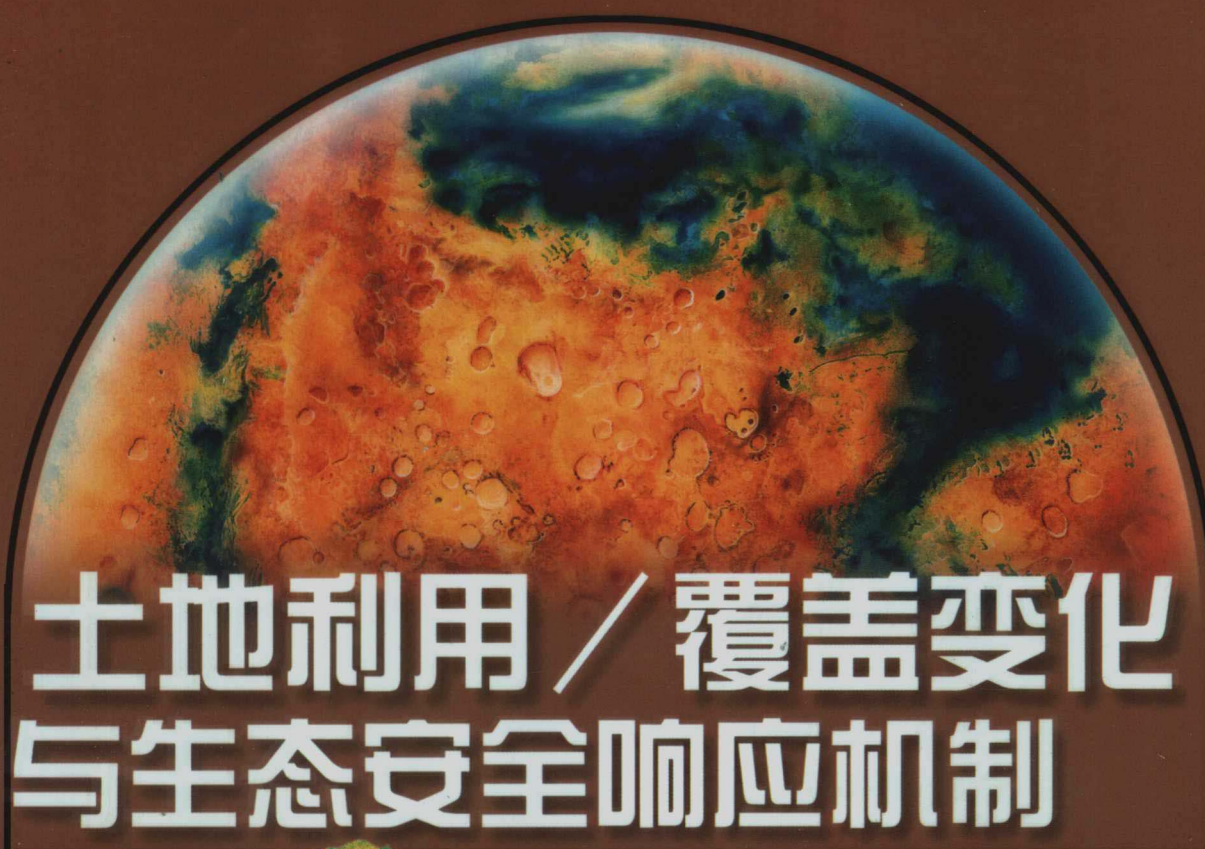
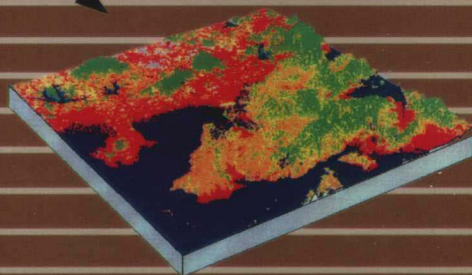
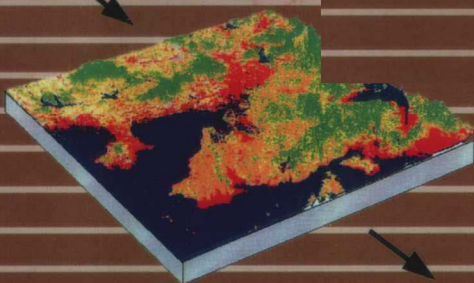
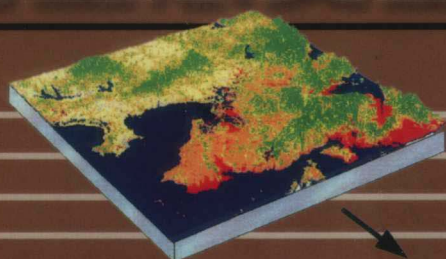


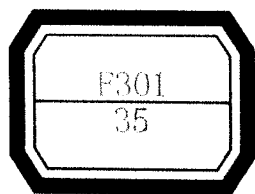


土地利用 / 覆盖变化 与生态安全响应机制

史培军 江源 王静爱 梁进社 著
李晓兵 陈晋 陈云浩 何春阳



科学出版社
www.sciencep.com



土地利用/覆盖变化与生态安全 响应机制

史培军 江 源 王静爱 梁进社 著
李晓兵 陈 晋 陈云浩 何春阳

科学出版社

北 京

内 容 简 介

土地利用/覆盖变化是目前全球变化研究的重点问题之一。本书在土地利用/覆盖变化驱动力和生态影响方面进行了多角度的案例研究和分析探讨,书中首先对土地利用/覆盖变化遥感测量新技术及其区域应用案例研究进行了总结。在此基础上分析和探讨区域土地利用/覆盖变化格局和驱动因素,然后从区域植被特征、水文特征、重金属污染、景观结构和生态系统服务价值等的变化,探讨了区域土地利用/覆盖变化对生态环境的影响机制。最后进行了区域土地利用/覆盖变化模型与模拟研究,完成了中国建设用地的省际分布统计模型和北京地区城市扩展模型与模拟。

