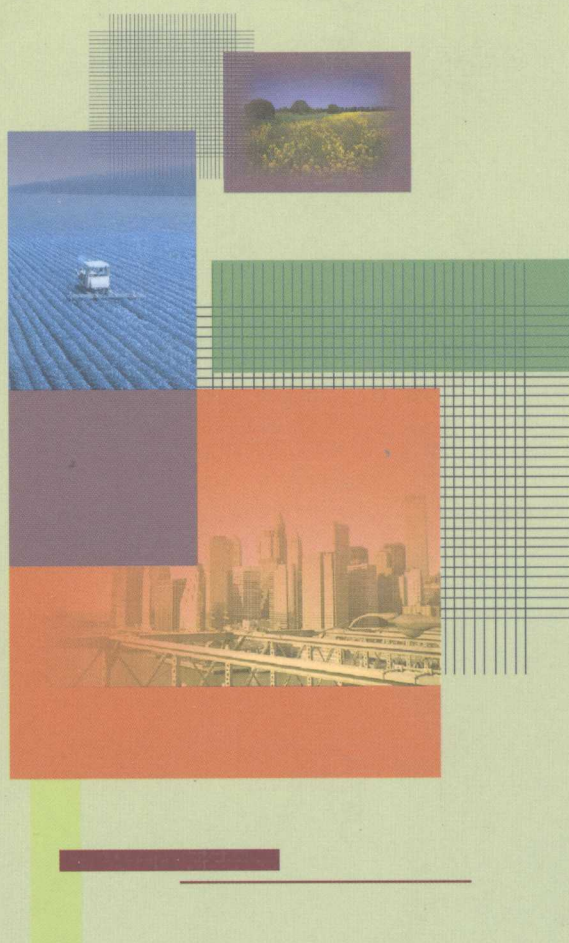


中国土地利用 / 土地覆盖 变化研究

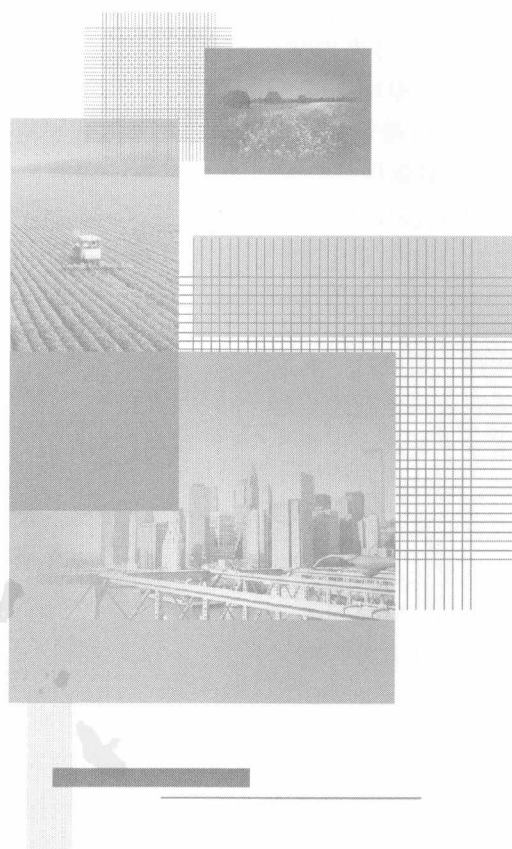
唐华俊 陈佑启 邱建军 陈仲新 编著



中国农业科学技术出版社

中国土地利用 / 土地覆盖 变化研究

唐华俊 陈佑启 邱建军 陈仲新 编著



中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

中国土地利用 / 土地覆盖变化研究 / 唐华俊等编著.
北京: 中国农业科学技术出版社, 2004. 10

ISBN 7-80167-706-4

I. 中... II. 唐... III. ①土地利用-研究
- 中国 ②土地-覆盖-研究-中国 IV. F321.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 095725 号

责任编辑: 王涌清 徐平丽

责任校对: 马丽萍 贾晓红 张京红

出版者: 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电话: 68919711

发行者: 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电话: 68975144

经销者: 新华书店北京发行所

印刷者: 北京市佳信达艺术印刷有限公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 22.875

字 数: 570 千字

版 次: 2004 年 11 月第 1 版

印 次: 2004 年 11 月第 1 次印刷

印 数: 1 ~ 1000 册

定 价: 80.00 元

版权所有 · 翻印必究

前 言

土地利用/土地覆盖变化是目前全球变化研究的核心主题之一。时至今日,人们越来越认识到由于与气候、生态过程、生物化学循环、生物多样性以及更为重要的是与人类活动的密切相互作用,土地利用/土地覆盖变化是目前全球变化的主要原因。在目前人类所倡导的可持续发展战略过程中,土地利用/土地覆盖变化研究作为最重要的内容之一而受到了高度重视。

土地利用/土地覆盖变化由于影响到了人类生存与发展的自然基础,如气候、土壤、植被、水资源与生物多样性等,影响到地球生物化学圈层的结构、功能以及地球系统能量与物质循环等方面,与全球的气候变化、生物多样性的减少、生态环境演变以及人类与环境之间相互作用的可持续性密切相关。而且土地利用作为一种人类的社会经济活动,也是人类对全球变化所做出的反应的一种方式。总而言之,土地利用/土地覆盖变化是所有与可持续发展相关的问题的核心,可以说是“可持续发展理论”的开拓计划。目前,基本上已经形成了一个共识,即土地利用/土地覆盖变化的作用是全球变化的关键,是自然与人文科学领域的“桥梁工程”。正因为如此,作为国际地圈—生物圈计划(IGBP)和全球环境变化中的人文领域计划(IHDP)于1995年联合提出的“土地利用/土地覆盖变化”(Land use/land cover change, LUCC)研究已经成为目前全球变化研究的前沿和热点课题,为最活跃且不断扩展的项目,是全球变化研究者的兴趣中心所在。

