

沿海滩涂生态化开发适宜性评价 及其在江苏大丰市的应用

李 雪,袁红明,叶思源*

(中国地质调查局滨海湿地生物地质重点实验室,青岛 266071;
国土资源部海洋油气资源和环境地质重点实验室,青岛 266071;
中国地质调查局青岛海洋地质研究所,青岛 266071)

摘 要:基于我国沿海滩涂生态化开发的需求,构建了沿海滩涂开发评价指标体系,建立了沿海滩涂生态化开发适宜性评价方法。基于压力—状态—响应模型,选取体现滩涂自然生态特征、滩涂开发环境影响特征、滩涂生态保护特征的指标,形成沿海滩涂生态化开发适宜性评价指标体系;运用德尔菲法确定各评价指标的权重,在评价指标量化与标准化处理的基础上,计算综合评价指数,从而确定滩涂生态化开发的适宜程度。以江苏盐城大丰市沿海滩涂为例,对其进行生态化开发适宜性评价,结果表明,在滩涂开发中生态保护措施有力的前提下适宜开发。

关键词:适宜性评价;沿海滩涂;生态化开发;大丰

中图分类号:P748 文献标识码:A DOI:10.16028/j.1009-2722.2016.02007

沿海滩涂作为海岸带的重要组成部分,地处海陆交接带并不断演变,是我国重要的后备土地资源,而且本身蕴藏着各种矿产、生物及其他海洋资源^[1]。沿海滩涂也是环境变化的敏感区和生态系统的脆弱带,容易受到人为的影响^[2]。由于长期以来忽视资源的综合利用和生态环境保护,我国沿海滩涂存在开发效益不高等问题,许多滩涂资源受到难以修复的破坏,滩涂开发与环境保护的矛盾日见突出^[3-6],严重制约着沿海滩涂的可持续发展。因此,需要合理开发利用滩涂资源,以

实现滩涂生态化开发和可持续发展。

滩涂生态化开发应立足现有经济、技术和资源环境条件,在保护自然生态环境原则下,不断提高人类生活质量和环境承载力,最终实现滩涂资源开发的可持续利用。这包含 2 方面的意义:①从数量上来讲,一定的滩涂上产生更多的经济效益;②尽量延长滩涂使用寿命,使利用不中断。滩涂资源生态化开发的可持续,不仅要关注利用的数量和速度,同时要重视利用质量与可持久性^[3]。

国外科学家在滨海湿地(包括潮滩)综合评价、生态修复评价等方面确定了一系列的评价指标^[7-9],但我国有关沿海滩涂生态化开发适宜性评价的研究相对较少,并且还没有一套全面的、操作性强的、体现生态化理念的用于评价沿海滩涂生态化开发的评价指标体系,使得在滩涂生态化开发适宜性评价过程中,存在生态化开发指标不明确或者在实际应用时缺少相关数据的问题,导致滩涂开发过程中相关部门在做出管理和决策时

收稿日期:2015-11-05

基金项目:沿海滩涂资源综合调查关键技术(2012BAC07B01-1)

作者简介:李 雪(1986—),女,博士,助理研究员,主要从事海岸带水文地质和环境地质方面的研究工作。E-mail:lixnicole@sina.com

* 通讯作者:叶思源(1963—),女,博士,研究员,博士生导师,主要从事水文地质与海岸带、湿地环境地质调查方面的研究工作。E-mail:siyuanye@hotmail.com

存在不确定性,专家或开发者不能有效的开发滩涂资源。

为科学评价我国沿海滩涂生态化开发适宜性,本研究在分析国内外滩涂开发评价指标体系的基础上,根据我国沿海滩涂的生态环境特点,建立了一套适用于沿海滩涂开发的评价技术并以江苏盐城大丰沿海滩涂为例,对其开发适宜性进行评价。该研究成果可以为各地区制定沿海滩涂开发和管理决策提供科学的技术指导,也可沿海滩涂开发者和相关科研人员提供参考依据,有助于保护沿海滩涂生态系统,实现沿海滩涂的可持续发展。

