

## 环渤海海岸带生态分区研究

黄金良<sup>1,2</sup>, 黄玲<sup>2</sup>, 穆景利<sup>3</sup>, 赵骞<sup>3</sup>, 张志锋<sup>3</sup>

(1. 厦门大学海洋与海岸带发展研究院, 福建 厦门 361005; 2. 厦门大学环境与生态学院, 福建 厦门 361005; 3. 国家海洋环境监测中心, 辽宁 大连 116021)

**摘要:** 随着经济发展和人类活动不断增加, 自然生态系统受到越来越多的人为扰动, 生态分区作为识别各类生态问题及问题溯源的有效工具被各国广泛应用。本研究基于大量的资料调查, 在 ArcGIS 9.3 软件环境下, 利用层次分析模型对环渤海近岸和海域的空间数据进行处理与分析, 实现了渤海近岸陆域、海域和近岸以外海域的生态分区。并进一步采用环境质量指数法对所划分的 7 个海区进行了验证, 验证结果表明本研究基本合理。研究结果可望为渤海生态系统管理保护提供参考依据。

**关键词:** 环渤海地区; 生态分区; GIS; AHP

中图分类号: X87 文献标识码: A 文章编号: 1007-6336(2013)03-0434-06

## Eco-region pattern delineated for coast of the Bohai Sea Bay Region

HUANG Jin-liang<sup>1,2</sup>, HUANG Ling<sup>2</sup>, MU Jing-li<sup>3</sup>, ZHAO Qian<sup>3</sup>, ZHANG Zhi-feng<sup>3</sup>

(1. Coastal and Ocean Management Institute, Xiamen University, Xiamen 361005, China; 2. College of the Environment and Ecology, Xiamen University, Xiamen 361005, China; 3. National Marine Environmental Monitoring Center, Dalian 116021, China)

**Abstract:** With the development of economic growth and intensity of human activities, the natural ecological system is more and more disturbed by the human beings, thus eco-regionalizing has been widely recognized as a vital tool for identifying the ecological problems and tracing the source of problems. In this study, extensive data in question was collected and spatial data was processed and analyzed under the ArcGIS environment, thereafter the eco-region pattern for coast of the Bohai Sea Bay Region was delineated using analytic hierarchy process (AHP). The environmental quality index was further used to verify the eco-region pattern delineated in this study. Hopefully, the findings of this study could provide the scientific basis and reference for ecosystem-based management of the Bohai Sea Bay Region.

**Key words:** Bohai Sea Bay Region; eco-region; GIS; AHP

随着经济发展和人类活动不断增加, 自然生态系统受到越来越多的人为扰动。各种尺度的生态退化与环境污染问题摆在人们的面前。由于生态环境状况在时空上的差异性, 统一的生态和环境标准执行的效果各不相同, 在一些地区对环境和生物过度保护了, 在另一些区则没有达到保护生态环境的目的。而通过各地区的地质、地貌、气候、土壤、水文、土地利用等特征将相似的单元通过系统性的安排分成组或类, 即进行生态分区是一种相对简便、有效解决办法<sup>[1]</sup>。生态分区同时也被证实是识别各类生态问题及问题溯源的有效工具<sup>[2-3]</sup>。生态分区通

过描述和记录生态系统信息, 有助于认识生态系统对各种压力的响应, 预测对压力比较敏感的生态系统和管理、保护生态环境资源<sup>[4]</sup>。

海岸带包括河口与近海的生态分区是近年来的热点<sup>[5]</sup>。海岸带地区是城市化程度最高、陆海交接的地区, 具有很高的生产力和多样性。这个地区混合着淡水、咸水、泥沙、有机化学物质和无机化学物质等, 在给当地生物、人类和群落带来机遇的同时, 也给他们带来了危险<sup>[6]</sup>。在人口和经济压力下, 众多的河口、近海面临富营养化问题。掌握河口与近海水体类型、生境及其对营养

收稿日期: 2012-08-27, 修订日期: 2012-11-02

基金项目: 国家海洋局海洋公益性行业科研专项 (201005008-4); 国家海洋局近岸海域生态环境重点实验室基金 (201005)

