

跨系统影响视角下海岸带空间规划陆海统筹的内容和方法*

文超祥 吕一平 林小如 阙权鸿

提 要 在国土空间规划体系改革迅速推进和海岸带生态风险日益增加的背景下,作为海岸带空间规划重要内容的陆海统筹,仍缺乏科学的理论支持和技术指导,其根本原因在于没有深刻认识陆海跨系统影响这一核心要素。跨系统影响是形成海岸带特殊性的根本原因,同时也决定了陆海统筹的关键内容和规划方法。通过对福建省海岸带的调查研究,在识别具有跨系统影响意义的关键资源基础上,提出生态保护、关键资源开发利用等陆海统筹的关键内容;应用生态风险评价模型、关键资源的空间效益评估模型、情景模拟等方法,建立“基于生态保护和效益评估的海岸带发展情景模拟及空间格局优化”的陆海统筹规划方法,满足海岸带空间规划的底线管控、效益提升、弹性应对等多方面需要。

关键词 空间规划; 海岸带; 陆海统筹; 跨系统影响

A Research on the Content and Methods of Land-Sea Integration in Coastal Zone Spatial Planning: The Perspective of Cross-system Impact

WEN Chaoxiang, LÜ Yiping, LIN Xiaoru, QUE Quanhong

Abstract: As the reform in the territorial development planning system advances and ecological risks in the coastal zones increase, coordinated land-sea development, an essential part of coastal spatial planning, demands more evidence-based technical guidance. The main knowledge gap lies in the lack of a deep understanding of the coastal zone's cross-system impact. The cross-system impact of the land and the sea defines the features of coastal zones, and it also determines the key content and planning methods of integrated land-sea development. The paper investigates the coastal zone of Fujian Province and identifies key resources that generate cross-system impact. The paper proposes key strategies of coordinated land-sea development, such as ecological protection and the development and utilization of key resources. Based on ecological risk assessment, spatial efficiency assessment for key resources, scenario simulation and other methods, the paper establishes a land-sea integrated approach of 'simulation of coastal development scenario and optimization of spatial pattern based on ecological protection and benefit assessment'. The application can facilitate bottom-line management in coastal zone planning, enhance spatial efficiency and flexibility, and accommodate various other needs.

Keywords: spatial planning; coastal zone; land-sea integration; cross-system impact

中图分类号 TU984 文献标识码 A
DOI 10.16361/j.upf.202005009
文章编号 1000-3363(2020)05-0069-07

作者简介

文超祥, 厦门大学建筑与土木工程学院, 副院长, 教授, 博士, 博导,
2476191940@qq.com

吕一平, 厦门大学建筑与土木工程学院, 硕士研究生

林小如, 厦门大学建筑与土木工程学院, 助理教授, 博士

阙权鸿, 厦门大学建筑与土木工程学院, 博士研究生

2019年《中共中央国务院关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见》明确提出“坚持陆海统筹”,并要求“加强生态环境分区管治”,这充分体现了对陆海生态系统的整体性和系统性的重视。在空间规划体系改革中,陆海统筹成为沿海地区各级空间规划的重要内容。然而,陆海统筹的关键内容是什么?应该如何进行陆海统筹?这些重要问题至今没有得到很好的回答。其根本原因在于没有深刻认识陆海跨系统影响这一核心要素,试图将海岸带各种要素都纳入陆海统筹之中,导致无法把握关键而最终沦为地区或部门规划的“拼合”。

陆海统筹之所以重要,正是因为陆域、海域之间存在跨系统影响而必须进行统筹考虑。跨系统影响与陆海交互作用的概念有一定的相通之处,后者主要强调自然过程,而前者更为侧重于人类生存环境的视角。目前,学术界还没有明确提出跨系统影响的概念,这一表述源于国外研究领域中的跨系统威胁。然而,海岸带的陆域、海域之间,除了负面意义的跨系统威胁之外,也包括正面意义的跨系统得益,如海岸侵蚀形成特

* 福建省自然科学基金计划项目“福建省海岸带小城镇空间规划协同技术研究”(项目编号: 2018J0101)

殊的海岸地貌景观；河口堆积增加陆域开发利用空间；等等。因此，采用“跨系统影响”的表述较为准确。可以认为，跨系统影响是形成海岸带特殊性的根本原因，同时也决定了陆海统筹的关键内容和规划方法。

1 海岸带开发利用与生态保护的冲突

在海岸带空间规划中，陆域和海域通常作为两个独立的系统，并分属于不同部门进行管理。在陆海分离的体制下，海岸带开发利用与生态保护的冲突不断显现，这反映在规划制定和规划实施的各个环节之中。

1.1 海岸带规划管制缺乏协调

由于规划管制缺乏协调，不同空间规划对同一空间可能分别强调生态保护与开发利用功能，导致规划冲突，其主要表现包括：①自然保护地系统管制严格程度不同。在海洋空间的自然保护地系统中，海洋自然保护区和海洋特别保护区由海洋行政主管部门划定，而水产种质资源保护区由农业部门划定。规划管制的分区和依据均存在较大差异，各主管部门对同一个生态空间制定不同的用途准入和环境目标；②陆海空间管理范围的交叉重叠。由于海岸线的准确划定具有很大难度，目前各类涉海空间规划的边界往往出现重叠和交叉，在规划实施中容易产生矛盾。三沙湾的三都岛西北部在土地利用规划中作为陆域规划为农业利用区；而在海洋功能区划中则

