
围填海对南通淤泥质海岸资源影响的 综合评价研究

陈玮彤¹, 张东^{1,2*}, 刘鑫¹, 韩飞¹

(1. 南京师范大学地理科学学院, 江苏 南京 210023;

2. 江苏省地理信息资源开发与利用协同创新中心, 江苏 南京 210023)

【摘要】在系统分析淤泥质海岸围填海开发活动对海岸带资源影响的基础上, 重点考虑岸滩冲淤变化特性、岸滩资源利用现状、利用潜力以及泥沙淤积对港口航道造成的资源损失, 通过成本型、效益型两大类共 16 个指标, 构建了适合淤泥质海岸资源状况评价的压力-状态-响应 (PSR) 模型, 实现了围填海开发活动对海岸带资源影响的综合评估。利用该模型计算了江苏省南通市沿海的围填海活动对海岸带资源影响的评价系数, 计算结果为 0.5%, 表明南通当前的围填海开发活动已经对当地的海岸带资源造成了较大影响, 在今后的沿海开发过程中, 需要注重海岸带资源的节约与保护。

【关键词】淤泥质海岸; PSR 模型; 围填海; 海岸带资源; 评价体系

【中图分类号】 P748

【文献标识码】 A

【文章编号】 1004-8227 (2016) 01-0048-07

DOI: 10.11870/cjlyzyyhj201601006

20 世纪以来, 由于人口的增长和工业化进程的加快, 经济发展与土地资源短缺的矛盾日益凸显。江苏具有丰富的滩涂资源, 为缓解用地需求, 积极开展围海和填海造地^[1,2]。南通市作为江苏省沿海重要的经济发展区块, 围填海开发是增加土地资源的重要途径。围填海开发占用和缩减了岸线资源, 改变了海洋系统的生态平衡, 引起潮流运动的变化, 使得海水运动削弱, 挟沙

收稿日期: 2015-05-11 ; **修回日期:** 2015-12-28

基金项目: 国家海洋局海域管理技术重点实验室开放基金项目 (201406) [State Oceanic Administration Key Laboratory of Marine Management Technology open Fund Project (201406)]; 国家自然科学基金项目 (41401371) National Natural Science Foundation Of China (41401371)]; 江苏高校优势学科建设工程资助项目 (164320H116) [A Project Funded by the Priority Academic Program Development of Jiangsu Higher Education Institutions (164320H116)]

作者简介: 陈玮彤 (1992-), 男, 硕士研究生, 主要从事海岸带资源开发利用研究. E-mail : chenweitong_em@163.com

*** 通讯作者** E-mail: zhangdong@ nju.edu.cn

能力下降，港口航道内淤积加重。大面积沿海湿地被占用，严重威胁了生态系统的多样性^[3,4]。近年来，围填海开发活动的负面影响开始逐渐凸显。

我国对围填海造成的海岸带资源环境损失评估起步较晚，目前处于不断发展和完善中，主要的研究包括围填海开发活动对海岸带资源的影响^[5-7]、海岸带资源潜力评价、围填海适宜性分析^[8]等方面。评价范围从最早的仅限于评价单个围填海项目到评价大面积的围填海区域^[9]，评价方法也日趋多样，主要有 PSR（Pressure-State-Response）模型^[10-12]和层次分析法（AHP）等^[13]，评价角度也由定性评价向更为准确的定量评价发展^[14]。在众多评价方法中，PSR 模型在海岛、河口、港湾海岸等地区的资源评价中得到较为广泛的应用，但在淤泥质平原海岸应用较少。淤泥质海岸的特点是水动力条件复杂，潮沟摆动频繁，岸滩冲淤变化大，岸滩空间资源分布不均。针对淤泥质海岸的冲淤变化特性，本文选择江苏省南通市沿海为典型研究区，重点分析围填海活动对海岸资源的影响，在 PSR 模型的框架下筛选具有典型代表意义的指标，设计了符合淤泥质海岸资源状况评价的指标体系，反映围填海开发对海洋资源的影响。该评价指标体系可为我国淤泥质海岸围填海开发活动的计划管理和科学评估提供技术与方法支撑。

