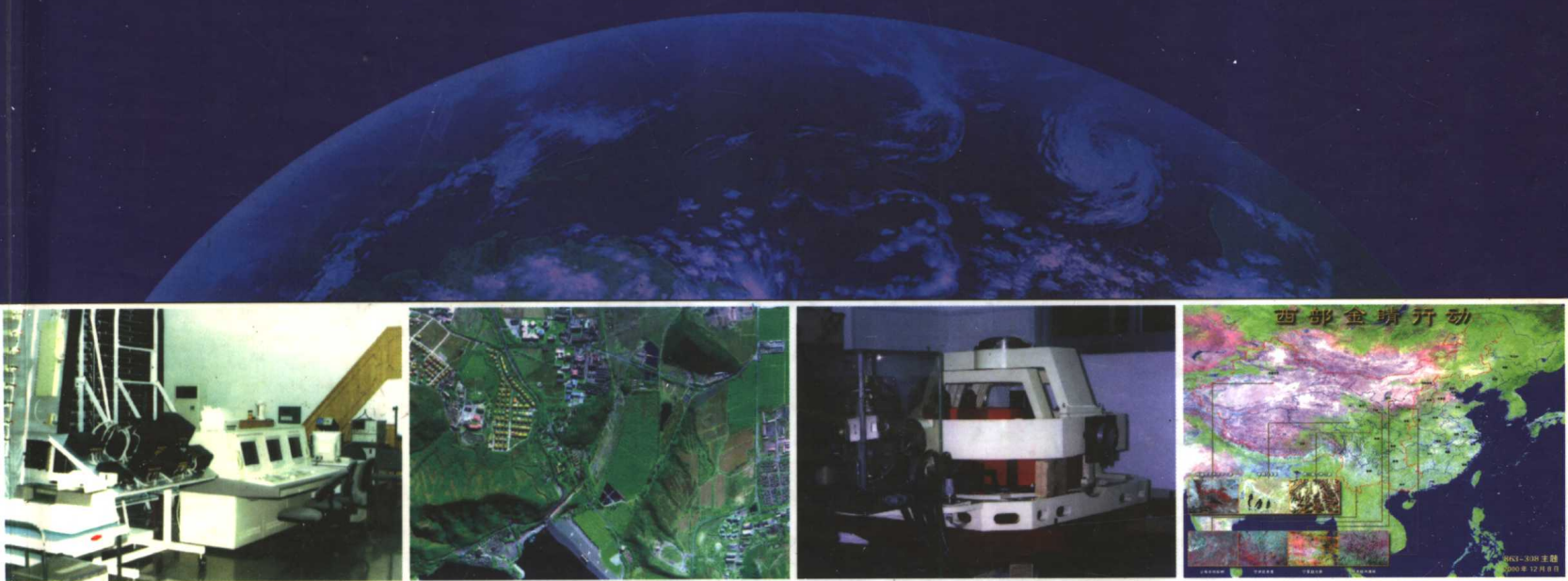


空间信息获取与处理系列专著

对地观测系统与应用



郭华东 许健民 倪国强 缪家骏 编著



科学出版社

空间信息获取与处理系列专著

对地观测系统与应用

郭华东 许健民 倪国强 缪家驹 编著

科学出版社

2001

空间信息获取与处理系列专著

对地观测系统与应用

郭华东 许健民 倪国强 缪家骥 编著

科学出版社 出版

北京市东黄城根北街16号
邮政编码: 100717

深圳美光彩色印刷股份有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2001年2月第 一 版 开本: 889 × 1194 1/16

2001年2月第一次印刷 印张: 8

印数: 1-1000

ISBN 7-03-002333-1/P·473

定价: 100.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

国家 863 计划 308 主题

空间信息获取与处理系列专著

编辑委员会

名誉主编：匡定波

主 编：郭华东

副 主 编：许健民 倪国强

编 委（按姓氏笔画为序）

王长耀	王建宇	王德纯	朱敏慧	刘玉洁
刘永坦	孙文新	巫英坚	杨家德	杨震明
李小文	李文友	吴一戎	张光义	张永生
张钧屏	张意红	张澄波	郁文贤	林行刚
周心铁	郇辛樵	孟宪文	侯朝焕	姜文汉
姚岁寒	顾怀瑾	阎吉祥	龚雅谦	梁甸农
彭胜潮	景贵飞	强小哲	缪家驷	魏钟铨

