

DOI: 10.5846/stxb201506171227

索安宁,关道明,孙永光,林勇,张明慧.景观生态学在海岸带地区的研究进展及其在海洋生态文明建设中的新使命.生态学报,2016,36(11):

Suo A N, Guan D M, Sun Y G, Lin Y, Zhang M H. Advances in coastal landscape ecology and its role in the construction of marine ecological civilization. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(11):

景观生态学在海岸带地区的研究进展及其在海洋生态文明建设中的新使命

索安宁^{1,2}, 关道明^{1,2}, 孙永光^{1,2}, 林勇^{1,2}, 张明慧^{3,*}

1 国家海洋环境监测中心, 大连 116023

2 国家海洋局海域管理技术重点实验室, 大连 116023

3 大连海洋大学海洋与土木工程学院, 大连 116023

摘要:海岸带是景观生态学的重要研究领域,并且取得了长足的发展。系统剖析景观生态学在海岸带陆地土地利用变化的景观格局分析与优化、滨海湿地景观格局破碎化及其生态效应、海岛开发和保护的景观规划与设计、近岸海域空间开发的景观格局分析与评价、海洋环境过程与空间格局的相互作用关系等领域研究取得的成绩及其存在的主要问题。在此基础上,结合我国生态文明建设要求,探讨了景观生态学在海洋生态文明建设中的研究尺度匹配、格局-过程耦合理论引导、景观格局指数量化考核方面的学科优势。笔者认为景观生态学可以在围填海平面设计与规划研究、海岸带生态修复与景观建设、海洋保护区选划与管理、海岛开发与保护、海陆统筹下的海岸带综合管理等方面开拓应用发展领域,助力海洋生态文明建设,承担建设海洋强国、美丽海洋的新使命。本文同时也为景观生态学在近岸海洋资源环境中的应用、近岸海洋景观生态学的发展梳理框架与思路。

关键词:景观生态学;海岸带;研究进展;海洋生态文明建设;新使命

Advances in coastal landscape ecology and its role in the construction of marine ecological civilization

SUO Anning^{1,2}, GUAN Daoming^{1,2}, SUN Yongguang^{1,2}, LIN Yong^{1,2}, ZHANG Minghui^{3,*}

1. National Marine Environment Monitoring Center, Dalian 116023, China

2. Key Laboratory of Sea Field Management Technology, State Oceanic Administration People's Republic of China, Dalian 116023, China

3. College of Ocean and Civil Engineer, Dalian Ocean University, Dalian 116023, China

Abstract: Over the last ten years, considerable progress has been made in the field of coastal landscape ecology, an important branch of landscape ecology. The present study reviews the applications of landscape ecology to coastal land use and land cover changes with an emphasis on landscape pattern analysis and optimization; coastal wetland landscape fragmentation and its ecological effects; the role of island-oriented planning and design in landscape exploration and protection; marine applications of landscape pattern analysis and assessment; marine environmental processes; and coupling of spatial patterns. The focus is on the progress and challenges of these main issues. In addition to the objectives and requirements for the construction of ecological civilization in China, the advantages of landscape ecology in scale matching, pattern-process coupling, and landscape pattern quantitative assessment are addressed. According to landscape pattern and process theory, the selection and accompanying graphic design of reclamation sites must take into consideration the normal

基金项目:国家自然科学基金(41376120);海洋行业公益性科研专项(201405025)

收稿日期:2015-06-17; 修订日期:2015-11-13

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: san720@sina.com

marine biological and hydrological processes. As far as ecological restoration of the coastal zone and landscape construction is concerned, we highlight the importance of restoring ecological processes in addition to restoring landscape patterns. Based on the theories of landscape heterogeneity, island biogeography, and minimum area requirements, the patches of high ecological value are outlined and managed as marine conservation areas. The introduction of new landscape types and pattern adjustment to island landscapes is proposed for further development. With regard to the management of source and sink landscape types in land-marine planning, upstream landscape pattern optimization for the control of downstream aquatic eutrophication is also discussed. The present study provides a framework for the application of landscape ecology in coastal zones and is expected to support ecological civilization.

Key Words: landscape ecology; coastal zone; study progress; marine ecological civilization construction; new goals

海岸带是海洋生态系统向陆地生态系统的过渡区域,是全球最重要的生态交错带^[1-2]。海岸带区域受海陆多种因素影响,生态系统结构复杂,景观类型多样,人类活动聚集,是多个学科研究关注的焦点区域^[3-4]。关于海岸带(英文单词通常用 coast)的定义,国内外不同学者对海岸带有不同的界定,陈吉余等将海岸带定义为潮间带及其向陆和向海的延伸部分(向陆地延伸 10 km。向海洋延伸至 10—15 m 等深线)^[5]。Carter 在《Coastal Environment》一书中将海岸带定义为陆地、水体和空气的交界区域^[6];杨世伦认为海岸带应包括永久性水下岸坡带、潮间带和永久性陆地带三部分区域,其中永久性水下岸坡带的向海边界是波浪作用的下限;永久性陆地带可以是风成海岸沙丘的向陆边缘,也可以是人工海堤^[7]。可以看出,不同学者研究的视角不同,他们对海岸带的界定也各不一样。

