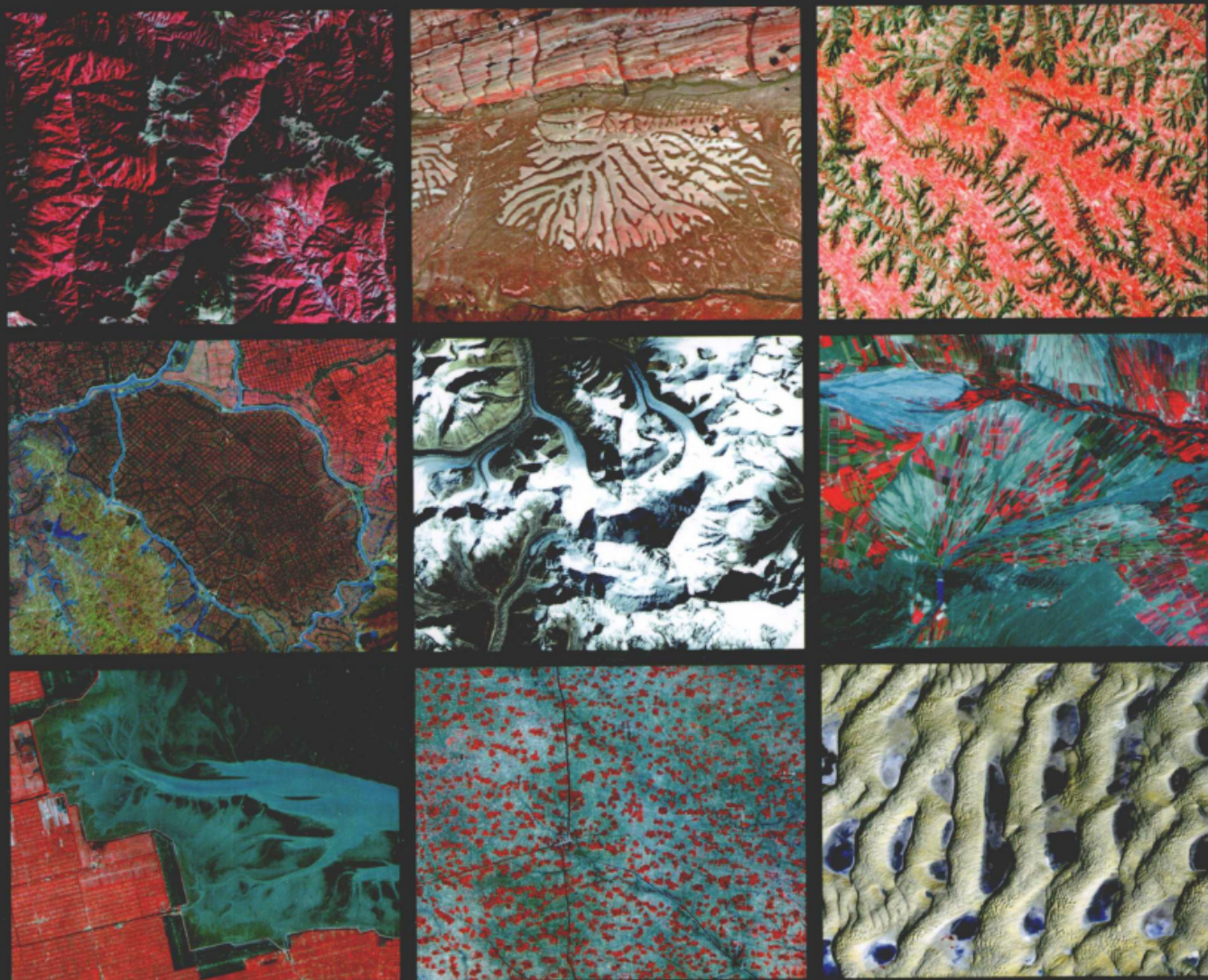


中国土地覆盖遥感监测

张增祥等 著



星球地图出版社



责任编辑：宋二祥 刘 嵘
封面设计：张增祥

Remote Sensing Monitoring of Landcover in China



ISBN 978-7-5471-0200-8



9 787547 102008

ISBN 978-7-5471-0200-8

定价：128.00元

中国土地覆盖遥感监测

张增祥等 著

星球地图出版社

北京·2010

内容简介

《中国土地覆盖遥感监测》是开展中国土地覆盖遥感监测方法和成果的总结。介绍了基于遥感和地理信息系统技术开展全国中等比例尺土地覆盖遥感监测的技术方法,及其设计目的、特点和应用效果,同时提出了中国土地覆盖遥感分类系统,并根据建设完成的 20 世纪 80 年代、2005 年土地覆盖状况及期间土地覆盖动态数据库,以专题图、表格和文字等相结合的方式,展现了中国土地覆盖的基本特点,按照省域分析了不同区域的土地覆盖类型、分布、空间差异和变化。本书可用于了解中国的土地覆盖状况,或作为资源环境、遥感和 GIS 应用等相关研究与教学的参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国土地覆盖遥感监测 / 张增祥等. —北京: 星球地图出版社, 2010.4

ISBN 978-7-5471-0200-8

I. ①中… II. ①张… III. ①遥感技术—应用—土地覆盖监测—中国 IV. ①F321.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 053033 号

书 名 中国土地覆盖遥感监测

作 者 张增祥等

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 北京恒天世纪彩印有限公司

经 销 新华书店

版次印次 2010 年 5 月第 1 版 2010 年 5 月第 1 次印刷

开 本 787×1092 毫米 1/16 25 印张

印 数 0001-1000

定 价 128.00 元

审 图 号 JS(2010)01-056

如有残缺 随时调换(发行部电话: 010-66748135)

