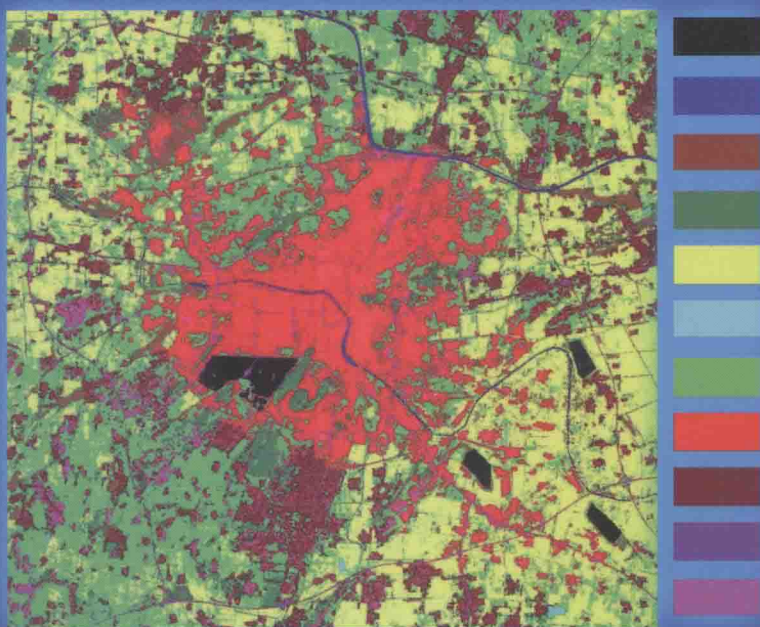




地球观测与导航技术丛书

城市环境遥感方法与实践

杜培军 谭 琨 夏俊士 赵银娣 等 编著



科学出版社



地球观测与导航技术丛书

城市环境遥感方法与实践

杜培军 谭 琨 夏俊士 赵银娣等 编著

国家 863 高技术研究发展计划课题 (2007AA12Z162)

江苏省自然科学基金项目 (BK2006505, BK2012018)

教育部新世纪优秀人才支持计划项目 (NCET-06-0476)

江苏高校优势学科建设工程

资助

科学出版社

北 京

内 容 简 介

多源多时相遥感数据能够为城市环境监测与评价提供定性、定量、动态、综合的信息支持,服务于城市规划管理、生态环境保护和数字城市建设。本书对城市环境遥感的框架体系、信息处理、典型应用进行了系统分析和深入探讨。全书共分十章,从城市环境遥感的需求出发分析了主要信息源和信息处理方法,总结了城市环境遥感的框架体系、研究热点和发展方向,从土地覆盖分类、典型目标识别、变化检测等方面对遥感影像解译方法进行了研究。以遥感数据和派生信息为主,综合各种统计调查数据,探讨了多源遥感信息在城市热环境建模、景观生态分析、生态安全评价、人居环境评估和植被净初级生产力估算方面的应用。

本书可供从事城市遥感、环境遥感、遥感应用、遥感图像处理等方向研究的教师、科研人员、研究生和高年级本科生参考,同时也可供从事城市规划、环境保护、国土开发等方面遥感应用的专业人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

城市环境遥感方法与实践/杜培军等编著. —北京:科学出版社, 2013. 6
(地球观测与导航技术丛书)

ISBN 978-7-03-038049-4

I. ①城… II. ①杜… III. ①城市环境-环境遥感-研究 IV. ①X87

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 136077 号

责任编辑:朱海燕 李秋艳 / 责任校对:刘亚琦

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:王 浩

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013 年 6 月第 一 版 开本:787×1092mm/16

2013 年 6 月第一次印刷 印张:17 插页:16

字数:380 000

定价:79.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)



《地球观测与导航技术丛书》编委会

顾问专家

徐冠华 龚惠兴 童庆禧 刘经南 王家耀
李小文 叶嘉安

主 编

李德仁

副主编

郭华东 龚健雅 周成虎 周建华

编 委 (按姓氏汉语拼音排序)

鲍虎军	陈 戈	陈晓玲	程鹏飞	房建成
龚建华	顾行发	江碧涛	江 凯	景贵飞
景 宁	李传荣	李加洪	李 京	李 明
李增元	李志林	梁顺林	廖小罕	林 琿
林 鹏	刘耀林	卢乃锰	孟 波	秦其明
单 杰	施 闯	史文中	吴一戎	徐祥德
许健民	尤 政	郁文贤	张继贤	张良培
周国清	周启鸣			