作为海域规划为旅游休闲娱乐区（图1）；③海岸带空间分区分类标准缺乏协调。同一种海岸带空间类型在不同的陆海分类体系中有不同的分区类型。例如盐田，在土地利用现状分类、土地利用总体规划、海域使用分类、海洋功能区划中，分别属于工矿仓储用地的采矿用地、独立工矿用地、工业用海的盐业用海、矿产与能源区等不同类型。福宁湾沙头农片区陆域规划分类为水域滩涂，海域规划分类中为围填海渔业养殖，根据禁养区、限养区、养殖区的分类，实质上属于允许水产养殖的水域滩涂类型（图2）。

1.2 陆域、海域规划的功能冲突

由于陆海分离的规划体制，即便在功能区设置上没有重叠，陆域和海域规划仍然会产生各种冲突。一是海域生态保护与陆域开发利用的冲突，主要表现在临海工业、港口航运等污染较大的功能区邻近海洋生态保护红线。例如，宁德市蕉城区漳湾片区的三屿工业与城镇用海区，陆地规划中为新能源工业用地，北侧紧邻八都重要河口生态保护红线

线Ⅱ级区（图3）；二是陆域、海域开发利用缺乏协调。海域开发利用一般需要依托陆域，陆域建设也通常借助海洋资源，陆海开发利用矛盾的用海、用地布局导致海岸带空间效益低下。例如，盐田港西侧的浮溪工业区与盐田港农渔业区相邻（图4），陆域工业污水加剧海域环境水质恶化，导致近海养殖业受到影响，而养殖厂房、渔港等设施的配置也影响工业园区的集中布局，并在环境容量方面制约了陆域工业的发展。

1.3 海洋空间规划之间的冲突

近年来，海洋部门根据不同的规划目标，制定了海洋功能区划、海岸带规划、海岛规划、海洋生态红线保护规划等不同类型的空间规划。这些规划对同一海岸带空间的定位也可能存在差异，甚至是明显的冲突。总体而言，涉海类型空间规划多依据现状划定，海洋功能区划重开发利用与经济效益，海洋生态保护红线规划重生态保护和生态效益，缺少海洋空间潜力和综合效益的判定方法，导致同一海域空间的规划功能存在冲突。例如霞浦县下浒镇的下浒澳沙滩



图1 三都岛西北部的陆海规划边界重叠

Fig.1 Overlapping planning boundaries in the northwest of Sandu Island
资料来源：国家海洋局第三海洋研究所，2015；福建省国土工程规划设计有限公司，2010。

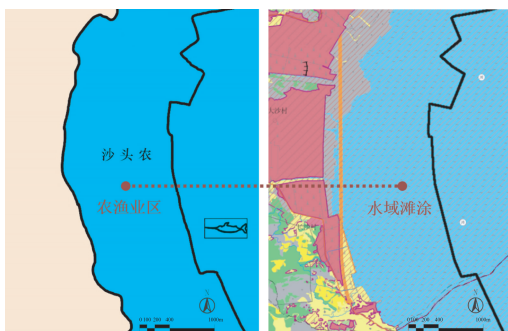


图2 福宁湾沙头农片区的用地分类缺乏协调

Fig.2 Uncoordinated land use classification in Shatounong area of Funing Bay
资料来源：国家海洋局第三海洋研究所，2015；福建省国土工程规划设计有限公司，2010。

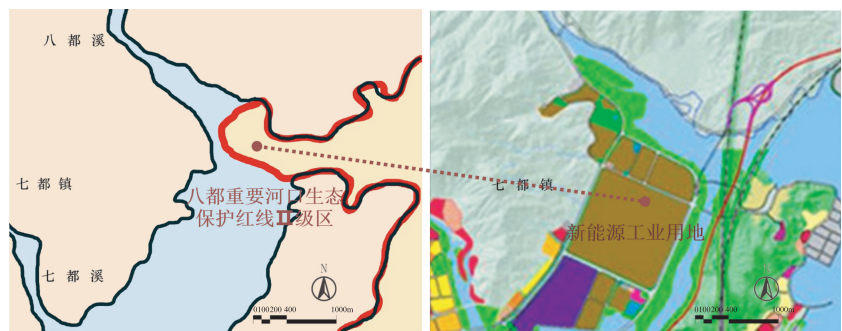


图3 八都海洋生态保护红线与陆地工业区相邻

Fig.3 Badu marine ecological protection red line adjacent to the industrial zone on land
资料来源：国家海洋局第三海洋研究所，2016；福建省城乡规划设计研究院，2018。

