

QUYU TUDI LIYONG
SHENGTAI GUANKONG YANJIU

区域土地利用 生态管控研究

谢花林 姚冠荣 著

中国环境出版社

国家自然科学基金项目 (No. 41361111 & No. 41461019)

区域土地利用生态管控研究

谢花林 姚冠荣 著

中国环境出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

区域土地利用生态管控研究/谢花林, 姚冠荣著. —北京:
中国环境出版社, 2014.12
ISBN 978-7-5111-2153-0

I. ①区… II. ①谢…②姚… III. ①土地利用—区
域生态环境—管理控制—研究 IV. ①F301.2②X321

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 287545 号

出版人 王新程
责任编辑 张维平
封面设计 岳 帅

出版发行 中国环境出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
010-67112738 (管理图书出版中心)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京中科印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2014 年 12 月第 1 版
印 次 2014 年 12 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 15.75
字 数 344 千字
定 价 60.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载, 侵权必究。】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

前 言

国土是生态文明建设的空间载体，是我们赖以生存和发展的家园。我国辽阔的陆地国土和海洋国土，是中华民族繁衍生息和永续发展的家园。党的十八大报告提出，大力推进生态文明建设，优化国土空间开发格局，构建科学合理的城市化格局、农业发展格局、生态安全格局。《中共中央关于全面深化改革若干重大问题的决定》重申，要划定生产、生活、生态空间开发管制界限。构建生态良好的土地利用安全格局已经上升为国家意愿。

近年来，由于一些不合理的土地利用方式或行为，导致土地污染与生态破坏日益严重。一方面在建设用地需求日益增加的背景下，为满足耕地“占一补一”政策的要求，沿海滩涂湿地以及其他生态用地（尤以湖泊等湿地以及草原为首）正面临农业开发的威胁。生态用地的过度开发将导致生物多样性丧失、生态退化、生态调节能力下降等灾难性后果。另一方面我国面临的土壤环境安全问题愈益突出。据环境保护部和国土资源部2014年4月17日发布的《全国土壤污染状况调查公报》显示，全国土壤环境状况总体不容乐观，全国土壤总的点位超标率为16.1%。从土地利用类型看，耕地土壤的点位超标率高于其他土地利用类型，点位超标率为19.4%，林地和草地土壤的点位超标率分别为10.0%和10.4%。在点位超标的耕地中，轻微、轻度、中度和重度污染点位比例分别为13.7%、2.8%、1.8%和1.1%。耕地土壤的主要污染物为镉、镍、铜、砷、汞、铅、滴滴涕和多环芳烃等。

鉴于我国的土地污染和土地生态破坏问题，土地利用生态管控是一项功在当代、利在千秋的公益事业，开展土地利用生态管控工作尤为重要。土地利用生态管控是指基于人地协调理念，以维护土地生态系统结构和功能的健康与稳定为前提，以促进社会经济与生态环境的协调发展、实现土地资源的可持续利

用和提升区域土地利用生态系统服务功能为目标,利用技术、行政、经济和法律等手段对区域土地利用进行生态化管理和调控的综合性活动。开展区域土地利用生态管控研究,可以防止土地退化和改善区域生态环境质量,同时对于优化国土空间格局,提升区域生态文明建设水平,为人民提供更多生态福祉,具有重大的现实意义。

本书在土地利用生态管控内涵界定和基本原理构建的基础上,系统地探讨了区域土地利用生态管控的理论基础和主要方法,遵循土地利用的生态环境影响评价→土地利用生态演变特征及其驱动机制分析→关键性生态用地空间识别→土地利用安全格局调控模拟→土地利用安全格局构建→管控手段的研究思路,选取典型案例区进行了实证研究,以期为区域土地利用生态管控方案的科学制定提供技术支持与案例参考,促进区域人类社会经济和生态环境的协调发展。

本书共分为9章,各章节的主要内容如下:

第1章探讨了区域土地利用生态管控研究的背景和意义,系统梳理了国内外相关研究进展,提出了区域土地利用生态管控的技术路线。

第2章探讨了区域土地利用生态管控研究的理论基础,具体包括系统论和控制论、综合生态系统管理理论、景观生态学理论、自然资源价值理论、土地利用行为理论、博弈论和规制理论。

第3章探讨了区域土地利用生态管控研究的基本原理,具体包括内涵界定、目标与原则、管控内容、系统要素、管控机制和管控的一般程序。

第4章探讨了区域土地利用生态管控的主要方法,具体包括景观格局分析法、Logistic回归分析法、空间统计学分析法和模型模拟法。

第5章在总结土地利用的生态环境效应及其管控启示的基础上,选取南方红壤丘陵典型区域——江西省兴国县,农牧交错带的典型区域——内蒙古自治区翁牛特旗为案例区,基于景观结构法和生态安全法,分别开展了土地利用生态风险评价和土地利用规划环境影响评价实证研究。

