

陈诚.南通海岸带滩涂开发类型选择与空间功能配置研究[J].地理科学,2017,37(1):138-147.[Chen Cheng. Coastal Tidal Flat Development Mode Choice and Spatial Configuration of Different Functional Areas in Nantong Coastal Zones. Scientia Geographica Sinica,2017,37(1):138-147.] doi: 10.13249/j.cnki.sgs.2017.01.017

南通海岸带滩涂开发类型选择与空间功能配置研究

陈诚

(中国科学院南京地理与湖泊研究所/中国科学院流域地理学重点实验室, 江苏 南京 210008)

摘要:海岸带滩涂开发类型选择与空间布局是海岸带综合管理研究的重要内容,对于促进海岸带可持续发展具有重要意义。以海岸带资源环境-社会经济条件与滩涂开发类型对应关系透视为基础,结合南通海岸带滩涂条件、开发类型演变和区域发展背景分析,提出该地区生态旅游、农业和港口-工业-城镇多元化的滩涂综合利用模式,集成适宜性评价与分区、多部门规划冲突与协调等方法,探讨了南通海岸带滩涂地区生态与旅游、农业和港工城等功能区的空间配置路径。南通海岸带地区三类空间适宜比例分别23.5%,32.7%和43.8%,可以作为海岸带综合管理政策制定的参考。

关键词:海岸带滩涂;开发类型;空间功能配置;南通市

中图分类号:P967/K902

文献标识码:A

文章编号:1000-0690(2017)01-0138-10

海岸带是海洋生态系统与陆地生态系统的过渡地带,是典型的生态交错带和脆弱区,也是社会经济活动最密集的区域之一,高强度的开发活动对海岸带环境产生了复杂而深刻的影响^[1-4]。实施海岸带综合管理,协调资源环境与经济社会活动关系,促进海岸带可持续发展成为诸多研究关注的热点^[4]。

滩涂是海岸带地区的重要资源,人类很早就开始滩涂开发探索,取得了丰富的理论和实践成果。日本通过东京湾围海造地,建设了京滨化工和京业重型装备制造基地;新加坡通过浅海围填,建成全球著名的裕廊岛化工基地;美国迈阿密、中东的迪拜等地通过围海造地、岛,发展海滩休闲、度假旅游,建成世界闻名的休闲和商业中心;荷兰实施须德海湾的滩涂围填工程,发展高效农业,也奠定了农业强国地位^[5-7]。中国的滩涂开发历史同样久远,1950年代以前,滩涂围垦多用于农业种植和盐业生产;20世纪50~80年代,滩涂水产养殖初具规模;1980年代以来,围垦滩涂由种植-盐业主导向水产、工业和城镇、港口、海岸旅游等多样化开发转变^[8-11]。滩涂开发活动对海洋水动力环境、近海海域生态环境、生物多样性、渔业资源等也产

生了较强的扰动^[7]。针对滩涂资源的可持续利用,彭建等基于空间关联、生物共生视角,从区域、农场和地块3个尺度开展滩涂资源生态化开发研究,提出了滩涂梯级开发、基塘系统、盐田综合利用、虾池立体养殖等开发模式^[12]。何书金深入研究了渤海湾滩涂农业特点,探讨了鱼塘-台田立体生态利用、农田生态林网建设、滨海草地综合改良、绿色环保产业与海水养殖、生态旅游开发等生态农业开发模式^[13]。比较而言,国外学者多聚焦于海岸带生物多样性、生态系统健康和生境脆弱性等环境评价研究,集中于各种管理政策的效应评估,以揭示海岸带开发的风险、引导海岸带管理政策调整,促进海岸带可持续发展^[14-17]。

梳理已有研究,有关海岸带滩涂开发演变及其生态环境影响的相关讨论已经较为深入,但海岸带滩涂地区开发类型选择、不同开发活动空间布局冲突与协调等方面的系统讨论相对较少^[18-20],也是海岸带综合管理研究值得深化的环节。

南通海岸带位于中国最大的海岸沙体湿地——南黄海陆架辐射沙群南部(图1)。滩面广阔,湿地生态系统发育,生物资源众多,潮流通道水深、滩稳,景观多样,适宜多种经济活动。转型

收稿日期:2016-05-18;修订日期:2016-08-12

基金项目:国家自然科学基金项目(41101161)资助。[Foundation: National Natural Sciences Foundation of China (41101161).]

