密执安大学环境研究所、普都大学遥感应用实验室,美国农业部农业稳定和保持局联合开展了遥感农作物识别技术评价研究(CITARS)。这项研究的目的是利用自动资料处理技术,使玉米、大豆和小麦的作物识别过程定量化,使分类算法中的主观干扰减小到最小限度。研究所用的遥感资料取自第一颗陆地卫星和高空飞机的MSS资料,六个试验区都在美国大平原,试验区大小为 $8 \times 32\text{km}$,长轴在南北方向。研究工作的十卷报告为:任务设计、地面实况资料、数据获取、影象分析、数据预处理、遥感实验室的数据处理、密执安环境研

究所的数据处理、国家航宇局约翰逊空间中心的数据处理、结果分析、最后报告。研究成果应用于大面积作物调查试验。

航天遥感调查农业和资源(Agriculture and Resources Inventory Surveys through Aerospace Remote Sensing)是一个著名的农业遥感试验。它是美国农业部、国家航宇局、商业部、内政部和国际开发署共同执行的农业遥感应用研究计划。这个计划的目的是确定航天遥感资料在农业上的用途、成本和范围。研究在目前和将来的农业信息系统中,航天遥感资料对改善信息的客观性、可靠性、及时性和充分性的作用。它是一个研究、发展、评价和应用遥感技术的庞大计划。分八大课题:早期警报/作物条件评价,国外农产品预报,产量模型发展,支援研究,土壤湿度,国内作物和土地覆盖,可再生资源清查,保护和污染^[4]。这个计划从1979年10月1日开始,历时5年,投资3亿多美元。

(一) 农业资源调查

农业资源是农业自然资源和农业经济资源的总称,是农业发展的物质基础。农业自然资源指能够为农业所利用的自然环境因素。包括:土地资源、气候资源、水资源、生物资源、农村能源以及其他与发展农业有关的自然资源(石灰石、钾盐矿、磷矿等)。1980年6月到1983年12月,在全国农业区划委员会的领导下,国家测绘局、林业部、农牧渔业部的46个单位,几百名科技人员,利用1:25万陆地卫星影象,参考1:5万航摄图和航空象片,完成了全国和各省土地资源概查,得出十五种地类的面积和分布。辽宁省农业资源和农业区划数据汇总表中,土地资源数据都可以从遥感技术得到帮助,水资源数据中113项可以从遥感资料中获得或得到帮助,气候资源数据中38项与遥感有关。遥感是农业自然资源调查的有效手段之一。

农业经济资源指直接或间接对农业生产发生作用的社会经济因素和社会生产成果，包括人口、劳力、机械装备、动力、投资、化肥、农药、技术水平、经营习惯以及种植面积、产量等。由于遥感影像是地面实况的真实写照，可以看出种植习惯、经营水平、水利设施、交通条件、面积、长势等许多经济资源的状况。我国也正在用遥感资料搜集生产情况、调查灾害、估计产量。辽宁省农业资源和农业区划数据汇总表中，种植业、林业、畜牧业、渔业和农机等方面的数据项，有12项数据可以从卫星遥感获得，43项可以从遥感得到帮助。可见，遥感也是农业经济资源调查的重要手段之一。此外，由于卫星遥感视野大、频率高，就可为农业资源的监视提供有效的手段。除了国家和大区的监测外，美国加利福尼亚州Ventura县和Fresno县还利用陆地卫星数字资料开展了农业土地监测。Fresno县还把这种监测发展成地理信息系统。他们在工作中发现，城市与农村的边缘带是利用陆地卫星数据进行分类的一个困难因素。

农业资源中最引人注意的是耕地的监测、水田的监测。陆地卫星MSS资料和航天飞机雷达SIR-B图象都能够识别水田。

（二）农作物长势监测和估产

监测农作物长势的目的在于及早发现问题，以便采用栽培、植保等措施；估产则有重要的经济意义。作物估产搞得最多的是小麦。小麦总产量等于单位面积产量乘以收获面积。小麦单位面积产量的预测通常用历史产量与气象资料建立相关关系的方法——产量模型法作，其基本方程为：

$$\hat{y} = \text{常数} + \hat{f} \text{ (技术趋势)} + \hat{g} \text{ (WX)}$$

技术趋势项指改良品种、施肥、除锈剂、杀虫剂及其它管理

措施和栽培实践对产量的影响等。 $g(WX)$ 通常指月气温和月降水对产量的影响，有时补充考虑降水量与潜在的作物蒸腾蒸发总量之差及蒸发量与潜在的作物蒸腾蒸发总量之比。

