

DOI: 10.5846/stxb201407091405

林勇, 樊景凤, 温泉, 刘述锡, 李滨勇.生态红线划分的理论和技术探讨.生态学报, 2016, 36(5): - .

Lin Y, Fan J F, Wen Q, Liu S X, Li B Y. Primary exploration of ecological theories and technologies for delineation of ecological redline zones. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(5): - .

生态红线划分的理论和技术探讨

林 勇¹, 樊景凤¹, 温 泉¹, 刘述锡¹, 李滨勇^{2,*}

1 国家海洋环境监测中心, 国家海洋局近岸海域生态环境重点实验室, 大连 116023

2 国家海洋环境监测中心, 国家海洋局海域管理技术重点实验室, 大连 116023

摘要:在重要生态功能区、生态环境敏感区/脆弱区等区域划定生态红线,控制人类活动强度,对于维护区域生态完整性和生态服务功能的可持续性,解决生态环境退化和资源枯竭问题,减轻异常自然灾害不利影响具有重要意义.虽然不少省市已开展生态红线划分和管理试点工作,但生态红线划分的理论和技术尚不完善.生态红线区划和管理急需理论指导和技术支持.本文对生态红线的内涵进行了分析,指出了空间红线、面积红线和管理红线之间的有机联系,强调了生态安全空间格局和区域生态服务需求在生态红线划分中的重要性;在生态红线划分技术研究综述基础上剖析了生态红线的研究中存在的问题,如划分方法简单粗放、对景观和区域尺度上的空间过程和空间联系考虑不足以及由于部门和学科分割带来的(海)水陆缺乏统筹等;论述了生态适宜性评价、景观/区域安全格局理论、海陆统筹理论、干扰生态学理论、生态系统管理和适应性理论以及驱动力-压力-状态-影响-响应(DPSIR)模型框架等技术方法和理论以及它们在生态红线划分中的潜在应用;最后提出了基于生态安全格局和区域生态服务需求的生态红线划分的技术路线,并对今后生态红线划分研究进行了展望.本文提出的生态红线划分技术和理论方法可为今后生态红线的研究提供有益参考.

关键词:生态红线划分;生态学理论和技术;生态安全格局;基于区域生态服务需求

Primary exploration of ecological theories and technologies for delineation of ecological redline zones

LIN Yong¹, FAN Jingfeng¹, WEN Quan¹, LIU Shuxi¹, LI Binyong^{2,*}

1 Key Laboratory for Ecological Environment in Coastal Areas, National Marine Environmental Monitoring Center, State Oceanic Administration, Dalian 116023, China

2 Key Laboratory of Sea Areas Management Technology, National Marine Environmental Monitoring Center, State Oceanic Administration, Dalian 116023, China

Abstract: Delineation and management of ecological redline zones in important eco-functional areas and ecological sensitive/fragile areas are necessary for maintaining regional ecological integrity and for sustaining ecosystem function and services. Ecological redline zones are expected to help to solve the problems of environmental degradation and natural resource depletion and to alleviate the adverse effects of natural disasters. In spite of the many practices of planning of ecological redline zones, delineation and management of ecological redline zones are still far from mature. Therefore, ecological theories and technologies for delineation and management of ecological redline zones are urgently needed. In this paper, the concept and connotation of an ecological redline zones are addressed, emphasizing the roles of a landscape or a regional spatial security pattern and necessity of regional ecological services in delineation of ecological redline zones. The review and discussion on the advancement of ecological redline research at home and abroad are then presented, highlighting

基金项目:国家海洋公益性行业科研专项(201405007);国家海洋公益性行业科研专项(200905005)

收稿日期:2014-07-09; **网络出版日期:**2015- -

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail:

the reference values of foreign researches in the title of ecosystem-based management, marine spatial planning, site selection for nature reserves, and protection level classification of nature reserves for ecological redline research at home. We address the problems with delineation of ecological redline zones including simple adoption of the current zonation map without adequate consideration of the issue of scale, inadequate consideration of the spatial process and connections in the landscape or regional context, the lack of ecosystem process simulation based human impact assessment and sea-land overall planning. According to our understanding of ecological redline zones, we elaborate the ecological theories and technologies such as ecological-suitability analysis, the disturbance theory, ecosystem-based management, the theory of the landscape/regional security pattern, the sea-land overall planning theory, the driver-pressure-state-impact-response (DPSIR) framework, and their implications for delineation and management of ecological redline zones. Subsequently, we propose a technology chart that is based on an ecological security pattern and on urgency of regional ecological service requirements for delineation of ecological redline zones, thus showing how to apply these theories and technologies to delineation and management of ecological redline zones. Finally, we discuss possible future hot spots for ecological redline research and provide some suggestions on how to improve research level of ecological redline in China. The theories and technologies, especially the flow chart for delineation and management of ecological redline zones, are expected to serve as valuable references for future studies related to ecological redline zones.