第6章选择农地弃耕及其生态转型、区域生态用地变化两个专题,并考虑

不同的空间尺度,基于空间显性经济学模型、空间自回归模型和 Logistic 回归模型,分别以江西省、鄱阳湖生态经济区和京津冀地区为案例区开展了实证研究,试图探明区域农地生态转型和生态用地演化的特征及其驱动机制。

第 7 章构建了区域土地利用安全格局构建的基本思路和技术体系,即基于生态重要性评价的区域关键性生态空间识别→基于元胞自动机(CA)模型的土地利用安全格局情景模拟→基于蚁群优化模型的土地利用安全格局构建,并选取甘肃省兰州市和江西省兴国县为案例区开展了实证研究。

第 8 章探讨了区域土地利用生态管控的技术、经济、行政和法律手段。其中技术手段包括土地利用生态评价、土地利用变化驱动机制分析、土地利用预测与模拟、土地生态规划、土地生态修复技术和土地科学决策支持系统建设。经济手段包括产权、财税、价格、补贴等方面。行政手段一般包括地籍管理(含地权管理)、地用管理(包括生态用地计划管理、生态用地规划管理和土地生态用途管理)和土地生态破坏防治管理。法律体系包括利用方式和规模、规范和标准、检查和监督、引导和控制、生态补偿费用征收、利益分配等内容。

第 9 章对区域土地利用结构、格局、过程、质量和生产力的生态管控研究做了展望。其主要包括区域最小生态用地测算与管控、区域生态承载力约束下的土地利用结构优化调控、区域土地生态安全格局管控、区域生态、生产和生活空间协同发展与优化调控、区域生态用地演化的行为机制与调控、区域农地生态转型的发生机理与调控、区域土地生态安全预警调控、农用地(耕地)质量的生态管控、城市污染土地的生态管控、生态-生产范式的预测模拟及其调整和优化等研究领域。

本书的内容是在课题组承担的国家自然科学基金项目“基于生态位 CA 的区域关键性生态空间辨识与预警研究——以鄱阳湖地区为例”(41361111)、国家自然科学基金项目“基于生态位 CA-MAS 的红壤丘陵区土地利用多目标协同模拟与预警调控研究——以江西兴国县为例”(41461019)、江西省自然科学基金重大项目“鄱阳湖流域生态保护红线空间的识别机理与预警机制研究”(20143ACB21023)和江西省科技落地计划项目“江西省土地生态安全预警信

息系统的开发研究”(KJLD14033)等项目资助下的前期部分研究成果基础上整理而成的。区域土地利用生态管控研究涉及的领域较广,是一项复杂的系统工程,本书引用了大量的相关文献,在此对相关文献的作者们表示衷心的感谢和诚挚的谢意。

江西财经大学博士研究生刘志飞、刘桂英、王伟,硕士生刘曲、蒋海龄和张道贝等参与了部分工作的研究,同时刘志飞、刘桂英、王伟,蒋海龄、张道贝和王丽影参与了书稿的校对工作,在此对他们表示衷心的感谢。

鉴于区域土地利用生态管控研究本身的复杂性,涉及众多学科的理论和方法,本书所涉及的研究内容也仅仅是对区域土地利用生态管控研究的粗浅层面。特别是其理论和方法还不成熟,再加上作者能力有限,书中难免会有欠妥之处,诚请读者不吝斧正。

目 录

第 1 章 绪论.....	1
1.1 研究背景.....	1
1.2 研究意义.....	2
1.3 国内外相关研究进展.....	3
1.4 研究目的和研究内容.....	18
1.5 技术路线与研究方法.....	19
参考文献.....	22
第 2 章 区域土地利用生态管控的理论基础.....	32
2.1 系统论和控制论.....	32
2.2 综合生态系统管理理论.....	35
2.3 景观生态学理论.....	38
2.4 自然资源价值理论.....	42
2.5 土地利用行为理论.....	45
2.6 博弈论.....	49
2.7 规制理论.....	52
参考文献.....	56
第 3 章 区域土地利用生态管控基本原理.....	58
3.1 区域土地利用生态管控的内涵.....	58
3.2 区域土地利用生态管控的目标.....	59
3.3 区域土地利用生态管控的原则.....	61
3.4 区域土地利用生态管控的内容.....	62
3.5 区域土地利用生态管控的系统要素.....	63
3.6 区域土地利用生态管控的机制.....	63
3.7 区域土地利用生态管控的一般程序.....	68
参考文献.....	69
第 4 章 区域土地利用生态管控的研究方法.....	70
4.1 景观格局分析法.....	70
4.2 Logistic 回归分析法.....	81
4.3 空间统计学分析法.....	84