作者简介: 黄金良 (1975-) 男, 福建省泉州市人, 副教授, 博士, 研究方向为近海流域与港湾的监测与模拟

通讯作者: 张志锋, 男, 湖南株洲市人, 副研究员, 博士, 研究方向为陆源入海污染源评估与管理, E-mail: zfzhang@nmemc.gov.cn

盐富集的响应的差异对于进行有效制订河口与近海水环境管理策略具有重要意义。因此,多年以来,科学家与管理者对流域、河口与近海生态系统的分类框架开展大量的研究,这种分类框架是描述与整理近海生物群落与生境类型,识别和优化管理措施,管理生态资源,增进对河口、近海生态系统差异性与相似性的理解的行之有效的工具<sup>[4,7]</sup>。

尽管近年来,生态分区研究在世界范围内逐渐增多,但由于自然生态环境状况和人类干扰特征的区域性和多样性,生态分区的内容在不同国家、区域各具特色。渤海陆、海域面积广大,据估算<sup>[8]</sup>,环渤海入海流域范围超过 $6.7 \times 10^5 \text{ km}^2$ ,海域面积约为 $7.7 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。环渤海7大水系(辽河、海河、滦河、黄河等)的陆源物质(淡水径流、泥沙、营养盐和污染物质等)源源不断地输入渤海,为环渤海地区人类生存和社会经济发展提供丰富的淡水、土地等资源的同时,随着人类活动和流域开发的增强,渤海近岸河口、海域日益面临着富营养化、近岸海域污染和生境退化等环境问题。

本研究通过对环渤海近岸和海域的空间数据进行处理与分析,采用层次分析法(AHP)和GIS技术进行了渤海沿岸陆域分区单元的等级划分;同时,根据渤海沿岸陆域污染物无机氮(DIN)的扩散模型优化2011年的渤海海洋功能区划水质管理目标要求;最后,根据典型生物的繁殖洄游通道信息以及渤海水文动力状况划分了渤海近岸以外海域,并采用环境质量指数法对划分的7个海区进行了验证。本研究通过对渤海近岸陆域、海域和近岸以外海域进行了生态区划分,以期对渤海生态系统管理和环境资源保护提供参考依据。

## 1 研究区域概况

渤海是我国的内海,位于 $37^{\circ}07' \sim 41^{\circ}0' \text{ N}$ 、 $117^{\circ}35' \sim 121^{\circ}10' \text{ E}$ ,面积 $77\,000 \text{ km}^2$ ,平均深度为18 m,三面环陆,仅东部以渤海海峡与黄海相通,在辽宁、河北、山东、天津三省一市之间,形态似葫芦形,包括了北部辽东湾、西部渤海湾、南部莱州湾、中央浅海盆地和渤海海峡五个组成部分。

本研究以环渤海近岸陆域和渤海全海域作为研究区域。其中,渤海近岸陆域包括了沿岸13地市即大连、营口、盘锦、锦州、葫芦岛、秦皇岛、唐山、天津、沧州、滨州、东营、潍坊和烟台。该区域除葫芦岛市和锦州市外,其他11个地市的人均生产总值均高于全国平均值,其中河北3个地市的人均生产总值都远远高于全国平均值。从三大产业的比重来看,除锦西和锦州市外,其余11个地市第一产业的构成约在10%左右,第二产业仍占主导地位。

## 2 数据与方法

### 2.1 资料与数据

(1) DEM数据:美国国家地质局(USGS)下载的DEM

数据(ASCII文件格式)经ArcGIS软件导入,拼图(共12幅DEM)、投影转换和切边等空间操作,到空间精度为83.3 m的环渤海区域DEM。考虑到计算与统计的方便,再重采样到精度为100 m的环渤海区域DEM图<sup>[9]</sup>;

(2) 从中国国家基础地理信息中心下载获得中国1~5级水系和各级行政边界等GIS图层;

(3) 近10 a环渤海排污口、近海采样点的水质数据、水文水动力状况资料等调查与监测数据,主要通过文献查阅获得;

(4) 流域的畜禽养殖、人口、工业排污、化肥的使用情况由环渤海区域39个地市的统计年鉴(2008年)以及搜集网络资源获得;

(5) 环渤海研究区工业废水和生活污水排污总量由环渤海区域7省2市的统计年鉴(2008年)以及收集网络资源获得。

(6) 全国近岸生态分区和河口集水区的相关数据资料<sup>[10]</sup>,包括河口集水区(EDA)面积、流量、河口体积、河口水深、潮差、纳潮量、河口平均风力、平均水温、平均盐度、活性磷酸盐、叶绿素 $a$ 、无机氮、悬浮物、活性硅酸盐、水色和透明度在内的17个参数。

