

新型立体化国土空间功能区划“红线”研究框架*

A Research Framework of the New 3D Territory Space Function Zoning "Red Line"

李 晖 李志英 熊爱谊 徐建平 王 浏 高 伟 LI Hui, LI Zhiying, XIONG Aiyi, XU Jianping, WANG Liu, GAO Wei

摘 要 借鉴不同学科体系中对于各自相关边界的概念及研究方法,提出基于集成综合法的国土空间功能区划“红线”研究框架。即在城乡国土空间资源配置的基础上,针对不同边界特征,采用生态网络分析、土地评价与立地分析法、逐层细化法等不同方法对生态安全红线、农业安全红线、城镇空间增长边界、防灾安全红线、地下资源安全红线、基础设施安全红线“新六线”进行科学分析和划界,统筹研究、构建有利于城乡生态系统整体服务功能发挥的空间格局及边界“红线”;为国家空间规划研究及实践提供理论和方法。

Abstract This paper refers to the concept and research method of different discipline systems for boundaries and puts forward a research framework of the new 3D territory space function zoning "red line" with the integrated synthetic method. Based on the configuration of urban and rural land resources, this paper makes use of eco-network analysis, land evaluation and site analysis, and layer-by-layer analysis to scientifically delimit the new six red lines related to ecological security, agricultural security, urban and rural growth boundary, calamity prevention, underground resources security and infrastructure security. The paper finds out a way to conduct research and construct a space pattern that is conducive for the ecological system to play a full part in providing services for urban and rural spaces. It also provides theories and methods for the research and practice of territory spatial planning.

关 键 词 国土空间规划;功能区划“红线”;刚性与韧性;生态系统服务

Key words territory spatial planning; function zoning "red line"; rigidity and elasticity; ecological system service

文章编号 1673-8985 (2020) 01-00013-05 中图分类号 TU981 文献标志码 A

DOI 10.11982/j. supr. 20200103

作者简介

李 晖

华南农业大学林学与风景园林学院
教授,博士

李志英

云南大学建筑与规划学院
教授,博士

熊爱谊

石林县住房和城乡建设局
工程建设科科长,高级工程师

徐建平

石林生态工业集中区管理委员会
高级工程师

王 浏

石林县住房和城乡建设局
工程师

高 伟 (通信作者)

华南农业大学林学与风景园林学院
副教授,博士

0 引言

目前,我国城市化率达到58.52%,意味着中国的城乡空间布局、社会格局和生态格局都将产生深刻变革。国土空间上直接反映在景观空间格局的改变,即各类土地使用功能的转变;在实施上则有赖于各类区域空间边界的划定。2015年,中央城市工作会议提出:“以主体功能区规划为基础统筹各类空间规划,加强城市规划的科学性和权威性,促进多种规划的融合”。构建一个集城镇与乡村、农业空间(农林牧副渔)与非农空间、陆地与海洋岛屿等于一体的立体化国土空间规划体系已迫在眉睫^[1]。2018年3月,国务院设立自然资源部,对自然资源开发利用和保护进行监管,并建立以国土规划为导向的空间规划体系,协调资源保护和经济社会发展的空间格局即将发生变化。

事实上,中国的各个部门有接近83个法定规划序列,各类规划、计划可以说是层出不穷,但恰恰缺少的是各类规划和计划之间的相互协调。究竟将一块空间用地划为城市功能区、生态保护区还是基本农田保护区?城市空间景观格局如何促进城市生态系统服务功能的发挥?城市发展过程中的“韧性”边界与“刚性”边界如何确定?随着国家部委机构的调整,如何统筹各类国土资源空间配置,并科学划定相应边界以达到实施的目的,是城市生态系统功能效益得以发挥的重要保障,将成为近年来研究的重点和难点。

1 相关研究进展

1.1 城市空间增长边界 (Urban Growth Boundary, UGB)

*基金项目:国家自然科学基金“基于景观生态学时空理念的‘茶马古道’遗产廊道保护研究”(编号51468064);国家自然科学基金“滇池流域城市空间增长边界研究”(编号51668065)资助。

