

辐射沙洲陆岸岸段围填海强度与潜力定量评价

陈玮彤¹, 张 东^{1,2*}, 李弘毅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: 利用 2007—2014 年辐射沙洲的遥感影像获取陆岸岸段的围填海用海面积信息, 结合淤泥质潮滩围填海强度与潜力定量评价模型, 对辐射沙洲陆岸及其各分岸段进行了围填海开发状况评价及开发潜力预测。结果表明: 在 5 级为上限的强度评价体系下, 在 2007—2014 年间辐射沙洲陆岸岸段总体, 围填海开发强度等级由 1 级进入 3 级, 开发强度由 32.8 hm²/km 上升至 147.87 hm²/km, 围填海压力中等, 对岸段的后续开发有一定影响。其各分岸段开发强度差异较大, 2014 年各分岸段: 射阳河口至梁垛河闸岸段开发强度为 2 级, 处于可持续发展状态; 梁垛河闸至新北凌口岸段及东灶港至蒿枝港岸段开发强度为 4 级, 开发压力较大, 预测可供开发年限仅为 1~2 a; 新北凌口岸至东灶港岸段开发强度为 3 级, 预测可供开发年限为 8 a。该结论可为合理规划淤泥质海岸围填海工程进度与规模, 维护海岸带资源环境可持续利用提供参考。

关键词: 辐射沙洲; 围填海; 强度; 潜力; 定量评价

中图分类号: P748

文献标识码: A

文章编号: 1671-6647(2017)02-0295-10

doi: 10.3969/j.issn.1671-6647.2017.02.014

二十世纪中期以来, 世界海洋经济发展迅猛, 土地资源需求量大, 沿海各国开展围填海建设、利用围填海拓展土地资源的趋势越来越明显。以区域建设用海和区域农业围垦用海为主的海岸带空间资源开发对海洋能源、交通、工业、农业、渔业、海水养殖业等行业的快速发展起到了非常大的促进作用, 因此围填海作为近岸海域的一种热点用海方式, 为沿海地区缓解土地供求矛盾、扩大社会生存和发展空间提供了重要的解决方案^[1]。

江苏省发育有中国最宽大的粉砂淤泥质潮滩, 以辐射沙洲陆岸岸段为代表的岸滩淤长明显, 这些广阔的滩涂资源为江苏海洋经济的高速发展起到了重要保障^[2]。如果采取正确的风险管理方式, 注重海岸带生态养护和修复, 江苏海岸可以继续进行一定程度的开发^[3]。然而近年来大量的围填海开发活动占用和损耗了极大的海岸带资源^[4-6], 随着时间的推移, 围填海开发造成的海洋环境和生态系统破坏等问题开始凸显^[7], 并对海洋资源的健康、可持续发展利用带来严峻挑战^[8-9]。

因此, 开展江苏淤泥质海岸海域围填海承载力和围填海潜力进行科学评估, 并以此为基础, 建立科学有效的围填海计划管理制度与体系, 合理控制围填海规模, 促进海岸空间资源的健康可持续利用迫在眉睫。

1 研究区概况

辐射沙洲区域包括向陆域一侧的岸段及岸外辐射沙脊群, 由于围填海工程多布局于陆岸岸段一侧。因

收稿日期: 2016-03-14

资助项目: 国家海洋局海域管理技术重点实验室开放基金项目——淤泥质海岸围填海强度与潜力定量评价方法研究(201406); 国家自然科学基金项目——淤泥质潮滩高程的遥感监测机理与方法研究(41401371); 江苏高校优势学科建设工程资助项目(164320H116)

作者简介: 陈玮彤(1992-), 男, 江苏靖江人, 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:** 张 东(1975-), 男, 江苏南通人, 副教授, 博士, 主要从事海洋信息技术与海岸带资源开发管理方面研究。

E-mail: zhangdong@njnu.edu.cn

(陈 靖 编辑)

此,选择江苏中部具代表性的淤长型辐射沙洲陆岸岸段作为主要研究区(图 1)。其中,陆岸岸段滩涂资源的范围为从海岸线至辐射沙洲外部最大围填规模控制线^[10]。

研究区范围从盐城射阳河口南岸起一直延伸到南通启东蒿枝港。根据海岸的侵蚀和淤积状况,可以将研究区岸段划分为 3 种类型:射阳河口至梁垛河闸、新北凌口-东灶港为淤积岸段,其受岸外辐射沙洲的掩护而处于风浪相对较小的淤积环境^[11];梁垛河闸至新北凌口为强淤积岸段,其处于潮流系统的波腹点^[12],因此淤长速率较大;东灶港至蒿枝港之间为侵蚀岸段,由于长江口的南移其北部海湾河口逐渐被侵蚀,目前海滩的下蚀仍在继续^[13-14]。