国家 863 计划 308 主题

空间信息获取与处理系列专著

- 对地观测技术与可持续发展
- 合成孔径雷达卫星
- 空间探测相控阵雷达
- 对地观测与对空监视
- 航天遥感工程
- 对地观测技术与数字城市
- 对地观测技术与精细农业
- 多角度与热红外对地遥感
- 环境监测激光雷达
- MODIS 遥感信息处理原理与算法
- 对地观测系统与应用

序

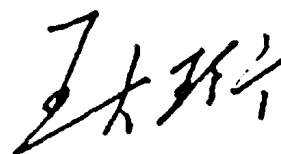
信息获取与处理技术(308)主题是我国高技术计划最早设立的15个主题之一。20世纪80年代初,美国政府推出“星球大战计划”,接着欧洲出台了“尤里卡计划”。在亚洲,日本率先提出了“未来10年振兴科学技术政策大纲”。面对严峻的国际形势和世界的发展趋势,中国于1986年形成自己的高技术研究发展计划,明确提出308主题重点发展面向空间目标监视和空间对地观测的军民两用技术。

随着20世纪90年代初前苏联的解体、冷战的结束及其后“信息高速公路”、“知识经济”、“数字地球”的出现,308主题根据国际形势的发展和国家现代化建设的需要,科学地调整战略目标,卓有成效地部署实施研究计划。

15年来,308主题围绕对地观测和对空监视两大系统,突破了以新型对地观测系统星载合成孔径雷达、红外焦平面列阵成像和自适应光学为代表的六大关键技术,配套发展了超高速实时成像信息处理专用技术,取得一系列重大成果。星载合成孔径雷达等重大对地、对空关键技术成功地向国家建设主战场转移,实现了863计划与其他计划的有机衔接,带动了我国在这些领域的一系列技术进步和设备研制,开拓了我国对地观测技术和对空探测技术发展的新局面。

在863计划15年工作行将完成之际,308主题专家组决定撰写出版空间信息获取与处理系列专著,这是一项非常重要的举措:一是科研人员通过系统总结而进一步提高水平,二是可以让更多的人分享多年来的重要科研成果,三是对发展下一期的863计划建立了坚实的基础。这套系列专著的作者,包括了战略型科学家和工程技术专家,他们长期工作在第一线,对该领域有直接的发言权。该

系列专著包括 11 部书，从不同角度在不同程度上介绍了我国对地观测、对空监视高技术领域的发展，并对下一步的工作提出了设想与建议。本套专著的出版，是我国信息获取领域的一件大事，有重要的学术和实用意义。我高兴地向读者们推荐这套高技术领域的系列专著。

A handwritten signature in black ink, appearing to read '王震' (Wang Zhen), written in a cursive style.

2001 年 2 月



前 言

新世纪到来之际,我国的863计划——高技术研究发展计划,历经15年的辉煌,将完成第一期庄严的历史使命。863计划信息领域信息获取与处理技术主题,经过各级领导和五届专家组及全体参研人员的共同努力,也圆满地实现了她的预期目标。

作为863计划信息领域4个主题之一的“信息获取与处理技术主题”,1986年立题伊始即明确其战略目标:发展各种信息获取与处理技术,重点是掌握高速、高精度的新型信息获取和实时图像处理技术,促进信息技术在各个领域的应用。1990年提出,在重视对空监视的基础上,加强对地观测;1993年进一步提出,在重视星载对地观测的同时,加强机载对地观测技术的发展。进入“九五”,进一步凝炼战略方向:以中国数字地球战略空间信息资源重大需求为导向,研究发展对空、对地观测技术,形成具有我国自主知识产权的实用化机载对地观测技术系统,开展数字图像处理及信息挖掘方法研究,研究对地观测小卫星有效载荷及卫星数据处理技术,进行应用示范,为我国数字地球战略铺垫基础,为国家可持续发展、国家安全战略服务。