Key Words: Delineation of ecological redline zones; Ecological theories and technologies; regional/ landscape security pattern; Urgency of regional ecological service requirements

近年来,工业化和城镇化的快速发展以及人类对自然资源的不合理利用与开发,导致区域关键生态过程紊乱和生态完整性破损,自然生态系统的生态服务功能下降,资源环境形势日益严峻。环境污染、资源枯竭、生物多样性下降、自然灾害频发等问题已经严重影响了人类社会的可持续发展。保护生物多样性,减少人类对脆弱生态系统的干扰,维持生态系统的重要生态功能对于解决现存的生态环境问题具有重要意义。中国为保护生物多样性,建立了各类保护区,但保护区在空间设计上存在交叉重叠,布局不够合理和生态保护效率低等问题。生态环境缺乏整体性保护,且严格性不足,尚未形成保障国家与区域生态安全和经济社会协调发展的空间格局(http://news.solidwaste.com.cn/view/id_52547)。在此背景下,为强化生态保护,2011年《国务院关于加强环境保护重点工作的意见》(国发[2011]35号)明确提出,“在重要生态功能区、陆地和海洋生态环境敏感区、脆弱区等区域划定生态红线”。生态红线的提出是我国生态环境保护进程中的重大突破,是实施综合生态系统管理,加强我国生态环境保护和管理的的重要举措,将对维护国家和区域生态安全,保障我国可持续发展能力产生十分明显的作用^[1]。

由于生态红线的研究历史时间很短,至今理论基础和技术方法还很不完善。本文根据生态红线的内涵和定义,在对国内外生态红线的研究进行文献综述的基础上,结合景观生态学理论、生态系统管理理论、生态适宜性评价方法和DPSIR模型,对生态红线的研究存在的问题进行了分析,提出了生态红线划分的技术路线以及今后发展方向,旨在为今后生态红线的研究提供参考。

1 生态红线的概念和内涵

依据我国生态环境特征和保护需求,生态红线可以定义为:为维护国家或区域生态安全和可持续发展,根据生态系统完整性和连通性的保护需求,划定的需实施特殊保护的区域。生态红线是我国生态环境保护的制度创新,是一个由空间红线、面积红线和管理红线三条红线共同构成的综合管理体系。空间红线是指生态红线的空间范围,应包括保证生态系统完整性和连通性的关键区域。面积红线则属于结构指标,类似于土地红线和水资源红线的数量界限。管理红线是基于生态系统功能保护需求和生态系统综合管理方式的政策红线,对于空间红线内的人为活动的强度、产业发展的环境准入以及生态系统状况等方面制定严格且量化的

标准^[1]。

在生态红线的研究中,根据生态服务功能需求、保护生态系统完整性和生态过程可持续性的需要,确定不同类型的重要生态区和脆弱区的空间范围和最小保护面积,是生态红线划分技术研究中的重要内容。面积红线的确定和空间红线的划分需要有机结合综合考虑。在根据评价单元的自然、社会和经济属性划定空间红线时需要考虑面积红线的数量要求,空间红线划分的标准要因面积红线变化而变化,不可一概而论。面积红线也需要根据区域生态功能服务需求和生态环境问题的类型和严重程度因地制宜地进行设定。空间红线和面积红线确定后,加强红线管理以确保红线区域内的人类活动类型和强度不影响生态系统的完整性,不对生态系统关键过程产生不利影响,是保证生态红线划分成果的科学价值真正发挥的关键。生态红线区并不是绝对不可开发利用,只要能保证红线区的保护性质不变,生态功能不降低,面积不减少,可以适当开发利用,一些规划指南中将生态红线区进一步划分为禁止开发区和限制开发区,体现了这一思想。

传统的保护区保护对象主要是生物多样性、自然遗迹和文化遗产,而生态红线划分的依据是重要生态功能区和生态脆弱区/敏感区。除了生物多样性保护外,其它生态功能如淡水和产品供给、土壤保持和防风固沙、水体净化、气候调节、水源涵养也是进行生态红线划分需要考虑的因素,从这个意义上讲生态红线的内涵相对更广。评价对象的生态功能重要性和生态脆弱性/敏感性取决于规划区域生态环境问题的类型和严重程度以及该区域对生态服务功能需求的紧迫性,而不仅仅是评价对象自身的生态属性。生态功能重要性和生态脆弱性/敏感性评价需要结合区域生态环境状况进行评价。另外,评价对象的生态功能重要性除了取决于其自身生态属性外,还取决于它在所在景观或者区域中的空间位置,它在维护景观或者区域安全格局中的作用。鉴于生态红线划分和管理的目的是维护国家或者区域的生态安全,保护生态系统的完整性和连续性,区域水平上的空间背景因素和评价对象在区域安全格局中的作用需要重点考虑。

