

海域“双评价”的实践与应用

——以温州为例

马仁锋^{1, 2, 3} 季顺伟¹ 马静武^{2, 4} 朱保羽¹ 任丽燕¹ 邵子豪^{2, 41}

(1. 宁波大学 地理与空间信息技术系, 中国浙江 宁波 315211;

2. 宁波大学 东海战略研究院, 中国浙江 宁波 315211;

3. 宁波市中国特色社会主义理论体系研究中心, 中国浙江 宁波 315010;

4. 温州市自然资源和规划局, 中国浙江 温州 325027)

【摘要】：“双评价”（资源环境承载力评价和国土空间开发适宜性评价）作为构建国土空间基本战略格局的科学基础尚未延伸至海洋层面。海域“双评价”作为沿海地区国土空间规划工作的重要内容，存在理论缺失、技术方法不完善等问题。文章以海域功能理论为基础，从人类海洋活动出发，探索海域“双评价”的实践方案，建立“双评价”到海域利用优化的科学逻辑，指出基于“双评价”的海域利用冲突识别是海洋空间规划的关键。以温州市海域为例，基于本底资源从空间、渔业、环境和生态四方面进行单要素承载力测算，以此获得海域综合承载力作为监测预警的标志。选择渔业用海和建设用海两类典型用海进行适宜性分析，确定海洋空间利用的最优布局，判断海域利用空间冲突。结果表明：温州市沿海区县的海洋承载力差异较大，资源环境分化严重，龙湾区与洞头区渔业资源开发超载；乐清市与龙湾区的海洋环境超载。渔业用海适宜面积占比较低且分布于远海地带。不适宜区域集中于瓯江、飞云江、鳌江三江入海口岸海域。建设用海适宜区域集中于近岸海域，远海区域距离城镇与交通较远，自然条件中水深较深，成本较高。苍南县和平阳县海域利用冲突较少，用海布局合理。乐清市、龙湾区与洞头区存在显著冲突。“双评价”的实践与应用是指导沿海地区海洋经济发展与海洋资源保护的关键，能够综合识别海洋利用的冲突，有助于沿海地区海洋空间规划。

【关键词】：“双评价” 海洋空间规划 空间冲突 资源环境承载力 国土空间开发适宜性评价 渔业

【中图分类号】：P756.8 **【文献标志码】**：A **【文章编号】**：1000-8462（2022）01-0021-07

中国国土空间开发存在资源环境限制性与开发需求无限性的鲜明矛盾^[1]，此背景下国家为提升国土空间综合治理能力，先后开展了市县级多规合一、省级空间规划等一系列试点工作^[2]。2019年，《关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见》明

作者简介：马仁锋（1979—），男，湖北枣阳人，博士，教授，博士生导师，研究方向为人文—经济地理学与国土空间规划。E-mail:marfxf@126.com;马静武（1984—），男，浙江温州人，硕士，高级工程师，研究方向为城市经济地理与海岸海洋管理。E-mail:majingwu12@163.com

基金项目：国家自然科学基金面上项目（41771174）；温州市自然资源和规划局咨询项目（WZHX2020-06-099）

确要求：在“双评价”基础之上，科学有序地布局国土空间管控边界，逐步建立“多规合一”的流程体系，进而初步形成全国国土空间开发保护“一张图”^[3]。2020年1月，自然资源部正式发布《资源环境承载能力与国土空间开发适宜性评价指南（试行）》，自此“双评价”作为国土空间规划的基础性指导工具在全国范围内进行实施^[4]。自然资源部陆续制定过若干版本的双评价指南征求意见稿，但在正式版本中并未对海域的承载力与适宜性进行单独指导，而是将海洋评价以独立因子的形式纳入生态、农业、城镇三项评价中。与陆地评价相比缺少相应的衔接体系，难以形成统一的海域空间评价系统，仅靠单项海域因子难以得到全面的、可靠的评价结果。因此为服务我国沿海地区的国土空间规划编制，亟待进行海域“双评价”方法与实践的研究，科学有效地推进海域“双评价”工作。