4.4 模型模拟法	92
参考文献	100
第5章 区域土地利用的生态环境影响实证研究	103
5.1 土地利用的生态环境效应及其管控启示	103
5.2 基于景观结构的兴国县土地利用生态风险评价研究	105
5.3 基于生态安全的翁牛特旗土地利用规划环境影响评价研究	118
参考文献	126
第6章 区域土地生态演化过程管控实证研究	129
6.1 基于空间显性经济学模型的江西省农地生态转型驱动力与管控启示研究	129
6.2 基于空间统计学的鄱阳湖生态经济区生态用地变化驱动力与管控启示研究	143
6.3 基于 Logistic 回归模型的京津冀地区生态用地演变驱动力与管控启示研究	155
参考文献	165
第7章 区域土地利用格局的生态管控实证研究	169
7.1 基于 GIS 的兰州市关键性生态空间识别研究	170
7.2 基于 CA 模型的兴国县土地利用安全格局调控情景模拟研究	191
7.3 基于蚁群优化模型的兴国县长冈乡土地利用安全格局构建与分区管制研究	200
参考文献	212
第8章 区域土地利用生态管控手段研究	215
8.1 土地利用生态管控的技术手段	215
8.2 土地利用生态管控的经济手段	218
8.3 土地利用生态管控的行政手段	222
8.4 土地利用生态管控的法律手段	229
参考文献	235
第9章 研究展望	237
9.1 区域土地利用结构的生态管控研究展望	237
9.2 区域土地利用格局生态管控研究展望	238
9.3 区域土地生态演化过程管控研究展望	240
9.4 区域土地质量的生态管控研究展望	241
9.5 区域土地生产力的生态管控研究展望	242
参考文献	244

第1章 绪论

1.1 研究背景

土地是人类生存与发展的基础，是衣食之源和人类活动的空间载体。土地利用是人类为了一些经济和社会目的，通过一系列生物和技术手段管理和更新土地的过程（Li, 1996; Vitousek et al., 1997）。有关研究表明，土地利用变化能够直接改变地表的覆盖状况，它一方面改变地球表面物理特征（如粗糙度、反照率、土壤含水量等），影响与气候直接有关的地表与大气之间的能量和水分的交换过程；另一方面又能够改变地球表面的生物地球化学循环过程，影响地表与大气之间的微量气体交换。而且土地利用变化还通过土地覆盖的改变而直接影响到生物多样性，影响区域的水分循环特征，改变生态系统的组成和结构，从而对区域生态系统的功能产生影响，进而影响生态系统服务的价值。近年来，由于一些不合理的土地利用方式或行为，导致环境污染与生态破坏日益严重，出现温室效应、酸雨区扩展、自然资源短缺、水土流失、土壤沙化、森林减少、草场退化、洪涝灾害和土壤污染等生态环境问题，严重威胁着人类的生存与发展。

由于受“一要吃饭，二要建设，兼顾生态”政策的影响，我国土地利用长期以来突出强调食物生产属性和人类空间利用属性的价值取向，而对于土地支撑自然生态系统和维持人工生态系统的重要基础作用重视不足。这突出体现在目前试行的土地分类系统中没有生态用地这一类别，各级土地利用总体规划中也没有将自然生态保护作为一项基本内容。在建设用需求日益增加的背景下，为满足耕地“占一补一”政策的要求，沿海滩涂湿地以及其他生态用地（尤以湖泊等湿地以及草原为首）正面临农业开发的威胁。生态用地的过度开发将导致生物多样性丧失、生态退化、生态调节能力下降等灾难性后果（苏伟忠，2007）。

为此，党的十八大报告提出，大力推进生态文明建设，优化国土空间开发格局，构建科学合理的城市化格局、农业发展格局、生态安全格局。要按照人口资源环境相均衡、经济社会生态效益相统一的原则，控制开发强度，调整空间结构，促进生产空间集约高效、生活空间宜居适度、生态空间山清水秀，给自然留下更多修复空间，给农业留下更多良田，给子孙后代留下天蓝、地绿、水净的美好家园。《中共中央关于全面深化改革若干重大问题的决定》重申，要划定生产、生活、生态空间开发管制界限。我国最新一轮《全国土地

