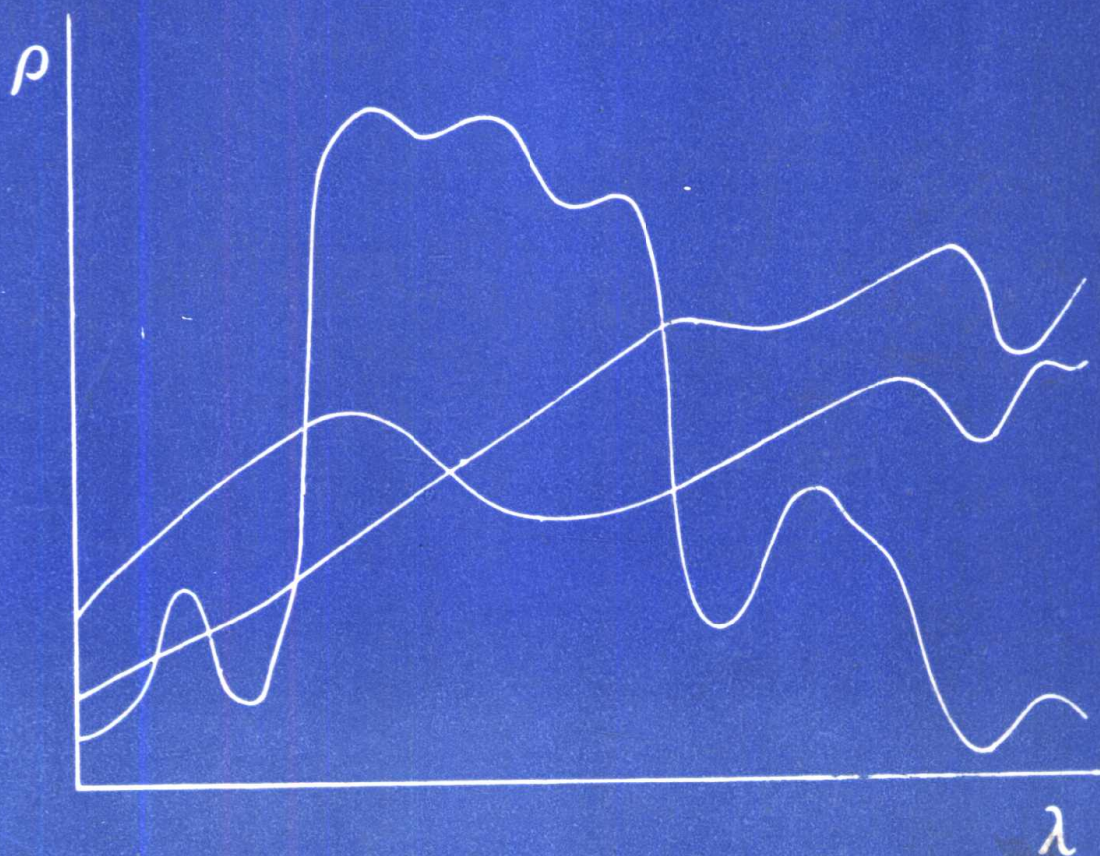


# 遥感基础试验与应用

THE FUNDAMENTAL EXPERIMENT  
AND APPLICATION  
ON  
REMOTE SENSING

荀毓龙 主编



中国科学技术出版社

# 遥感基础试验与应用

荀毓龙 主编

中国科学技术出版社

## 内 容 提 要

本书介绍了我国在“七五”期间取得的航空和航天遥感体系中的重要基础性研究——地物波谱特性、遥感试验场及基础试验的方法、内容和发展动态的研究成果。书中收录的40篇论文，既是独立的篇章，又是整体研究体系的一部分，还兼有资料收集的作用，对应用卫星设计和卫星应用研究具有重要的参考价值和实用价值。

本书可供从事遥感基础研究、遥感技术和应用专业的科技、管理和教学人员参考。

## 遥感基础试验与应用

荀毓龙 主编

责任编辑 张秀智

特约编辑 路奇云

\*

中国科学技术出版社出版（北京海淀区白石桥路32号）

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京怀柔黄坎印刷厂印刷

\*

开本：787×1092 毫米 1/16 印张：19 插页：4 字数：439千字

1991年1月第一版 1991年1月第一次印刷

印数：1—1200册 定价：16.00元

ISBN 7-5046-0331-7/O·6

# 编者说明

地物波谱信息特征研究及其数据库的建立，遥感试验场设置及利用它进行的航空航天遥感系统性能评价和应用评价试验，作为航空和航天遥感，特别是资源和环境遥感地面支持系统的一个重要组成部分及理论基础，对于遥感技术系统和应用系统来说，都是最基本的和不可缺少的。

我国自“六五”以来，先后投入了不少人力物力开展了这方面的研究，涉及的部门和单位有数十个，在总投资的比例上，虽然还远不能与空间科学发达的国家相比，但是由于发挥了社会主义的优越性，组织得当，并汲取了国外有益的经验教训，因而，经过十余年的努力，其总体水平跟上了国外的步伐，对我国航空和航天遥感事业的发展起到了应有的作用。