景观生态学是研究景观尺度上的景观格局、生态过程及其它们之间耦合机制的综合性学科。20 世纪 80 年代以来,景观生态学在国内外取得了长足发展,景观格局评价、景观格局变化与驱动机制研究、景观格局与生态/非生态过程之间的耦合关系、景观格局优化与设计等理论方法在植被与生物多样性保护、土地利用管理、森林资源经营与保护、城市生态安全维护等领域得到了广泛的应用^[8-10]。景观生态学在海岸带地区也有广泛的应用基础,是研究海岸带生态与环境空间演变,海洋灾害防控、海岸资源开发评估与规划等工作的有效手段。早在 20 世纪 80 年代,美国景观生态学者就提出了海洋景观生态学的概念,并开始关注环境变化和人类活动对海岸带景观格局的影响^[11-12]。1990 年国际景观生态学会(IALE)将海岸带管理列为景观生态学十大工作组内容之一^[13-14]。我国景观生态学的先驱肖笃宁先生在 20 世纪 80—90 年代就系统开展了辽河三角洲、黄河三角洲滨海湿地景观生态研究^[15]。张庆忠等分析了景观生态学在海洋生态系统研究领域的应用视角^[16]。索安宁等系统分析了景观生态学在海洋赤潮灾害、海洋溢油灾害、海域使用、海岛开发利用及滨海湿地等方面的应用前景^[17]。多年来,许多学者在积极地探索景观生态学在海岸带区域的应用方法与理论,并且在海岸带开发利用的景观格局分析、滨海湿地生境格局与生物多样性关系、海草床景观生态学研究等不同方面开展了大量研究^[18-21]。

1 景观生态学在海岸带地区的研究进展

1.1 景观生态学在海岸带陆地区域研究进展

随着全球经济一体化发展步伐的加快,人口和社会经济向海岸带聚集趋势明显,海岸带开发利用强度日益加大,由此导致的海岸带景观格局变化及其生态环境效应也引起了许多景观生态学者的关注。Correl 等研究了海岸带土地利用变化对景观格局中营养流入海输送,影响近岸水体营养盐的过程^[22]。Richardson 等研究了美国东南海岸河口湿地水文过程对流域土地开发与森林管理的响应关系^[23]。Carolyn 等研究了美国加利福尼亚不同尺度的陆地和海洋景观格局对栖息鸟类种类与数量的影响^[24]。Leyva 等研究了旅游开发和城市扩展对美国加利福尼亚、土耳其海岸带景观破碎化的影响过程^[25-26]。Parcerisas 等研究了西班牙地中海海岸 1850—2005 年土地利用变化、景观生态及其社会经济驱动力及南非合恩角海岸带景观格局变化^[27-28]。国内,

赵弈等利用景观生态学原理、方法分析了海岸带生态系统空间结构特征,并提出应用控制论、热力学理论指导海岸带规划、保护和管理的理论体系^[29],这是我国最早开展海岸带景观生态学的报道。彭建等以山东省无棣县海岸为例,从景观生产力、景观受胁迫度和景观稳定度 3 个方面构建了海岸带土地可持续利用的景观生态评估体系^[30]。陶丽华等、欧维新等研究了苏北盐城海岸带景观格局变化特征及其驱动机制,研究结果表明:经济发展和人口增长导致海岸带自然-人工景观格局向人工景观格局转变,且自然景观异质性降低,人工景观异质性增加,并提出了优化设计思路^[31-32]。万峻等、左丽君等就不同时空尺度的渤海海岸带景观空间格局变化特征进行了深入分析^[33-34]。汪永华根据海南岛东海岸植被景观的空间异质性特征,系统探讨了海南岛东海岸植被景观的分类体系,是景观分类研究的新尝试,对植被景观资源规划开发具有重要的借鉴意义^[35-36]。陈国强等、吴耀建等分别研究了厦门海岸带城市化过程中的景观格局变化及其生态效应^[37-38]。

纵观海岸带陆地区域景观生态学研究,许多工作都集中在海岸带景观格局变化本身的研究,很少有将海岸带景观格局与海洋环境过程联系起来的研究。众所周知,海岸带景观生态过程之所以不同于其他陆地景观生态过程,是由于它涉及到很多海洋因素的影响。因此,如何将海洋环境因素融入海岸带陆地景观生态学研究,开展海岸带陆地景观格局-海洋环境过程耦合机制研究是未来一项新的研究命题。

1.2 景观生态学在滨海湿地区域研究进展

滨海湿地是景观生态学涉足较早的研究领域,滨海湿地景观生态研究主要集中于河口湿地景观生态学研究、红树林湿地景观生态学研究、滨海盐沼湿地景观生态学研究等几个方面。河口湿地景观生态学研究是景观生态学研究相对集中的一个领域,早在 20 世纪 80 年代,欧美景观生态学者就开始研究潮间带湿地景观格局变化与生物多样性之间的关系,并且在密西西比河三角洲、墨西哥湾沿岸开展了大量的实践研究工作^[11,20]。Robbins、Bell 等以海草床为对象,研究了海草床景观格局变化与浮游动物群落的关系^[39-41]。Johnsoa 等建立了水域生态系统的景观生态学评价方法^[42]。2000 年以来,Teixido, Pittman 等人采用景观格局指数研究鱼、虾、底栖动物群落的生境空间格局量化方法及其尺度变化特征^[43-46]。Kelly 等应用景观生态学方法研究了美国、澳大利亚等区域海岸湿地景观格局变化^[47-49]。国内的景观生态学研究最早开始于河口三角洲湿地景观格局的研究。近 20 年来,河口湿地景观生态学研究方面出现了大量的研究报道,其中最具代表性为 20 世纪 90 年代中国科学院沈阳应用生态研究所、中国科学院生态环境研究中心等单位开展的辽河三角洲、黄河三角洲滨海湿地景观生态研究^[50-55]。除河口三角洲湿地以外,滨海滩涂湿地也是景观生态学涉足的一个重要领域。江苏盐城辐射沙洲滨海湿地成为近年来滨海湿地景观生态学研究的一个热点区域,有关学者系统研究了盐城滨海湿地景观格局变化过程、驱动机制、生态功能效应^[56-58]。另外,不同研究者分别就莱州湾、胶州湾、杭州湾、辽宁沿海、浙江沿海的滨海湿地景观格局变化及其生态环境影响开展了分析与研究^[59-64]。这些滨海湿地景观生态学研究为我国滨海湿地保护与研究提供了新思路,极大地丰富了滨海湿地保护与管理方法。