版权所有 侵权必究

《中国土地覆盖遥感监测》参加人员

总体设计：张增祥

方案编制：张增祥 王长耀 汪 潇 温庆可
董婷婷 左丽君 刘 斌

框架数据：刘 斌 张增祥 汪 潇 王长有

信息提取：汪 潇 董婷婷 温庆可 左丽君

遥感制图：汪 潇 周万村 张树文 李仁东
徐新良 吴世新 颜长珍 于东升
左丽君 温庆可 董婷婷 史娟娟

质量检查：汪 潇 赵晓丽 易 玲 刘 斌

图形编辑：刘 斌 汪 潇

数据集成：汪 潇 刘 斌 易 玲

文稿撰写：张增祥 王长耀 汪 潇 温庆可
左丽君 董婷婷 周万村 张树文
吴世新 颜长珍 李仁东 徐新良
于东升 徐进勇 赵晓丽 易 玲
王凤霞 宋述军 仙 巍 邵怀勇
史学正 张海东 王世航 张广星
刘 杨 卜 坤 常丽萍 蔡红艳
郑 晓 宋 翔 段翰晨 刘建红

统稿编辑：张增祥 汪 潇 温庆可 左丽君

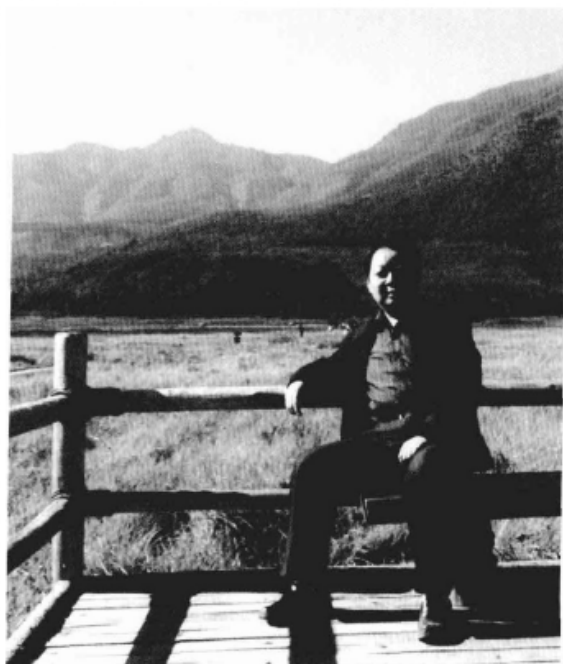
【作者简介】

张增祥，男，1963年3月生于河北。1985年毕业于北京大学地理系，获理学硕士学位。1998年加入中国共产党。现任中国科学院遥感应用研究所知识创新研究员、所党委委员、所学术委员会委员、所学位委员会委员等，博士生导师，国土资源遥感研究室负责人。中国自然资源学会第四、五届理事，中国地理学会环境遥感分会第六届理事。

长期从事资源与环境领域的遥感应用研究，主持和参加的科研工作涉及国家科技攻关、“973”计划、科技支撑计划、中国科学院知识创新和部门合作项目等30余项。在土地利用、土壤侵蚀、土地覆盖、土地退化、城市扩展和区域生态环境综合评价等遥感应用领域，持续开展全数字信息提取与集成方法、数据库更新技术、资源环境综合分析等研究，负责组织并完成了时间序列的中国1:10万比例尺土地利用数据库、土壤侵蚀数据库、城市扩展数据库和1:25万比例尺土地覆盖数据库、生态环境综合背景数据库、20世纪70年代以来时间序列精纠正遥感影像库等的建设和更新。这些数据库从不同方面反映了我国资源环境的时空特点，已经成为相关领域规划、管理和研究等重要的科学数据基础。

多年来，研究成果获得了国家级科技进步三等奖1项，院、部级科技进步特等奖1项、一等奖2项、三等奖2项和联合国技术信息促进系统(TIPS)发明创新科技之星奖1项，以及部级优秀成果一等奖2项、二等奖1项。1992年10月终身享受政府特殊贡献津贴，1993年“中国科学院(京区)杰出青年”和1993年“中央国家机关优秀青年”获得者，1997年12月荣获“中国科学院青年科学家奖”二等奖，2001年8月获水利部“全国水土保持先进个人”称号，是同时获得的“全国水土保持先进集体”的主要成员。

在土地利用、生态环境、土壤侵蚀、城市扩展、土地覆盖以及自然灾害等遥感应用领域发表或合作发表论文200余篇，主编和参加了7部专著的撰写。至2009年，已培养和协助培养硕士9名、博士16名和博士后1名，正在培养的硕士生1名和博士生9名。



前 言

土地覆盖是全球变化研究的重要组成部分，也是资源与环境研究的核心内容之一。从土地覆盖与土地利用的结合开展研究，能够从自然与社会等方面，更好地支持区域资源环境研究及其成果应用，为实现可持续发展战略提供科学数据支持。因而，随着合理利用资源、切实保护环境意识的增强，日益受到越来越广泛的重视。

