

空间信息获取与处理系列专著

对地观测技术 与数字城市



周心铁 等著

15



科学出版社

空间信息获取与处理系列专著

对地观测技术与数字城市

周心铁 等著

科学出版社

2001

内 容 简 介

本书是国家高技术计划信息领域信息获取与处理技术(863-308)主题成果系列专著之一,是国家“九五”期间“对地观测技术用于城市规划示范工程”有关课题及总体研究成果的全面总结。全书共七章,分别分析了城市规划与管理应用目标及相应的空间信息需求特点,论述有关机载对地观测信息获取与处理关键技术,重点介绍 CCD 数字航测相机及成像光谱仪等信息获取技术特点、数字摄影测量处理与大比例尺数字地形图测图技术、成像光谱数据处理与应用分类技术、城市目标的智能识别技术、大比例尺数字地形图生产技术体系、对地观测技术应用于城市规划的技术规范与数据标准、城市规划与管理信息系统、城市交通需求分析与规划信息系统、小城镇规划与决策支持系统,以及基于 Web 的城市空间信息服务技术与数字城市,最后讨论了服务于城市应用的机载对地观测技术发展趋势及产业化前景。

本书可供空间技术、资源环境科学、城市规划、管理部门,以及有关产业部门的科学工作者、领导管理人员与高等学校教师参考。

图书在版编目(CIP)数据

对地观测技术与数字城市/周心铁等著. - 北京:科学出版社,2001

ISBN 7-03-009203-1

(空间信息获取与处理系列专著)

I. 对… II. 周… III. 遥感地面调查-应用-城市建设-现代化管理
IV. TU984

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 05965 号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

丽源印刷厂 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:787×1092 1/16
2001 年 2 月第一次印刷	印张:14 1/4
印数:1—3 000	字数:313 000

定价:30.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈北燕〉)

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

空间信息获取与处理系列专著

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。

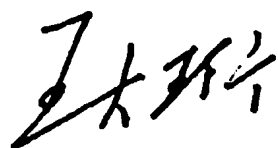
随着20世纪90年代初前苏联的解体、冷战的结束及其后“信息高速公路”、“知识经济”、“数字地球”的出现,308主题根据国际形势的发展和国家现代化建设的需要,科学地调整战略目标,卓有成效地部署实施研究计划。

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 '王大坤' (Wang Daokun), written in a cursive style.

2001 年 2 月

空间信息获取与处理系列专著

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,为国民经济建设、国家安全战略做出重要贡献。

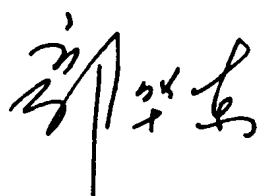
在 15 年研究即将完成之际,对长期以来的科研成果进行科学的、系统的总结,这对未来发展十分有益,为此我们决定出版这套空间信息获取与处理系列专著。本系列书由 11 部著作组成,书名分别是:《对地观测技术与可持续发展》、《合成孔径雷达卫星》、《空间探测相控阵雷达》、《对地观测与对空监视》、《航天遥感工程》、《对地观测技术与数字城市》、《对地观测技术与精细农业》、《多角度与热红外对地遥感》、《环境监测激光雷达》、《MODIS 遥感信息处理原理与算法》及《对地观测系统与应用》。对地观测内容构成本系列书的主体,介绍了对地观测原理、技术、应用与发展;侧重论述 308 主题近年来研究发展的光学传感器、成像雷达系统、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。

A handwritten signature in black ink, appearing to read '姚岁寒' (Yao Suihan), written in a cursive style.

