

长三角地区土地利用变化的
生态系统服务响应与可持续管理研究

吴 蒙 著

Responses of
Ecosystem Services
to Land Use Change
and its Sustainability Simulation
in Yangtze River Delta

编审委员会

主 编 张道根 于信汇

副主编 王玉梅 朱国宏 王 振 张兆安
千春晖 王玉峰

委 员 (按姓氏笔画顺序)

王 健 方松华 朱建江 刘 杰
刘 亮 杜文俊 李宏利 李 骏
沈开艳 沈桂龙 周冯琦 赵蓓文
姚建龙 晏可佳 徐清泉 徐锦江
郭长刚 黄凯锋

总 序

当代世界是飞速发展和变化的世界，全球性的新技术革命迅速而深刻地改变着人类的观念形态、行为模式和社会生活，同时推动着人类知识系统的高度互渗，新领域、新学科不断被开拓。面对新时代新情况，年轻人更具有特殊的优越性，他们的思想可能更解放、更勇于探索，他们的研究可能更具有生命力、更富创造性。美国人类学家玛格丽特·米德(Margaret Mead)在《文化与承诺——一项有关代沟问题的研究》一书中提出，向年轻人学习，将成为当代世界独特的文化传递方式。我们应当为年轻人建构更大的平台，倾听和学习他们的研究成果。

上海社会科学院自1958年建院以来，倾力为青年学者的成长提供清新空气和肥沃土壤。在此环境下，青年学者奋然崛起，以犀利的锐气、独到的见识和严谨的学风，向社会贡献了一批批令人振奋的研究成果。面对学术理论新人辈出的形势，上海社会科学院每年向全院40岁以下年轻科研人员组织征集高质量书稿，组织资助出版“上海社会科学院青年学者丛书”，把他们有价值的研究成果推向社会，希冀对我国学术的发展和青年学者的成长有所助益。

本套丛书精选本院青年科研人员最新代表作，内容涵盖经济、社会、生态环境、文学、国际贸易、城市治理等方面，反映了上海社会科学院新一代学人创新的能力和不俗的见地。年轻人是上海社会科学院最宝贵的财富之一，是上海社会科学院面向未来的根基。

上海社会科学院科研处

2020年3月

前 言

土地利用变化对生态系统服务的影响是景观生态学、地理学和环境管理研究的热点与前沿领域。从生态系统服务对土地利用变化响应视角来审视区域土地利用的可持续性,构建生态系统服务与土地利用规划管理之间的关联,对提升区域土地利用综合效能和生态系统服务保护具有重要的理论与应用价值。长三角社会经济发展与自然资源分布空间异质性较强、土地利用变化复杂,对该地区进行土地利用管理与生态系统服务耦合研究面临诸多挑战。本书依据土地利用变化与生态系统服务变化相互作用的基本规律,分析土地利用变化对生态系统服务的影响,从生态系统服务脆弱性、供需平衡和空间权衡三个方面评价土地利用变化对生态系统服务可持续性的影响,对土地利用变化的生态系统服务响应进行了较为系统的研究。通过构建基于系统动力学模型和 CLUE-S 模型耦合的研究方法体系,将生态系统服务与土地利用管理进行关联,开展基于生态系统服务的土地利用可持续性情景模拟研究,并从景观尺度、区域尺度和地区尺度探讨了优化提升城镇化地区土地利用生态系统服务功能的可持续管理对策措施。

本书以长三角为案例研究区域,采用多种分析方法。宏观上分析了 1990—2010 年区域土地利用数量变化引起的生态系统服务稀缺性和空间异质性;微观上分析了典型城市化区域景观格局变化对生态系统服务的影响。从生态系统服务供需平衡、脆弱性和空间权衡视角,分析了长三角土地利用变化的生态系统服务响应,以此为基础进行区域生态系统服务可持续