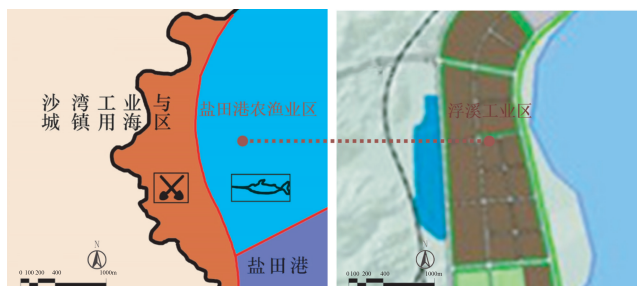


图4 盐田港陆海开发利用功能不相衔接

Fig.4 The inconsistent development and functions of the land and the sea in Yantian Harbor

资料来源：国家海洋局第三海洋研究所，2015；福建省城乡规划设计研究院，2018。

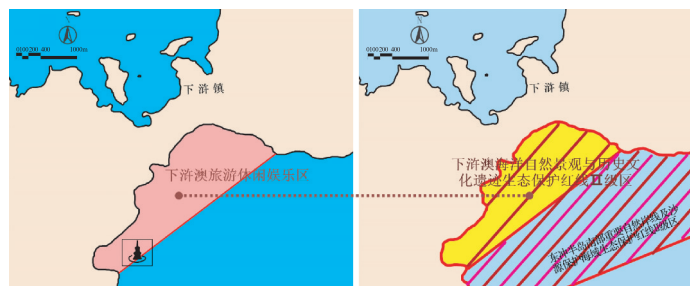


图5 下浒澳生态保护红线规划与功能区划规划导向不同

Fig.5 Different orientation of the ecological protection red line planning and functional zoning of Xiaohou Bay

资料来源：国家海洋局第三海洋研究所，2015；国家海洋局第三海洋研究所，2016。

片区，在海洋功能区划中划定为旅游休闲娱乐区，而海洋生态保护红线中为海洋自然景观与历史文化遗迹生态保护红线Ⅱ级区。显然，严格的岸线建设活动管控措施限制了沿岸滨海旅游休闲产业的发展（图5）。

2 跨系统影响的内涵和空间响应

通过对陆海统筹中存在问题的分析，我们认识到，规划冲突的解决，不能完全寄希望于“就事论事”的部门协商方式，而必须在把握核心要素的基础上建构科学的评判依据和分析工具。前文指出，海岸带具有陆海交互作用的重要特征，科学认识并遵循陆海跨系统影响的规律，是进行陆海统筹海岸带空间规划的关键所在。深刻认识陆海统筹中的跨系统影响这一核心要素，就必须理解跨系统影响的内涵，及其在空间上的响应过程和范围。

2.1 跨系统影响的内涵

陆海跨系统影响主要包括以下三个方面的内涵。

（1）陆海生态过程。水流、生物等陆海连接物质的跨系统相互作用决定了陆海生态过程，对于维持生态系统的完整性具有重要意义（Álvarez-Romero J G, Pressey R L, Ban N C, 等，2011）。一些学者探讨了将生态系统服务作为系统之间联系纽带以引入陆海社会-生态系统的可能性（Zaucha J, Conides A, Klaoudatos D, Norén K, 2016）。

（2）跨系统生态威胁。对于“陆

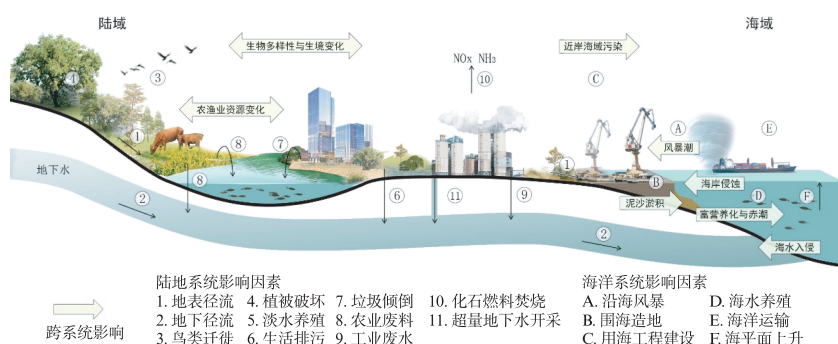


图6 海岸带跨系统影响示意图

Fig.6 Diagram of cross system impact of coastal zones

资料来源：Cruz-trinidad A, Geronimo R C, Aliño P M, 2009。

域-海域”复合环境生态威胁的总体认识，有助于控制来自其他系统的生态干扰。Alvarez-Romero等总结归纳了12种跨系统威胁，并对其影响的方向、强度、区域及成因进行了分析。结合跨系统威胁构建统筹保护与管理的区域评估与识别方式，并提出陆海一体规划的执行框架（Álvarez-Romero J G, Pressey R L, Ban N C, 等，2011）。

（3）社会经济影响。对一个系统的生态保护行动可能会对另一个系统产生社会经济影响（Cruz-Trinidad A, Geronimo R C, Aliño P M, 2009），特别是在与地方生产生活密切相关的系统内（如禁止渔民捕捞、游客观光等）。因此，将不同利益相关者的诉求和价值观纳入规划目标能够促进公平性（Lombard A T, Cowling R M, Vlok J H, Fabricius C, 2010）。