利用总体规划纲要（2006—2020）》中也明确提出了“按照建设环境友好型社会的要求，立足构建良好的人居环境，统筹安排生活、生态和生产用地，优先保护自然生态空间，促进生态文明发展。”《全国土地利用总体规划纲要（2006—2020）》进一步提出，要严格保护基础性生态用地，构建生态良好的土地利用格局。构建生态良好的土地利用安全格局已经上升为国家意愿，为我国土地利用管理的理论研究与区域实践指明了方向。

1.2 研究意义

1.2.1 理论意义

（1）有利于丰富土地利用管理学科的理论体系。本研究创新性地提出了区域土地利用生态管控的内涵、目标与原则、管控内容、系统要素和管控机制等理论，丰富了土地利用管理学科的理论体系。

（2）有利于创新土地利用空间管控方法体系。本研究提出了基于 GIS 的区域关键性生态用地空间识别方法、基于景观结构的区域土地利用生态风险评价方法、基于 CA 模型的区域土地生态安全格局调控模拟方法和基于蚁群优化模型的区域土地利用安全格局构建等，创新了土地利用空间管控方法体系。

1.2.2 实践意义

（1）有利于防止土地退化，改善区域生态环境质量。在诸多影响区域生态安全的因素与过程中，土地利用/覆被及其格局的变化是影响区域生态安全最重要的方面（高清竹，2006；谢花林，2008）。改变土地利用/覆被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，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（史培军，2004）。因此，进行区域土地利用生态管控研究有利于防止土地退化，维护和改善区域生态环境质量。

（2）有利于优化国土空间格局，提升区域生态文明建设水平。国土是生态文明建设的空间载体，优化国土空间格局，建立生态环境良好的土地利用格局是我国建设生态文明建设的重要内容之一。本研究进行了土地利用的生态环境影响、土地生态演化过程驱动力及其管控、土地利用格局的生态管控等若干典型案例区的实证研究，对于优化国土空间格局，提升区域生态文明建设水平，具有重要的实践意义。

（3）有利于为人民提供更多生态福祉。区域基础性生态用地不仅可以为我们的生存直接提供各种原料或产品（食品、水、氧气、木材、纤维等），而且在大幅度上具有调节气候、净化污染、涵养水源、保持水土、防风固沙、减轻灾害、保护生物多样性等功能，进而为人类的生存与发展提供良好的生态环境。良好的生态环境是最公平的公共产品，是

最普惠的民生福祉。生态环境一头连着人民群众生活质量，一头连着社会和谐稳定；保护生态环境就是保障民生，改善生态环境就是改善民生。因此，进行区域生态用地管控研究，可以提升区域生态产品的供给能力，为人民提供更多的生态福祉。

因此，本研究在界定土地利用生态管控内涵的基础上，系统地探讨了区域土地利用生态管控的基础理论、基本原理和主要方法，遵循土地利用的生态环境影响评价→土地利用生态演变特征及其驱动机制分析→关键性生态用地空间识别→土地利用安全格局调控模拟→土地利用安全格局构建→管控手段的研究思路，选取典型案例区进行了实证研究，以期为区域土地利用生态管控方案的科学制定提供技术支持与案例参考，促进区域人类社会经济与生态环境的协调发展，为我国生态文明建设提供重要的理论基础和实践参考。

1.3 国内外相关研究进展

1.3.1 土地生态分类研究进展

土地分类是按照土地的自然和经济属性及其他因素进行的综合分类，它既是认识土地的开始，也是调整土地利用结构，以及充分合理地开发利用土地资源并对土地实施动态监测和有效控制的重要环节（秦明周，1997）。目前我国广泛应用的土地利用分类体系主要以土地的社会经济属性为基础，忽视其生态属性，导致以提供生态系统服务为主、保障生态安全的土地缺乏保护机制，具有重要生态功能的土地得不到有效保护（史培军，2004）。近年来，众多学者呼吁建立新的土地利用分类体系，把生态用地作为一级土地利用类型，从而明确生态用地的法律地位，确保生态建设的用地需求，实现可持续发展目标（董雅文等，1999；岳健等，2003；史培军，2004；唐双娥，2009；邓红兵等，2009；俞孔坚等，2009；喻锋等，2015）。

目前，国际上对于生态用地的内涵没有明确和统一的定论，生态用地也尚未作为一个独立的用地类型提出（喻锋等，2015）。生态土地分类（Ecological Land Classification）属于土地分类中的分布学途径，它以土地资源管理为目的，试图对整个生态系统进行组织、分级和评估，突出了土地的综合性和生态属性（Richard，1996）。国外的生态用地分类，一般都从宏观上把土地看作一个整体进行分类，不少都渗透了生态用地的思想和理念。如Bailey（1981）认为土地是复合生态系统，在分类时将生态系统综合成较大的地理单元，将其与周围有交互作用的单元联系起来；Zonneveld（1990）认为景观是土地的同义语，基于景观生态学理论提出了包括生态地境、土地片、土地系统、主景观等在内的不同空间分布等级；在土地生态利用实践上，以堪萨斯城土地生态分类为代表（Apfelbaum et al.，2004），美国的生态土地分类中绝大部分都是未经人为开发利用的自然土地，并在土地利用分类中把湿地划分为一级类，充分体现了对土地生态特性的重视和保护。