国外相关研究主要集中在科学精准界定城市规划区范围,界定大都市区发展空间及设定城市空间增长边界所采用的逐层细化法、增长法、排除法、综合法等技术方法等方面^[2-6]。城市空间增长边界的理念于1990年被引入国内,相关研究主要集中在国内外UGB的差异化问题、对城市空间增长边界的解读和划定方法等方面^[7-15]。

城市空间增长边界包含“固化”与“发展”、“永久性”与“暂时性”等双重含义。其中的“永久性”城市增长边界,也往往被称为“刚性”城市增长边界,主要指具有较高自然生态系统服务功能的保护性边界,体现了自然生态承载力,是维护城市生态安全格局的底线,限制了城市发展的终极规模;“暂时性”城市增长边界又被称为“韧性”城市增长边界,反映不同发展时期的城市建设用地增长状况,体现城市增长的阶段性特征。需要按照优化城市内部空间结构,限制城市无序蔓延的原则,结合城市发展的时空特征划定城市的刚性与韧性发展边界^[16]。

1.2 生态红线

我国生态红线的发展大致分为两个阶段。以2011年《国务院关于加强环境保护重点工作的意见》的正式出台为分界点,之前为生态红线的萌芽阶段,即区域生态规划中的红线控制区^[17],多以实践研究为主。之后为生态红线的快速发展阶段,生态红线的理论和实践逐渐增多。生态红线的理论研究主要集中在其概念内涵、战略意义、类型划分、制度体系建设、管理控制以及生态红线划分的技术方法和理论等方面^[18-21]。关于生态红线的具体实践已有10多年的历史,从内容上来说主要有划定的原理、技术方法和指标体系3个方面的研究;从划定对象上主要有城市、海洋、湖泊、岛屿和草原生态红线的划定。主要研究集中在城市生态红线的划定^[22],以自然生态系统为主的生态红线的划定^[23-24],生态红线与土地利用的研究及生态红线与生态安全格局的研究等方面^[25-26]。

从国外的研究来看,保护区规划、绿色廊道的建设、生态网络的建设等理论和实践方面发展已经相对成熟,主要聚焦在3个方面:(1)

如何划定生态保护区域^[27-29], (2) 如何更加有效地评价生态保护地的保护效果^[30-32], (3) 如何构建保护地网络^[33-34]。这些保护方式在保护重点、操作方式等方面不尽相同,但是普遍来说保护对象都是具有重要生态功能或生态敏感的区域。总的来说,国外生态保护研究主要关注生态系统健康和生态敏感性高的各级各类保护地的建立及其保护实践等方面,在一定程度上体现了生态红线的理念。

目前的生态红线划分存在方法过于简单粗放,缺乏科学性,且在空间上多有重叠等问题。量化的模型结构过于简单,主要是基于评价单元本身的各种自然社会经济属性,而很少考虑周边景观要素对其各种生态适宜性的影响,较难反映生态红线区划和单元生态属性评价之间的复杂关系。如何进行生态功能分级、生态敏感性/脆弱性分级以确定生态功能最重要的区域和生态敏感性最高的区域,是确保生态红线维持该地区生态系统稳定的基础。另外,生态红线所划定的面积和所占全区总面积的比例下限为多少,才能保证区域的生态安全和经济社会可持续发展? 生态红线划定的结果也许会与当地发展规划相冲突,如何解决这种矛盾以确保生态保护红线最后的落地? 这些都是值得深入思考的问题。

1.3 基本农田保护界线

20世纪90年代以来,我国实施了严格的管制制度及措施以加强对优质农田的保护及管理。目前,我国已经形成了包括基本农田保护责任制、基本农田占用审批制、基本农田占补制度等在内的一套完整的基本农田保护制度,保障了国家的粮食安全。

综合国内外的研究文献资料,众多学者从不同的研究视角对农田的保护进行研究,成果丰硕。一是研究的内容不断丰富,最初主要集中在对资源的保护思想上,逐渐扩展到对农田保护政策、农田保护质量以及农田保护空间技术方法的研究上,内容不断地细化和充实^[35-36];二是不断将不同领域的知识运用于农田保护研究,包括生态景观、计算机图形分析

