

小尺度海洋生态功能分区指标体系与技术方法研究 ——以长兴岛近海海域为例

许 妍, 梁 斌, 兰冬东, 鲍晨光, 于春艳, 马明辉

(国家海洋环境监测中心, 辽宁 大连 116023)

摘要: 以辽宁省长兴岛海洋生态系统为研究对象, 在分析长兴岛自然环境特征和海洋生态系统基础上, 依据生态功能区划原则, 建立海洋生态功能分区的技术方法体系, 运用 GIS 技术将长兴岛海域划分为生态保护区、生态维护区和开发利用区三个生态功能区, 所占比例分别为 47.17%、18.04%和 34.78%。根据区内的主导生态功能及目前各区存在的生态环境问题, 提出长兴岛近海海域未来生态保护与建设的重点和目标及区域产业结构与布局的调整方向。

关键词: 海洋; 生态功能; 分区; 长兴岛

中图分类号: 171.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2013)06-0089-06

随着社会生产力的不断发展, 人类日益加剧的海洋开发活动严重威胁了海洋生态系统健康。海域污染及富营养化、湿地生境破坏、生态突变及生物多样性显著下降、海洋生态系统功能退化等问题日益突出^[1]。这些环境问题已在一定程度上影响和制约了海洋经济的可持续发展。据有关研究^[2], 未来相当一段时间内, 沿海地区的人口将继续增加, 工业化、城市化将加速发展, 经济规模将继续扩大, 空间布局将继续拓展。如何有针对性制定海洋生态环境保护与沿海建设规划, 对海洋生态系统实施科学管理, 遏制生态系统服务的退化趋势, 维护海洋生态安全和人类福利不受影响是海洋可持续发展研究的重要内容。

生态功能分区是在研究区域生态系统特征、受胁迫过程与效应、生态系统服务功能重要性及生态环境敏感性等空间分异规律的基础上进行的生态环境功能划分^[3-4], 合理的划分有助于辨析区域主要生态环境问题, 确定优先保护生态系统和优先保护区域, 为指导产业布局、资源开发提供依据^[5], 是遵从生态规律, 切实有效地开展生态环境保护的重要手段之一。因此, 开展海洋生态功能分区对于实现海洋保护与开发的协调, 维护海洋生态安全具有重要意义。目前, 已有部分国家和地区的学者开展了以海洋生态系统为对象的分区和海洋空间规划(MSP)工作。1998 年, Bailey^[6]以海洋生态系统为对象开展了海洋生态区划, 编制了北美和美国范围内的海洋生态分区。Gilliland^[7]研究制定了以生态系统为基础的海洋

空间规划的关键因素和步骤。Crowder^[8]分析了以海洋生态系统为基础的海洋空间管理和规划的内在关键生态联系。2006 年以来, 联合国教科文组织一直推进以生态系统为基础的海洋空间规划; 欧洲和北美洲也陆续开展了相关研究, 主要进行海洋空间规划要素方法研究以及地理信息系统在海洋空间规划中的应用等。目前, 我国生态功能分区研究多集中于陆地及淡水水域, 傅伯杰^[9]、贾良清^[10]等对城市、县域等地域尺度生态功能进行区划。孟伟^[11]在对辽河流域自然要素及水生态特征分析基础上建立了辽河流域水生态一、二级分区体系; 张德禄^[12]、姜甜甜^[13]等基于营养盐构建了湖泊水生态分区的指标体系。迄今为止, 关于海洋生态功能分区方面的内容鲜有涉及, 尚缺乏分区的技术方法体系和案例研究。本文参考环保部 2008 年发布的《全国生态功能区划》, 针对海洋生态系统开放性、流动性、边界模糊性等特点, 建立海洋生态功能分区指标体系, 探索研究分区的技术方法, 并以长兴岛为研究区进行实证分析, 以期制定海域开发标准、指导陆域产业布局、优化海洋资源开发提供科学依据。

收稿日期: 2012-06-06; 修回日期: 2012-10-25

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); 国家自然科学基金青年科学基金(201107019)