性评价。尝试构建基于系统动力学模型和 CLUE - S 模型耦合的研究方法体系,将生态系统服务保护与区域土地利用规划管理相结合,探讨基于生态系统服务的土地利用可持续性情景模拟方法,并从景观尺度、区域尺度和地区尺度探讨了优化提升城镇化地区土地利用生态系统服务功能的可持续管理对策措施。

总体来看,本书通过生态系统服务时空尺度上的可持续性情景模拟,探讨将生态系统服务保护与区域土地利用规划管理相结合的具体路径,为权衡不同规划层面上的生态系统服务保护和区域社会经济发展提供了方法参考,有助于促进生态系统服务研究向区域规划管理实践转化。针对快速城市化区域土地利用变化的特点,从城市群、城市、景观等多个角度分析并识别长三角生态系统服务时空演变特征。结果表明,长三角快速城市过程,土地利用变化导致区域生态系统服务价值整体快速下降,空间上由城镇中心区向城郊呈梯度递增趋势;农田和自然植被覆盖景观平均斑块面积减小和破碎化,斑块面积较小的河流显著消失,引致区域生态系统服务功能逐步衰退。根据耦合模型模拟分析结果,分析评价区域生态系统服务可持续性演变及其空间格局,再次论证了浙江南部山区、长江沿岸生态廊道和淮河洪泽湖地区对维持长三角生态系统服务可持续性的重要地位。这对推进区域生态空间一体化规划的生态美丽长三角建设,具有一定的参考价值,对区域生态功能区划、土地生态适宜性评价、生态承载力评价,也具有一定的评价方法方面的参考意义。

目 录

第一章 绪论	1
第一节 研究背景与意义	1
一、学科发展与整体研究趋势	1
二、长三角地区发展需求背景	3
三、选题意义	9
第二节 国内外研究进展	11
一、城市化区域生态系统服务研究	11
二、土地利用变化与生态系统服务关联研究	18
三、土地利用变化的生态系统服务响应研究	19
四、面临的问题与挑战	28
第三节 研究内容与技术路线	29
一、工作基础	29
二、研究内容	30
三、技术路线	30
第二章 数据来源与研究方法	32
第一节 研究区域	32
第二节 数据与资料来源	33
一、土地利用遥感解译数据	33

二、社会经济发展数据	38
三、其他各类数据资料	39
第三节 研究方法	39
一、生态系统服务价值评价	39
二、生态系统服务脆弱性评价	42
三、生态系统服务空间权衡分析	44
四、生态系统服务供需评价	45
五、土地利用变化时空动态模拟	51
第三章 长三角土地利用变化对生态系统服务的影响	57
第一节 宏观尺度土地利用数量变化对生态系统服务价值的影响	57
一、长三角土地利用数量变化特征	58
二、土地利用变化引起区域生态系统服务价值持续降低	61
三、土地利用变化加剧生态系统服务价值空间分布失衡	64
四、问题分析与总结	71
第二节 景观尺度土地利用格局变化对生态系统服务功能的影响	72
一、上海城郊结合区景观的空间范围识别	73
二、上海城郊结合区的土地利用变化特征	74
三、土地利用格局变化引起生态系统功能变化	76
四、多尺度景观指数变化分析结果	83
五、土地利用格局变化对生态系统服务功能的影响	87
第三节 小结	90
第四章 长三角土地利用变化的生态系统服务响应评价	92
第一节 生态系统服务响应评价要素选取	92
第二节 生态系统服务脆弱性响应：生态系统服务脆弱性空间分异	94

一、生态系统服务脆弱性概念	95
二、指标体系构建与指标权重的确定	97
三、生态系统服务脆弱性空间格局分析	107
四、生态系统服务脆弱性影响因素分析	109
五、从生态系统服务脆弱性视角探讨规划管理的对策措施	111
第三节 生态系统服务权衡响应：生态系统服务空间权衡格局分析	112
一、生态系统服务权衡研究概况	112
二、长三角地区生态系统服务空间权衡分析	114
三、生态系统服务空间权衡影响要素分析	122
四、从生态系统服务权衡视角探讨规划管理对策措施	126
第四节 生态系统服务供需响应：生态系统服务供需时空动态演变	127
一、生态系统服务供需评价模型	127
二、生态系统服务供需变化趋势	131
三、生态系统服务供需空间格局	134
四、从生态系统服务供需视角探讨规划管理对策措施	142
第五节 生态系统服务可持续性综合评价	143
一、评价模型方法	143
二、评价结果与分析	144
第六节 小结	146
第五章 基于生态系统服务响应的土地利用可持续性模拟	149
第一节 评价目标原则和方法体系	149
一、评价目标和原则	149
二、SD 和 CLUE-S 模型耦合的评价方法体系	151
第二节 长三角土地利用可持续性情景模拟方案设计	153