“双评价”指资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价^[5]。承载力原为力学概念，后引入到生物学和区域系统研究中，分别指某一生境中所能支持的某一物种的最大数量和区域系统对外部环境变化的最大承受能力^[6,7]。狄乾斌等认为海域承载力即海域内的海洋资源、生态环境对人口和海洋经济的支撑能力以及对海上和陆源污染物的承载能力^[8]。学者往往基于自身专业背景和认识构建海洋承载力的评价内容与方法，分为单要素承载力评价和综合承载力评价^[9]。单要素评价如：渔业资源承载力^[10]、海洋生态承载力^[11]等。综合承载评价往往基于统计数据通过指标体系加权得到综合结果^[12,13]。海域利用研究目前仍以海域分等定级评价与海域使用评估为主。海域定级从类型、方法、权重、单元划分、本底资源等方面划分海域等级^[14]。海域使用评估包括自然状况评价，如环境质量评价^[15]，也包括对特定海域功能的评价，如围填海^[16]等。总体而言，尽管以往海域研究内容丰富，但“双评价”体系下的海域承载力与适宜性研究仍缺乏实践与应用。此外，相比陆地土地利用空间冲突研究的兴起，海域利用的冲突分析仍处于空白。海洋功能区划是海域法确定海域开发利用的重要依据，依据海洋功能区划的用海审批保证了海域利用的合法性，但忽略了与海洋环境的匹配^[17,18]。基于海洋资源环境承载的精细化适宜性评价则是判断其匹配协调性的关键。通过叠加海域使用现状与适宜性评价结果，识别海域利用冲突的区域，针对冲突区域进行具体优化，能够实现海域的空间优化^[19]。因此，本文以温州为案例进行海域“双评价”的探索与实践，并将其作为识别海域使用冲突的手段。以区县级行政海域作为承载力评价单元，基于海洋本底资源从空间、渔业、环境和生态四个方面进行承载力的计算，通过熵权叠加获得海域综合承载力指数。承载指数划分为可载、临界、超载三类，以此作为海域承载能力监测预警的标志^[20]。原则上针对每一用海类型均可进行适宜性评价，但现行海域利用分类体系纷繁复杂，各版本间差异较大，因此本文选择了两类典型用海进行分析：渔业用海适宜性和建设用海适宜性。渔业用海主要为围海养殖用海、开放式养殖用海等。建设用海指包含一切人类活动的海域开发，如交通运输用海、工矿通信用海、海底工程用海、造地工程用海等。两类用海基本涵盖人类全部的海域开发活动，在海域空间评价中地位较高，具有显著研究价值。将适宜性等级分为不适宜、一般适宜、适宜三类，参考岳文泽等^[21]文章，基于海域综合承载力对用海适宜性进行结果修正。具体操作为将综合承载力为超载的海域的适宜性等级下降，最终得到海域“双评价”的结果。通过叠加“双评价”的结果与海域利用现状，识别位于低适宜性区域的海域利用，判断是否存在空间冲突。以期实现“双评价”指导由陆及海的过渡与应用，为沿海地区新一轮国土空间规划编制提供参考。

1 数据与方法

1.1 研究区与数据来源

以浙江省温州市作为案例地进行研究，临海辖区为乐清市、龙湾区、洞头区、瑞安市、平阳县和苍南县（2019年龙港撤镇设市，目前尚未对其海域权属进行规划，本研究中不做单独分析）。按照科学用海原则，保留海域生态极重要保护区与海岛岸线，选择温州市-15m水深内的海域进行评价。主要数据包括温州市海域利用权属数据、县级行政海域与海岛海岸线数据、海水质量数据（来自于2015—2020年温州市海洋生态环境公报）、海洋渔业资源调查数据、海洋生物多样性数据（来自于150个调查站点）。将温州市海域利用现状的矢量数据导入ArcGIS软件，统计可得各类用海的面积。截至2020年，温州市海域的开发利用以渔业用海（占比31.83%）、工业用海（占比25.85%）、交通运输用海（占比27.69%）三类活动为主。

1.2 承载力评价方法

分别计算温州市海域空间开发承载力、海洋渔业资源承载力、海洋环境承载力与海洋生态承载力，综合四类承载力测算温州市海域综合承载力水平。公式（3）中资源耗用系数（ l_i ）与各类海洋功能区允许的海洋开发程度系数（ h_i ）、公式（5）中的一级海洋功能区水质达标率的评价标准均参考《海洋资源环境承载能力评价预警技术与实践》^[22]。构建加权矩阵对温州市海域综合承载指数进行计算，由于数据量纲不同，对四类承载指数进行标准化处理，其中海域空间开发承载指数为负向指标，海洋渔业资源承载指数、海洋环境和海洋生态承载指数为正向指标。面对数据的不确定性、无序性等特点，采用熵值法确定单要素承载指数的权重。熵值法能有效兼顾评价指标的变异程度，客观反映其重要性，公式为：

$$W_i = \frac{1 - e_i}{m - \sum_{i=1}^m e_i} \quad (1)$$

式中： W_i 为承载力指标权重； e_i 为信息熵。熵值越低系统越有序，熵值越高系统越混乱或者越分散。

$$e_i = -\frac{1}{\ln n} \sum_{j=1}^n f_{ij} \ln f_{ij} \quad (2)$$

$$f_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{j=1}^n x_{ij}}, \quad \lim_{f_{ij} \rightarrow 0} \ln f_{ij} = 0。$$