2001年元月

前 言

发挥对地观测技术在我国国民经济建设与社会发展中的实际作用,是我国 863 高技术计划中信息获取与处理技术发展的重要目标。“九五”期间国家科技部 863 高技术发展计划“信息获取与处理”主题专家组认识到适时、适用信息源的缺乏是制约我国资源、环境与城市规划、建设与管理发展中的瓶颈问题。为此,选择城市作为对地观测技术示范应用的对象,设立“对地观测技术应用于城市规划与管理示范工程”课题。这是一项涉及信息获取、处理与管理的系统工程。其目的一是验证自主发展的遥感器及信息处理系统技术,检验其技术能力;二是推动对地观测技术应用发展,为传统城市规划与管理行业技术改造提供新的数据获取与处理高技术手段;三是通过产业化机制的实验推动对地观测技术的产业化发展。

课题由中国城市规划设计研究院、解放军信息工程大学测绘学院、中国科学院遥感应用研究所、国防科技大学电子工程学院等单位承担。经过“九五”期间各单位在科学研究与技术开发方面的积极协作,课题取得了重要进展。

在“示范工程”中,确定了广西北海市、山东邹城市、湖北汉川市、广东湛江市等示范城市,在北京建立了有一定规模的对地观测信息处理基地,为示范城市大比例尺地形图与专题图的处理与制图提供了很好的基础。通过“示范工程”各有关课题的合作,取得了一些重要成果:

(1)实现了 CCD 面阵数字航空相机数据获取与城市大比例尺测图实验。CCD 面阵数字航空相机是针对城市规划管理所需的大比例尺基础地形测图研制的。经过应用验证,表明该相机系统可以适用于城市大比例尺地形图数字测图。

(2)研制了适用于城市大比例尺地形测图的全数字化摄影测量系统。系统包括实用的基于 PC 机数字摄影测量工作站,支持自动化与半自动化数字立体图像大比例尺地形与地物测图、数字空间三角测量加密控制点作业,并开发了数字正射影像地图制作系统。系统已经在建设部城市空间信息生产基地等应用单位推广应用;机载 GPS 辅助航摄影像定向技术与软件系统,采用机载 GPS 相机定位数据建立组合式区域平差,大幅度减少摄影测量定位对外业控制点的依赖,实现只有少量外业控制点情况下的影像定向及 GPS 数据支持的数字空中三角测量作业的自动化。

(3)开发了城市地物目标的智能检测技术与软件,并嵌入面向城市大比例尺地形图测图的数字摄影测量系统,可提高测图作业效率 30%~50%。

(4)研制了城市三维景观重建与可视化软件系统,实现数字立体图像城市建筑物三维信息提取、城市建筑物三维模型重建、地形与建筑物景观三维可视化。

(5)研制了成像光谱技术应用制图系统。主要包括城市目标光谱测量、定标以及光谱数据库建立模块、成像光谱数据处理分析模块、城市地物光谱分类模块、人机交互图形编辑模块等。为利用成像光谱影像数据进行城市用地与建筑物分类制图提供了一个实用的处理分析工具。

(6)初步制定了面向城市规划与管理应用的对地观测信息处理、制图与信息系统标准及规范。

(7)研制了城市规划管理信息系统。城市规划管理信息系统直接面向用户,用户包括城市规划局等城市管理职能部门。系统成为对地观测技术获取并处理的数据及信息与用户间的接口和服务平台,为用户提供服务。

(8)研制了城市交通需求分析与规划系统软件。系统将城市交通模型与地理信息系统结合起来,为城市交通规划部门提供了一个实用的交通分析与交通规划辅助决策工具。交通模型包括交通吸引发生、出行分布、交通分配、交通方式划分、停车需求分析、公共交通分析、微观交通分析等。

(9)开发了小城镇规划管理与辅助决策系统。系统服务于我国小城镇规划、设计、选址、建设项目的科学分析与辅助决策。系统基于国产组件式 GIS 软件平台开发,支持 Internet 网上用地项目申请受理、规划信息浏览与发布,支持用地项目审批业务流程,及城镇建设用地项目选址评价与旧城改造建设影响评价与效益分析等辅助决策模型。

