

Doi :10. 11840/j. issn. 1001-6392. 2013. 04. 001

# 渤海生态红线划定的指标体系 与技术方法研究

许妍, 梁斌, 鲍晨光, 兰冬东, 于春艳, 马明辉

(国家海洋环境监测中心, 辽宁 大连 116023)

**摘 要:** 在分析渤海生态环境特征基础上, 依据生态红线划定目标, 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, 并研究确定了生态红线划定的技术方法。在 ArcGIS 支持下, 创建了渤海网格空间属性数据库, 采用层次分析法确定指标权重, 运用叠加分析、空间分析等技术方法最终完成渤海生态红线划定, 将渤海划分为红线区、黄线区和绿线区, 并进一步明确红线区内的生态保护重点与方向。结果表明: 红线区占整个区域的 18%, 主要分布在大连市西北部海域、辽河口、黄河口等典型河口附近海域、滨州东北部海域及莱州湾、渤海西部沿岸、庙岛群岛等地, 这些区域主导生态功能和生态特征为珍稀濒危生物保护、湿地生态涵养及自然岸线灾害防护等。黄线区占整个区域的 14.7%, 主要分布在辽河三角洲外围海域、葫芦岛-秦皇岛-唐山沿岸海域及沧州东北部海域, 其保护与管理方向为海洋环境灾害防护及生态恢复与治理。绿线区占整个区域的 67.3%, 分布在红线区、黄线区的外围。

**关键词:** 生态红线; 指标体系; 渤海

中图分类号: F301; P76

文献标识码: A

文章编号: 1001-6932(2013)04-0361-07

## Research on the index system and the technical methods of ecological red line division for the Bohai Sea

XU Yan, LIANG Bin, BAO Chen-guang, LAN Dong-dong, YU Chun-yan, MA Ming-hui

(National Marine Environmental Monitoring Center, Dalian 116023, China)

**Abstract:** Based on the analysis of ecological environment characteristics of the Bohai Sea, and according to the division target of ecological red line, the index system and the methodology was built from the importance of ecological function, eco-environmental sensitivity and environmental hazard. Using ArcGIS technique, statistics database was created, and the index weight was determined by analytic hierarchy process. At last, through the overlay analysis and the spatial analysis, the ecological red line delineated for the Bohai Sea was completed. The research has divided the Bohai Sea into three regions that are red line region, yellow line region and green line region, and it further clarified the focus and direction of ecological protection in the red line region. The results showed that red line region accounted for 18%, mainly distributing in the north-western waters of Dalian, Liaohe river outlet, Yellow river outlet, northeastern waters of Binzhou, Laizhou bay, western coast of Bohai Sea and Miaodao islands. These regions' dominant ecological functions and characteristic were for rare or endangered biological protection, wetland ecological conservation and disaster protection of natural coastline, etc. The yellow line region accounted for 14.7%, mainly distributing in the peripheral waters of Liaohe delta, coastal waters of Huludao, Qinhuangdao, Tangshan and northeastern coast of Cangzhou. The green line region accounted for 67.3%, distributing in the periphery of red line region and yellow line region.

**Keywords:** ecological red line; index system; Bohai Sea

收稿日期: 2012-10-17; 修订日期: 2013-01-28

基金项目: 国家海洋局青年海洋科学基金(2013125); 海洋公益性行业科研专项(201005014); 国家海洋局海域管理技术重点实验室开放基金(201208)。

作者简介: 许妍(1981-), 女, 博士, 助研, 主要从事风险评估与生态区划研究。电子邮箱: yxu@nmemc.gov.cn。

通讯作者: 马明辉(1962-), 研究员。电子邮箱: mhma@nmemc.gov.cn。

<http://hytb.nmdis.gov.cn>

随着沿海社会经济的高速发展,频繁的人类开发活动对海洋生态系统的破坏愈加剧烈,海洋生态系统功能退化,海域污染及富营养化日趋严重,生物多样性下降势头明显,海洋开发与保护的矛盾日益凸显(Pikitch et al, 2004),已在一定程度上影响和制约了海洋经济的可持续发展。如何合理配置人类空间开发活动,处理好沿海地区保护与开发的关系,满足海洋生态系统健康发展,成为关系到海洋科学管理和持续发展的关键问题。