研究区中包括了盐城国家级珍禽自然保护区的范围,其中保护区的核心区位于盐城市新洋港至斗龙港之间,严禁任何形式的人类开发改造活动。

2 数据与方法

2.1 数据收集与处理

2.1.1 岸线长度及岸滩冲淤速率

基于河口、港口我们将研究区细分为一系列的分岸段,各分岸段的岸外资源条件、冲淤情况存在差异。以我国近海海洋综合调查与评价专项获取的实测岸线为基准岸线,以实测岸线的测量年份(2006 年)为基准年,岸线岸滩基本情况如表 1 所示^[11,14]。其中平均淤长速率是指潮滩的自然淤积速率。

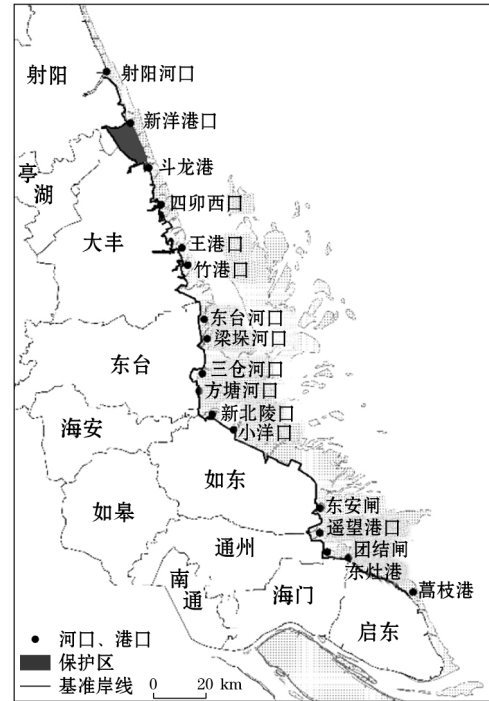


图 1 研究区概况
Fig.1 Sketch map of the study area

表 1 辐射沙洲陆岸岸段基本情况

Table 1 General information of the onshore coast of Radial Sandbank

岸段名称	岸段类型	分岸段名称	岸线长度/km	平均淤长速率/ $m \cdot a^{-1}$
射阳河口—梁垛河闸	淤积岸段	射阳河口—新洋港	25.34	13
		斗龙港—四卯西	24.73	32
		四卯西—王港	47.93	32
		王港—竹港	8.40	59
		竹港—东台河口	38.85	64
		东台河口—梁垛河闸	8.66	54
	合计		153.91	40
梁垛河闸—新北凌口	强淤积岸段	梁垛河闸—三仓河口	21.30	180
		三仓河口—新北凌口	27.61	120
		合计	48.91	146
新北凌口—东灶港	淤积岸段	新北凌口—小洋口	10.23	33
		小洋口—东安港	63.82	37
		东安港—遥望港	17.11	21
		遥望港—团结港	12.22	40
		团结港—东灶港	12.79	1
	合计		116.17	31
东灶港—蒿枝港	侵蚀岸段	东灶港—蒿枝港	33.20	-6
	合计		33.20	-6

2.1.2 围填海开发状况

根据 2007—2014 年间研究区历年的 Landsat-TM/ETM+ 遥感影像(表 2)分析围填海开发现状。所有影像统一校正到 WGS84 坐标系,UTM51N 投影带,几何校正工作使用 ENVI5.1 进行处理,控制点误差控制在 0.5 个像元精度内。依据围填海工程特有的形状、纹理及光谱特征,通过自动提取与结合海域管理部门的围填海宗海图进行目视解译修正的方法获得围填海用地矢量图^[15]。研究区围填海逐年变化情况如图 2 所示。

表 2 2007—2014 年辐射沙洲地区遥感影像数据列表

Table 2 Summary of the satellite data used in Radial Sandbank during 2007—2014

成像日期	PATH	ROW	传感器	分辨率/m	成像日期	PATH	ROW	传感器	分辨率/m
2007-02-01	119	37	TM	30	2011-04-17	119	37	TM	30
2007-01-09	118	38	TM	30	2011-04-26	118	38	TM	30
2008-02-20	119	37	TM	30	2012-04-03	119	37	TM	30
2008-02-29	118	38	TM	30	2012-03-27	118	38	TM	30
2009-04-27	119	37	TM	30	2013-04-14	119	37	ETM+	30
2009-01-14	118	38	TM	30	2013-05-25	118	38	ETM+	30
2010-04-30	119	37	TM	30	2014-03-16	119	37	ETM+	30
2010-04-07	118	38	TM	30	2014-03-09	118	38	ETM+	30