作者简介:陈诚(1983-),男,江苏省沐阳人,博士,助理研究员,主要从事区域规划与GIS应用研究。E-mail:chchen@niglas.ac.cn

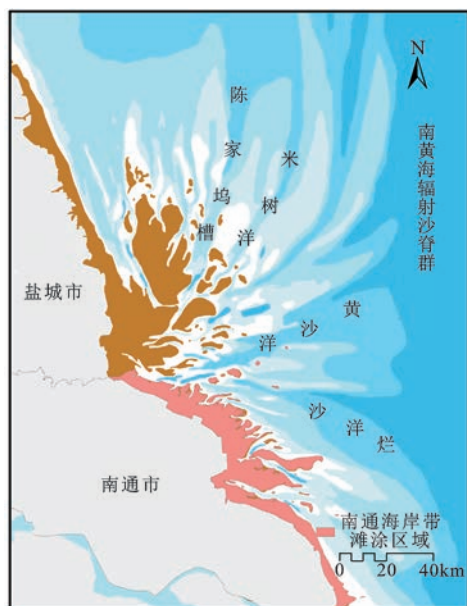


图1 南通海岸带滩涂分布

Fig.1 The location of tidal flat in the coastal zone of Nantong City

发展背景下,南通海岸带多样化利用需求旺盛,部门规划间布局矛盾显现。鉴于此,本研究拟以滩涂开发条件与开发类型的对应关系解析为基础,结合南通海岸带资源环境特征与发展需求分析,选择开发模式、构建空间功能配置影响因素体系,开展适宜性评价、耦合部门规划冲突与协调分析,探讨滩涂开发与保护的空間布局思路,以期為滩涂资源管理政策制定提供依据。

1 滩涂开发条件及其与开发类型的对应关系

1.1 资源环境条件及对滩涂开发的影响

土地资源是滩涂地区经济活动开展的空间载体,附属的生物、景观以及港口岸线资源是农渔、旅游、港口和工业生产的重要支撑,相反,生态重要性和环境容量是滩涂开发活动的限制因素,大规模、高强度的开发活动受生态环境的制约较强^[6,8,21]。总体上,生物多样性丰富、珍稀景观众多、有一定生态约束的滩涂区域适宜承担一定规模的农渔业、旅游休闲活动,港口岸线资源优良、空间广阔、环境约束不强地区适宜承担港口、工业及城镇开发活动。由于资源环境条件组合的多样性和复杂性,海岸带滩涂区域一般具有多宜性。

1.2 经济社会条件及对滩涂开发的影响

由于滩涂利用的多宜性,人口、区位、发展阶

段及区域政策等经济社会因素对滩涂开发路径选择有重要影响。一般来说,人地关系紧张地区倾向于生产性利用,相反,以生活性利用和保护为主。邻近城市、交通便利的海岸带,较容易集聚各类要素,开展非农经济活动,相反,偏远地区以农业为主。如人口密集、空间紧缺的日本东京湾、新加坡裕廊岛等邻近城市的海岸带,是港口、工业和城镇开发的典型;荷兰的须德海和韩国西海岸新万金等远离中心城市的海岸带,是农业开发的典型;美国佛罗里达比斯坎湾和阿拉斯加沿岸,是以生态、旅游或原生态保护为主的典型(图2)。同时,滩涂利用还呈阶段性演变,农业文明时代以农渔盐业生产为主,城市化时代非城市沿海滩涂地区非农开发转向加快,滩涂利用趋于多样化。如2007年韩国政府颁布的“新万金事业促进特别法”改正案,明确提出要推动新万金地区从发展农业为主转向农业-工业-旅游的综合发展^[7]。此外,区域政策也是滩涂利用演变的重要因素,在耕地总量动态平衡政策驱动下,滩涂围垦成为快速城市化背景下中国实现耕地占补平衡的重要途径^[11]。