以及经济统计学等^[37];三是研究的空间范围不断扩大,由最初的局部区域试点研究到多地区大范围的研究^[38];四是研究方法不断改进,除了统计学、地理学等传统经典研究方法外,还加入专家系统法、景观指数法以及层次分析法等数学方法,提高研究结果的可行性与可信度^[39-40]。

我国的农田保护研究与划定经历了试点划定、全面规划和高标准农田示范基地建设等阶段,农田的保护取得了显著成效,但是也存在诸多的弊端与问题,主要表现在:对基本农田划定的区域差异以及基本农田入选标准等基本农田划分原理与技术方法的研究比较欠缺,数据库建设方面的许多研究都停留在步骤与概念层面,未能明确具体的划定技术方法;质量等级判定需要结合农用地分等定级成果,在基本农田与农用地质量等级空间数据集成方面的技术方法还比较欠缺。

我国对城市增长边界、生态红线与基本农田保护界线已经有了一定的研究基础,均有理论和方法的参考作用。在借鉴国外的相关方法时,需与中国国情结合,而国内的相关方法则更多地需要考虑具有一定高度和厚度的立体化空间体系,包括城乡、国土、陆海、地上地下、设施、环境、生态、农业农村等综合的国土空间资源。所以,本文拟采用定性加定量的集成综合法,即综合了逐层细化法、生态网络分析法、“土地评估与立地分析法”等相关研究方法,并采用EPM等基于多目标分析的空间情景模拟,在UGB的基础上深化研究包括UGB在内的功能区划“红线”。

2 研究方法及技术路线

2.1 研究方法

本文采用集成综合法对国土功能区划红线进行研究。这里的集成综合法是泛指将生态红线、城市增长边界、基本农田保护界线划定的定性、定量方法进行综合考虑,紧密结合城乡各生态系统的服务功能,进行生态安全关键节点(区域)、空间发展关键节点(区域)和生产安全关键节点(区域)判别;以揭示城乡

生态系统服务的供给与人类的需求在空间上的耦合关系与匹配关系;相互协调、相互融合,从而科学界定国土空间功能区划界线。(1) 生态安全关键节点(区域)判别可采用网络分析方法,通过斑块间的距离、斑块的异质性及其景观阻力,判别具备景观多样性、生态系统多样性、物种多样性和基因多样性的生物多样性关键节点(区域);并通过生态承载力和环境容量的量化计算,以判别生态安全关键节点(区域)。(2) 空间发展关键节点(区域)判别是依据指标表征的社会经济地理现象特征,结合宏观相对效益、效用和协调性评价目标的要求,根据区域特征灵活选择:常规多指标数学合成方法(即数学方法)、DEA模型法、费用效益评价法、相邻性或联系性评价法、结构依存度评价法等方法,通过对世界竞争力、区域带动意义、特色地域开发意义、人口容量、土地投放量、建设总量等多个因素进行分析研究,以判别空间发展关键节点(区域)。(3) 生产安全关键节点(区域)判别是采用TOPSIS法对基本农田的质量进行排序划分从而确定出优先划入基本农田保护区的耕地,再通过人均基本农田面积测算和粮食生产力量化判别区域生产安全面积数量,并通过地形坡度、坡向、高程、连片率等能够表征耕地生态质量的指标,构建耕地入选基本农田评价的指标体系,对农业用地进行等级划分,以判别生产安全关键节点(区域)。

2.2 技术路线

在城乡国土空间资源配置的基础上,针对不同边界特征,采用生态网络分析、土地评价与立地分析法、逐层细化法等不同方法对生态安全红线、农业安全红线、城镇空间增长边界、防灾安全红线、地下资源安全红线、基础设施安全红线“新六线”进行科学分析和划界(见图1),统筹研究和构建有利于城乡生态系统整体服务功能发挥的空间格局及边界“红线”;契合目前“国土空间规划”和“多规合一”的整体战略,将国土空间规划落实到实施和管理层面。