2.2 跨系统影响的空间响应

海岸带存在各种形式的跨系统影响（图6），其因素众多且关系复杂，分析

海岸带跨系统影响的机理，以及关键要素的跨系统影响过程和范围，有助于厘清陆海统筹的关键内容和规划方法。

跨系统影响的空间响应包括两个过程：①陆海跨系统影响关键要素的确定及数据收集。通过调研及数据分析，从自然过程和人工过程的角度对跨系统影响诱因进行归类，确定跨系统影响的关键要素的类型及影响。针对关键要素及影响，以驻地观测、相关部门收集、文献研究等方式获取基础评估数据；②建立跨系统影响空间响应模型。分析陆海交互作用的对应关系，即产生跨系统影响的具体内容。进而研究陆域、海域之间的影响方向以及作用大小。分别从陆域对海域的影响，以及海域对陆域的影响角度，评估各要素的跨系统影响范围及过程（表1）。

3 陆海统筹的关键内容

陆海统筹究竟包含哪些关键内容？目前还没有形成较为一致的认识。王芳

表1 陆海跨系统影响分析
Tab.1 Cross system impact analysis of the land and the sea

影响诱因		交互作用	系统影响	影响方向		管理要素
类型	过程	关系	类别	陆域	海域	内容
自然过程	波浪		海岸侵蚀			自然岸线
	潮汐与潮流		泥沙淤积			滨海湿地
	沿海风暴					河口空间
	地表径流		风暴潮			生态修复工程
	地下径流					海岸防护工程
	海平面上升				海堤形式	
	鱼类洄游与鸟类迁徙		海水入侵			填海方式
围海造地				沉积物质量		
人工过程	用海工程建设		近岸海域污染			生物质量
	水产养殖					海水水质
	植被破坏		生物多样性与生境变化			入海排污口
	化石燃料焚烧					养殖方式
	海洋运输		农渔业资源变化			用海类型
	超量地下水开采					产业准入
	生活排污与垃圾倾倒		富营养化与赤潮			建筑后退
	工业废水与农业废料					...
图例	对应关系 直接影响 间接影响					

资料来源：Cruz-trinidad A, Geronimo R C, Aliño P M, 2009.

表2 具有跨系统影响意义的关键资源表
Tab.2 Key resource table with cross system impact

资源类型	陆域	海域
土地与空间	建设用地:①适宜城镇和村庄建设用地;②适宜工矿用地;③核电、火电用地 生态维护:①自然保留地;②防护林地;③海洋灾害避难区	人工用海:①航道、港口;②锚地;③适宜围填海区域 生态维护:①滩涂;②自然岸线;③河口
水	①海岸河湖水系;②河口等咸淡水交汇水域	①排污区域;②水产养殖区域;③鱼类饵料、产卵区域
生物生态	①珍稀物种保护区域;②鱼类洄游、动物迁徙通道	①红树林、珊瑚礁、海草床等重要生境;②珍稀物种保护区域;③鱼类洄游、动物迁徙通道
能源矿产	①沿岸风能;②近岸矿产	①海上风能;②油气;③砂矿;④其他矿产
景观风貌	具有海岸带特殊性的海岸地貌、自然现象、生物活动以及历史遗留等景观资源	

资料来源：福建省海洋与渔业厅，2017；国家统计局农村社会经济调查司，2018；以及前期调研整理。

等将陆域、海域视为独立系统各自开展规划，然后在海岸带这一特殊地域进行统筹。通过分析陆域、海域规划的冲突，进而确定陆海统筹的关键内容，这是当前海岸带规划普遍采用的理论依据。在分析陆地和海洋两个独立系统的基础上，强化陆域与海域的互动性（王芳，2009）。潘新春等认为应当包括衔接陆域和海域的功能定位、发展规划、开发布局、资源开发、生态质量、防灾等六个基本内容（潘新春，等，2012）。林坚等提出“区域——要素”统筹是构建新时代国土空间开发保护制度的关键（林坚，刘松雪，刘诗毅，2018）。学术界对陆海统筹的内容理解从陆海独立系统分析的整合，发展到陆海空间的开发利用、生态保护与灾害防护规划，再到

国土空间规划背景下陆海关键资源要素在区域范围最优配置模式的探索，其本质上是陆海分区段衔接到陆海关键要素的最优配置与陆海生态系统整体优化的过程。

因此，本文提出基于海岸带生态系统的整体性确定海岸带陆海一体化的关键内容。即识别具有跨系统影响的关键资源，进而厘清陆海统筹的关键内容。将海岸带的海域和陆域作为一个整体，重视海岸带生态系统整体性和过程的认识，建立陆海一体化的空间规划。通过对福建省海岸带特殊性调查，作者曾提出陆域和海域整合的海岸带小城镇总体规划思路（文超祥，王丽芸，2017），并在福建霞浦、罗源等地开展了一定的规划实践。

3.1 陆海统筹关键资源的识别

当前的海岸带空间规划中，资源评价是重要的基础工作。海岸带资源评价一般采取陆海两分的方法，并在各自系统内考虑开发利用效益。这种方法对于具有跨系统影响意义的关键资源缺乏深刻认识，忽视了陆海一体的现实，从而影响了海岸带开发利用的综合效益。