多年来，土地覆盖数据在科学研究、规划决策等工作中得到了大量的实际应用，但全国性的土地覆盖及其数据库建设工作等，更多侧重于遥感分类的小比例尺宏观研究，无论其精度还是时效性，越来越难以满足应用的需要。而且，全国性的土地覆盖动态监测工作基本上没有开展，更多情况下是采用“土地利用/覆盖”的方式，将土地覆盖与土地利用视为一体，且更多地将土地覆盖作为土地利用的附属或补充，不利于从自然和社会等方面更清晰地认识和理解区域特点，也不利于更客观和比较完整地评价人类活动对区域资源环境变化的影响。面对科学研究和政府决策对土地覆盖时空信息的迫切需求，在“国家科技基础条件平台建设—地球系统科学数据共享网”的支持下，中国科学院相关研究所组织实施了全国区域的土地覆盖遥感监测，进行了中国 1:25 万比例尺的土地覆盖遥感制图和动态监测，全面、系统地掌握了我国陆地及其近海岛屿的土地覆盖状况，建设了自 20 世纪 80 年代至 2005 年的中国土地覆盖及其变化数据库。专家认为，“中国土地覆盖数据是国家科技基础性条件平台—地球系统科学数据共享网的重要基础数据之一，对地球系统科学、全球环境变化和可持续发展研究具有重要意义，在相关领域中也具有重要的应用价值。”

中国土地覆盖遥感监测以土地利用数据库为基础，综合应用了遥感分析、实地调查和大量的辅助资料等，在 1:10 万比例尺基础上进行遥感监测与制图，最终成果为 1:25 万比例尺土地覆盖数据库，符合传统的制图流程要求，有效地保证了土地覆盖数据的质量。技术路线的设计，尽可能考虑到发挥专家分析和遥感自动分类的各自优势，采用区域与内容专题相结合的方法，“充分借鉴了国内外本领域的技术前沿进展，考虑了我国目前该领域的科研成果，设计合理，可行性强”。所提出的中国土地覆盖遥感分类系统，对实现全国土地覆盖遥感分类制图、建立我国标准的土地覆盖遥感分类并与国际相关分类体系接轨奠定了良好基础；所建立的基于框架数据、遥感和 GIS 支持的数据库建设与更新技术方法，可以满足数据库更新的需要，并作为资源环境相关研究的参考。完成的数据库等成果，已经和业已完成并持续更新的中国 1:10 万比例尺土地利用数据库和动态库（1980s-2008 年）、土壤侵蚀数据库和动态库（1995-2005 年）、城市扩展数据库和动态库（1970s-2008 年）等时空数据库形成了良好的内容互补关系，在信息源基础、数据质量、数据格式、时间属性、空间属性等技术要求方面，具有完全的一致性，能够更好地支持相关研究和应用。

中国 1:25 万土地覆盖数据库由中国科学院遥感应用研究所联合地理科学与资源研究所、长春东北地理与农业生态研究所、成都山地灾害与环境研究所、兰州寒区旱区环境

单位共同建设完成。该数据库“首次以 1:25 万比例尺矢量方式再现了我国的土地覆盖状况。数据库建设结合了专家判读分析和遥感自动分类方法的优势,以专家判读的土地利用数据库为基础制作框架数据,在遥感数据自动提取林、草、水浇地等信息的基础上,实现了全部土地覆盖类型的人机交互制图,保证了全国土地覆盖遥感制图的质量。”

本书是在建设完成中国土地覆盖数据库及其动态库的基础上完成的,全书共分为五章。第一章中国土地覆盖遥感分类系统由王长耀、张增祥撰写,介绍了目前常用的国内外土地覆盖分类系统,制订了适合遥感监测的土地覆盖分类系统;第二章土地覆盖遥感监测由张增祥、汪潇等撰写,系统地介绍了全国土地覆盖遥感监测的技术路线及其主要技术环节的设计目的和要求;第三章专题信息遥感提取是对主要土地覆盖信息遥感获取方法和应用效果的分析与评价,其中,第一节由汪潇撰写,第二节由温庆可撰写,第三节由董婷婷撰写,第四节由左丽君撰写;第四章中国土地覆盖时空特征全面总结了我国土地覆盖类型及其变化的空间与过程特点,其中,第一、二节由汪潇撰写,第三节由温庆可撰写,第四节由董婷婷、左丽君等撰写,第五节由徐进勇撰写,第六、七节由左丽君撰写;第五章中国土地覆盖区域特点介绍了各省(市、自治区)土地覆盖的特点,其中,第一、二、三节由左丽君撰写,第四、十六节由赵晓丽撰写,第五、六、七、八节由张树文、卜坤、常丽萍、蔡红艳等撰写,第九、十、二十一节由徐进勇撰写,第十一、十三、三十二节由于东升、史学正、张海东、王世航、张广星、刘杨等撰写,第十二节由汪潇撰写,第十四、二十九节由徐新良撰写,第十五节由温庆可撰写,第十七、十八节由李仁东、刘建红等撰写,第十九、二十节由易玲撰写,第二十二、二十三、二十四、二十五节由周万村、王凤霞、宋述军、仙巍、邵怀勇等撰写,第二十六节由董婷婷撰写,第二十七、二十八、三十节由颜长珍、郑晓、宋翔、段翰晨等撰写,第三十一节由吴世新等撰写。全书由张增祥、汪潇、温庆可、左丽君等完成统稿。香港、澳门的土地覆盖遥感监测与广东省合并完成,故未单独叙述。