2 南通海岸带滩涂开发类型演变与模式选择

长期以来,南通海岸带滩涂地区一直以农渔盐业生产为主。2000年以来,交通区位不断改善、江苏沿海开发和南通“优江拓海”发展战略相继实施、长江三角洲一体化发展迅速,南通海岸带地区港口、临港产业和滨海城镇加速发展。但在耕地总量动态平衡政策约束下,匡围滩涂、开垦耕地、发展农业种植仍是滩涂开发的重要内容。受滩涂区域自净能力较弱、局地生态服务功能重要的限制,需要适度控制海岸带产业和人口集聚规模。然而,服务于长三角地区居民的生活需求,休闲旅游将可能是滩涂开发转型的重要方向。因此,南通海岸带利用宜兼顾农业、工业、城镇和旅游等多种方式,走综合开发的道路(图3)。

3 南通海岸带滩涂开发功能空间配置

海岸带开发活动的空间配置,不仅要考虑空间适宜性,还要兼顾已有规划的布局要求。

3.1 适宜性评价

1) 适宜性评价指标。基于主导性、尺度性、稳定性和数据可获取性等原则,结合已有研究成

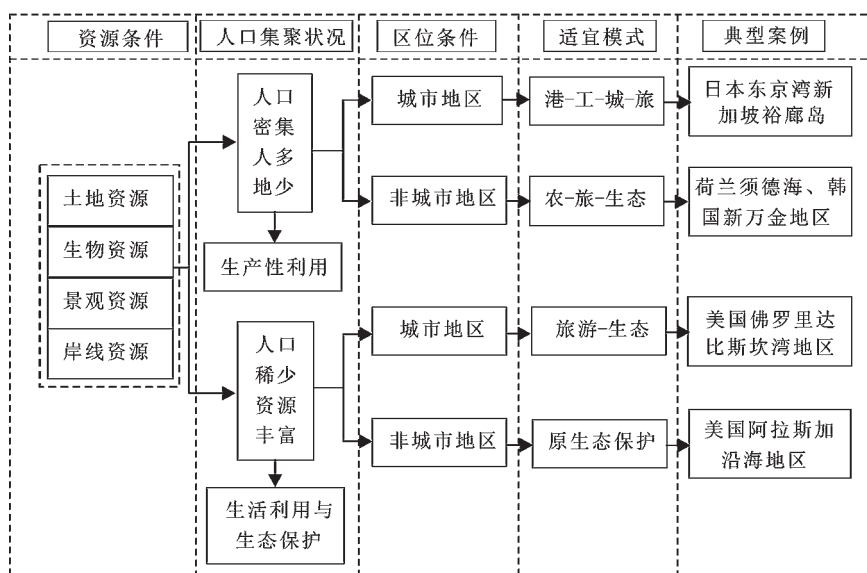


图2 海岸带滩涂条件与开发方式对应关系

Fig.2 The influence factors and tidal flat development mode in the coastal zone

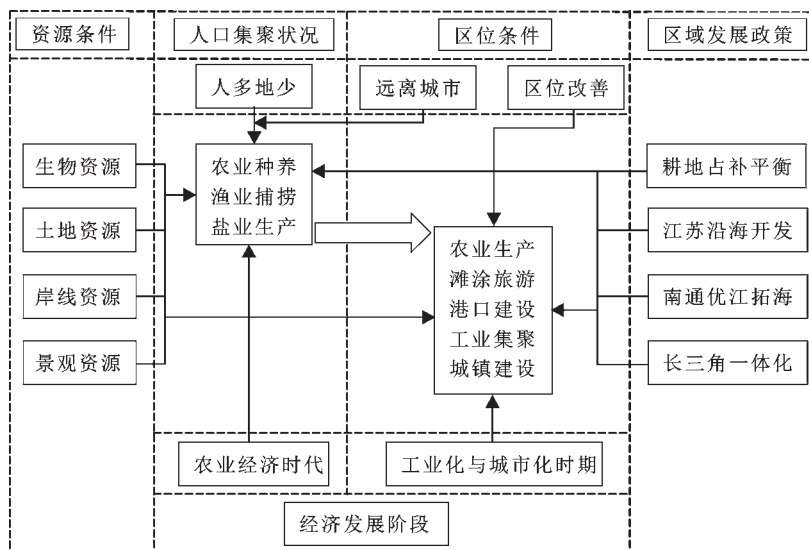


图3 南通滩涂开发演变路径

Fig.3 The evolution process of tidal flat development mode in Nantong City

果和南通海岸带实际,遴选特征指标。旅游适宜性着重考虑景观、可接近性等因素,景观奇特、类型多样、交通便利的海岸带游客吸引力较强,但生态约束也较强^[22-25]。农业适宜性主要关注土壤pH值和有机质含量等,海拔较高的滩面出露时间较长,土壤盐碱含量低,有机质积累较多,改良成本较低;此外,生态保护功能重要的滩涂也不宜发展大规模农业^[26,27]。岸线与陆域条件、交通区位及环境容量是影响港口、工业和城镇开发的重要因素^[28-30],邻

近深水航道、陆域广阔、集散便捷、环境约束不强的滩涂地区是建设深水港,集聚临港产业,发展滨海新城的理想区域;反之,不宜大规模集聚人口和经济活动(表1)。

2) 指标量化与集成。包括如下情形:

(1) 数据来源。包括南通市海洋功能区划图(1:20万)、南通市生态红线区域保护规划图、滩涂围垦现状与规划图(1:20万)、滩涂高程分布资料、风浪和潮汐统计资料、海岸带土地利用现状图、海

