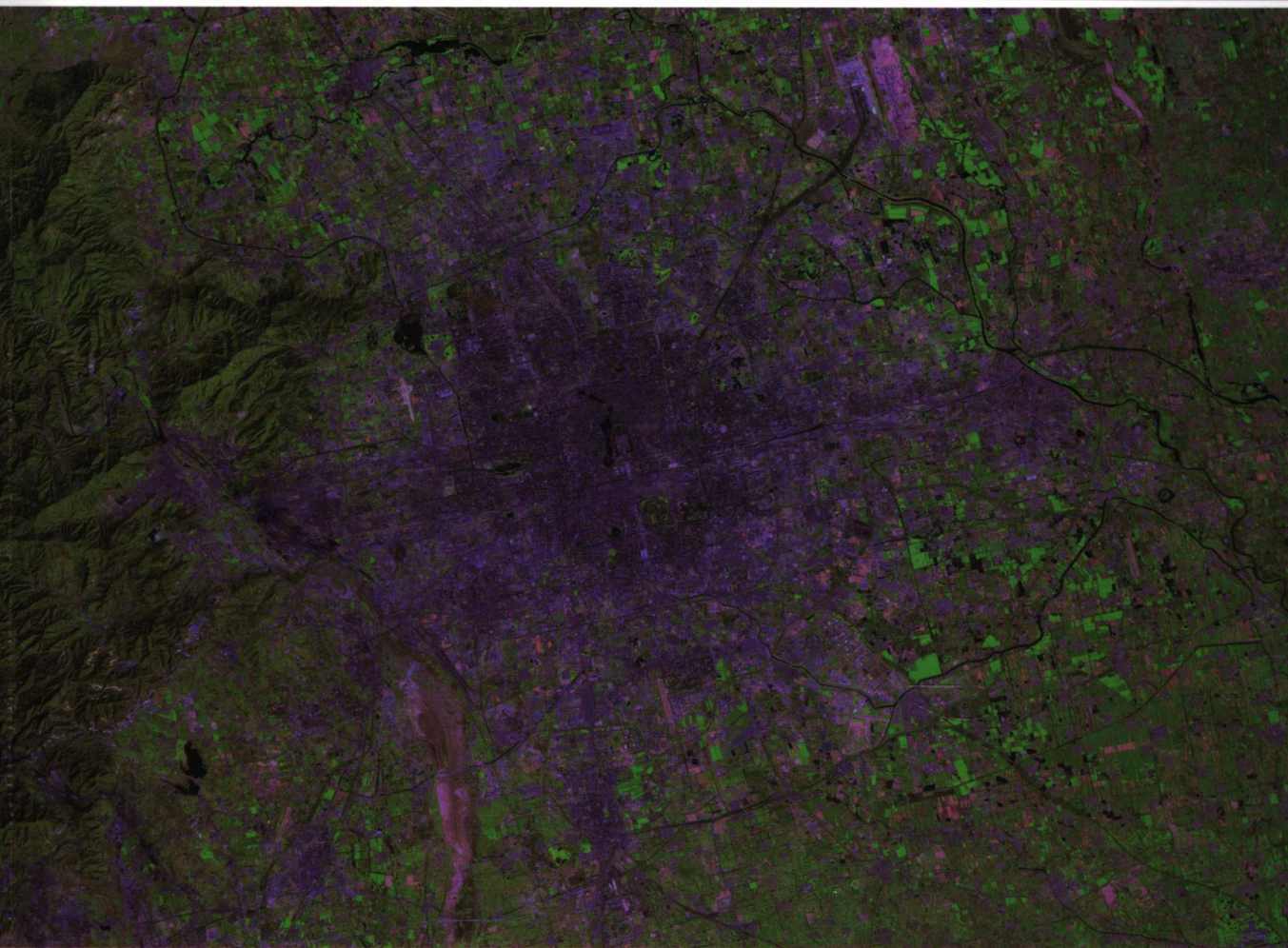


中国城市扩展遥感监测

张增祥等 著



星球地图出版社

中国城市扩展遥感监测

张增祥等 著

星球地图出版社

北京·2006

内容简介

《中国城市扩展遥感监测》采用遥感和地理信息系统方法, 对全国大型城市过去 30 余年的扩展过程进行了监测, 重建了 20 世纪 70 年代以来不同时期的城市用地状况与发展变化, 以系统的、客观的、时间序列的空间数据再现了这一过程。全书对城市扩展遥感监测的基础信息源、技术方法、城市扩展时空特点及其差异等方面, 进行了详细的阐述和分析。采用图像、图形、表格和文字等方式相结合的方法, 有效地再现了城市扩展不同时间段的建设状况、各个时期的发展特点、空间区域上的异同以及扩展的面积、速度及其对区域土地利用的影响等内容。该书可以作为城市规划、城市研究、土地利用研究、遥感和 GIS 应用研究等相关领域的研究与教学参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国城市扩展遥感监测 / 张增祥等. —北京: 星球地图出版社, 2006.9

ISBN 7-80104-945-4

I. 中... II. 张... III. 遥感技术—应用—城市扩展—研究—中国 IV. F299.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 084247 号

书 名 中国城市扩展遥感监测

作 者 张增祥等著

出版发行 星球地图出版社

地址邮编 北京北三环中路 69 号 100088

网 址 <http://www.starmap.com.cn>

印 刷 中国人民解放军 1205 工厂 (北京)

经 销 新华书店

版次印次 2006 年 9 月第 1 版 2006 年 9 月第 1 次印刷

开 本 890×1240 毫米 1/16 19 印张

印 数 0001-1000

定 价 80.00 元

审 图 号 JS(2006)01-096

如有残损 随时调换 (发行部电话: 010-66748135)