生态红线是依据“保底线、顾发展”的基本原则,辨识生态价值较高、生态系统比较敏感及具有关键生态功能的区域,是实施分类管理和控制,有效保障重要生态区域,避免人为活动干扰的有效方法之一(刘雪华等,2010)。因此,加快海洋生态红线划定,严格生态准入,强化生态监管,施行生态补偿对于恢复和改善海洋生态功能,实现沿海及海洋保护与开发的协调,维护海洋生态安全具有重要意义。近年来,生态红线划定已引起国家及相关部门的高度重视,2005年由广东省颁布实施的《珠江三角洲环境保护规划纲要》划定了“红线调控、绿线提升、蓝线建设”三线调控区;《深圳市基本生态控制线管理规定》提出了“基本生态控制线”的城市生态保护制度;《全国海洋功能区划》、《国家环境保护“十二五”规划》中也明确指出生态红线的重要性;2011年《国务院关于加强环境保护重点工作的意见》首次以规范性文件形式提出“生态红线”的概念。2012年,国家海洋局印发《关于建立渤海海洋生态红线制度的若干意见》,指出建立生态红线制度对于渤海环境保护具有重要意义。此外,部分学者也针对生态红线划定开展研究,符娜等(2008)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(2010)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(2012)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。作为新生事物,生态红线的概念、内涵、类型和管理政策尚未统一,划定的技术方法也处于探索阶段,针对海洋生态红线划定的研究鲜有报道。本文选取渤海为

典型区域,对海洋生态红线划定的指标体系与技术方法进行深入研究,以期为渤海生态环境保护与建设提供参考。

## 1 研究区概况

渤海地处温带,南起 $37^{\circ}05'N$ ,北至 $41^{\circ}00'N$ ,西起 $117^{\circ}30'E$ ,东至 $123^{\circ}40'E$ ,海域面积 $7.7 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,平均水深18 km,是深入我国内陆的唯一封闭型内海,大陆岸线全长2 288.5 km,为辽宁、河北、山东和天津三省一市所环绕,经狭窄的渤海海峡与外海相通(图1)。渤海产卵场众多,饵料生物充足,三角洲等滨海湿地生境广阔,生物多样性丰富(国家海洋局科技司等,1998)。此外,渤海的砂质海滩、海岸带景观等为滨海旅游业兴起与持续发展提供重要的保证。随着滨海城市化及临海工业迅猛发展,能源、重化工业向渤海沿岸集聚,城镇、交通等基础设施在沿海布局,各类海洋工程建设规模不断扩大,渤海生态系统受到强烈干扰,陆源污染物排海量加大,2011年渤海劣四类水质海域面积增加了 $990 \text{ km}^2$ (国家海洋局,2012);大规模围填海活动使大量生境永久性丧失,滨海湿地面积减少,局部区域海洋资源衰退、海洋生态功能减弱。