通过对福建省海岸带的实地调查，针对陆域和海域的土地与空间、水，以及生物生态等资源的特征，初步梳理得到具有跨系统影响意义的关键资源（表2）。综合海岸带空间规划的目标和任务，关键资源可以划分为生态资源和开发利用资源两大类型。

3.2 陆海统筹关键内容的厘清

对于不同类型的海岸带而言，关键资源的构成有所区别。陆海统筹的关键内容包括两个方面：一是海岸带生态保护的陆海统筹，二是陆域、海域关键资源开发利用的陆海统筹。

3.2.1 海岸带生态保护的陆海统筹

生态保护需要陆海统筹，以实现空间最佳效益。然而，有时候过度保护可能会加剧跨系统威胁，使得保护规划的制定适得其反（Adams V M, Álvarez-Romero J G, Carwardine J, 等，2014）。Tallis模拟了跨系统之间无威胁、存在单系统威胁，以及存在单系统和跨系统威胁等三种情景下对保护优先级的影响，结果显示三种情景下，保护区域的空间范围、规划单元数量、投资额都有所不同（Tallis H, Ferdana Z, Gray E, 2008）。基于减少跨系统威胁的角度，对生态保护区的划定进行了合理调整，具有代表性的成功案例包括澳大利亚大堡礁的重新区划（Ball I R, Possingham H P, Watts M, 2009）。

海岸带面临的生态问题中，有一些属于陆域或海域内部要素作用的结果，而有些则是跨系统影响因素所造成，后者将构成海岸带生态保护的陆海统筹重点（图7），具体为陆海生态系统服务功能中的生态资源、生态环境、生态空间等三方面内容（林小如，王丽芸，文超祥，2018）。

(1) 生态资源统筹

识别关键资源中的生态资源,如河口生态湿地(沙滩、滩涂、红树林等)、珊瑚礁、海洋珍稀保护动物等。通过分析生态资源在跨系统影响中的作用、空间分布等因素,提出陆海统筹方案。例如,通过调查某个地理单元(如海湾、河口等)红树林海岸的规模和空间分布,从红树林对陆域岸线的保护、海岸生态系统维护,以及海洋灾害的减缓作用等方面进行跨系统影响分析,识别红树林资源的关键问题,明确需要重点保护,甚至进行生态恢复的区域。

(2) 生态空间统筹

分析不同类型生态保护问题产生的跨系统因素,结合社会需求和生态状况平衡发展与保护的轻重缓急,整合不同类型的生态空间,实现陆域——海域生态空间的综合效益最大化。在实践中,有些地方单方面考虑片段状或零星的海洋生态保护资源要素而限制深水良港的发展,同时也失去临港工业集群的发展机会;或者全域禁止渔业养殖导致大量渔民转而去开发其他生态更脆弱海域。因此,在海域生态红线的划定时,应避免僵化的线性思维而诱发其他系统或更大范围的生态破坏。

(3) 生态环境统筹

根据海岸带的地理特征,如河口、海湾、半岛、群岛等具有典型生态意义的地区进行环境分区,并合理突破行政区划的局限,实现生态系统的最大环境效益。通过海岸带生态系统的关键要素分析,确定重要的生态环境指标,推算海岸带开发强度阈值以及其对应的关键要素的空间分布形式,在此基础上提出陆域城镇建设、工业、旅游等开发利用的底线管控要求。

3.2.2 海岸带关键资源开发利用的陆海统筹

在海岸带开发利用方面,研究者多从资源环境综合评价的角度提出相应的对策。例如,纪学朋等从自然环境、经济社会、海洋功能三个维度构建适宜性评价指标体系,对国土空间开发建设适宜性进行评价(纪学朋,黄贤金,陈逸等,2019)。杨静等将海岸带生态服务

功能纳入指标体系,构建了由产业、人口、经济、岸线、滩涂、主要水污染物、典型生态敏感区等七大要素指标层组成的海岸带环境承载力评价指标体系,进而以北部湾经济区为实证,对未来规划情景的海岸带环境承载状况进行评价(杨静,张仁铎,翁士创,等,2013)。从资源评价的角度而言,在跨系统影响的基本前提下,海岸带关键资源开发利用的陆海统筹内容包括以下两个方面。

(1) 关键资源开发利用的空间统筹

在海岸带关键资源调查的基础上,建立空间效益评价模型,对资源的稀缺性、重要性以及空间效益进行评价,识别关键资源开发利用中存在的主要问题,并在此基础上进行空间统筹。例如,综合考虑自然条件、港口周边用地的开发效益,以及产生的航线而造成海域生态、渔业等影响进行综合效益评判,对港口资源的开发利用以及周边陆域和海域空间进行统筹,从而实现整体效益最大化。