在红树林湿地景观生态研究方面,Zharikov 等采用航空遥感影像和 GIS 技术分析了亚热带河口湿地景观格局^[65]。Seto 等对越南红树林动态监测的基础上,进一步分析了红树林湿地景观斑块大小、斑块数量、最大景观斑块指数、景观形状指数、分维指数等景观指数动态变化特征,揭示了越南海岸红树林景观异质性与健康程度的变化规律^[66]。Doyle 等采用景观生态学方法研究了飓风对红树林空间格局的影响^[67]。国内,王树功等采用卫星遥感方法对近 20 年淇澳岛红树林湿地景观格局变化进行了调查分析^[68]。辛琨等分析了海南东寨港红树林湿地景观格局动态变化特征,研究表明:海南东寨港红树林湿地景观相似性指数和平均斑块面积有明显的下降趋势,单位周长斑块数和边界密度呈上升趋势,表明该区域红树林湿地面积正在萎缩,景观破碎化程度升高^[69]。另外,毛丽君利用红树林空间质心变化情况识别了红树林空间变化趋势上的差异,并借助动态模型获得了红树林湿地各种景观类型的相对变化速率^[70]。

可以看出,景观生态学在滨海湿地方面的应用主要集中在河口湿地景观格局变化的实例研究,也有少量的红树林、海草床湿地景观生态学研究,但是面对类型众多的滨海湿地,景观生态学还没有真正应用于滨海湿

地空间格局演化的监测、评价和管理工作。针对类型多样的滨海湿地及其特殊的环境空间特征,构建和选取哪些景观指数才能反映滨海湿地环境演化的空间过程,目前还缺乏深入的研究,这也是滨海湿地景观生态学亟待解决的问题。

1.3 景观生态学在海岛区域研究进展

分布于广阔海面上的海岛、群岛是很多生物的栖息地和庇护区,也是很多自然景观的遗留区,具有重要的生物多样性、自然遗产保护和研究价值。群岛上的很多生物种群,可能是研究复合种群理论、岛屿生态地理理论和最近兴起的景观遗传理论等生态学理论的理想试验区。景观生态学可以通过分析群岛的景观格局,将种群生态过程与海岛的景观格局结合起来,研究海岛之间的空间分布格局与海岛生物种群数量、种群质量、种群遗传之间的关系。同时景观生态学也可为海岛开发与保护评估规划提供理论依据与技术方法,是海岛保护区选划、海岛旅游区规划、海岛资源综合利用评估的重要方法^[17]。

国内外关于海岛景观生态学的报道相对较少,Cengiz 等建立了海岛景观质量评价方法^[71]。近年来,随着我国海岛开发利用强度的加大,也出现了一些相关研究报道。骆灿鹏、肖寒等、吝涛等、阮俊杰等分别研究了福建海坛岛、海南岛、厦门岛、崇明岛的景观格局变化过程^[72-75]。巫丽芸等、王常颖等、辛红梅等分别利用景观格局分析方法,建立了海岛开发的生态风险空间评价,为海岛资源开发的生态风险评估提供了重要的技术依据^[76-78]。索安宁等参考景观生态学的空间格局指数,建立了岛礁空间聚集度指数、海岛形状紧凑度指数、岛礁规模差异指数等海岛岛群空间分布格局评价指标,并以北方长山群岛为典型实例,开展了具体的实证研究^[79]。索安宁等将景观生态学与生态健康评价理论相结合,根据海岛资源环境的特征,建立了海岛植被景观健康评价方法体系,并开展了长山群岛 7 个主要岛屿的植被景观健康实证评价,为海岛开发利用和生物多样性保护提供了理论技术方法^[80]。

1.4 景观生态学在海域空间开发管理中的研究进展

与陆地地表各类具有光谱、纹理特征的土地利用景观斑块组成的空间镶嵌格局不同,海洋开发利用景观格局是在相对均一的海洋自然水体景观基质上人为开发利用的各种海域使用类型斑块组成的空间镶嵌体。对于海洋开发利用景观格局,有些景观格局的斑块和陆地土地利用景观格局斑块一样存在明显的空间边界线,如盐田、围塘养殖、浮筏养殖、围填海造地等;有些景观格局斑块则是人类根据开发利用需要而专门划定的一定海面水域,不存在明显的斑块空间边界线,如航道、锚地等;还有一些景观格局斑块则是在海面标记有一定的使用标注边界线,但这些标记或标志由于目标相对比较小,在小尺度景观上很难看到这些目标,如滨海浴场、人工鱼礁、网箱养殖等。这种海洋开发利用景观格局的复杂性,为海洋开发利用景观格局数据的获取提出了许多技术难题。