《地球观测与导航技术丛书》出版说明

地球空间信息科学与生物科学和纳米技术三者被认为是当今世界上最重要、发展最快的三大领域。地球观测与导航技术是获得地球空间信息的重要手段，而与之相关的理论与技术是地球空间信息科学的基础。

随着遥感、地理信息、导航定位等空间技术的快速发展和航天、通信和信息科学的有力支撑，地球观测与导航技术相关领域的研究在国家科研中的地位不断提高。我国科技发展中长期规划将高分辨率对地观测系统与新一代卫星导航定位系统列入国家重大专项；国家有关部门高度重视这一领域的发展，国家发展和改革委员会设立产业化专项支持卫星导航产业的发展；工业与信息化部和科学技术部也启动了多个项目支持技术标准化和产业示范；国家高技术研究发展计划（863 计划）将早期的信息获取与处理技术（308、103）主题，首次设立为“地球观测与导航技术”领域。

目前，“十一五”计划正在积极向前推进，“地球观测与导航技术领域”作为 863 计划领域的第一个五年计划也将进入科研成果的收获期。在这种情况下，把地球观测与导航技术领域相关的创新成果编著成书，集中发布，以整体面貌推出，当具有重要意义。它既能展示 973 和 863 主题的丰硕成果，又能促进领域内相关成果传播和交流，并指导未来学科的发展，同时也对地球观测与导航技术领域在我国科学界中地位的提升具有重要的促进作用。

为了适应中国地球观测与导航技术领域的发展，科学出版社依托有关的知名专家支持，凭借科学出版社在学术出版界的品牌启动了《地球观测与导航技术丛书》。

丛书中每一本书的选择标准要求作者具有深厚的科学研究功底、实践经验，主持或参加 863 计划地球观测与导航技术领域的项目、973 相关项目以及其他国家重大相关项目，或者所著图书为其在已有科研或教学成果的基础上高水平的原创性总结，或者是相关领域国外经典专著的翻译。

我们相信，通过丛书编委会和全国地球观测与导航技术领域专家、科学出版社的通力合作，将会有一大批反映我国地球观测与导航技术领域最新研究成果和实践水平的著作面世，成为我国地球空间信息科学中的一个亮点，以推动我国地球空间信息科学的健康和快速发展！

李德仁

2009 年 10 月

前 言

城市是现代文明的重要标志,是人类聚居的场所。据联合国相关统计报告显示,目前全世界已有超过 50%的人口居住在城市。但是,城市化在提高人类生活质量、推动社会物质文明和精神文明发展的同时,也引发了一系列严重的生态、环境和社会问题。其中最为重要的就是由于城市高强度人类活动引发的土地覆盖变化、下垫面改变及其导致的一系列城市生态环境问题,如城市热岛、水污染、大气污染、噪声污染、固体废弃物堆积、植被生态系统退化等,极大地影响和破坏了城市生态环境系统的平衡,降低了城市人居环境的质量。协调城市化与生态环境的关系是当前国内外学术界、政府部门关注的热点问题之一。遥感作为一种从空间对地球表层资源、环境系统进行宏观、快速、综合观测的先进技术,能够获取与城市环境密切相关的水、土地、植被等要素的定性、定量、动态和综合信息,实现对城市环境的描述,为城市环境监测、评价、规划和管理提供有效的支持。

遥感信息获取技术的快速发展,能够为城市环境遥感构建高空间/高光谱分辨率、星空地集成的观测系统,提供多尺度、主被动、多/高光谱、实时动态的遥感数据。如何结合城市环境的特点和需求对遥感数据进行准确、精细的解译、提取感兴趣的专题信息并与相关的生态环境模型结合以生成满足需求的产品,是城市环境遥感研究最为重要的任务,也是对地观测信息在城市规划管理中发挥应用效益的关键。

城市环境遥感作为城市遥感、环境遥感的重要研究内容,受到了国内外学术界和产业界的高度重视,也是近年来多学科研究的热点论题。国际摄影测量与遥感学会(ISPRS)、国际电子电气工程师协会地球科学与遥感学会(IEEE GRSS)等学术组织召开了诸多以城市环境遥感为主题的学术会议,如国际城市遥感大会(Joint Urban Remote Sensing Event, JURSE)和每年一度的 IGARSS 大会城市遥感等专题,都对城市环境遥感予以了高度的重视。