目前,国际上对土地利用/土地覆盖变化的研究方兴未艾。众多的国家政府机构、科研部门与社会团体均在关注着发生在其周围的土地利用/土地覆盖变化。在我国,由于巨大的人口基数、相对有限的土地特别是耕地资源,以及急待发展的经济与人民生活水平的提高等特殊的国情,土地利用/土地覆盖及其变化的研究应该说具有更为突出的现实意义,它广泛涉及到全国与各地区资源的有效开发利用与合理保护、生态环境的保护与治理、耕地保护与粮食安全、社会经济的可持续发展等一系列重大问题,从而对我国21世纪的发展具有关键性的影响。

中国国家自然科学基金委员会在“十五”期间便把“全球变化的区域响应研究”列为重点研究的综合领域;“十一五”国土资源部也启动了中国的LUCC研究计划,吸引了国内此方面研究机构与人员的广泛参与;与此同时,各有关研究所、各大学也纷纷开展了这方面的研究,并取得较大的进展。目前,土地利用/土地覆盖变化研究在我国已经受到学术研究机构、政府部门等的高度重视。中国农业科学院农业资源与农业区划研究所、农业部资源遥感与数字农业重点开放实验室长期以来把土地利用/土地覆盖变化作为一个十分重要的研究领域,并成立了一个土地利用/土地覆盖变化研究的专门小组,广泛地开展了土地资源与土地利用评价、土地利用区划、土地利用/土地覆盖变化模拟与趋势预测、“3S”技术在土地利用/土地覆盖变化研究中的应用等多方面的研究工作,并取得了相应的系统性成果。特别

是近年来,通过与比利时、荷兰、日本、美国、瑞典等国家相关研究所与大学的合作,在土地利用/土地覆盖变化模型及其应用方面取得了突破性的进展,为我国土地利用/土地覆盖变化特别是农业领域的土地利用/土地覆盖变化研究起到了一定的推动作用。本书的出版就是在资源区划所、农业部资源遥感与数字农业重点开放实验室大量相关研究项目成果的基础上实现的,其主要目的是为了将这些成果进行系统的归纳与总结,在同领域的同行们之间进行交流,并希望能得到专家学者们的指导。

土地利用/土地覆盖变化是一个跨学科领域的研究课题,涉及了十分广泛的内容,并且是一个与时间尺度及空间尺度密切相关的问题。本书的主要内容将侧重于土地利用/土地覆盖变化的研究方法、模型及其应用,通过三大模型,即在大尺度或宏观尺度上的气候模型、中尺度或区域尺度上的 CLUE 模型、小尺度或微观尺度的生物地球化学模型,主要介绍了土地利用/土地覆盖变化在不同尺度上的研究方法,并分别选取了一定的研究区域作为应用案例,从而使读者能对模型本身的原理、方法及其应用等有一个较全面的了解。此外,本书还围绕着土地利用/土地覆盖变化的相关内容,如土地利用/土地覆盖变化与全球气候变化和人类可持续发展,土地利用/土地覆盖变化驱动力机制,以及“3S”技术在土地利用/土地覆盖变化研究中的应用,我国未来时期的土地利用/土地覆盖变化评价和合理调控等方面都进行了一定的系统性研究与总结。

全书共分为 10 章。各章节的具体分工如下:

第一章 唐华俊、陈仲新

第二章 安萍莉、唐华俊、潘志华、邱建军

第三章 安萍莉、王立刚、潘志华、邱建军

第四章 余国强、陈佑启、耿永飞

第五章 汤惠君、陈佑启、何英彬

第六章 陈仲新

第七章 陈佑启、张永民

第八章 邱建军、王立刚、李长生

第九章 陈仲新、唐华俊

第十章 陈佑启、蔡为民、唐华俊

全书由唐华俊、陈佑启、邱建军、陈仲新统稿,唐华俊、陈佑启最终定稿。

由于土地利用/土地覆盖变化研究内容的复杂性,再加上本书的主要内容是在作者所从事的相关研究工作的成果基础上提炼而成,因此在内容的系统性、完整性与代表性等方面不可能十分完善,我们借此抛砖引玉,真诚地希望广大学者、专家与同仁能在这一领域进行更多的交流与合作,同时对本书的缺点与不足提出宝贵的意见。

本书的出版得到中国农业科学院农业资源与区划研究所、农业部资源遥感与数字农业重点开放实验室各有关课题的大力支持,在出版经费方面也得到了中国农业科学院出版基金、实验室开放基金等的支持,在此一并表示衷心的感谢。

编著者

2003 年 10 月于北京

目 录

第一章 国内外土地利用/土地覆盖变化研究的现状与趋势	(1)
第一节 土地利用/土地覆盖变化研究的历史与现状	(3)
第二节 国内外土地利用/土地覆盖变化研究的主要目标	(6)
第三节 土地利用/土地覆盖变化研究的主要内容及其“热点”	(8)
一、土地利用的动力机制	(9)
二、土地覆盖的变化	(9)
三、土地利用与土地覆盖变化的区域与全球模型	(10)
第四节 国内外土地利用/土地覆盖变化相关研究计划	(11)
一、国际地圈生物圈计划 (International Geosphere - Biosphere Programme/IGBP)	(12)
二、过去的全球变化研究计划 (Past Global Changes) (PAGES)	(13)
三、全球变化与陆地生态系统 (Global Change and Terrestrial Ecosystems, GCTE)	(14)
四、全球环境变化的人类因素计划 (IHDP)	(14)
五、生物多样性计划 (DIVERSITAS)	(16)
第二章 土地利用/土地覆盖变化与可持续发展战略	(22)
第一节 人类可持续发展过程中的土地利用/土地覆盖变化	(22)
一、农业化过程与土地利用/土地覆盖变化	(23)
二、工业化过程与土地利用/土地覆盖变化	(24)
三、城市化过程与土地利用/土地覆盖变化	(25)
四、政治化过程与土地利用/土地覆盖变化	(26)
第二节 土地利用/土地覆盖变化对人类可持续发展的影响	(28)
一、土地利用/土地覆盖变化对生态可持续发展的影响	(28)
二、土地利用/土地覆盖变化对经济可持续发展的影响	(29)
三、土地利用/土地覆盖变化对社会可持续发展的影响	(31)
第三节 土地利用/土地覆盖变化与资源可持续利用	(32)
一、土地利用/土地覆盖变化与土地资源的持续利用	(33)
二、土地利用/土地覆盖变化与水资源的持续利用	(34)
三、土地利用/土地覆盖变化与矿产资源的持续利用	(36)
四、土地利用/土地覆盖变化与森林资源的持续利用	(37)
第四节 土地利用/土地覆盖变化与人类文明的进步	(39)