“遥感试验场基本数据收集、地物波谱特性数据库及遥感基础试验”是“七五”国家科技攻关项目“遥感技术开发”的一个专题。本文集就是这一专题研究成果的总结，定名为《遥感基础试验和应用》。本文集共收录论文40篇，附录3篇。每篇论文虽各自独立成篇，但论文之间在内容上则是一个相互依从的整体，在编排上充分突出了这一思想，分别叙述了专题研究概况、试验场功能及基础试验在各个领域中的应用等。3个附录系与本专题及某些成果有关的资料性材料，具有一定的参考价值。

本研究成果是全体参加人员多年劳动和智慧结晶，他们分别工作在全国各个行业的遥感领域的科研第一线，因此，在很大程度上反映了国内工作的概况和水平。当然，因限于本文集的收录范围，还有许多未参与本专题研究的同行在这方面所做出的出色成绩，没有能够收入，显然限制了本书的水平和代表性。即使如此，要用一个有限的集子把本专题的工作成果准确、完整、系统地表达出来，编者也深感力不从心，何况还因时间紧迫，本专题尚有部分工作成果未能赶上本书的出版呢。然而，即使已收录的论文，在内容和编辑上，其错误也在所难免，恳切希望专家、同行和读者不吝赐教。

编者对参加本专题研究的全体人员，参与编辑本书的所有人士以及关注和指导过本专题研究和本书出版的所有专家、前辈及领导致以诚挚的谢意。

## 编辑委员会名单

顾问 童庆禧 章立民

主任 荀毓龙

副主任 朱永豪 张琦娟

委员 (按姓氏笔划为序)

卫政 王乐意 邓中畅 刘琼招 朱大全 乔延利 李春槐 邱林

陆亦怀 张仁华 张崇静 郑汉麟 郭之怀 徐彬彬 梁畅炎 贾玉成

蒲毅彬 董裕国

编辑 卫政 张崇静 郭之怀 郭云枫

封面设计 黄朝晖

# 序

《遥感基础试验与应用》同读者见面了，这是我国遥感科技工作者自行编著的以基础研究为主体的第一部系统的文集。“六五”的开创，“七五”的扩展与延伸，数十个单位，数百人长期的辛勤劳动与积累有了这样一个很好的结果，这是件值得庆幸的事。

遥感，从本质上来说是一个信息流和信息交换的过程。来自地表因太阳辐射与地表物体相互作用这一物理过程所形成的信息流，经过遥感信息的获取、处理和分析，成为人们所能利用的有效信息，在对地球环境的研究中发挥了积极的作用。

遥感信息具有空间和波谱两重特性，这些特性在物质的相互作用、传输、记录、再现的过程中经受着各方面的影响，产生着各种畸变。遥感基础研究的任务就是要在整个信息流的每一个环节探求其变化原因，研究其畸变规律，进而研究各种地物在空间和波谱这两方面的同一性和差异性，类聚同类地物，增强和扩展其差异特征。从这一意义上讲，遥感又是研究各种地物差异特征的科学技术。

在“七五”国家科技攻关计划中，遥感技术项目的列入反映了我国对发展遥感技术的重视，而将“遥感试验场基本数据收集、地物波谱特性数据库及遥感基础试验”作为一个重要专题来研究更充分说明了这一计划的远见卓识。

在遥感技术的发展过程中，作为一个重要的技术支持系统，遥感地面试验及基本数据的收集工作总是受到相应的重视和发展的。60年代美国的航空遥感计划、70年代美国的资源卫星计划、80年代法国的SPOT卫星计划等已进行的重大国际遥感活动，均在其研究发展过程中建立了数以百计的地面试验场，测量、收集了数以万计的地物波谱及其它辅助数据。在90年代将要进行的“地球观察计划”(EOS)，特别是在其成像光谱研究计划中，也同样重视这一基础研究工作。我国“七五”期间的遥感计划就其规模而言，当然无法与国际上的大型计划相比，但与我国目前的投资强度相比，无疑我们在单位投资中要比其它国家开展了多得多的工作，并取得了与国外同类工作相比毫不逊色的成果，这就是我们的特色。

五年来，在本专题的研究中取得了一系列的重大进展：

- 第一次建立了包括13个不同自然景观单元的不同类型的遥感试验场在内的遥感基础试验研究体系；

- 系统地开展了对大量地物的波谱测量、试验、分析及数据库建立的研究工作；
- 深入开展了遥感信息过程的理论研究，在辐射和空间（几何）特性方面提供了分析模型；

- 在光谱数据库和分析模型的支持下，在各试验场范围内对森林植被、灾害、土壤水分、地表、热特性、农作物、水体、海面油污染、藻类以及城市环境的研究中开展了示范应用研究，具有不少新意。

本专题的研究虽然其原始目标是以航空遥感为基础，但在实际的研究过程中，已将

航空和航天遥感作为不可分割的两个方面来对待，从而使已开展的研究和已建立的系统不仅具有现实的实用性，而且对于我国航天遥感的发展，将发挥基础性的作用。

90年代，遥感又将进入一个新的阶段，在我们的地球面临着环境、资源、人口等重大问题冲击的情况下，社会和经济发展的需求愈高，遥感所经受的挑战也就愈强。快速、动态、定量、实时将是这一阶段遥感要解决和回答的问题。与此同时，深化的技术发展，如微波成像技术，成像光谱技术，大容量、多源信息的复合技术，遥感信息与地理信息系统的综合应用等，都将成为下一代遥感的重点领域。