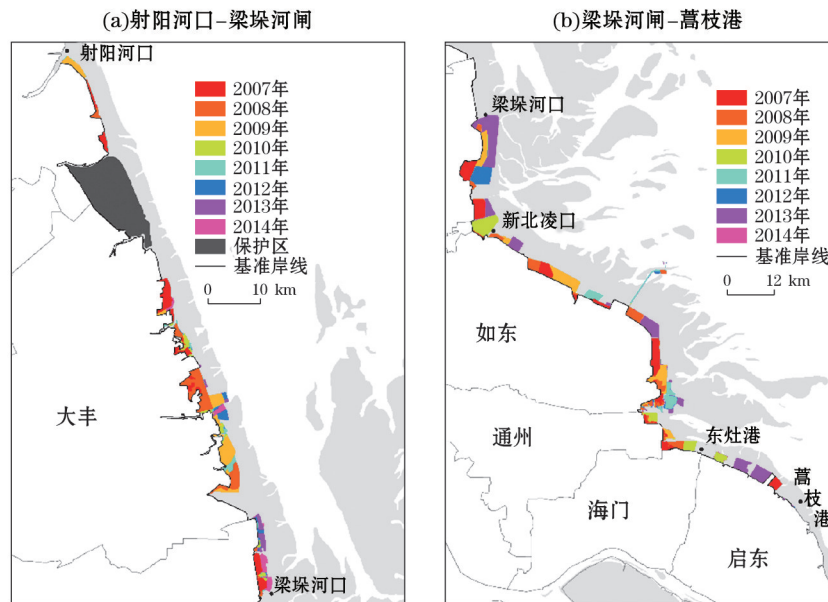


图 2 2007—2014 年辐射沙洲陆岸岸段围填海开发工程分布示意图

Fig.2 Sketch map of sea reclamation area in the onshore coast of Radial Sandbank during 2007—2014

2.1.3 围填控制线数据

对滩涂资源的评价参考徐敏等提出的江苏岸段适宜围填规模控制线和最大围填规模控制线^[10]。这两条控制线分别对应区域内围填海开发压力很强和压力状况中等两种压力状态。其中,最大围填规模控制线是指围填海工程不会明显改变海岸整体形态,对海洋动力格局及维持周边水道稳定性的控制性动力不产生明显影响的围填外包络线;适宜围填规模控制线是指在该控制线范围内开展围填用海项目建设时海洋环境可承载、资源利用可持续并与社会经济条件相适应。

通过计算适宜围填海规模线和最大围填海规模线与基准岸线之间的包络面积,得到各岸段的适宜围填

面积和最大围填面积。各岸段适宜围填面积、最大围填面积统计结果如表 3 所示。

表 3 适宜围填面积、最大围填面积统计表

Table 3 Statistical chart of the suitable and the maximum sea reclamation area

岸段名称	岸段类型	分岸段名称	适宜围填面积/hm ²	最大围填面积/hm ²
射阳河口—梁垛河闸	淤积岸段	射阳河口—新洋港	0.00	9 595.41
		斗龙港—四卯西	0.00	9 544.30
		四卯西—王港	3 454.00	9 556.25
		王港—竹港	448.15	2 750.92
		竹港—东台河口	2 588.20	13 753.02
		东台河口—梁垛河闸	1 763.97	5 280.39
合计			8 254.32	50 480.29
梁垛河闸—新北凌口	强淤积岸段	梁垛河闸—三仓河口	3 682.69	7 832.50
		三仓河口—新北凌口	6 907.40	11 814.74
		合计	10 590.09	19 647.24
新北凌口—东灶港	淤积岸段	新北凌口—小洋口	3 987.00	4 330.08
		小洋口—东安港	14 898.91	23 360.81
		东安港—遥望港	7 536.31	8 988.40
		遥望港—团结港	4 090.41	3 113.10
		团结港—东灶港	2 493.09	3 807.76
		合计	33 005.72	43 600.15
东灶港—蒿枝港	侵蚀岸段	东灶港—蒿枝港	6 801.56	7 064.52
合计			6 801.56	7 064.52

2.2 定量评价模型

利用淤泥质海岸围填海开发强度与潜力定量计算模型^[15], 定量计算某一分岸段的围填海强度计算公式:

$$R_i = \frac{\sum_{j=1}^n S_{i,j}}{\sum_{j=1}^n L_{i,j}} \times f_i, \quad (1)$$

式中, R_i 为某一类型岸段的围填海强度(hm²/km), i 分别代表淤积、侵蚀和稳定岸线类型之一; $S_{i,j}$ 为 i 类型岸段的 j 分段岸线拥有的围填海用海总面积(hm²); n 为 i 类型岸段的分岸段数; $L_{i,j}$ 为 i 类型岸段 j 分段岸线在基准年的海岸线长度(km); f_i 为 i 类型岸段的资源调节系数。当对 i 类型岸段进行强度计算时, 由于各个岸段的资源存量不同, 可通过 f_i 来进行平衡。