一、土地利用/土地覆盖变化与科技进步	(39)
二、土地利用/土地覆盖变化与人类安全	(40)
三、土地利用/土地覆盖变化与环境保护意识	(41)
四、土地利用/土地覆盖变化与国际合作	(43)
第三章 土地利用/土地覆盖变化与全球变化	(46)
第一节 土地利用/土地覆盖变化与全球变化的关系	(46)
一、全球变化及其主要内容	(46)
二、土地利用/土地覆盖变化是全球变化科学研究的重要内容	(50)
三、土地利用/土地覆盖变化是全球变化的重要原因	(51)
四、对全球变化的 LUCC 响应对策	(52)
第二节 土地利用/土地覆盖变化与环境变化	(53)
一、土地利用/土地覆盖变化对环境的影响	(54)
二、土地利用/土地覆盖变化对环境变化的响应	(55)
第三节 土地利用/土地覆盖变化与气候变化	(56)
一、土地利用/土地覆盖变化对全球气候变化的影响	(56)
二、土地利用/土地覆盖变化对全球气候变化的响应	(58)
第四节 土地利用/土地覆盖变化与自然灾害	(59)
一、土地利用/土地覆盖变化与自然灾害的关系	(60)
二、不合理土地利用/土地覆盖造成的主要自然灾害	(60)
第四章 土地利用/土地覆盖变化驱动力及其作用机理	(65)
第一节 土地利用/土地覆盖变化驱动力研究现状	(65)
一、土地利用/土地覆盖变化驱动力研究特点	(65)
二、土地利用/土地覆盖变化驱动力机制研究的主要趋势	(66)
第二节 土地利用/土地覆盖变化主要影响因子及其作用机理	(68)
一、土地利用/土地覆盖变化影响因子及作用机理概述	(68)
二、自然环境条件及其作用机理	(71)
三、人文与社会经济因子及其作用机理	(85)
第三节 土地利用/土地覆盖变化驱动力模型	(95)
一、土地利用/土地覆盖变化驱动力模型综述	(95)
二、土地利用/土地覆盖驱动力模型的发展趋势	(98)
第五章 “3S” 技术在土地利用/土地覆盖变化研究中的应用	(101)
第一节 土地利用/土地覆盖变化研究方法	(101)
一、土地利用/土地覆盖变化研究方法的发展	(101)
二、定性定量相结合	(102)
三、宏观与微观相结合	(103)
第二节 遥感技术与土地利用/土地覆盖变化研究	(103)

一、遥感技术发展趋势及其在土地利用/土地覆盖变化研究中的优越性	(103)
二、遥感技术在土地利用/土地覆盖变化研究中的应用	(105)
三、土地利用/土地覆盖变化研究中的主要遥感方法	(106)
第三节 地理信息系统技术与土地利用/土地覆盖变化研究	(113)
一、现代 GIS 技术发展特点与趋势	(113)
二、GIS 技术在土地利用/土地覆盖变化研究中的应用	(117)
三、土地利用/土地覆盖变化研究中主要的 GIS 方法	(119)
第四节 全球定位系统与土地利用/土地覆盖变化研究	(121)
一、全球定位系统特点与主要发展趋势	(121)
二、GPS 技术在土地利用/土地覆盖变化研究中的应用	(122)
三、GPS 关键技术与土地利用/土地覆盖变化研究	(124)
第五节 “3S” 一体化技术与土地利用/土地覆盖变化研究	(127)
一、“3S” 一体化技术的理论方法及技术特点	(128)
二、“3S” 一体化技术在土地利用/土地覆盖变化研究中的必要性	(128)
三、“3S” 一体化技术系统构成及其优势	(129)
四、“3S” 一体化技术在土地利用/土地覆盖变化研究中的应用	(130)
五、“3S” 一体化技术应用前景	(132)
第六章 土地利用/土地覆盖变化的气候模型	(136)
第一节 气候变化与全球气候系统	(136)
一、气候与土地覆盖	(136)
二、全球气候系统	(137)
三、全球气候变化	(139)
四、全球气候变化的原因及其影响	(144)
五、全球气候变化的模拟及 GCM	(148)
第二节 全球气候变化与土地利用/土地覆盖变化的关系	(150)
第三节 土地利用/覆盖变化模型构造的基本理论与基本类型	(152)
一、模型及其分类	(152)
二、生物地理模型	(153)
三、生物地球化学模型	(153)
四、社会学 - 经济学模型	(154)
五、综合模型	(154)
第四节 植被气候关系模型及其发展	(155)
第五节 利用 Holdridge 生命地带模型预测我国未来土地覆盖变化	(157)
一、Holdridge 生命地带模型建立的基础与背景	(157)
二、Holdridge 生命地带模型结构与实现	(160)
三、数据准备	(164)
四、中国的 Holdridge 生命地带	(169)
五、未来 (2030 和 2056 年) 我国土地覆盖的变化	(170)