本书可供地学、生态学、可持续发展研究、资源与环境管理等领域的科研人员、管理工作者的阅读、参考。

图书在版编目(CIP)数据

土地利用/覆盖变化与生态安全响应机制/史培军等著. —北京:科学出版社, 2004

ISBN 7-03-012727-7

I. 土… II. 史… III. ①土地利用-影响-生态环境-研究 ②土地-覆盖-变化-影响-生态环境-研究 IV. ①F301 ②X171.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第002696号

责任编辑:彭胜潮/责任校对:柏连海

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>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004年3月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2004年3月第一次印刷 印张:17 1/4 插页:8

印数:1—2 000 字数:388 000

定价:54.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

前 言

从 1986 年起, 全球变化研究正式成为对整个地球系统科学发展起重要作用的国际前沿学科领域。正是在这一年秋季, 我很荣幸地成为北京师范大学周廷儒院士(当时称中国科学院学部委员)的博士生, 在古地理学名下, 攻读环境演变。周先生嘱我尽快熟悉全球变化研究的国际进展, 以此作为博士论文的主攻方向, 两年后我以提交“地理环境演变研究的理论与实践”一文提前获得博士学位。毕业后不到两年, 1990 年秋季, 国际地理大会区域会议在北京召开, 会前我与同行、亦是陕北老乡王凤慧博士(现在加拿大工作)一起陪美国克拉克大学地理学院 Turner 教授、Kasperson 教授、Susan 教授在我国鄂尔多斯高原和黄土高原进行地理考察, 期间我们共同讨论并认为在全球变化过程中人类活动, 特别是土地利用/覆盖变化在其中起着重要作用。

1995 年, 土地利用/覆盖变化研究正式作为 IGBP-IHDP 的核心科学项目启动, 当年我正在加州伯克利大学学习和从事合作研究, 并有幸再次请教前面提到的美国克拉克大学地理学院的三位教授(其中 Turner 教授于 1995 年当选美国科学院院士, 是国际 LUCC 项目研究的发起人之一), 我们进一步讨论了在中国开展土地利用与覆盖变化的研究框架, 并一致认为应将此列为全球变化区域响应的一项重要研究工作。此后, 我们一直保持着学术联系。期间针对这一学科在国际上的迅速开展, 我写了两份国家自然科学基金自由申请项目, 一份以张兰生教授牵头, 并经修改后题目为“京津唐断面城乡过渡带土地利用/土地覆盖演变研究”; 另一份由我牵头, 题目为“区域土地利用变化对农业自然灾害灾情形成影响机制的研究”, 非常幸运的是这两个项目于 1996 年同时得到国家自然科学基金委员会地学部的资助。就在这一年, 在李博院士的倡导下, 我们共同向国家自然科学基金委员会建议开展“中国陆地生态系统对全球变化响应机制”的研究, 2 年后, 这一建议成为“中国东部陆地农业生态系统与全球变化相互作用机理研究”的国家自然科学基金重大项目开始实施。北京师范大学从事“土地利用/覆盖变化”研究群体承担了这一重大项目中的第四课题——土地利用/覆盖变化及其对农业生态系统的影响。在这一期间, 这一群体还相继承担了教育部跨世纪人才项目——地表人地系统动力学研究(1998~2001), 教育部骨干青年教师基金项目——农牧交错带土地利用/覆盖变化与生态安全研究(1999~2002), 国家重点基础研究规划项目——草地与农牧交错带生态系统重建机理与优化生态——生产范式(2000~2005)、土地利用变化对北方干旱化的影响(1999~2004)等课题。正是在完成这些课题的基础上, 我们逐渐形成了对“土地利用/覆盖变化——测量、机制、响应与模拟”等这一领域重大学术问题的深入探索的系列论文。《土地利用/覆盖变化与生态安全响应机制》正是在完成上述科研项目所取得的主要成果基础上综合集成的。本书重点阐述了土地利用/覆盖变化测量的技术与方法, 土地利用变化的驱动力机制、土地利用变化对生态系统结构与功能的影响机理, 以及土地利用变化模型与模拟等方面所取得的最新进展。各章具体完成人员如下: 第一章, 史培军; 第二章, 李晓兵、陈晋、陈云浩、何春阳; 第三章, 王静爱、史培军; 第

四章，江源、史培军；第五章，梁进社、何春阳、史培军。全书由史培军统稿并定稿。

几年来参加此项研究工作的老师除本书作者外还有：康慕谊教授、刘学敏教授、杨明川副教授、潘耀忠副教授、王平副教授、唐海萍副教授、周涛博士、董世魁博士、王瑛讲师。参加此项工作的博士生先后有：周武光、刘硕、袁艺、方伟华、卓莉、徐小黎、赵海霞、高清竹、周俊华；硕士生有：王旻、刘肖骢、熊惠波、赖彦斌、杨春燕、袁利平、何立环、徐伟，以及本科生有于园园、于永涛、朱莱茵和陈婧。在此我们对上述师生对本书的完成所做的贡献表示衷心感谢。

本书中的部分阶段成果已在国内外刊物上先行发表，还有部分成果没有公开发表。我们以此作为承担前述国家自然科学基金重点项目（39899374）、国家重点基础研究规划项目（G2000018604；G19990436-03）的部分成果，不妥之处，请各位同行和读者批评指正。