1 研究区概况

南通沿海地区地处中国大陆海岸线的中部，位于长江三角洲江海交汇点北侧，东临黄海，南濒长江，是我国沿江、沿海生产力布局主轴线的交汇点。南通近岸潮间带宽阔平缓，滩涂资源丰富。据江苏“908”专项近海海洋综合调查与评价统计数据，南通市拥有海岸线 210.4 km，潮间带滩涂平均宽度 3-11 km，连陆滩涂 207.25 万 hm²，其中淤长型滩涂岸段 176 km，分布在老坝港与东灶港之间，每年平均向海延伸淤长 10-200m；东灶港与蒿枝港之间的吕四近岸为轻微侵蚀岸段，蒿枝港与连兴港之间为稳定岸段^[15,16]（图 1）。研究区目前自北向南分布有 8 个建设用海、2 个滩涂养殖用海共计 10 个重点围填海工程，约占江苏省重点工程用海数的 1 / 2。

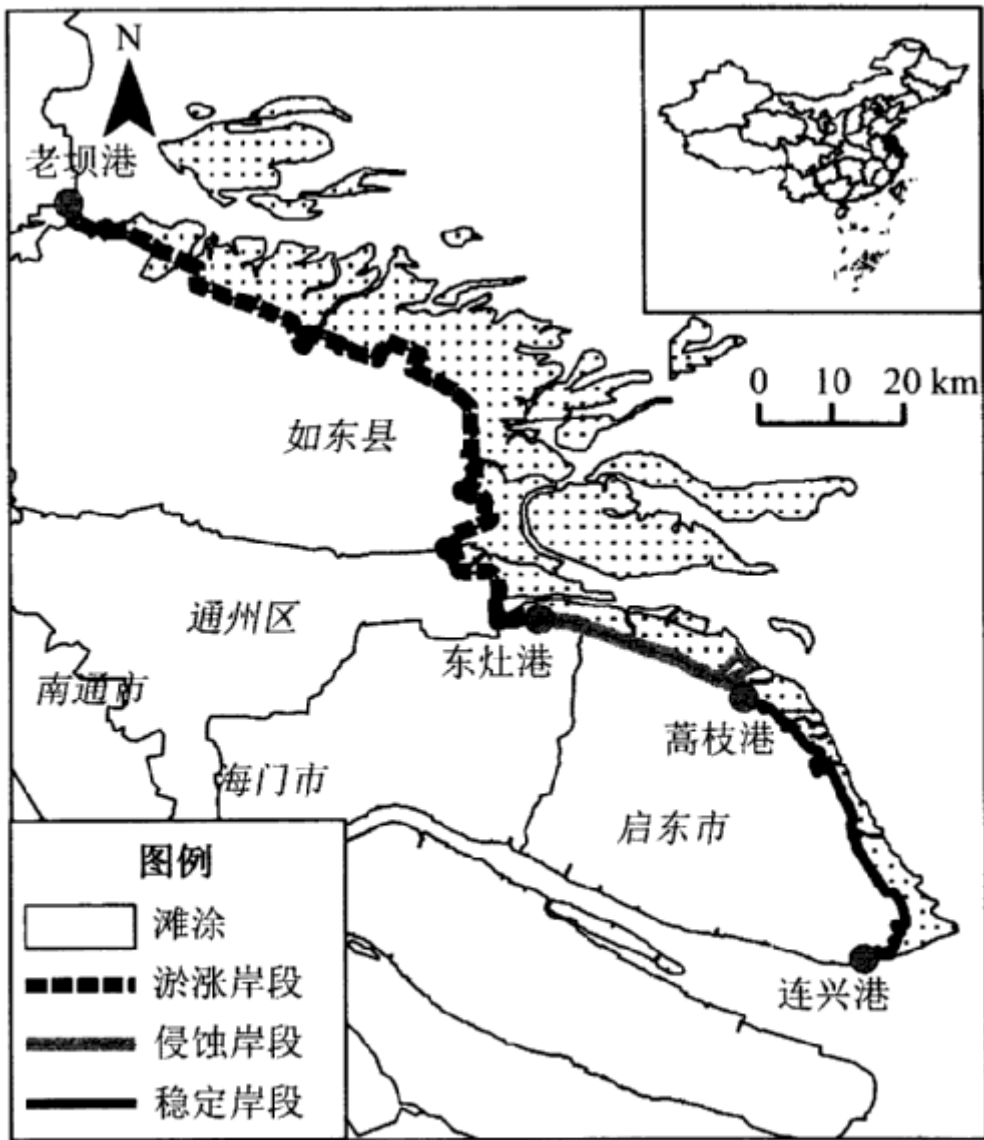


图 1 研究区示意图

Fig.1 Sketch Map of the Study Area

2 研究方法

2.1 PSR 模型理论

PSR 模型是研究人类活动与自然资源环境之间的影响与反馈的重要方法^[17]。本文针对淤泥质平原海岸构建 PSR 模型如图 2 所示。

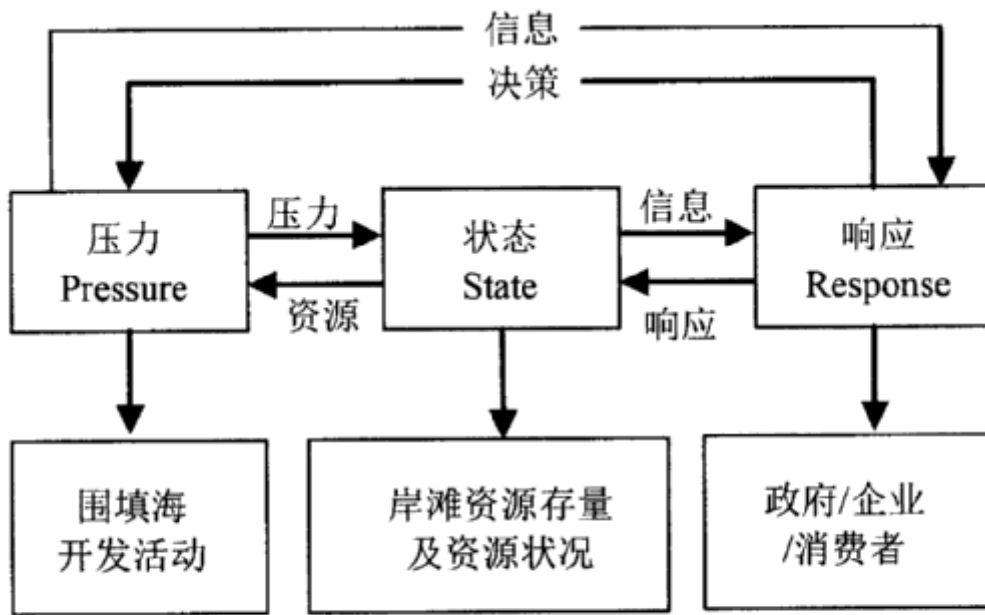