借鉴景观生态学在陆地土地利用方面的成熟思路,索安宁等对海域使用空间格局的监测与评价方法进行了探讨,并建立了海域使用空间格局监测评价指标体系^[81];孙永光等对海岸围垦区的景观变化过程及驱动因子进行了分析^[82-84];叶属峰等采用景观格局分析方法,研究了长江口大型工程对水体生境破碎化的影响,取得了较好的研究成果^[85];陆晓燕等 2000 年以来江苏沿海海岸线变化与滩涂围垦进行了分析^[86]。丁智研究了从遥感角度研究了围填海对渤海湾海岸带景观格局的影响^[87]。以上研究主要针对海洋开发利用的空间格局进行了分析与探讨,这些分析探讨虽然对海洋开发利用管理上具有一定的参考价值,但由于缺乏对海洋空间开发利用格局下的海洋水沙环境过程深入剖析,研究深度仍有待进一步推进。

1.5 景观生态学在海洋环境污染过程中的研究进展

随着沿海经济的快速发展,海洋环境污染日趋严重。污染物在海洋中随着波浪、洋流、风流而不断扩散,在海域表面形成各种面积、形状不一的污染物分布区。不同的污染物在海洋表面的空间分布斑块镶嵌于正常的海洋表面基质上,就形成了海洋环境污染景观。海洋污染有很多种类型,如海洋营养盐异常、海洋病菌污染、海洋化学污染、海洋热污染、海洋核辐射污染等,相应的也就形成了多种类型的海洋污染景观^[17]。由于各类海洋污染物的环境效应、扩散机理不同,其相应的污染景观格局演变过程、污染景观格局的环境效应、污染

景观格局的驱动机制各不相同^[88-89]。孙永光等采用景观生态学理论,开展了大洋河口湿地污染风险的综合模糊评价研究,分析了大洋河口湿地污染风险的空间格局特征^[90]。杨红等采用景观格局指数法分析了长江口水域环境的变化过程,是景观生态学在海洋污染空间格局研究方面的一次成功尝试^[91]。

2 景观生态学在海洋生态文明建设中的新使命

2.1 景观生态学在海洋生态文明建设中的学科优势

海洋是我国重要的蓝色国土,是落实国家生态文明建设,践行海洋生态文明建设的基本阵地,也是新形势下建设海洋强国、美丽海洋的基本依托。景观生态学作为宏观生态学研究的重要视角,在落实海洋生态文明,建设美丽海洋过程中具有无可比拟的学科优势和不可替代的独特作用。首先,景观生态学中的景观尺度与海洋生态文明建设中的区域尺度相匹配。区域尺度上的空间单元就是景观,海洋生态文明建设应以具体的景观为基本单位,建设内容主要是引进新的景观类型、恢复原有景观特征,调整当前景观格局,以改善受损的海洋生态系统功能,提高海洋景观格局的有序性、稳定性和观赏性,将海洋景观格局演变引导向正向的良性循环^[92]。其次,景观生态学中的格局-过程理论可作为海洋生态文明建设的基本理论依据。海洋生态文明建设不仅要建设蓝色港湾、碧海银滩、滨海城镇等靓丽的海岸带/海洋景观格局,更要建设和恢复结构稳定、功能多样、环境协调的海洋生态系统,以景观生态学中的格局-过程理论为指导依据可很好地将海洋景观格局建设与海洋生态系统功能恢复结合起来,达到以格局优化提升生态功能,实现海洋生态文明建设的标本兼治。第三,景观生态学中的格局分析指数可作为海洋生态文明建设的重要量化考核与检查指标。景观格局指数是量化景观格局的有效手段,也可作为海岸带/海洋空间景观格局优化的控制性指标,使海洋生态文明建设不仅仅停留在定性概念上,而可具体落实到海湾形态描述、围填海空间格局描述等量化指标上,作为海洋生态文明建设落实情况的考核与检查指标。

2.2 景观生态学在海洋生态文明建设中的新使命

在落实海洋生态文明,建设美丽海洋的新时期,我们要充分挖掘和发挥景观生态学理论基础与技术方法优势,开拓景观生态学在海洋资源开发与生态保护中的应用领域,承担起建设海洋强国、美丽海洋的重大使命。笔者认为景观生态学可在以下几个方面助力海洋生态文明建设。

(1) 围填海平面设计 with 规划研究

围填海是当前我国海洋开发利用的主要形式,但我国围填海平面设计 with 规划相对粗糙,围填海项目多采取顺岸平推围填,这样不仅破坏了自然海岸景观和滨海湿地,也减少了围填形成土地的临岸经济价值。国家海洋局多次要求加强围填海平面设计 with 规划,但由于缺乏对围填海平面设计 with 规划的深入研究,围填海平面设计 with 规划仍然缺乏控制性指标。索安宁等借鉴景观生态学中的空间格局指数,分别建立了顺岸凸堤式、人工岛式、区块组团式围填海平面设计的评估指标,但这些指标的分级标准是建立了多年的实践经验基础上的^[93-94]。目前,亟需从景观生态学中的格局-过程理论角度,开展不同围填海平面设计 with 选址格局下的水沙冲淤等海洋过程研究,建立围填海空间格局与水沙冲淤等海洋过程之间的定量耦合关系,以维护海洋过程为基础制定围填海平面设计 with 规划控制指标及标准,落实生态用海理念。

(2) 海岸带生态修复与景观建设研究

我国海岸带区域经过几十年的高强度开发,海岸侵蚀、港湾淤积、私围滥堵等问题日益严重,许多岸段自然海岸景观已面目全非。为落实海洋生态文明,建设美丽海洋,国家和地方政府近年来相继支持开展了一批海岸带生态修复与景观建设工程,主要包括海岸侵蚀防护、沙滩养护、海湾清淤、海域空间整理、海岸景观修复与美化、海岸与海岛植被恢复等。景观生态学中的景观格局与生态过程耦合关系可作为这些海岸带生态修复项目的理论基础,指导海岸带生态修复不仅要整治修复海岸景观格局,还要修复和恢复海岸生态过程,实现海岸景观格局与生态过程的耦合衔接。例如海域空间整理,不仅要拆除私围滥堵的围塘堤坝,恢复海岸滩涂景观,还要实施生态修复,恢复滩涂底栖生物群落的栖息环境,保障海岸鸟类的滩涂觅食过程。