版权所有 侵权必究

《中国城市扩展遥感监测》
参加工作人员

总体设计：张增祥

图像纠正：周全斌 唐爱玲 王 茜 牟风云
王 姣 温庆可 左丽君 肖鲁湘

遥感制图：王长有 周全斌 刘 斌 谭文彬
易 玲 牟风云 王 茜 王 姣

图形编辑：刘 斌 周全斌 谭文彬 易 玲

数据集成：谭文彬 刘 斌

文稿撰写：张增祥 赵晓丽 周全斌 牟风云
易 玲 王 姣 谭文彬 王 茜
蔡博峰 温庆可 左丽君 肖鲁湘



作者简介

张增祥，1963 年生于河北。1985 年毕业于北京大学地理系，获理学硕士学位。现任中国科学院遥感应用研究所研究员，博士生导师，国土资源遥感方向学术带头人。

参加工作以来，长期从事资源环境遥感应用研究，为 20 余项国家科技攻关、中国科学院知识创新、院地合作与国际合作等遥感应用研究项目的完成做出贡献。

在全国范围的土地利用、土壤侵蚀、土地退化、城镇化、环境综合评价等遥感应用研究工作中，建设完成的全国 1:10 万比例尺土地利用数据库和土壤侵蚀数据库、遥感影像库等，成为支持国家宏观决策和资源环境研究的重要科学数据基础。基于遥感和 GIS 技术的支持，针对资源环境遥感调查、动态监测、历史过程恢复重建、现代过程分析，以及资源环境时空数据库建设与遥感更新，开展了长期的和连续的研究，研究成果获得国家级、院（部）级的科技进步或优秀科技成果特等奖、一等奖、二等奖、三等奖等 10 余项。鉴于在资源环境遥感应用研究领域的多年努力，1992 年起终身享受政府特殊贡献津贴，1993 年被评为“中国科学院（京区）杰出青年”和“中央国家机关优秀青年”，1997 年荣获“中国科学院青年科学家奖”二等奖，2001 年获水利部“全国水土保持先进个人”称号。

多年来，以土地资源为核心研究内容，发表或合作发表论文 130 余篇，主编和参加了《20 世纪 90 年代中国土地利用变化的遥感时空信息研究》、《西藏自治区中部地区资源环境遥感监测与综合评价研究》和《西藏自治区土地利用》等 6 部专著的撰写。培养和协助培养了 20 余名硕士、博士、博士后毕业或出站。

前 言

作为陆地表层的土地是人类赖以生存和发展的重要资源之一,由岩石、土壤、植被、水、气候等自然地理因素所构成的这一自然综合体,不仅为人类社会提供了大量的生物和非生物资源,而且是绝大多数人类生产和生活活动的场所。土地从最初的自然产物,越来越多地承受着人类活动的过去和现在。随着社会和经济的发展,科学规划和合理利用土地不仅是社会经济发展的需要,更是影响发展效果和可持续性的重要因素。我国自 20 世纪 70 年代末实施改革开放以来,国民经济高速发展,日益深入和广泛的社会生产与生活活动,在土地资源的开发利用等方面留下了深深的烙印,特别是城市规模的扩大,对于城市周边各种类型的土地产生了显著的影响。随着城市的扩展,对于耕地等土地资源的挤占等问题,一度成为我国社会经济发展过程中引起广泛重视的问题。本书所涉及的内容以全国大型和特大型城市为对象,采用遥感和地理信息系统技术为支撑,系统地恢复重建了直辖市、省会城市和特区城市等的发展过程,再现了这些城市过去 30 年左右的建成区发展状况,并依照不同的时间段获取了各个时期城市扩展的规模、速率等信息,分析了这一过程的基本特点,以期为我国城市在“科学发展观”思想指导下,实现合理扩展提供基本的科学参考依据,促进城市发展与区域资源环境利用和保护协调。

随着遥感和计算机技术的发展,传统的地理学研究在获取空间信息、时间信息技术,在管理信息和应用信息方法,综合的和动态的进行过程和空间分析能力等方面,都产生了根本性的变化,促进了土地管理信息系统和土地利用数据库的建设,是一种高效和科学的土地信息管理方法和手段。随着遥感技术在我国日益广泛的应用和 GIS 技术的发展,20 世纪 70 年代末以来,我国在区域和全国范围成功完成了一系列的土地利用现状调查和土地利用变化监测等遥感应用工作,同时为进行全国城市扩展的遥感研究提供了比较全面的数据信息基础和技术方法支持。

基于遥感和地理信息系统技术的结合,20 世纪 90 年代以来在全国范围内完成了我国第一个 1:10 万比例尺的土地利用和土壤侵蚀数据库建设,不仅实现了数据库的全面更新,而且恢复重建了 20 世纪 80 年代全国的土地利用状况,规范化的时序空间数据在资源环境规划和研究工作中得到了广泛应用。全国土地利用时空数据库的建设,在数据积累和技术方法方面为继续开展今后时期内的全国土地利用动态遥感监测奠定了良好的基础,也为进一步恢复重建 20 世纪 70 年代的全国土地利用状况创造了条件,以期能够完成更长时序的资源环境数据库建设,系统地反映我国改革开放前后土地资源利用及其环境影响的整个演变过程。城市扩展遥感监测正是在此形势下率先启动的示范性应用研究。

在全国主要城市扩展过程的遥感监测中,以卫星遥感资料为基本的信息源,采用全数字解译分析的方法,分类获取不同类型的土地在城市扩展过程中受到的影响等信息,能够比较全面地反映城市的扩展过程,以及这一过程对于耕地、农村居民点以及其他土地利用类型的影响,这些影响的时间和空间特点及其差异,为进一步的预测和预警研究