### 2.2 技术与方法

本研究采用GIS技术、数理统计方法、层次分析法(AHP)等手段开展了渤海近岸与海域分区研究。其中GIS在本研究中被应用于分区因子图的制作与空间叠加分析;AHP应用于渤海沿岸陆域单元的等级划分。

本研究对全国近岸生态分区和河口集水区的相关数据进行统计分析处理<sup>[10]</sup>。其中,K-S方法用以检验数据是否符合正态分布,并通过对数化处理使得数据变幅减小且均匀。进而对对数化处理后的数据进行标准化处理,消除量纲的不同,确保其均值为0,方差为1。

$$x' = \ln(x) \quad (1)$$

本研究采用层次聚类分析(hierarchical cluster analysis, HCA)对上述河口集水区的相关数据进行聚类。

综合应用以上方法与技术,本研究根据渤海近岸自然分异状况和社会经济与污染压力程度,从社会经济发展与环境可持续发展的角度出发,将环渤海沿岸13地市的综合环境压力指数按高到低划分为4种不同类型的区划单元,其中综合环境压力指数计算公式为:

$$S = \sum_{k=1}^N W_k \times C_k \quad (2)$$

其中: $S$ 为综合环境压力指数; $K=1 \cdots N$ 表示第 $k$ 个评价因子; $W_k$ 表示第 $k$ 个评价因子的权重; $C_k$ 表示第 $k$ 个评价因子的适宜性等级评分。

另外,本研究采用环境质量指数法进行渤海近岸以外海域分区结果的验证。其评价公式为:

$$P_i = C_i / S_i \quad (3)$$

式中: $P_i$ 为 $i$ 污染物的质量指数; $C_i$ 为 $i$ 污染物的实测值; $S_i$ 为 $i$ 污染物的标准值。

为了从宏观上了解整个渤海海域的各种污染物的综

合效应,利用下式求得多项污染物的综合质量指数:

$$Q = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n W_i P_i \quad (4)$$

式中:  $Q$  为综合质量指数;  $N$  为污染物项目数;  $W_i$  为污染权重;  $P_i$  为  $i$  污染物的质量指数。

考虑到评价标准本身已经包含了权重的意义,所以式给定的权重  $W_i$  皆为 1。

### 3 环渤海沿岸分区单元等级的划分

#### 3.1 层次分析模型的构建

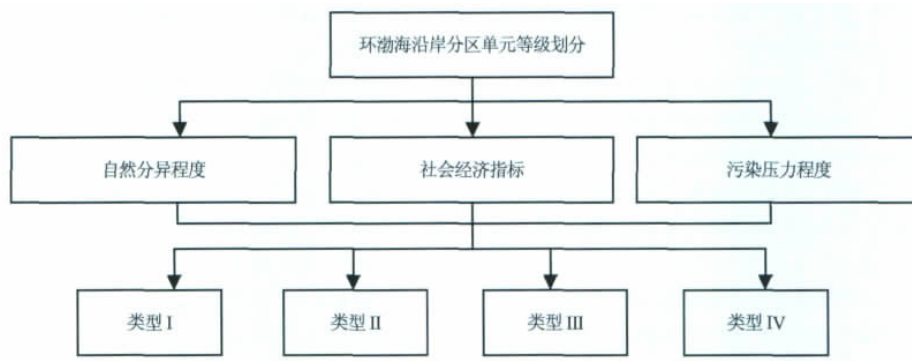


图 1 层次分析模型框架

Fig. 1 The framework of AHP

备注:其中,各分区因子生态适宜性得分评价中,得分越高代表生态适宜性越低,环境压力程度越大;本节研究中的层次分析模型结果四种类型分别代表,类型 IV 代表环境压力得分高,生态环境恶化;类型 III 代表环境压力较高;类型 II 则代表压力指数较低,环境状况尚好;类型 I 为环境压力低,环境状况良好。

岸地区主要入海河流河口集水区分布类型<sup>[10]</sup>作为评价因子。社会经济评价中,主要选择沿岸 13 地市 GDP 和人口总数等与之有较强相关性的指标进行表征。海域作为沿岸陆域污染源的“汇”,承受了来自于陆域点源和非点源污染两方面的排污压力,而不同的人类活动和使用功能又会受到海水水质的约束。故在考虑近岸海域污染压力程度时,主要选择点源和非点源污染负荷通量以及海水水质目标等指标作为评价因子。