2 国内外研究现状

2004年由广东省颁布实施的《珠江三角洲环境保护规划纲要(2004—2020)》首次提出生态红线的概念和“红线调控、绿线提升、蓝线建设”的三线调控总体战略。其后在《环渤海地区沿海重点产业发展战略环境影响评价报告》中也提到了生态红线的概念,划定的生态红线区面积约占区域总面积的20%。深圳2005年10月出台了《深圳市基本生态控制线管理规定》,将一级水源保护区、风景名胜区、自然保护区、集中成片的基本农田保护区、森林及郊野公园、生态廊道,以及陡坡地、高地、水体湿地等生态脆弱地区划入城市生态控制线(实质上就是生态红线)范围内^[1-2]。昆明市在新的土地利用总体规划中,将生态系统比较敏感或具有关键生态功能的区域划定为生态红线区^[3]。近年来许多省市都开始了生态红线区划工作,2012年3月内蒙古、江西、广西、湖北成为生态红线划分试点省份,此外,山西、山东、天津、北京、贵州、江苏、上海、新疆等也提出探索生态红线制度,完善生态补偿机制。(http://www.yicai.com/news/2014/02/3452727.html)。生态红线划分工作虽然已经做了不少,但生态红线划分技术方面的文章却不多,许多生态红线方面的文章是新闻报道性质的,关于生态红线划分技术和理论的文章很少。冯文利^[4]通过宏观分析中国的土地利用/覆盖变化与生态安全的相互作用关系,强调了建立土地利用生态安全格局的重要性;并以北京市海淀区为案例,基于海拔、坡度、NDVI、水体可及性、绿地可及性、人口密度、城市热岛强度为指标,进行基于像元的生态安全评价,确定生态红线区。符娜等^[5]以生态脆弱性和生态系统服务功能作为划定依据,对云南省土地利用规划划定生态红线区。刘雪华等^[2]以环渤海地区为例,综合考虑了生态系统敏感性、生态系统服务功能和自然生态风险等因子,划定了产业布局的生态红线区、生态黄线区和可开发利用区。饶胜等^[1]系统梳理了生态红线的概念与内涵,对生态红线的划分与管理进行了讨论并提出初步建议。许妍等^[6]则在分析渤海生态环境特征基础上,从“生态功能重要性、生态环境敏感性、环境灾害危险性”三方面建立了渤海生态红线划定指标体系,在此基础上确定了渤海生态红线区的空间范围。冯宇^[7]则对呼伦贝尔草原区生态红线划分方法做了探索。值得一提的是,政府部门为了规范管理需要印发了一些生态红线划分的指南,如2014年2月环境保护部南京环境科学研究

所印发了《国家生态保护红线—生态功能基线划定技术指南(试行)》,而国家海洋局在 2012 年 9 月出版了《渤海海洋生态红线划定技术指南》。这些指南对于中国生态红线划分技术、理论的发展和实践具有很好的指导作用。

国外没有生态红线的概念,但是在生态脆弱性/敏感性^[8-11]、自然保护区设计和选址方面^[12-15]做的大量工作可为中国生态红线划分技术研究提供参考。美国 NCEAS 在生态区划基础上,根据不同生态系统类型对不同的干扰/压力的敏感性分析基础上,对全球人类活动对近海生态系统的影响程度进行了空间分析^[16]。澳大利亚根据生态系统的脆弱性、生态重要性和保护程度,将大堡礁保护区进一步区划为一般使用区(General use zone)、生境保护区(Habitat protection zone)、保护公园区(conservation park zone)、缓冲区(buffer zone)、国家公园区(national park zone)和保护区(preservation zone),并对各区内人类活动强度和人类活动的类型都有所限定^[17]。生态系统完整性是生态红线划分的主要依据和目标,但该概念和生态健康一样,是一个模糊(ill-defined)的概念。在渔业生态系统管理中,Link^[18]提出了用生态状态可持续性(ecosystem state sustainability)代替生态完整性的观点。综合管理和生态系统管理是生物多样性保护、资源可持续利用和开发的重要理念,但在实践中缺乏可操作性。海洋学家推出的海洋空间规划(Marines Spatial Planning, MSP)技术和理论为解决这一难题提出了答案^[12]。MSP 强调空间异质性,突出高多样性、高特有性和高生产力的区域,以及产卵地、育苗场、洄游路线中转站在海洋生物多样性保护和生态系统综合管理中的重要地位^[19]。MSP 通过海洋生态系统制图和海域使用区划,协调海域使用冲突,通过管理人类活动来减少人类对海洋生态系的负面影响,从而保证生态系统完整性^[19]。

3 生态红线的研究中存在的问题

生态红线划分虽然做了一些工作,但划分方法大多简单粗放,主要采用拿来主义直接将现有的重要功能区、自然保护区、风景区、名胜古迹等直接拿来作为生态红线划分依据。但是,由于现有的一些自然保护区和重要生态功能区在划分时存在随意性和主观性大,以及当时时空尺度与现有时空尺度不一致等问题,采用简单拿来主义并不合适。目前生态红线划分主要基于线性适宜性指数模型^[2,5],模型结构过于简单难以反映评价单元生态属性和生态红线区划之间复杂关系,在某些情形下非线性模型可能更为适合^[20-22]。生态影响评价是生态脆弱区/敏感区划分的重要基础,也是国外海岸带综合管理中重要工具^[23-24],但基于系统动力学的生态影响评价在国内研究案例极少。现有的生态红线划分技术有待提高和完善。

某一个评价单元的生态功能重要性不仅取决于其自身的各种属性,还取决于其所周边景观要素的类型和空间构型。现有的生态红线划分研究主要是基于评价单元的各种自然社会经济属性(垂直过程),而很少考虑周边景观要素对其各种生态适宜性的影响(水平过程)。如在海岸带地区生态红线划分中,上游陆地流域景观结构对海洋生态环境的影响考虑不足,导致划分结果缺乏综合整体性。虽然生态安全格局理论在生态恢复、生物多样性保护和景观生态规划研究中应用较多,海岸带综合管理理念很是盛行,但在国内生态红线区划中考虑景观/区域生态安全空间格局和海陆统筹的研究实例至今尚未发现。