在国内，众多学者从不同的学科视角开展了生态用地的概念界定与分级分类研究。石

玉林院士在中国工程院咨询项目《西北地区水资源配置与生态环境保护》报告中指出,在西北干旱区,生态用地是指具有干旱区防治和减缓土地荒漠化加速扩展功能的土地,可以作为“缓冲剂”,以达到保护和稳定区域生态系统的目标(张红旗,2004)。岳健等(2003)对生态用地的概念做了更为定性的描述,认为生态用地是指除农用地和建设用地以外的土地,包括为人类所利用但是用于农和建设用以外的用途,或主要由除人类之外的其他生物所直接利用,或被人类或其他生物间接利用,并主要起着维护生物多样性及区域或全球的生态平衡以及保持地球原生环境作用的土地。邓小文等(2005)认为生态用地是指将生态系统稳定在一定水平上所需要的土地,并按功能将其分为服务型生态用地和功能型生态用地。王振健等(2006)将生态用地分为湿地生态用地和绿化生态用地。唐双娥(2009)从法学视角认为生态用地可界定为保证人类生态安全、以发挥生态功能为主的土地,或者其生态功能重要或非常脆弱需要修复、保护的生态用地,并认为应强化生态用地的公益性。邓红兵等(2009)从生态服务角度出发,定义区域或城镇土地中以提供生态系统服务为主的土地利用类型为生态用地,并将区域土地分为生态用地、生产用地和生活用地三大类型,生态用地按照不同生态系统服务可分为自然用地、保护区用地、休养与休闲用地和废弃与纳污用地4个二级类型。俞孔坚等(2009)则认为生态用地是在不同空间尺度上对维护关键生态过程和提供生态系统服务具有重要意义的土地单元。喻锋等(2015)将生态用地界定为:生产性用地和承载性用地以外,以提供生态产品、环境调节和生物保育等生态服务功能为主要用途,对维持区域生态平衡和可持续发展具有重要作用的土地利用类型。并以生态系统服务主体功能为基础,将生态用地划分为湿地、森林、草地和其他生态土地4个一级类型,其中湿地、森林、草地统称为基础性生态用地,其他生态用地(包括盐碱地、沙地、裸岩及裸土地、高寒荒漠及苔原、冰川及永久积雪)则为保全性生态用地。

总体上,国内生态用地的概念界定在区域尺度上主要形成三种观点(喻锋等,2015):第一种观点是“生态要素决定论”(董雅文等,1999),主要从土地空间形态角度来定义生态用地,将生态要素的空间定位界定为生态用地,按空间展布形态分为两类:成片森林、湖泊水体、湿地、农业用地以及开敞空间等属于斑块状生态用地,河流、交通走廊、沿海滩涂等属于线状或带状生态用地。第二种观点是“生态功能决定论”(宗毅等,2005;韩学敏等,2010),单纯从土地生态功能角度来定义生态用地,认为凡是具有生态服务功能、对于生态系统和生物生境保护具有重要作用的土地都可视为生态用地,包括农田、林地、草地、水域和沼泽等在内的、地表无人工铺装的、具有透水性的地面等都可以纳入生态用地的范围。第三种观点是“主体功能决定论”(岳健等,2003;唐双娥,2009;邓红兵等,2009;俞孔坚等,2009;喻锋等,2015),侧重从土地主体功能角度来定义生态用地,认为以发挥生态功能为主的土地(包括人类不直接利用,但在维护生物多样性、生态平衡以及地球原生环境等方面作用明显的土地),或者其生态功能重要或生态环境脆弱、生态敏感性较高,需要修复、保护的生态用地才可算作生态用地,对于以经济产出为核心目的的农业生产用地,如耕地、养殖水面等不作为生态空间考虑。

综上所述,目前生态用地的界定与分类方法多以概念描述和定性分析为主,且在如何界定生态用地的范围和分类分级等方面还没有形成统一的认识。泛泛地将某些地类划归为生态用地,某些地类划归为非生态用地,这种生态用地的定性界定方法还有待完善。除了地块的土地利用类型等定性特征以外,生态服务价值和景观分析指数等指标分析将是确定地块是否属于生态用地的重要量化指标(陶陶,2014)。