我国幅员辽阔,土地覆盖类型复杂,变化显著,本书作为集体成果,编写人员众多,同时限于我们的专业覆盖面和写作能力,难免有错误或疏漏之处,敬请批评指正。

张增祥

2010 年 5 月

目 录

前言

第一章 中国土地覆盖遥感分类系统	1
第一节 土地覆盖分类系统研究	2
第二节 国内外主要土地覆盖分类系统	5
第三节 中国土地覆盖遥感分类系统及其特点	7
第四节 土地覆盖类型的划分依据	9
第二章 土地覆盖遥感监测	15
第一节 土地覆盖遥感监测	15
第二节 遥感信息源与辅助数据制备	17
第三节 框架数据和基础底图	20
第四节 土地覆盖遥感制图与恢复重建	24
第五节 质量控制与数据集成	28
第三章 专题信息遥感提取	34
第一节 森林信息提取	34
第二节 草地信息提取	47
第三节 水浇地信息提取	56
第四节 农田利用（播种制度）信息提取	82
第四章 中国土地覆盖时空特征	102
第一节 中国土地覆盖基本状况及其变化	102
第二节 森林状况及其变化	111
第三节 草地状况及其变化	123
第四节 农田状况及其变化	135
第五节 聚落状况及其变化	154
第六节 湿地、水体状况及其变化	160
第七节 荒漠状况及其变化	171
第五章 中国土地覆盖区域特点	180
第一节 北京市土地覆盖状况及其变化	180
第二节 天津市土地覆盖状况及其变化	187

第三节	河北省土地覆盖状况及其变化	192
第四节	山西省土地覆盖状况及其变化	199
第五节	内蒙古自治区土地覆盖状况及其变化	207
第六节	辽宁省土地覆盖状况及其变化	212
第七节	吉林省土地覆盖状况及其变化	219
第八节	黑龙江省土地覆盖状况及其变化	226
第九节	上海市土地覆盖状况及其变化	234
第十节	江苏省土地覆盖状况及其变化	238
第十一节	浙江省土地覆盖状况及其变化	245
第十二节	安徽省土地覆盖状况及其变化	252
第十三节	福建省土地覆盖状况及其变化	259
第十四节	江西省土地覆盖状况及其变化	263
第十五节	山东省土地覆盖状况及其变化	273
第十六节	河南省土地覆盖状况及其变化	280
第十七节	湖北省土地覆盖状况及其变化	286
第十八节	湖南省土地覆盖状况及其变化	292
第十九节	广东省土地覆盖状况及其变化	296
第二十节	广西壮族自治区土地覆盖状况及其变化	305
第二十一节	海南省土地覆盖状况及其变化	312
第二十二节	重庆市土地覆盖状况及其变化	318
第二十三节	四川省土地覆盖状况及其变化	325
第二十四节	贵州省土地覆盖状况及其变化	333
第二十五节	云南省土地覆盖状况及其变化	337
第二十六节	西藏自治区土地覆盖状况及其变化	344
第二十七节	陕西省土地覆盖状况及其变化	349
第二十八节	甘肃省土地覆盖状况及其变化	355
第二十九节	青海省土地覆盖状况及其变化	362
第三十节	宁夏回族自治区土地覆盖状况及其变化	369
第三十一节	新疆维吾尔自治区土地覆盖状况及其变化	375
第三十二节	台湾省土地覆盖状况及其变化	386

第一章 中国土地覆盖遥感分类系统

土地覆盖研究是全球变化的一个重要内容。全球变化研究是从 20 世纪 80 年代初开始提出、规划，并从 20 世纪 80 年代中后期陆续实施的。国际科学界现已组织了 4 个大型的既相对独立又相互补充的国际计划，各自又有若干个核心研究计划，它们构成了国际全球变化的研究体系。这些计划包括：世界气候研究计划（WCRP）、国际地圈生物圈计划（IGBP）、全球环境变化的人文因素计划（IHDP）、生物多样性计划（DIVERSITAS），分别研究物理气候系统、调节地球系统的物理—化学—生物相互作用、环境变化的人类因素以及生物多样性等四个方面。

几乎全球变化的各个方面的研究都与土地利用/土地覆盖密切相关，包括全球气候变化、全球的生物圈变化、水圈变化、海洋生物地球化学变化等。自 20 世纪 90 年代以来，全球变化领域的学者逐渐加强了对土地利用/土地覆盖变化的研究。在 4 大全球变化研究课题中，“土地利用/土地覆盖变化研究”既隶属于“国际科学联合会”的“国际地圈生物圈计划（IGBP）”，又隶属于“国际社会科学联合会”的“全球环境变化的人文因素计划（IHDP）”，受到了广泛关注。

土地利用/土地覆盖变化（LUCC）在全球环境变化和可持续发展中占有重要地位，是全球变化研究中的核心内容之一。土地覆盖信息直接反映了人类生存的地表现状以及变化状况，人与自然的相互作用都会通过土地覆盖体现出来。美国“全球环境变化委员会（USSGCR，United States Subcommittee on Global Change Research）”将其与气候变化、季节性和年际气候波动及臭氧层耗损等并列为影响地球生命支撑系统的全球四大环境变化之一。

对陆地表面覆盖物理特征变化的估计是全球气候研究中的陆地水文地理模型的基本输入。自然过程、人类活动持续改变陆地表面覆盖，导致了一些大的变化，如因特大灾害导致的长期气候变化、短期植被演变。这些变化有直接诱因，如森林破坏、开垦农田、城市化等，也有间接诱因，如人为导致天气变化等。科学界已广泛达成共识：土地覆盖类型的物理特征变化的监测、定量、制图已经成为研究全球变化问题的关键因素（Belward et al, 1995; Henderson-Sellers et al, 1992; Nemani et al, 1996; Nemani et al, 1997）之一，与其相关的各项工作相继开展。