在此，我们以本书表示对已故的周廷儒院士、李博院士的深深怀念；并对张新时院士、林海教授、崔海亭教授、宫鹏教授、宋长青研究员、蔡运龙教授、傅伯杰研究员、刘纪远研究员、李秀彬研究员、王今飞教授、冷疏影博士、浦瑞良博士等所有支持和关怀北京师范大学从事土地利用/覆盖变化研究群体的各位专家和相关单位表示衷心的感谢。

史培军

2003年5月28日

于北京师范大学

目 录

前 言

第一章 加强土地利用/覆盖变化及其生态安全响应机制的研究 (1)

§ 1.1 从全球变化开放科学会议看 LUCC 及其生态安全响应机制研究的重要性 (1)

1.1.1 包括土地利用/覆盖变化在内的全球变化已对全球生态安全产生了广泛而深远的影响 (2)

1.1.2 以土地利用/覆盖变化为标志的人类活动对生态安全影响的主要表现方式 (2)

§ 1.2 加强土地利用/覆盖变化及其生态安全响应机制的研究 (5)

1.2.1 土地利用/覆盖变化与生态系统响应 (5)

1.2.2 生态安全条件下的土地利用/覆盖格局的厘定 (6)

§ 1.3 探求我国生态安全条件下土地利用/覆盖的宏观格局 (6)

1.3.1 建立“小面积搞生产、大面积搞生态”的高效而安全的土地利用模式 (7)

1.3.2 生态安全条件下不同区域主要土地利用/覆盖的宏观比例 (8)

§ 1.4 土地利用/覆盖变化及其生态安全响应机制主要研究方向 (9)

1.4.1 研究目标 (9)

1.4.2 研究内容 (9)

参考文献 (11)

第二章 区域土地利用/覆盖变化遥感测量技术与方法 (13)

§ 2.1 典型地区地表覆盖特征参数的遥感测量 (14)

2.1.1 北京海淀地区植被覆盖度 (14)

2.1.2 中国西北地区地表反照率 (20)

2.1.3 中国北方地区地表蒸散量 (27)

2.1.4 中国北方地区缺水指数 (32)

2.1.5 中国北方草地及农牧交错带植被动态 (37)

2.1.6 中国城市化地区灯光指数 (44)

§ 2.2 典型地区土地利用/覆盖变化的遥感监测 (49)

2.2.1 内蒙古扎鲁特地区土地利用/覆盖变化 (50)

2.2.2 北京海淀地区土地利用/覆盖变化 (57)

2.2.3 中国东北样带土地覆盖变化 (69)

参考文献 (77)

第三章 区域土地利用/覆盖变化的驱动机制 (80)

§ 3.1 中国东部南北样带土地利用/覆盖格局 (80)

3.1.1 土地利用程度 (80)

3.1.2 土地利用破碎度 (82)

3.1.3 土地利用组合类型 (82)

3.1.4 不同自然带的土地利用/覆盖格局 (84)

§ 3.2 中国东部南北样带人口密度及其对耕地变化的驱动机制	(87)
3.2.1 人口密度的时空分异特征	(87)
3.2.2 不同等级区人口密度时空变化	(89)
3.2.3 人口增长的空间变化	(91)
3.2.4 土地利用/覆盖变化的人口密度驱动力分析	(92)
§ 3.3 中国东部南北样带城市化空间格局及其对土地利用/覆盖格局变化的 驱动机制	(96)
3.3.1 灯光指数与南北样带城市化过程	(96)
3.3.2 城市化发展指数及其驱动力	(97)
§ 3.4 北京地区城市样带中土地利用/覆盖格局的驱动机制	(101)
3.4.1 城市样带中土地利用/覆盖格局驱动机制研究的基本方法	(102)
3.4.2 土地利用/覆盖变化分析	(103)
3.4.3 土地利用/覆盖变化驱动力的综合分析	(105)
3.4.4 土地利用/覆盖变化驱动力的层次分析	(106)
3.4.5 城市化驱动下的土地利用/覆盖梯度变化	(107)
§ 3.5 土地利用政策变化对土地利用/覆盖格局的驱动机制	(118)
3.5.1 1949~1995 年我国耕地面积的变化	(118)
3.5.2 我国不同时期与耕地相关的政策分析	(119)
§ 3.6 水土保持政策变化对土地利用/覆盖格局的驱动机制	(128)
3.6.1 中国水土保持政策的发展历程	(128)
3.6.2 黄河中游河龙区水土保持工程与耕地时空动态变化	(136)
3.6.3 典型区水土保持项目驱动下的土地利用/覆盖变化	(143)
参考文献	(151)
第四章 区域土地利用/覆盖变化及其生态环境响应机制	(154)
§ 4.1 北京土地利用变化对区域植被特征的影响	(154)
4.1.1 数据获取及其分析方法	(155)
4.1.2 研究区植物科属组成分析	(156)
4.1.3 生活型和水分生态类群组成	(158)
4.1.4 研究区不同土地利用类型下的植物群落特征	(159)
§ 4.2 兴和土地利用变化对区域景观过程的影响	(168)
4.2.1 土地利用变化分析	(169)
4.2.2 兴和土地利用结构变化的生态响应分析	(173)
4.2.3 兴和土地利用变化的景观生态过程分析	(174)
4.2.4 兴和土地利用变化的生态环境响应驱动机制分析	(183)
§ 4.3 海河流域上游土地利用变化对区域生态系统服务价值的影响	(187)
4.3.1 海河流域土地利用变化对生态系统服务价值影响研究的基本方法	(187)
4.3.2 海河流域土地利用变化对生态资产影响的基本特征	(189)
§ 4.4 深圳土地利用变化对城市水文过程的影响	(191)
4.4.1 深圳土地利用变化对城市化流域产流过程的影响	(192)
4.4.2 深圳土地利用变化对城市化流域汇流过程的影响	(201)
§ 4.5 北京街区土地利用对表土重金属积累的影响	(211)