第六节 我国生态系统服务的变化预测	(171)
一、生态系统服务及其评价方法	(171)
二、中国的土地覆盖与生态系统服务	(173)
三、未来(2030和2056年)我国生态系统效益的变化预测	(177)
第七节 温室气体排减对未来我国荒漠化的影响预测	(178)
一、荒漠化	(178)
二、当前我国受荒漠化影响区域分布	(179)
三、温室气体排减对未来(2030和2056年)我国荒漠化的影响预测	(180)
第七章 土地利用/土地覆盖变化 CLUE 模型及其应用	(187)
第一节 CLUE-CH 模型的基本构造与主要模型思想	(188)
一、问题的提出	(188)
二、模型的前提条件	(189)
三、模型的基本结构	(190)
四、模型的主要思想	(192)
第二节 CLUE-CH 模型的主要方法	(197)
一、数据的收集与整理	(197)
二、多尺度空间统计分析	(198)
三、土地利用/土地覆盖变化的空间预测	(198)
第三节 CLUE-S 模型	(203)
一、模型框架	(203)
二、空间分析	(204)
三、转化规则	(206)
四、动态模拟	(207)
五、CLUE-S 模型的多尺度特征	(208)
六、模型检验	(208)
第四节 CLUE-CH 模型结果分析	(209)
一、多元统计分析	(209)
二、土地利用需求分析	(213)
三、土地利用/土地覆盖分布及其变化的空间模拟结果	(214)
第五节 CLUE-CH 模型结果的应用研究	(219)
一、对粮食生产面积的影响	(220)
二、对粮食生产环境的影响	(223)
三、对粮食生产水平的影响	(225)
四、对粮食生产的区域性影响	(226)
五、结论	(227)
第六节 CLUE-S 模型的应用	(228)
一、科尔沁沙地及其周围地区概况	(228)
二、数据来源	(229)

三、土地利用变化的空间模型	(229)
四、统计诊断与模拟分析	(231)
五、讨论及主要结论	(234)
六、CLUE-S 模型在小尺度上的应用	(235)
第七节 CLUE 模型的总体评价	(238)
一、大尺度的应用评价	(238)
二、中小尺度的应用评价	(243)
三、结语	(244)
第八章 土地利用/土地覆盖变化的生物地球化学模型	(247)
第一节 生物地球化学模型的基本概念与研究进展	(247)
一、生物地球化学的基本概念与原理	(248)
二、生物地球化学的主要研究内容	(249)
三、生物地球化学模型的由来	(251)
四、生物地球化学模型的主要内容与作用	(253)
五、陆地生态系统生物地球化学模型的研究进展和发展趋势	(253)
第二节 农业生态系统生物地球化学模型 DNDC 的建模方法和基本构成	(259)
一、DNDC 模型建立的背景和思路	(259)
二、DNDC 模型的结构	(260)
三、DNDC 模型的输入和输出	(262)
四、模型的基本功能和特点	(263)
五、DNDC 模型的验证情况	(264)
第三节 DNDC 模型的区域模拟功能的实现	(265)
一、DNDC 模型区域模拟的思路	(265)
二、区域 GIS 数据库	(266)
三、模型—数据库系统的连接	(267)
第四节 DNDC 模型在我国应用的验证与评价	(267)
一、模型验证	(268)
二、模型的敏感性分析	(270)
三、国家尺度农业生态系统碳氮平衡模拟的初步研究	(276)
第五节 典型区域的模型应用——农业土地利用变化资源环境效应的实证研究 ...	(282)
一、DNDC 区域模型的 GIS 数据库建立	(283)
二、典型区域农业生态系统土壤碳氮平衡特点	(283)
三、农业土地利用变化对耕地土壤碳储量的影响	(287)
四、土地利用变化对温室气体排放的影响	(289)
五、未来农业土地利用变化的资源环境效应评价	(291)
六、对全球变化的响应及其调控策略	(294)
七、DNDC 模型的应用和进一步开展相关研究的前景	(295)

第九章 未来时期内土地利用/土地覆盖变化的影响	(303)
第一节 未来土地利用/覆盖变化对资源环境与生态安全的影响	(305)
一、对气候变化的影响	(305)
二、对水文循环和水资源的影响	(307)
三、对生物地球化学循环的影响	(309)
四、对土地退化的影响	(311)
五、对生物多样性和生态系统功能与服务、生态进化的影响	(311)
第二节 对区域社会与经济发展的影响评价	(312)
第三节 对人类可持续发展的影响评价	(315)
第十章 我国土地利用/土地覆盖变化的合理调控	(320)
第一节 土地利用/土地覆盖变化的基本特点与合理调控	(320)
一、土地利用/土地覆盖变化的一般特征	(320)
二、我国近期土地利用/土地覆盖变化的特点	(321)
第二节 我国土地利用/土地覆盖变化的合理调控对策	(327)
一、土地利用/土地覆盖变化优化调控模式	(327)
二、人口政策与土地利用/土地覆盖变化	(335)
三、粮食政策、食物安全与土地利用/土地覆盖变化	(336)
四、区域经济政策与土地利用/土地覆盖变化	(338)
五、生态安全与土地利用/土地覆盖变化	(342)
六、土地制度与土地利用/土地覆盖变化	(346)
七、土地管理与土地利用/土地覆盖变化	(351)