本书面向当前城市环境遥感、遥感技术的发展前沿,系统地总结了作者所在课题组近年来在城市环境遥感方面的研究成果,对城市环境遥感中重要的信息处理方法、代表性的应用方向进行了较为系统的总结和介绍。全书注重原理、方法和实践的有机结合,通过对典型研究区的研究验证了所用方法的可行性和有效性。全书共分 10 章,涵盖了城市环境遥感的基本概念和体系结构、主要数据源和信息处理方法、城市环境遥感典型应用等方面的内容。第 1 章简要介绍了城市遥感的发展现状和重要性,并在此基础上总结分析了当前城市环境遥感的研究热点和发展方向。第 2 章从城市环境遥感的任务需求出发,分析了城市遥感的主要信息源和信息处理方法,特别是从城市遥感的地理尺度、遥感影像的分辨率两方面入手,分析了不同应用背景下不同分辨率遥感数据源的可用性。第 3 章对遥感影像中城市生态环境系统典型目标的提取识别方法进行了探讨。第 4 章以土地覆盖这一承载城市系统的关键要素为研究对象,从亚像元级、像元级和对象

级三个层次介绍了城市土地覆盖分类的主要研究进展。第5章以城市扩展和环境变化为主线,对多时相遥感影像变化检测和城市扩展遥感分析的相关方法进行了介绍。第6章以景观生态学为理论支持,结合实例重点介绍了在遥感影像分类图的基础上进行城市景观生态分析的方法。第7章研究了城市热岛效应和热环境遥感分析评价方法,结合实例对地表温度反演、城市热环境影响因子等进行了探讨。第8章以遥感数据和派生信息为主要信息源,结合各种调查统计数据,开展了城市生态安全评价的研究。第9章则对城市人居环境进行了综合评价,系统分析了城市化过程中人居环境的时空演变特征。第10章结合目前快速发展的城市生态功能等方面的研究进展以及实例对基于遥感信息和气象观测数据的城市净初级生产力估算进行了探讨。全书通过总论(第1~2章)、信息处理方法(第3~5章)、应用实践(第6~10章)的系统分析,力图在总结城市环境遥感若干方向研究成果的同时,为进一步推动城市环境遥感研究提供有益的参考和借鉴。

全书由杜培军、谭琨、夏俊士、苏红军共同确定编写大纲,由南京大学、中国矿业大学相关教师和研究生共同编著。第1章由杜培军编著,第2章由谭琨编著,第3章由赵银娣编著,第4章由夏俊士、杜培军编著,第5章由柳思聪、杜培军编著,第6章由杜培军、潘琛编著,第7章由夏俊士、杜培军、苏红军编著,第8章由杜培军、罗艳编著,第9章由杜培军、曹文、苏红军编著,第10章由杜培军、单丹丹、谭琨编著。全书最后由杜培军、谭琨统稿。本书的成果也得益于参加相关项目的研究生刘培、张华鹏、张伟、袁林山、李光丽、王晓玲、王小美、方育莹、吴春花、陈颖等同学的辛苦工作;在书稿撰写、排版过程中,中国矿业大学陈雪玲、张克、刘毅和南京大学阿里木·赛买提等同学提供了大量支持,在此对他们表示衷心的感谢!

本书的研究得到国家高技术研究发展计划(863计划)课题“矿山复杂地表环境下地物信息自动提取与目标识别的若干关键技术”(2007AA12Z162)、江苏省自然科学基金项目“基于遥感和边界层数值模式的都市空间热环境与生态环境效应研究”(BK2006505)和“多尺度遥感信息协同处理与城市人居环境评价”(BK2012018)、教育部新世纪人才支持计划项目“煤矿区土地覆盖变化与土壤特性演变的多目标遥感分析研究”(NCET-06-0476)、江苏省“333高层次人才培养工程”科研项目“徐州市城市扩展与生态环境响应的多目标遥感综合研究”(2009-32)等的支持。在项目实施和研究工作中,得到了南京大学冯学智教授、李满春教授、柯长青教授、王结臣教授、赵书河副教授和中国矿业大学郭达志教授、邓喀中教授、高井祥教授、张书毕教授、吴立新教授、陈龙乾教授、张绍良教授、张海荣副教授、闫志刚副教授、王行风副教授、孙久运副教授等的支持和指导,在此对各位同事表示衷心的感谢。同时,本书作者在从事遥感信息分析与应用的多年研究过程中,得到了武汉大学张良培教授、朱庆教授,南京师范大学闫国年教授、汤国安教授、盛业华教授,北京师范大学李京教授、陈云浩教授、唐宏副教授,上海交通大学施鹏飞教授、方涛教授,中山大学张新长教授、黎夏教授,中国科学院南京地理与湖泊研究所马荣华研究员,中国科学院寒区旱区与环境工程研究所李新研究员、福州大学徐涵秋教授等专家的长期指导和支持,作者衷心感谢各位专家多年来的持续关心!