15年来,308主题五届专家组在国家科技部领导下,依靠来自20多个部、委,分布在19个省、区、市的61个单位3000余名科技人员的精诚奉献,围绕对地观测与对空监测两大系统,突破7项关键技术,探索信息获取前沿,取得机载对地观测系统技术、星载合成孔径雷达技术、自适应光学望远镜技术等四大标志性成果;获得X-SAR系统样机、SAR实时成像器、激光测污雷达、激光测风雷达、对地观测小卫星相机、MODIS接收处理系统、InSb红外焦平面组件及逆合成孔径雷达等8项代表性重点成果;在前沿信息获取方面,取得新型光学传感器、聚束雷达、微型自适应光学技术等5类成果。成功开展机载对地观测系统应用示范,在城市、农业应用等领域取得显著成效,及时开展了“九八”抗洪、“九九”澳门回归、“西部金睛行动”和中关村科技园区遥感飞行等服务国家重大需求的专项。这些成果提高了我国信息获取与处理技术领域发展水平,缩短了我国在该领域与世界先进水平的差距,为经济建设、国家安全战略做出重要贡献。

在15年研究即将完成之际,对长期以来的科研成果进行科学的、系统的总结,这对未来发展十分有益,为此我们决定出版这套空间信息获取与处理系列专著。本系列书由11部著作组成,书名分别是:《对地观测技术与可持续发展》、《合成孔径雷达卫星》、《空间探测相控阵雷达》、《对地观测与对空监视》、《航天遥感工程》、《对地观测技术与数字城市》、《对地观测技术与精细农业》、《多角度与热红外对地遥感》、《环境监测激光雷达》、《MODIS遥感信息处理原理与算法》及《对地观测系统与应用》。对地观测内容构成本系列书的主体,介绍了对地观测原理、技术、应用与发展;侧重论述308主题近年来研究发展的光学传感器、成像雷达系统、信息处理方法及其在城市、农业、环境、资源、灾害等领域的应用,提出了21世纪初以可持续发展为牵引发展对地观测技术的建议及战略思考;空间监视内容是本系列书的又一重要方面,概述了空间目标探测与监视技术,介绍了空间探测相控阵雷达技术;激光雷达是信息获取技术的前沿领域之一,书中阐述了环境监测激光雷达原理与技术。我们期望,这套专著能起到理论总结的作用、学术交流的作用;同时,我们也期望着她能对下一期国家高技术发展起到有益的参考作用。

15年来,信息获取与处理技术主题工作受到科技部、科技部高新技术司、863联合办公室、信息领域办公室各级领导的大力支持,得到各承研单位及课题组和关心308主题同志们的全力支持,在此谨代表主题五届专家组向以上领导与同志们致以真诚的谢意。诚然,没有大家的支持,本系列书也不可能问世,值此系列专著出版之际,向大家表示衷心的感谢。863计划发起者之一的王大珩院士在百忙之中亲自为系列专著作序,我们向推动我国高技术计划的元勋王大珩先生致以崇高的敬意。11部专著的数十位作者都是工作在863计划第一线的优秀科学家,在繁忙的工作之余,他们将高技术成果进行理论总结,为国家高技术“书写”奉献,亦特向各位辛勤的作者致以敬意。在本系列专著出版时又受到科学出版社的鼎力相助,特别是姚岁寒等先生付出了十分艰辛的劳动,谨此一并鸣谢。

系列专著不久将与大家见面了,鉴于水平与时间所限,书中不妥乃至错误之处在所难免,恳望读者不吝批评指正。

邵学东

2001年元月

前言

人类与自然正面临着诸多可持续发展问题与挑战,其中包括气候变化、海平面上升、沙漠化、自然灾害、人口增长和自然资源过度利用所造成的生态系统变化等。这些问题与挑战跨越了时间域和空间域,因此需要动态和系统化的技术方法来解决,以便为认识整个地球系统提供全面的、持续不断的信息。对地观测技术为解决地球空间系统内各种各样的问题提供了强大的一体化解决手段和决策支持能力。