本文对淤泥质海岸围填海开发强度等级划分表最高等级对应的阈值进行了调整, 由于辐射沙洲陆岸岸段滩涂资源存量, 整个研究区所能承受的最大围填海面积对应的强度值为 342, 根据计算结果并参照该岸段的围填海工程实际情况, 并按照一定梯度, 修正选择 300 为 4 级强度级别对应的强度上限, 制定相应的等级划分表如表 4 所示。

表 4 围填海强度等级划分表

Table 4 Strength grades of reclamation

围填海强度 R 范围	围填海强度等级	指标意义
0~50	1 级	围填海压力轻微, 开发潜力很大
50~100	2 级	围填海压力较小, 有一定开发潜力
100~200	3 级	围填海压力中等, 对后续开发有一定影响
200~300	4 级	围填海压力较强, 应注重围填海域集约利用
>300	5 级	围填海压力很强, 不宜新增围填海项目, 确有需要可在现有围海工程基础上回填造陆

淤泥质海岸某一岸段的围填海潜力定量计算模型:

$$P_i = \begin{cases} S_{III,i} - S_i + M_i & (\text{围填海强度等级为 1 级、2 级}) \\ S_{IV,i} - S_i + M_i & (\text{围填海强度等级为 3 级、4 级}), \\ 0 & (\text{围填海强度等级为 5 级}) \end{cases} \quad (2)$$

$$M_i = \frac{\sum_{j=1}^n V_{i,j} \times L_{i,j} \times a}{10} \quad (3)$$

式中, P_i 表示 i 类型岸段的围填海潜力值(hm^2); $S_{III,i}, S_{IV,i}$ 分别表示等级划分方案中 i 类型岸线在 3 级和 4 级强度级别所能容纳的最大围填海面积(hm^2); M_i 表示 i 类型岸段由于淤积或侵蚀带来的围填海资源面积改变量(hm^2); $V_{i,j}$ 表示 i 类型岸段 j 分岸段的自然平均淤长率($\text{m} \cdot \text{a}^{-1}$); a 表示年数。

3 辐射沙洲陆岸岸段围填海开发强度评价

根据历年围填海用地矢量图,基于 ARCGIS 自动计算获得围填海面积;通过式(1)和围填海强度等级划分表,对研究区历年围填海开发强度进行计算评级,结果如表 5 所示。

表 5 2007—2014 年辐射沙洲陆岸岸段围填海开发强度等级

Table 5 Strength grades of reclamation in the onshore coast of Radial Sandbank during 2007—2014

年 份	围填海面积/ hm^2	围填海开发强度 / $\text{hm}^2 \cdot \text{km}^{-1}$	围填海开发强度等级
2007	11 815.58	32.80	1 级
2008	20 275.89	56.28	2 级
2009	28 846.45	80.07	2 级
2010	34 546.56	95.89	2 级
2011	37 341.32	103.65	3 级
2012	40 441.72	112.25	3 级
2013	52 457.71	145.61	3 级
2014	53 270.75	147.87	3 级

江苏辐射沙洲陆岸岸段区域围填海强度从 2007 年的 1 级上升至 2011 年的 3 级仅用了 4 年时间,围填海强度增加最大的一年是 2012—2013 年。自 2011 年以来,围填海开发已进入到围填海适宜规模层级,意味着目前该区域的围填海开发应当逐步限制,适当控制围填海开发速度。2013—2014 年间,由于相关部门对海岸带可持续开发的重视,围垦速度逐渐放慢,围填海活动主要在东台河口至梁垛河闸岸段。

由于围填海开发活动具有明显的地域性,不同分岸段开发情况不同,按本文中研究区的岸段划分方法,对 2007—2014 年 3 种类型共 4 段岸段、以及 2014 年各分岸段围填海情况进行评价,计算结果如图 3、表 6 所示,2014 年各分岸段开发强度等级示意图如图 4 所示。