(2) 关键资源开发利用的规模统筹

在海岸带关键资源评价的基础上,根据资源分布和数量,提出各类关键资源的开发利用规模,如海岸带单元中城镇建设用地量、港口泊位量、自然岸线

保有量等,从总量控制角度确保关键资源的可持续和高效开发利用。

4 陆海统筹的规划方法

近年来,陆海统筹的规划方法逐渐得到重视。覃盟琳等构建低碳规划模型对广西北部湾沿海城市进行评价,进而提出城市群空间的低碳优化策略(覃盟琳,黎小元,袁倩文,等,2019)。樊海强等通过城镇扩展模型,模拟福州海岸带城镇扩展情景,探索规划中存在的问题(樊海强,徐建刚,高抒,等,2018)。这些方法对于海岸带空间规划的陆海统筹具有一定的借鉴意义。然而,在跨系统影响的视角下,应当如何开展陆海统筹的工作,将是未来相当一段时间内的探讨热点。基于海岸带生态系统的整体性和系统性,针对陆海统筹的关键内容,综合底线管控、效益提升、弹性应对等目标,本文提出“基于生态保护和效益评估的海湾发展情景模拟及空间格局优化”跨系统影响下的陆海统筹规划方法。

4.1 海岸带生态风险评价

海岸带生态风险评价是海岸带国土空间规划生态底线的前提,其过程包括



图7 三沙湾海岸带生态问题识别示意图

Fig.7 Sketch map of ecological problem identification in Sansha Bay coastal zone
资料来源:根据前期调研整理绘制。

三方面内容：①建立基于生态系统服务的海岸带生态风险评价方法。生态系统服务包括生态资源的供给，生态环境的调节和生态空间的社会文化与精神文明价值三种功能。根据海岸带空间规划任务及面向的利益群体，评价模型的选择将有所差异；②明确陆海一体的生态风险空间分级分布。根据生态风险评价的结果，将海岸带的陆域、海域作为一个整体，形成生态风险空间分级分布图及相应的风险因子状态图表；③构建陆海一体的生态安全格局。根据生态系统服务功能中的生态资源、生态环境、生态空间三个维度不同的生态安全风险要素分布格局，构建基于生态安全系统服务的弹性维持网络。分析陆海各要素之间的量化关系，甄别出关键生态功能要素的服务底线，如一定范围的湾口红树林具备防风暴潮效用的最低规模、湾区内海水水质的最低安全标准或自然岸线的连续度要求和占比等。并且可以针对短板采取相应的提升举措和优化途径，从而改变一定范围内的陆海生态安全底线，如海湾内部由于水动力条件弱导致水质问题而限制发展思路，可考虑通过对沿海排污标准管理或排污口的位置优化（如湾外排污）提升湾区的环境容量。最终，明确跨系统影响下的海岸带生态风险空间的分级分布、海岸带生态安全底线以及陆海一体的生态系统服务弹性维持网络格局。

4.2 关键资源开发利用的空间效益评估

关键资源开发利用的空间效益评估包括四个过程：①跨系统关键资源组合的确定。通过海湾跨系统影响的关键资源识别、开发利用中存在问题的分析，推导出不同类型跨系统影响的关键资源要素组合，如：深水港岸线资源和港后方用地资源与临港工业基础；滩涂自然岸线资源、珍稀海洋动物资源和沿海旅游资源；滩涂自然岸线资源和沿海古村落与渔业养殖资源等；②海岸带社会-生态系统的综合空间效益量化指标体系的建立。根据不同类型海岸带的空间和资源特性，对陆域、海域开发利用的主要目标进行分析，建立量化指标体系，

对空间效益进行评价；③关键资源的单要素空间效益评估模型。通过关键资源的单要素效益评价模型，评价单个关键资源的空间使用的效益，以及存在的主要问题及原因，作为多要素综合效益评估的基础。例如，针对罗源湾的关键资源，分别对依托深水港岸线发展港口及临港工业，依托生态岸线发展旅游进行单要素的空间效益评估，同时评价其可能带来的生态风险；④建立关键资源的要素组合空间效益评估模型。根据不同海岸带生态系统的特殊性，建立多要素空间效益评价模型，评价其综合空间效益，以及存在的主要问题及原因。通过单要素空间使用效益及最优方案比选，进行多功能陆海空间布局的兼容性分析，从而提高海岸带空间的功能复合性、空间使用效益及滨海空间活力。例如，罗源湾关键资源要素组合的空间效益综合评价结果表明，区域发展的最佳战略是湾内优先发展港口及临港钢铁工业集群，湾外进行渔业养殖，鉴江镇外海发展生态旅游和配套服务业。

4.3 海岸带发展的多情景模拟

针对海岸带国土空间发展的动态性过程不确定性，规划需具备空间上的容

量弹性和时间上的动态适应性。针对具体空间对象，采用发展情景模拟法，探索以多元预案的形式为海岸带发展预留陆海统筹的弹性空间。关键资源空间效益评估结果与生态底线框架拟合后，基于尚存的功能冲突区段的情景变量进行多情景模拟。对各情景进行综合效益评估，得出最佳综合效益的陆海统筹规划方案，并预留其他综合效益较好方案的可能性，使其以多元预案形式为海岸带发展预留陆海统筹的弹性空间，构建不同政策环境下生态—经济—社会协调的海湾空间格局。基于底线控制的空间格局和最佳综合效益的空间配置拟合之后，可能还存在少量“弹性空间”。这时可以修正生态保护线，阶段性扩大生态保护区，在不影响开发利用效益的情况下提高生态保护水平。另外，在空间规划实施中，还应针对海岸带发展中生态水平的变化，对关键性空间的功能和实施时序进行调整，以保持空间规划对发展不确定性的动态适应。