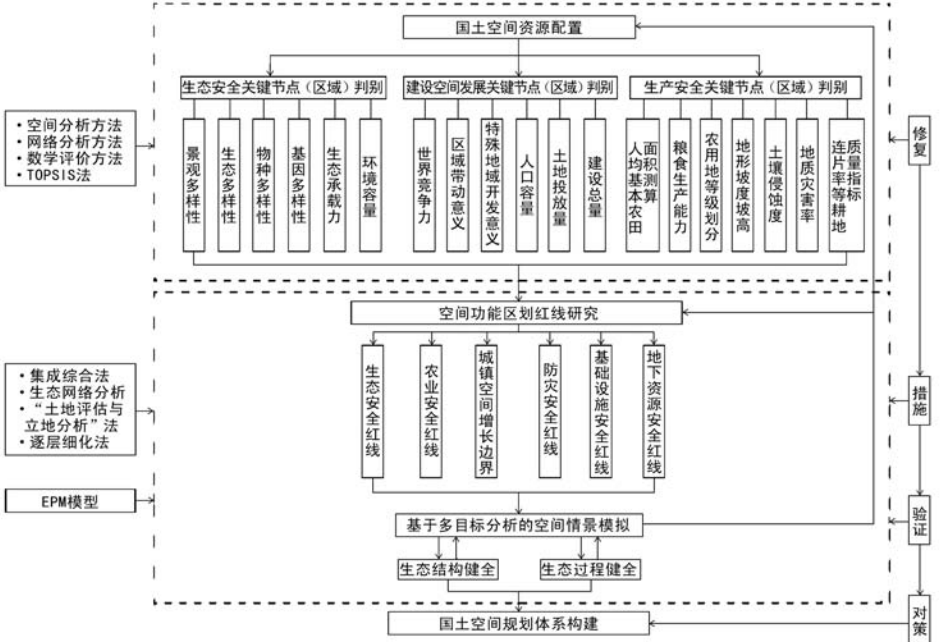


图1 技术路线图
资料来源:笔者自绘。

3 研究框架

本文所指的国土空间功能区划“红线”是在城乡空间区域范围内,为了协同城乡生态系统服务功能所划定的功能区划并采用相应“红线”界定,以保证生态效益最大化、空间不重叠交叉,从而创建区域生态安全和经济社会协调发展的空间格局,为区域规划、政策制定、管理及实施提供科学技术方法。对应于自然生态系统和人工、半人工生态系统能够提供的可以满足和维持人类生存所需要的条件等城乡生态系统服务功能,具体概括为生态保护、城乡人工设施功能体系发挥和基本食品供应等。

借助我国自然资源部的组建,将原来分属各部门管控的道路红线、城市绿线、蓝线、紫线、黄线、橙线、生态红线、耕地红线等整合起来,从生态自然体系到人居环境体系,从地下资源到上部空间,统筹整个区域的国土空间生态安全格局,可将其划分为生态安全红线、农业安全红线、城镇空间增长边界、防灾安全红线、基础设施安全红线、地下资源安全红线“新六线”(见表1)。打破常规的条块划分,在城乡生态系统服务功能整体发挥的理论和框架下,探索“多规融合”的科学、理性方法。其中主

要的“三线”研究策略如下。

3.1 生态红线研究策略

以生态系统服务功能研究为基础。空间上,从生态功能重要性、生态环境敏感性、生态风险程度等3个方面构建生态保护网络,以确定生态廊道、生态安全关键节点(区域)、自然生态保护地等生态安全格局组分的空间分布;数量上,从生态承载力研究的角度确定一定空间区域范围内生态红线最小面积。从空间和数量上确保重点生态功能区、生物多样性区、环境敏感区和脆弱区等区域的严格管控,以维护生态安全格局、保障生态系统功能的有效发挥。