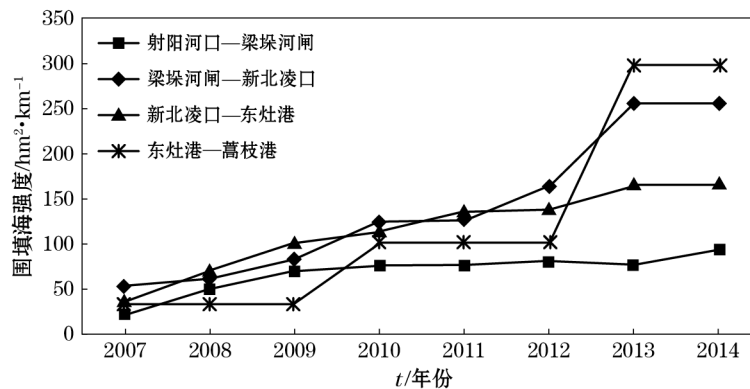


图 3 2007—2014 年各区域围填海强度变化

Fig.3 Variations of intensity value for each reclamation areas during 2007—2014

虽然研究区整体开发强度中等,但一些分岸段的开发等级已突破围填海开发的健康等级,达到 4 级或 5 级。其中,射阳河口至梁垛河闸岸段拥有宽阔的滩涂,能承受的最大围填海面积很大,但适宜围填规模相对较小,该岸段目前开发压力较小,围垦速率相对较慢,围填海强度维持在健康水平;梁垛河闸至新北凌口岸段因位于潮流沙脊群发育动力系统的波腹点,拥有相对较丰富的岸外资源,以及最好的淤积环境,但由于大规模的围填造地,在 2013 年开发强度就已进入 4 级,其分岸段梁垛河口至三仓河口更是达到 5 级;新北凌口至东灶港岸段岸外资源丰富,开发速率适中,各分岸段开发强度均为 3 级,处于适宜围填阶段;东灶港至蒿枝港由于海门市滨海新区的大规模围海开发建设,开发强度已接近 5 级,围填海开发压力很强。

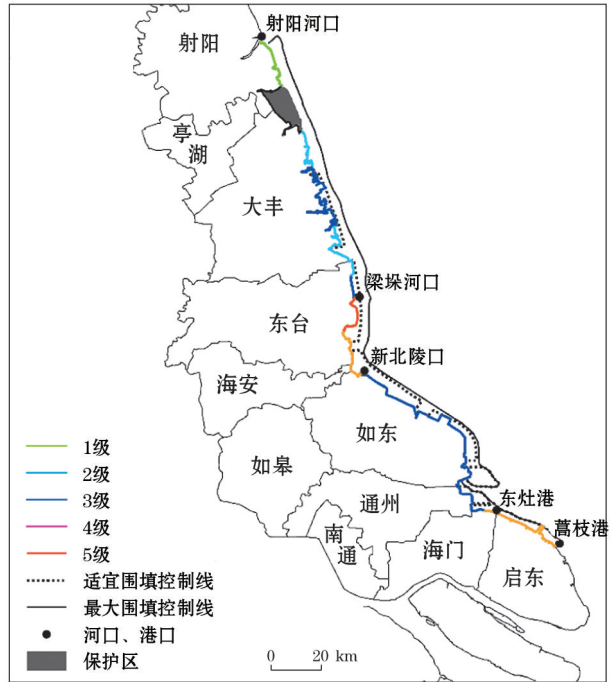


图 4 2014 年各分岸段围填海开发强度等级示意图

Fig.4 Sketch map of strength grades of reclamation in each coastal segment in 2014

表 6 2014 年各分岸段围填海开发强度评价

Table 6 Reclamation intensities of each coastal segments in 2014

岸段名称	岸段类型	分岸段名称	围填海面积/hm ²	围填海开发强度 /hm ² ·km ⁻¹	强度级别
射阳河口—梁垛河闸	淤积岸段	射阳河口—新洋港	1 398.17	49.98	1 级
		斗龙港—四卯酉	1 424.48	51.19	2 级
		四卯酉—王港	4 399.46	157.90	3 级
		王港—竹港	1 233.68	153.81	3 级
		竹港—东台河口	3 473.39	86.62	2 级
		东台河口—梁垛河闸	1 746.05	113.41	3 级
	合计		13 675.23	92.91	2 级
梁垛河闸—新北凌口	强淤积岸段	梁垛河闸—三仓河口	6 984.39	305.84	5 级
		三仓河口—新北凌口	7 581.35	220.08	4 级
	合计		14 565.74	254.27	4 级
新北凌口—东灶港	淤积岸段	新北凌口—小洋口	1 562.83	123.79	3 级
		小洋口—东安港	11 555.57	169.65	3 级
		东安港—遥望港	4 378.93	167.09	3 级
		遥望港—团结港	1 650.22	181.81	3 级
		团结港—东灶港	1 949.37	175.58	3 级
	合计		21 096.92	165.96	3 级
东灶港—蒿枝港	侵蚀岸段	东灶港—蒿枝港	6 133.72	297.79	4 级
	合计		6 133.72	297.79	4 级