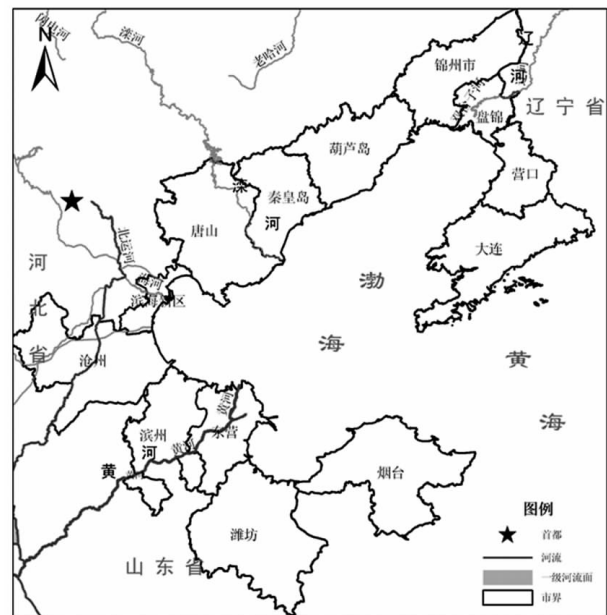


图1 渤海区域地理位置

## 2 方法与过程

### 2.1 指标体系建立

借鉴生态功能区研究 (孟伟等, 2007; 白杨等, 2011)、海洋功能区划 (栾维新等, 2002; 何广顺等, 2010) 和海洋环境保护法, 结合渤海自然地理条件和生态环境特征, 从生态功能重要性、生态环境敏感性和环境灾害危险性三方面构建生态红线划定指标体系 (表 1)。其中, 珍稀濒危生物保护区、历史遗迹分布区、自然景观区等依据相关区划、保护区规划, 结合遥感影像、地形图综合划定; 湿地、岸线类型等通过 2011 年的 TM 遥感影像解译提取, 并结合实际调查修正; 生物资源丰富度及生物多样性则通过实际监测获得; 环境灾害数据采取现场调查、监测和遥感影像分析相结合方式确定。

表 1 生态红线划定指标体系

目标	因素层	权重	指标层	权重
生态红线划定	生态功能重要性	0.35	湿地面积	0.50
			生物资源量	0.50
	生态环境敏感性	0.45	历史遗迹与自然景观分布	0.35
			生物多样性	0.30
			自然岸线类型	0.35
	环境灾害危险性	0.20	海岸侵蚀程度	0.50
			海水入侵面积	0.50

\*\* 考虑到珍稀濒危生物保护区已具有明确的法律地位, 是禁止开发的区域, 因此, 本文直接将其划为生态红线区。

生态功能重要性指生态系统在维护生态平衡、发挥生态系统服务功能等方面具有的重要生态价值, 主要是对区域生态系统典型服务功能的能力和进行价值进行评估, 明确生态功能对区域可持续发展的作用与重要性 (贾良清等, 2005; 凡非得等, 2011)。主要通过湿地、生物资源量进行评价, 其中, 湿地指标采用单元内湿地所占面积比表征生态功能重要程度; 生物资源量选用底栖生物量表示。

生态环境敏感性指生态系统对人类活动干扰和自然环境变化的反映程度, 说明发生区域性生态环境问题的难易程度和可能性大小 (欧阳志云等, 2000; 宋晓龙等, 2009)。主要选取历史遗迹与自然景观区、自然岸线类型、生物多样性等指标。各类敏感区 (历史遗迹区、自然景观区等)

通过所占评价单元的面积比例表征生态环境敏感程度。自然岸线则针对不同类型岸线敏感程度赋予相应权重, 按照岸线比例进行加权计算, 其中砂质岸线最敏感, 基岩、淤泥质岸线次之。生物多样性采用底栖生物多样性指数表征。

环境灾害危险性是指海洋环境灾害对沿海地区造成风险损失的程度, 主要包括自然生态系统结构、功能脆弱、抗御区域开发等外力干扰能力较低的地质灾害和自然灾害影响区, 选取海岸侵蚀、海水入侵等海洋环境灾害, 按照评估单元内不同等级灾害发生程度占评价单元的比值计算环境灾害危险程度。

单个指标计算结果如图 2。本研究采用权重法进行综合计算。权重体现每个指标对评价目标的重要性 and 影响程度, 其确定要充分体现生态环境和生态系统的分异特点 (徐建华, 2002), 其中生态环境要素着重考虑其可修复性和可替代性, 环境灾害要素考虑其危险性和易损性。权重确定采用层次分析法 (Thomas, 2000), 具体见表 1。