技术的发展离不开基础研究和试验研究的支持，更需要有应用的验证，“七五”期间已开展的工作，所奠定的雄厚基础，必将在我国和世界遥感发展的过程中发挥重大作用，产生更大的效益。

童庆禧

# 目 录

编者说明	( i )
序	童庆禧 ( ix )
遥感基础试验研究概述	荀毓龙 ( 1 )
遥感的地面支持系统——遥感试验场及其设计与建立	张崇静 荀毓龙 朱永豪 ( 12 )
航空光谱仪	汪元钧 ( 20 )
航空傅里叶光谱仪	汪元钧 ( 23 )
唐山遥感试验技术设计——遥感器波段的选择与评价方法	朱永豪 荀毓龙 郭之怀 ( 28 )
地物光谱测试方法的研究	吴 荣 朱永豪 张崇静 ( 35 )
辐射定标研究及辐射定标实验室的建立	乔延利 吴浩宁 姜树蓉等 ( 45 )
地物波谱特性数据库	陆亦怀 易维宁 ( 61 )
地物波谱特性数据库系统的数据特点和技术功能	易维宇 陆亦怀 ( 65 )
大气辐射校正的理论研究	金中海 乔延利 徐青山 ( 71 )
大气辐射校正的实验方法研究	金中海 徐青山 罗 明 ( 79 )
画幅式遥感图像的几何系统误差补偿	龚循平 贾玉成 ( 87 )
太原航空遥感试验场影像质量评定与分析	贾玉成 龚循平 ( 96 )
遥感图像几何畸变处理方法谏议	高世忠 ( 101 )
宁乡试验场的数据处理	杨明辉 任维春 尚 东 ( 106 )
地面物体光谱方向反射特性的测量	禹秉熙 金锡峰 冯家璋 ( 110 )
地面太阳光谱辐照度测量	黄 润 刘伟平 曲德莜 ( 115 )
遥感信息在建立山地灾害预防系统中的应用——以西昌为例	刘琼招 ( 119 )
土壤光谱对植被覆盖度判读的影响及波段评价	徐彬彬 周 斌 李德成 ( 129 )
应用多波段航空像片进行土地利用现状解译	石晓日 季耿善 ( 137 )
作物覆盖下土壤含水量的热红外遥感方法及试验	张仁华 ( 143 )
一种热红外扫描图像的地面温度定标方法	张仁华 覃文汉 ( 149 )
地物光谱特征和遥感图像综合分析在编制土地利用现状图中的 应用	张祖春 梁畅炎 ( 155 )
南昆山遥感试验场林木航空光谱与地面光谱对照分析	邱 林 邓中畅 谭曦光等 ( 162 )
南昆山森林植被光谱特性分析	谭曦光 刘庆良 邓中畅等 ( 169 )



大亚湾藻类半定量分析中最佳 TM波段的选	董裕国	(175)
麦类作物光谱及其统计分析	商铁兰 张文群 朱大权等	(180)
禹城遥感试验场农作物光谱数据的采集与光谱数据库的建立	戴东政	(187)
黑河遥感试验区自然景观的遥感影像与光谱特征分析	梁凤仙 王光宇	(192)
黑河试验场不同季相和地理分带的地物光谱反射率聚类分析		
.....	蒲毅彬 曾群柱 汤瀚	(200)
水体反射光谱特性及其在黑河试验场的初步应用	蒲毅彬 汤瀚 曹传俊	(205)
海面石油污染的研究	张祖荫 雷震东 林士杰等	(208)
机载 L波段微波辐射计系统及航空遥感海水盐度的试验		
.....	雷震东 廖连常 林士杰等	(213)
Ka 波段辐射特性在辐射成像试验中的应用	郑汉麟 张祖荫 林士杰	(217)
Ka 波段与 X 波段典型地物辐射特性测量数据的处理和分析		
.....	郑汉麟 周代英 林士杰	(222)
唐山市环境区划的遥感研究	郭之怀	(225)
地震前后唐山城市空间结构研究	郭之怀 张凤岗 丁纪等	(233)
唐山综合遥感试验场信息系统的概念模型研究	阎守邕 沈劼 王永祥等	(243)
唐山市城市地物波谱和大气环境	包佩丽 刘毅 王连琴	(249)
一种微机图像处理公式的表达方法	周英铭	(254)
附录一 遥感试验场简介		(259)
附录二 地物波谱测量仪器		(276)
附录三 地物波谱测试规范		(279)
附录四 参加本专题研究的单位和人员名单		(291)

# 遥感基础试验研究概述

荀毓龙

(中国科学院安徽光学精密机械研究所)