4 生态红线划分的技术方法和理论

(1) 生态适宜性分析

生态适宜性分析根据规划对象或者评价单元的尺度独特性、抗干扰性、生物多样性、空间效应等,选择自然社会经济因子构建评价指标体系和指标权重,通过建立适宜性指数模型计算适宜性指数,确定评价单元对某种使用方式的适宜性和限制性,进而划分适宜性等级。适宜性分析是空间规划的重要工具,广泛地应用于保护区选址、种(养)殖区划、环境影响评价、动植物生境适宜性分析和土地利用格局优化中^[25-29]。通过适宜性分析确定不同地域/海域的使用方式,对于解决资源使用冲突、缓解生态环境退化问题和提高区域的生态功能和服务综合价值具有重要意义。现在适宜性分析已经从简单的多属性单目标(单一使用方式适宜性评价)

阶段发展到多目标(多种使用方式综合适宜性评价)整体优化阶段,利用线性或者非线性优化算法,确定研究区域的最优使用方式^[30]。非线性适宜性指数模型开发和空间联系(效应)量化是生态适宜性分析的热点和难点^[28,31-32]。

(2) 区域/景观生态安全格局理论

在景观和区域尺度上,生态系统的空间分布格局对生态系统的结构功能和生态服务价值具有重要影响。作为土地利用规划的指导思想,“全球思维,区域规划,局地实施”(Think globally, plan regionally and act locally)理念非常强调空间背景(spatial context)对区域或者景观生态规划的重要性,认为在进行景观和区域生态规划时必须考虑周围景观和区域的影响^[33]。某个地域是否具有生态保护重要性,不仅取决于其本身的各种自然、社会和经济属性,而更取决于其在景观和区域中保护生态系统完整性和连通性的价值。

景观中的某些关键性的局部,位置和空间联系如盆地的出水口、廊道的断裂处或瓶颈、河流交汇处的分水岭、动物迁徙途中的踏脚石(stepping stone)、大型自然斑块、宽阔的河流廊道、多种生态系统的交错区对维护或控制某种生态过程有着异常重要的意义(在景观和区域规划和设计中保护和维持其空间格局对于优化景观功能、维持生态功能和服务价值的可持续性具有重要作用。景观中这些关键局部位置和空间联系构成了景观生态安全格局^[34]。与此类似,区域生态安全格局研究也基于格局与过程相互作用的原理寻求解决区域生态环境问题的对策,但是它更强调区域尺度生态环境问题的发生与作用机制,例如干扰的来源,社会经济的驱动以及文化伦理的影响等;强调通过不同尺度上格局与过程的干扰效应研究,集中解决生物保护、生态系统恢复及景观稳定等一系列问题;根据干扰对某一尺度格局与过程的作用,提出相应的解决对策^[35]。

区域/景观空间格局决定区域/景观功能,功能反过来又影响景观格局。保护宽阔的河流廊道,减少自然景观破碎度,通过设置廊道和踏脚石的方式提高景观连通度,保护大型自然斑块是生态安全格局制定的指导思想^[33]。生态红线划分依据不单是评价单元在生态系统层次上生态重要性、脆弱性和敏感性,而更为重要的是评价单元在区域和景观安全格局上的生态重要性。如从生物保护角度讲,在小的局域尺度上某生态系统面积小生物多样性低而生态保护价值不大,但其在景观和区域尺度上可能由于空间位置特殊性(是鸟类迁徙途中极为重要的踏脚石),同样需要重点保护。

(3) 海陆统筹理论

陆地对海洋的影响在很大程度上体现在来自于陆地污染物的输入。近海富营养化是海洋面临的最主要生态问题,其主要成因就是上游流域面源营养盐污染大量排放。上游流域土地利用/土地覆盖格局变化将影响入海淡水的数量、质量和动态变化特征,从而对海岸带地区的生物多样性产生重要影响,如一些洄游海洋生物对上游河流的枯水期、丰水期的水位、流速和出现时间以及持续长度非常敏感。另外,海岸带和海洋生态系统面临的气候变化、生物多样性下降,生境破坏和破碎化、外来生物入侵等威胁都与近岸陆地上的人类活动有关。近海和流域通过水文联系而成为海岸带综合管理中有机整体^[36]。在海洋的生态环境治理中避免“头疼医头,脚疼医脚”,强调海陆统筹、源头治理是海洋和海岸带管理的发展趋势。确定陆源干扰的种类和干扰机制,在此基础上进行生态红线划分,将有助于提高生态红线区划分结果的科学性。

(4) 干扰生态学理论

干扰一般是指能显著改变系统自然格局的离散事件,它导致景观中各类资源的改变和景观结构的重组^[35]。自然干扰可以促进生态系统的演化更新,是生态系统演变过程中不可或缺的自然现象。但是,人类干扰或人类干扰诱发的自然灾害却成为区域生态环境恶化的主要原因。生态系统退化的程度与人为干扰状况(即干扰的强度、时间和频度)有关。停止干扰后生态系统有自动恢复的功能,但其能力是有限的,退化生态系统自身能否恢复及恢复的速度与所经受的干扰强度和时长有关。改变人为干扰的机制,减少退化生态系统的外部干扰压力,有利于退化生态系统的恢复^[37]。在景观生态研究中,很强调自然干扰机制的保持,保护区的面积应该足以保证某些自然干扰的完整性是保护区设计的重要原则。人类活动带来一系列的生态、环境问题在很大程度上与人类活动改变了某些自然干扰机制有关,而自然干扰机制是景观或区域内一些生态