1 沿海滩涂生态化开发评价方法

在以往研究成果的基础上,结合常规资料,从中选取能全面、综合反映沿海滩涂开发状况的一系列指标,建立符合我国沿海滩涂生态化开发的评价指标体系,采用质量等级评分加权综合指数法^[10],对滩涂生态化开发进行综合评价。

1.1 评价指标体系建立

1.1.1 评价指标选取原则

结合前人研究^[10,11],适宜性评价指标选取的总原则主要有:

(1) 代表性原则

评价滩涂生态化开发适宜性评价指标需要从资源、环境、社会、经济等方面综合考虑,并具有良好的典型性和代表性。

(2) 定量与定性相结合原则

定量指标较精确且便于分级,但对于指标间相关性反映不足,为了做到评价的客观全面就必须采取定量与定性相结合的原则。

(3) 可操作性原则

评价指标要明确,容易获得,可充分利用一些常规监测项目。

(4) 导向性原则

滩涂开发受地质、水文、植被及其人为活动等多种因素的制约,要注意选择主导因子,它们的变化会直接影响滩涂的结构和功能。

(5) 差异性原则

滩涂开发要能够根据不同尺度、不同区域的

特殊环境和人类社会经济活动,有针对性地加入特定指标,反映评价项目差异性。

1.1.2 评价指标体系建立

滩涂开发适宜性评价指标体系选取压力—状态—响应的概念框架^[12],它是由 OECD 建立的描述人类和环境关系的模型(图 1)。在该模型基础上,并参考相关论文^[5,8,13,14],将我国沿海滩涂生态化开发评价指标分为 3 级:一级指标分为状态指标、压力指标和响应指标。各类一级指标又下分为二级指标,二级指标再下分为三级指标,见表 1。具体来讲,该指标体系包括以下几个方面。

(1) 状态指标

反映滩涂开发区自然生态特征,即用来衡量自然资源和生态环境状态,包括滩涂环境质量、地理区位敏感性和岸滩自身条件。滩涂环境质量用生物多样性、地表水环境等表征;地理区位敏感性用海域水质目标、周围敏感目标等表征;岸滩自身条件体现在自然岸滩稳定性和自然灾害严重性。

(2) 压力指标

反映滩涂开发的环境影响特征,即用来衡量滩涂开发对环境造成的压力(分直接压力和间接压力)。包括围垦工程、滩涂规划和其他压力因素。围垦工程对环境的影响通过起围高程和围涂面积表征,滩涂规划对环境的影响表现在滩涂主导功能、污水排放量、开发时间间隔上;其他包括不同开发模式可能产生的影响,包括开垦中化肥使用等。

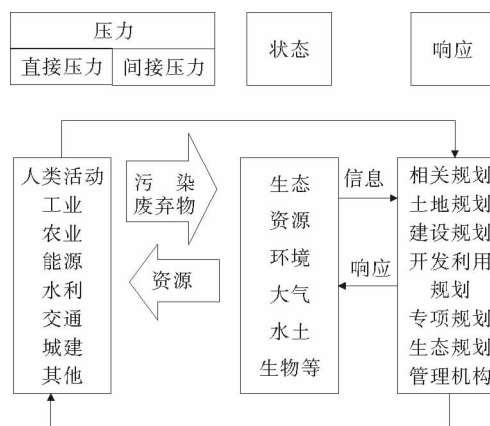


图 1 压力—状态—响应模式 (据文献[15])

Fig. 1 Pressure-State-Response model (from reference [15])

(3) 响应指标

响应生态保护特征,即用来衡量滩涂开发过程中人类对生态环境的保护。包括滩涂绿化、生

态补偿、滩涂生态规划和当地居民保护意识,用绿化率、恢复率、生态经济投入量等表征。

在建立上述指标体系后,再根据不同滩涂类型、不同开发尺度等筛选确定合适的指标,对滩涂生态化开发适宜性进行定性定量相结合的评价,评价项目是否满足可持续性发展,是否符合生态化开发的要求。

1.2 评价指标权重的确定

确定指标的权重(w_i)是完成综合评价体系结构,明确各指标在系统中重要性的最关键环节。指标越具重要性,其权重数值就越大;反之,则越小。通常,确定权重系数的方法主要有特尔菲法