土地利用与土地覆盖变化对全球生态环境产生了巨大的影响（刘硕，2002），作为地球与大气圈的界面，土地覆盖及其变化是地球生物圈和大气圈中多数物质循环和能量转换过程，包括温室气体的释放和水循环的源或汇。自然土地覆盖类型和格局的改变，一方面通过影响气候、土壤、水文以及地貌而对自然环境产生深刻的影响，另一方面对陆地生态系统的生物多样性、植物和动物的种群动态、初级生产力、全球生物地球化学循

环和大气中温室气体的含量、区域大气化学性质及过程 (Crutzen et al, 1991; Kelle et al, 1991)、区域及全球气候等, 都产生了广泛而深刻的影响 (Lean, 1989)。因此, 国际上有关研究项目主要围绕土地利用/土地覆盖变化及其与全球变化、全球环境变化、可持续发展的关系展开。

土地覆盖及其自然变更, 在地球系统的气候和生物化学全球尺度模式中扮演着重要角色。地表对地球的生物化学循环有相当的控制作用, 它通过温室气体的辐射作用和活性组分显著影响气候系统。而且, 地形、反照率、植被覆盖和地表物理特性通过地表一大气模式、能量通量、地球自转动力驱动的大气循环模式产生多变的气候和天气。土地覆盖变化对生物地球化学的影响, 主要表现在不同的土地覆盖类型具有不同的生态系统结构、群落组成和生物量, 它们以不同的速率吸收和固定养分, 如: 碳和氢, 这对营养元素在土壤、大气和水中的分布影响重大。对陆地生态系统的影响主要表现在使物质循环与能量流动以及景观结构的巨大变化, 导致生态系统的结构和功能发生了改变。

全球土地覆盖类型分布在地球生态系统过程的物质和能量交换中起着非常重要的作用和地位, 也是全球变化和碳循环模拟、气候模拟等研究的重要内容 (Sellers, 1985)。在这种情况下, 精确的全球土地覆盖信息的重要应用就是推导影响大气和陆地表面生物物理过程和能量交换的各参数, 大区域尺度和全球尺度的气候和生态系统过程模型需要这些参数 (Townshend et al, 1991)。

在几十年甚至百年尺度上, 由自然因素引起的环境变化幅度相对较小, 而人类活动产生的环境变化, 在强度上甚至超过了自然因素引起的环境变化, 成为主要因素 (叶笃正 等, 1994)。反过来, 全球环境变化直接影响到土地利用/土地覆盖变化, 通过对 LUCC 的研究, 可以反演气候与人类活动驱动因子的影响程度; 同样, 关于土地利用/土地覆盖变化 (LUCC) 对气候变化的反馈作用研究将有助于提高预测全球变化对陆地生态系统的影响能力。

土地覆盖变化还与国家环境安全存在密切关系。人为活动对环境的作用的结果可以通过土地覆盖/土地利用信息直接反映出来, 如土地荒漠化就可以在土地覆盖/土地利用类型或变化上直接反映出来, 多年土地覆盖/土地利用信息对环境恶化、生态环境退化过程也能起到监测作用, 从而对环境政策制定者起到参考作用。

全球和区域尺度的土地覆盖特征对全球环境状况的评估、模拟未来全球环境的情景有着重要的作用, 这些研究最终将促使各国环境保护政策的制定。此外, 土地覆盖数据还被应用于国家或各国间的资源管理规划、土地管理实践中, 如天气预报、资源开发规划、空气质量标准制定等方面 (Loveland et al, 2002)。

第一节 土地覆盖分类系统研究

各种研究机构对土地覆盖都有自己不同的定义, 如 IGBP 和 IHDP 将土地覆盖定义为“地球陆地表层和近地面层的自然状态, 是自然过程和人类活动共同作用的结果”(Turner et al, 1993); 美国全球环境变化委员会将土地覆盖定义为“覆盖着地球表面的植被及其

它性质”(USSGCR, 1996); 美国生态学会将土地覆盖定义为“土地表面的生态状态和自然表现”, (Turner et al, 1993); 吴传钧等(1994)认为土地覆盖的基本概念和定义是在土地的基本概念和定义的基础上发展和建立起来的, 土地是指地球陆地表层一定范围内的地域单元, 是自然特征和社会特征的复杂综合体, 土地覆盖反映了土地的自然属性; 还有学者认为土地覆盖为“具有一定地形起伏的覆盖着植被、雪、冰川和水体, 包括土壤层在内的陆地表层”。

以上这些定义虽然措辞不同, 但均包含两个含义: 1) 土地覆盖是陆地生物圈的重要组成部分; 2) 土地覆盖的最主要组成部分是植被, 但也包括土壤和陆地表面的水体。

土地覆盖具有显著的空间特征、时间特征和时空尺度特征。土地覆盖形态和状态可以在多种时空尺度上变化, 而且产生土地覆盖变化的原因也是复杂的(杨立民 等, 1999)。

土地覆盖信息的空间特征主要表现在土地覆盖的空间分布, 包括: 土地覆盖类型、面积大小、空间位置和区域差异等方面。土地覆盖研究首先是与所研究区域的空间尺度联系在一起的。在不同的空间尺度上, 土地覆盖的类型、所采用的分类系统、所研究的问题和研究的方法都不同。在不同尺度上处理土地覆盖分类是一个复杂问题, 不同国家、不同学科存在不同的分类系统, 在不同尺度上只能进行相应的土地覆盖分类、建模和预测(陈佑启 等, 2000)。