在相关课题的实施过程中,作者与国际城市遥感领域的知名学者包括意大利帕维亚大学的 Paolo Gamba 副教授、美国印第安纳州立大学的 Weng Qihao 教授、瑞典皇家理

工学院的 Ban Yifang 教授、澳大利亚墨尔本皇家理工大学的 Simon Jones 教授、英国诺丁汉大学的 Giles Foody 教授和 Paul Aplin 副教授等开展了相关的合作研究和学术交流，本研究工作也得到了他们的支持。特别需要指出的是，本书的部分成果也受益于作者参加的中国科技部-欧洲空间局“龙计划”二期 (Dragon II) 项目“Satellite Monitoring of Urbanization in China for Sustainable Development” (No. 5317)，在此对科技部国家遥感中心李加洪总工程师、“龙计划”中方项目负责人李增元研究员和高志海研究员表示衷心感谢。

本书中的部分成果已在国内外刊物发表。在本书撰写过程中，参考了国内外大量优秀教材著作、研究论文和相关网站资料，在此我们表示衷心感谢。虽然作者试图在参考文献中全部列出并在文中标明出处，但难免有疏漏之处，我们诚挚地希望得到同行专家的谅解和支持。

由于作者水平有限，书中不足之处在所难免，敬请各位专家、同行批评指正。关于本书内容的任何批评、意见和建议，请发送至作者电子邮箱：dupjrs@126.com, tankuncu@gmail.com。

杜培军
2012 年 9 月

目 录

《地球观测与导航技术丛书》出版说明

前言

第 1 章 城市遥感与城市环境遥感	1
1.1 城市化与生态环境问题	1
1.2 城市环境遥感的体系结构	4
1.2.1 国际城市遥感大会的议题	4
1.2.2 城市环境遥感的体系结构	5
1.3 城市环境遥感的主要内容和发展趋势	7
1.3.1 城市环境遥感的主要内容	7
1.3.2 城市环境遥感的发展趋势	10
参考文献	11
第 2 章 城市环境遥感数据源与信息处理	15
2.1 城市典型地物光谱特征	15
2.2 城市环境遥感的时空尺度与数据源	18
2.2.1 大尺度城市环境遥感数据源	19
2.2.2 中尺度生态环境遥感数据源	19
2.2.3 小尺度生态环境遥感数据源	21
2.3 城市环境遥感信息处理技术方法总论	22
2.3.1 遥感影像分类	23
2.3.2 城市化与城市扩展遥感动态监测与变化检测	23
2.3.3 遥感信息反演城市生态环境和地学参数	23
2.3.4 多源遥感数据融合	23
2.3.5 城市三维建模与地表沉降分析	24
2.3.6 面向城市应用的遥感与 GIS 集成	24
2.4 遥感影像分类	24
2.4.1 非监督分类	25
2.4.2 监督分类	25
2.5 城市典型目标提取与识别	26
2.5.1 城市建筑物提取与识别	26
2.5.2 城市水体提取与识别	27
2.5.3 城市植被提取与识别	27
2.5.4 城市道路提取与识别	27

2.6	多时相遥感影像变化检测	28
2.7	多源信息融合	29
2.7.1	高分辨率影像与多光谱影像融合	30
2.7.2	SAR 图象与光学影像融合	31
2.7.3	LiDAR 数据与光学遥感数据融合	32
2.8	城市物理环境遥感定量化	33
2.9	城市三维环境建模	34
2.9.1	基于立体像对的城市三维建模	34
2.9.2	基于 LiDAR 技术的城市三维建模	35
	参考文献	36
第3章	城市典型目标遥感提取	41
3.1	城市绿地提取	41
3.1.1	概述	41
3.1.2	植被指数	41
3.1.3	像素级分类的城市绿地信息提取	44
3.1.4	面向对象的城市绿地信息提取	47
3.1.5	基于混合像元分解的城市绿地信息提取	49
3.2	建设用地提取	52
3.2.1	概述	52
3.2.2	Gabor 纹理特征	53
3.2.3	GMRF 纹理特征	55
3.2.4	基于 GMRF 纹理特征的建设用地提取实例	58
3.3	道路提取	59
3.3.1	道路的遥感图像特征	59
3.3.2	道路提取方法的分类	60
3.3.3	基于剖面/模板匹配的道路提取	64
3.3.4	基于 Snakes 模型的道路提取	65
3.4	其他环境要素目标提取	67
3.4.1	水体目标提取	67
3.4.2	桥梁目标提取	68
	参考文献	70
第4章	城市土地覆盖遥感分类	75
4.1	概述	75
4.2	城市土地覆盖分类的框架	75
4.3	像元级城市土地覆盖分类	77
4.3.1	监督分类	77
4.3.2	非监督分类	82
4.3.3	半监督分类	83
4.4	亚像元分类	84