作者简介: 许妍(1981-), 女, 辽宁营口人, 助理研究员, 博士, 研究方向: 风险评估与生态区划, E-mail: yxu@nmemc.gov.cn; 马明辉(1962-), 研究员, 通信作者, E-mail: mhma@nmemc.gov.cn

1 指标体系与技术方法

1.1 分区原则

科学的分区原则是进行海洋生态功能分区的依据和准则,是分区研究的基础,在分区过程中起指导性作用,其合理与否直接关系到分区结果的正确性与可信度。为此,在进行海洋生态功能分区时除应遵循主导功能原则、相似性原则、差异性原则、等级性原则、综合性与主导性原则、共轭性原则等基本共性原则外,还要遵循“以海定陆、海陆耦合”等特有原则。

1.2 研究方法

1.2.1 指标体系

海洋是一个连续整体,但在海洋的不同区域,其环境要素仍有很大区别,不同生境栖息着不同种类的生物^[14]。一级分区选择海拔高程为划分依据,综合反映宏观尺度要素对海洋生态系统特征及空间分异的影响。由于小尺度区域范围内的自然因子如水温、气象等差异性不明显,对分区结果影响较小,故本文不予考虑。采用的高程数据主要为 SRTM DEM,其空间分辨率精度约为 90 m。二级分区则根据评价目的,从生态功能重要性和生态环境敏感性两方面筛选易于监测并能反映海洋生态系统特征及功能空间差异的最关键的表征指标和环境要素。

(1)生态功能重要性

生态功能重要性是指生态环境要素在维护生态平衡、发挥生态系统服务等方面具有的重要生态价值,用于反映区域生态系统结构和功能的重要程度。生态服务越强的区域,生态系统保护的价值和要求就越高,生态重要性程度也就越高。海洋生态功能重要性评价是以海洋生态保护为立足点,揭示海洋自然生态环境特征的空间差异及生态服务功能的地理分配,旨在识别重要生态区域,支撑生态功能区的划定。着重从物种和生态系统多样性维持、产品供给、休闲娱乐等服务功能选取底栖生物量、生物多样性、海水养殖、休闲娱乐资源等指标(表1)。运用 ArcGIS 自然断点法,将生物多样性、生物量等监测数据,按照生态功能重要性划分为极重要、重要、一般三个等级,并分别赋值为5, 3, 1;海水养殖、休闲娱乐资源则依据其存在情况进行量化。

(2)生态环境敏感性

生态环境敏感性是指生态系统对人类活动干扰

表 1 海洋生态功能重要性评价指标体系

Tab.1 The evaluation index system for important marine ecological function

生态功能重要性指标		等级划分	赋值
底栖生物量	潮间带生物量\海洋生物量	高	5
		中	3
		低	1
生物多样性	潮间带生物多样性\海洋生物多样性	高	5
		中	3
		低	1
海水养殖		有	5
		没有	0
休闲旅游资源		有	5
		没有	0

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^[15]。生态环境敏感性通常以不损失或不降低环境质量的情况下,生态因子对外界压力或变化的适应能力及其遭受破坏后恢复能力的强弱和快慢来衡量^[16]。敏感性高的区域,生态系统容易受损,易产生生态环境问题,是生态环境保护与恢复的重点,也是人为活动受限或者禁止地区。主要选取海岸类型、海水入侵、海岸侵蚀、海洋保护区等敏感指标进行评价(表2)。各类指标参照已有文献或相关资料^[17-18]进行等级划分,并依据人为活动干扰的情况及自身敏感程度进行赋值。在相同的人类活动影响或外力作用下,海水入侵和海岸侵蚀程度越严重,生态系统出现生态环境问题的概率也就越大,因此,相应的赋值也就越高。海岸类型中砂质岸线最敏感,受到破坏不易恢复;基岩岸线、淤泥质岸线次之,因此,砂质岸线赋予最高值。海洋保护区是针对某种海洋保护对象划定的海域、岸段和海岛区,主要包括海洋自然保护区、海洋特别保护区及历史遗迹区,依据保护区分区(核心区、缓冲区和实验区)保护要求及程度进行赋值。