一、存在问题分析	153
二、情景方案设计	154
三、情景指标细化	155
第三节 长三角土地利用变化系统动力学模拟	157
一、模型系统边界设定	157
二、模型主要结构分析与系统流图绘制	157
三、DYNAMO 建模参变量设置与函数定义	160
四、模型验证与检验	161
五、土地利用变化模拟结果	163
第四节 长三角土地利用变化空间格局模拟	163
一、模型模拟所需输入文件	163
二、土地利用数据预处理	164
三、土地利用变化驱动因子选取	165
四、空间适宜分布概率回归分析	165
五、土地利用空间格局模拟输出	166
第五节 不同管理情景方案的综合效益评价	169
一、土地利用管理综合效益评价方法	169
二、综合效益评价结果分析与讨论	170
第六节 土地利用可持续管理对策措施探讨	176
一、景观层面	176
二、区域层面	177
三、地区层面	181
第七节 土地利用可持续管理相关机制探讨	184
一、完善生态保护红线制度立法	184
二、对接“多规合一”的规划机制	185
三、健全自然资源资产产权制度	186
四、建立环境绩效考核评价体系	186

五、推动干部离任审计追责制度	187
六、建立健全生态补偿激励机制	187
七、创新地方环保机构独立履职	188
八、加强信息公开以及宣传教育	189
第八节 小结	189
第六章 结论与讨论	191
第一节 研究结论	191
第二节 不足与讨论	195
附 录	197
参考文献	202

第一章 绪论

第一节 研究背景与意义

一、学科发展与整体研究趋势

快速城市化背景下土地利用变化是影响生态系统服务最为关键的影响要素之一(Tolessa et al., 2017; Turner et al., 2016; Wang et al., 2015; Nahuelhual et al., 2014)。在联合国政府间气候变化专门委员会(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)气候变化评估计划、千年生态系统评估(Millennium Ecosystem Assessment, MA)、生态系统和生物多样性经济学项目计划(The Economics of Ecosystems and Biodiversity, TEEB)和联合国环境署生物多样性与生态系统服务政府间科学决策平台(Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, IPBES)等全球性环境评估组织的推动下,从土地利用变化视角研究人类活动对生态系统服务的影响,已成为国内外全球变化研究领域的核心命题之一,相关研究内容也由生态系统服务价值评估逐渐扩展到生态系统服务空间异质性、生态系统服务间关联性、生态系统服务与人类福祉的相关性,以及规划管理应用等诸多方面。其中,基于生态系统服务的土地利用规划管理研究已成为当前相关学科关注的重点(You et al., 2017; Liang et al., 2017;

BenDor et al., 2017; Plieninger et al., 2015; Ahern et al., 2014; Bateman et al., 2013)。

诚然,当前国内外大量研究已经从多个视角分析了生态系统服务对土地利用变化的响应,如脆弱性角度(Zang et al., 2016; Tzivilakis et al., 2015; Metzger et al., 2006)、供需变化角度(Kain et al., 2016; Larondelle et al., 2016; Baró et al., 2015)、时空权衡角度等(Wu et al., 2017; Cebrián-Piqueras et al., 2017; Kim et al., 2016; Frank et al., 2014),但当前已有的基于生态系统服务的土地利用规划管理研究多侧重于从生态系统服务价值评估视角进行相关规划管理及对策措施探讨(Cai et al., 2017; Darvill et al., 2016; De Vreese et al., 2016; Larondelle et al., 2016),难以较为系统与全面地反映土地利用变化对生态系统服务的影响并满足规划管理决策需求。