5 结语

本文通过陆海跨系统影响的要素、过程和范围的分析，以及空间响应和机

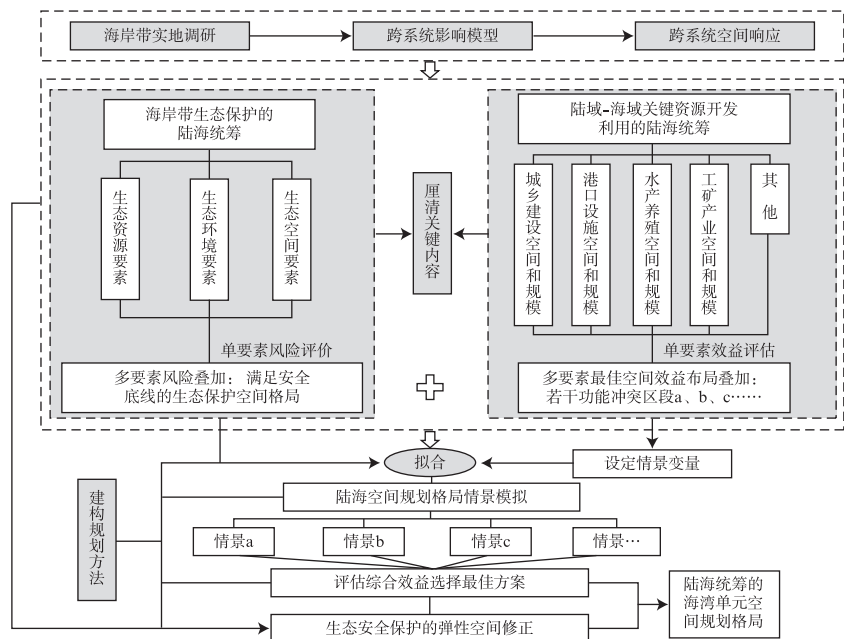


图8 跨系统影响视角下陆海统筹的内容和方法

Fig.8 Content and methods of land-sea coordination from the perspective of cross system impact

资料来源：作者自绘。

理研究,识别陆海统筹关键资源,为建立跨系统影响为核心要素的陆海统筹提供理论依据。通过厘清生态保护和关键资源开发利用等陆海统筹关键内容,建立生态与社会经济结合的“基于生态保护和效益评估的海岸带发展情景模拟及空间格局优化”的规划方法,为海岸带空间规划的陆海统筹实践提供技术指导(图8)。

在国土空间规划体系改革的背景下,陆海统筹成为沿海省、市、县各级空间规划的重要内容。陆海统筹既是一种理念,也是优化海岸带空间布局的具体手段。海岸带空间规划中,准确把握陆海统筹的关键内容,探索有效的规划方法,具有必要性和紧迫性。此外,如何实现陆海统筹目标,还需要在利益衡量的基础上,建立有效的区域协调机制,最大程度满足海岸带不同层级、不同隶属关系的行政单元的发展诉求,这也是一个具有挑战的课题。

参考文献 (References)