本研究中根据 1-9 标度法<sup>[11-12]</sup>和以下原则判定 AHP 模型中各评价因子的重要程度,经过适当调整,确保 AHP 模型 CR 值小于 1。各分区因子重要性判定原则如下:

(1) 本研究选取社会经济活动指标中的地区生产总值和人口总数作为分区指标之一。城市的产业结构直接影响了城市陆源(点源及非点源)主要污染物的类型和排放总量。此外,人口总数直接影响了城市农村生活污水中 COD 的负荷通量。故在环渤海沿岸分区单元等级划分时,判定两者具有相同的重要性。

(2) 陆源非点源污染物负荷通量不仅与社会经济活动相关,也与当地自然条件密不可分。故判定陆源非点源污染物负荷通量在分区研究时优于表征社会经济状况的分区因子。

(3) 一般来说,陆源非点源污染对沿海海湾水质退化的贡献巨大,尤其是在点源污染问题得到有效控制之

本研究收集和整理了渤海沿岸地区(沿岸 13 地市,即大连、营口、盘锦、锦西、锦州、秦皇岛、唐山、天津、滨州、沧州、东营、烟台和潍坊)的自然分异状况、社会经济发展与污染压力程度资料,从社会经济发展与环境可持续发展的角度出发,构建层次分析模型(如图 1)以求得环渤海沿岸地区综合环境压力指数,并按照从高到低的顺序,将沿岸陆域分区单元划分为 4 种不同类型。

自然地域分异程度,用于评价研究区内各评价单元在自然地理环境各组成成分及其构成的自然综合体在地表的差异程度。根据环渤海地区特点,本研究中选择沿

后。故判定在环渤海沿岸单元分区时,陆源非点源污染负荷通量稍优于点源污染物负荷通量分区因子,且点源污染物负荷通量稍优于 GDP 和人口总数因子。

(4) 海洋作为陆地污染物的纳体,沿海水质易受陆域强烈影响。在进行分区时应考虑渤海海洋功能区划结果,将不同规划结果对应的水质要求纳入渤海沿岸分区体系中来。故本研究判定,海洋功能区划结果在分区时具有与陆源非点源污染物负荷通量相同的重要性,且稍优于点源污染源指标、优于 GDP 和人口总数两个指标。

(5) 作为各地区自然分异程度的主要河流河口集水区指标而言,其考虑包括河口体积、河口深度、潮差、EDA 面积、水温、盐度、悬浮物、活性磷、无机氮、活性硅酸盐等在内的 17 个参数类别,考虑因素全面,因此作为分区指标时稍优于陆源非点源污染物负荷通量和沿海海水水质目标,优于点源污染物负荷通量指标,甚优于 GDP 和人口总量。

综上所述,将环渤海地区沿岸分区因子分别赋予权重:GDP 和人口因子等于 0.07、非点源污染物负荷通量和海水水质目标因子为 0.02、EDAs 等于 0.33 和电源污染负荷通量为 0.12。

#### 3.2 渤海沿岸分区单元等级划分

本研究运用 GIS 技术,以行政单元作为分区单位对 3 类分区指标的 8 个分区因子进行 1~4 等级分类划分,并

结合各因子权重求得环渤海地区近岸陆域各地市的综合环境压力指数。其中,得分越高表征该因子环境适宜性越低,环境压力程度大,详见表 1:

表 1 各地市综合环境压力指数得分情况

Tab. 1 The comprehensive index regarding environmental pressure in the 13 coastal cities of Bohai Sea region

省/直辖市	城市	S
天津	天津市	3.84
辽宁	大连市	1.27
	营口市	1.39
	盘锦市	0.99
	葫芦岛市	1.46
山东	锦州市	2.65
	东营市	1.62
	潍坊市	2.11
	烟台市	1.60
	滨州市	2.65
河北	唐山市	2.39
	秦皇岛市	1.90
	沧州市	3.19