(delphi)^[16,17]、层次分析法(AHP)^[18]、二项系数加权法^[19]、环比评分法^[20]等。

在各评价指标权重的确定上,考虑到没有现成相关数据供分析、参考,无法通过直接数值计算获得评价指标体系的权重,本次采用特尔菲法确定海岸带滩涂开发适宜性评价体系指标的权重。特尔菲法是美国兰德公司(Rand Corporation)在 20 世纪 40 年代末发明并推广使用的。也称专家法,即以匿名的方式通过多轮征询专家意见,综合汇总,在不断的反馈和修改中得到比较准确的结果的一种方法。它具有专家咨询的隐形性、信息沟通的反馈性、预测结果的统计性 3 大特征。经过计算,各评价指标的权重值如表 1 所示。

表 1 沿海滩涂生态化开发评价指标体系、指标权重及评价标准

Table 1 Suitability assessment indicator system, weights and evaluation standards

评价指标			权重	评价标准			
一级	二级	三级		A	B	C	D
状态指标 (自然生态指标)	滩涂环境质量	生物多样性指数	0.019 8	>3	2~3	1~2	<1
		生物生产力指标 ($t \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$)	0.019 8	>3	1.5~3	1~1.5	<1
		地表水环境	0.039 6	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	劣Ⅴ
		地下水环境	0.019 8	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
		海水环境	0.039 6	一类	二类	三类	四类
		土壤环境	0.049 5	一类	二类	三类	劣三类
		大气环境	0.009 9	二级	三级	四级	劣四级
	地理区位敏感性	海域水质目标	0.089 1	四类	三类	二类	一类
		岸段海洋功能	0.148 5	开发利用	保留区	治理保护	自然保护
		周围敏感目标	0.059 4	极少	较少	一般	较多
	岸滩自身条件	淤积速率/(m/a)	0.038 5	>12	8~12	4~8	<4
		台风及风暴潮次数	0.016 5	<3	3~6	6~9	>9
压力指标 (环境影响指标)	围垦工程	起围高程/m	0.050 0	1	0	-1	-2
		围涂面积/hm ²	0.050 0	<10	10~30	30~50	>50
	滩涂规划	滩涂主导功能	0.020 0	水产养殖	农业种植	港口建设	工业建设
		污水排放量/(万 m ³ /d)	0.050 0	<0.5	0.5~5	5~10	>10
		开发时间间隔/a	0.030 0	>20	10~15	5~10	<5
	其它压力因素	开发强度	0.015 0	小	较小	较大	大
		农药化肥施用量	0.010 0	少	较少	较多	多
		沿岸排污量	0.012 5	小	较小	较大	大
		外来物种引进可能性	0.012 5	无	少量	一般	较多
	滩涂绿化	绿化率/%	0.020 0	>18	12~18	6~12	<6
反应指标 (生态保护指标)	生态补偿	滩涂恢复率/%	0.040 0	>85	60~85	30~60	<30
		生态环境建设的经济投入量 占总投资的比例/%	0.040 0	>60	50~60	40~50	<40
	生态规划	滩涂内受保护面积比例/%	0.060 0	>15	10~15	5~10	<5
	当地居民保护意识	当地居民保护意识	0.040 0	强	较强	较薄弱	薄弱

1.3 评价标准及评价分值确定

评价体系中既有定性指标,也有定量指标,并且各指标量纲不一,因此,评价时必须对各指标进行标准化处理,即将评价指标按照属性或数量特征进行等级划分,并赋予合适的分值(F_i)。

本研究中将标准划分为 4 个等级:A、B、C、D,分别代表高度适宜、中度适宜、低度适宜、不适宜。参考国家制定和颁布的有关环境标准、行业规范与设计标准、相关的研究成果确定各指标等级标准,见表 1。当每个指标的评分分值属等级类的,分别以 100、75、50 和 25 分计;凡属数值类的,按内插法计分,从 0~100 分变化。