第一章 国内外土地利用/土地覆盖变化研究的现状与趋势

土地是人类社会赖以生存和发展的基础，人类发展的历史就是不断对土地加以开发利用和对土地覆盖进行改造的历史。土地是比土壤更为广泛的概念，它包括影响土地用途潜力的所有自然环境，如气候、地貌、土壤、植被、水文以及人类过去、现在活动的成果（FAO，1976）。土地是地球表面的陆地及其江河、湖泊等陆地水面，是由地球表面上自对流层下部，下至岩石圈上部（地球风化壳）的岩石、土壤、水分、空气和生物等构成的自然历史综合体，它还包括这一地域内过去和目前人类活动与生物活动的种种结果。因此，土地是一个立体空间系统，由地表上层和地表下层构成，各层次之间存在着能量的交换和物质的转移，从而形成一个巨大的土地生态系统（沈国明主编，2002）。

土地具有自然的和人文的双重属性。首先，土地是生物圈的重要组成部分。生物圈，包括地球表面的陆地与海洋的生态系统，是经过亿万年进化的产物。生物圈的存在与演化，是与地球上包括人类在内的生命休戚相关，是地球的生命支持系统。土地是地球陆地生态系统的重要组成部分，土地利用与土地覆盖的变化不仅影响到陆地生态系统的过程与功能，还对大气系统和海洋生态系统等地球表层系统具有重要影响。另一方面，土地还具有强烈的社会、经济的人文属性。土地是人类最基本的生产资料，是一种具有诸多用途的有限资源，人类自有史以来的大部分经济活动都是在土地上的进行的，土地利用是人类对于土地的改造和利用，综合地反映了人地关系。正是因为人类与土地之间这种密切的关系，对土地覆盖与土地利用的关注与研究贯穿于人类发展的整个历史过程之中，可以说人类的整个历史就是对土地覆盖进行改造和土地利用变化的历史。

人类活动对地球环境的影响从广度与深度上不断加强，特别是近一个世纪以来，人类对地球表层系统的改造，引发了以全球气候变暖为重要特征的全球变化。20世纪中期以来，地球气温明显地在升高，并且这种变暖的趋势有加速的迹象。1990年、1995年、1997年、1998年和2001年等年份，全球的地表平均气温曾连连出现高值，多次刷新了1860年有连续的气象观测记录以来最高记录，使20世纪90年代成为自公元10世纪以来最暖的10年（Hulme 1999，IGBP 2001），而且增温速率也是近10000年来所没有的，有大量事实与证据表明全球气候正在变暖。同时，由于人类活动加剧而引起的人口激增、资源和能源问题、环境污染、生物多样性丧失、土地荒漠化等现象，都表明地球正在经历着程度剧烈的全球变化。

20世纪中期以来，随着人口激增、环境污染、能源和资源短缺等诸多全球性重大问题的出现，影响到人类社会的可持续发展，土地利用和土地覆盖的研究受到广泛深入的关注。我们的世界正在面临着非常严峻的环境问题：水资源短缺、生态系统退化、土壤侵蚀加强、生物多样性的丧失、大气化学成分的改变、渔业衰退以及气候变化的巨大可能性等。产生这些变化的本质是人与自然关系的变化。这些变化是紧迫的、复杂的，并且很多过程还正在加速。全球变化的这些表现过程与人类现有知识难以理解的方式与地球环境交互作用，因而对

这些变化也经常不可能预测,很多变化也出乎我们的意料和想象。全球环境变化是由人类活动引起和驱动的,它要求我们的社会要采取一系列创造性的反应对策和应对措施。虽然我们已采取了一些措施,但是还有很多措施没有实行。更加糟糕的是,这些变化将把我们的地球推向一种对于人类和其他生命更加不利的状态(IGBP 2001)。1992年在巴西里约热内卢召开的联合国关于环境和发展“地球高峰”(Earth Summit)会议之后,全球对人口、资源、环境和可持续发展之间关系的认识有了很大提高,《气候变化公约》、《保护生物多样性国际公约》、《防治荒漠化国际公约》等一系列针对人类活动对全球环境影响的国际公约相继由各缔约国签署并生效,特别是1997年控制温室气体排放的《京都议定书》的制定与签署更进一步规范了人类活动(特别是土地利用)对我们生存环境影响的行为。怎样平衡地球上基本资源与为满足人口增长而需要的不断开发、消耗资源之间的关系,以避免对我们后代的生存所需的资源构成威胁,已成为国际社会共同关心的主题。

土地利用变化正加速改变着全球土地覆被状况。根据联合国粮农组织(FAO)1995年的测算,1981~1990年间,全球森林覆盖面积平均每年减少 $1\,550 \times 10^4 \text{ hm}^2$,年平均变化率达到0.8%。而全球耕地面积在过去300年中增长了约 $1\,200 \times 10^4 \text{ hm}^2$,目前已达到 $1\,400 \times 10^4 \sim 1\,500 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。土地覆被状况的改变不仅影响到陆地生态系统的碳循环,进一步影响全球气候变化,同时还影响到土壤、植被、水资源以及生物多样性等自然生产力因素,从而影响社会经济的可持续发展。

随着全球变化研究工作的深入,科学家逐步认识到人类对土地的利用所引起的土地覆盖的变化也是全球环境变化的主要原因和重要组成部分,过去150年来,土地覆被变化所引起的向大气层排放的 CO_2 量与工业发展过程中化石燃料使用的结果相当;同时,全球环境变化又反馈作用于土地覆盖和土地利用,例如,全球变暖将导致某些地区土地利用方式、耕作制度的改变和土地荒漠化。由于土地利用与土地覆盖的变化受到人为驱动力和自然驱动力的支配,为此,必须揭示土地利用与土地覆盖变化和自然驱动力与社会驱动力的关系。土地利用与土地覆盖变化研究成为国际性的重点研究课题。