4.5.1 研究方法	(212)
4.5.2 北京街区土地利用对表土重金属积累空间分布的影响	(215)
参考文献	(226)
第五章 区域土地利用/覆盖变化模型与模拟	(229)
§ 5.1 我国城市用地与人口的异速增长模型	(229)
5.1.1 城市用地与人口异速增长模型研究的背景	(230)
5.1.2 城市用地与人口异速增长模型	(232)
5.1.3 异速增长模型在中国的经验研究	(234)
§ 5.2 中国建设用地省际分布的统计模型	(247)
5.2.1 省际分布的单因素统计分析	(248)
5.2.2 省际分布的双因素统计分析	(251)
§ 5.3 北京地区城市扩展模型与模拟	(252)
5.3.1 CEM 模型的思路	(253)
5.3.2 CEM 模型的结构与功能	(254)
5.3.3 北京地区的城市扩展模拟	(258)
参考文献	(261)
彩色图版	

Contents

Preface

Chapter 1 Introduction: Land Use/Cover Change (LUCC) and Its Impact on Ecological Security	(1)
1.1 Significance of the research on LUCC and its impact on ecological security; a view of "The Global Change Open Science Conference 2001" in Amsterdam	(1)
1.1.1 Universal and profound LUCC impacts on global ecological security	(2)
1.1.2 Features of LUCC impacts on ecological security	(2)
1.2 Focus of LUCC research at present and in future	(5)
1.2.1 Ecosystem responses to LUCC	(5)
1.2.2 Designing land use pattern with consideration of ecological security	(6)
1.3 Macro-pattern of land use in China in view of ecological security	(6)
1.3.1 "Intensive production within limited area, extensive ecological conservation over vast area"—a land use model integrating economic development with ecological security	(7)
1.3.2 Land use structure for different regions in view of ecological security	(8)
1.4 Prospect for future research on LUCC and the mechanism of ecosystem responses to LUCC	(9)
1.4.1 Objects	(9)
1.4.2 Subjects	(9)
References	(11)
Chapter 2 Methodology of Regional LUCC Monitoring Based on Remotely Sensed Data	(13)
2.1 Land cover parameter measuring based on remotely sensed data in the selected regions	(14)
2.1.1 Vegetation coverage of the Haidian District, Beijing City	(14)
2.1.2 Surface albedo distribution over the Northwest China	(20)
2.1.3 Evapotranspiration over the North China	(27)
2.1.4 Water deficit index over the North China	(32)
2.1.5 Vegetation dynamics in the pastoral and farming-pastoral zones in the North China	(37)
2.1.6 Light index and the urbanization level	(44)
2.2 LUCC monitoring in selected regions based on remotely sensed data	(49)
2.2.1 Case of Zhalute Banner, Inner Mongolia	(50)
2.2.2 Case of Haidian District, Beijing City	(57)
2.2.3 Case of the Northeast China Transect (NECT)	(69)

References	(77)
Chapter 3 Driving Force Analysis	(80)
3.1 Land use/cover patterns of the North-South Transect of the East China (NSTEC)	(80)
3.1.1 Land use intensity	(80)
3.1.2 Fragmentation	(82)
3.1.3 Land use structure	(82)
3.1.4 Land use/cover patterns of different geographical regions in the NSTEC	(84)
3.2 Impact of population on cultivated land in the NSTEC	(87)
3.2.1 Temporal and spatial differences of population density	(87)
3.2.2 Regional population dynamics	(89)
3.2.3 Spatial difference of population growth	(91)
3.2.4 Land use/cover change driven by population growth	(92)
3.3 Urbanization level and land use/cover pattern	(96)
3.3.1 Urbanization level interpreted by the light index in the NSTEC	(96)
3.3.2 Urbanization level and land use/cover pattern	(97)
3.4 Land use/cover pattern in a transect of Beijing City	(101)
3.4.1 Methodology	(102)
3.4.2 Land use/cover change in the transect	(103)
3.4.3 Integrated analysis on driving forces	(105)
3.4.4 Characters of individual driving force	(106)
3.4.5 Land use/cover gradient in the transect	(107)
3.5 Policy impact on land use/cover pattern	(118)
3.5.1 Dynamics of the cultivated land in China during 1949~1995	(118)
3.5.2 Land use policy in different periods	(119)
3.6 Soil and water conservation policy and land use/cover pattern	(128)
3.6.1 Retrospect	(128)
3.6.2 Soil and water conservation practices and cultivated land dynamics of the Helong watershed in the middle reach of Yellow River	(136)
3.6.3 Land use/cover change driven by soil and water conservation practices	(143)
References	(151)
Chapter 4 Impacts of LUCC on Ecosystems in Different Regions	(154)
4.1 Impact of urban land use on the vegetation in Beijing City	(154)
4.1.1 Methodology of data collection and analysis	(155)
4.1.2 Floristic features of the vegetation	(156)
4.1.3 Compositions of life form and ecological group relating to water regime	(158)
4.1.4 Plant communities of different land use types	(159)
4.2 Land use change and landscape structure in Xinghe County	(168)
4.2.1 Land use change	(169)
4.2.2 Analysis on landscape structure indexes	(173)
4.2.3 Change of landscape structure	(174)
4.2.4 Causes of land use change	(183)