1.4 综合分值计算

根据评价指标的得分,结合因素权重利用综合指数评价方法计算综合分 T 。

$$T = \sum_{i=1}^n F_i w_i \quad (1)$$

式中: T 为滩涂生态化开发适宜性评价综合得分。

1.5 评价等级划分

综合分值越高,其开发适宜性越高;分值越低,其开发适宜性越低。本研究项目参考相关文献^[15],并结合滩涂区域实地调研分析的结果,提出滩涂生态化开发评价体系的分级标准(表 2),

表 2 海岸带滩涂生态化开发适宜性等级划分

Table 2 Classification of suitability

级别	高度适宜	中度适宜	低度适宜	不适宜
综合分值	$85 \leq T \leq 100$	$70 \leq T < 85$	$55 \leq T < 70$	$0 \leq T < 55$
状态	湿地生态功能恢复力及可持续发展能力很强	湿地生态功能恢复力较强,较快时间就能基本恢复湿地生态功能	湿地生态功能经过努力可恢复正常功能的 55%~70%,生态环境可持续发展能力较弱	目前湿地功能已经很弱,生态环境难以可持续发展

根据综合分值确定滩涂生态化开发是否适宜。当 $85 \leq T \leq 100$,为高度适宜;当 $70 \leq T < 85$,为中度适宜;当 $55 \leq T < 70$,为低度适宜;当 $0 \leq T < 55$,为不适宜。

2 实证研究

江苏盐城大丰市沿海滩涂属于典型的黄海淤泥质潮滩,是十分宝贵的滩涂资源,具有极其重要的经济、社会和生态价值。近几十年来,受经济利益及各项政策的驱动,滩涂的围垦速率越发加快,高强度的土地开发利用在促进沿海地区经济发展的同时也对沿海地区的生态环境产生了一定的影响。通过调查江苏盐城大丰市沿海滩涂的自然、社会和经济状况,实地进行采样分析和调查,并结合历史资料文献,利用前面所建立的滩涂开发适宜性评价指标体系与方法,对其生态化开发适宜性进行评价。

2.1 研究区概况

大丰市沿海滩涂地处江苏省东部、黄海之滨,其地理坐标为 $120^{\circ}35' - 120^{\circ}55'N, 33^{\circ}00' - 33^{\circ}20'E$ (图 2)。本区域地势平坦,海拔 $1 \sim 2 \text{ m}$ ^[21]。位于亚热带与暖湿带的过渡地带,季风交替形成干湿、冷暖多变的气候,四季分明,年平均气温 14.1°C ,年降水量 $1\,042.2 \text{ mm}$ 。属正规的半日潮,潮位北低南高,由于受海洋潮汐、波浪、风暴潮的动力作用,大量泥沙在海陆交界地带不断沉积,属于淤涨潮滩,并以 $50 \sim 200 \text{ m/a}$ 的速度向外淤涨,为大丰沿海经济发展提供了充分的空间支持^[22]。该区自然资源丰富,具有显著的生态和经济价值,包括丰富的海水资源、贝类资源、港口资源、天然动植物资源和风力资源,以及潜在的地下矿产资源、地热资源^[23]。