土地覆盖作为一个地球陆地表层的空间对象, 还具有时间上的变化差异, 土地覆盖信息涵盖了时间和空间信息。通过遥感技术对某一时刻地表土地覆盖信息的获取, 实际上就是识别此刻地表土地覆盖类型, 了解其空间分布状况; 对某一时段地表土地覆盖信息的获取, 则侧重地表土地覆盖的变化, 时段的长短则反映了时间尺度的大小。

采用遥感手段进行土地覆盖信息提取, 在不同分辨率遥感影像上可能识别的土地覆盖类型或监测到的变化状况是有一定限度的, 例如用 500m 分辨率的 MODIS 数据难以识别出中国北方的城市绿地。在不同空间尺度上, 进行土地覆盖研究所使用的遥感数据是不同的, 在中小区域尺度上, 经常使用的是 30m 的 LANDSAT-TM 数据; 在全球尺度上, 20 世纪 90 年代多用 1km NOAA-AVHRR 数据, 如 1994 年 DeFries R. S. 用 1km NOAA-AVHRR 的植被指数 NDVI 数据对非洲、南美洲的土地覆盖进行了开创性的研究, Cihlar (1996) 用该数据对加拿大北方地区进行了研究; 1999 年 12 月美国成功发射的 EOS-AM-1 卫星上搭载了 MODIS 传感器, 它可获得 250m、500m、1000m 的 36 个分布在 0.4~14 μ m 的光谱波段的数据, 该数据已成为在全球和大区域尺度上土地覆盖研究中的最新数据源 (Muchoney et al, 1999)。

就中国的区域面积和复杂的地形讲, 针对中国的土地覆盖研究属于大尺度研究。对全球尺度进行的土地覆盖研究也有将全球分几个大区域, 分别提取土地覆盖信息后再将结果合在一起。

土地覆盖分类系统是土地覆盖/土地利用变化研究的核心, 也是研究成果的表达方式。对于研究全球变化, 建立一个可靠的、具有空间及各种专题信息的土地覆盖分类系统是非常有意义的, 且气候模型、碳循环评价、生态模型各种研究都在急需这种有效的分类产品。20 世纪 90 年代, IGBP (国际地圈生物圈计划)、美国、欧盟等国家和国际研究机构先后开展了利用 NOAA/AVHRR 时间序列数据进行全球及大面积土地覆盖制图的研究, 并已形成全球 1km 分辨率的土地覆盖产品 (DeFries et al, 1998; Friedl et al, 1999; Gopal,

1999)。这些产品一般将地表分为 12 至 17 类左右的土地覆盖类型，其中包括对森林、灌丛、草原、作物等的一、二级分类。代表性的全球 1km 土地覆盖产品有两种：一是美国地质调查局为 IGBP 建立的全球土地覆盖数据集 (DISCove) (Loveland et al, 2000)，另一种是美国马里兰大学的全球土地覆盖数据集 (UMd) (Hansen et al, 2000)。这两个数据集建立的目的是为了提供给人类更加准确的、完整的全球土地覆盖的信息，并以此为基础监测与模拟全球环境变化。与此同时，国内也开展了基于中国区域的土地覆盖分类研究，1992 年中国科学院开展“国家资源环境遥感宏观调查与动态研究”，建立了土地资源分类系统，完成了以陆地卫星 (Landsat) TM 为主要信息源的中国土地覆盖/土地利用制图 (刘纪远, 1996)。潘耀忠等 (2000) 以 AVHRR-NDVI 数据和气候综合指标可能蒸散 (Holdridge PE)，对中国的土地覆盖进行了基于植被分类体系的 7 个一级类型、47 个二级类型的分类，刘纪远等 (2002) 则以 AVHRR-NDVI 遥感数据结合地理、气象数据进行了中国区域的 17 种类型的土地覆盖遥感制图，延昊 (2002) 则采用遥感反演得到的地表反照率 r 、陆地表面温度 T_s 、归一化植被指数 NDVI 和净第一性生产力 NPP 进行了基于生态系统观点的 16 类中国土地覆盖分类，但由于辅助参数及生态参数提取过程存在许多不确定性，而且制图过程复杂，不易推广应用。

然而，由于分类数据中训练样本的代表性，以及土地覆盖的区域性和复杂性，处理方法上的不同，使得分类结果在不同土地覆盖类型之间、不同地区之间的分类精度可能存在较大的差异。目前已经有许多遥感分类结果，这些结果是基于不同分类系统、不同遥感数据源及不同分类指标得出，因此，这些结果间存在非常大的不一致性。这种不一致性表现在如下几个方面：

- (1) 分类系统及其定义的不一致性，这可能是影响不同分类结果比较的主要障碍；
- (2) 对混合像元的不同处理造成的结果差异；
- (3) 在分类精度和分类类别数量方面还难以满足研究的需要。

例如，DISCover 采用 IGBP 分类体系 (包括 17 类) 和马里兰大学的 UMd 分类体系 (包括 14 类)，在全球范围内的一级分类 (森林、草地、农田、荒漠、湿地、城镇等一级类别) 逐像元一致性 (同位置和面积) 仅为 74% (Hansen et al, 2000)。王军邦等 (2004) 对目前国际上 IGBP 分类产品、UMd 分类产品在中国区域的表现进行了分析，并采用中国统一的地面样点数据对这两种分类产品进行了分类精度评价，结果显示这两种产品在中国区域分类的总精度均在 40% 以下，表明这些分类产品还很难真正有效地应用于中国的实际研究中。同时，国内的大多数土地覆盖分类产品由于是基于低空间分辨率的 NOAA-AVHRR 等遥感数据制作，土地覆盖分类产品也存在着定义模糊、难以比较及类别数偏少和精度偏低等不足。此后出现的新一代中分辨率成像光谱仪 MODIS 相对于 AVHRR 数据，具有更高的空间分辨率 (最高 250 米) 和光谱分辨率 (达 36 个波段)，波段更窄而大大改进了 NDVI 数据的质量，使得实现对土地覆盖的更详细、更准确分类成为可能。因此，有必要在此基础上建立一个更详细和更具代表性的中国土地覆盖分类体系支持土地覆盖数据库的建设。