4.5	面向对象分类	87
4.6	多分类器集成	88
4.7	实例分析	90
4.7.1	QuickBird 高分辨率遥感影像分类	90
4.7.2	OMIS 高光谱遥感影像分类	95
4.7.3	Landsat ETM+ 遥感影像分类	97
	参考文献	99
第5章	城市环境变化动态监测	104
5.1	基于变化检测的城市环境分析	105
5.1.1	变化检测技术原理与进展	105
5.1.2	变化检测在城市环境监测中应用	107
5.2	基于土地覆盖遥感分类的城市扩展分析	109
5.2.1	研究背景与进展	109
5.2.2	方法介绍与分类	110
5.3	基于景观格局变化的城市环境遥感分析	111
5.3.1	研究与应用背景	111
5.3.2	方法与指标	112
5.4	基于不透水面的城市扩展分析	113
5.4.1	研究背景与进展	113
5.4.2	方法模型与实现流程	115
5.5	城市扩展与环境变化遥感监测实例	117
	参考文献	121
第6章	城市景观生态遥感	126
6.1	概述	126
6.2	研究区概况	127
6.3	景观信息分类与评价	129
6.3.1	决策树分类算法	129
6.3.2	分类特征的选择	131
6.3.3	基于决策树的景观分类	136
6.4	城市景观格局特点与评价指标	144
6.4.1	城市景观的特点	144
6.4.2	景观格局指数选择	145
6.5	徐州市景观尺度上的格局分析	150
6.5.1	转移矩阵	150
6.5.2	景观尺度上的格局指数	152
6.6	徐州市类型尺度上的格局分析	154
6.6.1	景观类型形状特征分析	154
6.6.2	景观类型优势度分析	155
6.6.3	景观类型破碎度分析	156

6.6.4	景观类型聚集度与连通性分析	157
6.7	城市景观格局环境影响评价	157
6.7.1	新城区	159
6.7.2	庞庄矿区	160
6.7.3	市中心区	161
6.7.4	小南湖及矿大南湖校区	163
	参考文献	164
第7章	城市热环境遥感	167
7.1	概述	167
7.2	地表温度遥感反演算法	167
7.2.1	Landsat TM/ETM+地表温度遥感反演算法	169
7.2.2	NOAA-AVHRR 数据中的地表温度反演算法	170
7.2.3	MODIS 数据中的地表温度反演算法	170
7.2.4	ASTER 数据中的地表温度反演算法	171
7.3	城市不透水面比例遥感提取与估算	172
7.3.1	不透水面提取步骤	173
7.3.2	Landsat TM/ETM+提取城市不透水面	174
7.3.3	HJ-1 和 CBERS 提取城市不透水面	175
7.3.4	EO-1 Hyperion 提取城市不透水面	177
7.4	热环境与土地覆盖的关系	178
7.5	城市热环境与空气污染	182
7.6	城市热环境建模与模拟	184
	参考文献	185
第8章	城市生态安全评价	188
8.1	引言	188
8.2	城市生态安全评价体系设计	190
8.2.1	评价体系框架设计	190
8.2.2	评价指标权重计算方法	191
8.2.3	评价模型	192
8.3	生态安全评价因子遥感提取	194
8.3.1	植被信息	195
8.3.2	基于决策树模型的景观分类	195
8.3.3	城市热环境	195
8.4	GIS 环境下的生态安全因子获取	196
8.4.1	矿区压力	196
8.4.2	水污染压力	197
8.4.3	人口压力	198
8.4.4	生态弹性	198
8.4.5	景观格局	199