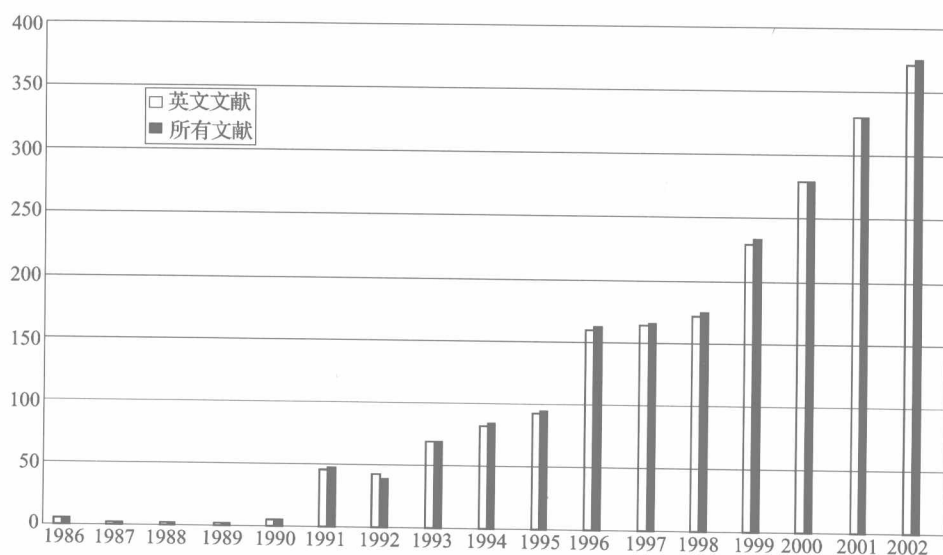


图 1-1 世界土地利用变化研究发展

为了考察国际上对土地利用变化的研究情况,我们对 Thomson 公司科学信息研究所 (Institute for Scientific Information, ISI) 网站三大权威引文数据库 (扩展的科学引文索引 [Science Citation Index Expanded, SCI - EXPANDED]、社会科学引文索引 [Social Sciences Citation Index, SSCI]、艺术与人文科学引文索引 [Arts & Humanities Citation Index, A&HCI]) 1986 年至今对与土地利用变化 (Land use change) 相关的研究文章 (articles) 的检索,发现对土地利用的研究自 20 个世纪 80 年代中期以来,全球关于土地利用变化研究的文献持续增长,从 1986 年 3~5 篇,增长到 2002 年的 374 篇,2003 年的前两个月已经达到 93 篇。上述三大数据库中与土地利用变化相关的文献量大约每 4~5 年倍增 1 次,并呈现出跳跃式的增长势头,如 1991 年、1996 年和 1999 年 (图 1-1)。可以看出,土地利用变化越来越成为国际学术界的研究热点。

第一节 土地利用/土地覆盖变化研究的历史与现状

土地利用 (land use) 是指人类有目的地开发利用土地资源的一切活动,如农业用地、林业用地、工业用地、交通用地、居住用地、休闲娱乐用地等都是不同的土地利用类型;而土地覆盖 (land cover) 则一般指地球表面当前所具有的自然形成的或者人为引起的覆盖状况,包括地表植被、土壤、冰川、湖泊、沼泽湿地及道路等,例如与前面所述各种用地相关的物质现状包括各类作物、森林、草地、房屋、水泥及沥青路面等则属于不同的土地覆盖。土地利用与土地覆盖有着密切的关系,可以理解成事物的两个方面,其中一个是在地球表面的过程,另一个则是各种地表过程 (包括土地利用) 的产物 (Dale 1997)。无论是在全球的尺度还是国家或者区域的尺度上,土地利用的变化在不断地导致土地覆盖的加速变化,而土地覆盖的变化又会反过来影响土地利用方式、空间格局及其时间变化。土地利用与覆盖具有特定的时间和空间属性,其形态和状态可在多种时空尺度上变化,而且产生变化的原因也是复杂多样的。由于土地覆盖和土地利用与人类的生活生产休戚相关,长期以来土地覆盖及利用的研究成为地球表面科学研究领域中的一个重要分支。人们越来越认识到由于与气候、生态过程、生物化学循环、生物多样性以及更为重要的是与人类活动的密切相互作用,土地利用与土地覆盖变化是目前全球变化的主要原因 (Turner II et al. 1993, Turner II et al. 1994, Turner II 1994, Meyer & Turner II 1994, Dale 1997)。

正是因为人类的生产与生活活动都与土地有密切关系,关于土地利用与土地覆盖的观察与研究很早就产生了,可以说人类对土地覆盖与土地利用及其规律的认识与研究伴随了人类发展的历史长河。原始人类根据其动物本能对周围生存环境中土地覆盖的功用已经有了一些认识,哪些地方可以作为食物的来源,哪些地方可作为栖息之地,哪些地方可以作为水源,等等,但这些认识都是属于单个个体的,是零散的、非系统性的、特殊性的经验知识,而且有很多错误,有关土地覆盖的现象和规律都只能归结于神秘力量的支配,人类还完全是自然的奴隶。

随着社会的发展和文明的进步,人类学会利用工具,狩猎与采集的水平也提高了,开始了驯养动物、驯化植物。原始人类便注意到了不同的土地覆盖会对可用作食物的植物和动物的分布和数量多少产生影响,在刀耕火种的年代,人们也观察到热带亚热带森林会随着利用时间的增长而产量下降,而在弃耕一段时间之后,该地的植被与土地覆盖又可以恢复到近似

原来的状态 (Dufour 1990, Faminow 1998)。但是,那时的科学还很落后,人们还根本未认识到人类活动与土地利用/土地覆盖变化之间的关系,也没有认识到土地覆盖空间分布以及时间变化的规律性。