在管理中,相关行政主管部门虽然一直未对生态用地的概念和内涵进行专门界定,但“生态用地”一词却在政策文件中屡被提及,生态用地的生态功能更是得到突出强调。例如,《全国土地利用总体规划纲要(2006—2020)》提出,充分发挥各类农用地和未利用地的生态功能,严格保护基础性生态用地,严格控制对天然林、天然草场和湿地等基础性生态用地的开发利用;规划期内具有重要生态功能的耕地、园地、林地、牧草地、水域和部分未利用地占全国土地面积的比例保持在75%以上。《全国生态环境保护纲要》提出:“加强生态用地保护,冻结征用具有重要生态功能的草地、林地、湿地。”此后在《全国生态功能区划》中明确了我国生态保护的50个重要生态功能区,总面积为 $2.25 \times 10^6 \text{ km}^2$ 。《全国主体功能区规划》提出“严禁改变重点生态功能区生态用地用途”,并明确划定了我国25个重点生态功能区,涉及县域行政区面积为 $3.86 \times 10^6 \text{ km}^2$ 。可以看出,受限于管理职能的不同侧重点,不同部门在实施生态用地管制的范围上仍存在较大分歧(喻锋等,2015)。

1.3.2 土地生态评价研究进展

1.3.2.1 土地利用变化的生态环境效应评价

土地利用/覆被变化(LUCC)的生态环境效应评价有助于了解区域土地利用活动与生态环境的协调状况,对于准确诊断土地利用活动所导致的生态环境问题具有重要意义。已有研究可以归纳为三类:一是关注LUCC的大气、土壤、水和生物等单要素环境效应;二是从区域生态系统整体视角关注LUCC驱动下的生态系统服务价值变化;三是从景观生态学视角关注LUCC的景观生态效应。

在LUCC的大气环境效应方面,Crutzen(1990)估计,大气中60%的CO和80%的N₂O来源于土地利用类型和覆被格局的改变。Virtuosic(1997)估算在过去150年间,土地利用变化和矿物燃料的燃烧已向大气层排放了大量的CO₂,导致大气中CO₂的含量大约增加了30%。Kalnay(2003)研究得出土地利用变化导致气温升高。曲福田等(2011)从农用地向非农用地转换、农用地内部土地利用以及非农用地内部土地利用三个方面综述了土地利用变化对碳排放的影响,发现农用地向非农用地的转换会增加碳排放量;农田转换为森林或草地能够使土壤和植被碳储量增加,但是土壤碳汇集速率存在一定的差异;农田、森林和草地管理措施对生态系统碳循环的影响目前还存在争议,但基本观点是合理的管理措施能够减少碳排放值;从能源消耗角度考虑,非农用地、二产用地向三产用地转换会减少碳排放量。

在 LUCC 的水文环境效应方面, Pereira (1973) 对美国 Tennessee 山区的调查报告显示, 由于林地面积的扩展减少了这个区域径流量的 50%。Murray 等 (1999) 在对密歇根州西南部河流流域的研究中发现, 土地利用形式的改变, 特别是由于工业化的发展, 大量的重金属和有机化学物质排入地下, 不仅造成浅含水层的污染, 而且对整个 Rouge 河流的水质产生了非常恶劣的影响。熊兴 (2010) 以东莞市为研究区域, 采用土地利用变化速率、土地利用转移矩阵及景观指标, 分析了近 20 年东莞市土地利用变化过程及其对水体的生态效应。赵阳等 (2012) 利用 AWY 模型及分离评判法定量分析了 1956—2010 年气候和土地利用变化对华北土石山区潮白河流域年径流的影响。袁勇等 (2012) 研究了嫩江流域土地利用尺度变化对蒸散发的影响, 结果表明, 尺度变化对流域蒸散发量数值影响较小, 但使其分布质心最终向着占地面积大的土地利用类型方向移动。曹隽隽等 (2013) 研究了江汉平原土地利用演变对区域径流量的影响, 结果表明, 30 年来随着降雨量的减少, 两江径流对降雨的响应程度在减弱, 人类活动尤其是土地利用/覆被变化对区域径流量的影响在增加。曾思栋等 (2014) 在构建分布式水文模型及元胞自动机-马尔科夫土地利用预测模型基础上, 以滦河流域为例分析了三种 LUCC 情景下径流的变化响应。