8.5 徐州生态安全分析	200
8.5.1 时间维生态安全评价	200
8.5.2 分类生态安全评价	203
8.5.3 空间维生态安全评价	205
8.5.4 生态安全问题成因分析	207
8.5.5 建议与意见	208
参考文献	209
第9章 城市人居环境遥感评价	211
9.1 绪论	211
9.1.1 研究背景	211
9.1.2 研究方法和技术路线	212
9.2 人居环境遥感因子体系	213
9.2.1 研究区	213
9.2.2 人居环境遥感评价指标体系	213
9.3 城市人居环境遥感评价因子信息提取	214
9.3.1 基于遥感数据的评价因子直接提取	214
9.3.2 基于遥感数据的人居环境评价因子间接提取	218
9.4 人居环境遥感评价模型的建立与分析	221
9.4.1 模型的建立	221
9.4.2 人居环境质量结果分析	222
9.4.3 基于统计数据的人居环境评价体系构建与比较	226
9.5 徐州市人居环境质量变化原因分析	230
9.5.1 城市扩展信息对人居环境的影响	230
9.5.2 土地利用类型的变化	230
9.5.3 徐州市人居环境发展趋势分析与建议	232
参考文献	233
第10章 城市植被净初级生产力估算	234
10.1 植被净初级生产力遥感估算	234
10.2 研究区概况及数据预处理	235
10.3 CASA 模型	237
10.3.1 植被吸收的光合有效辐射(APAR)的估算	238
10.3.2 光能利用率 $\epsilon(x, t)$ 的估算	240
10.4 徐州市 NPP 值估算结果	242
10.4.1 土地覆盖分类数据	242
10.4.2 CASA 模型估算结果	243
10.4.3 徐州市 2000~2010 年 NPP 时空特征分析	244
参考文献	252

第 1 章 城市遥感与城市环境遥感

1.1 城市化与生态环境问题

城市是人类文明发展的重要标志,全球不同的国家、地区都处在快速的城市化过程中。据联合国世界城市化展望报告(UN World Urbanization Prospects Report)统计,1900 年全球城市人口的比例为 13%(2.2 亿),1950 年增长至 29%(7.32 亿),2005 年则增长至 32 亿(40%),2007 年,全球城市人口的比例在历史上首次突破 50%,预计到 2030 年城市人口的比例将达到 60%(49 亿)^①。

城市化发展过程是指乡村人口转变为城市人口、乡村地域转变为城市地域的过程。通常用城市人口(或非农业人口)占行政区域总人口的百分比来衡量城市化水平(许学强等,1997;方创琳等,2008)。城市化不仅表现为人口由乡村向城市的集中、农业人口向非农业人口的转换,还表现为城市数目的增加和城市地域范围的不断扩展;不仅表现为农业活动向非农业活动的转换,还表现为城市生活方式、价值观念、城市文化等的渗透、影响、扩散和传播等。因此,城市化是城市数量迅速增加、城市规模迅速膨胀、农村人口转入城市人口、人们生活方式改变的过程(许学强等,1997;方创琳等,2008)。

方创琳等(2008)将城市化过程分解为四个主要过程:反映城市人口集散的人口城市化过程,反映城市经济增长的经济城市化过程,反映城市城镇空间扩展的空间城市化过程,以及反映城市文明扩散的社会城市化过程。其中,空间城市化过程是城市遥感最直接的应用方向,同时通过对空间城市化过程与人口、经济和社会因素的分析,遥感可以间接地用于人口城市化过程、经济城市化过程和社会城市化过程的分析和建模。

城市化在推动社会发展、提高人类物质和精神生活水平的同时,也不可避免地带来了一系列负面影响,引发了严重的生态环境问题,进而出现了所谓的“城市病”。城市化与生态环境之间存在着极其复杂的交互耦合关系,协调城市化与生态环境的关系已上升为学术界和决策部门普遍关注的热点问题(Carlson and Arthur, 2000;方创琳等,2008)。

表 1.1 和表 1.2 总结了城市化过程对自然地理环境、人文地理环境的影响和相应的遥感可观测因子。

^① World Urbanization Prospects: The 2005 Revision, Pop. Division, Department of Economic and Social Affairs, UN. <http://www.un.org/esa/population/publications/WUP2005/2005wup.htm>