4.3	Assessment of ecosystem services value based on the land use/cover data in the upper reach of Haihe Basin	(187)
4.3.1	Methodology	(187)
4.3.2	Change of the ecosystem services value	(189)
4.4	Impact of land use change on urban hydrology in Shenzhen City	(191)
4.4.1	Impact of land use change on runoff in urbanized area; Case of Buji River Basin of Schenzhen City	(192)
4.4.2	Impact of land use change on runoff concentration in Buji River Basin	(201)
4.5	Impact of land use on heavy metal accumulation in surface soil in Beijing City	(211)
4.5.1	Methodology	(212)
4.5.2	Heavy metal accumulation in surface soil relating to land use along roadside	(215)
	References	(226)
Chapter 5	Regional Land Use Change Models	(229)
5.1	Allometric growth of urban land and population	(229)
5.1.1	Background	(230)
5.1.2	Derivation and principles of the models	(232)
5.1.3	Case studies in China	(234)
5.2	Statistical models for constructed area distribution in provincial level	(247)
5.2.1	Models with only one independent variable	(248)
5.2.2	Models with two independent variables	(251)
5.3	City extending model (CEM) of Beijing Region	(252)
5.3.1	CEM model	(253)
5.3.2	Framework and principle of CEM	(254)
5.3.3	Modeling urban land extending in Beijing Region	(258)
	References	(261)
	Colour Plates	

第一章 加强土地利用/覆盖变化及其生态安全响应机制的研究

土地利用变化为土地用途转移和土地利用集约度的变化；土地覆盖变化则包括土地质量与类型的变化和土地属性的转变。土地利用/覆盖变化（Land Use and Land Cover Chang, LUCC）作为科学研究领域主要包括 LUCC 的监测（Documentation）、解释（Explanation）和效应（Impact）。LUCC 的监测主要包括土地利用与覆盖类型分类、测量及制图与统计；LUCC 的解释则主要包括动力与阻力、直接与间接原因、定量与定性及预测模型；LUCC 的效应主要包括资源、环境及生态效应。在过去 10 年的 LUCC 研究过程中，国内外专家集中在 LUCC 的监测和解释两个方面开展工作，其中在监测方面成果突出，对 LUCC 效应的研究仍处在初始阶段。

近年来，LUCC 在区域尺度上的环境效应研究逐渐得到了学术界的重视，其主要原因是：LUCC 过程的区域差异很大；生态建设往往通过改变土地利用方式实现；LUCC 的区域环境效应评估与国家可持续发展战略决策关系密切而重大。事实上，从 20 世纪 90 年代末期开始，IGBP 开始讨论第二个 10 年的发展战略，就把全球变化研究与可持续发展问题相联系，如水资源、土地退化、环境污染、贫困以及区域自然环境和社会在全球变化压力下的脆弱性等。刘东生院士撰文指出，LUCC 是 IGBP 与 IHDP 研究计划之一，是针对人类活动和全球变化之间的人类驱动机制而开展的（刘东生，2002）。“变化着的地球的挑战——全球变化开放科学会议”呼吁：建立全球服务与政策的道德框架，加强对地球系统的管理和认识（史培军等，2002）。在新近整合的科学研究计划框架中，研究包括人类行为在内的地球系统的运行，为人类利用自然资源、管理地球系统提供科学依据受到更多重视，其中协调社会和自然的信息与数据，为全球环境可持续管理提供有效措施和范例等，将成为未来数年的重要研究目标之一（陈宜瑜等，2002）。维护地球与人类健康，已经成为当前全球变化与减灾研究的重要领域，也是地球系统科学与可持续发展科学的核心问题。土地利用/覆盖变化及其生态安全响应机制则是上述领域和核心问题研究的关键。

§ 1.1 从全球变化开放科学会议看 LUCC 及其生态安全响应机制研究的重要性

从 1986 年美国发表开展全球变化研究战略报告（Eddy, 1986），至今已有 17 年的历史。在这一期间，全球变化的研究已经成为带动地球科学以及相关学科研究的学科前沿论题，一直受到学术界的高度关注。为了总结过去在全球变化研究领域所取得的成就，并从综合集成的角度进一步加深对全球变化过程的深入理解，特别是针对与年俱增的生态环境和灾害问题，提出人类适应性的对策，并减缓由于全球变化所带来的危害，

由 IGBP、IHDP、WCRP 委员会共同发起并组织, 于 2001 年 7 月 10~13 日, 在荷兰阿姆斯特丹召开规模盛大的国际性会议——变化着的地球的挑战 (Challenges of a Changing Earth): 全球变化开放科学会议。来自世界 100 多个国家和地区近 2500 名正式代表出席了这次盛会。无论是此次会议上所得到的资料和有关会议中所闻所见, 还是通过当前全球变化研究中对人类活动作用的深入思考, 都可以看出土地利用/覆盖变化及其生态安全响应机制研究的重要性以及各国学者所给予的高度重视。全球变化开放科学会议的主要内容、大会探讨交流的主要论题、分会讨论与交流的主要论题已有专文介绍 (史培军等, 2002), 在此不详阐述。