在 LUCC 的土壤环境效应方面, Likens 等 (1970) 对美国 Hubbard 地区的研究表明, 森林砍伐导致该流域土壤氮流失由 4 kg 增加到 142 kg, 森林全部砍伐流域氮的损失是未受干扰地区氮损失的 35 倍。傅伯杰等 (1999) 以黄土丘陵沟壑区羊圈沟流域为研究对象, 从小流域、坡面和单一土地利用类型三个尺度层次上研究了土地利用变化对流域土壤侵蚀、土壤养分和土壤水分的影响。陈松林 (2000) 利用 GIS 分析了福建省延平区土地利用与土壤侵蚀程度的关系, 得出它们之间存在显著关系。张晓霞等 (2011) 通过实地调查和采样分析, 研究了陕北水土流失区四种土地利用方式下土壤有机碳分布特征, 发现区内林地和草地土壤的固碳能力强于果园和坡耕地。方晰等 (2011) 以长沙市南郊山地丘陵区为研究对象, 研究了城乡交错带不同土地利用方式对土壤理化性质的影响。徐敏云等 (2011) 以农牧交错区未扰动自然土壤的天然草地和扰动自然土壤的开垦农田为研究对象, 研究了农牧交错区土地利用和管理方式对土壤碳库的影响, 结果表明, 土地利用及管理方式的变化改变了土壤体积质量及土壤有机碳含量, 进而影响了土壤有机碳密度; 围封割草或控制放牧, 是适宜农牧交错区增加生态系统土壤碳贮量的利用途径。刘芳等 (2012) 基于野外实测剖面数据, 借助于数理统计方法探讨了采样点尺度上土地利用对伊犁新垦区表层土壤养分变异性的影响。王燕等 (2014) 在甘肃河西地区选择种植大麦和苜蓿的不同程度盐渍化农田为研究对象, 研究了土地利用方式对干旱区盐渍化农田土壤理化特性的影响。李忠武等 (2014) 以红壤丘陵区典型区域为对象, 采用野外调查与室内分析相结合的方法, 研究了侵蚀背景下红壤丘陵区不同土地利用方式对土壤活性有机碳的影响规律。康文慧等 (2014) 研究了内蒙古达拉特旗土地利用方式对土壤养分的影响, 发现传统农业区土壤养分保持能力最好, 是比较适宜的土地利用方式。陈众等 (2015) 选取安徽省霍山县大官山的典型研究区域, 通过径流试验, 分析了近 20 年 6 种典型土地利用方式的侵蚀产沙

特性及影响因素, 研究发现, 防止土壤流失最有效的是梯田, 而顺坡耕作区水土流失量最大。

在 LUCC 的生物环境效应方面, Houghton (1994) 研究认为, 农业垦殖区向森林区的延伸改变了边缘区的生态环境, 导致微气候条件变化和外来生物入侵, 最终导致生态边缘区动植物物种的大量减少。Matson 等 (1997) 得出土地转化和利用强度增加会改变生态系统生物相互作用和资源可得性的格局。Jenkins 等 (2000) 分别将土地利用作为一个因子来对未来生物多样性的影响作预测。周启星等 (2005) 对浙江省绍兴县某镇土地利用变化导致的生态效应进行了定量分析, 结果表明, 反映在该小城镇发展过程中出现生物多样性降低, 局部气候恶化等不良生态效应。

土地利用/覆被变化通过改变生态系统的结构和功能, 进而影响生态系统服务的价值。在 LUCC 驱动下生态系统服务价值 (ESV) 变化方面, 刘纪远等 (2009) 基于联合国新千年全球生态系统评估 (MA) 概念框架, 提出了系统完整的三江源区草地生态系统评估指标体系, 提出了退化草地态势遥感分类系统, 以实现大型生态工程实施后年际时间尺度草地生态系统退化态势的分析和评估。石龙宇等 (2010) 以厦门市为例, 通过引入土地利用强度指数, 分析当地 LUCC 过程; 参考已有的研究成果, 构建生态系统服务价值评估模型, 探讨区域整体服务价值的演变过程; 并通过土地系统和生态系统二者的耦合变化关系探讨 LUCC 对生态系统服务的影响过程, 以期为城市土地利用规划及生态环境保护工作提供科学支撑。李偲等 (2011) 分析了土地利用变化对喀纳斯自然保护区生态系统服务价值的影响, 结果表明, 研究期内生态系统服务价值从 26.79 亿元减少到 26.02 亿元, 天然有林地和高覆盖度草地的减少是生态服务价值降低的主要原因; 保持土壤、维持生物多样性、气候调节等单项功能服务价值均呈现不同程度的减少, 说明保护区生态环境不断趋向恶化。李亦秋等 (2011) 以灰色预测为基础, 设计了生态安全、经济发展和综合发展三种目标情景, 并借助于 CLUE-S 模型对丹江口库区土地利用及其生态系统服务价值进行了时空模拟, 结果表明, 水位提高前后土地利用变化引起各生态系统类型、面积及空间分布格局的变化, 直接影响生态系统所提供服务的种类和强度。王水献等 (2012) 通过定量评估焉耆盆地绿洲区土地利用变化对生态系统服务价值的影响, 认为在绿洲开发建设的过程中应加强对湿地和水域的保护。王建强 (2013) 基于内蒙古和林格尔县 1997—2007 年的土地利用变化数据, 运用经济学和环境科学的评估方法并借鉴了科斯坦萨和谢高地等人的评价模型, 评估了和林格尔县土地利用生态系统服务价值的变化情况。高奇等 (2013) 利用中国陆地生态系统单位面积生态服务价值当量表, 结合晋城市经济发展水平进行系数修正, 对晋城市 10 年内土地利用影响下生态系统服务价值的时空变化及其驱动力进行了分析。彭文甫等 (2014) 采用生态系统服务价值评估模型、敏感性指数和价值变率模型, 分析了土地利用变化对四川省生态系统服务价值的影响, 结果表明, 1996—2006 年四川省生态系统服务价值有所增加但缺乏弹性, 林地面积的变化对其生态系统服务价值的变化具有较大影响。