式中：如果 $f_{ij}=0$ ，则

1.3 适宜性评价方法

用海适宜性指标体系是一个具有整体功能、层次分明的评价系统，其中各项指标可以用一系列定性或定量的数据来表示。在 ArcGIS 中将研究区海域划分为 500m×500m 的渔网，提取每个渔网的中心点属性进行适宜性分析。选取渔业用海和建设用海两类典型海域活动进行适宜性分析，从自然环境因素和社会环境因素两方面选取评价指标。选取海水深度、海水质量、距城镇距离以及距陆域排污口距离作为渔业用海适宜性评价指标。建设用海依托于陆地的社会经济水平与基础设施条件选取距城镇距离、距交通主干道距离、距保护区距离以及水深条件作为主要评价指标。

采用线性加权与空间叠加计算适宜性评价指数，计算公式为：

$$M_i = \sum_{i=1}^n (W_i \cdot U_i) \quad (8)$$

式中： M_i 为各类用海适宜性； W_i 为指标层各指标对于目标层的权重，通过式（1）计算而得； U_i 为各指标层的标准值。适宜性评价采用基于网格计算的加权叠加法，依据自然断裂点分类法将温州市海域适宜性分为：不适宜、一般适宜和适宜性三类。

2 结果分析

2.1 温州市海域承载力评价

计算得到温州市海域承载力, 结果表明: ①温州市海域空间开发承载力整体较为均衡, 未出现海域开发超载情况。龙湾区与洞头区海域开发强度较高, 临近空间承载能力边缘。②海洋渔业资源承载力差距较大, 龙湾区与洞头区处于超载的状态, 瑞安市与苍南县处于临界状态, 平阳与乐清属于可载的状态。龙湾区与洞头区海域利用类型密集, 高强度的开发对两片海域的渔业资源产生了影响。乐清市与平阳县拥有较高密度的海洋渔业资源, 鱼卵、仔稚鱼基本稳定, 渔业资源承载力较高。③乐清市与龙湾区为近岸海域, 水质较差, 环境承载力超载。瑞安市、平阳县与苍南县三地环境承载临界, 洞头区远离海岸、水质优异, 整体环境可载。④海洋生态承载方面, 温州海洋生态承载指数整体处于临界水平。平阳县的海洋生物多样性水平最低, 其次为苍南县与瑞安市。⑤各区县海域综合承载指数差异较大, 海洋资源环境分化较严重。其中洞头区和龙湾区海域综合承载力为超载状态, 亟待进行海域功能优化, 控制开发强度。乐清市和平阳县的海域综合承载力为可载状态, 瑞安市和苍南县的海域处于临界水平。

2.2 温州市海域适宜性评价

2.2.1 渔业用海适宜性评价

基于海洋综合承载力水平的结果, 龙湾区与洞头区的海域为超载状态, 因此对这两个海域的适宜性水平进行降级, 由此得到了温州市海洋渔业用海适宜性评价结果。整体来看, 温州市海域渔业用海以一般适宜为主, 占比为 67.41%, 适宜渔业用海的海域面积占比仅为 14.66%, 17.94%的海域处于不适宜水平。细化至区县级行政海域中可以发现, 各海域间适宜性水平存在显著差距。龙湾区海域开发程度较高, 水质较差, 79.14%的海域不适于渔业用海, 亟待改善海域环境。乐清市和洞头区的海域以一般适宜为主, 瑞安市、平阳县和苍南县均拥有不错的渔业用海适宜性。渔业用海适宜性的空间格局表明(图 1), 在瑞安市、平阳县和苍南县的海域中部存在大面积的高适宜性区域。渔业用海不适宜区域集中于瓯江、飞云江、鳌江三江入海口岸海域与近岸海域。海水质量限制了温州渔业用海的开发, 表明未来需重点保护近岸海域的生态环境, 同时需要推动海洋渔业开发从近海走向远海, 加大远海养殖投入。