1.1.1 包括土地利用/覆盖变化在内的全球变化 已对全球生态安全产生了广泛而深远的影响

大会通过的“全球变化阿姆斯特丹宣言”指出, 地球系统是一个具有由物理、化学、生物和人类要素共同组成为一个单一的自组织行为系统。在地球系统中的各个要素之间相互作用和反馈是复杂的和存在着多种时空尺度的变率 (不稳定性)。最近几年来对地球系统动力学的认识已取得了很大的进展, 为评价人类活动对地球系统的影响和结果提供了扎实的科学基础。包括 LUCC 在内的人类活动在温室气体排放和气候变化等许多方面明显影响着地球的环境。人类对地球表面、海洋、海岸、大气圈、生物多样性、水循环、生物地球化学循环等方面的改变已明显地超过了自然的作用。人类对地球的作用及影响已与自然的作用相当, 并在许多方面还表现出加速的作用, 目前, 全球变化确实存在并正在发生。全球变化不能简单地用因果范式来理解。人类的作用以复杂的方式对地球系统造成多方面的突出影响, 这些影响之间相互作用, 以及在地方和区域尺度上以多种模式的变化, 使人们更加难以理解, 以及对这种变化模式更加难以预报, 突变常常发生。地球系统动力学是由临界值域和突变所左右, 人类活动能够引起地球系统巨大的变化, 并导致改变地球环境的严重后果。地球系统在过去 500 万年以来, 以不同的状态所控制, 并有时在两个状态之间伴随着突发性的转变 (10 年或更短)。人类活动具有调控地球系统渐变与突变交替发生的潜在作用, 而这种交替作用的模式又对人类或其他生命起着一种不可逆转的和友善的影响。人类所引起地球环境的突变的可能性到现在还难以定量, 但必须予以考虑。作为一些关键的环境参数, 地球系统已超过过去至少 500 年以来的自然变化幅度。地球系统现在发生的可以模拟的变化性质, 以及它的强度和速率均难以把握。地球最近以一种与以往非类似的状态在运转。基于这些认识, 该宣言呼吁: 急需建立一个伦理性的全球组织框架和对地球系统予以管理的战略, 以及建立全球环境科学的新系统。由此可以认为, LUCC 对生态安全产生了巨大的作用, 认识 LUCC 与生态安全水平之间的相互作用机制就成为了当前 LUCC 研究的学术前沿问题。

1.1.2 以土地利用/覆盖变化为标志的人类活动 对生态安全影响的主要表现方式

为了深入揭示人类活动对生态安全的影响机制, 我们曾提出建立地球表层人地系统

动力学的建议(史培军, 1997)。从这次荷兰全球变化开放科学会议的大会与分会报告以及展板展示、专题论坛等学术交流活动情况, 我们已清楚地看到, 加深对人类活动在全球变化过程中的作用机制的认识, 在揭示人类活动与自然相互作用机理和过程的基础上, 建立人地(自然环境与人类活动相互作用系统)系统动力学, 正在成为当前全球变化研究的一个重要的综合研究领域, 也是探求有序人类活动模式(叶笃正等, 2001)的科学基础。由于人类活动的表现方式多样, 其中 LUCC 被认为是能够从景观上表现人类活动最为典型的过程; 温室气体的排放表现了自工业化革命以来, 人类活动对地球大气环境产生深远影响的主要过程; 生物多样性的改变不仅对人类食物安全产生了突出的影响, 也广泛影响着地球生态安全的状况。

1. LUCC 与生态安全

土地利用/覆盖变化不仅客观地记录了人类改变地球表面特征的空间格局, 而且还再现了地球表面景观的时空动态变化过程。土地利用/覆盖变化与生态安全水平密切相关。中国三峡大坝修建突出地影响了中国的东海生态环境安全水平, 其中最突出的影响是近海养殖业的衰退(Chen, 2001)。东南亚是全球变化的热点区域, 目前人口已达到 5 亿, 在 40 年内人口翻了一番, 90% 的人口居住在近海 100 公里的范围内, 从而使这一地带的近海生态系统受到了巨大的改变, 土地利用格局的变化, 使海岸湿地生态系统受到了明显的破坏, 人类活动已成为这一地区生态环境安全水平的主要驱动因素(Talane-Mcmanus, 2001)。中美洲南于卡坦(Yucatain)区域土地利用/覆盖的变化不仅记录了人与自然相互作用的脆弱性及风险水平的变化, 而且还表现出以基本的社会单元对区域环境变化的响应过程。正因为如此, 恢复退化的生态系统、解决食物安全问题, 都必须从经济和文化等各个方面建立适应区域环境变化的社会组织体系(Turner, 2001)。北非撒哈拉地区, 土地利用/覆盖变化与气候干湿变化形成了非常明显的反馈关系。中全新世适宜期整个撒哈拉沙漠的大面积收缩, 地表植被覆盖使整个沙区中的流沙得以固定。然而由于距今 5500 年前后的气候突变, 导致地表植被覆盖度的迅速下降, 结果不仅影响到本区的土地利用格局, 而且对整个气候系统的演变产生深刻的影响, 最终导致这一地区荒漠化过程加剧, 使生态安全水平大幅下降(Brovkin et al., 2001)。东亚地区受季风气候影响, 已人所共知, 但近年的研究表明, 人类活动对季风气候的影响也是非常明显的。在东亚地区以土地利用/覆盖变化为突出标志的人类活动, 在过去 3000 年, 60% 以上的自然植被转变为农田, 草地转变为半荒漠, 并发生了大面积的土地退化。由于土地利用/覆盖的变化, 使地表反照率、粗糙度、植被叶面积指数和地表植被覆盖度发生了明显的改变。模拟的结果表明, 由于上述下垫面特征的变化, 弱化了夏季风, 并强化了冬季风, 从而进一步导致了干旱化的过程(Fu, 2001)。南美洲亚马孙河流域的土地利用变化, 不仅反映了热带雨林的森林退化, 同样导致了气候条件的变化, 其突出表现为气候系统的不稳定, 结果导致水旱灾害的发生频繁增加, 使流域生态安全水平大大下降, 特别是生物多样性受到破坏(Nobre, 2001)。由以上一些案例可以看出, 仍需要我们加深理解环境与发展之间的内在联系。自然界与社会的相互作用, 正如土地覆盖与土地利用格局的变化, 两者之间是反馈作用的关系; 两者有机协调, 有利于生态安全; 两者不协调, 则导致生态恶化, 引发灾害并使灾情加剧。自然与社会之间相互作用