进入农业社会以后,生产力和科学技术都有了很大程度的发展,人类也基本定居下来,人类的生产和日常生活也与自然环境非常密切。人类在改造土地覆盖进行土地利用时,深化对土地利用/土地覆盖现象的认识,以及人地关系的认识,形成了很多朴素的但是非常合理的土地利用方式,这些土地利用方式,甚至与现代科学理论非常符合。但是,人类对这些正确土地利用与土地覆盖知识的掌握并不是轻而易举的,而是从大量的生产实践活动中总结出来的,并经过几代人的实践检验而积淀下来的。甚至对这些规律和知识的获取是在大量的失败,以致巨大损失为代价的。例如,人类对水土流失的认识,在希腊伟大的博物学家和哲学家亚里斯多德的著作中就有记载,地中海地区的耕地由于长期的水土流失,而造成农作物产量的下降;又如古巴比伦文明的灭亡是由于过量地利用地下水进行农业灌溉。但总的说来,由于在农业社会以前的历史时期人类人口的数量并不是很大,人类活动与自然的矛盾还不是很尖锐,其影响的空间尺度也很小。即使局部地段出现了严重的环境问题,如土地退化、荒漠化等,当时的人类也很容易通过迁移,让退化的土地靠自然力恢复到原生或近似原生的土地覆盖状态。

当人类进入工业化社会以后,人类改造自然的力量大大加强了,人类活动与自然之间的矛盾也日益突出。在人口方面,由于医疗水平的提高,婴儿死亡率大大降低,人口寿命增加,使世界人口呈现出爆炸式的增长态势。人口的急剧增长是工业革命以来,特别是在过去的一个世纪以来,全球人类活动增强的最根本原因。前苏联科学家维尔纳斯基早在 20 世纪 20 年代就已经意识到的一样:“人在成为地质因素,生物圈也在成为智慧圈”(维尔纳斯基 1989),近期的全球变化研究也表明人类活动已经成为改变当前地球表层环境十分重要的地质营力,甚至有些科学家提出我们已经进入一个新的地质时期——人类世 (Anthropocene) (Crutzen & Stoermer 2000)。而且,人类在工业社会发明了大量的自然生态系统中原本不存在的人工合成的化学品,有些在自然生态系统中极难降解,有些具有很强毒性,对土壤、地下水、地表水、大气环境造成了严重污染。同时,工业生产还消耗大量石油、天然气、煤等化石燃料,一方面造成了环境污染和地球大气温室效应的加强,另一方面也形成了能源危机,影响到人类的可持续发展。

随着人类活动对地球表层影响的深入,人类对地球表层的认识也随科学的发展不断深化,特别是 20 世纪中叶以来以系统论、控制论、信息论为代表的现代科学革命,加强了人类对复杂系统的认识能力。同时,科学家对土地利用、土地覆盖的研究与认识,也从局地的个例、简单要素的研究深化为对土地系统和地球表层系统的研究。开展了一些全球性的科学研究计划,如人与生物圈计划 (MAP)、国际生物圈计划 (IBP)、国际地圈-生物圈计划 (IGBP)、世界气候研究计划 (WCRP)、全球变化的人类影响计划 (IHDP) 等。土地利用与土地覆盖变化因其与人类活动的密切关系,在这些研究计划中突显出来,成为全球环境变化和可持续发展研究的一个热点。正因为如此,作为国际地圈-生物圈计划 (IGBP) 和全球环境变化中的人文领域计划 (IHDP) 于 1995 年联合提出的“土地利用/土地覆盖变化” (Land Use /Land Cover Change, LUCC) 研究已经成为目前全球变化研究的前沿和热点课题,为最活跃且不断扩展的项目,是全球变化研究者的兴趣中心所在。

土地覆盖的研究与测绘制图、航空及航天遥感技术的发展密不可分。利用遥感技术对土地覆盖和自然景观的研究至少可以追溯至 20 世纪 20 年代。早在 1922 年, Lee 的文章《从空中看到的地球表面》表述了遥感手段在研究自然景观与人类活动关系的可行性和重要性。第二次世界大战后出现了更为广泛和系统的利用航空照片进行区域范围土地调查与制图的研究。进入 50 年代后, 人们开始探讨利用遥感资料进行大范围土地覆盖和土地利用制图的可行性, 包括发展适用于遥感数据特点的土地分类系统及分类方法问题。卫星遥感技术在大范围土地资源的应用始于 20 世纪 70 年代。随着多种卫星对地观测的出现以及计算机技术的迅猛发展, 使得有可能在较大的地理区域内进行土地覆盖的详查与制图。进入 80 年代以后, 人们已在洲际范围内利用气象卫星数据进行土地覆盖的研究, 并取得了有效的成果。90 年代卫星遥感在全球和区域尺度土地覆盖研究与应用方面取得了突破性进展。为适应全球气候变化以及环境资源、人口、发展等研究的迫切需要, 人类第一次利用卫星数据研制开发了全球具有统一分类方法, 统一数据处理规范并将具有统计精度评价结果的全球 1km 空间分辨率土地覆盖数据库 (杨立民和朱智良, 1999), 促进大区域尺度乃至全球尺度的土地利用与土地覆盖的研究。