2.2 数据来源

采用现场调查、室内分析、文献调研相结合的

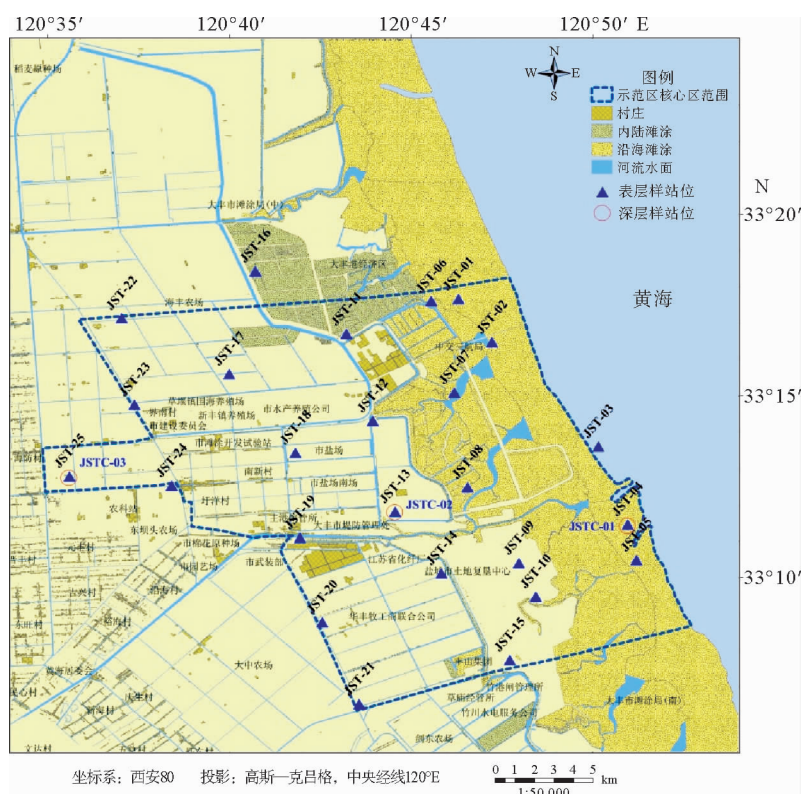


Fig. 2 Sampling sites of sediments in Dafeng coastal beaches

方式对大丰沿海滩涂资源开展综合调查,获取相关指标数据。于 2013 年 9 月在现场采集了沉积物样品 28 个、水样品(地表水、海水)13 个,具体采样点见图 2、3,同时在采样现场用手持式电导仪对水体进行了 pH 值、电导率(盐度)和温度的测定,2013 年 12 月,对所采样品进行了分析,沉积物样品测试项目包括粒度、元素(pH、Cu、Cr、Cd、Pb、Zn、Li、Co、Ni、Mo、W、U、Th、As、Hg、 Al_2O_3 、 TFe_2O_3 、MgO、CaO、 Na_2O 、 K_2O 、TC、orgC、N)和持久性有机污染物(POPs);水样品测试项目包括元素(Cu、Cr、Cd、Pb、Zn、Li、Co、Ni、Mo、W、U、Th、As、Hg、Al、Fe、Mg、Ca、Na、K)和 5 种营养盐(SiO_3^{2-} 、 PO_4^{3-} 、 NO_2^- 、 NH_4^+ 、 NO_3^-)。

2.3 大丰市沿海滩涂生态化开发适宜性评价

对大丰市沿海滩涂生态化开发适宜性进行区域性综合评价,将前文建立的评价指标体系中所有指标作为本次评价指标。

根据表 1 中的评价指标确定评价分值。大部分指标得分通过文献调研获得,包括生物多样性

指数、生物生产力指标、地下水环境质量、大气环境质量、海域水质目标、周围敏感目标、岸段海洋功能、淤积速率、台风及风暴潮次数、起围高程、围涂面积、滩涂主导功能、污水排放量、开发时间间隔、外来物种引进可能性、绿化率、滩涂恢复率、生态环境建设的经济投入量占总投资的比例、滩涂内受保护面积比例的分值。部分指标由于缺少相关数据,按最适宜即最高评价分值,包括开发强度、农药化肥施用量、沿岸排污和当地居民保护意识。部分指标得分通过本研究测试数据获得,包括地表水环境、海水环境、土壤环境。依据国家地表水环境质量标准(GB 3838—2002),地表水样品中水温、pH、Cu、Cr、Cd、Pb、Zn、As、Hg、 PO_4^{3-} 、 NO_2^- 、 NH_4^+ 、 NO_3^- 等测试项目都至少满足Ⅲ类标准,并结合《2014 年盐城市环境状况公报》中相关数据,综合确定地表水环境为Ⅲ类。依据国家海水水质标准(GB3097—1997),海水样品中 7 项重金属 As、Cd、Cr、Cu、Hg、Pb、Zn 的含量范围都满足一类标准,基本无污染,并结合《2014 年盐城市海洋环境质量公报》、《2014 年盐城市环境状况公