图 2 淤泥质海岸资源评价的PSR模型

Fig.2 PSR Model Structure for Resource Evaluation in Muddy Coastal Area

2. 2 模型评价指标体系

PSR 模型本身是一个用于研究环境问题的框架体系，该框架构建的关键在于确定模型中压力 P、状态 s 和响应 R 所对应的评价指标体系^[18]。在构建南通淤泥质海岸围填海开发活动对海岸带资源影响的评价指标体系过程中，结合以往研究经验，压力指标对海岸带资源的影响表现在经济损失、资源破坏和生态受损 3 个方面；状态指标的选取重点分析海岸带资源已利用和未利用现状；响应指标主要考虑海岸带资源开发的资金投入与保护措施状况。

PSR 模型具体选取的评价指标见表 1 所示。状态因子中，由于南通海岸滩涂资源空间分布存在不均匀性，并且淤长岸段和侵蚀岸段的冲淤速率不一，因此在指标选取过程中，区分评价侵蚀岸段与淤长岸段的岸线利用状况和围填海域潜力面积，使 PSR 模型的指标体系能够更加精确地描述淤泥质海岸在围填海开发活动压力下的状态变化与响应特征。筛选的 16 个指标被分为效益型和成本型两大类，分别代表有利于和不利于海岸带资源利用的指标类型。