(3) 海洋保护区选划与管理研究

海洋保护区是为了保护海洋珍稀资源、典型海洋生态系统、珍稀海洋生物、自然历史文化遗产等海洋自然环境和自然资源,依法将包括保护对象在内的海岸、河口、岛屿、湿地、海域选划出来,进行特殊保护和管理的区域。目前,我国已建立各种类型的海洋保护区 300 多处,保护海域面积约 750 万 hm^2 ^[95]。2012 年国务院批复《全国海洋功能区划 2011—2020 年》要求,到 2020 年海洋保护区面积达到我国管辖海域面积的 5% 以上,近岸海域海洋保护区面积达到 11% 以上。海洋保护区选划与管理是我国落实海洋生态文明建设的重要工作。海洋保护目标在海洋空间上不是均匀分布的,总会存在一定的聚集分布区,即保护目标的分布存在景观生态学上的空间异质性。海洋保护区的选划就是依据景观生态学中的空间异质性与多样性理论、岛屿生物地理与空间镶嵌理论、最小面积理论(空间最小面积、抗性最小面积、繁殖最小面积)等划分海洋保护目标聚集分布的空间斑块,并对这些空间斑块的保护提出管理要求。可以说,景观生态学是海洋保护区选划研究的基本理论依据。

(4) 海岛开发与保护研究

海岛是海洋空间开发的天然支撑点,已成为近年来我国海洋空间开发的热点区域,沿海多个省市都制定了区域性的海岛保护与利用规划,科学保护和利用海岛资源。景观生态学中的岛屿生物地理理论、景观异质性与生物多样性理论、生态建设与生态区位理论是区域性海岛保护与利用规划编制的基本理论依据。依据景观异质性和生物多样性理论、岛屿生物地理理论可选划和制定海岛保护区的位置和最小控制面积;依据生态区位理论,可科学划定海岛重点开发区及其适宜开发方向,构建岛群间的分区、分类、分级空间分异开发格局;依据生态建设理论,可通过对海岛原有景观类型的优化组合,并引入新的景观类型,调整海岛景观格局,以增加海岛景观格局的异质性和稳定性,形成高效、和谐的海岛人工-自然景观格局。

(5) 海陆统筹下的海岸带污染治理与综合管理研究

我国多年来的海陆管理原则是以海岸线为分界线,陆地的土地、环境管理不下海,海洋管理不上陆。但随着陆地开发强度的不断加大,海洋生态退化与环境污染问题的日趋严重,海陆统筹下的海岸带综合管理成为破解这一问题的重要途径。景观生态学中的格局-过程理论可作为海陆统筹下海岸带综合管理的重要抓手,通过研究陆地流域土地开发利用景观格局与河流污染物入海过程之间的耦合关系,确定河流污染物产生的上游流域景观“源”头,探讨通过优化上游流域土地利用景观格局,消减河流污染物产生的“源”景观,或者配置湿地等污染物吸纳的“汇”景观,达到污染物“源”、“汇”景观平衡,物质循环,实现河口海域入海污染物总量控制,达到以海定陆,海陆统筹的海岸带综合管理总体目标。

3 总结

景观生态学研究的景观尺度与海岸带开发与保护的区域尺度具有很好的空间匹配性,加上其成熟的研究理论与分析方法,促使景观生态学成为海岸带管理研究的重要视角与方法,并且取得了长足发展。本文在深入分析了景观生态学在海岸带陆地、滨海湿地、海岛、海域空间开发、海洋环境过程等方面的研究进展及其存在的主要问题的基础上,结合当前海洋生态文明建设要求和景观生态学学科优势,初步探讨了景观生态学在围填海平面设计与研究、海岸带生态修复与景观建设、海洋保护区选划与管理、海岛空间开发与保护、海陆统筹下的海岸带污染综合治理与管理等方面的应用理论与实践拓展。这些探讨只是对景观生态学在海洋生态文明建设中可能发挥作用的初步梳理和思路引导,抛砖引玉,以期为海岸带景观生态学研究 and 海洋生态文明建设中的景观生态学应用实践提供切入点和新思路。

参考文献 (References):

- [1] Jagomägi J, Külvik M, Mandar Ü, Jacuchno V. The structural-functional role of ecotones in the landscape. *Ekologia*, 1988, 7(1): 81-94.
- [2] Attrill M J, Rundle S D. Ecotone or ecocline: ecological boundaries in estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2002, 55(6): 929-936.
- [3] Mandelbrot B. How long is the coast of Britain? Statistical self-similarity and fractional dimension. *Science*, 1967, 156(3775): 636-638.