2.2.2 建设用海适宜性评价

温州市建设用海不适宜海域面积为 1369.70km², 比重为 35.91%; 一般适宜海域面积最大, 占比为 51.06%; 适宜进行建设用海的区域比重仅为 13.06%。乐清市建设用海适宜面积占比最大, 达到了 76.69%。洞头区、平阳县和苍南县的建设用海不适宜比重均超过 40%, 集中于远海地带。空间格局上, 近岸海域的适宜性水平较高(图 2)。乐清湾海域海洋灾害频率较低, 经济条件方面存在明显优势, 交通较发达, 建设用海的自然条件和经济条件有显著优势。瑞安市、平阳县和苍南县的入海口岸海域呈现出适宜水平, 主要原因在于近岸海域海洋地质较为稳定且潮差较小, 有利于建设滨海船舶工业。一般适宜的海域集中于中部海域, 此等级海域在自然水深和海洋基础设施等方面无明显优势, 处于同类海域的中等水平。不适宜的海域主要集中在远海附近。这一区域距离城镇与交通主干道较远, 且自然条件中水深较深, 建设用海成本较高。苍南县南部的近海海域并未表现出高适宜性, 原因在于地区的经济与交通水平较低, 无法支撑高强度海域建设。这表明海域的建设开发利用不仅受到自然因素的影响, 同时受制于地区的社会经济水平。

2.3 海域利用冲突分析

基于温州市海域适宜性评价结果和海域利用数据, 通过空间叠加分析, 对温州市海域开发利用冲突情况进行统计。结果显示: ①渔业用海方面, 苍南县和平阳县整体海域利用冲突占比较低, 渔业用海布局较为合理。龙湾区渔业用海冲突的面积与比例最高, 集中于瓯江入海口岸海域。加之龙湾区海洋综合承载力超载, 因此急需优化龙湾区渔业用海格局。乐清湾 16.05%的渔业用海位于不适宜海域。主要位于西门岛海洋特别保护区附近, 尽管海洋功能区划中允许在保护对象不遭人为破坏和污染前提下, 适当进行渔业生产等活动, 但长期以来乐清湾水质较差, 海域环境承载力超载, 海域的渔业生产活动已然违背保护前提。需逐步取缔不符合生态养殖的渔业用海, 保护海洋环境。洞头区有 33.34%的渔业用海不适宜性海域, 集中于洞头大门镇和北岙镇西侧海域。瑞安市的海域利用强度较低, 34.41hm²的渔业用海冲突面积分布于飞云江入海口海域。②建设用海整体冲突比例较低, 原