表 1.1 城市化过程对自然地理环境的影响

要素	对自然地理环境的影响		引发的问題	遥感观测因子
地形	对原来的地形进行改造，使之趋向平坦或起伏更大		容易造成水土流失、滑坡、泥石流等地质灾害	地表形变 土地覆盖/利用变化 地貌变化
气候	强烈改变下垫面的原有性质，使气温、降水等要素发生变化，产生热岛效应，影响日照、风速和风向		形成城市热岛效应，将城市大气污染带到郊区，也将郊区大气污染带到城区，扩大了污染物的污染范围，加快了净化速度	土地覆盖/利用 地表温度 城市热岛 植被覆盖 不透水面 大气污染参数
水文	破坏了原有的河网系统，使城区水系出现紊乱，也使降水、蒸发、径流出现再分配		使城市在暴雨时排水不畅，造成地面积水，也使水质、水量和地下水运动出现变化；过量抽取地下水导致地面沉降	城市水体分布 不透水面变化 地表蒸散发 水质参数 地面沉降 城市湿地
生态	生产生活污染、交通工具、尤其是工业“三废”破坏区域环境生态，影响生物的多样性		城市生态系统成为一个脆弱的系统	污染源目标识别 景观格局 植被生态 交通噪声 生态承载力间接指标

表 1.2 城市化过程对人文地理环境的影响

要素	对人文地理环境的影响/转变		遥感观测因子
土地	农村	城市	土地利用/覆盖 不透水面 空间格局
土地利用方式	农业用地	城市建设用地	建设用地 交通用地
居民就业方式	第一产业	第二产业、第三产业	农业用地 工业用地
景观特征	乡村景观	城市景观	景观格局 不透水面
人口	分散、农业人口	密集、非农业人口	居住区 公园、学校等公共设施
经济开放程度 文化、观念	低 受教育程度低，整体文化素质较低	高 受教育程度高，整体文化素质较高	夜光指数 公共设施分布

国内外大量实践表明,城市化过程引发了一系列水危机、资源短缺、生态破坏、环境污染等生态环境问题,主要包括以下几个方面(杨士弘和廖重斌,2003;严正,2004;李新和年福华,2007):

(1) 城市水资源水环境问题。城市化伴随的经济增长、工业生产等对水资源的巨大需求和潜在的水环境污染威胁,使得水资源短缺和水环境污染成为城市化过程的严重制约因素。一方面,我国水资源相对短缺、众多城市缺水、城市大量用水导致水资源严重紧缺;另一方面,水体污染较严重,城市污染和废水利用率低,加剧了水体污染。利用遥感信息不仅可以定性监测城市水体数量、范围和动态变化,定量评价水污染、水质,还可以通过和其他观测数据的结合对城市水资源、水环境、承载力等进行综合评价。

(2) 城市绿地生态系统破坏。城市绿地对改善城市生态环境的功能主要包括三个方面:环境功能(降温增湿以改善城市小气候环境和减弱温室效应、保持水土和改良土壤、吸收二氧化碳和平衡城市空气的碳与氧、净化空气和消减噪声、保护生物多样性等)、生产功能(绿化植物提供生产原材料、食品和化工原料、旅游产品等)和生活功能(改善优化生活环境,提供美好环境场所以满足精神生活和文化生活的需求,提供教育科研和就业场所等)(杨士弘和廖重斌,2003)。但城市化过程的快速推进,导致大量植被、绿地被占用和破坏,绿地数量减少、质量下降、生态功能蜕化,严重影响了城市生态环境质量,降低了城市生态承载力和环境容量。根据植被特有的光谱特征,可以利用遥感数据对城市植被的类别、分布、格局、变化、生态功能等进行评价。

(3) 城市大气污染。人口密集和人类活动、交通工具急剧增加、资源和能源利用必然产生大量的污染物,影响大气质量。城市主要空气污染物包括颗粒污染物和气态污染物,如二氧化硫(燃煤)、氮氧化物(工业)、颗粒物、降尘和酸雨等。利用遥感信息对城市大气污染进行监测是近年来遥感应用的研究热点之一,包括对气颗粒污染物、陆地气溶胶、痕量气体、地表排放、城市热环境等的监测(王桥等,2011a)。

(4) 城市热岛效应。城市化最为直接的物理表现就是土地覆盖的变化。各种人工构筑建筑物的扩展改变了城市下垫面的构成和功能,进而影响城市物理环境和陆表生态过程,导致城市热岛效应。自1833年Lake Howard就伦敦市中心的气温比郊区高的现象提出“城市热岛”概念以来,城市热环境问题一直备受关注(陈云浩等,2004;Weng,2009)。遥感技术的发展极大地促进了对城市热环境的研究。遥感图像不仅能够通过热红外波段记录地面热场信息分布,而且可以获得同一时相可见光、近红外等波段记录的土地覆盖、植被覆盖、地表参数等信息,进而从格局、过程、机制、影响等角度综合研究城市热环境及其生态环境效应。