30多年来,国际范围内的对地观测技术已从可见光扩展到红外、微波;从单波段、单极化发展到多波段、多极化;从空间维扩展到时-空维;从多光谱发展到超光谱。在理论上,已从经典电磁波朗伯反射模型发展到更具适应性的临地效应、尺度效应综合模型,并正在逐步实现对地观测信息反演地面参数的半定量和定量评价。在应用上,已从区域性资源环境探测深入到研究全球变化、人类生存与发展的重大战略问题。新世纪到来之际,一个多层次、立体化、全方位和全天候、全天时的对地观测体系正在形成。

1986年以来,国家863计划308主题致力于发展对地观测与对空监视技术。1990年,从战略上提出加强对地观测技术研究;1992年,新型对地观测专题启动;1996起,全面开展对地观测系统技术研究。近年来,308主题特别注重面向数字地球战略和围绕国家对地观测体系的建立发展先进实用的机载对地观测系统,开拓星载对地观测技术,不失时机地展开应用示范。同时,基于对波段、极化、振幅、相位电磁波资源的深度开发思路,研究发展了系列前沿、新型对地观测技术,服务于国家经济建设、国家安全和可持续发展战略。

本书以图文并茂的形式介绍308主题对地观测系统发展与应用的进展。全书由九部分组成。第一部分内容为:由模块化成像光谱仪、推帚式成像光谱仪、面阵CCD数字相机、三维成像仪及L波段合成孔径雷达构成的机载对地观测系统;第二部分介绍星载合成孔径雷达、对地观测小卫星相机、MODIS数据接收处理系统、前沿光学遥感器、新型成

像雷达和激光雷达等星载与新型对观测技术。以上两部分构成本书技术篇。本书其他部分，即从第三到第九部分，构成本书应用篇。在应用篇中，分别介绍中关村科技园区机载对地观测综合试验；上海、香港、澳门、珠海、北海等的城市应用；突出雷达水稻监测和高光谱作物识别的农业应用；利用成像光谱和激光雷达技术进行水污染、荒漠化和大气污染监测的环境应用；利用合成孔径雷达监测洪水和滑坡灾害并进行以森林和地质矿产为主的资源调查。第九部分专门叙述西部金睛行动，介绍了对西部七省、区进行生态环境动态研究的一些成果。

这本册子是308主题近年来对地观测领域研究成果的高度浓缩，其中的许多资料引自相关课题，她凝聚着广大科技工作者的辛勤劳动和对国家高技术发展的真诚奉献。除本书编著者外，为这些成果作出贡献的专家组成员主要有：匡定波、杨震明、魏钟铨、梁甸农、周心铁、林行刚、王建宇、郁文贤、吴一戎、张永生；参加研究的课题组主要负责人有：薛永祺、李树楷、宋福明、高晓东、童庆禧、罗建斌、王贞松、段登平、张文建、杨存武、沈鸣明、王培纲、李小文、丁赤飏、朱贵岭、张寅超、刘智深、华平澜、罗成章、邵芸、王长耀、刘海启、郑兰芬、尹球、叶荣华、李增元、王润生、吴炳方、陈贤章、张文锋、陈嘻、殷青军、管海晏、杨武年、唐川；特别需要指出的是，为了使该书在863计划实施15周年之际能与大家见面，张意红、范湘涛、王苓涓三位同志在时间十分紧张的情况下进行该书编辑工作，付出了艰苦的劳动；863计划信息领域办公室巫英坚、强小哲、武平、景贵飞先生大力支持本工作的开展。谨此，向以上同志致以衷心的感谢。此外，科学出版社姚岁寒先生为本书的编辑出版，李新芬同志为本书的印制做了许多工作，亦向他们致以谢意。

本书篇幅不大，但集中了308主题对地观测研究的诸多代表性成果，读者若认为透过她可了解到这方面的发展，则正是我们所期望的。时间仓促，水平所限，付梓之际，缺憾颇多。书中不妥及错误之处，恳请不吝指正。

编著者

2001年元月

目 录

机载对地观测系统

模块化成像光谱仪	(2)
推帚式超光谱成像仪	(4)
面阵 CCD 数字相机	(6)
三维成像仪	(8)
L 波段合成孔径雷达	(10)