生态功能分区主要数据资料来源包括海岸带及近岸海域生态环境质量监测数据及社会调查资料,岸线类型和空间分布的遥感影像及调查数据,海岸侵蚀、海水入侵监测与调查资料。

1.2.2 技术方法

“自上而下”与“自下而上”方法相结合是生态功能分区的基本方法。一级分区采用“自上而下”法,根据宏观分区指标如地貌、气候水文特征等,确定海洋生态系统分区,重在对宏观格局的把握,分区结果更为直观;二级分区采用“自下而上”的区划方法,

表 2 海洋生态环境敏感性评价指标体系

Tab.2 The evaluation index system for marine ecological sensitivity

生态环境敏感性 指标	等级划分	赋值
海岸岸线侵蚀率	$S \geq 2.0$	5
	$1.0 \leq S < 2.0$	3
	< 1.0	1
	未侵蚀	0
海水入侵程度	严重	5
	中度	3
	轻微	1
	未入侵	0
海岸类型	砂质岸线、生物岸线	5
	基岩质岸线	3
	淤泥质岸线	1
	其他	0
海洋保护区	核心区	5
	缓冲区	3
	实验区	1

在保证最低级区划单元完整性基础上,合并同类、相似的单元得到高级区划单元,保证各分区边界的合理性^[19]。具体步骤如下:

(1)依据各指标的空间分布特征,结合多年来海洋综合调查的最新成果资料,按照成因上的自然系统、人工系统和复合系统,或者形态上的封闭系统、半封闭系统和开放系统,兼顾海洋经济发展的地域分工进行一级分区。

(2)在分析海洋生态环境现状的基础上,对相关部门进行调研,现场勘察,分析研究海域存在的主要生态环境问题,从生态服务功能特征、生态环境敏感性等方面构建指标体系,采用空间叠置法、综合指数法分别对生态功能重要性、生态环境敏感性进行评价。具体公式为:

$$EI = \sum_{i=1}^n w_i p_i \quad (1)$$

式中, EI 为区域生态功能重要性(或生态环境敏感性)指数, w_i 为生态重要因子(或生态敏感因子)第 i 个指标的权重, p_i 为第 i 个指标的标准化值, n 为指标数。

(3)依据各因子评价结果,运用 ArcGIS 将生态功能重要性(或生态环境敏感性)指数从高到低依次划分为三个等级,分别赋值 3、2、1,数值越高代表生态功能越重要或生态环境越敏感,通过取最大值法得到生态功能分区划定等级 S , 计算过程如下:

$$S = \max(S_f, S_t) \quad (2)$$

式中, S 、 S_f 、 S_t 分别表示生态功能分区划定等级、生态功能重要性等级和生态环境敏感性等级,其赋值范围均为 1~3 的自然数。将 $S=3$ 、2、1 依次命名为生态保护区、生态维护区、开发利用区,最终完成生态功能分区。其中,生态保护区保护级别最高,生态维护区次之,这类区域应避免与生态环境建设不符的空间开发和经济活动;开发利用区可依据具体情况,合理确定发展方向,设定相应的环境准入条件。最后,依据各指标贡献程度大小,揭示不同分区内的主导生态功能类型,进而提出生态环境保护的重点与要求。

1.2.3 基本单元

采用何种尺度和类型的评价单元对于海洋生态功能分区判定至关重要。从尺度上看,评价单元划分越小,方案精度越高,评价也更为复杂;从类型上看,评价单元可以是基于某级行政单元基础上的矢量多边形,或基于某种自然属性的空间单元,也可以是基于基础尺度的网格,网格被认为是其他任何统计单元内部的细胞,通过它可以表达任何统计单元的信息^[20]。考虑海洋生态系统边界模糊性的特点,为更加精确的凸显海洋生态功能区内相似性与区外差异性,本研究选用网格作为基本评价单元。网格分辨率主要根据经验公式确定,一般通过“最小图斑”法进行计算^[21、22],即:

$$H = (1/2)[\min(A_i)]^{1/2} \quad (3)$$

式中, H 为网格的边长, A_i 代表最小因素图斑的面积。本文网格单元分辨率为 200m×200m,共生成 46430 个网格对研究区域进行空间概化,并以网格单元作为要素统一与数据建库平台,所有指标经空间化处理后,均用网格单元进行存储和表达。