### 2.2 评价方法

通过实地调查、现场监测等方法收集相关数据和图像资料, 以 2.5 km × 2.5 km 的网格为基本评价单元, 应用 ArcGIS 技术对研究区域进行空间网格概化 (左伟等, 2003; 范一大等, 2004; 王耕, 2007), 并进行图像数字化、误差修正, 建立渤海生态红线划定的空间属性数据库。根据公式 (1) 对各单项评价指标进行标准化, 并按照公式 (2) 采用逐级分层归并方法, 将平行独立的各项指标加权求和, 最终计算得到各单元内重要性、敏感性、危险性指数及综合指数。

$$Y_i = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \tag{1}$$

式中,  $Y_i$  为生态功能重要性 (生态环境敏感性、环境灾害危险性) 中第  $i$  个指标标准化值,  $X_i$  为指标实际值,  $X_{\min}$  为指标最小值,  $X_{\max}$  为指标最大值。

$$S = \sum_{m=1}^j \lambda_j \sum_{n=1}^i w_i Y_i \tag{2}$$

式中,  $S$  为综合指数,  $Y_i$  为指标标准化值,  $w_i$  为第  $i$  个指标的权重,  $i$  为指标数,  $\lambda_j$  为各因素权重,  $j$  为因素数。

根据评价结果, 运用 ArcGIS 的 Natural Break

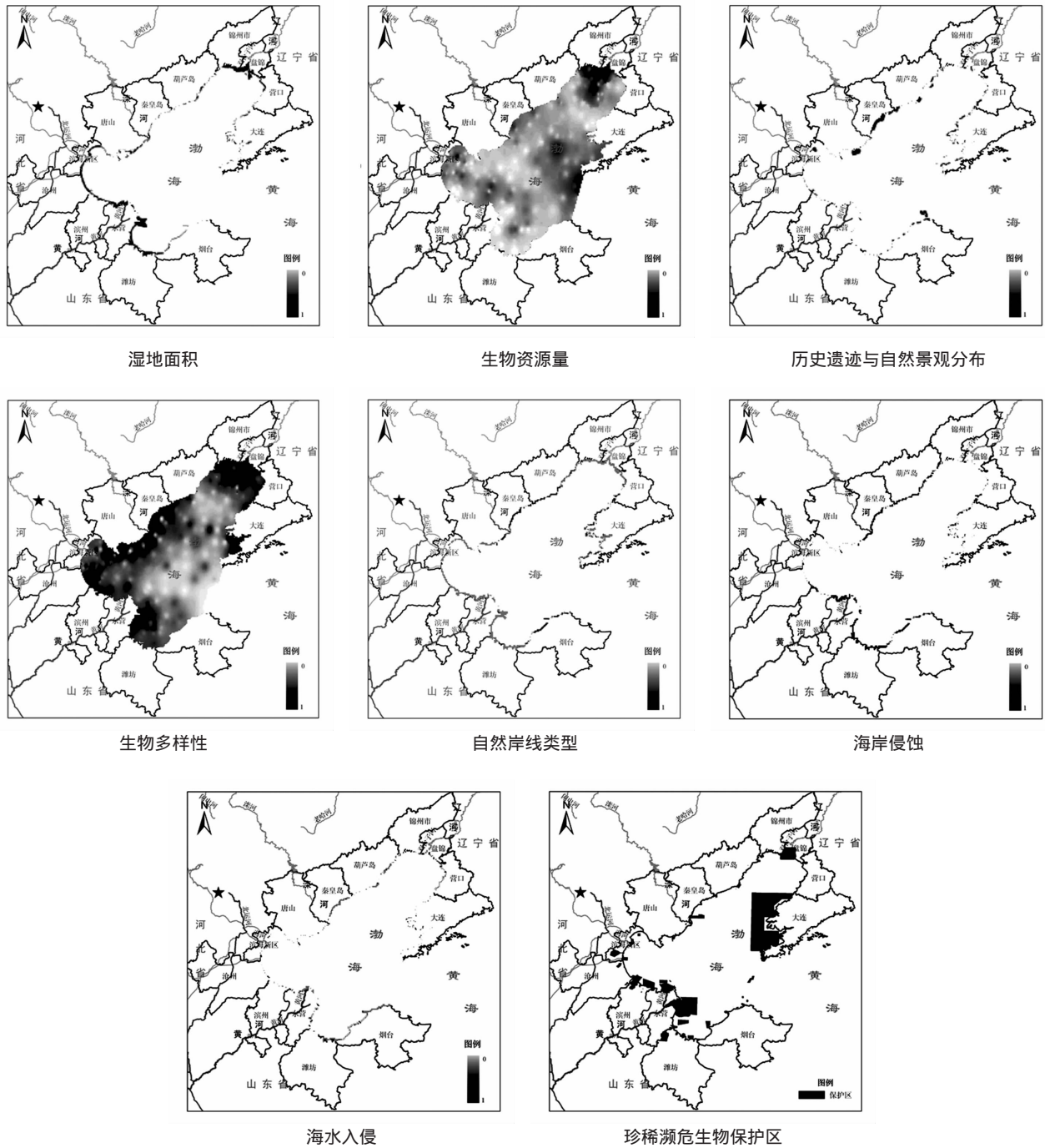


图 2 生态红线划定指标及计算结果

法将计算出的综合指数 (S) 划分为“高、中、低”3 个级别, 依次命名为红线区、黄线区和绿线区。