3.2 农业安全红线研究策略

以生态系统服务价值、地形坡度、坡向、海拔高度、土壤类型、土壤侵蚀模数、地质灾害率、水质检测、连片度等能够表征耕地生态质量的指标,构建耕地入选基本农田评价的指标体系,提出基本农田划定综合评价方法。结合生态物质流的研究,综合空间形态与生态安全、生态承载力等因素,借助GIS平台的空间数据处理,结合农、果园、畜牧、水产等产业,进行各指标量化分析与耕地质量综合指数测算。在此基础上

表1 新型国土空间功能区划“红线”一览表

红线名称	红线内涵
生态安全红线	含生物多样性保护、水资源保护、森林资源保护、地质资源保护、风景名胜资源保护等生态安全红线的划定
农业安全红线	含基本农田保护、果林保护、蔬菜保护、畜牧产业保护、水产保护等农业安全红线的划定
城镇空间增长边界	含能够保证城镇人居环境健康发展的“刚性”与“韧性”增长边界红线
防灾安全红线	含防洪、防火、防涝、防旱、防震、防雾霾、防滑坡和泥石流、防病虫害、防地方疫病等防灾安全红线
基础设施安全红线	含空中、地面、水上等交通安全红线，给水、排水、电力、信息、能源等管网，慢行系统空间安全红线等
地下资源安全红线	含矿产资源安全红线、地下水资源安全红线等

资料来源：笔者自制。

确定时空配置方案,从而划定农业安全红线。

3.3 城镇空间增长边界研究策略

综合考虑增长压力、增长外溢的可能性、基础设施容量和未来供应能力,到不同等级服务中心的距离,到高速公路、铁路、主要城市道路的距离等城镇增长的驱动因子,开展包括自然资源承载力、水资源承载力、生态承载力、基础设施承载力、公共服务设施承载力等各类承载力的综合评价。运用CA模型等模拟和预测城乡发展趋势,模拟不同发展状态下的城市扩张情景及环境影响结果,为城镇增长边界的划定提供科学依据。然后结合生态红线和基本农田保护界线的划定结果、自然和历史界限,最终确定城镇增长边界。

以上6条功能区划“红线”的划定并非各自划界,而是综合考虑城镇功能区、生态功能区和农业功能区增长与约束、需求与供给、动力与阻力之间的相互平衡,依据增长边界的时效性划分类型。划定“刚性”边界,即永久性的警戒性城镇增长边界(永不开发的城镇生态安全底线);“韧性”边界,即随城镇增长进行调整的为满足城镇未来扩展需求而预留的空间增长边界。

4 结论与讨论

4.1 结论

本文借鉴了不同学科体系中对于各自相关边界的研究,整合其研究方法,采用集成综合合法对国土空间功能区划“红线”进行研究,统筹研究和构建有利于城乡生态系统整体服务功能的边界“红线”;契合目前国家“多规

合一”的整体策略。

4.1.1 基于立体化全域思想的理性空间规划体系创新

本次框架研究试图打破以往各自为政而庞杂的空间规划体系,站在区域整体保护与发展的角度,综合考虑自然、人文、经济和战略的限制因素,通过生态安全、空间发展和生产安全关键节点(区域)的判别,进行城乡全域国土空间资源立体化地配置。在现行的国家功能区划“红线”(生态红线、城市增长边界、基本农田保护界线)的基础上,提出“生态安全红线、农业安全红线、防灾安全红线、城镇增长边界”等新“红线”,优于以往各部门各自为政、仅从本学科角度甚至感性认识而划定的功能分区,为区域生态系统管理、生态保护和空间规划体系构建提供崭新的思路。

4.1.2 科学空间规划方法创新

针对我国各类空间规划缺乏科学性、权威性和连续性问题,本文的研究框架借鉴了新兴边缘学科的最新成果并加以发展,通过城乡生态系统服务功能的整体、有效发挥,将生态系统服务功能落实到具体三维空间上,将景观生态学的相关研究方法运用于较为复杂的城镇生态系统研究中,旨在从一个全新的角度,全面审视城乡生态系统可持续发展面临的生态系统服务问题,以推动学科的发展。

4.2 讨论

我国以自然资源部统筹的国土空间规划,未来将势必打破长期以来由各部门划定空间规划的条块划分格局,形成综合考虑各功能布

局的新型国土空间规划,引领未来空间规划的方向,也会出现更多新情况、新态势。本文仅仅提出了新形势下的新的研究框架,在此框架下的各类功能区划“红线”的划定,需要更进一步研究。

参考文献 References

[1] 林坚,陈诗弘,许超诣,等. 空间规划的博弈分析[J]. 城市规划学刊, 2015 (1): 10-14.
LIN Jian, CHEN Shihong, XU Chaoyi, et al. Game analysis of spatial planning[J]. Urban Planning Forum, 2015(1): 10-14.