表 1 围填海开发对海岸带资源影响的PSR模型评价指标体系

Tab.1 Assessment Indices System of the Impact on Coastal Zone Resources Caused by Reclamation for PSR Model

目标层A	准则层B	评价指标C	指标类型
南通淤泥质海岸围填海开发活动对海岸带资源的影响	压力指标B1	浅海滩涂土地资源损失价值P1	成本型
		海洋渔业资源损失价值P2	成本型
		海洋旅游资源损失价值P3	成本型
		港口航道资源损失价值P4	成本型
		珍稀物种保护区科研损失价值P5	成本型
	状态指标B2	侵蚀岸段未利用岸线比例P6	效益型
		淤长岸段未利用岸线比例P7	效益型
		侵蚀岸段未围填海域潜力空间比例P8	效益型
		淤长岸段未围填海域潜力空间比例P9	效益型
	响应指标B3	浅海滩涂开发率P10	效益型
		浮游生物均匀度P11	效益型
		底栖生物均匀度P12	效益型
		增加土地资源效益P13	效益型
		海洋保护区空间比例P14	效益型
		环保设施建设投资金额P15	效益型
		维持生物多样性投资金额P16	效益型

2. 3 评价指标计算方法

PSR 模型评价指标体系中的主要评价指标计算方法如下：

(1) 浅海滩涂土地资源损失价值 P1

采用收益还原法进行浅海滩涂土地资源的损失价值评估，计算公式为^[11]：

$$P1 = \frac{R - (1 + i) \times I - T}{S_c \times i} S \quad (1)$$

式中：P1 表示滩涂资源的损失价值（万元/a）；R 表示在该滩涂上海洋产业开发的年总收入（万元/a）；i 表示还原利率；I 表示产业的年生产成本（万元/a）；T 表示税率（万元/a）；S_c 表示产业开发面积（hm²）；S 表示滩涂围填面积（hm²）。

(2) 海洋渔业资源损失价值 P2

渔业资源主要是通过市场交易来实现价值，因此渔业资源的损失价值采用市场价格法进行计算，计算公式如下^[11]：

$$P2 = \sum_{i=1}^n S_i \times C_i \times Y_i \times 0.1 - \sum_{i=1}^n W_i \quad (2)$$

式中：P2 为渔业资源价值损失（万元/a）； S_i 为第 i 类渔业资源养殖面积（hm²/a）； C_i 为第 i 类渔业资源的市场单价（元/kg）； Y_i 为第 i 类渔业资源的单位面积产量（t/hm）； W_i 为生产第 i 类产品的成本投入（万元/a）；n 为渔业资源类型数。

（3）海洋旅游资源损失价值 P3

采用市场价值法对旅游资源损失价值进行评估^[19]，评估模型为：

$$P3 = \sum_{i=1}^n (R_i \times T_i + M_i + H_i \times S_i) \quad (3)$$

式中：P3 表示因围填海开发活动所造成的旅游资源损失价值； R_i 表示某景点的日均纯收入； T_i 表示景点停业或关闭的天数； M_i 表示恢复某景点正常营业的投资成本费用； H_i 表示某景点单位面积海域使用权收益； S_i 表示某景点因围填海开发所造成的受损面积；n 为选取景点个数。

（4）港口航道资源损失价值 P4 已有的研究表明，围填海开发会改变海洋水动力条件，造成潮流运动减弱，水流挟沙能力下降，泥沙淤积加重，使港口航道功能受到损失。将清除因围填海导致的泥沙淤积增量的花费作为港口航道的价值损失，计算公式为：

$$P4 = C_1 \times S_1 \quad (4)$$

式中：P4 表示因围填海开发造成的港口航道损失价值（万元/a）； C_1 表示因围填海所造成的泥沙淤积量（m³/a）； S_1 表示为清淤费用（万元/m³）。泥沙淤积量 C_1 计算公式为[20]：

$$C_1 = \frac{\omega S t}{\gamma_0} \left\{ K_1 \left[1 - \left(\frac{d_1}{d_2} \right)^3 \right] \sin \theta + K_2 \left[1 - \frac{d_1}{2d_2} \left(1 + \frac{d_1}{d_2} \right) \right] \cos \theta \right\} \quad (5)$$