因在于其分布于近岸海域且对于海洋自然环境要求较低。洞头区建设用海中有 210.97hm²用海位于不适宜的区域，占比为 18.34%，主要集中于洞头东北的屿仔岛。

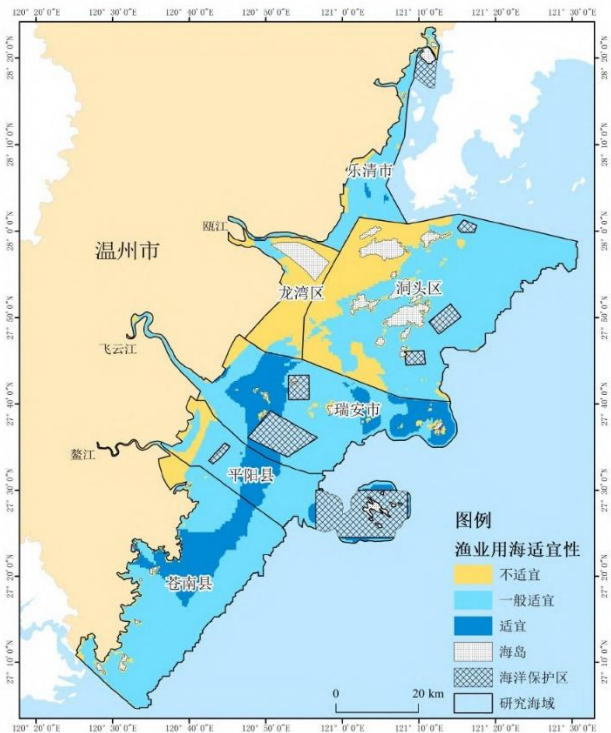


图 1 渔业用海适宜性

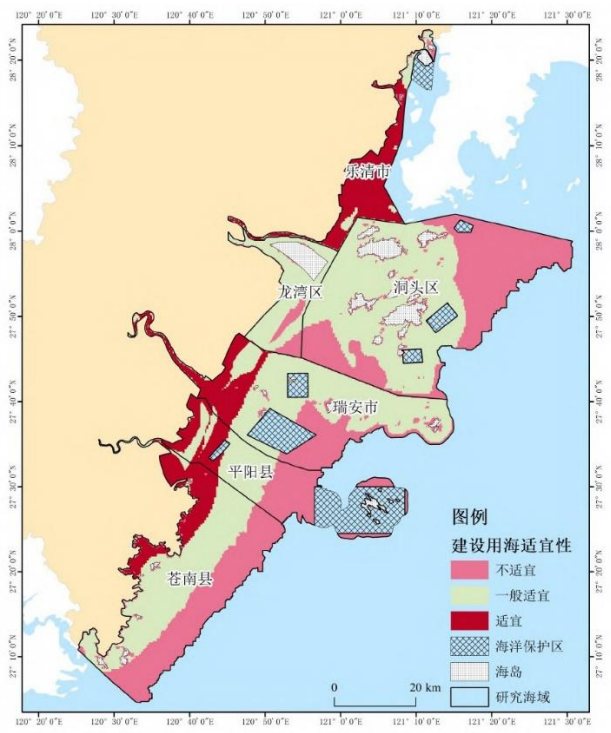


图 2 建设用海适宜性

3 结论与讨论

3.1 结论

本文通过梳理“双评价”政策，总结海洋资源环境承载力与适宜性的研究进展，探索海域“双评价”的实施路径与应用，以温州海域为例进行评价。结果显示：①温州市各区县海域综合承载指数差异较大，洞头区和龙湾区海域综合承载力为超载状态。海域空间开发承载力整体较为均衡；龙湾区与洞头区渔业资源开发超载；乐清市与龙湾区的海域环境超载；生态承载指数整体处于临界水平。②渔业用海适宜面积占比较低且分布于远海地带。不适宜区域集中于瓯江、飞云江、鳌江三江入海口岸海域。建设用海高适宜区域集中于近岸海域，远海区域距离城镇与交通较远，且自然条件中水深较深，建设用海成本较高。③苍南县和平阳县渔业用海的利用冲突占比较低。龙湾区渔业用海冲突集中于瓯江入海口岸海域。乐清湾西门岛海洋特别保护区附近渔业生产活动已然违背保护前提，需逐步取缔不符合生态养殖的渔业用海。建设用海整体冲突比较低，洞头区建设用海中有 210.97hm² 用海位于不适宜区，集中于洞头东北的屿仔岛。

3.2 讨论

中国要求逐步形成五级三类国土空间规划编制体系，实行具有针对性、参考性的海域“双评价”对于沿海地区的国土空间规划具有鲜明意义。然而不同于陆域国土空间规划各层级之间的确定性，数据的缺失加之海水的流动与立体分层的影响，使得海域空间评价与功能优化举步维艰。同时伴随着国家针对生态环境保护的重视程度不断增加，政治、经济、法制、社会等基础不断夯实。生态文明建设已经融入经济社会发展的各方面与全过程，协调海域利用与海洋生态，优化海洋开发与保护的格局成为海洋空间规划的重要内容^[23]。传统基于海洋功能区划的用海审批保证了海域利用的合法性，但忽略了与海洋环境的匹配。基于海洋资源环境承载的精细化适宜性评价则是判断其与环境协调匹配的关键。识别海域利用冲突，针对冲突区域进行优化，能够实现海域的修建性详细规划，因此亟待进行海域“双评价”的实践与应用，为海洋空间规划提供科学指导。本文在系统梳理国内海域研究的基础上，立足于海洋本底资源和人类开发活动，创新性地将“双评价”政策指导应用于海域，构建了海洋资源环境承载力到用海适宜性的评价框架并将其应用于海域利用冲突的识别当中。海域的高强度开发利用对于海域资源形成了巨大的压力，温州市区域间的评价结果差距较大，因而海域的规划更应聚焦于资源与开发^[24]。基于结论与讨论，本文对温州市海域规划提出“一主线两平衡”的建议：①将基于海洋生态保护的海域功能引导作为海洋规划主线。经济社会发展需求与海洋资源环境承载力的矛盾将伴随海域开发的全过程，协调与平衡两者关系，实现海洋经济可持续发展是海域规划的首要目标。②平衡近海与远海发展，近海的保护与远海的开发。近岸海域成为海洋利用的集中区域，由此造成近海的生态环境破坏。推动海洋渔业养殖从近海走向远海，加大远海养殖的投入，能够缓解近海环境压力，平衡海域发展。③平衡区域海洋发展差距。各区县海洋经济与海洋环境分化较大，促进海域可持续发展需要加强各县（市、区）的合作。海洋是一个整体，温州的海洋环境保护离不开与周边区域合作，包括北部温台市际合作，南部浙闽省际合作。

参考文献：

[1] 樊杰. 资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价方法指南[M]. 北京：科学出版社，2019.