4 辐射沙洲陆岸岸段围填海潜力评价

4.1 围填海潜力计算

基于围填海强度计算结果,结合式(2),计算得围填海潜力值如表 7 所示。

表 7 各分岸段围填海潜力值

Table 7 Potential of reclamation in each coastal segment

岸段名称	岸段类型	分岸段名称	M_i/hm^2	潜力值/ hm^2
射阳河口—梁垛河闸	淤积岸段	射阳河口—新洋港	32.95a	4 197.24+32.95a
		斗龙港—四卯酉	79.14a	4 141.12+79.14a
		四卯酉—王港	153.39a	3 959.4+153.39a
		王港—竹港	49.56a	1 172.55+49.56a
		竹港—东台河口	248.62a	4 546.46+248.62a
		东台河口—梁垛河闸	46.75a	2 872.71+46.75a
	合计		610.41a	15 761.53+610.41a
梁垛河闸—新北凌口	强淤积岸段	梁垛河闸—三仓河口	383.40a	-133.3+383.40a
		三仓河口—新北凌口	331.28a	2 753.01+331.28a
		合计	714.68a	2 619.71+714.68a
新北凌口—东灶港	淤积岸段	新北凌口—小洋口	33.77a	2 224.69+33.77a
		小洋口—东安港	236.14a	8 878.14+236.14a
		东安港—遥望港	35.94a	3 483.23+35.94a
		遥望港—团结港	48.86a	1 072.81+48.86a
		团结港—东灶港	1.28a	1 381.28+1.28a
	合计		355.98a	17 040.15+355.98a
东灶港—蒿枝港	侵蚀岸段	东灶港—蒿枝港	-19.92a	45.62-19.92a
	合计		-19.92a	45.62-19.92a

4.2 围填海供应年限预测

在综合考虑了目前研究区内围填海开发项目的分布及开发增速等情况的基础上,再结合研究区域内各岸段于未来一定年限内的冲淤变化,我们对研究区内的 4 个区域,基于自 2007 年以来历年的围填海面积变化情况进行趋势模拟,较为直观的表现各岸段围填海面积随时间变化的程度,结果如图 5 所示。根据获得的拟合方程,在当前围填海面积基础上,以各岸段对应的潜力值消耗完为使用时间的上限,预测围填海潜力及供应年限。结果如表 8 所示。

射阳河口至梁垛河闸岸段因其近年来开发速率减缓,围填海面积呈对数函数增长($R^2=0.928$),围填海开发处于可持续发展状态;梁垛河闸至新北凌闸岸段围填海开发强度较大,围填海面积呈指数增长($R^2=0.9718$),当前的开发潜力已经很小,应暂时停止继续围垦;新北凌口至东灶港岸段岸外资源存量较多,每年仍在不断淤长,围填海面积呈线性增长($R^2=0.9441$),适宜继续开发,但开发的过程中仍需要注重围填海域的节约利用;东灶港至蒿枝港岸段处于冲刷环境,加上近年来大规模围垦,围填海面积呈指数增长($R^2=0.8915$),围填海资源即将消耗殆尽,建议保持现状,不宜进一步开发。