一般认为，全球范围内天气造成的产量变化接近10%。

小麦收获面积可以用卫星遥感资料确定，但需要几种辅助资料，如作物日历，最近几年的作物种植比例，区域性种植方法（轮作次序、耕作与灌溉方法），影响作物发育和光谱特性的气象因子等。确定小麦面积的过程就是通过特征探测、特征评价区别各象元是小麦还是非小麦的过程，还要用整个地区内的比例来加以订正。

美国目前实行的作物估产方法是引进遥感信息的抽样调查方法。即在传统的区域取样框方法中，用卫星影象分层并进一步在航片上取样，即直接使用适时的卫星影象提供的客观遥感信息，又因袭传统的地面工作，互相配合、相互支持。当然，作物后期的长势是估产的重要依据，但遥感探测的只是生物量、叶面积指数，而不能直接探测经济产量，故分析时必需注意。

无论是面积估测，还是长势监测和产量预报，都必须选择最佳时相的卫星影象，也必须参考作物日历等物候资料。作物日历是各种农作物不同生育期出现的日期。在全国土地资源调查中，我们对全国的作物历、物候期进行了调查，为全国560张陆地卫星影象判读提供了地面植被的发育阶段。此外，卫星影象还可预报物候期。

目前，气象卫星已经成为提供气象资料的一种手段，这些资料也是农作物长势监测和产量预报的重要信息来源。同步气象卫星即GOES卫星（如美国海洋与大气管理局用的东方鸟号和西方鸟号）悬在赤道上空22300英里高的固定位

置，每隔半小时从北极到南极对地球扫描一次，并将数据发回地面站，用电子计算机处理。这种卫星能够对自然灾害连续监测。一次，德克萨斯州Wichita Falls附近受龙卷风袭击，指令GOES卫星3 min扫描一次，监视风暴。由于及时的发出警报，使数百人免遭生命危险^[10]。另外，极轨气象卫星每天两次观察地面上的每一点，为监测灾害提供了条件。对冰雹、洪水、霜冻的危害和范围的研究都比较成功。

我国利用北京市1983年11月彩红外航片(1:2.5万)^[11]，目视解译，编制了13个产麦县(区)冬小麦苗情长势解译图，将冬小麦苗情分为四级，还估算了六个主要产麦县(区)的冬小麦种植面积。

(三) 草场、畜牧业调查

草场是用来放牧牲畜或收割饲草的场所，是畜牧业的重要生产基地。全世界的天然草场占全球陆地面积的百分之二十二左右，相当于耕地面积的两倍。我国天然草场有50亿亩，占国土面积的三分之一。草场是重要的农业资源。草场调查一直是农业调查的重要部分。是应用遥感技术最有前途的领域。

草场遥感调查的内容很多，包括草场面积、草种组成、草种鉴定、牧草蓄积量、产草量、草原火灾等广泛的领域。草种组成是草场生长的牧草种类及其组成比例。它不仅受土壤、气候等自然条件的影响，而且受放牧牲畜的种类、头数和放牧方式的影响。草种鉴定是对牧场上可用作饲料的草与不宜作饲料的甚至有毒的植物的鉴别。澳大利亚和加利福尼亚北部的研究表明，大比例尺(1:600)彩红外片用于这种鉴别特别有效。当然，为了可靠起见，往往需要地面验证。

牧草蓄积量是一定时期内单位面积草场上牧草的生长总

量。它是衡量草场生产力的一项重要指标。受草群结构和地理环境等因素的影响，年度、季节的差异也很大，通常用年度牧草总蓄积量、牧草不同生育期的蓄积量和按月测定的牧草蓄积量等不同指标来表示。这种牧草蓄积量是草场上的生物量，与草场群体的光谱反射率、与植被冠层的绿度和亮度有密切的关系。实验证明，遥感影象上的密度与牧草蓄积量之间存在高相关，是适于进行遥感探测的项目。

产草量是单位面积草场的饲草产量。这种产草量与绿波段和红波段上的密度之间有很好的相关关系。在苏联，用装备了两个波段分光仪的飞机探测，从而估算牧场生产力。卫星探测也以此为基础。实验证明，彩色象片密度与产草量之间的关系优于彩红外象片密度与牧草收获量之间的关系。在实际调查中，使用彩色象片或全色象片。