2 研究区概况

长兴岛介于东经 121°32'11"~121°13'19",北纬 39°29'26"~39°39'15",位于中国辽东半岛中西部,大连瓦房店市西侧,四面环渤海,仅一桥与陆地相连,是中国第五大岛,长江以北第一大岛,总面积 502 km²,辖括长兴岛、交流岛、凤鸣岛、西中岛、骆驼岛五个岛屿(图1)。2005年成立长兴岛临港工业区,2010年国务院批准升级为国家级经济技术开发区。长兴岛位于普兰湾和复州湾之间,岸线长而曲折,环岛岸线总长 189.3 km,有 91.6 km 的黄金海岸和 10 km 的沙滩浴场岸线,自南向北分布有普兰湾、董家

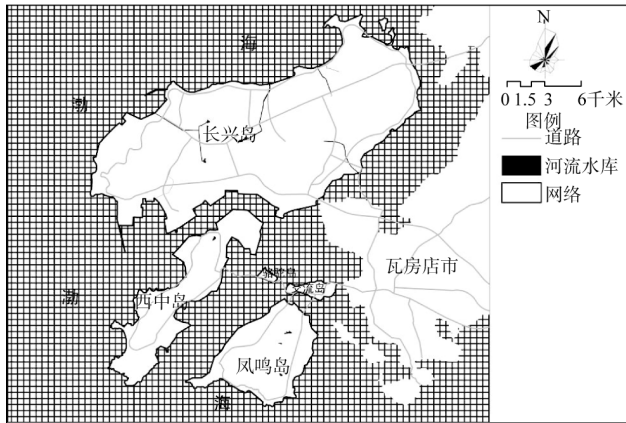


图1 研究区域
Fig.1 Study region

口湾、葫芦山湾及复州湾，八岔沟、西山里等港湾发育、水深条件及掩蔽条件较好。长兴岛海域广阔，海洋资源丰富，盛产毛虾、对虾、海蜇、海参、蟹和多种优质鱼及贝类，适宜养殖滩涂15 km² [23]。近年来，随着经济规模的持续扩大，长兴岛海岸带遭到一定程度破坏，生物多样性退化，近海海域生态环境呈现下降趋势。

3 结果分析

3.1 一级分区

根据长兴岛近海海域高程分异情况，结合长兴岛海图、地形地貌图等进行适当修正调整，从宏观角度将长兴岛海域划分为滩涂生态区和浅海生态区(图2)。

滩涂生态区：该区是沿海大潮高潮位和低潮位之间的潮侵地带，海拔高程多介于0~3 m，分布有海滩涂、滨海沼泽地、河口滩地，是海鸟等野生动物觅食、珍稀动植物生长的场所。这一区域还是从事