星载及新型对地观测技术

星载 SAR 模样机	(13)
对地观测小卫星相机	(14)
MODIS 数据接收处理系统	(16)
前沿光学遥感器	(18)
短波红外推帚式成像光谱仪	(18)
高稳定度红外干涉光谱仪	(19)
分光偏振计	(20)
机载多角度多光谱成像实验系统	(22)
新型合成孔径雷达	(24)

聚束SAR技术.....(24)

X-SAR系统.....(25)

激光雷达系统.....(27)

 测污激光雷达.....(27)

 测风激光雷达.....(28)

中关村科技园区综合试验

中关村核心区.....(30)

昌平地区(41)

奥运规划区.....(45)

中关村园区对地观测信息应用示范.....(47)

城市应用

上海浦东.....(50)

北海.....(55)

香港.....(58)

澳门、珠海.....(60)

日本长野.....(62)

农业应用

雷达水稻监测.....(63)

高光谱作物识别.....(68)

环境监测

MODIS 环境应用(73)

水污染监测.....(78)

荒漠化监测.....(80)

大气污染监测.....(82)

风测量.....(84)

灾害监测

洪水监测.....(85)

滑坡监测.....(88)

资源调查

森林资源调查.....(93)

地质矿产调查.....(96)

西部金睛行动

甘肃省.....(102)

宁夏回族自治区.....(104)

新疆维吾尔自治区.....(106)

青海省.....(107)

陕西省.....(108)

四川省.....(109)

云南省.....(111)

机载对地观测系统

机载对地观测是对地观测技术的重要组成部分。863计划308主题组织研制了四类五种新型的机载遥感器,具备高光谱、高空间、穿透性和三维成像能力,建立了一套多层次、立体化和全天候的分布式机载对地观测系统。该系统由实用型模块化成像光谱仪、宽视场面阵CCD超光谱成像仪、高分辨率面阵CCD数字相机、三维成像仪、L-SAR实用系统这五种新型的传感器构成。

利用该机载对地观测系统,可以生成1:5000~1:50000,乃至1:500~1:2000比例尺精度的全数字遥感专题图及DEM,并

且可以同步生成1:10000比例尺精度全数字遥感专题图及DEM、城市建筑三维显示图,对重大突发性灾害有全天候监测与评估和应急反应能力。

863-308研制的机载对地观测系统是一套全数字、高效率的系统。光学、微波遥感器种类齐全,适应范围广,自动化程度、集成程度高,作业成本与常规技术相当。已经广泛应用于国家宏观决策所需基础国情信息服务和市场需求的各类专业应用项目,成为我国对地观测体系的有机组成部分,在我国经济建设多个领域有重要的作用。



模块化成像光谱仪

实用型模块化成像光谱仪系统(OMIS)是一种先进的光机扫描式对地观测航空遥感仪器,它将成像技术和光谱技术结合在一起,能够在连续光谱段上对同一地物同时成像。从获得的光谱图像数据中能直接反映出物质的光谱特征,从而揭示各种地物的光谱特性、存在状况及至物质成分,使得从空间直接识别地球表面物质成为可能。

OMIS系统的主要技术特点有:

* 波段覆盖全,采样波段多:从0.46μm到12.5 μm的所有大气窗口上设置了128个

系统主要技术参数

OMIS-I型			
总波段数			128
光谱仪	光谱范围(μm)	光谱分辨率(nm)	波段数
	0.46 ~ 1.10	10	64
	1.06 ~ 1.70	40	16
	2.0 ~ 2.5	15	32
	3.0 ~ 5.0	250	8
	8.0 ~ 12.5	500	8
瞬时视场(mrad)		3	
总视场(°)		>70	
扫描率(S/s)		5、10、15、20 可选	
行像元数		512	
数据编码(bit)		12	
探测器		Si、InGaAs、InSb、MCT线阵	
OMIS-II型			
总波段数			68
光谱仪	光谱范围(μm)	光谱分辨率(nm)	波段数
	0.46 ~ 1.1	10	64
	1.55 ~ 1.75		1
	2.08 ~ 2.35		1
	3.0 ~ 5.0		1
	8.0 ~ 12.5		1
瞬时视场(mrad)		1.5/3 可选	
总视场(°)		>70	
扫描率(S/s)		5、10、15、20 可选	
行像元数		1024/512	
数据编码(bit)		12	
探测器		Si线阵、InGaAs单元、InSb/MCT双色	