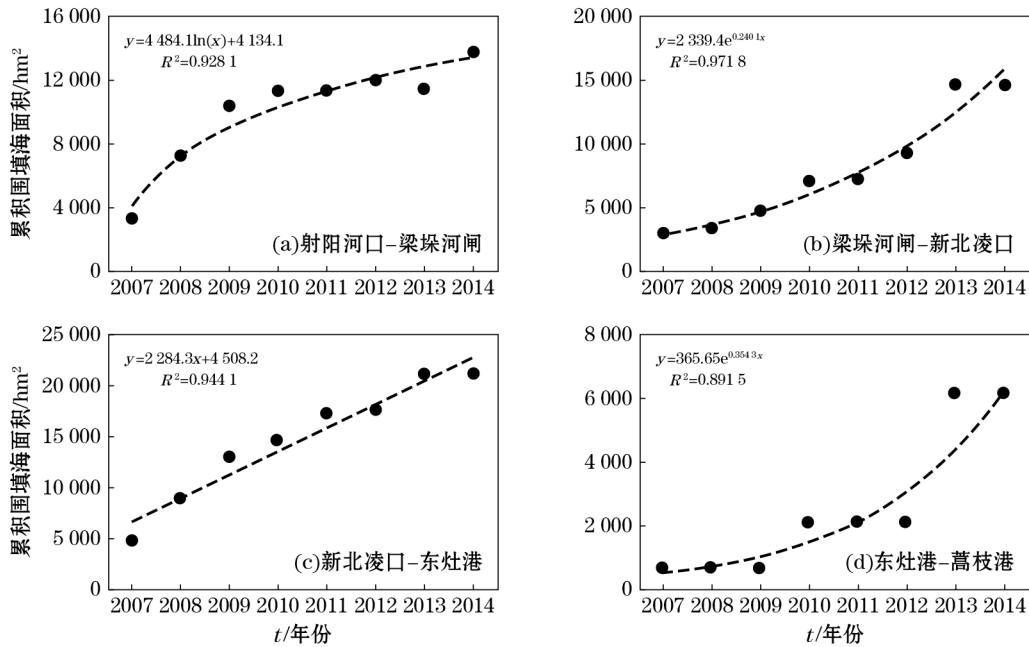


图 5 分岸段围填面积年际变化拟合趋势图

Fig.5 Fitting trend analysis plots of reclamation area for each coastal segment

表 8 分岸段围填海潜力及供应年限预测计算结果

Table 8 Potential and prediction of service life for each coastal segments

岸段名称	围填面积/hm ²	潜力/hm ²	供应年限/a
射阳河口—梁垛河闸	13 675.23	15 761.53+610.41a	—
梁垛河闸—新北凌口	14 565.74	2 619.71+714.68a	2
新北凌口—东灶港	21 096.92	17 040.15+355.98a	8
东灶港—蒿枝港	6 133.72	45.62—19.92a	1

注：“—”表示无数据

5 结 论

本研究通过对辐射沙洲陆岸岸段的围填海强度及潜力计算,进行围填海活动的监测与评价。整个辐射沙洲陆岸在 2007—2014 年围填海活动持续进行,围填海强度增加很快,虽然整个研究区围填海压力中等,但不同区域的围填海压力情况差异明显。其中,射阳河口至梁垛河闸淤积岸段滩涂平直宽阔,围填海开发速率相对较缓,围填海开发压力较小,具有一定的开发潜力;梁垛河闸至新北凌口强淤积岸段虽拥有丰富的滩涂资源,以及较好的岸外淤泥环境,但由于围垦速率较快,围填海强度很大,若按当前围垦速度继续开发,2 a 内围填海潜力将消耗殆尽,其梁垛河闸至三仓河口分岸段由于条子泥的大面积围填工程,开发潜力已经很低,不宜再布局新的围填海工程;新北凌口至东灶港淤积岸段岸外资源条件比较优越,围填海潜力相对丰富,适宜继续开发,开发过程中仍需注意围填海资源的集约利用;东灶港至蒿枝港侵蚀岸段于 2013 年围填海强度就已接近 5 级,围填海潜力已经很低,监测中发现,该岸段 2014 年围填海活动开始停止,避免对区域内海岸和近岸的海洋资源造成严重影响,建议保持现状。该结论与辐射沙洲陆岸当前围填海开发状况相近,潜力预测结果为今后的围填海开发提供参考。

致谢:USGS 提供免费的 Landsat 系列卫星数据;徐敏提供围填控制线数据。

参考文献(References):