因此，在国内外土地覆盖分类系统的基础上，从生态系统观点出发，基于 MODIS 数据和中国土地利用遥感应应用研究成果，重新构建了适合中国的土地覆盖分类系统，并作相互比较。

第二节 国内外主要土地覆盖分类系统

由于缺乏全球性标准分类体系的制定，由遥感数据而建立的针对不同研究目的的土地覆盖相关分类系统主要有：（1）中国科学院从土地资源利用角度建立的“中国土地资源分类系统”；（2）直接在 1:400 万中国植被图基础上设计的中国植被编码体系；（3）中国科学院地理科学与资源研究所刘纪远等建立的中国 17 种类型的土地覆盖分类系统（简称 Igsnrr）；（4）美国国家土地覆盖数据（NLCD）分类系统；（5）在 NOAA 遥感数据基础上建立的 IGBP 全球土地覆盖分类系统；（6）在 NOAA 遥感数据基础上建立的 UMd 全球土地覆盖分类系统；（7）MODIS 产品分类系统（包括 IGBP、修改的 UMd、LAI、NPP 等 4 种分类体系）。

部分国内外土地覆盖分类系统及其代码见表 1.1，对这些分类系统各个类型的定义见表 1.2。从两表比较可知，不同分类系统区分的类型数量存在较大差异，即使是同一种土地覆盖类型，在不同分类系统中的定义也存在着比较明显的不同，因此也就造成了在遥感制图应用中和比较分析上的困难。从现有应用的范围和实际需求来看，很难有一个全面而合适的遥感土地覆盖分类系统。但随着遥感技术的发展，根据遥感制图的特点，对现有的遥感土地覆盖分类体系进行改进或重新构建是可能的，而且是非常有必要的。从各分类系统类别和定义来看，差异主要体现在森林、草地、农田等 3 大类。在中国辽阔而复杂的地貌环境下，如何区分这 3 种土地覆盖类型及进行定义是建立适合中国土地覆盖遥感新分类系统的关键。

表 1.1 部分土地覆盖分类系统及其代码

代码	Igsnrr	NOAA/UMd	IGBP	MODIS/UMd	MODIS/LAI	MODIS/NPP
0		水体	水体	水体	水体	水体
1	常绿针叶	常绿针叶	常绿针叶	常绿针叶	草地、谷类	常绿针叶
2	落叶针叶	常绿阔叶	常绿阔叶	常绿阔叶	灌丛	常绿阔叶
3	常绿阔叶	落叶针叶	落叶针叶	落叶针叶	宽叶作物	落叶针叶
4	落叶阔叶	落叶阔叶	落叶阔叶	落叶阔叶	干旱草原	落叶阔叶
5	针阔混交	针阔混交	针阔混交	针阔混交	阔叶林	一年生阔叶植被
6	灌丛	稀疏林地	郁闭灌丛	郁闭灌丛	针叶林	一年生草本植被
7	高密度草地	有林草地	稀疏灌丛	稀疏灌丛	无植被	无植被
8	中密度草地	郁闭灌丛	稀疏林草地	稀疏林草地	建筑用地	建筑用地
9	低密度草地	稀疏灌丛	干旱草地	干旱草地		
10	农田	草地	草地	草地		
11	湿地	农田	永久性湿地			
12	城镇用地	裸地	农田	农田		
13	水体	建筑用地	建筑用地	建筑用地		
14	冰川雪被		农田和自然植被	荒漠裸地		
15	荒漠裸地		积雪和冰			
16	沙漠		荒漠裸地			
17	裸露岩石					

表 1.2 现有分类系统对类的不同定义

土地覆盖类型	Igsnrr	MODIS/IGBP (仅标出与 Igsnrr 不同)	NOAA/UMD (仅标出与 Igsnrr 不同)
常绿针叶林	常绿针叶林为主要类型	森林郁闭度>60%	郁闭度>60%，树高>5 米
常绿阔叶林	常绿阔叶林为主要类型	森林郁闭度>60%	郁闭度>60%，树高>5 米
落叶针叶林	季节性落叶针叶林占主要类型	森林郁闭度>60%	郁闭度>60%，树高>5 米
落叶阔叶林	季节性落叶阔叶林占主要类型	森林郁闭度>60%	郁闭度>60%，树高>5 米
混交林	上述四种类型的混合，每一类型面积均不超过 50%	森林郁闭度>60%	郁闭度>60%，树高>5 米
林地			40%~60%，树高>5 米
郁闭灌丛	指高度 2 米以下的灌丛和矮林。 按草地分别在覆盖度>60%、20~60%、5~20%下分为高、中、低三种草地类型。	林木郁闭度>60%	
稀疏灌丛		林木郁闭度 10~60%	
森林草地		林木郁闭度 30~60%	
woody savannas		林木郁闭度 10~30%	
稀疏林草原 (savannas)			
草地	林灌郁闭度小于 10%		
永久性湿地	地势平坦低洼，排水不畅，长期潮湿多积水切表层生长湿生草本植被的土地		
农田	指种植农作物的土地，包括耕熟地、休闲地、轮歇地、草田间作地等	木质作物分类为相应的森林或灌丛	
城镇用地	包括城乡居民点及其它人工建筑		
农田/自然植被		农田、森林、灌丛和草地没一类覆盖超过 60%	
荒漠	地表覆盖以裸土、碎砾为主，植被覆盖度小于 5%		
裸露岩石	地表为裸露岩石，植被覆盖度<5%		
沙漠	沙漠、沙地且植被覆盖度<5%		
冰川雪被	积雪和冰且植被覆盖度<5%		
水体	河流、湖泊、池塘、水库、海洋等		