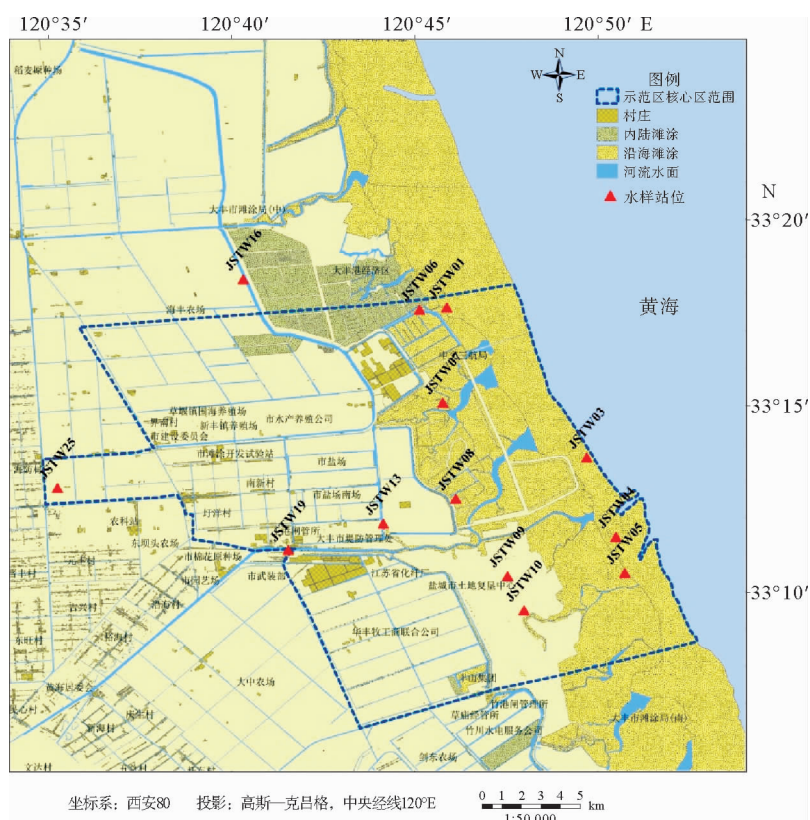


图3 江苏盐城大丰市水样调查站位

Fig. 3 Sampling sites of water in Dafeng coastal beaches

报》中相关数据,综合确定海水环境为一类。依据国家海洋沉积物质量标准(GB 18668—2002),在采集的 28 个沉积物样品中,有 25 个满足一类标准,因此,土壤环境确定为一类。经过上述分析,研究区各项指标得分值见表 3。

利用公式(1),在各指标权重和指标得分的基础上,计算综合得分为 76.858,根据表 2 判定属于中度适宜开发,大丰沿海滩涂生态功能恢复力较强,在开发过程中做好生态保护的前提下,较短时间内就能基本恢复生态功能。

3 结语

(1)在总结分析前人成果的基础上,根据我国沿海滩涂的特点,构建了一套沿海滩涂生态化开发适宜性评价指标体系,包括自然生态、环境影

响、生态保护 3 方面的指标。

(2)运用德尔菲法确定指标的权重,建立综合评价方法,并应用于大丰沿海滩涂,在各项措施得当的情况下,适宜开发,验证了该评价方法的可行性。该评价方法能够为政府有关管理部门、科研单位科学实施合理开发利用滩涂资源提供依据,具有科学和应用价值。

(3)在具体应用时,需要在本文构建的指标体系基础上,根据滩涂类型、开发尺度等进一步筛选出合适的指标;指标体系的评价标准采用分级评分,每一级可能是定性或者分值是一个范围,在确定指标体系的分级标准时需要根据实际情况适当调整,权重也会随着地区差异等有所不同;在确定评价分值时,需要详细调查自然、资源、社会经济条件等各方面,获取评价指标所要求的各项数据与资料,对于给出准确的评价分值非常重要。