进行探索。遥感影像以光谱的方式再现了地球表层的景观及其变化。图像信息量大而直观,文字或语言很难准确、完备地表述图像所承载的大量信息。仅其丰富的颜色就千变万化,考虑到其多光谱、空间和时间方面的特点,更难以言尽。可以说,遥感技术为开展城市扩展监测提供了全面、客观和动态的多方位信息。

中国城市扩展遥感监测是一项以城市建成区为主的针对城市建设用地变化为主要对象的城市现代发展过程监测,包括遥感图像、图形、表格和文字等多项内容的系统性工作,成果内容形式多样,图文并茂,包括遥感影像、专题图件、文字分析和数据表格等,相互补充和互为验证。研究方案的制定与实施由张增祥主持完成,遥感图像纠正由周全斌、唐爱玲、王茜、牟凤云、王姣、温庆可、左丽君、肖鲁湘等完成,城市扩展土地利用制图由王长有、周全斌、刘斌、谭文彬、易玲、牟凤云、王茜、王姣等完成,图形编辑等由刘斌、周全斌、谭文彬、易玲等完成,数据计算与统计由谭文彬等完成。

全书共包括三章,写作纲要由张增祥主持完成。第一章中国城市扩展遥感监测由张增祥、周全斌撰写。第二章系统进行了各个城市扩展的时空特点分析,北京、石家庄等由张增祥撰写,太原、呼和浩特、哈尔滨、郑州、拉萨等由赵晓丽撰写,合肥、福州、南宁、成都、西安等由周全斌撰写,重庆、济南、广州、香港、澳门等由牟凤云撰写,武汉、兰州、西宁、银川等由易玲撰写,沈阳、杭州、贵阳、台北等由王姣撰写,长沙、海口、昆明等由谭文彬撰写,上海、南京等由王茜撰写,天津市由蔡博峰撰写,长春由温庆可撰写,南昌由左丽君撰写,乌鲁木齐由肖鲁湘撰写。第三章由张增祥撰写。全书统稿由张增祥完成。为了保持全书的一致性,全部影像图、扩展过程图、动态变化图等插图和主要的表格等由张增祥统一制作。

本书内容只是再现了主要城市扩展过程的某些片断,充实城市数量和进一步监测今后的扩展过程当是努力的方向,由于本书尚是首次基于长时序空间数据对于全国大城市进行的监测与历史状况恢复,以忠实地提供城市扩展的真实遥感信息和基本扩展过程信息为主要目的,除初步的城市扩展时空特点分析外,并不奢望进行扩展原因、驱动力及其影响等相关分析。限于专业领域覆盖面和写作能力,以及遥感信息源等方面的影响,可能会有错误或不足,欢迎批评指正,以便更新时改进。

作者

2006年9月

目 录

前言

第一章 中国城市扩展的遥感监测	1
第一节 信息源与其他数据基础.....	1
一、控制数据基础.....	2
二、遥感信息源.....	4
三、遥感数据制备.....	5
四、土地利用数据.....	10
第二节 城市扩展遥感监测.....	12
一、土地利用分类系统.....	14
二、城市动态监测与表示.....	16
三、城市扩展的时空特征分析.....	18
第二章 主要城市扩展过程及其影响	21
第一节 直辖市扩展的遥感监测.....	22
一、北京.....	22
二、天津.....	32
三、上海.....	39
三、重庆.....	46
第二节 省会、自治区首府城市扩展的遥感监测.....	56
一、石家庄.....	56
二、太原.....	63
三、呼和浩特.....	71
四、沈阳.....	78
五、长春.....	86
六、哈尔滨.....	93
七、南京.....	101
八、杭州.....	109
九、合肥.....	116
十、福州.....	125
十一、南昌.....	132
十二、济南.....	141
十三、郑州.....	148
十四、武汉.....	157
十五、长沙.....	164
十六、广州.....	173

十七、南宁.....	180
十八、海口.....	188
十九、成都.....	194
二十、贵阳.....	202
二十一、昆明.....	210
二十二、拉萨.....	217
二十三、西安.....	223
二十四、兰州.....	232
二十五、西宁.....	239
二十六、银川.....	246
二十七、乌鲁木齐.....	252
二十八、台北.....	258
第三节 其他城市扩展的遥感监测.....	266
一、香港.....	266
二、澳门.....	271
第三章 中国城市扩展的总体特点.....	279
第一节 全国城市扩展的基本特点.....	280
一、我国城市中心建成区的规模变化.....	281
二、我国城市中心建成区面积的扩展特点.....	283
第二节 城市扩展的过程特点.....	286
一、20 世纪 70 年代我国城市的扩展.....	291
二、20 世纪 80 年代我国城市的扩展.....	292
三、20 世纪 90 年代前期我国城市的扩展.....	293
四、20 世纪 90 年代后期我国城市的扩展.....	294
五、21 世纪初期我国城市的扩展.....	295
第三节 城市扩展的土地利用影响.....	296
一、城市扩展过程中对其他建设用地的影响.....	299
二、城市扩展对于耕地的占用.....	301
三、其他土地利用类型在城市扩展中的作用.....	302

第一章 中国城市扩展的遥感监测

20 世纪 70 年代末以来,随着我国改革开放活动的广泛开展和深入,社会经济进入稳定而持续的快速发展过程,生产生活等活动强度和广度不断增大,人类活动对于资源和环境的影响加强,全国范围的土地资源开发利用发生了深刻变化。我国城市建设用地逐步呈现出日益扩展的状态,特别是直辖市、省会城市和特别行政区等大型和特大型城市的扩展更为明显,作为区域性社会经济活动的核心,她的变化对于区域土地利用的影响更深刻、更广泛,引起人们对于我国城市化过程影响的关注和城市化对于“基本农田保护”这一基本国策冲击的普遍担忧。