功能和过程正常运行的前提和基础。把人类活动对某些自然干扰的影响减少到适当的程度是实现景观功能优化的重要措施。人类活动对生态系统或景观功能和过程的影响主要体现在对自然干扰机制的破坏或改变上。如在河流景观中,河流和冲击滩是通过洪水联系起来的,很多生态过程的速率和发生时间取决于洪水的脉动规律(flood pulse)。而河道取直、堤坝建设等人为活动改变了洪水的自然干扰模式,结果引起景观功能的退化和生物多样性的丧失。将干扰生态学理论结合到生态红线划分中,注意保持和维护自然干扰机制,减少人为干扰的不利影响,将有助于提高生态红线划分的科学性。

(5) 生态系统管理和适应性理论

生态系统管理是在对生态系统组成、结构和功能过程加以充分理解的基础上,制定适应性的管理(Adaptive management)策略,以恢复或维持生态系统整体性和可持续性。保护生物多样性、保护关键的生态过程和维持生态系统完整性是生态系统管理的主要目标。生态系统管理是综合管理,管理边界是生态系统的自然边界而不是行政边界,根据生态过程和影响方位研究来确定管理边界是生态系统管理的基础。在陆地上,流域边界常常用于界定生态管理边界,而在海岸带综合管理中上游流域边界也常用于确定海岸带管理边界。生态系统管理强调公众参与,管理目标明确和具有可操作性,在调解利益相关方之间的各种冲突基础上综合考虑和设定生态、社会和经济多种目标^[30]。在生态系统管理中,人类被看作是生态系统的有机组成部分,人类活动对生态系统的影响是生态系统管理的基础。生态系统管理的对象表面上是生态系统,实质上是人类活动^[38]。由于生态系统的不确定性、复杂性、时滞性,人类对任何生态系统主要驱动力及系统行为和响应的认识能力存在固有局限性,生态系统管理强调适应性管理理念。生态系统管理者需要通过不断调整战略、目标及方案等,以适应快速变化的社会经济状况与环境变化。生态系统管理的主要途径有生态风险评价、退化生态系统恢复、自然保护区设计和生态工程和生态建设。

(6) 驱动力-压力-状态-影响-响应(DPSIR)模型框架

DPSIR 概念模型是由 OECD 在 1993 年提出,并为欧洲环境局所发展。在 DPSIR 概念模型中,驱动力(Driving Force)是指造成环境变化的潜在原因,而压力(Pressure)是指人类活动对其紧邻的环境以及自然环境的影响,是环境的直接压力因子。状态(State)是指环境在上述压力下所处的状况,如污染水平等。影响(Impact)是指系统所处的状态对人类健康和社会经济结构的影响。响应(Response)过程表明人类在促进可持续发展进程中所采取的对策和制定的积极政策。生态红线管理遵从生态系统管理思想,需要根据状态对生态系统的影响以及状态产生的根源(驱动力和压力因素),采取合理的响应方式,来实现生态红线区划和管理的生态系统完整性和连通性目标。DPSIR 模型强调经济运作及其对环境的影响之间的联系,具有综合性、系统性、整体性、灵活性等特点,能揭示环境与经济的因果关系并有效整合资源、发展、环境与人类健康^[39]。上述特点使 DPSIR 成为生态红线划分和管理的重要工具。

5 生态红线划分的技术路线

生态红线划分的目的是维护区域生态系统完整性和连通性,确定需要保护的生态重要功能区和生态敏感/脆弱区的空间范围。任何一个生态系统都具有多种生态功能,但其功能重要程度与其所在区域或者景观内的生态环境问题类型、严重程度以及生态服务功能需求迫切性有关。另外,不同的生态系统主导生态功能类型和生态功能服务总体价值也不同。因而,通过生态调查进行生态环境问题诊断和生态服务功能需求分析,进行生态系统空间制图,收集规划区的生态、环境和资源要素的空间分布和使用信息是生态红线划分的基础。景观/区域生态安全格局理论非常强调在更大的时空尺度上研究生态和生态环境问题,强调局地的生态环境问题与周边景观要素类型和空间分布格局的关系,强调通过景观结构优化实现景观生态功能优化的目的。以海岸带地区为例,海水富营养化以及随之而来的生物多样性下降和渔业资源衰竭与上游流域土地利用格局变化有关。为维持海岸带地区的区域生态系统的完整性和连通性,需要结合生态安全格局理论海陆统筹地划分生态红线。某些区域的生态环境问题如下游水体的生物多样性下降与自然干扰机制破坏(人类活动改变了