[2] VERBURG PH, SOEPBOER W, VELDKAMP A, et al. Modeling the spatial dynamics of regional land use: the CLUE-S model[J]. Environmental Management, 2002(30): 391-405.

[3] SILVA E A, CLARKE K C. Calibration of the SLEUTH urban growth model for Lisbon and Porto, Portugal[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2002, 26(6): 525-552.

[4] PIJANOWSKI B C, TAYYEBI A, DELAVAR M R, et al. Urban expansion simulation using geospatial information system and artificial neural networks[J]. International Journal of Environmental Research, 2009, 3(4): 493-502.

[5] TAYYEBI A, PIJANOWSKI B C. Two rule-based urban growth boundary models applied to the Tehran metropolitan area, Iran[J]. Applied Geography, 2011(31): 908-918.

[6] JANTZ C, GOETZ S, SHELLEY M. Using the SLEUTH urban growth model to simulate the impacts of future policy scenarios on urban land use in the Baltimore Washington metropolitan area[J]. Planning and Design, 2003(30): 251-271.

[7] 吴菁,钟式玉. 城市增长边界研究进展及其中国化探析[J]. 热带地理, 2011, 31 (4): 409-414.
WU Qing, ZHONG Shiyu. Review of urban growth boundary research and analysis of its sinicization[J]. Tropical Geography, 2011, 31(4): 409-414.

[8] 张珂,赵耀龙,付迎春,等. 滇池流域1974年至2008年土地利用的分形动态[J]. 资源科学, 2013, 35 (1): 232-239.
ZHANG Ke, ZHAO Yaolong, FU Yingchun, et al. Fractal dimension dynamics and land use in the Lake Dianchi watershed from 1974 to 2008[J]. Resources Science, 2013, 35(1): 232-239.

[9] 李志英,刘涵妮,田金欢,等. 基于SLEUTH模型的滇池流域城市扩展模拟分析[J]. 长江流域资源与环境, 2014, 23 (10): 1360-1366.
LI Zhiying, LIU Hanni, TIAN Jinhuan, et al. Simulation studies of urban growth in the Dianchi Lake basin based on SLEUTH model[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2014, 23 (10): 1360-1366.