(5) 城市固体废弃物。城市固体废弃物包括工业固体废物、矿业固体废物、医疗废物、生活垃圾和废水处理渣等,各种固体废弃物不仅影响城市环境的整洁、美观,而且许多有毒废物会带来大气、水和土壤的环境污染(杨士弘和廖重斌,2003)。近年来,利用遥感提取城市固体废弃物的研究受到了研究人员的高度重视,尤其是充分利用高分辨率遥感影像在确定目标空间位置和范围、高光谱/多光谱遥感影像确定固体废弃物类型方面的优势,能够为城市固体废弃物监测与评价提供有力的支持。

(6) 城市噪声污染。城市环境噪声来源主要包括交通运输、工业噪声、市政工程及建筑施工、社会噪声等。虽然从遥感影像中尚无法直接提取城市噪声污染信息,但遥感

解译信息可以作为城市噪声分析的背景数据,借助土地利用、工矿用地、交通网络等信息可以间接对城市噪声进行分析。

(7) 城市地面沉降。受地下水开采、矿产资源开采、地下工程等因素的影响,许多城市都面临明显的地表变形和沉降地质灾害的影响。以 InSAR 和 D-InSAR 为主体的遥感技术已成为城市地面沉降动态监测最为有效的技术手段(王超等, 2002; 廖明生和林珪, 2003; Lanari et al., 2004)。

(8) 城市光污染和电磁污染。城市化的快速推进、各种电磁设备的使用、多样化装修材料的应用等,都使得现代城市往往面临着严重的光污染和电磁污染。电磁污染主要包括来源于低频的电力设备和输电线路的高频电磁场与来自无线电广播、微波通信等的射频电磁波,对仪器设备、人体健康都具有一定程度的危害。光污染则主要是来自各种强反射建材的白亮污染、夜间照明导致的人工白昼和不同色彩光源形成的彩光污染。目前对于城市光污染和电磁污染还缺少足够的重视,遥感的应用实践还比较少。但由于遥感信息获取的基本媒介就是电磁波,因此遥感有望在城市光污染、电磁污染监测中发挥有效的作用。

(9) 城市社会环境问题。城市化过程导致的中心区人口密集、交通拥挤、地价房租昂贵、居住条件差等因素,还会导致失业人口增多、社会秩序混乱、健康风险、公共安全、贫富不均等不同的社会环境问题。近年来,遥感在社会科学研究中的应用受到了研究人员的高度重视,如利用遥感信息估算人口分布、提取贫民窟和非法聚居地、间接分析社会公平、评价公共安全风险、诊断识别健康风险等的研究等。

1.2 城市环境遥感的体系结构

1.2.1 国际城市遥感大会的议题

城市化对自然地理环境、人文地理环境和生态环境系统的影响,都直接或间接地在多源、多尺度、主被动遥感影像上得到了表达。因此,遥感是监测、管理、分析城市化过程及其生态环境响应最为有效的信息源。“城市遥感”作为遥感的一个重要应用分支,一直是国际上遥感应用和城市科学两个领域的重要研究内容(陈丙咸等, 1991; 孙天纵和周坚华, 1995)。

由国际摄影测量与遥感学会(International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, ISPRS)和 IEEE 地学与遥感学会(IEEE Geoscience and Remote Sensing Society, IEEE GRSS)共同召开的城市遥感大会(Joint Urban Remote Sensing Event, JURSE)是国际上城市遥感领域最高水平的学术盛会,该会议的主要议题、论文也充分体现了国际上城市遥感的发展趋势。JURSE 国际大会由 ISPRS 组织的城市遥感会议(International Symposium on Urban Remote Sensing, URS; 自 1997 年开始,每两年一届)和 IEEE GRSS 组织的城市地区遥感和数据融合(Remote Sensing and Data Fusion over Urban Areas, URBAN, 自 2001 年开始,每两年一次)两个会议组成,在独立举办多届以后,两个会议于 2007 年开始联合举行,最近一届于 2011 年在德国慕尼黑举行。2009 年,国际城市遥感大会(JURSE 2009)在中国上海召开,由中国