上游流域地表径流节律)有关,在生态红线划分过程中根据干扰生态学理论和生态安全格局理论保护(恢复破坏了的)自然干扰机制有助于提高红线区划的科学性。生态红线管理的对象是人类活动,需要在生态系统管理和适应性理论指导下进行,在结合 DPSIR 模型框架研究人类活动对生态系统的影响规律的基础上,管理和规范人类活动,从而达到维护区域生态完整性和生态服务功能的可持续性,解决生态环境退化和资源枯竭问题目的。生态功能重要性和脆弱性/敏感性评价是生态红线划分的主要依据,需要根据生态适宜性指数模型确定评价单元的生态功能重要性和生态敏感区/脆弱程度,这是生态红线区划和分级的基础。而在生态适宜性评价中,除了考虑评价单元自身的生态属性,还需要考虑评价单元的周边景观要素的种类和空间分布以及评价单元的位置重要性,即景观生态安全格局因素。以海岸带地区为例,我们提出了生态红线(空间红线)划分技术路线(见图 1)。

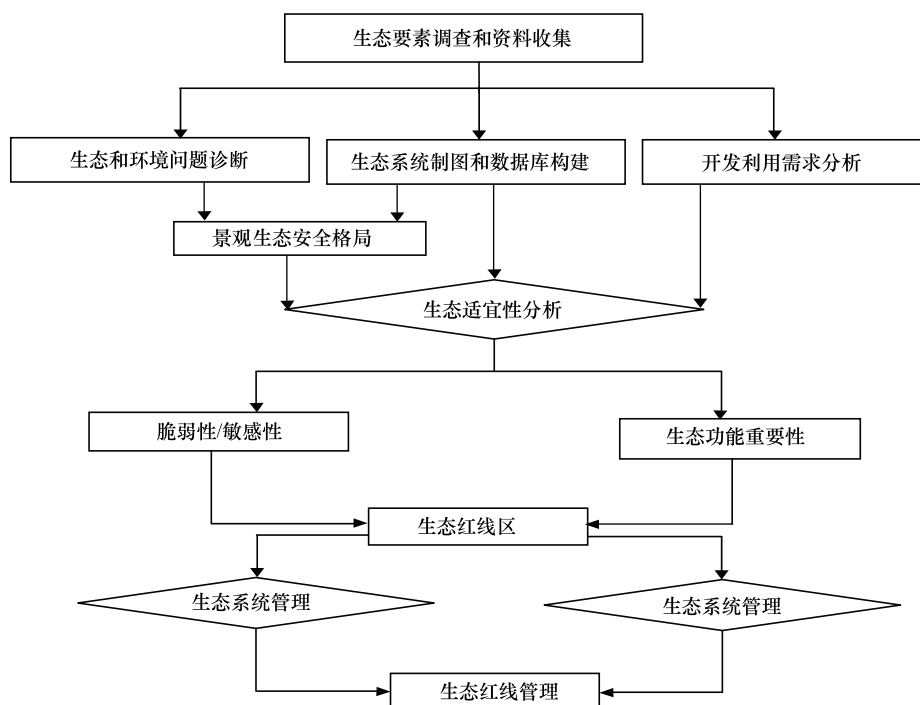


图 1 基于生态学理论的生态红线划分技术路线

Fig. 1 Flow chart for redline zone delineation based on the theories of ecology

1) 对研究区内存在的生态和环境问题进行诊断分析,了解现有土地/海域使用现状和生态服务功能需求,并收集和调查自然、社会和经济各种数据,构建数据库并进行生态系统区划和空间制图。

2) 根据生态和环境问题诊断结果以及生态系统空间信息,确定生态服务功能需求以及对各种生态服务功能需求的紧迫性进行定量评价。

3) 基于生态功能需求信息和生态系统空间格局信息,确定景观生态安全格局。宽阔的河流廊道、育苗场、产卵地和动物迁徙中转站,保护区之间的廊道和踏脚石因其在保护区域生态系统连通性和完整性的特殊作用,需要加强保护,在生态适宜性评价中需要考虑其特殊地位和作用。

4) 基于生态适宜性分析和安全格局信息,确定生态红线。在生态功能需求分析基础上,根据评价单元对某种(些)生态功能需求的适宜性、生态服务功能需求的紧迫性以及生态安全格局的空间重要性,确定评价单元的生态重要性和重要生态功能区的边界;根据生态问题诊断结果和评价单元的生态属性,利用适宜性指数模型对评价单元的生态脆弱性和敏感性进行评价,确定生态脆弱/敏感区的边界。考虑到生态交错区一般生态脆弱性高,在生态脆弱性评价中需要考虑评价单元的空间背景状况。

5) 生态红线确定后,需要结合生态系统管理和适应性理论和 DPSIR 模型框架,规范红线区的人类活动,

确定活动的类型和强度,进行生态红线管理。

6 生态红线研究展望

生态红线划分研究现在尚处于探索阶段,许多技术方法有待完善。虽然现有许多生态学理论和技术方法,但在生态红线管理中应用不够充分,导致生态红线划分结果略显粗糙。在上文生态红线的研究综述和问题分析基础上,笔者建议在今后的工作中加强以下几个方面研究:

1) 基于海陆统筹的空间格局-生态过程研究

中国环境的问题主要集中在人类活动剧烈、生态环境退化严重的东部地区,这意味着沿海省市的生态红线划分更有紧迫性。海洋生态环境问题如生物多样性下降、渔业资源退化、水质恶化、生态系统弹性下降大都与沿海陆地(流域)土地资源的不合理开发利用有关。根据陆地和海洋的流域水文联系,研究上游流域土地利用空间格局与近海富营养化和海洋生物多样性的关系,在此基础上进行确定沿海省市的生态红线边界范围,将有助于提高中国生态红线区划分结果的科学性。