1996 年, 联合国粮农组织 FAO 试图建立一个标准的、全面的分类系统——LCCS (Land Cover Classification System), 并且在世界范围内进行推广应用。这个系统应该适用于不同的使用者, 每个使用者只利用分类系统的一部分, 并根据他们自己的特殊需要在此分类的基础上进行扩展 (Antonio et al, 2000)。FAO 土地覆盖分类系统 (Antonio et al, 1997) 主要分两个阶段: 第一步是二分法分类阶段 (Dichotomous), 定义了 8 个主要土地覆盖类型 (表 1.3); 第二步是模块化的分层分类阶段 (Modular-hierarchical), 在第一步的基础上, 使用预先定义的分类器 (Classifier) 组合, 得到进一步的分类。整个分类系统实质上是一个决策树, 具有分类层次清晰、灵活、详细等特点, 使用者可以根据具体的需要选择其中土地覆盖类型, 得到其所需要的土地覆盖分类系统。

表 1.3 FAO 的二分法分类系统

植被覆盖				无植被覆盖			
陆地 A1		水域或水经常淹没地 B2		陆地 B1		水域或水经常淹没地 B2	
耕种地 A11	自然或半自然地 A12	耕种的水域 A23	自然或半自然水域 B24	建筑 B15	裸地 B18	人工水体 B27	内陆水 B28

在 2002 年由世界植被监测组织 GVM (Global Vegetation Monitoring Unit) 利用 1999 年 11 月 1 日到 2000 年 12 月 31 日 1km 分辨率的 SPOT VGT 数据实施的全球土地覆盖制图 2000 年计划中, 把全球分成 19 个区域, 按 FAO 的土地覆盖分类系统 LCCS 为基础将全球分为 22 个土地覆盖类别, 由熟悉当地区域土地覆盖状况的 30 多个小组成员采用适合该区域的分类方法进行制图, 然后拼接成 1km 全球土地覆盖产品。由于土地覆盖类别和分类方法较为灵活, 它相对于 IGBP 土地覆盖产品更好地反映了当地的土地覆盖实际。

生态系统作为地球表面上具有一定大小和类型的基本功能单位, 是通过物质交换和能量交换相互联系在一起的, 而遥感本质上获取的是生态系统各种能量特征信息, 如反射辐射特征、发射辐射特征和散射辐射特征。而不同的生态系统类型具有各自的物质能量转化利用特点, 具有不同的时间和空间变化, 通过遥感获取这种类型表现出的特征规律性, 即能识别出以土地覆盖特征为表达的不同生态系统类型。

第三节 中国土地覆盖遥感分类系统及其特点

针对中国土地覆盖实际情况, 在基于国际 LCCS 土地覆盖分类体系和中国现有分类体系的基础上, 从遥感制图角度和陆地生态系统观点出发, 建立了一种新的土地覆盖遥感分类系统, 包括 6 个一级分类和 25 个二级分类, 并对每一种土地覆盖类型或植被类型进行了相应定义 (表 1.4)。建立分类系统的原则主要包括: ①体现生态系统类型和土地覆盖的特征; ②各类别在区域尺度或 1:25 万比例尺下具有较好的可分性; ③同现有土地利用、草地、植被类型等数据库成果具有较强的一致性、内容协调性。对于竹林、园地等植被或土地利用类型下的覆盖区域, 考虑到制图比例尺限制和自然分布特点, 基于就近归属的原则, 不单独列出。

基于上述分析制定的土地覆盖分类系统, 可以满足中国区域 1:25 万比例尺遥感制图与动态监测的需要, 在能够比较全面、科学地体现中国土地覆盖基本特点的同时, 具有很强的可操作性。实际应用表明该分类系统特点明显。

(1) 涵盖了中国几乎所有的土地覆盖类型, 分类系统整体构架较好, 分类层次清晰, 在一级分类体系上进行了更细的二级分类, 增加了类型的多样性, 较 IGBP 和 UMD 分类体系以及国内大多分类体系更为详细, 类别界定更加准确, 例如在 IGBP 和 UMD 中仅有一类的草原在中国细分成 6 类, 仅有一类的农田也细分成 3 类, 这样能更详细地进行陆地生态过程重要参数的表达。

(2) 体现了陆地生态系统的特色, 几乎每一土地覆盖类型均可看成单独的生态子系统来进行研究, 例如草地中荒漠草地对应荒漠草地生态系统, 湿地中的沼泽湿地对应于沼泽生态系统等等, 各个生态子系统均有相应的生态特征和表达参数, 这样能方便而又准确地进行陆地生态系统过程及陆地碳循环模型的研究。

(3) 扩展了非常重要的湿地类别, 并作了划分, 这是本土土地覆盖分类在陆地生态系统分类中的重要体现。尽管 IGBP 体系有永久湿地一类, 但在中国湿地面积居亚洲第一、全球第四 (国家林业局, 2002) 的土地覆盖分类中几乎没有得到体现, 而在本分类体系