## 一、前言

从理论上说,地面物体对电磁波反应的特征是对地球遥感成为可能的基础,这一点已没有任何疑义。为了建立一个立体的实际遥感体系,人们需要发展各种遥感传感器、发射工具、接收站、地面处理系统及种类繁多的数据图像分析设备和分析方法,但在这个过程中,人们往往忽略了基础研究的重要作用。实际上,遥感的基础不限于地面波谱信息的研究,还包括一系列相关技术和方法的研究。例如,发展可靠的光谱仪器,发展新的遥感技术,发展有效的数据处理手段和方法,发展模拟试验技术和评价技术,以及发展数据质量控制技术等等。所有这些,对于遥感技术系统和应用系统的建立和运转,不仅是必不可少的,而且往往要提前研究。为此,我国在发展遥感技术时,从一开始就注意到了这个问题。虽然对其认识还不完全统一,投资比例也不能与国外相比,但经过10余年的研究和不断深化认识,遥感基础研究的目的、意义和作用对于当前和今后遥感领域的发展的重要性正为大多数同行所接受。“七五”国家科技攻关项目中设立基础研究专题的根本目的是要把我国遥感事业的发展建立在自己工作的基础之上,这是很有远见的。

本专题研究由全国各行业众多科技工作者所承担和完成,取得了丰硕的成果。尽管仍存在许多值得改进和继续研究的问题,但它在一定程度上反映了我国在该领域的水平和现状。

本文试图综合评述遥感基础试验研究的现状及专题研究所取得的成果。综合性试验对于本专题研究是极其重要的,但限于时间和条件,唐山试验的研究结果未能收入本文集,只好留待以后专门介绍。

## 二、国内外发展概况

### (一)国外遥感基础试验发展概况

对地球资源和环境的大规模遥感,发端于1972年首次发射的美国陆地卫星计划。陆地卫星装备的多光谱扫描仪,是利用地面景物的不同光谱特性在图像上引起的亮度差异来识别、判断和分析地面景物的类型及其变化,这就是所谓的多光谱遥感。而做为遥感技术发展基础的地物光谱特性及场地试验等研究则远早于70年代。

苏联在40年代就已开始研究地物的光谱特性,并有资料出版,但早期研究范围只限于可见光,这主要是受当时技术发展的限制以及研究目的主要在光学摄影方面。为了执

行陆地卫星计划，美国在60年代初，开始系统地研究各种地物光谱特性，其波段也扩展到了中红外以至微波，这些工作主要是在一些大学和研究所开展的。60年代末，密执安大学 Willow Run 实验室（即密执安环境研究所 ERIM 的前身）发表了一系列研究成果，编纂出版了最初的地物光谱特性资料汇编。NASA 在 1969 年又装备了两架专用于遥感的飞机，系统的测量和积累地物光谱、大气参量的数据；利用星载仪器的机载模拟样机多方试验所取得的资料，对比试验区已知地面实况，分析和评价传感器所用波段的优劣、传感器性能参数及应用效果，在此基础上论证了陆地卫星计划的可行性。与此同时，组织了成百名各方专家对陆地卫星传感器设计，卫星系统、数据传输、接收、处理，图像处理方法，图像处理系统设计，遥感资料在各领域应用方法的示范研究等整套技术进行了预先的研究、试验和评估。从而使陆地卫星发射后所取得的资料，可立即被用到各领域，这不仅可全面地评价陆地卫星传感器（MSS）的实际效果，为进一步改进遥感器的波段提供依据（改进后即 TM 专题制图仪），而且在全球范围促进了遥感的发展，取得了很多重要的成果。

为了建立以资源卫星系列为主体的全球资源环境遥感，到1971年在美国本土及部分国家共设置了 289 个试验场，收集各种地物光谱数据，开展在各应用领域的评价试验和应用示范研究。这些试验场主要就是两种功能：应用试验和辐射校正。这些试验场上的工作获得了很大的成功。例如，1974 年 NASA 委托 ERIM 和 LARS（珀杜大学遥感应用实验室）对陆地卫星4、5号的 TM 传感器进行波段选择和应用效果评价，他们利用试验场的地物光谱数据库，针对各种应用目的进行了计算和模拟飞行试验，系统地给出了传感器最优波段、空间分辨率和辐射响应等主要参数，并评价了其应用效果，从而使 TM 比 MSS 的实际应用效果有较大的提高。做为辐射校正场的白沙导弹靶场是另一个突出的例子。美国的有关专家们利用该场进行了多年工作，不断发展和完善辐射校正技术，不仅保证了陆地卫星系列的辐射校正有可靠的精度，而且还被欧空局（ESA）的 SPOT 卫星选为辐射校正场，也为 90 年代之后的系列地球观测卫星进行辐射校正。

20 年来，地球资源环境遥感已取得重大进展，获得许多重要成果，甚至已发展成为一种产业，取得了可观的经济效益和社会效益。尽管到目前为止，庞大的数据资料源源而来，而我们只利用了其中的一小部分，但新的遥感系统，更高级的遥感技术仍在发展。80 年代初就已通过基础研究提出了成像光谱仪的概念，美国计划在 90 年代后期发射中分辨率及高分辨率成像光谱仪，它将取代目前的 TM 及 SPOT，被认为是划时代之举。为此，遥感技术和应用将面临新的挑战。这种传感器有成百个波段，可以显示每一个像元的光谱曲线（以不同分辨率），具有更高的量化精度。因而要求发展一系列的应用技术和应用方法，要求更为精确、光谱分辨率更高的地面物体的光谱特性资料，要求在试验场对成像光谱仪进行更复杂的评价试验，当然也对辐射、几何特性的校正提出了更高的要求。