其中，表层淤积物的干重度计算公式为：

$$\gamma_0 = \frac{2}{3} \gamma_s \left[\frac{D}{D_0} \right]^{0.183} \quad (6)$$

式中： ω 为淤泥质泥沙的絮凝沉速，取 $\omega = 0.0004 - 0.0005 \text{ m/s}$ ； S 为水体平均含沙量 (kg/m^3)； t 淤积历时 (s)； K_1 、 K_2 分别为航道横流和顺流淤积系数 (取 $K_1 = 0.35$ ， $K_2 = 0.13$)； d_1 、 d_2 分别为浅滩平均水深和航道开挖水深 (m)； θ 为航道走向与平均潮流流向的夹角 ($^\circ$)； γ_s 为泥沙颗粒重度 (kg/m^3)； D 为淤泥质泥沙的代表粒径 (mm)； D_0 为泥沙标准粒径，取为 1.0mm。

(5) 珍稀物种保护区科研损失价值 P5

珍稀物种资源一般通过划定的保护区进行保护。由于围填海开发活动破坏了海洋生物栖息环境，影响了珍稀物种的保护，因此珍稀物种资源的科研损失计算公式为：

$$P5 = C_2 \times S_2 \quad (7)$$

式中： $P5$ 表示珍稀物种的损失价值 (万元/a)； C_2 表示单位面积珍稀物种的价值 (万元/ m^2)，其数值通过参考国内外关于物种保护的相关文献资料获得； S_2 表示围填海所占用或影响珍稀物种保护区的面积 (km^2)。

(6) 未利用岸线比例 P6、P7

以江苏“908”专项调查获取的实测岸线为基准岸线，围填海工程占用的岸线为利用岸线，可计算得到未利用岸线比例。由于淤泥质海岸岸滩的侵蚀和淤长会引起岸线长度的改变，因此需要将岸段分为侵蚀岸段和淤长岸段分别计算。以侵蚀岸段为例，未利用岸线比例计算公式为：

$$P6 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^m l_i}{\sum_{i=1}^n L_i} \quad (8)$$

式中：P6 为侵蚀岸段未利用岸线比例（%）； l_i 为侵蚀岸段围填海工程占用的岸线长度（m）；m 为围填海工程数； L_i 为侵蚀岸段的分段岸线长度（m）；n 为侵蚀岸段的分段数。淤长岸段未利用岸线比例 P7 的计算与 P6 同理。

（7）未围填海域潜力空间比例 P8、P9

由于淤泥质海岸的冲淤变化会引起岸滩面积的改变，因此未围填海域的潜力计算也需要把侵蚀岸段和淤长岸段分别计算。以最大围填规模控制线^[16]和基准岸线所围区域面积作为海域可围填的最大面积，侵蚀岸段未围填海域潜力空间比例计算公式为：

$$P8 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^m a_i}{\sum_{i=1}^n S_i} \quad (9)$$

式中：P8 为侵蚀岸段未围填海域潜力空间比例（%）； a_i 表示侵蚀岸段所在海域的围填海区域总面积（ hm^2 ）；m 为围填海工程数； S_i 表示侵蚀岸段分段的最大可围海域面积（ hm^2 ）；n 为侵蚀岸段的分段数。淤长岸段未围填海域潜力空间比例 P9 的计算与 P8 同理。