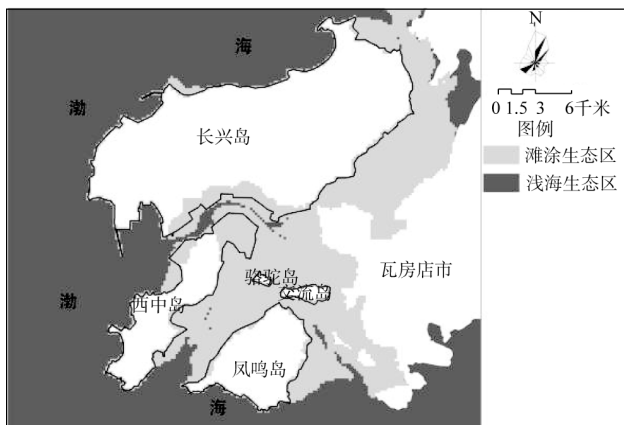


图2 一级分区
Fig.2 First zoning

海洋渔业生产，利用海水、太阳能和滩涂地晒制、生产海盐的场所，有些岸段被开发为水产养殖和盐田。

浅海生态区：该区是指滩涂区以外的水域，海拔高程低于海平面，最大深度为40 m，具有较高的初级生产力水平，生物资源丰富，是海洋生物尤其是游泳动物索饵、洄游、栖息繁殖的主要场所，同时也是人类活动(捕捞、航运等)的重要海域。

3.2 二级分区

3.2.1 单项因子评价结果

(1) 生态功能重要性

从长兴岛生态功能重要性的空间分布图可见(图3)，生态功能重要区主要分布在长兴岛本岛东北部的北岛三堂村、南部的龙口及凤鸣岛南部的木龙沟、前哨村海滨浴场、东小圈一带海域。这些区域生物资源丰富、种类繁多，同时还包括长兴岛滨海公园、滨海浴场等著名旅游休闲场所。较重要区集中在普兰店湾及凤鸣岛外围海域，该区海洋底栖生物种类较多，生物量和生物密度较高，是海洋生物重要生存空间和繁殖场所。此外，凤鸣岛西侧滩涂地及长兴岛南部海滩是长兴岛重要的海参、贝类等海珍品养殖区，具有较高的生态服务价值。其他区域的生态重要性一般，分布较为广泛。

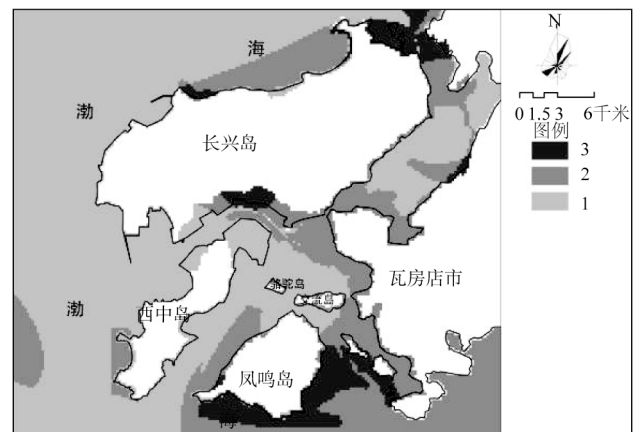


图3 生态功能重要性分布
Fig.3 The important ecological function region

(2) 生态环境敏感性

生态环境敏感性评价结果显示(图4)，高敏感区主要为长兴岛北部的国家级斑海豹自然保护区，该区主要保护对象为斑海豹及其生境，一旦遭受破坏，会使斑海豹的生存环境丧失。另外，长兴岛北部高脑山至马家咀子附近岸段、西中岛拉脖山至后鹿圈子、仙人洞至罗岛屯及凤鸣岛东南角岸段拥有丰富的天

然砂质岸线,同时也是海水入侵的重灾区,对外界环境变化极为敏感。较高敏感区包括自然保护区的缓冲区部分,葫芦山湾南侧岸段、凤鸣岛南侧及西中岛南侧羊鼻至通水沟岸段,这一带岸段拥有漫长的自然岸线,且遭受较严重的海洋环境灾害影响,生态环境较为敏感。一般敏感区主要位于长兴岛本岛的西部及西南部岸线,存在轻微的海岸侵蚀现象。



图4 生态环境敏感性分布

Fig.4 The ecological environmental sensitivity region

3.2.2 二级分区结果

叠加生态功能重要性和生态环境敏感性评价图层,在一级分区基础上将长兴岛近海海域划分为三个区域,即生态保护区、生态维护区和开发利用区。

生态保护区面积为 617.4 km²,占研究区域面积的 47.17%。主要包括濒危海洋生物斑海豹保护区、西中岛拉脖山至后鹿圈子岸段、长兴岛南部龙口滩地、凤鸣岛南部海域及东部滩地,这些区域或具有较高的生态服务价值,对于维护地区生态安全具有重要作用或生态环境极为敏感,受到干扰容易发生区域性生态环境问题。因此,应当严格按照法律法规规定和相关规划实施生态保护,严禁不符合生态环境功能定位的开发建设活动。