除此而外，在 90 年代遥感将向更高层次发展，把地球做为一个整体来研究的各种全球性遥感计划业已提出，在这些计划中，把全球范围内几乎一切地面实况（包括大气、海洋、岩石圈）资料都看得极其重要，并正在发展数目繁多的各种空间传感器。例如 EOS（地球观测系统）由美国 NASA 和 NOAA、欧洲 ESA 及加拿大、日本的空间组织联合参加研制，共有 41 种传感器，其波段范围从  $0.2\text{\AA}$  直至米波，在如此宽阔的电磁波段

内的地面景物特征都要求详细测量研究。

有鉴于此，国际上的遥感基础研究正向深度和广度发展，一改过去只由各国自己分散研究的作法而在全球范围内联合研究。在遥感应用的各领域都制定了相应的基础试验和研究的计划。例如美国地质调查局（USGS）正执行一项国际地质对比计划（IGCP），其中第 264 项是专门研究地质体光谱特征在遥感中作用的问题。十几个国家（包括中国）参加了这个为期 5 年的计划。它在一个新的高度上重新认识地面数据的重要性，从仪器设备、辐射标准、测量规范、数据精度、资料完整性、数据库结构及格式、光谱特征与地质体及其蚀变和覆盖的联系到图像分析技术等多方面从头详加研究。同时也利用新型遥感器的机载样机，在主要几个试验场做飞行试验，利用其资料估价未来卫星遥感系统的能力。

总之，在世界上遥感已从试验、应用示范走向全面应用阶段；遥感技术已由定性、半定量走向定量化。在过去的每一阶段，遥感的基础研究都起到了极重要的作用，在未来阶段，它也将获得更深、更广的同步发展，还将对遥感的划时代进步起到更大的基础性的促进作用。

## （二）国内遥感基础试验的发展概况

我国遥感事业起步于 70 年代初，遥感的发展以应用为引导，而对基础性研究未予以足够的重视，开始只是各个研究单位零星地、分散地作一些初步的探讨。仪器研制水平不高，精度也不够，测量数据只有参考意义，互相之间无法比较，难以应用。

80 年代初，我国开始制定资源卫星计划，这是一项大型的系统工程。在计划中，首次将地物光谱研究和试验场建立列为重要的研究项目，旨在进行资源卫星传感器波段的选择和评价。鉴于我国原来的遥感基础研究比较薄弱，由中国科学院原空间科学技术研究中心主持的、由院内 13 个单位承担、院外 10 多个单位协作的该项研究计划系统地、完整地、有步骤地研究解决面临的每一个问题。首先建立了适用于评定遥感仪器辐射性能的辐射定标系统，研制了通用规格和性能的漫反射参考板，继而在全国范围内检测、比较、评价了已有的各类地物光谱仪，并从中优选出若干推荐型号，制定了测量规范、数据格式和野外试验流程，在全国典型地区测量了典型地物的光谱特性。限于当时的技术水平和已有的陆地卫星资料波段限制，这些仪器大多只适用于可见至近红外波段。与此同时，国内各部门 65 名专家考察并选择了宁芜地区做为我国第一个资源卫星试验场，在这个场收集了大量的基础资料。并于 1982 年组织了一次大规模的地面地物光谱测量和基本实况调查及综合航空遥感试验。试验中使用了当时国内研制的最好的多光谱相机、多光谱扫描仪、红外扫描仪、CCD 相机和航空光谱仪等遥感仪器，取得了极为丰富的多种遥感资料。在此基础上，对地质、植被、土壤、水体等多种遥感应用项目开展了研究。在传感器波段选择、土壤光谱特性机理、辐射定量化、作物估产等方面达到了国际先进水平。这次研究虽然比国外晚了多年，但初步建立起来的遥感基础和试验场研究体系与方法，把我国的地物光谱研究推向了一个新的高度，推动了遥感技术的进一步发展。例如对光谱特性的研究，促成了反射红外细分光谱技术及其在地质上的应用等。

1986 年开始的我国第 7 个五年发展计划，把遥感技术开发列为国家重点研究项目之一。在此期间，航空遥感得到了重点支持，研制成功了一批高性能的航空传感器，中国

科学院装备了国内最先进的遥感飞机。高空机载实用遥感系统将成爲具有国际水平的先进遥感手段，并将发挥出其蕴藏的巨大潜力。“遥感试验场基本数据的收集、地物波谱特性数据库及遥感基础试验”是“高空机载遥感实用系统”的一个专题，该专题支持国内在80年代以来已发展成较有条件的12个(后调整为13个)试验场，形成了覆盖全国范围的势态。其研究内容广泛，主要包括试验场基本地理、地质、植被、气象、环境等专业要素的测量与收集，地物波谱测量与数据库，以试验场为基地的遥感应应用基础试验，如几何纠正、辐射校正、大气传输研究等。它们不仅是“高空机载遥感实用系统”的一个支持系统，也是未来我国应用卫星遥感系统支持系统的一部分。

总而言之，我国经十余年的努力，在遥感试验场及遥感基础试验方面，已走出了一条自己的道路，迅速赶上了国际发展的步伐，在总体布局、技术路线以及研究的深度上并不比国际先进水平落后，有些还有所领先。