### 3 渤海生态红线划定

#### 3.1 单项评价要素分析

渤海海岸带有宽阔的滩涂和丰富的自然资源。

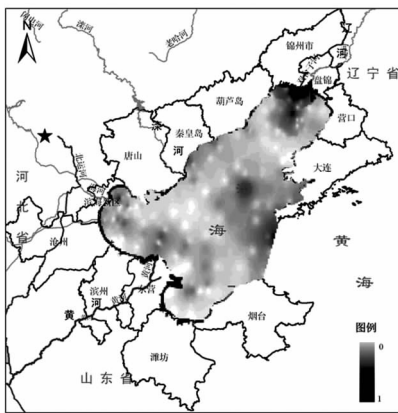
从图 3a 可见, 渤海生态服务功能较重要的区域主要分布在辽河三角洲、黄河三角洲、渤海湾沿岸及莱州湾沿岸, 这些区域是滨海湿地集中分布区, 拥有大面积的沿海滩涂、碱蓬湿地和芦苇湿地, 生物资源丰富, 具有极高的生物多样性保护价值。此外, 黄河、海河、滦河等重要河口区, 在维持海洋生态环境、保障服务功能、防止水质污染等方面具

有重要功能。

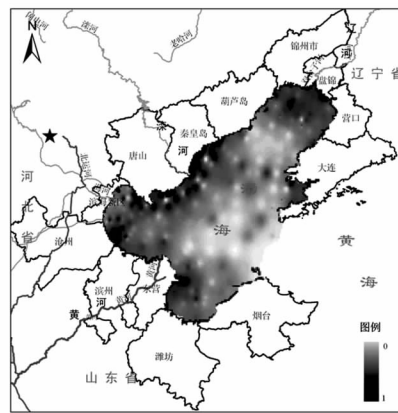
生态环境敏感性评价结果显示 (图 3b)，渤海生态环境敏感性整体呈现周边高中间低的趋势，其中，盘锦双台子河口一带、秦皇岛沿岸、唐山东南部沿岸、潍坊、黄河口岸段、烟台西北部沿岸生态环境敏感程度极高，区内拥有漫长砂质岸线、重要的历史遗迹及风景名胜区，本底环境约束程度较高，受到破坏不易恢复。此外，分布在极高敏感区域外围的锦州-盘锦市邻近海域、唐山-秦皇岛市邻近海域、沧州市东部海域，由于邻近陆地，受外

界干扰强，生物多样性降低，环境容量减小，生态系统稳定性和弹性度变差，因此，这些区域生态环境也较为敏感。

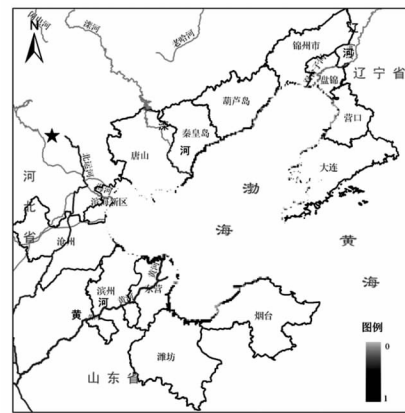
渤海地区环境灾害较为严重，多种灾害类型叠加发生，从图 3c 可见，研究区环境灾害危险性较高的区域集中在山东省潍坊至烟台岸段、秦皇岛岸段及东营北部和东部岸段，这些岸段均出现不同程度的海岸侵蚀和海水入侵，生态环境质量下降，给沿岸耕地、村庄、城镇及工矿建设和重要交通线路带来严重影响和威胁，需要采取措施加以防范。