(10)建立了城市空间信息处理基地。通过对相关技术系统的集成、实用性检测和作业人员培训,形成完整的城市大比例尺地形图测图生产技术体系,并具备了较强的城市地形图与专题地图生产作业能力。基地在完成示范城市空间信息处理与测图任务以及检验和完善有关技术系统方面发挥了重要作用。

本书是这一项工作的技术总结。由于时间紧及编者学识水平所限,疏漏及错误之处敬请读者及时指正。

本书第一章绪论由周心铁、张永生、罗成章编写;第二章大比例尺数字地形图测图中第一节由陈向宁编写,第二节由吴云东和王仁礼编写,第三节由戴晨光编写,第四节由高晓东、王仁礼和范永弘编写;第三章成像光谱信息分析与应用由郑兰芬、张冰、刘建贵编写;第四章城市地物智能检测由王润生、周军红、文贡坚编写;第五章对地观测技术应用于城市规划与管理的示范工程中第一节由罗成章编写,第二节由李克鲁编写,第三节由陈燕申编写,第四节由孔令斌编写,第五节由王宏伟编写,第六节由王景录和郭余华编写;第六章数字

城市应用示范由华平澜、陈信祥、董宝青、毛东军、刘志荣编写；第七章面向城市应用的对地观测技术产业化发展由周心铁、张永生、罗成章编写。

“对地观测技术应用于城市规划与管理示范工程”有关课题的实施得到了科技部高技术司及 863 高技术计划信息领域办公室各位领导的大力支持。还需要特别提到的是，杨震明教授和匡定波院士等老科学家从立项开始就以他们具有前瞻性的科学思考给予课题许多有益的指导与关心。在此谨表示衷心的感谢！

周心铁

2000 年 12 月于北京

《对地观测技术与数字城市》编辑委员会

主 编 周心铁

副主编 张永生 罗成章

编 委 (按姓氏笔画排序)

王仁礼	王景录	王润生	王静霞	华平澜
张 兵	张永生	陈向宁	陈信祥	陈燕申
罗成章	郑兰芬	周心铁	周军红	

目 录

第一章 绪论	(1)
§ 1.1 引言	(1)
§ 1.2 城市规划与管理中的空间信息需求	(3)
1.2.1 概述	(3)
1.2.2 需求特点	(4)
§ 1.3 面向城市应用的对地观测技术发展背景	(5)
1.3.1 信息获取平台	(6)
1.3.2 信息处理平台	(9)
1.3.3 信息管理平台	(10)
1.3.4 对地观测技术城市应用总体技术方案	(11)
1.3.5 小结	(15)
参考文献	(15)
第二章 大比例尺数字地形图测图	(16)
§ 2.1 数字摄影测量系统与大比例尺地形图测图	(16)
2.1.1 数字摄影测量系统的现状与发展趋势	(16)
2.1.2 数字测图系统系统设计	(17)
2.1.3 大比例尺数字测图与精度分析	(25)
§ 2.2 数字空中三角测量	(28)
2.2.1 自动内部定向	(28)
2.2.2 内业点自动获取	(39)
§ 2.3 三维景观重建	(48)
2.3.1 三维地形景观生成原理	(48)
2.3.2 城市三维景观生成原理	(52)
2.3.3 三维景观动态立体显示技术	(57)
§ 2.4 高分辨率 CCD 面阵数字航测相机系统与应用验证	(62)
2.4.1 系统简介	(62)
2.4.2 CCD 用于大比例尺航空摄影测量的关键技术	(63)
2.4.3 信息获取试验结果与分析	(65)
2.4.4 小结	(69)
参考文献	(72)
第三章 成像光谱信息分析与应用	(74)
§ 3.1 成像光谱遥感技术发展概况	(74)
3.1.1 成像光谱遥感数据获取	(74)
3.1.2 成像光谱技术应用	(76)