人类诞生以来的 200 万年,尤其是文明历史的几千年中,与资源环境的关系经历了史前被动适应、历史早期轻度利用、近代超载利用时期,目前已步入协调发展建设的起步时期(中国地理学会自然地理专业委员会,2002)。作为区域社会经济中心和集中体现的直辖市、省会城市和特区城市等,更强和更集中地反映了人类社会发展与资源环境的相互关系,如何为城市规划和城市管理提供科学的数据信息支持是城市扩展遥感监测的主要目的。不同时期城市的现状和变化状况,城市扩展所造成的各个方面的影响等,能够成为实现城市良性扩展决策的重要依据。

近年来,城市的快速发展有目共睹,但是城市扩展在不同时期的差异、城市间扩展速度和规模的差异、城市扩展对于区域土地利用的影响等,尚缺乏系统的科学数据予以解释,难以为实现城市协调发展提供可靠的信息。我们主要基于过去近 20 年来进行土地利用遥感调查与监测数据库建设中形成的遥感应用技术和成果基础,进行了全国主要城市扩展过程的遥感监测与分析。对于每一个城市的扩展过程的监测与分析内容包括重要时期的遥感图像、分时间段城市扩展动态图、城市扩展分类面积统计和城市扩展时空特征分析等基本内容。

第一节 信息源与其他数据基础

遥感技术自 20 世纪 60 年代出现以来,在民用领域的应用约有 40 年左右的历史,我国的航天遥感应用研究也走过了近 30 年的时间。自 20 世纪 70 年代以来,航天遥感技术在满足国家社会经济实现高速和可持续发展战略对于资源、环境等时空信息的迫切需求等方面,发挥了重要作用。在建设资源环境空间数据库、恢复重建资源环境历史状况、跟踪监测资源环境变化等方面,遥感和地理信息系统技术的结合,具有某种程度上的不可替代性,为资源环境研究在时空信息获取与处理、在深化研究方法和内容等方面,创造了有利条件。特别是随着遥感技术的发展,各种传感器不断出现,具有日益明确的应用目的,能够从不同的侧面开展对于人类家园的长期和定期监测,指导人类活动更趋理

性化。同时,遥感数据的空间分辨率、时间分辨率和光谱分辨率不断提高,各种遥感数据的综合应用具有了更可靠的保障,也为开展更综合和更深入、详细的研究创造了条件。在遥感应用研究方面,随着全国性的土地利用、土壤侵蚀等资源、环境大型空间数据库的建设完成和动态变化遥感监测与数据库更新等工作的成功,在综合性、基础性数据库建设与更新方面逐步进入稳定和长期运行阶段,应用研究的重点不断细化,特别是针对资源环境热点领域、热点区域的专项研究相继开展,在土地退化、草资源、耕地、湿地、重大工程环境效益和重点区域的生态恢复效果等方面,进行了一系列的工作。城市扩展遥感监测正是在此形势下和技术与数据基础上开展的。

中国城市扩展遥感监测的主要数据基础包括三个方面,一是用于获取地理位置信息的地形图,工作中进行了扫描数字化和坐标重建;二是遥感信息源,作为获取城市扩展过程时空信息的主要基础,均进行了几何纠正,并延续了与数字地形图一致的投影和坐标特性;三是土地利用数据,主要用于城市空间属性及其扩展属性确定的参考和分析城市扩展的土地利用影响的参考。

一、控制数据基础

在一般的科学研究或应用工作中,获取的地形数据、居民点和交通、水系等具有控制和指示作用的信息主要来源于地形图,而通常获取的地形图都是纸质的,有地理坐标和经纬度的标示信息,不具备计算机直接应用的坐标或位置的识别信息。使用过程中,都需要先后完成数字化和坐标恢复工作。20世纪90年代,国家测绘局完成了1:25万比例尺的全国DEM建设,但由于比例尺相对较小,主要应用于空间分析,而很少在纠正中高分辨率的遥感数据时用来选取控制点。

地图投影是指建立地球表面上的点与投影平面上点之间的一一对应关系,也就是利用一定的数学方法把地球表面上的各点表示到投影平面上。只有采用地图投影才能保证地理空间信息在地域上的联系和完整性。由于地球椭球表面是不规则的曲面,而地图通常是在平面上,必须采用特殊的方法将地表曲面展开,使其成为没有破裂(缺漏)或褶皱(重叠)的平面,即投影。由于球面曲面的不可展平性,在椭球面到平面的投影中必然会造成变形。根据地图投影变形的性质,一般可以分为长度变形、角度变形、面积变形等几种。因而,可以选择采用等积投影、等角投影、等距投影等方式。城市扩展遥感监测的目的主要是了解这一过程中的用地面积的变化,因而保持准确的面积信息是主要目的之一。

为了准确建立遥感数据的空间位置,计算用地面积的变化,首先建立了完整覆盖工作区域的全部地形图的扫描数据库,并建立了全部地形图的坐标系统,该系统采用双标准纬线正轴等面积割圆锥投影方式。

完成地形图扫描处理以后,建立坐标系统的实际操作主要包括两个步骤。首先,按照原始地形图具备的6°分带的高斯-克吕格坐标系统及分幅特点,建立横轴墨卡托(Transverse Mercator, TM)投影;其次,将具有该投影系统的地形图转换为Albers投

影,再用于遥感图像纠正时的控制点选取。高斯—克吕格投影在英美等国家也称横轴墨卡托投影,美国陆地卫星影像所采用的全球横轴墨卡托投影 UTM 是横轴墨卡托投影的一个变型。高斯—克吕格投影的中央经线长度比等于 1,没有长度变形,UTM 投影规定中央经线长度比为 0.9996。