(a)生态功能重要性



(b)生态环境敏感性



(c)环境灾害危险性

图 3 生态红线划定的单要素评价

### 3.2 生态红线划定结果

叠加生态功能重要性、生态环境敏感性和环境灾害危险性评价图层，得到渤海综合评价结果 (图 4)，综合评价指数在 0.00~0.61 之间，运用 ArcGIS 将其划分为 3 个级别：0.61~0.35，0.35~

0.11，0.11~0.00，分别命名为红线区、黄线区、绿线区 (图 5)。

其中，红线区面积为 14 568.75 km<sup>2</sup>，占研究区域的 18%，主要分布在大连市西北部海域、辽河口、黄河口等典型河口附近海域、滨州东北部海域

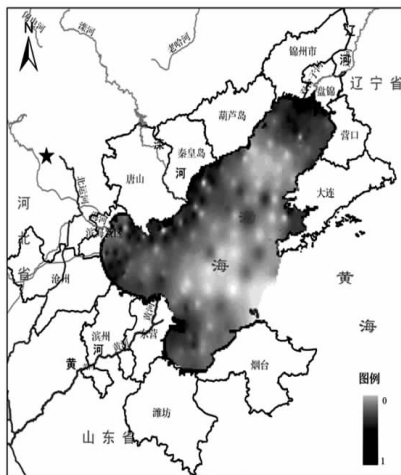


图 4 综合评价结果

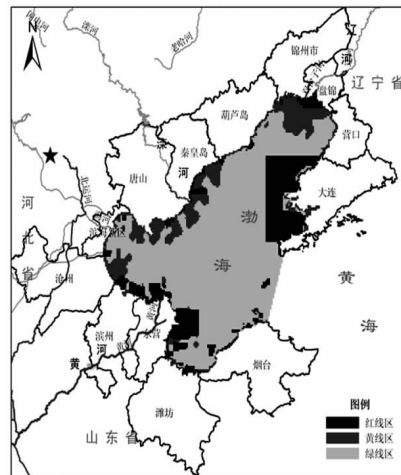


图 5 生态红线划定

及莱州湾、渤海西部沿岸及庙岛群岛, 这些区域国家级海洋保护区众多, 是珍稀濒危生物、自然景观及历史文化遗迹的重点分布区, 拥有芦苇、碱蓬等典型滨海湿地及敏感岸线, 其中保护区面积约占红线区总面积的 68.50%, 湿地占 9.41%; 敏感岸线包括海岸侵蚀、海水入侵严重的砂质岸线及基岩岸线, 约占渤海总岸线的 12.60%。黄线区面积为 11 925 km<sup>2</sup>, 占整个区域的 14.70%, 集中分布在辽河三角洲外围海域、葫芦岛-秦皇岛-唐山沿岸海域及沧州东北部海域, 主要为海水入侵、海岸侵蚀等环境灾害高发区和生态系统遭受严重破坏的区域。这一区域受经济发展和海洋开发影响, 生态系统结构和功能遭到破坏, 生态环境较为敏感, 应采取人工治理和自然恢复等相关措施, 改善海洋环境, 增强生物群落的多样化, 引导生态系统向健康方向发展。绿线区占整个区域的 67.30%, 主要包括红线区、黄线区以外的海域。