- [1] WANG Y H, WEN Y N, WANG J, et al. Feasible rate of tidal flat reclamation—Jiangsu mud coast as a case study[J]. Marine Science Bulletin, 2006, 25(2): 15-20. 王艳红, 温永宁, 王建, 等. 海岸滩涂围垦的适宜性速度研究——以江苏淤泥质海岸为例[J]. 海洋通报, 2006, 25(2): 15-20.
- [2] LIU B Q, XU M, LIU Q. Study on sea reclamation scale evaluation for port and facing-port industry[J]. Marine Sciences, 2015, 39(6): 81-87. 刘佰琼, 徐敏, 刘晴. 港口及临港工业围填海规模综合评价研究[J]. 海洋科学, 2015, 39(6): 81-87.
- [3] GAO S. Column Preface of "Ecological basis of resources and environment of coastal development in Jiangsu"[J]. Journal of Nanjing University(Natural Sciences), 2014, 50(5): 535-537. 高抒. "江苏沿海开发的资源环境生态基础"专栏前言[J]. 南京大学学报(自然科学), 2014, 50(5): 535-537.
- [4] ZHANG M H. International advance of sea areas reclamation impact on marine environment[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2012, 21(8): 1510-1512. 张明慧. 围填海的海洋环境影响国内外研究进展[J]. 生态环境学报, 2012, 21(8): 1510-1512.
- [5] CHEN S Q. Consideration on strengthening the environmental management of reclamation projects in China[J]. Ocean Development and Management, 2009, 26(9): 22-26. 陈书全. 关于加强我国围填海工程环境管理的思考[J]. 海洋开发与管理, 2009, 26(9): 22-26.
- [6] GUO W, ZHU D K. Reclamation and its impact on marine environment in Shenzhen Area, China[J]. Journal of Nanjing University, 2005, 41(3): 286-296. 郭伟, 朱大奎. 深圳围海造地对海洋环境影响的分析[J]. 南京大学学报, 2005, 41(3): 286-296.
- [7] YU Y H, WANG Y Z, ZHANG Y H, et al. Research of evaluation methods for reclamation suitability[J]. Marine Science Bulletin, 2011, 30(1): 81-87. 于永海, 王延章, 张永华, 等. 围填海适宜性评估方法研究[J]. 海洋通报, 2011, 30(1): 81-87.
- [8] CHEN H Y, XU G H. The impact of reclamation development on the environment in Jiangsu[J]. Water Resources Planning and Design, 2004(1): 18-21. 陈宏友, 徐国华. 江苏滩涂围垦开发对环境的影响问题[J]. 水利规划与设计, 2004(1): 18-21.
- [9] HAN J P, XU M. Evaluation on development in Jiangsu muddy coast[J]. Ocean Development and Management, 2006, 23(2): 99-102. 韩进萍, 徐敏. 江苏沿海滩涂开发利用评价[J]. 海洋开发与管理, 2006, 23(2): 99-102.
- [10] XU M, LI P Y, LU P D. Research on appropriate reclamation scale of prograding tidal flat—A case study of Jiangsu Province[M]. Beijing: Science Press, 2012: 230-235. 徐敏, 李培英, 陆培东. 淤涨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: 230-235.
- [11] WANG Y H, ZHANG R S, XIE Z R, et al. Relative sea level changes and variational trends of the Jiangsu Redial Sandbanks[J]. Advances in Marine Science, 2004, 22(2): 198-203. 王艳红, 张忍顺, 谢志仁, 等. 相对海面变化与江苏中部辐射沙洲的变化动态[J]. 海洋科学进展, 2004, 22(2): 198-203.
- [12] XIA Z W, WANG Z J. Numerical simulation of M_2 tidal wave in the Yellow Sea[J]. Journal of Oceanography of Huanghai & Bohai Seas, 1984, 2(1): 1-7. 夏综万, 王锺君. 黄海 M_2 分潮的数值模拟[J]. 黄渤海海洋, 1984, 2(1): 1-7.
- [13] ZHANG R S, LU L Y, WANG Y H. The mechanism and trend of coastal erosion of Jiangsu Province in China[J]. Geographical Research, 2002, 21(4): 469-478. 张忍顺, 陆丽云, 王艳红. 江苏海岸侵蚀过程及其趋势[J]. 地理研究, 2002, 21(4): 469-478.
- [14] WANG J. Coastal wetland in Jiangsu and its potential for utilization[M]. Beijing: China Ocean Press, 2012: 70-71. 王建. 江苏省海岸滩涂及其利用潜力[M]. 北京: 海洋出版社, 2012: 70-71.
- [15] CHEN W T, ZHANG D, HAN F, et al. Study on the quantitative assessment of coastal reclamation intensity and development potential in Nantong of Jiangsu[J]. Marine Science Bulletin, 2015, 34(4): 443-449. 陈玮彤, 张东, 韩飞, 等. 江苏南通沿岸围填海强度与潜力定量评价研究[J]. 海洋通报, 2015, 34(4): 443-449.

Quantitative Assessment of Reclamation Intensity and Development Potential in the Onshore Coast of Radial Sandbank

CHEN Wei-tong¹, ZHANG Dong^{1,2}, LI Hong-yi¹, HAN Fei¹

(1. *Department of Geography, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China;*

2. *Jiangsu Center for Collaborative Innovation in Geographical Information Resource Development and Application, Nanjing 210023, China*)

Abstract: Based on the quantitative assessment model of reclamation intensity and development potential for muddy coast, and remote sensing images collected during 2007—2014, this study evaluated the development status and development potential of reclamation in the onshore coast of Radial Sandbank and its each coastal segment. Results showed that under five-grade strength evaluation systems, reclamation intensity level for the on shore coast of Radial Sandbank varies from grade no.1 to no.3 during 2007—2014, and development intensity increases from 32.8 hm²/km to 147.87 hm²/km, implying that the pressure of reclamation is moderate and have slight influence on subsequent development of the coast. The development intensity of the each coast was relatively large in 2014. Reclamation intensity level for Sheyang Estuary to Liangduo Sluice deposited coast was in grade no.2, and the region was in a less pressure of reclamation and a state of sustainable development. Reclamation intensity level for Liangduo Sluice to Xinbeilingkou strong deposited coast and Dongzaogang to Haozhigang erosive coast was in grade no.5, and these regions were in a strong pressure of reclamation and had 1~2 years of development potential. Reclamation intensity level for Xinbeilingkou to Dongzaogang deposited coast was in grade no.3 and the region was in a moderate pressure of reclamation and remained 8 years of development potential. Thus, this study provides a reference for reasonable planning the progress and scale of reclamation projects and the sustainable utilization of coastal resources in muddy coast in the near future.

Key words: Radial Sandbank; reclamation; intensity; potential; quantitative assessment

Received: March 14, 2016