在高斯—克吕格投影中,首先假定复杂的地球为一椭球体,以若干条子午线将地球椭球的表面按照经度分为若干带,每一带的中央子午线为平面坐标的纵轴,赤道线为横轴,中央子午线和赤道交叉点在该平面上的投影为坐标原点,其他经线均为凹向并对称于中央经线的曲线,其他纬线均为以赤道为对称轴的向两极弯曲的曲线,经线和纬线成直角相交,角度没有变形。除中央经线长度比等于 1 而没有长度变形外,其余经线长度比均大于 1,长度变形为正,距中央经线愈远变形愈大,最大变形在边缘经线与赤道的交点上;面积变形也是距中央经线愈远,变形愈大。为了保证地图的精度,采用分带投影方法,即将投影范围的东西界加以限制,使其变形不超过一定的限度,这样把许多带结合起来,可成为整个区域的投影。地球椭球上某一点在该平面坐标中的投影所形成的平面直角坐标,称为高斯—克吕格坐标。国际 1:100 万标准分幅地图采用高斯—克吕格投影时,每一个带的中央经线即中央子午线,根据高斯—克吕格投影的设计特点,每一个分带具有独立的平面投影坐标,不同带具有相同纬度带和相同编号的地形图会落在同一位置。因而,在开展大区域制图时,均需将高斯—克吕格投影转换为其他投影方式,以便形成完整的区域拼接。Albers 投影是目前全国性资源环境遥感数据库采用最多的投影方式。

地形图的 TM 投影系统的建立是在 MGE 软件环境下完成的。原始扫描的地形图,实际上是一幅幅相对独立的影像文件,建立其坐标系统无法按照一般遥感图像纠正过程中的控制点选取方法,并缺少与地形图明显地物能够一一对应的参照点。

在地形图纠正中,我们建立了 TM 投影系统,用作地形图纠正的控制点选取。先选择每幅图的 4 个图廓点,利用软件的自动预测功能,在需要纠正的扫描地形图上进行定位。控制点的选取及预测采用 affine 模型,一般每幅地形图选取 50—60 个控制点,并且尽可能在地形图上均匀分布,以便避免纸质地形图不均匀变形和扫描变形的影响。控制点选定后用 finite elem 模型纠正,获得 TM 投影的结果图件。

为了保证能够选取足够多的控制点和减少操作中的工作量,选取控制点又能够满足纠正精度的要求。同时在 MicroStation 软件环境中设置控制格网,便于在完成控制点选点纠正后与控制格网的交叉点进行对比验证来评价精度,如果纠正误差太大,通过补充控制点、替换控制点等方式重新进行。

选择控制点时要求源控制点用捕捉方式,在地形图图廓边缘时应选择内角或内边缘,在图内时应放在点的中心位置。在需要人工增加控制点时,选择位置相应的控制点,采用默认的 affine 模型。结果文件统一去除图廓外的图例、说明等辅助信息,不致造成相邻图幅同时使用时遮挡,用 Geotiff 格式存储。

TM 投影向 Albers 投影的转换。在 MGE 中,应用图像分析中的投影转换功能,同时完成中央子午线的改变和换代计算。Albers 投影是一种正轴等面积割圆锥投影。

二、遥感信息源

遥感技术和地理信息系统技术自 20 世纪 60 年代出现以来,伴随着这两项技术与地理科学研究的不断结合,极大地促进了地理学研究的发展。对于地理学研究的多专题综合分析、变化过程分析、空间模拟分析等,在空间信息获取、过程信息获取、数据信息管理、多源时空数据的分析等方面,进一步突出了地理研究的空间、时间和位置等三方面的特性,提高了地理学研究的定量化或数字化水平,促进了定性研究的发展,实现了传统地理学方法暂时无法达到或难以实现的目的,也通过加强研究成果的综合性和时效性,提高了研究成果的质量和实用价值。

1965 年,美国国家航空航天局(NASA)启动实施了地球资源调查(Earth Resources Survey, ERS)计划,试图发展一种从空间开展地球资源调查的技术方法。1967 年,美国航空航天局开始了地球资源技术卫星(Earth Resources Technology Satellite, ERTS)的可行性研究。1968 年和 1969 年期间,完成了多光谱扫描仪(Multispectral Scanners)的航空机载研究,并通过了多光谱扫描仪系统(Multispectral Scanner System, MSS)。1972 年 7 月 23 日,第一颗地球资源技术卫星发射升空,也就是目前所称的陆地卫星 1 号(Landsat—1)。至 1999 年 4 月 15 日陆地卫星 7 号(Landsat—7)成功发射,共计发射了 7 颗陆地卫星。1982 年 7 月 16 日发射陆地卫星 4 号时,开始搭载专题制图仪(Thematic Mapper, TM)传感器。1999 年的陆地卫星 7 号,改为增强型专题制图仪(Enhanced Thematic Mapper Plus, ETM+),增加了 15 米分辨率的全色波段。30 余年来,陆地卫星系列获取了地球陆地表面的最长时间的连续记录,在国内外的大量资源环境研究中得到广泛应用,目前仍然是开展地表观测和陆地表层现代过程研究的主要遥感信息源。

中国城市扩展遥感监测使用卫星遥感多光谱数据为主要信息源,包括陆地卫星 TM 或 MSS 数据等。在开展工作的 34 个城市区域,包括 20 世纪 70 年代 MSS 数据 59 景和 80 年代及其以后的 TM 或 ETM+数据 278 景,能够对于这些城市过去 30 余年的变化实现多时段监测(表 1.1),而且能够反映大多数城市 2004 年或 2005 年的中心建成区现状。西藏自治区拉萨市位于我国陆地卫星地面接收站接收范围以外,无法获得最新时相的 TM 数据,补充采用中巴资源卫星 2 号(CBERS 2)的 CCD 多光谱数据补充到 2005 年,数据分辨率 19.5 米。随着 2005 年 10 月 27 日“北京一号”小卫星的成功发射,于 2005 年 11 月 14 日获取到北京地区新的遥感数据,数据分辨率 32 米,并利用该数据实现了北京市 2005 年度的更新。