同时, 土地覆盖遥感研究的新方法也不断出现并得以发展。20 世纪 80 年代大区域土地覆盖遥感工作主要基于传统的土地覆盖制图理论方法, 着重于土地类型的分析解译以及相应的光谱特征的描述。由遥感数据解译编制的土地覆盖图虽然可以满足某些应用目的, 但其信息量有限, 且很少涉及土地覆盖与其他自然景观要素的联系。此外, 土地覆盖和土地利用分类系统也因地因时因人而异, 因此很难相互进行比较和转换。对以上的概念和问题在 90 年代进行了有益的探讨, 首先人们对土地覆盖及其特征的含义有了新的理解和定义。土地覆盖不再仅仅被看作单一的土地和植被类型, 而是以土地类型及其所具有的一系列自然属性和特征的综合体。包括土地类型和植被类型, 植被冠层的密度、植被生长季节的动态特征, 生长季累积生物量, 地表覆盖的生物物理特征量, 如地表波谱反射率、粗糙度、植被叶面积指数、叶面及冠层的阻抗系数、有效光合作用辐射等。此外, 该综合体还包括与土地覆盖类型密切相关的生态环境要素, 如植被所处的生态区域, 地形与气候条件, 土壤的理化性质以及土地利用状况等。这种具多维空间信息的以土地覆盖类型为核心的综合体概念不仅可以从理论上更加准确、完整地刻划地表覆盖和利用的特征, 而且在实际应用方面也有十分重要的意义。另一值得注意的是, 对传统的土地覆盖分类系统的改进。利用遥感数据进行土地分类大多采用自上而下的等级分类系统。即在分类前预先划定若干等级的土地覆盖类型和亚类型, 然后将影像象元划入某一类型。这种预先制定的分类系统往往是针对某种应用需要而制定的, 因此很难将其用做转换以适应不同应用目的的要求。针对这一局限性, Loveland 等提出了所谓“灵活的土地覆盖数据库”的概念。利用卫星在生长季内获得的多时相数据, 依据地表覆盖的动态过程, 将图像象元划分为不同的土地覆盖单元——季节性土地覆盖单元。每一个单元内部的象元具有相似的物候生长期, 类似的地上累积生物量以及相似的植被种类组合和生态环境。季节性土地覆盖单元构成灵活土地覆盖数据库的基本成分, 辅之以一系列有关光谱、地形、生态区、气候等属性特征, 成为分类系统中最底部的一层。根据土地覆盖单元的类型和一系列属性特征, 用户可以根据应用需要将季节性单元调整和归并至所需土地覆盖土地利用系统中。这一新的土地覆盖分类策略在美国及全球 1km 土地覆盖数据库的研制中得以应用, 并取得了成果。

再从土地覆盖遥感分类方法看近期的进展,目前利用数据统计理论方法结合人工解译仍为在大尺度内进行遥感分类的主导方法。显然这种方法具有算法成熟、充分利用人机交互和影响等特点,然而其用时长,对参与解译分析的人员依赖性强,很大程度上不具备可重复性等。这些局限性影响了迅速、准确、客观地获取大面积土地覆盖信息。近年来出现了不少研究讨论土地遥感分类的新方法。主要代表包括人工智能神经网络分类、分类树方法、多元数据的专家系统和计算机识别法。其中分类树及神经网络方法目前正应用于 EOS - MODIS 土地覆盖数据库的开发试验,并取得了一些经验。而专家系统与计算机识别在全球和大区域土地覆盖遥感应用的领域中还未见到报道。

遥感应用于土地利用研究的最大优势在于它可以同时对地球表面某一区域的全貌进行观测,并可以对同一地区在不同时间进行多次重复观测。遥感既可以对快速变化的系统,如陆地 - 海洋 - 大气能交换、洋流、大气臭氧等进行观测和监测;遥感对于土地利用等变化较慢的系统也是非常重要的。遥感对土地利用的监测还存在着诸如数据不足等难题。

土地利用不管在局域尺度还是在全球尺度上都是一个重要问题,首先,它将影响陆地和海洋生态系统的碳与氮的循环,进而在长期尺度上对全球碳与氮的循环产生影响。LUCC 对生物地球化学的循环影响是一个非常复杂的生态学、化学与地貌学的问题。其中,如何把局域小尺度上的观测外推到区域或全球尺度的模型中是一个研究关键。在土地利用/覆盖变化研究中一个同样重要的,但经常被忽视的方面是社会 - 经济因素的驱动力。应该在人口、文化、制度和经济因素的背景下对土地利用变化的速率与格局进行理解 (Donoghue 2002)。

第二节 国内外土地利用/土地覆盖变化研究的主要目标

随着全球变化研究的深入和发展,各国科学家越来越感到人类活动对环境变化的影响,尤其人类的生存与发展对土地的开发利用以及引起的土地覆盖变化被认为是全球环境变化的重要组成部分。国际地圈 - 生物圈计划 (IGBP) 和全球环境变化中的人文领域计划 (HDP) 于 1995 年联合提出“土地利用和土地覆盖变化”研究计划,使土地利用变化研究成为目前全球变化研究的前沿和热点课题 (Turner II et al. 1993, Turner II et al. 1994, Meyer & Turner II 1994, Turner II et al. 1995, Lambin et al. 1999)。国际地理联合会 (IGU) 也于 1996 年成立了土地利用与覆盖变化研究组 (IGU - LUCC),以组织、开展并协调土地利用土地覆盖变化的相关研究工作。联合国环境规划署 (UNEP) 1994 年启动了“土地覆盖评价和模拟” (LCAM) 项目,采用美国宇航局高分辨率雷达影像调查东南亚地区土地覆盖的现状与变化,为区域可持续发展服务 (UNEP - EAPAP 1995)。FAO 等多个联合国机构和其他国际机构从 1994 年开始,启动了非洲土地覆盖 (AFRICOVER) 研究计划,支持以遥感方法建立非洲大陆 1:25 万 ~ 1:20 万土地覆盖图的大型研究计划。欧盟第 4 研究框架计划从 1994 年开始支持了欧洲土地利用综合预模型项目 (IMPEL, Integrated Model to Predict European Land Use),整合现有的土壤水文、作物生长、农场管理、土壤侵蚀等生物学和社会经济模型,对欧洲农业区和典型区域的土地利用变化及其环境影响进行研究,该研究计划同时也支持了欧洲土地利用与土地覆盖变化监测 (PELCOM) 项目,以遥感技术手段监测欧洲土地利用与覆盖变化。美国宇航局支持了多个土地利用与覆盖变化的研究项目,如全球 1km 土地覆盖图、墨西哥尤卡坦半岛土地利用与土地覆盖变化、南美亚马逊流域大尺度生物圈 - 大气圈试