- [1] ADAMS V M, ÁLVAREZ-ROMERO J G, CARWARDINE J, et al. Planning across freshwater and terrestrial realms: cobenefits and tradeoffs between conservation actions[J]. *Conservation Letters*, 2014, 7(5): 425-440.
- [2] ALVAREZ-ROMERO J G, PRESSEY R L, BAN N C, et al. Integrated land-sea conservation planning: the missing links[J]. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 2011(42): 381-409.
- [3] BALL I R, POSSINGHAM H P, Watts M. Marxan and relatives: software for spatial conservation prioritisation[J]. *Spatial Conservation Prioritisation: Quantitative Methods and Computational Tools*, 2009(24): 185-195.
- [4] CRUZ-TRINIDAD A, GERONIMO R C, ALIÑO P M. Development trajectories and impacts on coral reef use in Lingayen gulf, Philippines[J]. *Ocean & Coastal Management*, 2009(52): 173-180.
- [5] 樊海强,徐建刚,高抒,等.城镇空间扩展情景模拟与真实方案的比较研究——以福州海岸带地区为例[J]. *现代城市研究*, 2018(6): 113-118. (FAN Haiqiang, XU Jianguang, GAO Shu, et al. A comparative study on simulation scenario and real scenario of urban spatial expansion: a case study on Fuzhou coastal areas[J]. *Modern Urban Research*, 2018(6): 113-118.)
- [6] 福建省城乡规划设计研究院.宁德市城市总体规划(2011-2030)[R], 2018. (Fujian Institute of Urban and Rural Planning and Design. Ningde urban master plan(2011-2030) [R], 2018.)
- [7] 福建省国地工程规划设计有限公司.三都镇土地利用规划、霞浦县蕉城区土地利用规划[R]. 2010. (Fujian National Land Engineering Planning and Design Co., Ltd. Sandu town land use planning, Xiapu Jiaocheng district land use planning[R]. 2010.)
- [8] 福建省海洋与渔业厅.中国近海海洋图集——福建省海岛海岸带[M].北京:海洋出版社, 2017. (Department of Ocean and Fisheries of Fujian Province. Atlas of China's offshore seas: islands and coastal zones of Fujian province[M]. Beijing: Ocean Press, 2017.)
- [9] 国家海洋局第三海洋研究所.福建省海洋生态保护红线规划[R]. 2016. (Third Institute of Oceanography, State Oceanic Administration. Red line planning of marine ecological protection in Fujian province[R]. 2016.)
- [10] 国家海洋局第三海洋研究所.宁德市海洋功能区划[R]. 2015. (Third Institute of Oceanography, State Oceanic Administration. Marine functional zoning of Ningde city[R]. 2015.)
- [11] 国家统计局农村社会经济调查司.中国县域统计年鉴(县市卷)2018[M].北京:中国统计出版社, 2018. (Department of Rural Social and Economic Investigation, National Bureau of Statistics. China county statistical yearbook (county volume) 2018[M]. Beijing: China Statistics Press, 2018.)
- [12] 纪学朋,黄贤金,陈逸,等.基于陆海统筹视角的国土空间开发建设适宜性评价——以辽宁省为例[J]. *自然资源学报*, 2019, 34(3): 451-463. (JI Xuepeng, HUANG Xianjin, CHEN Yi, et al. Suitability evaluation of land space development and construction based on the perspective of land and sea coordination: a case study of Liaoning province[J]. *Journal of Natural Resources*, 2019, 34(3): 451-463.)
- [13] 林坚,刘松雪,刘诗毅.区域——要素统筹:构建国土空间开发保护制度的关键[J]. *中国土地科学*, 2018, 32(6): 1-7. (LIN Jian, LIU Songxue, LIU Shiyi. Region-element coordination: the critical issue concerning the construction of the system for developing and protecting territorial space[J]. *China Land Science*, 2018, 32(6): 1-7.)
- [14] 林小如,王丽芸,文超祥.陆海统筹导向下的海岸带空间管制探讨——以厦门市海岸带规划为例[J]. *城市规划学刊*, 2018(4): 75-80. (LIN Xiaoru, WANG Liyun, WEN Chaoliang. Coastal spatial control under land-sea coordination—the case of coastal zone planning of Xiamen[J]. *Urban Planning Forum*, 2018(4): 75-80.)
- [15] LOMBARD A T, COWLING R M, VLOK J H, et al. Designing conservation corridors in production landscapes: assessment methods, implementation issues, and lessons learned[J]. *Ecology and Society*, 2010, 15(3): 7.
- [16] 潘新春,张继承,薛迎春.“六个衔接”:全面落实陆海统筹的创新思维和重要举措[J]. *太平洋学报*, 2012, 20(1): 1-9. (PAN Xinchun, ZHANG Jicheng, XUE Yingchun. "Six connections": comprehensively implement the land-ocean over-all-planned creative ideology and important measures[J]. *Pacific Journal*, 2012, 20(1): 1-9.)
- [17] TALLIS H, FERDANA Z, GRAY E. Linking terrestrial and marine conservation planning and threats analysis[J]. *Conservation Biology*, 2008, 22(1): 120-130.
- [18] 覃盟琳,黎小元,袁倩文,等.北部湾城市群(广西)低碳空间结构评价与优化策略[J]. *规划师*, 2019, 35(13): 82-86. (QIN Menglin, LI Xiaoyuan, YUAN Qianwen, et al. Evaluation and optimization of low-carbon spatial structure of urban agglomeration in Beibu gulf of Guangxi [J]. *Planners*, 2019, 35(13): 82-86.)
- [19] 王芳.对海陆统筹发展的认识和思考[J]. *国土资源*, 2009(3): 33-35. (WANG Fang. Understanding and thinking on the overall development of land and sea[J]. *Land & Resources*, 2009(3): 33-35.)
- [20] 文超祥,王丽芸.关于海岸带及海岛小城镇总体规划的探索[J]. *城市规划*, 2017, 41(2): 33-38. (WEN Chaoliang, WANG Liyun. Research on small town comprehensive planning in coastal zone and islands[J]. *City Planning Review*, 2017, 41(2): 33-38.)
- [21] 杨静,张仁铎,翁士创,等.海岸带环境承载力评价方法研究[J]. *中国环境科学*, 2013, 33(S1): 178-185. (YANG Jing, ZHANG Renduo, WENG Shichuang, et al. The assessment method of coastal environmental carrying capacity [J]. *China Environmental Science*, 2013, 33(S1): 178-185.)
- [22] ZAUCHA J, CONIDES A, KLAUDATOS D, et al. Can the ecosystem services concept help in enhancing the resilience of land-sea social-ecological systems[J]? *Ocean & Coastal Management*, 2016(124): 33-41.

修回: 2020-08