研究生态系统服务对土地利用变化的响应主要目的是辅助自然资产管理与规划决策应用(Zheng et al., 2016; Guerry et al., 2015; Koschke et al., 2012; Schöber et al., 2010; De Groot et al., 2010; Daily et al., 2009),尤其是应用于区域土地利用规划与生态系统管理(Arkema et al., 2015; Lawler et al., 2014; Butler et al., 2013; Goldstein et al., 2012; Egoh et al., 2007)。国外基于生态系统服务的规划管理研究已形成较为成熟的研究理论与方法体系。主要研究方法有基于“压力—状态—响应”(DPSIR)模型的研究框架(Albert et al., 2016; Maes et al., 2016; Kelble et al., 2013; Müller and Burkhard, 2012; Atkins et al., 2011)、TEEB项目提出的“生态系统和生物多样性—人类福祉”评估框架,战略环境评估方法(Strategic Environmental Assessment, SEA)、基于欧盟委员提出的IA方法框架(Helming et al., 2013)等。国内研究相对滞后,近年来参考国外已有研究理论与方法体系开展的相关研究逐渐增多(Liang et al., 2017; Xue et al., 2015; Hou et al., 2014; 冯喆等,2016; 戴尔阜等,2016; 李双成

等,2013、2014;张永民等,2014),但整体仍处于初步探讨阶段。探讨土地利用变化的生态系统服务响应,可为促进生态系统服务研究转向规划管理实践提供参考,同时对当前正成为热点问题的弹性城市与气候适应性城市建设具有重要理论指导意义。

二、长三角地区发展需求背景

从区域层面来看,开展土地利用变化的生态系统服务响应与可持续管理研究有利于生态保护红线管理更加科学化、精细化,为区域生态保护红线管理制度的真正落地提供管理对策建议。从长三角地区发展来看,其作为我国经济最为发达的城市群之一,当前肩负的国家和国际战略地位不断攀升,对城市群的可持续发展提出了重要挑战。面对过去40年城市化快速发展带来的一系列生态环境问题,亟须从城市群尺度转变发展方式与发展理念,以绿色发展理念推进土地利用的可持续管理,保护地区层面生态系统服务的可持续性。

(一) 土地利用生态系统服务是生态保护红线划定的基础

1. 区域生态保护红线落地亟须完善管理制度建设

党的十八大首次将生态文明建设纳入社会主义现代化建设的总体布局,十八届三中全会明确提出了“划定并严守生态保护红线”的战略要求;党的十九大报告更加强调推进生态系统整体性保护,要求通过“统筹山水林田湖草系统治理,实行最严格的生态环境保护制度”,并系统完成对生态保护红线、永久基本农田控制线、城镇开发边界线的划定工作。以长三角核心城市——上海为例,为响应国家生态文明建设要求,上海市积极响应2017年中办、国办《关于划定并严守生态保护红线的若干意见》(以下简称《意见》)中的政策措施,落实生态保护红线划定工作,并顺利通过国务院批复同意。在此背景下,如何建立起最严格的生态保护红线制度,守住生态安全底线,成为上海推进生态保护红线制度建设的当务之急。生态保护红线管理制度建设是确保红线“成色”和生态环境保护政策真正“落地”的重要保障,对于