表 3 大丰沿海滩涂生态化开发评价指标分值
Table 3 Scores of assessment indicators

序号	评价指标	权重	判别依据	分值 F_i
1	生物多样性指数	0.019 8	相关研究 ^[24,25]	10
2	生物生产力指标 $/(t \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1})$	0.019 8	相关研究 ^[24]	100
3	地表水环境	0.039 6	依据《2014 年盐城市环境状况公报》,结合本项目测试数据,确定为Ⅲ类	100
4	地下水环境	0.019 8	相关研究 ^[26]	50
5	海水环境	0.039 6	依据《2014 年盐城市海洋环境质量公报》、《2014 年盐城市环境状况公报》、项目测试数据,确定为一类	100
6	土壤环境	0.049 5	依据项目测试数据,确定为一类	100
7	大气环境	0.009 9	依据《2014 年盐城市环境状况公报》,确定为二级	100
8	海域水质目标	0.089 1	根据《盐城市城市总体规划(2003—2020)》,确定等级目标为二类	50
9	周围敏感目标	0.148 5	一般	50
10	岸段海洋功能	0.059 4	开发利用	100
11	淤积速率 $/(m/a)$	0.038 5	相关研究 ^[23] ,淤积较快	100
12	台风及风暴潮次数	0.016 5	依据气候特征	77
13	起围高程	0.050 0	根据沿海地形及开发现状,定为 0 m	75
14	围涂面积	0.050 0	据大丰市农业资源开发局数据	25
15	滩涂主导功能	0.020 0	相关研究 ^[27]	100
16	污水排放量	0.050 0	<0.5 万 m^3/d	100
17	开发时间间隔	0.030 0	>20 a	100
18	开发强度	0.015 0	小	100
19	农药化肥施用量	0.010 0	少	100
20	沿岸排污	0.012 5	较少	100
21	外来物种引进可能性	0.012 5	少量	75
22	绿化率	0.020 0	相关研究 ^[28]	100
23	滩涂恢复率	0.040 0	相关研究 ^[28]	60
24	生态环境建设的经济投入 量占总投资的比例/ $\%$	0.040 0	70 $\%$	75
25	滩涂内受保护面积比例	0.060 0	岸段保护占总面积 40 $\%$ ^[29] , $>15\%$	100
26	当地居民保护意识	0.040 0	强	100

参考文献:

[1] 王资生,阮成江. 盐城滩涂生态系统及可持续利用[J]. 海洋科学, 2001, 25(7): 15-18.

[2] 凌 申. 江苏沿海滩涂开发生态化的思考[J]. 海洋开发与管理, 2006, 23(5): 177-179.

[3] Tian W, Bai J, Sun H, et al. Application of the analytic hierarchy process to a sustainability assessment of coastal beach exploitation: a case study of the wind power projects on the coastal beaches of Yancheng, China[J]. Journal of environmental management, 2013(115): 251-256.

[4] 彭 勇. 滩涂开发利用与可持续发展研究[J]. 水利科技与经济, 2006, 12(5): 333-334.

[5] 孙江城,赵兴文. 常用环境质量综合指数法的评述和适用性比较[J]. 中国公共卫生, 1996, 12(7): 318-319.

[6] 任美镠. 中国滩涂开发利用的现状与对策[J]. 中国科学院院刊, 1996(6): 440-443.