[2] 林坚，李修颀. 论海洋资源监管、用途管制与规划管理[J]. 规划师，2020, 36(11):27-32.

[3] 中华人民共和国中央人民政府. 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[EB/OL]. http://www.gov.cn/zhengce/2019-05-23/content_5394187.htm, 2019-05-23.

-
- [4]岳文泽, 吴桐, 王田雨, 等. 面向国土空间规划的“双评价”: 挑战与应对[J]. 自然资源学报, 2020, 35(10):2299-2310.
- [5]自然资源部. 资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价指南(试行)[EB/OL]. http://gi.mnr.gov.cn/202001/t20200121_2498502.html, 2020-01-19.
- [6]封志明, 杨艳昭, 闫慧敏, 等. 百年来的资源环境承载力研究: 从理论到实践[J]. 资源科学, 2017, 39(3):379-395.
- [7]Clarke A L. Assessing the carrying capacity of the Florida Keys[J]. Population and Environment, 2002, 23(4): 405-418.
- [8]狄乾斌, 韩增林, 刘锴. 海域承载力研究的若干问题[J]. 地理与地理信息科学, 2004(5):50-53.
- [9]王俭, 孙铁珩, 李培军, 等. 环境承载力研究进展[J]. 应用生态学报, 2005, 16(4):768-772.
- [10]杨洋, 刘志国, 何彦龙, 等. 基于非平衡产量模型的海洋渔业资源承载力评估[J]. 海洋环境科学, 2016, 35(4):534-539.
- [11]Ma P, Ye G, Peng X, et al. Development of an index system for evaluation of ecological carrying capacity of marine ecosystems[J]. Ocean & Coastal Management, 2017, 144:23-30.
- [12]孙倩, 路波, 索安宁, 等. 基于综合赋权法的海洋资源环境承载力综合评价研究[J]. 海洋环境科学, 2018, 37(4):570-578.
- [13]Han Y, Wei F, Ye G, et al. A study on evaluation the marine carrying capacity in Guangxi, China[J]. Marine Policy, 2018, 91:66-74.
- [14]胥宁. 海域分等定级制度浅析[J]. 海洋通报, 2003(5):44-49.
- [15]王菊英, 马德毅, 鲍永恩, 等. 黄海和东海海域沉积物的环境质量评价[J]. 海洋环境科学, 2003(4):21-24.
- [16]高凡舒, 柯丽娜, 王权明. 围填海潜力定量评价模型在锦州湾围填海区域的应用[J]. 海洋湖沼通报, 2021(1):41-47.
- [17]马仁锋, 王筱春, 张猛, 等. 主体功能区划方法体系建构研究[J]. 地域研究与开发, 2010, 29(4):10-15.
- [18]曹可, 张志峰, 马红伟, 等. 基于海洋功能区划的海域开发利用承载力评价[J]. 地理科学进展, 2017, 36(3):320-326.
- [19]王亚飞, 樊杰, 周侃. 基于“双评价”集成的国土空间地域功能优化分区[J]. 地理研究, 2019, 38(10):2415-2429.
- [20]关道明, 张志峰, 杨正先, 等. 海洋资源环境承载力理论与测度方法的探索[J]. 中国科学院院刊, 2016, 31(10):1241-1247.
- [21]夏皓轩, 岳文泽, 王田雨, 等. 省级“双评价”的理论思考与实践方案[J]. 自然资源学报, 2020, 35(10):2325-2338.
- [22]张志峰, 索安宁, 杨正先. 海洋资源环境承载力评价预警技术与实践[M]. 北京: 海洋出版社, 2019.

[23] 孙剑锋, 秦伟山, 孙海燕, 等. 中国沿海城市海洋生态文明建设评价体系与水平测度[J]. 经济地理, 2018, 38(8): 19-28.

[24] 马仁锋, 王腾飞, 吴丹丹. 长江三角洲地区海洋科技—海洋经济协调度测量与优化路径[J]. 浙江社会科学, 2017(3): 11-17.