落实国家生态文明建设和生态保护体制改革意义深远。

2. 生态保护红线是确保国家生态安全的生命线

改革开放以来,我国社会经济粗放增长与生态环境问题之间的矛盾日益凸显。虽然当前我国自然保护区、森林公园等各类自然保护地建设数量众多,约占陆域国土面积的18%,但生态环境仍不断受损、生态系统功能退化、环境污染严重、自然灾害多发,已经对国家生态安全与人居环境安全造成严重威胁。与此同时,我国自然保护地体系存在空间界线不清晰、交叉重叠现象严重等问题。生态保护红线制度作为国家推进生态文明建设与生态环境保护体制改革的一项战略性举措应运而生,并且被提升至国家战略层面,成为确保国家生态安全的“生命线”,在国家生态文明建设与生态环境保护体制改革中的重要地位显而易见,国家《生态文明体制改革总体方案》明确了划定并严守生态保护红线的要求;《意见》具体阐释了生态保护红线制度的核心要义和战略设计。上海在《意见》的指导下,积极开展生态保护红线划定工作,是贯彻落实党中央、国务院生态文明建设重要战略部署,是响应党的十九大报告精神,加快生态文明体制改革,积极实施长江经济带“共抓大保护、不搞大开发”战略的重要举措,同时也是上海保障城市生态安全底线、实现卓越全球城市建设的重要战略举措。

3. 生态保护红线已经划定,下一步关键是严守

以上海市为例,2017年7月,上海市形成了生态保护红线划定的初步方案,于同年8月,经审议通过后上报;同年11月30日,经原环境保护部、国家发展改革委审核并原则通过;2018年2月,国务院正式批复同意。上海市按照国家统一部署,以“应划尽划、划则尽守”为基本原则,遵循“多规合一、陆海统筹”的要求,通过与《上海市城市总体规划(2017—2035)》《上海市主体功能区规划》进行充分衔接,完成了全市生态保护红线划定工作,覆盖“生物多样性维护红线、水源涵养红线、特别保护海岛红线、重要滨海湿地红线、重要渔业资源红线和自然岸线六种类型”,“红线总面积2 082.69平方千

米,占比 11.84%。陆域面积 89.11 平方千米,生态空间内占比为 10.23%,陆域边界范围内占比为 1.30%;长江河口及海域面积 1 993.58 平方千米;自然岸线总长度 142 千米,占岸线总长度 22.6%”。下一步重点是落实严守工作,确保生态保护红线制度真正“落地”。

4. 严守生态保护红线根本保障是加强管理制度建设

根据《意见》中提出的全国各省市划定生态保护红线的时间节点安排,2020 年年底前,生态保护红线制度须基本建立,全国各省份^①生态保护红线的划定工作须全面完成。截至目前,京津冀和长江经济带沿线地区的 14 个省份已发布本行政区域生态保护红线。其他 16 省份均已形成划定方案并多数通过省级政府审议。为切实强化我国生态保护红线监管工作,目前生态环境部正研究制定相关管理办法。当前我国环保体制在横向上以环保部门为主,国土、森林、海洋、水利等多个行业主管部门共同参与,而环保部门与其他行业主管部门之间的环保职能与权力配置模式与当前生态保护红线的管理要求很难相适应;在纵向上,中央与地方之间、地方各级之间权力约束机制,以及实施生态系统整体性保护的跨区域、跨部门综合管理机制建设目前尚存在不足。从现行的生态保护红线制度的立法保障来看,尚存在立法体系不够完备,在生态保护红线的立法内容方面过于原则化,生态保护红线的监督与管理的法律责任不够明确等问题。生态保护红线管理制度建设是落实这一核心制度安排的重要支撑和根本保障。亟须在分析生态保护红线管控的具体要求基础上,构建较为系统完善的管控制度体系,形成纵向联通、横向协调、多方协作的管理机制框架,并完善配套管控政策与措施。

(二) 城市群发展崛起亟须补足土地利用可持续管理短板

中国城市群建设在助推城镇化建设与经济高速集聚发展的同时也面临着一系列生态环境问题,尤其是土地利用变化对区域生态系统服务的影响。

^① 省、自治区、直辖市简称省份。

随着中国城市群肩负的国家和国际战略地位不断攀升,以及当前国家提出推动经济高质量发展的要求,都不断促使城市群发展模式与发展方式的转变。由是,中国绿色城市群发展战略是满足自身高质量可持续发展的必然选择,也是补足土地利用可持续性这一重要竞争短板的关键。