用, 突出表现在人类活动对自然生态系统的结构与功能影响, 其中诸如人口的变化所造成的生态影响过程是明确的, 但技术的变化是如何影响经济、消费以及全球化的机制, 至今了解仍甚少。因此, 加深对包括技术变化在内的人类活动对自然生态系统的影响机制的认识, 乃是可持续发展科学的核心问题 (Kates, 2001)。

2. 温室气体排放与生态安全

自从工业革命以来, 人类以不同的产业方式向大气排放各类温室气体, 其中 CO_2 、 CH_4 作为这种温室气体的标志, SO_2 作为形成酸雨的主要大气化学成分, 受到世界各地科学家的关注。大气化学过去已经或正在发生着对人类影响明显的变化过程。陆地上大气中的 CO_2 增加了 30%, 依据不同的模型预报, 这些温室气体的增加使大气温度增加了 $1.4 \sim 5.8^\circ\text{C}$; 陆地上 SO_2 的平均释放量提高了 7 倍, 全球 NO 的平均含量增加了 1 倍, 由此引起了严重的区域生态与环境安全问题, 如酸雨、光化学烟雾以及地面臭氧洞等。就全球范围来看, 这些生态与环境安全问题在亚洲显得更为突出 (Gratzen, 2001)。火灾近年在全球频繁发生, 已经成为一些区域大气环境质量恶化的另一个重要原因, 如频发的印度尼西亚火灾, 造成这一地区严重的大气烟尘污染, 目前这种大气污染已影响到 2500 多万人口, 造成 120 亿美元的损失, 并造成区域性的气候异常 (Tay et al., 2001)。温室气体的排放不仅与工业化水平有密切关系, 还与城市和区域性的产业结构相连, 诸如能源和矿物的消耗、食品供给、市区的水与交通、信息与通讯服务、运输过程等, 都从生产与消费两个方面影响着城市和区域产业的新陈代谢过程, 其结果必然影响到大气质量和加速全球及区域气候的变化 (Vellinga, 2001)。这种变化在微观层面与市场相关, 在中观层面与区域经济有关, 在宏观层面则与全球经济和体制变革密不可分, 愈想管理全球生态与环境变化, 就必须将这三个层面综合考虑。由此可以看出, 温室气体的排放正是全球、区域与地方产业结构变迁、技术经济变革的产物, 也是造成不同空间尺度生态安全水平变化的驱动因素。

3. 生物资源开发与生态安全

生物资源是人类食物与健康的基本战略资源。人类活动特别是生物资源开发对生物多样性的影响极为广泛和深刻。1992 年, 在巴西里约热内卢召开的联合国环境与发展大会上, 签署了国际生物多样性协议; 到 2000 年 8 月, 已有 178 个国家和地区批准执行这一协议。在执行这一公约的过程中, 仍然存在很多的问题, 诸如海洋生物多样性如何保护 (Richardson, 2001), 生物多样性资源作为不同国家和地区的战略资源, 如何在保护过程中共享这些资源, 特别是作为食品或药品开发的自然物源, 应如何实现跨行政区界的保护和利用, 目前仍难达成一致。生物多样性对地球系统功能的维持到底起多大作用? 首先提供给人类的基本服务是食物、净水、娱乐; 其次是维持全球气候系统稳定的重要因素; 第三也是区域生态安全与否的标志。生物多样性常常与人类社会的活动密切相关, 其中人造物种的出现, 对自然物种的进化影响愈来愈加突出, 这就从根本上改变了自然生态系统的功能, 进而影响到食物的质量, 特别是食物的安全水平 (Diaz, 2001)。对自然生态系统的恢复, 一直是恢复生态学的一个主题。20 世纪中叶, 人类开始改变地球表面生态系统分布的格局, 人类需要从自然生态系统中获取更多的物质, 如

食物和生产原料,并使许多的自然生态系统消失,转而成为城市或工厂。到 21 世纪末,地球上的人口可能达到 100 亿,伴之持久的农业化、工业化和城市化过程,必然对自然生态系统还会产生更为广泛的影响,从而使部分生态系统退化,又使部分生态系统得以恢复。无论在陆地还是海洋,恢复与重建退化的生态系统,对确保人类食物安全以及人类娱乐都有着极为重要的作用 (Ausbel, 2001)。由于全球变化,特别是气候变暖,再加上全球一体化进程中所引起的贫富悬殊,进而所产生的一系列社会、经济的变化,人们似乎认识到地球系统变得更加脆弱。因此,就会从广度和深度等方面影响全球生物多样性的安全,转而影响人类赖以生存的生物多样性资源,进而导致在一些地方发生灾荒。为此,加强对生物多样性的保育,合理利用生物资源,在某种程度上就是保护人类生存。

§ 1.2 加强土地利用/覆盖变化及其生态安全响应机制的研究

LUCC 对生态安全影响主要表现在对生态系统结构、功能及演变的影响,其中在宏观上对生态系统多样性的影响最为明显;在微观上对生物种群和土壤类型多样性的影响最为突出。