生态维护区面积为 236.16 km²,占总面积的 18.04%,主要包括长兴岛南大桥附近和复州湾盐场西南部的滩涂、西中岛海滨浴场、凤鸣岛西侧滩涂及普兰店湾周边海域。区内生物多样性丰富,自然生态约束力较高。应当在维护野生动植物及其生存环境,保障生物多样性功能前提下,进行合理优化布局,适度发展污染少、破坏力小的绿色产业。对于海岸侵蚀和海水入侵严重的岸段,应加大海防林建设力度,完善海洋环境灾害防御体系,进行生态恢复

与综合治理。

开发利用区面积为 455.2 km²,约占 34.78%。区内的生态约束力不高,海洋开发活动对生态环境功能的损害相对较小,适宜进行适度规模的开发建设活动,但仍需根据海洋环境功能和质量要求,合理确定发展方向和管制规则,以保证海洋生态系统在调节气候、净化水质等方面发挥正常功能,维持海洋生态环境健康发展。此外,由于紧邻斑海豹自然保护区,在开发过程中应注意与保护区之间的协调。

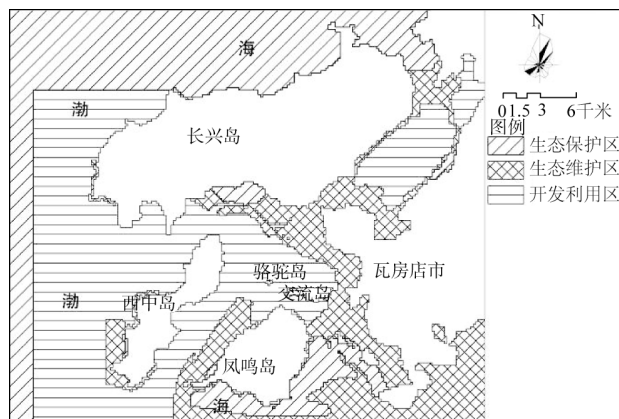


图5 二级分区

Fig.5 Secondary zoning

4 结论与建议

通过构建小尺度海洋生态功能分区指标体系与技术方法,对长兴岛近海海域进行生态功能分区,辨识其主导生态功能,结论如下:

(1)在生态功能重要性和生态环境敏感性评价基础上,完成生态功能分区,并根据主导性原则,确定各分区的主要生态功能。生态保护区主导功能为斑海豹及其生境的保护、自然岸线维护,水质污染、高温高盐水排放及岸线的开发利用是该功能区的主要威胁。生态维护区主要包括生物多样性维护和环境灾害易发区的防护功能,围填海、水质污染等是该区生态功能的主要影响因素。

(2)基于生态功能分区空间差异性,提出海洋生态保护对策与措施。生态保护区以“保”为主,加强对自然保护区管理,严禁一切开发活动;生态维护区为“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,达到生态调控的目的;开发利用区则以“建”为主,应根据内部海洋环境功能和质量要求,合理确定发展方向和管制规则。

参考文献:

- [1] Pikitch E K, Santora C, Babcock E A, et al. Ecosystem-based fishery management[J]. Science, 2004, 305: 346-347.
- [2] 狄乾斌, 韩增林, 孙才志. 海域承载力理论与海洋可持续发展研究[J]. 海洋开发与管理, 2008, 1: 52-55.
- [3] 蔡佳亮, 殷贺, 黄艺. 生态功能区划理论研究进展[J]. 生态学报, 2010, 30(11): 3018-3027.
- [4] 罗怀良, 朱波, 刘德绍, 等. 重庆市生态功能区的划分[J]. 生态学报, 2006, 26(9): 3144-3151.
- [5] 潘竟虎, 石培基. 张掖市生态功能分区[J]. 城市环境与城市生态, 2009, 22(1): 38-44.
- [6] Bailey R G. Ecoregions: The Ecosystems Geography of the Oceans and Continents [M]. New York: Springer Verlag, 1998.
- [7] Gilliland P M, Laffoley D. Key elements and steps in the process of developing ecosystem-based marine spatial planning [J]. Marine Policy, 2008, 32(5): 787-796.
- [8] Crowder L, Norse E. Essential ecological insights for marine ecosystem based management and marine spatial planning [J]. Marine Policy, 2008, 32(5): 772-778.
- [9] 傅伯杰, 刘国华, 陈利顶, 等. 中国生态区划方案[J]. 生态学报, 2001, 21(1): 1-6.
- [10] 贾良清, 欧阳志云, 赵同谦, 等. 安徽省生态功能区划研究[J]. 生态学报, 2005, 25(2): 254-260.
- [11] 孟伟, 张远, 郑丙辉. 辽河流域水生生态分区研究[J]. 环境科学学报, 2007, 27(6): 911-918.
- [12] 张德禄, 刘永定, 胡春香. 基于营养盐的中国湖泊生态分区框架与指标体系初探[J]. 湖泊科学, 2011, 23(6): 821-827.
- [13] 姜甜甜, 高如泰, 席北斗, 等. 云贵高原湖区湖泊营养物生态分区技术方法研究[J]. 环境科学, 2010, 31(11): 2599-2606.
- [14] 沈国英, 黄凌风, 郭丰. 海洋生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [15] 欧阳志云, 王效科, 苗鸿. 中国生态环境敏感性及其区域差异规律研究[J]. 生态学报, 2000, 20(1): 9-12.
- [16] 宋晓龙, 李晓文, 白军红, 等. 黄河三角洲国家级自然保护区生态敏感性评价[J]. 生态学报, 2009, 29(9): 4836-4846.
- [17] 丰爱平, 夏东兴. 海岸侵蚀灾情分级[J]. 海岸工程, 2003, 22(2): 60-66.
- [18] 殷建平, 谢强, 孙宗勋, 等. 深圳沿岸海水入侵灾害现状研究[J]. 海洋环境科学, 2011, 30(4): 541-545.
- [19] 刘星才, 徐宗学, 徐琛. 水生态一、二级分区技术框架[J]. 生态学报, 2010, 30(17): 4804-4814.
- [20] 范一大, 史培军, 辜智慧, 等. 行政单元数据向网格单元转化的技术方法[J]. 地理科学, 2004, 24(1): 105-108.
- [21] 王耕. 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[D]. 大连理工大学博士学位论文, 2007.
- [22] 左伟, 张桂兰, 万必文, 等. 中尺度生态评价研究中格网空间尺度的选择与确定[J]. 测绘学报, 2003, 32(3): 267-271.
- [23] 刘永伦, 刘永青, 刘永峻. 中国长兴岛[M]. 沈阳: 万卷出版公司, 2005.

The index system and technology method of marine ecological function zoning in small scale—A case study of offshore area in Changxing island

XU Yan, LIANG Bin, LAN Dong-dong, BAO Chen-guang, YU Chun-yan, MA Ming-hui
(National Marine Environmental Monitoring Center, Dalian 116023, China)

Received: Jun., 6, 2012

Key words: Ocean; Ecological Functions; Zoning; Changxi Island

Abstract: Taking marine ecosystem of Changxing Island in Liaoning province as research object, based on analysis of characteristics of natural environment and marine ecosystem service function, the technical methodology system was established according to the principle of ecological function zoning. The offshore sea of Changxing Island is divided into three ecological function areas which are ecological protected area, ecological maintenance area and development and utilization area, accounting for 47.17%, 18.04% and 34.78%, respectively. The results of marine ecological function zoning can provide important basis for the ecological protection and construction of Changxing Island in the future. The regional industrial structure and layout can make adjustments according to the ecological environment problem in each area.

(本文编辑: 康亦兼)