探测波段,以适合不同要求的综合遥感应用。

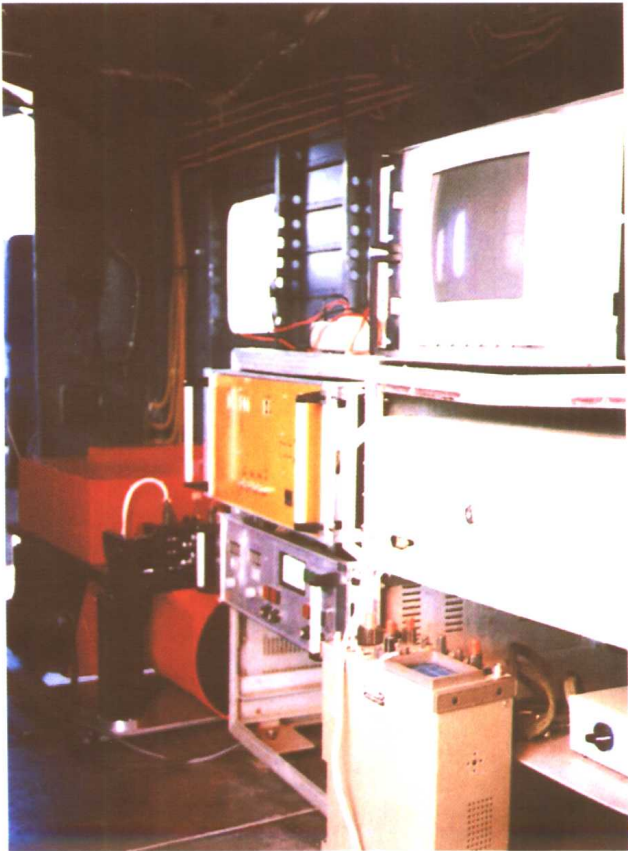
* 工作效率高:仪器具有70°以上的扫描视场,使实用化作业实现高效率。

* 模块化结构:扫描系统、成像系统和光谱仪系统均设计成独立模块,通过一定的机械结构相连,可实现128波段和68波段两种工作模式的更替。

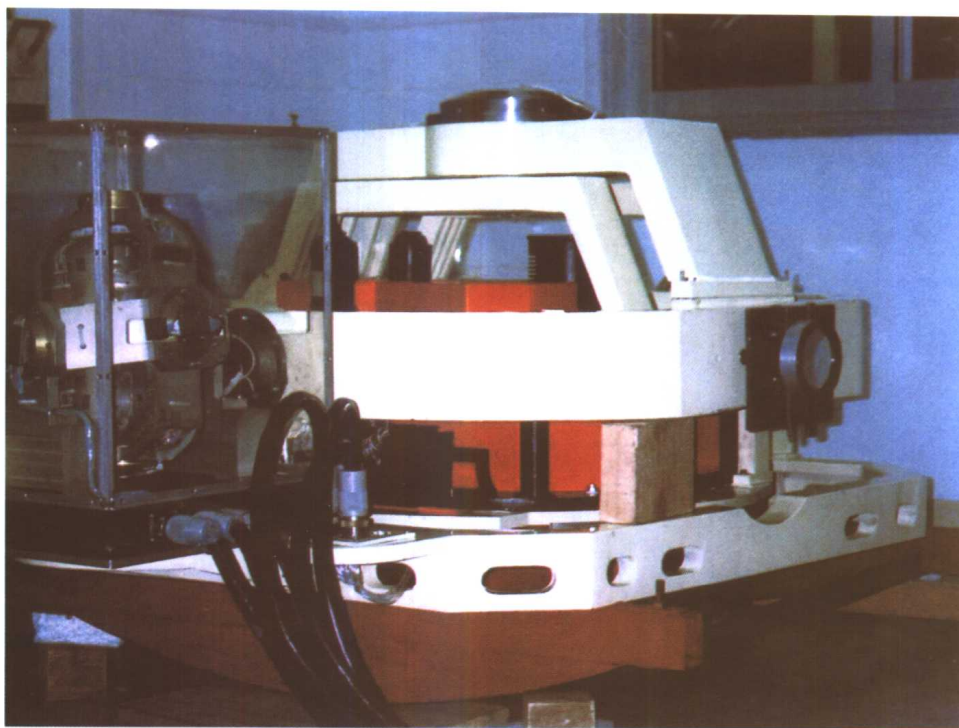
* 定量化数据:通过实验室光谱和辐射定标装置、机上实时定标装置,使系统具备提供定量化成像光谱数据的能力。