表1 适宜性评价指标体系

Table 1 Indicators and their weights for tidal flat development suitability assessment

类型	指标	因子	农业生产	(权重)	旅游与生态保护	(权重)	港-工-城开发	(权重)
资源 条件	土地质量	pH值	√	(0.1804)				
		有机质含量	√	(0.1823)				
	淡水保障	清水通道邻近性	√	(0.2867)			√	(0.1875)
		岸前水深					√	
	岸线条件	掩护条件					√	(0.2245)
		潮差					√	
	景观资源条件	景观邻近性			√	(0.3852)		
生态	生态重要性	生态重要性	√	(0.3506)	√	(0.4045)	√	(0.1457)
环境	环境容量	水质目标			√	(0.2103)	√	(0.1967)
区位	交通优势度	交通可达性					√	(0.2456)

注:空白为无数据。

岸带多目标地球化学调查资料、市域综合交通网络规划图(1:20万)和滩涂管理部门访谈资料。受数据获取限制,研究范围覆盖0 m等深线以上、海堤公路以下的区域。

(2) 指标量化。根据高程分布建立海岸带DEM,划分岸前水深等级,结合0 m等深线为轴的缓冲区分析,考虑船舶吃水深度和避风需求,结合当地专家经验调查,判定水深、掩护条件和后方陆域条件等级。以地球化学调查数据的空间插值分析为基础,根据《农用地质量分等规程》(GB/T 28407-2012)^[31],划分土壤pH值和有机质含量等级。利用缓冲区分析,划分淡水保障和景观邻近度等级。潮差等级通过统计资料分析判定。环境容量则依据水质现状和目标进行分级。通过网络分析计算评价单元至主要交通节点的通达时间,综合形成交通可达性。生态重要性根据海岸带滩涂生态保护区范围及重要性评判。

(3) 综合评价。以层次分析法为基础,通过因子相对重要性判断、判断矩阵构建、一致性检验和特征向量归一化,形成指标初始权重,结合资源、环境、经济和交通等领域专家多轮打分修正,获取指标权重^[26,27]。加权获取各类适宜指数,通过指数聚类划分农业种植、旅游与生态保护、港-工-城开发三类适宜等级,以三类适宜性为轴,建立适宜类型判定矩阵^[28]。按照因地制宜、集中集聚及开发与保护均衡的基本原则,结合现状,划分适宜开发类型。