从表 1 可以看出,盘锦市综合环境压力程度最小,环境状况良好,这与该区经济社会活动和自然条件密不可分,将其归属于类型 I;烟台、东营、葫芦岛市、秦皇岛、营口和大连市的综合环境压力指数介于 1~2 之间,环境压力程度较小,环境状况尚好,归属于类型 II;而滨州、唐山、锦州和潍坊市的环境压力介于 2~3 之间,环境压力程度较大,生态环境受到破坏、水质恶化,归属于类型 III;而沧州市和天津市由于其相对发达的经济、人口条件造成入海污染物通量较大,社会经济的发展严重地影响了沿海地域的生态环境和水环境安全,综合环境压力程度均超过 3,归属于类型 IV。

### 4 渤海近岸海域评价单元划分

参考现有的 2011 年渤海海洋功能区水质规划结果可知,各分区区块的连续性较强,但与沿岸地市实际情况相比,出现部分地区海水水质要求过高的现象。例如,沧州市和潍坊市近岸海域水质受陆域影响较大,水质状况较差,而现有的功能区划结果将大部分近岸海域功能定义为农渔业区,要求其水质管理必须执行国家一类海水水质标准,功能区划要求明显偏高;另外,部分海域缺少一个合理的过渡区,如从四类水质直接过渡到一、二类水质等。总体来说,现有的渤海功能区规划水质管理要求尚存在不合理之处。故本研究拟采用现有的渤海海洋区划要求、水文动力状况和海洋开发规划等环境与社会信息资料,结合 GIS 技术对各分区要素进行加权。最终,将渤海近岸海域划分为多个分区评价单元,并确定各分区单元的主导功能,如图 2 所示。

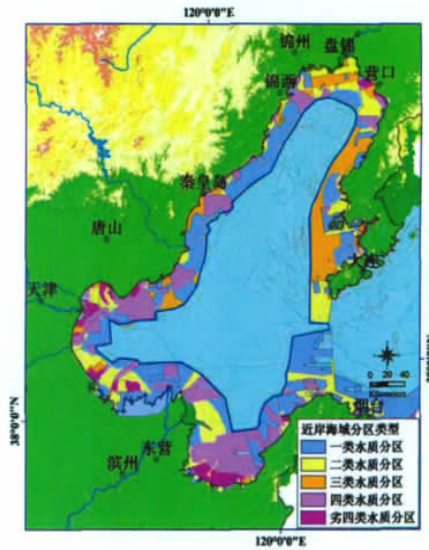


图 2 渤海近岸海域分区结果

Fig. 2 The eco-region pattern of coastal sea delineated in the Bohai Sea Region

从图 2 中可知,本研究所划分的渤海近岸海域分区较更好的优化了原功能区划的不合理之处,使得各海区具有较强的连续性并呈现了合理的过渡趋势。其中,第一类近岸海域分区,海水水质状况好,受到陆域排污压力小,可满足海洋渔业水域、海洋自然保护区和珍稀濒危海洋生物保护区等的水质要求;第二类海域分区,水质状况稍劣于第一类分区,水环境状况良好,受到的陆域排污压力较小,可用于水产养殖区、海水浴场,人体直接接触的海上运动或娱乐区,以及与人类食用直接有关的工业用水;第三类海域分区水质状况较差,受到沿岸陆域排污影响相对较大,适用于一般工业水区以及滨海风景旅游区,通过适当的改善即可提高海水质量;第四类海域分区类型,水质状况差,城市发展以第二产业为主导,判定其适用于海洋港口水域以及海洋开作业区;第五类分区水质以劣四类水质为主,水环境状况严峻,受到的陆域排污压力大,需要通过严格的总量控制和提高污水处理率来缓解水质压力。

### 5 渤海近岸以外海域分区划分

根据渤海地区近岸海域评价单元划分结果、渤海水文动力状况和典型生物敏感地带等相关资料,运用 GIS 技术对所获资料进行数字化处理,并对所得结果进行叠加分析对渤海近岸以外海域进行分区划分,最终确定出渤海各海域分区单元的主导功能和水环境状况。

#### 5.1 斑海豹繁殖区和洄游通道

典型生物斑海豹的敏感地带(产卵和洄游)主要集中在辽东湾和渤海中央海盆东北方向,具有较强的集中程度和大范围连续分布。因此,该生态敏感区可与辽东湾水文动力条件相结合,以作为划分辽东湾海域的主要依据。另外,由于生态敏感区在莱州湾和渤海湾仅零散分布,并