* 飞机姿态及定位数据:为获得实用化图像,机上配备的高精度陀螺稳定平台作为飞机姿态校正装置为图像的几何稳定性提供了保障;GPS系统可以得到图像的定位数据。

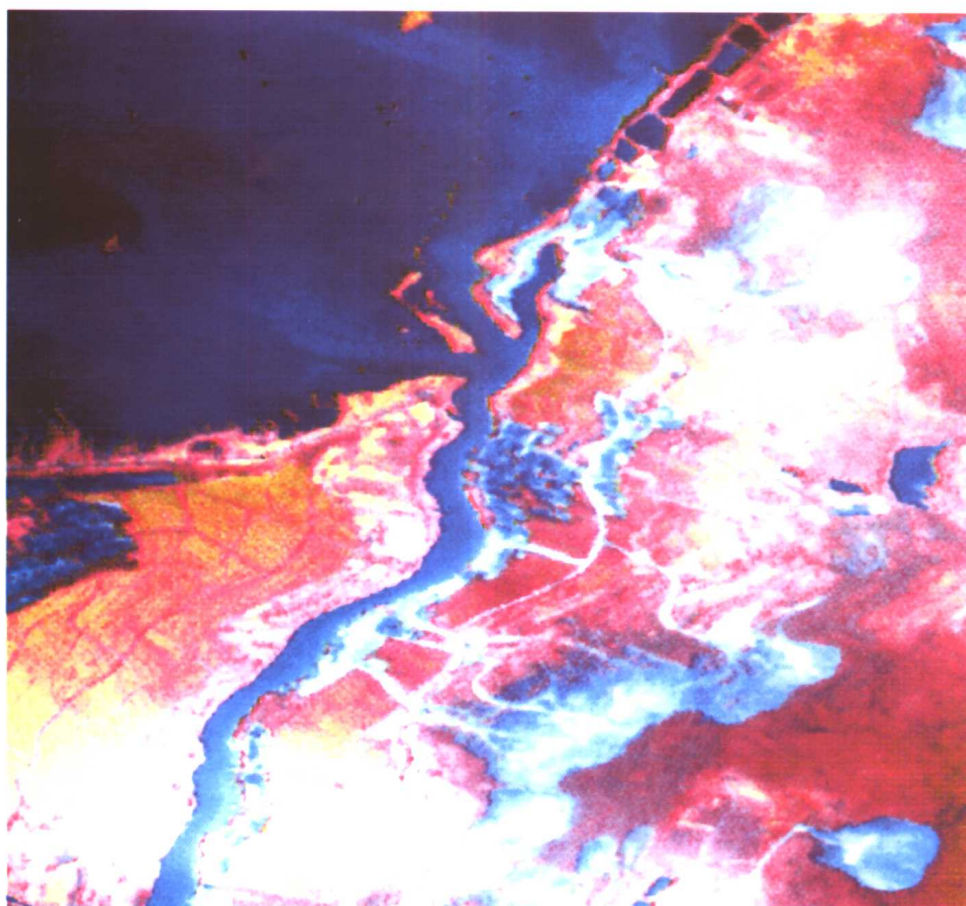
* 标准化图像数据产品:由地面数据回放及格式转换系统将机上实时记录的高密度数字图像数据转换成能被通用计算机接受的通用标准格式。



模块化成像光谱仪处理系统



模块化成像光谱仪



1998年8月太湖地区成像光谱仪影像 (R: 878.1nm; G: 750.6nm; B: 584.2nm)