重庆、长春、长沙、香港等城市,居于上下或左右两景 TM 数据的接合部位,需要两景 TM 数据才能完整覆盖整个城市地区,为 TM 信息源的选取造成困难。重庆市需要陆地卫星 128 轨道的第 39 景和第 40 景数据上下拼接,1993 年只有上半部分,2004 年只有下半部分,不再进行该时期城市建设用地状况的制图。长春市需要陆地卫星 118 轨道的第 29 景和第 30 景数据上下拼接,1995 年只有上半部分,1996 年只有下半部分,二者合并进行 1995—1996 年制图;1999、2001 和 2002 年只有上半部分,不再进行该时期城市建设用地状况的制图。长沙市需要陆地卫星 123 轨道的第 40 景和第 41 景数据上下拼接,2000 年只有上半部分,1999 年只有下半部分,合并进行 1999—2000 年的城市建设

用地制图。香港特别行政区需要陆地卫星 121 轨道的第 45 景和 122 轨道的第 45 景数据左右拼接, 合并进行 1987—1989 年和 1999—2000 年等时期城市建设用地状况的制图, 部分时相的数据只能覆盖香港西部区域, 香港特别行政区的主体部分无法反映, 不再单独制图。

表 1.1 中国主要城市扩展遥感监测使用的信息源

城市	MSS 数据时相	TM 和其他卫星数据时相	监测时期
北京	1973、1975、1978	1984、1987、1992、1996、1998、1999、2000、2001、2002、2003、2004、2005 (“北京一号”小卫星)	1973-2005
上海	1975、1979	1987、1989、1998、2000、2001、2004	1975-2004
天津	1978、1979	1987、1993、1996、1998、2000、2001、2004	1978-2004
重庆	1978-1979	1986、1988、1995、1998、2000、2001、2002、2004+2005	1978-2005
石家庄	1979	1987、1993、1996、1998、2000、2004	1979-2004
太原	1976、1977	1987、1990、1996、1998、1999、2000、2004	1976-2004
呼和浩特	1976	1987、1998、2000、2001、2002、2004	1976-2004
沈阳	1977、1979	1988、1992、1995、1998、1999、2000、2001、2002、2004	1977-2004
长春	1976	1987、1993、1995-1996、1998、2000、2004	1976-2004
哈尔滨	1975、1976	1989、1996、1998、2000、2004	1975-2004
南京	1979	1986、1988、1996、1998、2000、2001、2004	1979-2004
杭州	1976、1978	1988、1991、1995、1998、1999、2000、2004	1976-2004
合肥	1973、1979	1987、1995、1998、2000、2001、2002、2005	1973-2005
福州	1973	1986、1989、1996、2000、2001、2004	1973-2004
南昌	1976	1988、1989、1995、1998、1999、2000、2004	1976-2004
济南	1978、1979	1987、1995、1998、2000、2001、2002、2004	1978-2004
郑州	1976、1979	1988、1992、1995、1998、2000、2001、2002、2004	1976-2004
武汉	1978	1989、1991、1995、1998、2000、2001、2002	1978-2002
长沙	1973	1989、1993、1996、1998、1999-2000、2001、2004	1973-2004
广州	1977、1978、1979	1989、1990、1996、1998、1999、2000、2004	1977-2004
南宁	1973	1986、1990、1996、1998、1999、2000、2004	1973-2004
海口	1973	1989、1991、1995、1998、2000、2001、2004	1973-2004
成都	1975、1978	1988、1992、1997、2000、2001、2002	1975-2002
贵阳	1973	1990、1991、1993、1994、1998、1999、2000、2001	1973-2001
昆明	1974	1988、1992、1996、2000、2004	1974-2004
拉萨	1976	1991、1999、2000、2005 (CBERS2-CCD)	1976-2005
西安	1973、1977	1987、1988、1996、1998、2000、2002、2004	1973-2004
兰州	1978	1986、1987、1994、1995、1998、1999、2001、2005	1978-2005
西宁	1977	1987、1995、1996、1999、2000、2001	1977-2001
银川	1978	1987、1991、1996、1999、2000、2005	1978-2005
乌鲁木齐	1975、1976	1989、1990、1999、2000、2004	1975-2004
台北	1972	1988、2000、2001、2004	1972-2004
香港	1973	1987+1989、1999、2000、2004	1973-2004
澳门	1973、1978	1987、1995、1996、1998、1999、2000、2004	1973-2004

三、遥感数据制备

遥感数据的制备主要包括原始遥感数据的收集、波段选择、合成与精纠正等。

遥感信息源种类和波段的选择、图像的纠正和比例尺选择等，在很大程度上影响土地利用信息提取结果的质量。进入 20 世纪 70 年代以来，我国大型和特大型城市范围扩展遥感监测，要求数据源具备长时间过程覆盖各大城市，并且尽可能保持不同城市之间具备一定时间段内的可对比性，对数据的获取性和处理结果提出了更高的要求。实际获取的航天遥感数据最早为 1972 年或 1973 年，已经是能够获取的最初的航天遥感数据，数据最大覆盖时间 31 年，基本上能够反映各个城市在 20 世纪 70—90 年代和近年的情况。

数据的时相具有比较大的差异。在一般的土地利用遥感监测中，由于植被信息非常重要，一般选择各地植被生长旺期的遥感数据，并尽可能无云。由于我国具有地域辽阔、自然环境复杂多样的特点，在遥感图像的季相确定时，既要注意所研究区域内 TM 信息瞬时覆盖时本身的质量，如云量小于 10% 的技术指标等，又必须顾及不同区域的时效性季相差异。根据现势性要求，遥感数据主要选取预定时间的图像，对部分数据获取困难的地区可适当放宽时段限制。我国北方地区，由于四季分明，植被生长季节差异显著，对于遥感数据的时相要求相对更高。部分城市需要相邻的两景或更多景数据覆盖，相邻数据的时相一般也无法保证相同。