[10] LI Hui, MENG Fantao, LI Zhiying, et al. Haba Snow

- Mountain ecological safety evaluation based on the landscape ecological pattern[J]. *Applied Mechanics and Materials*, 2014(2): 537-540.
- [11] 沈洁, 林小虎, 郑晓华, 等. 城市开发边界“六步走”划定方法[J]. *规划师*, 2016, 32(11): 45-50.
- SHEN Jie, LIN Xiaohu, ZHENG Xiaohua, et al. Urban development boundary delimitation by six steps[J]. *Planners*, 2016, 32(11): 45-50.
- [12] 蔡庚洋, 李锐, 郑荣泉. 博弈机理下的城市开发边界划定耦合优化研究[J]. *城市规划*, 2017, 41 (3): 19-24.
- CAI Gengyang, LI Xian, ZHENG Rongquan. Study on coupling optimization for establishing urban growth[J]. *City Planning Review*, 2017, 41(3): 19-24.
- [13] 曹靖, 李星银, 陈婷婷, 等. 基于空间增长模拟的安庆城市开发边界划定方法及管控策略[J]. *规划师*, 2016, 32 (6): 23-30.
- CAO Jing, LI Xingyin, CHEN Tingting, et al. Anqing urban development boundary specification and management based on spatial growth simulation[J]. *Planners*, 2016, 32(6): 23-30.
- [14] 王颖, 顾朝林. 基于格网分析法的城市弹性增长边界划定研究——以苏州市为例[J]. *城市规划*, 2017, 41 (3): 25-30.
- WANG Ying, GU Chaolin. Grid-based spatial evaluation of establishing urban growth boundary: a case study of study of Suzhou city[J]. *City Planning Review*, 2017, 41(3): 25-30.
- [15] 黄明华, 张然, 贺琦, 等. 回归本源——对城市增长边界“永久性”与“阶段性”的探讨[J]. *城市规划*, 2017, 41 (2): 9-17, 26.
- HUANG Minghua, ZHANG Ran, HE Qi, et al. Returning to the origin: reflections on "permanent" and "phased" urban growth boundaries[J]. *City Planning Review*, 2017, 41(2): 9-17, 26.
- [16] CLARKE K, GAYDOS L. Loose-coupling a cellular automaton model and GIS: long-term urban growth prediction for San Francisco and Washington/Baltimore[J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 1998, 12(7): 699-714.
- [17] 陈海嵩. “生态红线”制度体系建设的路线图[J]. *中国人口·资源与环境*, 2015, 25 (9): 52-59.
- CHEN Haisong. Road map of institutional system for "eco-red line"[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2015, 25(9): 52-59.
- [18] 姚佳, 王敏, 黄宇驰, 等. 我国生态保护红线三维制度体系——以宁德市为例[J]. *生态学报*, 2015, 35 (20): 6848-6856.
- YAO Jia, WANG Min, HUANG Yuchi, et al. Three-dimensional frame exploration of the ecological protection red line in China: a case study of the Ningde region[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2015, 35(20): 6848-6856.
- [19] 邹长新, 王丽霞, 刘军会, 等. 论生态保护红线的类型划分与管控[J]. *生物多样性*, 2015, 23 (6): 716-724.
- ZOU Changxin, WANG Lixia, LIU Junhui, et al. Classification and management of ecological protection redlines in China[J]. *Biodiversity Science*, 2015, 23(6): 716-724.
- [20] 刘冬, 林乃峰, 邹长新, 等. 国外生态保护地体系对我国生态保护红线划定与管理的启示[J]. *生物多样性*, 2015, 23 (6): 708-715.
- LIU Dong, LIN Naifeng, ZOU Changxin, et al. Development of foreign ecological protected areas and linkages to ecological protection redline delineation and management in China[J]. *Biodiversity Science*, 2015, 23(6): 708-715.
- [21] 林勇, 樊景凤, 温泉, 等. 生态红线划分的理论和技术[J]. *生态学报*, 2016, 36 (5): 1244-1252.
- LIN Yong, FAN Jingfeng, WEN Quan, et al. Primary exploration of ecological theories and technologies for delineation of ecological redline zones[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2016, 36(5): 1244-1252.
- [22] 侯春飞, 韩有志, 李岱青, 等. 深圳市大鹏新区生态保护红线划定技术方法研究[J]. *环境科学学报*, 2016, 36 (3): 1106-1112.
- HOU Chunfei, HAN Youzhi, LI Daiqing, et al. Method of ecological essential line division in Dapeng New District, Shenzhen[J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2016, 36(3): 1106-1112.
- [23] 王云才, 吕东, 彭震伟, 等. 基于生态网络规划的生态红线划定研究——以安徽省宣城市南漪湖地区为例[J]. *城市规划学刊*, 2015, (3): 28-35.
- WANG Yuncai, LYU Dong, PENG Zhenwei, et al. The demarcation of ecological red line based on ecological network planning: a case study of Nanyi lake region in Anhui Province[J]. *Urban Planning Forum*, 2015, (3): 28-35.
- [24] 黄伟, 曾江宁, 陈全震, 等. 海洋生态红线区划——以海南省为例[J]. *生态学报*, 2016, 36 (1): 268-276.