- [4] Chappell J. Coral morphology, diversity and reef growth. *Nature*, 1980, 286(5770): 249-252.
- [5] 陈吉余, 罗祖德, 胡辉. 2000 年我国海岸带资源开发的战略设想. *黄渤海海洋*, 1985, 3(1): 71-77.
- [6] Carter R W G. *Coastal Environments*. London: Academic Press, 1988: 1-4.
- [7] 杨世伦. 海岸环境和地貌过程导论. 北京: 海洋出版社, 2003.
- [8] 陈利顶, 李秀珍, 傅伯杰, 肖笃宁, 赵文武. 中国景观生态学发展历程与未来研究重点. *生态学报*, 2014, 34(12): 3129-3141.
- [9] 李秀珍. 从第十五届美国景观生态学会看当前景观生态学发展的热点和前沿. *生态学报*, 2000, 20(6): 1113-1115.
- [10] 傅伯杰, 吕一河, 陈利顶, 苏常虹, 姚雪玲, 刘宇. 国际景观生态学研究新进展. *生态学报*, 2008, 28(2): 798-804.
- [11] Paine R T, Levin S A. Intertidal landscapes: disturbance and the dynamics of pattern. *Ecological Monographs*, 1981, 51(2): 145-178.
- [12] Steele J H. The ocean 'landscape'. *Landscape Ecology*, 1989, 3(3-4): 185-192.
- [13] Hobbs R. Future landscapes and the future of landscape ecology. *Landscape and Urban Planning*, 1997, 37(1/2): 1-9.
- [14] 傅伯杰, 王仰林. 国际景观生态学研究的动态与趋势. *地球科学进展*, 1991, 6(3): 56-61.
- [15] 肖笃宁, 胡远满, 李秀珍. 环渤海三角洲湿地的景观生态学研究. 北京: 科学出版社, 2001.
- [16] 张庆忠, 陈庆义, 吴文良. 景观生态学: 海洋生态系统研究的一个新视角. *生态学报*, 2004, 24(4): 819-824.
- [17] 索安宁, 赵冬至, 葛剑平. 景观生态学在近海资源环境中的应用——论海洋景观生态学的发展. *生态学报*, 2009, 29(9): 5098-5105.
- [18] Costanza R, Sklar F H, White M L. Modeling coastal landscape dynamics: process-based dynamic spatial ecosystem simulation can examine long-term natural changes and human impacts. *Bioscience*, 1990, 40(2): 91-107.
- [19] 陈鹏, 高建华, 朱大奎, 王颖. 海岸生态交错带景观空间格局及其受开发建设的影响分析——以海南万泉河口博鳌地区为例. *自然资源学报*, 2002, 17(4): 509-514.
- [20] Sousa W P. Intertidal mosaics: patch size, propagule availability, and spatially variable patterns of succession. *Ecology*, 1984, 65(6): 1918-1935.
- [21] Bell S S, Hicks G R F. Marine landscapes and faunal recruitment: a field test with seagrasses and copepods. *Marine Ecology Progress Series*, 1991, 73: 61-68.
- [22] Correl D L, Jordan T E, Weller D E. Nutrient flux in a landscape: effects of coastal land use and terrestrial community mosaic on nutrient transport to coastal waters. *Estuaries*, 1992, 15(4): 431-442.
- [23] Richardson C J, McCarthy E J. Effect of land development and forest management on hydrologic response in southeastern coastal wetlands: a review. *Wetlands*, 1994, 14(1): 56-71.
- [24] Mayer C B, Miller S L, Ralph C J. Multi-scale landscape and seascape patterns associated with marbled murrelet nesting areas on the U.S. west coast. *Landscape Ecology*, 2002, 17(2): 95-115.
- [25] Leyva C, Espejel I, Escofet A, Bullock S H. Coastal landscape fragmentation by tourism development: impacts and conservation alternatives. *Natural Areas Journal*, 2006, 26(2): 117-125.
- [26] Hepcan S, Hepcan C C, Kilicaslan C, Ozkan M B, Kocan N. Analyzing landscape change and urban sprawl in a Mediterranean coastal landscape: a case study from Izmir, Turkey. *Journal of Coastal Research*, 2013, 29(2): 301-310.
- [27] Parcerisas L, Marull J, Pino J, Tello E, Coll F, Basnou C. Land use changes, landscape ecology and their socioeconomic driving forces in the Spanish mediterranean coast (El Maresme County, 1850-2005). *Environmental Science & Policy*, 2012, 23: 120-132.
- [28] Thwaites R N, Jacobs E O. The Cenozoic history of the coastal landscape of the southern cape province, South Africa: a review. *Quaternary Science Reviews*, 1989, 8(3): 283-293.
- [29] 赵弈, 吴彦明, 孙中伟. 海岸带的景观生态特征及其管理. *应用生态学报*, 1990, 1(4): 373-377.
- [30] 彭建, 王仰麟, 刘松, 吴健生, 李卫锋. 海岸带土地持续利用景观生态评价. *地理学报*, 2003, 58(3): 363-371.
- [31] 欧维新, 杨桂山, 李恒鹏, 于兴修. 苏北盐城海岸带景观格局时空变化及驱动力分析. *地理科学*, 2004, 24(5): 610-615.
- [32] 陶丽华, 朱晓东, 桂峰. 苏北辐射沙洲海岸带农业景观生态分析与优化设计. *环境科学*, 2001, 22(3): 118-122.
- [33] 万峻, 李子成, 雷坤. 1954-2000 年渤海湾典型海岸带(天津段)景观空间格局动态变化分析. *环境科学研究*, 2009, 22(1): 77-82.
- [34] 左丽君, 徐进勇, 张增祥, 温庆可, 刘斌, 赵晓丽, 易玲. 渤海海岸带地区土地利用时空演变及景观格局响应. *遥感学报*, 2011, 15(3): 604-620.
- [35] 汪永华. 海南岛东南海岸带植被景观分类系统探讨. *浙江林学院学报*, 2006, 23(2): 163-168.
- [36] 汪永华, 李若英. 海南岛东南海岸带景观生态规划. *地域研究与开发*, 2006, 25(5): 103-107.
- [37] 陈国强, 陈鹏. 城市化过程中海岸带景观异质性变化及其景观生态效应的初步研究——以厦门市马銮湾地区为例. *海洋学报*, 2004, 26(4): 89-95.
- [38] 吴耀建, 陈鹏. 厦门环同安湾海岸带景观空间格局动态变化分析. *城市环境与城市生态*, 2011, 24(5): 14-16.
- [39] Robbins B D, Bell S S. Seagrass landscapes: a terrestrial approach to the marine subtidal environment. *Trends in Ecology & Evolution*, 1994, 9