$$S_i = \sum_{j=1}^n X_{ij} \times P_j$$

其中, S_i 指第 i 单元的生态保护与旅游发展、农业

生产或港-工-城开发适宜指数, X_{ij} 指第 i 网格单元的第 j 指标值, P_j 指第 j 指标的权重。

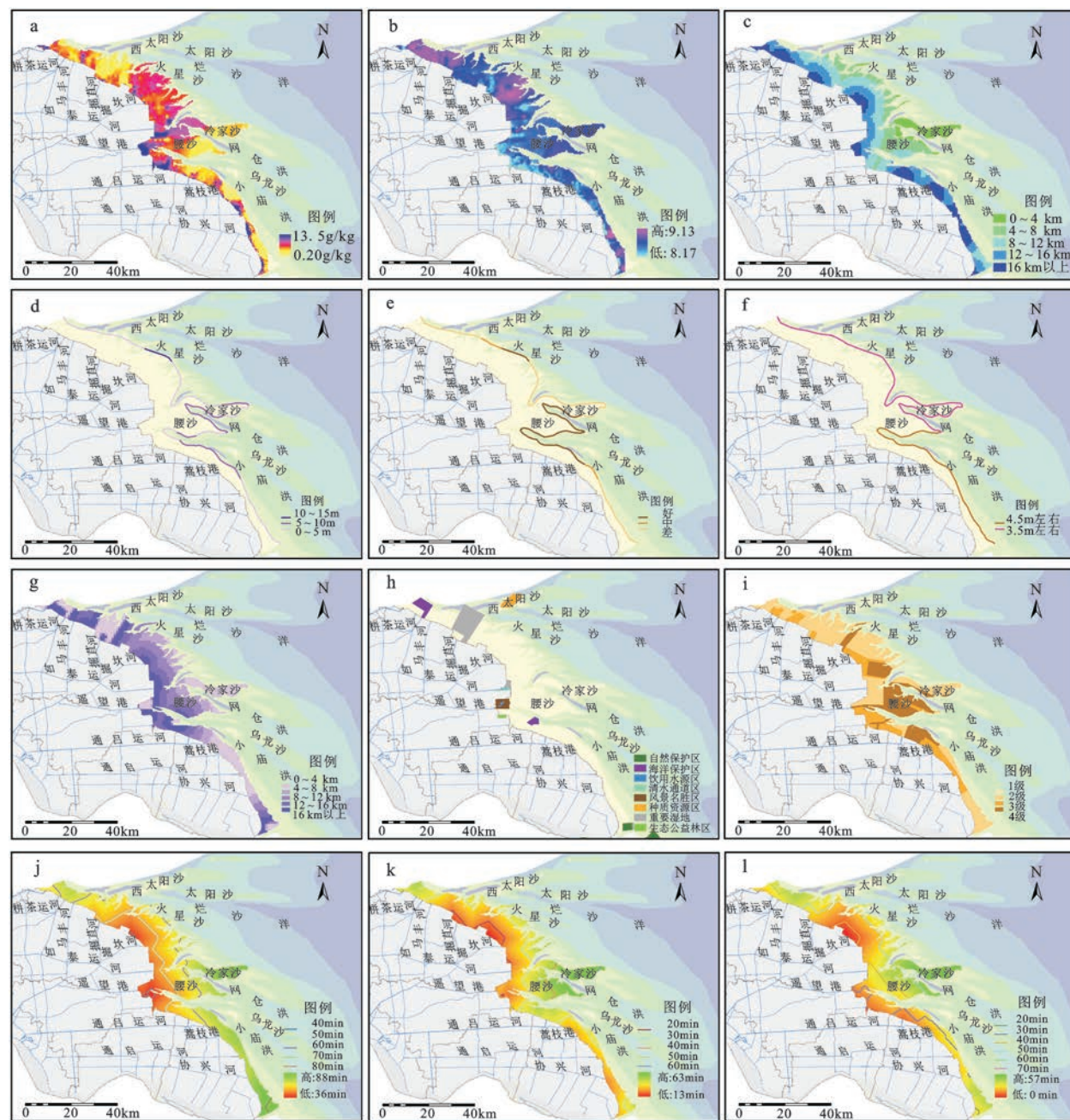
3) 指标分析与综合评价。简述如下:

(1) 土地质量。包括土壤有机质含量和土壤pH值。有机质含量总体较低,其中北陵河、如泰运河和遥望港入海口附近有机质含量高于10 g/kg,掘苴河、掘坎河和通启运河河口位于6~11 g/kg之间(图4a)。土壤pH值在8.18~9.13之间,呈弱碱性,其中北陵河以东、马丰河入海口以西、掘苴河入海口以东和如泰运河入海口以北pH值高于8.5,农业生产限制较强(图4b)。