2) 生态适宜性评价方法研究

生态适宜性评价是生态红线划分的基本工具,但现有的生态适宜性评价主要基于评价单元自身属性,很少考虑周边景观要素的空间布局对评价单元适宜性的影响。指标打分系统和权重确定以及指数模型的结构都需要根据研究区域的生态环境问题和自然地理条件和评价目标相应变化。空间红线和面积红线如何协调,如何根据面积红线调整空间红线划分的依据都是今后生态适宜性评价方法研究的重要内容。

3) 生态模拟和监测研究

了解包括人类活动在内的各种压力会对区域内的生态系统完整性、连通性和关键生态过程影响,是生态空间红线划分和管理的依据。而这需要借助生态模拟来实现,通过生态模拟揭示干扰或者说胁迫(气候变化或人类活动)对生态系统的影响以及模拟不同情景(管理或者气候变化)下生态系统的响应,理解生态系统各种成分之间的复杂关系。生态模拟需要根据生态建模的目的收集大量的数据和参数,但传统的生态环境监测的指标种类,监测频度和空间范围大都不能满足生态建模需要。根据生态红线生态模型需要确定综合生态环境监测方案并进行长期监测将有助于解决这一问题和提高生态红线管理的水平。

7 结语

本文在对国内生态红线的研究进行综述的基础上,分析了中国生态红线的研究中存在的一些问题。在此基础上根据生态红线的内涵,结合生态系统管理、海岸带综合管理、景观/区域安全格局理论和 DPSIR 概念模型和适宜性评价等工具和方法,提出了生态红线划分的基本技术路线,并就今后中国生态红线划分理论和技术研究发展方向做出展望。本文提出的生态红线划分的技术路线主要是针对海岸带地区,但该技术路线的理论基础和思想同样可以供陆地区域生态红线划分研究借鉴。生态红线是中国学者和政府提出的一个概念,其主要支持理论来自于生态管理和景观生态学理论,强调保护生态系统整体性和连续性以及维持生态系统服务价值的可持续性。国外虽然没有生态红线的概念,但在自然保护区选址生态脆弱性评价和以及景观生态规划或者海洋空间规划方面做的工作依然可以为国内生态红线的研究提供重要借鉴和参考。海陆统筹理论、生态系统管理理论、景观/区域安全理论、干扰理论都是生态学重要理论并相互渗透,如生态系统管理理论也强调海陆统筹和景观/区域安全格局保护,干扰理论也是海陆统筹理论和景观/区域安全理论的有机组成部分,这里将这些理论认为分开是为了更好地论述这些理论。

参考文献(References):

- [1] 饶胜, 张强, 牟雪洁. 划定生态红线创新生态系统管理. 环境经济, 2012, (6): 57-60.
- [2] 刘雪华, 程迁, 刘琳, 彭羽, 武鹏峰, 石翠玉, 朱洪辉. 区域产业布局的生态红线区划定方法研究——以环渤海地区重点产业发展生态评价为例 // 2010 中国环境科学学会学术年会论文集(第一卷). 北京: 中国环境科学学会, 2010.