### 三、遥感试验场及基础试验的意义和作用

简言之，遥感的根本概念是以地表实况提供的电磁波信息为出发点，通过遥感的传感器系统获取这些信息，再利用人和仪器分析、识别判断，提取出有关地面本身的各种实况特点及其变化和差异。无论是遥感技术抑或遥感应应用都立足于地面实况的电磁波信息，因而所获信息的可靠性以及判断实况的真实性是评价遥感技术和遥感应应用水平的根本依据。

遥感试验场就其本质而言，是一个这样的典型地区：它具有特定的已知的环境特点，并在其上做过大量工作；它可以提供准确的、动态的地面实况电磁波特性，精确定位、定量的自然环境数据，甚至人文、经济信息；在这个区域进行各种目的的航空遥感试验或航天模拟试验，可以充分的资料和信息为各专业应用研究提供条件而起到示范作用。

我国幅员广袤，地区差异巨大，很难找到一个典型地区具备所有的各种地理、环境、气象、物候等条件，因而只有选择一定数量的、各具特色的试验场才能满足航天、航空的需要。例如，为了评价已在运转的TM，SPOT等卫星对我国遥感应应用的效果，需在试验场开展航天、航空同步实验，这要求气象状况良好，无云或少云的天气能与卫星过顶同时出现，如果只有一个试验场，要满足这种条件就比较困难，会造成试验旷日持久，甚至无法进行，如果有数个试验场可供选择，则可大大增加试验的成功率。再如，为开展短波红外多光谱技术在地质上的遥感研究，就要选择露头好、无植被覆盖、地质体蚀变明显的地区作为试验场。我国选择了新疆地区的已知矿区及有前景的地质带，该区蚀变发育良好，又有已知矿区的详细资料可作对照，从而提高了试验的可靠性。反之，若是研究地质体的生物化学效应，显然应选择有植被覆盖的地质体，而且这些植物还需受到地质体中化学成分的影响或抑制，从而才能使我们可以通过植被因受金属压抑而产生的生物化学效应在光谱上的反映来研究找矿的可行性甚或建立一种有效的方法。

辐射校正场和几何校正场是一种特殊的试验场，是航空、航天遥感系统必不可少的，它们要求有不同于一般试验场的条件。几何校正场要求有精确的几何校正点网格；辐射校正场则要具备较为理想的、有稳定反射率的大面积地物做为辐射标准，并可随时特别是在卫星过顶时监测其辐射特性的变化，因此对其大气、气象、气候条件的要求更为严

格。利用几何校正及辐射校正场，可以对航天及航空遥感系统的图像的几何精度和辐射精度做出定量的计算并监测其动态变化，以保证遥感图像的数值精度。

## 四、本专题研究进展综述

### (一) 任务由来和计划安排的回溯

本专题名称为“遥感试验场基本数据的收集、地物波谱特性数据库及遥感基础试验”，是“七五”国家重点科技攻关项目第73项——“遥感技术开发”01课题“高空机载遥感实用系统”的06专题。属通过招标确定承担单位的任务。1987年2月11日通过招标，中国科学院安徽光学精密机械研究所（以下称安徽光机所）等16单位中标，是年4月正式签订专题合同，合同的甲方代表为中国科学院资源环境科学局（以下称院资环局），乙方为专题负责单位安徽光机所。合同的起止期限为1987年至1990年底。按照国家攻关项目的专题负责制，建立了相应的组织管理机构——总体组及办公室，负责协调各试验场的工作及总体计划的制定和实施。并根据专题合同及补充合同的原则，确定总经费的分配原则，即预留综合试验费和业务活动费，其余分配到各试验场。

1987年4月，专题合同签订后，部分场站站长在合肥开会，分析了专题的研究特点、存在的困难和问题，拟定了项目研究计划要点。5月，第一次试验场站长会在合肥召开，讨论了各场站的试验计划，协调了经费分配，之后各场站分别签订了分专题子合同，并依照实分经费调整了各子合同的计划。会后，各场即开始组织1987年度的工作，收集本场基本数据和资料，编制基本图件，开展野外地物光谱测试。1987年6月，01课题北京会议期间，06专题总体组向01课题负责人及总体组汇报了本专题的计划安排。1988年2月，在北京召开的01课题工作会上，06专题的所有参加单位，一起讨论了本专题计划的执行情况。鉴于06专题系与01课题配套的基础研究，会上由01课题负责人童庆禧阐明了06专题的基本任务和设想，明确了06专题与01课题的关系。06总体组也根据实际情况，协调了原计划中不太明确的若干问题，明确了重点场和一般场的基本任务以及各场应共同完成和分别完成的不同内容。会议一致认为本专题的基本任务是基本数据、资料的收集和基本图件的编制；地物光谱测试；地物光谱数据库建立；综合评价试验和应用示范研究等四个方面。会议期间还成立了总体组，研究了基本图件的规范标准，并确定了于1988年组织一次小型综合试验的意向，并决定此次试验在湖南洞庭湖试验场进行。院资环局完全同意本专题的计划安排。

1988年4月在合肥召开了第二次站长会，会上各场提交了前两年（包括合同签订前的1986年）已收集的基础资料及图件，讨论了湖南遥感试验的初步设想，再次制定了基本图件的详细标准、光谱数据规范及数据库形式。会后各场即按年度计划开展了1988年的研究工作。06办公室则开展了湖南遥感试验的准备工作，并于1988年9—10月间在湖南洞庭湖区进行了地面及航空试验。这次试验的重点是利用航空光谱仪获取地面光谱数据，并建立大气辐射校正的方法。年底，06专题办公室又协助南昆山试验场进行了航空光谱飞行试验。同年，净月潭和唐山试验场也实施了顺带的飞行试验。