在城市扩展研究中，尽管主要是针对城市中心建成区为主，但在城市扩展过程中必然会产生对于其他土地利用类型的占用等现象，需要确定城市扩展对不同土地利用类型的影响差异，因而同样需要考虑比较合适的遥感数据时相，以便确定这些被城市扩展占用的土地原来所属的类型。一般的土地利用遥感研究中，根据瞬时状态下最大限度使图像上尽可能丰富地反映地表信息的原则，在我国的东北地区以 5 月下旬至 6 月中旬或 8 月下旬至 9 月中旬的图像为主、在华北地区以 3 月下旬或 9 月上旬的图像为主、在华中、华东和西南的北部地区以 3 月上旬或 10 月下旬的图像为主、在华南大部分和西南的南部地区以冬季的图像为主、在西北地区则以初夏或初秋季节的图像为主等，是多数情况下的选择。如果遇到不可抗拒的客观原因（如天气条件等），可适当选择提前或滞后一两个覆盖周期（16~32 天）的图像。

实际上，开展城市扩展遥感监测对于遥感数据的获取时间要求不像进行土地利用遥感调查制图和动态监测那么严格，具有较大的选择余地。以建成区为主体的城市建设用地并不随季节变化而变化，尽管会由于数据获取时外部条件的影响而在遥感图像上形成不同的光谱特征，但变化不大，特别是其纹理特征并没有显著差异，对于以专业人员为主的判读分析作业影响很小。下面例子是北京北部八达岭高速公路两侧在不同时间的变化，包括年际差异和季节差异（图 1.1.1）。

图像显示区域的土地利用类型主要包括城镇用地、耕地、林地、草地、水域和交通等其他建设用地，虽然获取时间年度差异较大，但建设用地在不同季节得到的遥感影像上均与其他土地利用类型有明显的差异，特别是建成区颜色色调和纹理仍然明显区别于其他土地，始终保持建筑物所显示的灰黑色，公园水体轮廓、河流、道路和街道、建筑物布局等产生的纹理，都能够帮助人们很容易地提取出建设用地轮廓。

图中影像涵盖了春夏秋冬四个季节，农作物、林木和草为主的植被季相变化显著，部分情况下，茂盛的植被信息甚至影响了建设用地纹理特征的清晰程度，特别是线形纹理特征影响较大。同时，植被的鲜明色调则有助于从整体上勾勒出建设用地的形状。比较而言，城镇建设用地在各个季节的遥感影像都是一个易于区分的类型。