在 LUCC 的景观生态效应方面,张银辉等(2005)对内蒙古河套灌区的研究表明,该灌区土地利用变化产生了生境质量下降、边缘效应显著、土地退化和湿地生态环境恶化等景观生态效应。王娟等(2008)在土地利用变化的基础上,以景观干扰指数和土地利用类型的敏感度指数为评价指标,分析了不同研究时段内不同空间范围的景观生态风险变化情况。陈莹等(2009)以太湖上游西苕溪流域为研究区,运用马尔科夫模型和 CLUE-S 模型,模拟了研究区 2020 年土地利用的空间格局;在此基础上,通过对斑块类型和景观水平上格局指数的变化分析,揭示研究区未来土地利用/覆被变化及其景观生态效应。高永年等(2010)以太湖流域及其一级水生态功能区为研究对象,通过计算景观生态风险值,比较分析了太湖流域及其不同一级水生态功能区景观生态风险差异特征,并探讨了各区景观生态风险与土地利用变化之间的效应关系。Xun 等(2014)利用城市隔离指数,定量评估快速城市化地区城镇扩张对关键生态用地的干扰效应及其时空变化,研究发现,边缘式城镇扩张对关键生态用地的隔离干扰高于飞地式和填充式。

1.3.2.2 土地利用生态安全评价

土地利用生态安全评价是土地生态安全格局构建的基础。目前土地利用生态安全评价研究主要体现在评价指标体系和评价方法两个方面。

建立科学的指标体系与评价标准是土地利用生态安全评价的关键环节,现阶段国内外尚无统一标准的土地资源生态安全评价指标体系,大致分为以下两类:①基于“压力—状态—响应(P—S—R)”框架模型,从土地生态压力、土地生态环境状态和土地生态环境响应三方面进行指标筛选,构建土地资源生态安全评价指标体系(Zhao et al., 2006; 郭斌等, 2010; 刘凌冰等, 2014; 王雪等, 2014; 马红莉等, 2014; 孟展等, 2014)。②从土地自然生态安全系统、土地经济生态安全系统和土地社会生态安全系统三个角度选取指标,构建区域土地资源生态安全评价指标体系(李玉平等, 2007; 冯文斌等, 2013)。另外,何春燕等(2014)从地形条件状况、土地利用状况、土地质量安全状况和土地承载安全状况 4 个方面筛选指标,建立了土地生态安全评价指标体系。这些研究为区域土地资源生态安全评价指标体系的建立提供了一些思路和尝试。喻锋等(2006)从自然生态环境状态、人文社会压力 and 环境污染压力三方面,在像元水平上对皇甫川流域生态安全进行了综合评价,并重点分析了流域土地利用变化与生态安全的关系,从而为科学地组织人类有序活动、调整和优化土地利用格局,以确保流域生态安全提供理论基础。

目前土地利用生态安全评价方法研究还处在实践和探索阶段,比较常用的方法有以下几种:①数学模型法。数学模型法的典型代表是综合指数评价法(Zuo, 2005; Zhao, 2006; 李玉平等, 2007; 马玉妍等, 2014),目前应用最成熟的是 P—S—R 概念模型法(郭斌等, 2010; 王雪等, 2014; 熊勇等, 2014)。由于土地资源生态安全的评价标准具有相对性和发展性,不同时期或者不同国家和地区,其评价标准也会不同,这给土地资源生态安全评价指标安全阈值的确定带来了困难(谢花林, 2008)。基于权重确定的主观