在1989年1月于合肥召开的第三次站长会议上，传达了于1988年12月在北京召开的01课题工作会议的内容及院资环局传达的关于“七五”攻关项目的有关指示精神。

会议根据资环局领导的指示，增补了西昌试验场，撤消了阜康试验场，检查和总结了前三年（包括1986年）的工作进展，各场提交了符合要求的有关图件及测试的光谱资料，评议了各场的工作情况，分析了本专题的研究状况，提出了1989年的工作以加强地物光谱测试和分析为中心的设想及对光谱测量的类型、时相、数据处理方法等的具体要求，还讨论了综合试验的基本方案及专题攻关计划成果的形式和内容。

1989年6月，在合肥召开的第四次站长会上，决定进行唐山遥感试验，出版专题成果文集，各场站重点安排应用课题研究等重大活动。对各项专题研究的完成提出了明确的时间要求。到1989年底，各场站基本均按要求提交了有关的地物光谱试验资料（软盘、数据及曲线）、符合统一标准的基本图件及拟议的应用成果目录。此外，为更好地完成国家合同，各场站还根据各自的特点，不同程度地提高了原订的成果指标和水平。地物光谱数据库的功能较原合同有一定超过，1990年的目标是增加应用软件的功能，如大气辐射校正、摄影光度学预测、作物估产、最佳遥感波段分析等，并拟在有条件的场站与合肥数据库，建立数据传输网络，并增加与国外交换的资料，以丰富数据库内容。

1990年2月20日在合肥召开了1990年度工作会议。会议回顾和总结了过去4年的工作情况，一致认为从总体上讲按照合同要求及进度完成了预定的任务，为最后圆满完成国家下达的攻关课题打下了可靠的基础。会议重点讨论了本专题及各子专题的总结、验收和鉴定的各项事宜，以及实施唐山综合遥感试验的计划重点。总体组根据会议所提出的议题作了进一步的讨论和落实，制定了具体的计划。

唐山综合遥感试验是必要的，对本专题、01课题及资源卫星计划均有重要意义。其重点在于对遥感器性能及其应用效果做出评价。根据目前条件，选择的重点波段为 $0.4-2.5\mu\text{m}$ ，兼顾热红外。代表们希望利用成像光谱仪及其它多种遥感数据综合分析。唐山综合遥感试验由总体组拟定正式试验大纲并组织筹备工作。试验工作由安徽光机所与主持唐山试验场的中国科学院遥感应用研究所共同负责组织，并已于1990年5—6月完成。

会议认真讨论了专题技术总结提纲，认为总结专题成果应以合同为基础，全面总结好各项研究课题。主要成果应以正式出版的成果汇编形式提交。汇编的文集定名为《遥感基础试验与应用》，兼有资料及论文两方面内容。会后成立了负责出版事务的工作班子及编辑委员会，拟定了文集的详细编写提纲。

根据国家对攻关项目结题的要求及01课题总结的计划安排，本专题1990年的工作重点是精心组织好本专题及各分专题全面完成合同规定的研究任务，9月份进行专题的最后验收。

## （二）专题研究内容

本专题是为航空及航天遥感系统配套的综合性和基础性工程研究。根据合同规定，其基本研究目标有4个方面：选择和建立有代表性的试验场并收集该场基本信息；在试验场开展地物波谱测量和研究；建立地物光谱数据库；在试验场进行航空、地面遥感试验，对遥感传感器性能及其应用效果做出评价，并开展专业示范应用研究。

### 1. 遥感试验场及基本信息资料积累

遥感试验场的设置在布局上应尽可能覆盖我国各类自然带；每一个场的所在地必须

具有地区的典型性或专业应用的代表性；各场在过去应有相当的研究基础、仪器设备和科研人员条件；可在各场开展某种类型的应用示范和评价性综合遥感模拟实验。

按照这些要求，本专题共设置了 13 个场站（按调整后的计算），按照类型可分为综合场、专业场、校正场及地区场。

**综合试验场** 长春净月潭场及湖南洞庭湖场。这两个场的地物类型比较丰富，各种遥感资料齐全，有较好的遥感基础，举行过地区性或全国性遥感试验，有提供某些遥感示范和模拟试验的条件。

**专业试验场** 广东南昆山和黑龙江江山娇试验场。该二场以林业遥感为特点，地理位置分处我国南部和北部，以树种分类、森林资源调查与森林病虫害为主要研究对象。南昆山场兼顾深-珠海岸滩涂研究。

**地区试验场** 甘肃黑河试验场，主要研究冰雪、冰川及沙漠的发生、发展和变化，以及水资源的遥感与利用。甘肃定西试验场，地处黄土高原的半干旱区，以黄土高原半干旱区土壤及作物研究为主。山东禹城试验场，住于黄淮海农业区，以农业遥感模式研究为主要方向。河北唐山试验场，地处京津唐工业区，系经济发展地区，以城市环境、地理信息系统为研究重点。四川西昌试验场，地理特征为西南山区，气候及植物的类型按垂直分布明显，以植被垂直分布及山地灾害（泥石流、洪水等）遥感及预报预测为主要研究方向。宁芜试验场，跨江苏和安徽两省，是长江中下游农业及工业区，地理地貌特征丰富。过去工作基础好，各种资料齐全，是我国第一个遥感试验场。研究侧重于综合性遥感，特别是作物、土壤、水资源和环境的遥感。