1. 中国城市群建设绩效显著与可持续发展问题并存

改革开放 40 年来,我国城市群发展创造了举世瞩目的成就,城市群建设规模和数量不断增加,由改革开放之初的 1 个长三角城市群逐步发展演变至现在遍布全国的 19 个城市群,并逐步从追求数量与规模增长迈向城市群高质量发展阶段。作为国家新型城镇化的重要载体、国家经济发展的战略中心,我国城市群建设对社会经济发展做出了不可替代的巨大贡献:城市群面积占全国比重由改革开放之初的 19.26% 增加到 2016 年的 30.69%,城镇化率稳步提升;总人口占全国比重由 56.27% 增加到 76.57%,城镇人口占全国比重由 58.38% 增加到 72%,有效促进了人口的城市化;现价 GDP 占全国比重由 75.46% 增加到 80.05%,财政收入占全国比重由 79.14% 增加到 91.19%,城市群已然成为全国经济发展战略核心。然而,受经济增长方式粗放影响,我国城市群在贡献全国 80% 左右 GDP 产出的同时,产生了超负荷的环境污染,城市群发展面临严峻的可持续发展问题。根据中国科学院地理科学与资源环境研究所《中国城市群发展报告(2016)》^①显示:1980—2015 年,我国城市群工业废水排放量占全国的比重高达 73% 以上,近 40 年来年均增长速度约为 0.43%;城市群废气排放量占全国的比重高达 72% 以上,历年废气排放量平均增长速度为 7.07%;城市群固废排放量占全国比例高达 65% 以上,多年来固废排放量年均增长速度约为 5.81%;此外,我国城市群在作为经济发展核心的同时也是碳排放强度最高的地区,且由于产业经济规模、产业结构、能源结构等因素的影响,我国城市群地区碳排放强度还

^① 《中国城市群发展报告(2016)》(方创琳,2018)。

存在着较大的空间差异,城市群地区的低碳转型发展仍然面临较大的挑战。

2. 长三角城市群肩负的国家和国际战略地位不断攀升

当今,我国城市群的发展进入引领全球城市群发展的 21 世纪新时代,城市群连续 15 年被纳入国家新型城镇化的空间主体;同时,作为我国参与全球竞争的全新地域单元和“一带一路”建设的主阵地,肩负了世界经济发展重心转移的历史使命,城市群的国家及国际战略地位得到快速提升。中共中央和国务院发布实施的多个文件均提出把城市群发展作为推进我国新型城镇化的主体,如党的十八大报告、中央城镇化工作会议、《国家新型城镇化规划(2014—2020)》、中央城市工作会议等均提出将城市群建设作为推进新型城镇化的主体和新的经济增长极。近年来,国务院相继发布的国家“十二五”和“十三五”规划纲要、《国务院关于依托黄金水道推动长江经济带发展的指导意见》《推动共建丝绸之路经济带和 21 世纪海上丝绸之路的愿景与行动》《国务院关于大力实施促进中西部地区崛起战略的实施意见》等均提出要建设发展城市群;此外,2016 年国务院专门批复通过《哈长城市群发展规划》《长江三角洲城市群发展规划》,2017 年国务院关于对《北京城市总体规划(2016 年—2035 年)》的批复提出打造以首都为核心的世界级城市群,城市群发展的国家战略地位不断得到升级。中国城市群发展的国际战略地位也随着城市群建设演进不断得到提升,我国城市群的发展演进标志着国家进入工业化与城镇化中后期,形成新的参与全球竞争与国际分工的地域单元。随着欧美等发达国家城市群发展进入成熟阶段,中国城市群发展正逐渐成为 21 世纪全球城市群发展的主要阵地。近年来我国城市群进出口总额占全国的比例均在 94% 以上,是中国与世界进行贸易往来的关键门户;当前,中国共计有 15 个左右城市群位于“一带一路”沿线,城市群成为“一带一路”建设的主要阵地和排头兵。

3. 经济增长方式转型倒逼城市群发展模式不断升级

城市群是城镇化与经济发展到一定阶段的重要标志,是国家经济发展