- (8): 301-304.
- [40] Bell S S, Robbins B D, Jensen S L. Gap dynamics in a seagrass landscape. *Ecosystems*, 1999, 2(6): 493-504.
- [41] Boström C, Jackson E L, Simenstad C A. Seagrass landscapes and their effects on associated fauna: a review. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2006, 68(3-4): 383-403.
- [42] Johnson L B, Gage S H. Landscape approaches to the analysis of aquatic ecosystems. *Freshwater Biology*, 1997, 37(1): 113-132.
- [43] Teixidó N, Garrabou J, Armtz W E. Spatial pattern quantification of Antarctic benthic communities using landscape indices. *Marine Ecology Progress Series*, 2002, 242: 1-14.
- [44] Pittman S J, Mcalpine C A, Pittman K M. Linking fish and prawns to their environment: a hierarchical landscape approach. *Marine Ecology Progress Series*, 2004, 283: 233-254.
- [45] Young M A. A landscape ecology approach to informing the ecology and management of coastal marine species and ecosystems[D]. Santa Cruz: University of California, 2014.
- [46] Mitchell J G, Yamazaki H, Seuront L, Wolk F, Li H. Phytoplankton patch patterns: seascape anatomy in a turbulent ocean. *Journal of Marine Systems*, 2008, 69(3-4): 247-253.
- [47] Kelly N M. Changes to the landscape pattern of coastal North Carolina wetlands under the clean water act, 1984-1992. *Landscape Ecology*, 2001, 16(1): 3-16.
- [48] Connell S D, Irving A D. Integrating ecology with biogeography using landscape characteristics: a case study of subtidal habitat across continental Australia. *Journal of Biogeography*, 2008, 35(9): 1608-1621.
- [49] Hattori A, Kobayashi M. Configuration of small patch reefs and population abundance of a resident reef fish in a complex coral reef landscape. *Ecological Research*, 2007, 22(4): 575-581.
- [50] 陈利顶, 傅伯杰. 黄河三角洲地区人类活动对景观结构的影响分析. *生态学报*, 1996, 16(4): 337-344.
- [51] 王宪礼, 肖笃宁, 布仁仓, 胡远满. 辽河三角洲湿地的景观格局分析. *生态学报*, 1997, 17(3): 317-323.
- [52] Li X Z, Jongman R, Xiao D N, Harms W B, Bregt A K. The effect of spatial pattern on nutrient removal of a wetland landscape. *Landscape and Urban Planning*, 2002, 60(1): 27-41.
- [53] Li X Z, Jongman R H G, Hu Y M, Bu R C, Harms B, Bregt A K, He H S. Relationship between landscape structure metrics and wetland nutrient retention function: a case study of Liaohe Delta, China. *Ecological Indicators*, 2005, 5(4): 339-349.
- [54] 曾辉, 邵楠, 郭庆华. 珠江三角洲东部常平地区景观异质性研究. *地理学报*, 1999, 54(3): 255-262.
- [55] 吴涛, 赵冬至, 张丰收, 卫宝泉. 基于高分辨率遥感影像的大洋河口湿地景观格局变化. *应用生态学报*, 2011, 22(7): 1833-1840.
- [56] 刘春悦, 张树清, 江红星, 王会. 江苏盐城滨海湿地外来种互花米草的时空动态及景观格局. *应用生态学报*, 2009, 20(4): 901-908.
- [57] 左平, 李云, 赵书河, 周鑫, 滕厚峰, 陈浩. 1976 年以来江苏盐城滨海湿地景观变化及驱动力分析. *海洋学报*, 2012, 34(1): 101-108.
- [58] 张华兵, 刘红玉, 郝敬锋, 李玉凤. 自然和人工管理驱动下盐城海滨湿地景观格局演变特征与空间差异. *生态学报*, 2012, 32(1): 101-110.
- [59] 彭建, 王仰麟. 我国沿海滩涂景观生态初步研究. *地理研究*, 2000, 19(3): 249-256.
- [60] 胡春胜, 林勇, 王智平. 渤海湾淤泥质海岸带典型地区景观空间格局分析. *农村生态环境*, 2000, 16(1): 13-16.
- [61] 张绪良, 张朝晖, 徐宗军, 谷东起, 郑伟. 莱州湾南岸滨海湿地的景观格局变化及累积环境效应. *生态学杂志*, 2009, 28(12): 2437-2443.
- [62] 丁亮, 张华, 孙才志. 辽宁省滨海湿地景观格局变化研究. *湿地科学*, 2008, 6(1): 7-12.
- [63] 黄金良, 林杰, 张明锋, 涂振顺. 基于梯度分析的福建典型沿海海湾区域景观格局研究. *资源科学*, 2008, 30(11): 1760-1767.
- [64] 赵明辉. 南海北部海洋景观格局与海洋生物多样性保护研究[D]. 广州: 中山大学, 2007.
- [65] Zharikov Y R, Skilleter G A, Loneragan N R, Taranto T, Cameron B E. Mapping and characterising subtropical estuarine landscapes using aerial photography and GIS for potential application in wildlife conservation and management. *Biological Conservation*, 2005, 125(1): 87-100.
- [66] Seto K C, Fragkias M. Mangrove conversion and aquaculture development in Vietnam: a remote sensing-based approach for evaluating the Ramsar convention on wetlands. *Global Environmental Change*, 2007, 17(3-4): 486-500.
- [67] Doyle T W, Krauss K W, Wells C J. Landscape analysis and pattern of hurricane impact and circulation on mangrove forests of the everglades. *Wetlands*, 2009, 29(1): 44-53.
- [68] 王树功, 黎夏, 刘凯, 周永章, 陈桂珠. 近 20 年来淇澳岛红树林湿地景观格局分析. *地理与地理信息科学*, 2005, 21(2): 53-57.
- [69] 辛琨, 黄星. 海南东寨港红树林景观变化与原因分析. *湿地科学与管理*, 2009, 5(2): 56-57.
- [70] 毛丽君. 基于遥感的广东湛江红树林湿地动态变化研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2011.
- [71] Cengiz T. Visual quality method in assessing landscape characteristics: case study of Bozcaada Island. *Journal of Coastal Research*, 2014, 30(2): 319-327.