**校正场** 湖南宁乡试验场，以航天遥感的几何校正为主要方向。山西太原试验场，做为摄影遥感的几何校正场，有良好的地面研究基础和密集的地面几何控制网，可提供精确的摄影几何校正，主要用于航空遥感的几何校正。安徽合肥试验场，有装备良好的辐射标定及大气辐射测量设备，解决航天及航空传感器的辐射校正及大气修正。

所有这些场都积累了比较丰富的基础资料和图件。表 1 给出了各场站已绘制的各种图件统计数。

除表列外，各场还分别有标准地形图、航空像片、卫星像片、微波图像等基础资料。

表 1 基本图件统计表

场 名	图 件 名 称	比例尺	数 量
洞庭湖试验场	洞庭湖遥感试验场土地利用现状图	1:5 万	彩色 1 张
	洞庭湖遥感试验场植被图	1:5 万	彩色 1 张
	洞庭湖遥感试验场地质图	1:5 万	彩色 1 张
	洞庭湖遥感试验场水体图	1:5 万	彩色 1 张
黑河试验场	黑河遥感试验区自然景观分类图	1:20 万	彩色 1 张
	黑河遥感试验区临泽北部土地利用现状图	1:2.5 万	彩色 1 张
	黑河遥感试验区地势图	1:20 万	黑白 1 张
南昆山试验场	南昆山林业遥感试验场森林分布图	1:3.5 万	彩色 1 张 黑白 20 张
	南昆山林业遥感试验场土地利用现状图	1:3.5 万	彩色 1 张 黑白 20 张
	南昆山遥感试验场地形图	1:5 万	2 张



续表 1

场 名	图 件 名 称	比例尺	数 量
江山桥试验场	江山桥林业遥感试验场森林分布图	1:4 万	彩色 1 张 黑白 20 张
	江山桥林业遥感试验场土地利用现状图	1:4 万	彩色 1 张 黑白 20 张
	江山桥遥感试验场地形图	1:5 万	4 张
西昌试验场	西昌山地遥感试验场植被覆盖图	1:5 万	彩色 1 张 黑白 2 张
	西昌山地遥感试验场地表覆盖图	1:5 万	彩色 1 张 黑白 2 张
定西试验场	定西县唐家堡河流域土壤分布图	1:2.5 万	黑白 1 张
	定西县唐家堡河流域土地利用现状图	1:2.5 万	黑白 1 张
	定西县唐家堡河流域坡度图	1:2.5 万	黑白 1 张
太原校正场	太原航空遥感试验场地形图	1:1 万	黑白 1 张
	太原航空遥感试验场控制点分布图	1:1 万	黑白 1 张
	太原航空遥感试验场土地利用现状图	1:1 万	黑白 1 张
宁芜试验场	宁芜航空遥感试验场土地利用现状图	1:5 万	彩色 2 张 黑白 50 张
	宁芜航空遥感试验区植被图	1:5 万	彩色 2 张 黑白 50 张
	宁芜航空遥感试验区地质图	1:5 万	彩色 2 张 黑白 50 张
	宁芜航空遥感试验区土壤图	1:5 万	彩色 2 张 黑白 50 张
	宁芜航空遥感试验区水系图	1:5 万	彩色 2 张 黑白 50 张
	宁芜航空遥感试验典型区土壤图	1:6 千	彩色 2 张
	宁芜试验场土地利用现状图(修订版)	1:5 万	彩色 1 张
唐山试验场	唐山试验场土地利用现状图	1:5 万	彩色 1 张
	唐山试验场市区地貌图	1:5 万	彩色 1 张
	唐山试验场土壤图	1:5 万	彩色 1 张
	唐山试验场市区环境结构图	1:1 万	彩色 1 张
	唐山试验场市区园林绿地图	1:1 万	彩色 1 张
	唐山试验场市区环境区划图	1:5 万	彩色 1 张
禹城试验场	禹城遥感试验场土地利用现状图	1:5 万	彩色 1 张
	禹城遥感试验场土壤类型图	1:5 万	彩色 1 张
净月潭试验场	净月潭试验场土地利用现状图	1:1 万	彩色 1 张
	净月潭试验场黑白航空像片镶嵌图	1:1 万	黑白 1 张
	净月潭试验场植被图	1:2.5 万	彩色 1 张
南昆山试验场深一珠试验区	大亚湾地区土地利用现状图		黑白
宁乡校正场	宁乡遥感试验场土地利用现状图	1:5 万	彩色 1 张

## 2. 地物光谱测量和研究

地物波谱信息是多光谱遥感的基础,光谱信息所具有的特征反映了地物本身的存在、变化和差异。随着传感器波段的增多,即光谱分辨率的提高,使我们有可能从微小的光谱差异中提取更多的、更精确的地物特征信息。地物辐射的空间和时间变化特性,对于研究地物的动态和复合特性更有重要意义。本专题对地物光谱的研究,在上述几方