[7] Pourebrahim S, Hadipour M, Mokhtar M B. Integration of

- spatial suitability analysis for land use planning in coastal areas; case of Kuala Langat District, Selangor, Malaysia[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2011,101(1):84-97.
- [8] Bowen R E, Riley C. Socio-economic indicators and integrated coastal management[J]. *Ocean & Coastal Management*, 2003,46(3):299-312.
- [9] Matthews J W, Spyreas G, Endress A G. Trajectories of vegetation-based indicators used to assess wetland restoration progress[J]. *Ecological Applications*, 2009,19(8):2093-2107.
- [10] 何书金. 中国典型地区沿海滩涂资源开发[M]. 北京:科学出版社, 2005.
- [11] 俞小明, 石 纯, 陈春来, 等. 河口滨海湿地评价指标体系研究[J]. *国土与自然资源研究*, 2006(2):42-44.
- [12] Oecd. OECD Core Set of Indicators for Environmental Performance Reviews[M]. Paris: Organisation for Economic Cooperation and Development, 1993.
- [13] 金周益, 唐建军, 陈 欣, 等. 滩涂围垦的生态评价——以浙江省上虞市浙海滩涂围垦为例[J]. *科技通报*, 2008, 24(6):806-809.
- [14] 郭志阳, 朱 亮, 朱 彧, 等. 滩涂生态围垦评价体系研究[J]. *长江科学院院报*, 2015,32(4):18-21.
- [15] 李杨帆, 刘青松. 湿地与湿地保护[M]. 北京:中国环境科学出版社, 2003.
- [16] 俞诚士. 特尔菲法简介[J]. *安徽体育科技资料*, 1984,2:40-41.
- [17] 任世华, 姚 飞, 俞珠峰. 洁净煤技术评价指标体系权重确定[J]. *洁净煤技术*, 2005,11(1):9-12.
- [18] 郭金玉, 张忠彬, 孙庆云. 层次分析法的研究与应用[J]. *中国安全科学学报*, 2008,18(5):148-153.
- [19] 程明熙. 处理多目标决策问题的二项系数加权法和法[J]. *系统工程理论与实践*, 1983,3(4):23-26.
- [20] 杨 虹, 万忠伦. 价值工程中确定功能权重的方法[J]. *西华大学学报:自然科学版*, 2005,24(2):77-79.
- [21] 孙 玲, 朱泽生, 刘 羽, 等. 大丰市滩涂生态系统服务价值评估[J]. *农村生态环境*, 2004,20(3):10-14.
- [22] 顾进伟, 钱 谊, 黄 辉. 大丰市滩涂开发驱动因素分析及滩涂可持续利用[J]. *中国科技投资*, 2013(A19):345-346.
- [23] 杨宽寸, 陈 玲, 夏孚宜, 等. 大丰县沿海滩涂农业资源综合开发现状及其对策研究[J]. *农业环境与发展*, 2004, 12(3):32-35.
- [24] 彭 建, 王仰麟. 我国沿海滩涂景观生态初步研究[J]. *地理研究*, 2000,19(3):249-256.
- [25] 彭 建, 王仰麟, 景 娟, 等. 中国东部沿海滩涂资源不同空间尺度下的生态开发模式[J]. *地理科学进展*, 2003, 22(5):515-523.
- [26] 顾 锋. 盐城市水资源状况及其问题[J]. *水文*, 2003(2):53-55.
- [27] 张晨岭, 陈建琴, 丁 栋, 等. 盐城沿海滩涂自然保护区底栖生物多样性分析[J]. *江苏教育学院学报:自然科学版*, 2007(3):5-9.
- [28] 余晓韵. 盐城自然保护区湿地大型底栖动物群落研究[D]. 南京:南京林业大学, 2010.
- [29] 吴晓云, 朱翔宇, 王 瑞. 探讨大丰市滩涂湿地生态养殖的可持续发展[J]. *科技风*, 2012(23):273-274.

SUITABILITY ASSESSMENT OF COASTAL BEACH FOR ECOLOGICAL EXPLOITATION: A CASE STUDY IN DAFENG, JIANGSU

LI Xue, YUAN Hongming, YE Siyuan*

(Key Laboratory of Coastal Wetland Biogeosciences, China Geological Survey, Qingdao 266071, China;
Key Laboratory of Marine Hydrocarbon Resources and Environmental Geology, Ministry of Land and Resources,
Qingdao 266071, China; Qingdao Institute of Marine Geology, China Geological Survey, Qingdao 266071, China)

Abstract: This paper presents a complete suitability assessment indicator system and the method for assessment of coastal beach exploitation urgently needed in the coastal beaches in China. The assessment framework is developed upon the basis of pressure-state-response model consisting of the indicators of natural and ecological resources occurred with coastal beaches, environmental impacts and ecological protection. Then the weight of each indicator is defined using the Delphi method and the general index, or the suitability, is calculated after the data processing. The coastal beach of Dafeng in Yancheng, Jiangsu province is selected as a case. The results indicate that the ecological exploitation of coastal beach in Dafeng is moderate in terms of suitability if the ecological protection is effective.

Key words: suitability assessment; coastal beach; ecological exploitation; Dafeng City