（8）浮游生物均匀度 P11、底栖生物均匀度 P12

根据 Shannon-wiener 多样性指数计算公式和 Pielous 计算公式，浮游生物均匀度的计算公式如下^[21-23]：

$$H = - \sum_{i=1}^S \left(\frac{n_i}{N} \right) \log_2 \left(\frac{n_i}{N} \right) \quad (11)$$

$$P11 = \frac{H}{\log_2 S} \quad (12)$$

式中：H 表示生物多样性指数；P11 表示浮游生物均匀度指数； n_i 是第 i 个物种的个体数；N 是全部物种的个体数；S 为总种数。底栖生物均匀度指数 P12 的计算与 P11 同理。

（9）增加土地资源效益 P13

增加的土地资源效益计算模型为：

$$P13 = S \times \sum_{i=1}^n A_i \quad (13)$$

式中：P13 表示增加的土地资源效益（万元/ a）； A_i 表示第 i 种产业单位土地面积的净利润（万元/（a· km^2 ））；表示围填海面积（ km^2 ）。

2. 4 综合影响评价方法

由于不同指标之间的量纲存在差异，为了使其具有可比性，首先采用极差标准化方法，将各评价指标进行标准化处理，转换成 0-1 之间的评价指数^[11]；并按照各个指标的自身属性及指标之间的内在联系，运用层次分析法（AHP）确定指标权重^[11, 24]；然后利用综合指数法，计算得到围填海活动对海岸带资源综合影响的评价量化得分。评价得分计算公式为：

$$I = \sum_{i=1}^n A_i \times U_i \quad (14)$$

式中：I 表示围填海开发活动对海岸带资源影响程度的量化得分； A_i 为各大类评价指标的权重， U_i 为各大类评价指标标准值，分别由该大类对应的小类评价指标计算而得。

围填海开发活动对海洋资源影响评价标准分为 4 个等级，如表 2 所示^[24, 25]。根据计算得到的海岸带资源影响综合得分，参照表 2 给出的评分区间，可以确定当前围填海活动对海岸带资源的影响程度。

表 2 围填海对海岸带资源的评价标准

Tab.2 Evaluation Criterion of the Impact on Coastal Resources Caused by Reclamation

得分	0.1-0.5	0.5-0.6	0.6-0.8	0.8-1
指标意义	影响很大，应禁止围填海开发活动	影响较大，应慎重进行围填海开发活动，需进一步评价	影响较小，可以适度进行围填海开发活动	影响很小，可以进行围填海开发活动

3 评价过程

3. 1 数据收集

建立 PSR 模型的基础数据主要来自于江苏“908”专项近海海洋综合调查与评价资料、社会经济统计数据及遥感影像提取的地理数据，具体如表 3 所示：

表 3 评价指标数据来源

Tab.3 Data Source of Evaluation Index

数据来源	相关数据
江苏“908” 专项调查成 果数据	海洋渔业资源数据、海洋生物资源数据、港口航道 资源数据、基准岸线数据、浅海滩涂开发相关数 据、岸线冲淤速率、围填控制线
社会经济统 计数据	海洋旅游业统计数据、资源保护区相关数据、环保 投入金额、海洋功能区划
Landsat- ETM+影像	围填海面积、围填海占用岸线长度

3. 2 评价指标量化计算

利用收集得到的评价指标数据，计算各评价指标值，并进行标准化处理，计算得南通围填海

开发对海岸带资源影响评价指标体系的量化结果如表 4 所示。

表 4 南通围填海开发对海岸带资源影响评价指标体系量化结果

Tab.4 Index Quantitative Values of the Impact on Coastal Zone Resources Caused by Reclamation in Nantong

目标层A	准则层B	评价指标C	原始值	标准值
海岸带资源 影响程度	压力B1	浅海滩涂土地资源损失价值P1	168 436.84 (万元/a)	0
		海洋渔业资源损失价值P2	8 216.03 (万元/a)	0.95
		海洋旅游资源损失价值P3	6 129.55 (万元/a)	0.96
		港口航道资源损失价值P4	26.56 (万元/a)	1
		珍稀物种保护区科研损失价值P5	960.73 (万元/a)	0.99
	状态B2	侵蚀岸段未利用岸线比例P6	10.57%	0
		淤长岸段未利用岸线比例P7	22.53%	0.152
		侵蚀岸段未围填海域潜力空间比例P8	85.62%	0.956
		淤长岸段未围填海域潜力空间比例P9	89.06%	1
		浅海滩涂开发率P10	68.25%	0.735
		浮游生物均匀度P11	0.7530	0.825
		底栖生物均匀度P12	0.8300	0.923
	响应B3	增加土地资源效益P13	103 726.71 (万元/a)	1
		海洋保护区空间比例P14	1.20%	0
		环保设施建设投资金额P15	10 225.55 (万元/a)	0.099
		维持生物多样性投资金额P16	400 (万元/a)	0.004