通过对各市近岸海域不同分区所占面积及比例进行统计 (表 2), 得出大连市红线区面积最大, 所占比例为 46.60%; 其次是东营市, 比例为 27.95%。黄线区面积最大的是唐山市, 其次为秦皇岛市。为进一步有针对性地指导海洋生态资源与环境管理, 本文在各单项因子及综合评价结果的基础上, 依据各指标贡献程度大小, 辨识不同评价单元内的主导生态功能类型及关键生态特征 (表 3), 以此明确红线区内的生态保护重点与方向, 协调海洋生态环境与开发活动的关系。需要指出的是, 本文与已有研究 (刘雪华等, 2010) 相比,

表 2 各市近岸海域不同分区所占面积及比例

名称	红线区		黄线区	
	面积/km <sup>2</sup>	比例/%	面积/km <sup>2</sup>	比例/%
大连市	5 123.66	46.60	507.34	6.34
营口市	39.22	0.36	227.34	2.84
盘锦市	543.17	4.94	721.76	9.02
锦州市	82.61	0.75	796.25	9.95
葫芦岛市	191.36	1.74	380.87	4.76
秦皇岛市	341.48	3.11	1 198.93	14.98
唐山市	174.02	1.58	2 259.55	28.24
天津市滨海新区	171.51	1.56	300.39	3.75
沧州市	56.87	0.52	777.54	9.72
滨州市	393.37	3.58	111.23	1.39
东营市	3072.54	27.95	325.61	4.07
潍坊市	301.67	2.74	144.75	1.81
烟台市	503.32	4.58	249.53	3.12

表 3 红线区的划分及分布情况

红线区	分布情况
珍稀濒危物种及历史遗迹保护区	珍稀濒危物种主要分在辽宁蛇岛-老铁山、双台子河口、黄河三角洲、辽宁锦州大笔架山、山东昌邑、东营黄河口、龙口黄水河口、辽河口、潍坊白银河口、北戴河口, 保护对象主要为鸟类、斑海豹、蚕类、浅海贝类、蛭类、杂色蛤、底栖鱼类等珍稀物种。历史遗迹保护区包括长岛长山尾地质遗迹、黄骅古贝壳堤和滨州贝壳堤岛。
滨海湿地生态涵养区	滨海湿地主要有辽河三角洲湿地、河北昌黎黄金海岸湿地、天津北大港湿地、滦河口沼泽区、北戴河沿海湿地、沧州南大港湿地、黄河三角洲和莱州湾湿地、庙岛群岛湿地等。
自然岸段保护与灾害防护区	基岩海岸主要分布在大连老铁山至盖州市附近沿岸。砂质海岸主要分布于辽宁(黄龙尾至盖平角、小凌河口以西)、河北(大清河口以东)和山东半岛西北部海岸, 这些岸段均出现不同程度的蚀退和海水入侵。

均选取了保护区、重要湿地及风险灾害等指标, 因此, 相关海岸带红线区划定结果类似, 分布范围大致相同, 从而使本文的海岸带红线区与其陆地红线区实现了对接。在此基础上, 本文着重加入海洋生态系统和海洋资源等海域特有指标, 对海洋部分生态红线区进行了初步划定, 反映了海洋生态红线的特殊性。

### 3.3 分区管控措施

结合上述结果, 依据分区生态特点和管理需求制定管控措施。

红线区包括各级保护区、具有重要或特殊生态服务功能的区域、生态环境敏感性极高区域及环境灾害易发区。该区是在海洋开发建设过程中, 必须严格管理和保护的区域, 需要按照法律法规和相关规划实施强制性保护, 严禁不符合生态环境功能定位的开发建设活动。

黄线区主要指资源环境承载力较弱并关系到较大范围内生态安全或环境污染、损害较严重亟需修复的区域, 其级别仅次于红线区, 但仍在生态环境保护中发挥重要的作用, 应控制开发规模和功能, 有目的地限制对于环境影响较大的开发活动进入, 或者在能够补偿产业所造成的生态环境影响的前提下有条件地批准开发建设活动。

绿线区生态环境功能较弱, 生态系统相对不敏感, 因此, 海洋开发活动对生态环境功能的损害相对较小, 是生态成本较低的区域, 适宜进行适度规模的开发建设活动, 但仍需根据内部海洋环境功能和质量要求的细微差异, 合理确定发展方向和管制规则。