- HUANG Wei, ZENG Jiangning, CHEN Quanzhen, et al. Preliminary research on the zoning method of the marine ecological red line: a case study of Hainan Province[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2016, 36(1): 268-276.
- [25] 徐德琳, 邹长新, 徐梦佳, 等. 基于生态保护红线的生态安全格局构建[J]. *生物多样性*, 2015, 23 (6): 740-746.
- XU Delin, ZOU Changxin, XU Mengjia, et al. Ecological security pattern construction based on ecological protection redlines[J]. *Biodiversity Science*, 2015, 23(6): 740-746.
- [26] 杨姗姗, 邹长新, 沈渭寿, 等. 基于生态红线划分的生态安全格局构建——以江西省为例[J]. *生态学杂志*, 2016, 35 (1): 250-258.
- YANG Shanshan, ZOU Changxin, SHEN Weishou, et al. Construction of ecological security patterns based on ecological red line: a case study of Jiangxi Province[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2016, 35(1): 250-258.
- [27] HALPERN B S, LESTER S E, MCLEOD K L. Placing marine protected areas onto the ecosystem-based management seascape[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2010, 107(43): 18312-18317.
- [28] BORGSTRÖM S, LINDBORG R, ELMQVIST T. Nature conservation for what? Analysis of urban and rural nature reserves in southern Sweden 1909-2006 [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2013, 117 (5): 66-80.
- [29] MORA C, SALE P F. On going global biodiversity loss and the need to move beyond protected areas: a review of the technical and practical shortcomings of protected areas on land and sea[J]. *Marine Ecology Progress Series*, 2011, 434: 251-266.
- [30] DE LANGE H J, SALA S, VIGHI M, et al. Ecological vulnerability in risk assessment—a review and perspectives[J]. *Science of the Total Environment*, 2010, 408(18): 3871-3879.
- [31] BERGENGREN J C, WALISER D E, YUNG Y L. Ecological sensitivity: a biospheric view of climate change[J]. *Climatic Change*, 2011, 107(3/4): 433-457.
- [32] HALPERN B S, WALBRIDGE S, SELKOE K A, et al. A global map of human impact on marine ecosystems[J]. *Science*, 2008, 319(5865): 948-952.
- [33] IGNATIEVA M, STEWART G H, MEURK C. Planning and design of ecological networks in urban areas[J]. *Landscape and Ecological Engineering*, 2011, 7(1): 17-25.
- [34] JONGMAN R H G, BOUWMA I M, GRIFFIOEN A, et al. The pan European ecological network: PEEN[J]. *Landscape Ecology*, 2011, 26(3): 311-326.
- [35] LYU L, ZHENG X, ZHAO L, et al. GIS-based weight of evidence modeling of basic farmland protection planning for basic farmland suitability mapping[J]. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 2013, 11(2): 1087-1092.
- [36] HUANG Q, LU J, LI M, et al. Developing planning measures to preserve farmland: a case study from China[J]. *Sustainability*, 2015, 7(10): 13011-13028.
- [37] 任艳敏, 唐秀美, 刘玉, 等. 考虑耕地生态质量的基本农田划定方法[J]. *农业工程学报*, 2014, (24): 298-307.
- REN Yanmin, TANG Xiumei, LIU Yu, et al. Demarcating method of prime farmland considering ecological quality of cultivated land[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2014, (24): 298-307.
- [38] 姜广辉, 张瑞娟, 张翠玉, 等. 基于空间集聚格局和边界修正的基本农田保护区划定方法[J]. *农业工程学报*, 2015 (23): 222-229.
- JIANG Guanghui, ZHANG Ruijuan, ZHANG Cuiyu, et al. Approach of land use zone for capital farmland protection based on spatial agglomeration pattern and boundaries modification[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2015 (23): 222-229.
- [39] KIM D S, MIZUNO K, KOBAYASHI S. Analysis of urbanization characteristics causing farmland loss in a rapid growth area using GIS and RS[J]. *Paddy and Water Environment*, 2003(1): 189-199.
- [40] HOOBLER B M, VANCE G F, HAMERLINCK J D, et al. Applications of land evaluation and site assessment (LESA) and a geographic information system (GIS) in East Park County, Wyoming[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2003, 58(2): 105-112.