- [72] 骆灿鹏. 海坛岛景观格局动态变化研究. 福建师范大学学报: 自然科学版, 1996, 12(3): 89-95.
- [73] 肖寒, 欧阳志云, 赵景柱, 王效科, 苗鸿. 海南岛景观空间结构分析. 生态学报, 2001, 21(1): 20-27.
- [74] 吝涛, 薛雄志, 崔胜辉, 石龙宇. 快速城市化进程中海岛景观格局变化研究. 海洋环境科学, 2009, 28(1): 87-91.
- [75] 阮俊杰, 王卿, 王敏, 沙晨燕, 谭娟. 基于 GIS 的崇明岛景观格局演变特征研究. 上海环境科学, 2013, 32(3): 113-119.
- [76] 巫丽芸, 黄义雄. 东山岛景观生态风险评价. 台湾海峡, 2005, 24(1): 35-42.
- [77] 王常颖, 张杰, 辛红梅, 付军. 基于景观格局的海岛开发潜在生态风险评价. 生态学报, 2008, 28(6): 2811-2817.
- [78] 辛红梅, 张杰, 王常颖, 付军. 一种基于景观格局的卫星遥感海岛自然灾害风险评价方法. 海洋学报, 2012, 34(1): 90-94.
- [79] 索安宁, 赵冬至, 张丰收, 丛丕福. 基于卫星遥感的长山群岛岛礁空间格局分析. 海洋科学进展, 2010, 28(1): 73-79.
- [80] 索安宁, 孙永光, 李滨勇, 林勇, 张永华. 长山群岛植被景观健康评价. 生态学报, 2015, 26(4): 1034-1040.
- [81] 索安宁, 赵冬至, 张丰收, 卫宝泉, 初佳兰. 海域使用格局卫星遥感监测与评价——以葫芦岛试验区为例. 海洋通报, 2010, 29(1): 6-11.
- [82] 孙永光, 李秀珍, 何彦龙, 贾悦, 马志刚. 长江口不同区段围垦区土地利用/覆被变化的时空动态. 应用生态学报, 2010, 21(2): 434-441.
- [83] 孙永光, 李秀珍, 郭文永, 何彦龙, 贾悦. 基于 CLUE-S 模型验证的海岸围垦区景观驱动因子贡献率. 应用生态学报, 2011, 22(9): 2391-2398.
- [84] 孙永光, 赵冬至, 吴涛, 卫宝泉, 高树刚, 李媛, 曹芳芳. 河口湿地人为干扰度时空动态及景观响应——以大洋河口为例. 生态学报, 2012, 32(12): 3645-3655.
- [85] 叶属峰, 丁德文, 王文华. 长江河口大型工程与水体生境破碎化. 生态学报, 2005, 25(2): 268-272.
- [86] 陆晓燕, 杨智翔, 何秀凤. 2000—2009 年江苏沿海海岸线变迁与滩涂围垦分析. 地理空间信息, 2012, 10(5): 57-59.
- [87] 丁智. 围填海对渤海湾海岸带景观格局演变的遥感研究[D]. 北京: 中国科学院研究生院, 2014.
- [88] Hazell D. Frog ecology in modified Australian landscapes: a review. Wildlife Research, 2003, 30(3): 193-205.
- [89] Trenham P C, Shaffer H B. Amphibian upland habitat use and its consequences for population viability. Ecological Applications, 2005, 15(4): 1158-1168.
- [90] 孙永光, 赵冬至, 张丰收, 卫宝泉, 初佳兰, 苏岫. 基于遥感方法的大洋河口湿地环境污染风险时空动态模糊评价. 应用生态学报, 2012, 23(11): 3180-3186.
- [91] 杨红, 丁骏, 王春峰, 陈健, 刘成秀, 戴桂香, 赵瀛. 基于景观空间格局指数法的长江口水域生态环境变化分析. 海洋环境科学, 2012, 31(5): 712-717.
- [92] 肖笃宁, 解伏菊, 魏建兵. 区域生态建设与景观生态学的使命. 应用生态学报, 2004, 15(10): 1731-1736.
- [93] 索安宁, 张明慧, 于永海. 围填海工程平面设计评价方法探讨. 海岸工程, 2012, 31(1): 28-35.
- [94] 于永海, 索安宁. 围填海评估方法研究. 北京: 海洋出版社, 2013.
- [95] 关道明. 中国滨海湿地. 北京: 海洋出版社, 2012.