且渤海湾和莱州湾受到的陆域排污压力大,海域分区时需要结合海水水动力状况和近岸海域分区结果进一步分析。

### 5.2 渤海水动力状况

通过收集渤海海域相关的水动力数据,即渤海海域涨潮数据和落潮数据可知,渤海中央海盆无论在涨潮还是落潮时都存在一个明显的过渡带。此过渡带出现的位置相对稳定,是具有不同海水流向的两个海部的交汇,海水受到强烈的扰动,饵料丰富。另外,在辽东湾中部海区和莱州湾都出现了明显的海水交汇区域。就辽东湾而言,该交汇区海水扰动强烈,饵料丰富,成为典型生物的主要繁殖区和集中区。在本研究中,过渡带和海水交汇区域都是重要的参考依据。

作为半封闭海湾的莱州湾和渤海湾水动力弱,自净能力差。一方面,受到来自陆域的工业废水、生活污水以及畜禽养殖污水排放的影响;此外,受港口建设、填海造地、固废倾倒和海上养殖活动的影响,海域面积缩小,水动力条件改变,纳潮量迅速降低,自净能力削弱。若不控制,将危及港口和航运安全、破坏生态环境、影响海水养殖,进而制约整个湾区的经济发展。鉴于此,在对渤海湾和莱州湾海域分区时应侧重于近岸分区结果,严格控制无度开发海洋资源的现象,妥善处理好海洋开发与环境保护的关系,科学配置海洋资源,加强海洋环境监管力度。

### 5.3 渤海近岸以外海域分区

综合考虑渤海近岸海域分区结果、水动力状况以及敏感地带(产卵区、洄游通道)等各方面信息,最终模拟出渤海近岸以外海域分区结果,如图 3 所示。

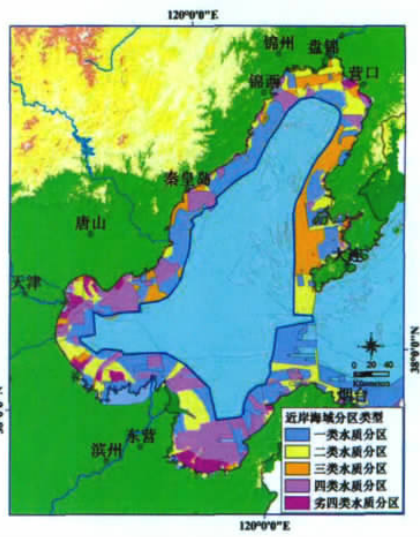


图 3 近岸以外海域分区

Fig. 3 The eco-region pattern for offshore the Bohai Sea delineated

从图 3 可以看出,本研究将渤海近岸以外海域划分为 7 个海区。其中, R1 靠近辽东湾区,是斑海豹主要的繁

殖区,饵料丰富,受陆源排污压力小,水质状况好,可以满足海洋渔业以及海洋自然保护区和珍稀濒危生物保护区的水质要求; R2 同样位于辽东湾海域内,是斑海豹的主要集中区,水质状况良好,但仍需严格控制陆域排污的影响; R3 海区是渤海海域中一个主要的海水交汇区,此处海水扰动剧烈,饵料丰富,水质状况良好,同时,它也是斑海豹的洄游通道; R4 海区属于渤海中央海盆范围内,由于距离陆域较远,因此受到的陆源排污压力小,水质状况好; R5 海区位于莱州湾区境内,水动力弱、自净能力差; R6 和 R7 均位于渤海湾区内,由于沿岸城市经济发达、人口众多,因此陆域工业废水、生活污水和畜禽养殖污水排放总量大,严重地影响了渤海湾水质, R7 受到陆域排污影响大于 R6 海区所受影响。

### 5.4 近岸以外海域分区结果验证

本节采用环境质量指数法和海水评价标准 GB 3097-1997 中提供的一类海水水质标准<sup>[13]</sup>,并结合现有的渤海近岸以外海域海水水质数据进行渤海近岸以外海域分区结果的验证。

本研究中通过 GIS 技术对渤海近岸以外海域水质数据进行差值处理,进而采用掩膜手段分别获得上述七个分区 3 项污染物的均值,即 DIN、COD 和活性磷酸盐。根据环境质量指数法和海水评价标准求得各区相应的环境质量指数,结果如表 2 所示:

表 2 渤海近岸以外海域各分区的环境质量指数

Tab. 2 The environment quality index for eco-regions offshore the Bohai Sea

海域分区	$P_{DIN}$	$P(PO_4^{3-})$	$P_{COD}$	$Q$
R1	2.08	1.44	0.00	1.18
R2	0.73	0.91	0.00	0.55
R3	0.60	0.90	0.01	0.50
R4	0.82	1.10	0.01	0.64
R5	1.71	0.91	0.00	0.87
R6	1.10	1.14	0.08	0.77
R7	1.81	1.43	0.04	1.09

从表 2 可知, R1 和 R7 海区的环境质量指数属于类型 III,受到轻度污染,水质较差; R2 ~ R6 海区属于类型 II,水质状况较好,海水较清洁。其中, R1 海区位于辽东湾,受到陆域排污压力较大,因此水质状况较差,与分区结果有所不同; R2 海区同样位于辽东湾,由于远离陆域污染源,因此水质状况相对 R1 而言有所改善; R3 海区和 R4 海区位于渤海中央海盆处,受到渤海沿岸陆域影响最弱,因此水质状况最好,环境质量指数较小; R5 海区位于莱州湾,虽然水动力弱、自净能力差,但海水水质尚清洁; R7 海区相对 R6 海区而言,其更靠近渤海湾陆域,因此受到的排污压力更大、水质状况更差。总之,通过环境质量指数法进行的验证结果表明,本研究中的渤海近岸以外海域分区结果较为合理。

## 6 结论

(1) 本研究将环渤海地区近岸陆域 13 地市划分为 4

种类型。其中, 盘锦市环境状况良好, 将其归属于类型 IV; 烟台、东营、葫芦岛市、营口和大连市, 归属于类型 III; 而滨州、锦州、唐山、秦皇岛和潍坊市归属于类型 II; 而沧州市和天津市归属于类型 I。

(2) 本研究优化了原有的海洋功能区划, 使得近岸海域水质目标和使用功能合理分配。将渤海近岸海域划分为 5 类分区评价单元, 并指出各类型分区单元的主导功能。

(3) 在近岸分区结果的基础上, 本研究进一步划分了渤海近岸以外海域, 并利用环境质量指数对所得结果进行验证, 对渤海生态系统的管理和生态环境资源的保护具有一定的参考价值。

#### 参考文献:

- [1] HUGHES R M, LARSEN D P. Ecoregions: An Approach to surface water protection [J]. Journal of the Water Pollution Control Federation, 1988, 60: 486-493.
- [2] OMEMIK J M. Ecoregions of the Conterminous United States [J]. Annals of the Association of American Geographers, 1987, 77 (1): 118-125.
- [3] FU B J, LIU G H, LV Y H, et al. Ecoregions and ecosystem management in China [J]. International Journal of Sustainable Development and World Ecology, 2004, 11(4): 397-409.
- [4] ENGLE V D, KURTZ J C, SMITH L M, et al. A classification of U. S. estuaries based on physical and hydrologic attributes [J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2007, 129: 397-412.
- [5] USEPA [United States Environmental Protection Agency]. Classification Framework for Coastal Systems, EPA/600/R-04/061. Research Triangle Park, NC, USA: U. S. [R]. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, National Health and Environmental Effects Laboratory, 2004.
- [6] HOBBI E J. Estuarine science: A synthetic approach to research and practice [C]// Executive summary. Washington, DC: Island, 2000.
- [7] KURTZ J C, DETENBECK N D, ENGLE V D, et al. Classifying coastal waters: current necessity and historical perspective. estuaries and coasts [C]. 2000, 29(1): 107-123.
- [8] 国家海洋环境监测中心. 渤海陆源非点源入海污染物总量监测与评价 [R]. 大连: 国家环境监测中心, 2010.
- [9] 黄玲, 黄金良. 基于地表校正和河道烧录方法的河网提取 [J]. 地球信息科学学报, 2012, 14(2): 171-177.
- [10] 黄金良, 李青生, 黄玲, 等. 中国主要入海河流河口集水区的初步划分与分类 [J]. 生态学报, 2012, 34(10): 3516-3527.
- [11] 赵剑强, 袁卫宁, 罗德春, 等. 层次分析法在公路环评中的应用探讨 [J]. 西安公路交通大学学报, 1999, 19: 9-11.
- [12] 陈慧敏, 仵彦卿. 乐清湾水污染物总量控制分配方法 [J]. 水资源保护, 2011, 27(3): 49-53.
- [13] GB 3097-1997 海水水质标准 [S].