3. 3 评价指标权重计算

运用 AHP 层次分析法对各项指标的标准化数据进行计算，得到南通围填海开发对海岸带资源影响评价指标体系的权重分配如表 5 所示。

表 5 南通围填海开发对海岸带资源影响评价指标体系的权重值分配表

Tab.5 Index Weight of the Impact on Coastal Zone Resources Caused by Reclamation in Nantong

目标层A	准则层B	大类权重	指标层C	小类权重
海岸带资源 影响程度	压力子系统	0.49	浅海滩涂土地资源损失价值P1	0.170 81
			海洋渔业资源损失价值P2	0.148 70
			海洋旅游资源损失价值P3	0.258 90
			港口航道资源损失价值P4	0.225 38
			珍稀物种保护区科研损失价值P5	0.196 21
	状态子系统	0.312	侵蚀岸段未利用岸线比例P6	0.186 45
			淤长岸段未利用岸线比例P7	0.180 23
			侵蚀岸段未围填海域潜力空间比例P8	0.122 19
			淤长岸段未围填海域潜力空间比例P9	0.122 19
			浅海滩涂开发率P10	0.246 36
			浮游生物均匀度P11	0.071 29
			底栖生物均匀度P12	0.071 29
	响应子系统	0.198	增加土地资源效益P13	0.087 74
			海洋保护区空间比例P14	0.472 36
			环保设施建设投资金额P15	0.240 79
			维持生物多样性投资金额P16	0.199 12

3. 4 评价结果

通过围填海开发对海岸带资源影响评价指标体系的量化和权重计算,运用公式(14)计算得到最终评价值0.596。可以看到,目前南通沿海淤泥质海岸的围填海开发对海洋资源的影响较大,应慎重进行围填海开发活动。如若进一步开发,需进行专项详细评价,确保海岸带资源的保护,实现海洋经济与海岸带环境的和谐发展。

4 结论

(1) PSR 模型是进行围填海现状定性评价的有效方法,将其应用于淤泥质海岸的围填海现状评价时,考虑到滩涂资源的动态变化特征,需要重点关注滩涂资源空间分布不均匀性以及泥沙空间运移对环境资源的影响。因此,本文针对粉砂淤泥质平原海岸的特点,区分考虑淤长岸段和侵蚀岸段的资源利用现状,以及泥沙淤积对航道资源造成的损失,构建相应的压力-状态-响应模型,建立了淤泥质海岸围填海开发活动对海洋资源影响的评价体系,该体系可为评价淤泥质海岸围填海开发活动状况提供支撑。

(2) 利用构建的 PSR 模型评价体系,计算得到江苏南通淤泥质海岸围填海开发活动对海岸带资源影响的最终结果为0.596,表明目前南通围填海开发活动已经对当地的海岸带资源造成了较大影响,在今后的沿海开发过程中,需要注重海岸带资源的节约与保护。

参考文献:

- [1] 王建. 江苏省海岸滩涂及其利用潜力[M]. 北京: 海洋出版社, 2012: 67 - 71.
- [2] 王艳红, 温永宁, 王建, 等. 海岸滩涂围垦的适宜速度研究——以江苏淤泥质海岸为例[J]. 海洋通报, 2006, 25(2): 15 - 10.
- [3] COSTANZA R, D'ARCE R, DE GROOT R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Ecological economics, 1998, 25(1): 3 - 15.
- [4] DALKMANN H, HERRERA R J, BONGARDT D. Analytical strategic environmental assessment (ANSEA) developing a new approach to SEA[J]. Environmental Impact Assessment Review, 2004, 24(4): 385 - 402.
- [5] 王伟伟, 王鹏, 郑倩, 等. 辽宁省围填海海洋开发活动对海岸带生态环境的影响[J]. 海洋环境科学, 2010, 29(6): 927 - 929.
- [6] 魏超, 叶属峰, 过仲阳, 等. 海岸带区域综合承载力评估指标体系的构建与应用——以南通市为例[J]. 生态学报, 2013, 33(18): 5893 - 5904.
- [7] 肖建红, 陈东景, 徐敏, 等. 围填海工程的生态环境价值损失评估——以江苏省两个典型工程为例[J]. 长江流域资源与环境, 2011, 20(10): 1248 - 1254.
- [8] 刘大海, 陈小英, 陈勇, 等. 海湾围填海适宜性评估与示范研究[J]. 海岸工程, 2011, 30(3): 74 - 81.
- [9] 王静, 徐敏, 陈可锋. 基于多目标决策模型的如东近岸浅滩适宜围填规模研究[J]. 海洋工程, 2010, 28(1): 76 - 82.

-
- [10]肖佳媚, 杨圣云. PSR 模型在海岛生态系统评价中的应用[J]. 厦门大学学报: (自然科学版), 2007, 46 (51): 191 - 196.
- [11]于定勇, 王昌海, 刘洪超. 基于 PSR 模型的围填海对海洋资源影响评价方法研究[J]. 中国海洋大学学报自然科学版, 2011, 41 (7/8): 170 - 175.
- [12]杨志, 赵冬至, 林元烧. 基于 PSR 模型的河口生态安全评价指标体系研究[J]. 海洋环境科学, 2011, 30 (1): 139 - 142.
- [13]张耀光, 关伟, 李春平, 等. 渤海海洋资源的开发与持续利用[J]. 自然资源学报, 2002, 17 (6): 768 - 775.
- [14]付元宾, 曹可, 王飞, 等. 围填海强度与潜力定量评价方法初探[J]. 海洋开发与管理, 2010, 27 (1): 27 - 30.
- [15]张长宽. 江苏省近海海洋环境资源基本现状[M]. 北京: 海洋出版社, 2013 : 1 - 500.
- [16]徐敏, 李培英, 陆培东. 淤长型潮滩适宜围填规模研究——以江苏省为例[M]. 北京: 科学出版社, 2012 : 230 - 237.
- [17]周林飞, 许士国, 孙万光. 基于压力-状态-响应模型的扎龙湿地健康水循环评价研究[J]. 水科学进展, 2005, 19 (2): 205 - 213.
- [18]王昌海. 围填海对海洋资源影响评价指标体系研究[D]. 青岛: 中国海洋大学硕士学位论文, 2012 .
- [19]苗丽娟. 围填海造成的生态环境损失评估方法初探[J]. 环境与可持续发展, 2007 (3): 47 - 49.
- [20]刘家驹. 粉沙淤泥质海岸的航道淤积[J]. 水利水运工程学报, 2004 (1): 6 - 11.
- [21]李飞, 徐敏. 海州湾保护区海洋环境质量综合评价[J]. 长江流域资源与环境, 2014, 23 (5): 659 - 66.
- [22]麦戈, 利锋, 吴昌华, 等. 城市污染河道浮游生物和底栖动物变异多元分析[J]. 安徽农业科学, 2012, 40 (22): 11371 - 11374.
- [23]高远, 慈海鑫, 乔树财, 等. 沂河 4 条支流浮游植物多样性季节动态与水质评价[J]. 环境科学研究, 2009, 22 (2): 176 - 180.
- [24]乌敦. 用层次分析法评价呼和浩特市城市可持续发展状况[J]. 内蒙古师范大学学报(自然科学汉文版), 2005, 34 (2): 236 - 240.
- [25]张宗书. 区域可持续发展评价指标体系与方法研究——以四川省区域可持续发展评价为例[J]. 乐山师范学院学报, 2002, 17 (4): 79 - 82.