1.2.1 土地利用/覆盖变化与生态系统响应

土地利用对于生态环境的影响是多方面的,生物多样性安全以及与之紧密相关的食物资源安全、水资源安全和土地资源安全等均与区域土地利用强度和格局密切相关。联合国环境规划署通过对 1972~2002 年间全球变化重要问题进行跟踪和分析指出,目前全世界已经有 22% 的陆地表面被开发为农田、种植园或建成区,到 2032 年将增加到 48% (UNEP, 2002)。土地利用造成的景观分割、景观破碎等,引起生境组合发生变化,导致大量的物种消失或正在消失 (Fink, 1996; Forman, 1995; Vitousek, 1994) 曾指出,土地利用/覆盖变化对生物多样性变化预测的重要性与 CO_2 增加对预测气候变化的重要性几乎相同。许多研究都表明,人类对土地资源的需求继续以巨大的生物多样性损失为代价,土地利用很可能是 5 个影响生物多样性全球性因素中作用最为明显的因子 (这 5 个因子分别为土地利用、气候变化、土壤氮储量、生物交换、大气中 CO_2 含量) (Donohue et al., 2000; Sala et al., 2000),即使是以可持续利用的模式进行模拟预测,到 2032 年也还将会 56% 左右的区域继续丧失生物多样性 (UNEP, 2002)。

土地利用也是影响土地质量、生物地球化学循环、区域气候特征、水资源以及自然灾害发生的重要影响因素 (Boulet et al., 1999; Fu et al., 2000; Mander et al., 1998)。开垦农田、耕作制度、农田管理和经营方式现代化,导致土壤中自然有机质含量降低;化肥使用量不断增加,不仅改变了生态系统的物质循环特征,而且常常导致土地退化 (Rasmussen et al., 1998)。土地利用通过对下垫面性质,如地表反射率、粗糙度、植被叶面积指数等的变化,导致温度、湿度、风和降水等发生变化,因此,它是引起局地与区域气候变化的重要因素 (Pielke et al., 1991)。随着土地开发利用范围的扩大与强度的增加,会造成对水资源需求量的急剧增加。IIASA 项目的 LUCC 计划,就设计过土地利用变化对水资源影响的模型研究 (IIASA, 1998)。同时,有研究表明,

在一个流域内部的各种土地利用土地覆盖类型比例的变化,是造成河流水质发生变化的主要原因 (Murray et al., 1999)。

1.2.2 生态安全条件下的土地利用/覆盖格局的厘定

生态安全条件下的土地利用格局的厘定是近年来提出的新概念,IIASA (1989) 将“生态安全”定义为:人的生活、健康、安乐基本权利、生活保障来源、必要资源、社会秩序和人类适应环境变化的能力等不受到威胁的状态。生态安全研究的对象具有特定性和针对性,主要集中在生态脆弱地区,对生态安全的评价标准也具有相对发展性。生态安全的研究要体现人类活动的能动性,在分析、评价的基础上还要研究如何建立生态安全保障体系 (肖笃宁, 2002)。生态安全条件下的土地利用格局的厘定是当前 LUCC 研究的前沿课题。土地利用及其变化集中体现了人类改造地球表面的景观过程 (Turner, 1990),是人类通过其区域性经济和社会活动影响全球变化和区域性生态安全的重要原因之一,揭示土地利用变化与生态安全之间的相互作用机理,对制定区域土地可持续利用政策等有着重要的科学价值和生产价值。

改变土地利用/覆盖结构与格局是人类通过政策和管理措施在区域尺度上进行地表过程调控、维护和改善生态环境的有效切入点。调整土地利用结构与格局,恢复和重建地表覆盖自然格局,建立合理的土地利用及生态-生产范式,已经被很多学者认为是遏制全球环境恶化、维持和改善区域生态环境质量的重要途径 (蔡运龙, 1999; 宫鹏等, 1997; 冷疏影等, 1999; 史培军, 2002; 张新时, 2001; Christensen et al., 1997; Dahl et al., 2000; Glean et al., 1998; Gutzwiller, 2002; Stocking et al., 2001)。

§ 1.3 探求我国生态安全条件下土地利用/覆盖的宏观格局

我国处在欧亚大陆的东部,受多种气候系统的影响,自然状况下的土地覆盖就存在着明显的地域差异。诸如东部沿海地区,受海陆过程的影响,形成明显的海岸带环境,海洋生态系统与沿海陆地生态系统交错分布;广大东部平原、丘陵及低山组成的陆地生态系统与湿地 (主要是河流与湖泊) 生态系统交替分布;西北内陆山地与盆地相间,山区垂直带谱组成的森林、草原、草甸生态系统与盆地以流动沙丘及干燥剥蚀高 (平) 原戈壁组成的荒漠生态系统镶嵌分布;青藏高原山原相间,在缺氧环境下形成的高寒荒漠及湿地生态系统与其边缘高山峡谷垂直带谱组成的森林、草原、草甸生态系统呈成层分带展布。自从距今 8000~6000 年以前,所有这些理想的天然地表覆盖的空间分布格局,受到人类活动的逐渐影响。经过 6000 多年以来的持续人类影响,在我国的大部分地区自然生态系统的空间格局已被人类各种土地利用所改变,土地利用/覆盖空间格局在很大程度上记录了人与自然相互作用的过程,并逐渐形成了具有典型特征的区域土地利用/覆盖格局的空间模式。诸如珠江三角洲地区的“桑 (果) 基鱼塘密布”、长江三角洲地区的“城乡河湖交错”、华北及东北平原地区的“都市乡村环状展布”、广大中西部平原、河谷地区的“城乡带状延伸”等。然而由于人口的与年俱增,农业化、工业化与城市化过程的广泛而深入的推进,我国不同区域的土地利用/覆盖格局与本来自然的土地