澳大利亚资源卫星委员会利用遥感技术进行草场资源调查和草场管理，取得了很好的效果。他们编制了草场类型图，还判别牧草种类和成分、牲畜分布和行为等。我国1980年在河北省围场县开展天然草场遥感调查，提出了不同草场类型的解译标志。1982年，新疆对乌鲁木齐南山草场资源进行遥感调查，对冬、夏牧场的分布，水源和牧道的寻找提供了科学依据，为牧群的转移创造了方便条件。近年来，内蒙古自治区、新疆塔里木河流域草场遥感调查，进行了草场分类，量算了草场面积。工作中，除使用陆地卫星资料外，还使用了气象卫星资料。

草场火灾对草场资源的破坏很大，遥感技术是探测火灾的有效途径，可以发现火灾，及时扑灭，也可以计算火灾面积，分析火灾蔓延方向，指导救火工作。

草场畜牧业是以放牧为主的。遥感技术正在成为放牧管

理、牲畜清查的一种手段。实验证明，清查牲畜最佳的摄影比例尺为1:6000。在这种航片上，能够区别牛、羊、马；而1:500的航片上能够区别猪、驴、山羊。

彩色摄影，立体观察的效果会更好。利用遥感资料还可以监测草场和牲畜的动态，合理确定放牧周期和轮牧制度。

遥感技术还用于调查野生动物，分析野生动物栖息地。我国正在利用遥感技术分析熊猫的栖息地；1983年还分析了扬子鳄的栖息地。近年来，利用遥感技术分析野生动物栖息地和活动规律以及他们对环境的影响的工作比较活跃。国外分析的动物包括草原尤鼠、鹅、驯鹿、袋熊、獾、松鸡、熊、鹿等许多禽兽。

八十年代以来，我国开展了草场资源遥感调查。在县级草场资源调查中，广泛使用了航空像片。在内蒙古自治区草场资源遥感调查中，使用了多时相的卫星MSS影像、RBV影像或CCT磁带^[12]。

(四)、农业区划

农业区划是最重要的农业科学决策依据之一。中国是一个有悠久历史的农业大国，拥有1045万平方公里土地，东西跨越经度约62度，南北跨越纬度约49度，气候差异很大，地形极为复杂，发展农业必须因地制宜，合理安排。

中华人民共和国农业部1953年下达了各省开展农业区划的指示，1955年提出《中国农业区划初步意见》，1963年将农业区划列入十年农业科学技术发展规划，1978年列为全国科学技术发展规划108项重点项目的第一项，正式成立了全国农业区划委员会^[13]。1978年以来，在各级政府的领导下，有36万人参加了规模空前的农业资源调查和农业区划工作，完成了《中国综合农业区划》、《中国种植业区划》、《全国畜

牧业综合区划》以及林业、渔业、气候、水利、农机、自然保护区等全国性专题区划。大部分省、县也完成了相应的区划。

发展农业，一靠政策，二靠科学。在应用科学技术方面，各级农业区划部门积极组织有关部门对各地农业资源条件进行了认真的调查研究，并根据资源条件 and 生产特点的地域性差异，对不同农业区的发展进行了综合论证，取得了大量的发展农业的第一手资料，为农业战线的各级领导部门和干部科学地规划和指导农业、合理调整农业的结构与布局、正确地制定适合农业发展的各项经济技术措施提供了可靠的依据〔14〕。

遥感技术开创了从空间观察地球的新纪元，在农业区划中有重要作用。我国综合农业区划是依据农业本身的特点和农业发展条件，特别是自然条件的地域分异规律，采用主导标志法划分的。所以，在进行农业区划之前，首先要编制各种农业专题图，而这些图则是航空遥感工作的成果。

近年来，在我国农业区划中广泛使用的卫星遥感影像和航空遥感影像农业专题图，质量好，成图快，在农业区划中发挥了重要作用。

从我国综合农业区划卫星影像图和表 1 可以看出，全国划分为 10 个一级农业区、38 个二级农业区，给出了每个区的发展方向。

如黄淮海区包括 375 个县、市，四分之三以上地区为海拔低于 100m 的冲积大平原。土层深厚，农业历史悠久，是粮、棉、油、烟的重点产区。该区又分为 4 个二级区。燕山太行山麓平原区，大城市多，条件优越，可在平原区建立商品粮、棉基地，在城郊建设副食品生产基地，在山区建立林