## 4 结论

以渤海为实证,在中微观尺度下,通过网格化评价,应用 ArcGIS 空间分析模块,进行渤海生态红线划定研究,为未来合理有序的引导海洋开发活动,维护区域海洋安全提供了科学依据,对于促进海洋生态环境健康可持续发展具有一定的指导意义。研究结论基本符合渤海海洋生态环境和空间发展的客观实际,研究方法科学、合理。按照渤海生态红线划定结果,红线区应以“保”为主,加强对自然保护区管理,严禁一切开发活动,对于与红线冲突区应进行严格调整;黄线区则以“保”、“建”相结合,在维护生态服务功能的同时可以建设一些生态修复工程,达到生态恢复的目的;绿色区则以“建”为主,应注重建设区与保护区之间的协调。

生态红线划定是一项综合区划,需要兼顾自然环境、资源分布、生态状况等诸多领域,依据不同的保护目标和目的,选择的指标和划定的方法都存在较大差别。目前为止,对生态红线的理解和认识还非常有限,关于生态红线划定的原则、内容等相关理论和方法还处于探索阶段。此外,如何确保各分区的可操作性,做到生态红线区与行政区协调统一也是面临的重要问题。

### 参考文献

- Pikitch E K, Santora C, Babcock E A, et al, 2004. Ecosystem-based fishery management. *Science*, 305: 346-347.
- Thomas L S, Luis G V, 2000. Models, Methods, Concepts and Applications of the Analytic Hierarchy Process. New York: 115-120.
- 白杨, 郑华, 欧阳志云, 等, 2011. 海河流域生态功能区划. *应用生态学报*, 22 (9): 2377-2382.
- 凡非得, 罗俊, 王克林, 等, 2011. 桂西北喀斯特地区生态系统服务功能重要性评价与空间分析. *生态学杂志*, 30 (4): 804-809.
- 范一大, 史培军, 辜智慧, 等, 2011. 行政单元数据向网格单元转化的技术方法. *地理科学*, 2011, 24 (1): 105-108.
- 符娜, 2008. 土地利用规划的生态红线区的划分方法研究. 北京: 北京师范大学.
- 国家海洋局, 2012. 2011 年中国海洋环境质量公报. 北京: 国家海洋局.
- 国家海洋局科技司 辽宁省海洋局《海洋大辞典》编辑委员会, 1998. 海洋大辞典. 沈阳: 辽宁人民出版社.
- 何广顺, 王晓惠, 赵锐, 等, 2010. 海洋主体功能区划方法研究. *海洋通报*, 29 (3): 334-341.
- 贾良清, 欧阳志云, 赵同谦, 等, 2005. 安徽省生态功能区划研究. *生态学报*, 25 (2): 254-260.
- 刘雪华, 程迁, 刘琳, 等, 2010. 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. *中国环境科学学会学术年会论文集*, 711-716.
- 栾维新, 阿东, 2002. 中国海洋功能区划的基本方案. *人文地理*, 17 (3): 93-95.
- 孟伟, 张远, 郑丙辉, 2007. 辽河流域水生态分区研究. *环境科学学报*, 27 (6): 911-918.
- 欧阳志云, 王效科, 苗鸿, 2000. 中国生态环境敏感性及其区域差异规律研究. *生态学报*, 20 (1): 9-12.
- 饶胜, 张强, 牟雪洁, 2012. 划定生态红线, 创新生态系统管理. *环境经济*, (102): 57-60.
- 宋晓龙, 李晓文, 白军红, 等, 2009. 黄河三角洲国家级自然保护区生态敏感性评价. *生态学报*, 29 (9): 4836-4846.
- 王耕, 2007. 基于隐患因素的生态安全机理与评价方法研究——以辽河流域为例. 大连: 大连理工大学.
- 徐建华, 2002. 现代地理学中的数学方法. 北京: 高等教育出版社.
- 左伟, 张桂兰, 万必文, 等, 2003. 中尺度生态评价研究中格网空间尺度的选择与确定. *测绘学报*, 32 (3): 267-271.

(本文编辑: 郭箬)