3.1.3 城市遥感应用的发展	(77)
§ 3.2 针对城市目标的成像光谱数据分析与处理技术	(78)
3.2.1 数据定标	(78)
3.2.2 几何校正及镶嵌	(78)
3.2.3 信息提取	(79)
3.2.4 城市光谱数据库	(81)
§ 3.3 城市地物要素的光谱特征	(81)
3.3.1 主要城市地物类型及其光谱特征	(81)
3.3.2 主要城市地物光谱特征在影像上的表征	(83)
§ 3.4 城市区域成像光谱遥感分类与制图	(88)
3.4.1 基于像元的植被、水体高光谱图像自动提取	(88)
3.4.2 基于图斑的高光谱图像光谱分类	(89)
3.4.3 分级分类模型	(91)
3.4.4 分类与制图	(92)
参考文献	(94)
第四章 城市地物智能检测	(96)
§ 4.1 地物目标的建模与智能化处理	(96)
4.1.1 地物目标表示、分类体系和建模	(96)
4.1.2 智能处理方法	(99)
4.1.3 实用图处理技术	(106)
§ 4.2 从航空遥感图像中自动提取城市道路网	(110)
4.2.1 概述	(110)
4.2.2 一般道路提取算法	(110)
4.2.3 主要道路提取方法	(111)
4.2.4 小结	(117)
§ 4.3 从航空遥感图像中自动检测和重建城市建筑物模型	(118)
4.3.1 概述	(118)
4.3.2 已有的检测和重建建筑物模型算法	(119)
4.3.3 一种半自动检测建筑物的方法	(120)
4.3.4 建筑物的检测与模型重建技术	(132)
4.3.5 小结	(145)
参考文献	(146)
第五章 对地观测技术应用于城市规划与管理的示范工程	(147)
§ 5.1 概述	(147)
§ 5.2 对地观测信息应用于城市规划的技术规范与数据标准	(147)
5.2.1 目的和意义	(147)
5.2.2 空间信息应用于城市规划的技术规范与数据标准现状	(148)
5.2.3 总体框架	(149)
5.2.4 城市规划制图技术规范与数据标准体系的内容及相互关系	(151)

5.2.5 今后的工作内容	(152)
§ 5.3 城市规划管理信息系统	(152)
5.3.1 空间数据库	(153)
5.3.2 应用系统	(153)
5.3.3 系统总体框架	(155)
5.3.4 系统功能	(157)
5.3.5 系统数据结构与数据库	(162)
§ 5.4 交通需求分析与地理信息系统	(163)
5.4.1 概述	(163)
5.4.2 交通信息与地理信息系统	(167)
5.4.3 地理信息系统对交通需求分析的扩展	(168)
5.4.4 GIS 支持下的交通需求分析软件开发	(170)
5.4.5 小结	(171)
§ 5.5 基于空间信息的小城镇规划、建设与管理决策支持系统	(171)
5.5.1 概述	(171)
5.5.2 需求调查分析	(173)
5.5.3 小城镇规划、建设与管理程序调查	(175)
5.5.4 决策支持系统总体设计	(178)
5.5.5 系统运行与效益展望	(181)
§ 5.6 大比例尺数字地形图生产技术体系	(182)
5.6.1 硬件设备和软件配置	(183)
5.6.2 生产工艺与流程	(186)
5.6.3 数据流程	(189)
5.6.4 数据管理	(189)
5.6.5 生产技术标准体系	(190)
5.6.6 生产管理机制的探索	(190)
参考文献	(191)
第六章 数字城市应用示范	(192)
§ 6.1 数字地球、数字城市与数字北京工程的概念	(192)
§ 6.2 建设数字北京工程所需的关键技术	(192)
§ 6.3 数字北京工程的建设目标和原则	(194)
6.3.1 建设原则	(194)
6.3.2 标准化和规范化工作原则	(194)
§ 6.4 数字北京工程的内容和总体框架	(195)
§ 6.5 城市空间信息交换中心	(197)
6.5.1 空间信息共享机制	(197)
6.5.2 系统结构框架	(197)
参考文献	(199)
第七章 面向城市应用的对地观测技术产业化发展	(200)