- [3] 范学忠, 李玉辉, 角媛梅. 昆明市生态红线区非生态用地转变前后生态效益分析. 水土保持研究, 2008, 15(4): 179-188.
- [4] 冯文利. 生态安全条件下的土地利用规划研究——区域生态红线区的引入与土地资源管理 // 2007 年中国土地学会学术年会论文集. 长沙: 2007 年中国土地学会学术年会, 2007.
- [5] 符娜. 土地利用规划的生态红线区的划分方法研究——以云南省为例[D]. 北京: 北京师范大学, 2008.
- [6] 许妍, 梁斌, 鲍晨光, 兰冬东, 于春艳, 马明辉. 渤海生态红线划定的指标体系与技术方法研究. 海洋通报, 2013, 32(4): 361-367.
- [7] 冯宇. 呼伦贝尔草原生态红线区划定的方法研究[D]. 北京: 中国环境科学研究院, 2013.
- [8] Ebenman B, Jonsson T. Using community viability analysis to identify fragile systems and keystone species. Trends in Ecology & Evolution, 2005, 20(10): 568-575.
- [9] De Lange H J, Sala S, Vighi M, Faber, J H. Ecological vulnerability in risk assessment- a review and perspectives. Science of the Total Environment, 2010, 408(18): 3871-3879.
- [10] Bergengren J C, Waliser D E, Yung Y L. Ecological sensitivity: a biospheric view of climate change. Climatic Change, 2011, 107(3/4): 433-457.
- [11] Kappel C V, Halpern B S, Napoli N. Mapping cumulative impacts of human activities on marine ecosystems. Boston, Massachusetts: Sea Plan, 2012.
- [12] Douvres F, Ehler C. Making ecosystem - based management a reality: marine protected area management in the context of marine spatial management // Presentation at the Nordic workshop on marine spatial planning. Copenhagen, Denmark, 2007.
- [13] Santi E, Maccherini S, Rocchini D, Bonini I, Brunialti G, Favilli L, Perini C, Pezzo F, Piazzini S, Rota P E, Salerni E, Chiarucci A. Simple to sample: vascular plants as surrogate group in a nature reserve. Journal for Nature Conservation, 2010, 18(1): 2-11.
- [14] Halpern B S, Lester S E, McLeod K L. Placing marine protected areas onto the ecosystem-based management seascape. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2010, 107(43): 18312-18317.
- [15] Mora C, Sale P F. Ongoing 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. Marine Ecology Progress Series, 2011, 434: 251-266.
- [16] Halpern B S, Walbridge S, Selkoe K A, Kappel C V, Micheli F, D'Agrosa C, Bruno J F, Casey K S, Ebert C, Fox H E, Fujita R, Heinemann D, Lenihan H S, Madin E M P, Perry M T, Selig E R, Spalding M, Steneck R, Watson R. A global map of human impact on marine ecosystems. Science, 2008, 319(5865): 948-952.
- [17] Day J C. Zoning—lessons from the Great Barrier Reef marine park. Ocean & Coastal Management, 2002, 45(2): 139-156.
- [18] Link J S. What does ecosystem-based fisheries management mean? Fisheries, 2002, 27(4): 18-21.
- [19] Crowder L, Norse E. Essential ecological insights for marine ecosystem-based management and marine spatial planning. Marine Policy, 2008, 32(5): 772-778.
- [20] 欧阳志云, 王如松, 符贵南. 生态位适宜度模型及其在土地利用适宜性评价中的应用. 生态学报, 1996, 16(2): 113-120.
- [21] 陈守煜, 柴春岭, 苏艳娜. 可变模糊集方法及其在土地适宜性评价中的应用. 农业工程学报, 2007, 23(3): 95-97.
- [22] 秦建成, 王子芳, 张贞. 基于径向基函数神经网络的植烟土地适宜性评价. 西南大学学报: 自然科学版, 2008, 30(5): 121-128.
- [23] Portman M E, Dalton T M, Wiggin J. Revisiting integrated coastal zone management: is it past its prime? Environment: science and policy for sustainable development. 2015, 57(2): 28-37.
- [24] Iyalomhe F, Rizzi J, Torresan S, Gallina V, Critto A, Marcomini A. Inventory of GIS-based decision support systems addressing climate change impacts on coastal waters and related inland watersheds // Singh B R, ed. Climate change - realities, impacts over ice cap, sea level and risks. Italy, 2013.
- [25] Liu Y S, Deng X Z. Structural patterns of land types and optimal allocation of land use in Qinling Mountains. Journal of Geographical Sciences, 2001, 11(1): 99-109.
- [26] Laurin G V, Ongaro L. Mapping the suitability of potential conservation sites: a case study in Northern Tunisia. Journal of Agriculture and Environment for International Development, 2006, 100(1/2): 3-28.
- [27] 史同广, 郑国强, 王智勇, 王林林. 中国土地适宜性评价研究进展. 地理科学进展, 2007, 26(2): 106-105.
- [28] 焦胜, 李振民, 高青, 周恺, 魏春雨, 何韶瑶. 景观连通性理论在城市土地适宜性评价与优化方法中的应用. 地理研究, 2013, 32(4): 720-730.
- [29] 林勇, 刘述锡, 关道明, 张振冬, 温泉. 基于 GIS 的虾夷扇贝养殖适宜性综合评价——以北黄海大小长山岛为例. 生态学报, 2014, 34(20): 5984-5992.
- [30] Liu Y S, Wang J Y, Guo L Y. GIS-based assessment of land suitability for optimal allocation in the Qinling Mountains, China. Pedosphere, 2006, 16(5): 579-586.
- [31] 陈云峰, 孙殿义, 陆根法. 突变级数法在生态适宜度评价中的应用——以镇江新区为例. 生态学报, 2006, 26(8): 2587-2594.

- [32] 刘孝富, 舒俭民, 张林波. 最小累积阻力模型在城市土地生态适宜性评价中的应用——以厦门为例. 生态学报, 2010, 30(2): 421-428.
- [33] Forman R T. Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.
- [34] 俞孔坚. 生物保护的景观生态安全格局. 生态学报, 1999, 19(1): 8-15.
- [35] 马克明, 傅伯杰, 黎晓亚, 关文彬. 区域生态安全格局: 概念与理论基础. 生态学报, 2004, 24(4): 761-768.
- [36] Jenkins A P, Jupiter S D, Qauqau I, Atherton J. The importance of ecosystem-based management for conserving aquatic migratory pathways on tropical high islands: a case study from Fiji. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 2010, 20(2): 224-238.
- [37] 林勇, 葛剑平, 刘世荣. 景观结构调整和干旱半干旱区水资源的可持续利用. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2004, 40(6): 820-824.
- [38] McLeod K L, Leslie H M. Why ecosystem-based management? // McLeod K L, Leslie, eds. Ecosystem-Based Management for the Oceans. Washington, DC, USA: Island Press, 2009.
- [39] Borja Á, Galparsoro I, Solaun O, Muxika I, Tello E M, Uriarte A, Valencia V. The European Water Framework Directive and the DPSIR, a methodological approach to assess the risk of failing to achieve good ecological status. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2006, 66(1/2): 84-96.