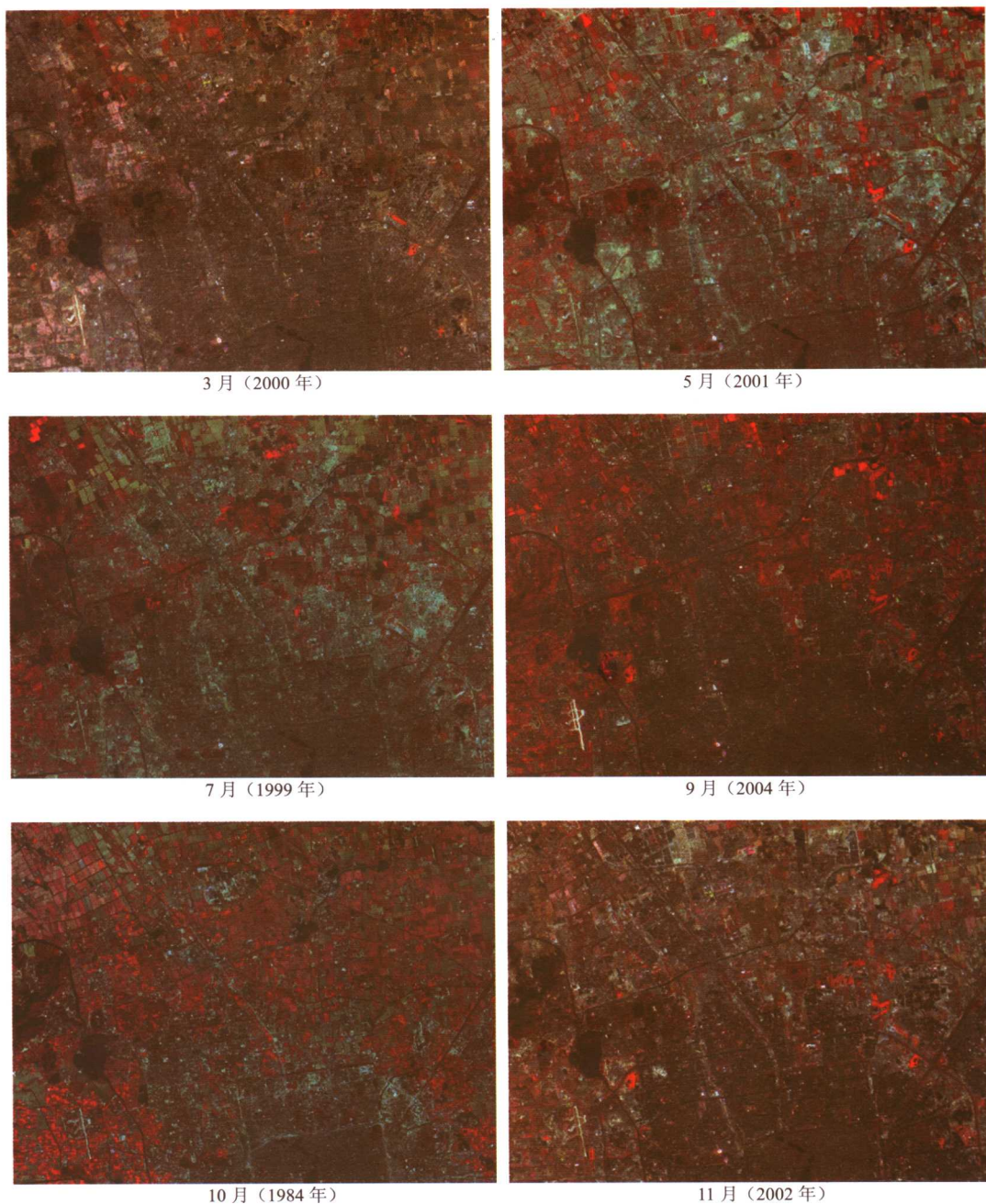


图 1.1.1 北京市北部八达岭高速公路沿线不同时间的陆地卫星 TM 假彩色合成影像

在航天遥感技术实用化初期，受技术条件和研究习惯的影响，多数情况下不具备应用计算机及其相关软件开展遥感应应用研究的客观条件，大量的遥感数据被处理成易于为大家接收和使用的相片方式，并且近 20 年来，MSS 数据已很少在实际工作中应用，因而对于收集和使用早期航天遥感数据造成非常大的困难。过去保存的遥感资料也基本上是纸质影像图为主，扫描数字化会无法获得遥感信息源的原始质量。在多年的努力下，共

收集全国范围的陆地卫星 MSS 遥感影像分波段数据 1250 景左右，能够实现对全国区域的完整覆盖，但真正覆盖各个城市的数据只有 60 余景，且大部分城市只有一个时相。20 世纪 80 年代中期以来，随着陆地卫星 TM 传感器的成功运行，具有 30m 分辨率的多光谱数据逐步替代了 80m 分辨率的 MSS 数据，在越来越多的科研工作中得到实际应用。数据收集工作较 MSS 数据方便了许多，共收集全国范围 20 世纪 80 年代以来的 TM 分波段数据近 3000 景，从中选择了各个城市的数据 253 景。

假彩色合成是目前遥感应用研究中多光谱数据合成的常用方式，特别是在基于专业人员综合分析能力的人机交互图像分析应用中，采用最多。实际上，目前建设完成的全国性的资源环境各个遥感监测数据库均是依照这种方法完成的，原始成果均采用矢量数据格式。

在陆地卫星 1 号到 5 号搭载的 Multispectral Scanner (MSS) 传感器获取的多光谱数据包括 2 个可见光和 2 个近红外的 4 个波段，分辨率 80 米。自陆地卫星 4 号以后，开始搭载 Thematic Mapper (TM) 传感器，包括可见光到短波红外的 7 个波段，除热红外的第 6 波段外，各波段分辨率 30 米。

城市扩展遥感监测使用的 MSS 和 TM (或 ETM+) 两种数据均采用近红外、红色、绿色 3 个波段对应红、绿、蓝三个通道的假彩色合成方式 (图 1.1.2)。

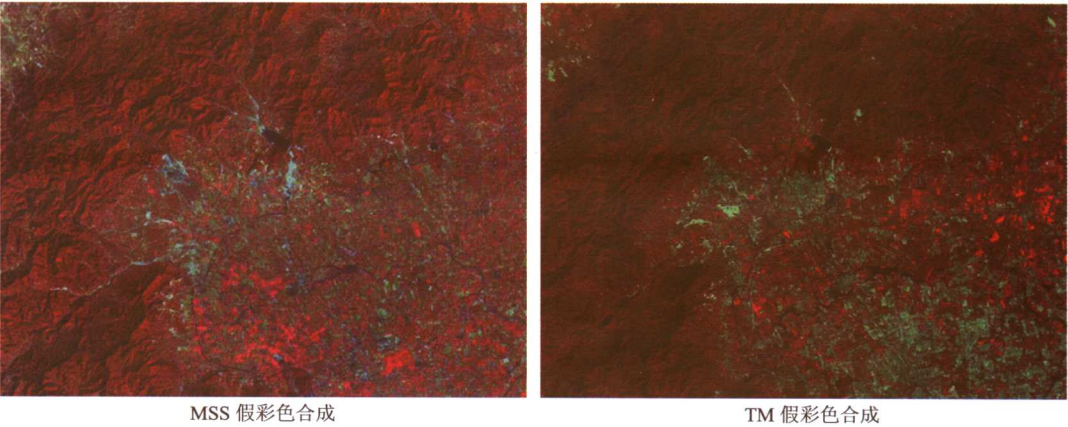


图 1.1.2 北京附近 1978 年 MSS 假彩色合成和 2004 年 TM 假彩色合成

早期的遥感应用研究中，主要采用遥感数据制作的纸质影像图进行判读分析，通过开展野外考察，建立各种地物的影像判读标志，再勾绘成图。随着遥感技术与地理信息系统技术的结合，勾绘完成的遥感应用图件利用扫描数字化或手扶跟踪数字化等方法，输入到计算机中，再利用图像处理软件或 GIS 软件等进行矢量化、坐标建立、图形编辑、属性赋值、建库工作。20 世纪 90 年代中期开始，全国性的遥感应用研究逐步采用全数字方式完成上述的整个工作过程，直接利用遥感传感器获取的数字信息，并在使用之前首先确定统一方式和建立坐标系统，整个过程全部在计算机中利用软件完成，始终保持统一的坐标系统，不但减少了大量的中间过程，提高了工作效率，而且随着操作环节的减少，杜绝了一部分出现误差和错误的机会，相应提高了数据成果的质量。同时，充分利用图像处理和图形编辑软件提供的功能，对不同的数据采用分层管理，便于遥感图像和