(2) 淡水保障。九圩港、蒿枝港、遥望港、通吕运河、通启运河和如泰运河等清水通道附近淡水供给保障较好,北凌河、南凌河、马丰河、掘苴河、掘坎河等支河附近的淡水供给条件相对较好,其它地区的供水条件相对较差(图4c)。

(3) 岸线条件。包括岸前水深、掩护条件和潮差。掘坎河入海口以西、洋口港栈桥以东地区潮流通道水深10~15 m,船舶通过性较好,冷家沙西南部、腰沙东北部以及新开河港与蒿枝港之间水深5~10 m,其它地区水深均小于5 m。冷家沙和腰沙西南部、掘坎河入海口与洋口港栈桥之间以及新开河港与蒿枝港之间,距西太阳沙、火星沙、乌龙沙等沙洲少于5 km,掩护效果较好,其它地区缺乏辐射沙洲掩护。腰沙、冷家沙以北区域多年平均潮差约4.6 m,而吕四港及以南约3.7 m,对船舶进港作业时间约束相对较少(图4d、e、f)。

(4) 景观邻近度。南凌河、马丰河、掘苴河、遥望港河和如泰运河入海口附近地区林地、草地



a. 土壤有机质(g/kg); b. 土壤pH值; c. 至清水通道的距离(km); d. 岸前水深(m); e. 掩护条件;
f. 潮差分布(m); g. 景观邻近度(km); h. 生态红线区域; i. 环境容量(级); j. 至市中心的可达性(min);
k. 至市县城的可达性(min); l. 至高速互通口可达性(min)

图4 各项指标分布

Fig. 4 Indicators for suitability assessment of tidal flat in coastal zone of Nantong City

和湿地分布广阔,河港众多,景色优美,资源邻近性较好。通州湾地区离海洋地质遗址——牡蛎礁区较近,其它地区多为裸露盐碱地,景观单调(图4g)。

(5) 生态重要性。根据南通生态红线保护规划,北凌河、南凌河、掘苴河、如泰运河和遥望港入海口以及长江口北岸生态红线区域集中,以水源

水质保护、湿地景观保护、生物多样性保护以及特殊种质资源保护功能为主,多属于一级管控区域,其他地区的生态重要性一般(图4h)。

(6) 环境容量。水质目标等级越高,环境容量越小。根据《南通市海洋功能区划》,如东东南部、启东西北部地区的海水水质目标多为3和4

级,环境容量相对较大。如东县西北部、启东东南部地区海水水质标准以1和2级为主,环境容量相对较低(图4i)。

(7) 交通优势度。掘苴河与通吕运河入海口之间区域距离市中心通达时间多小于50 min,南凌河与遥望港入海口之间和通吕运河入海口以南区域至如东、启东县城的通达时间多小于30 min,掘苴河与通吕运河入海口之间大部分区域至高速互通口通达时间20~30 min,可达性较好,其它区域至交通节点通达时间相对较长(图4j,k,l)。

(8) 三类适宜性。根据表1和前面公式,分别计算旅游与生态保护、农业和港-工-城开发适宜性和指数。南凌河和马丰河入海口、遥望港入海口北部以及长江口北侧等地区,邻近小洋口海洋公园、牡蛎礁和滩涂湿地自然保护区,自然与人文景观集中,环境约束较强,生态保护或适当生态旅游活动适宜性较好。掘坎河、遥望港河、蒿枝港河、通启运河以及连兴港河河口地区淡水供给较为充裕,土壤较为肥沃,适宜开展滩涂农业种植。掘坎河北部、腰沙南部、牡蛎礁东南与蒿枝港以北区域,宜岸线集中、交通便捷、生态约束不强,适宜港口与城镇建设、发展临港工业,推动人口和经济集聚(图5)。

(9) 适宜类型划分与管制。生态保护与旅游适宜性好、农业生产和港-工-城开发适宜性较差或不高的单元划为生态保护与旅游开发区域,面积约325 km²,占总面积的24%,适宜滩涂生态系统服务功能维护和适度滩涂生态旅游。农业生产适宜性好,生态保护与旅游开发以及港-工-城开发适宜性较差或不高的单元,划为农业开发主导区域,面积约90 km²,占总面积6%,适宜发展滩涂渔

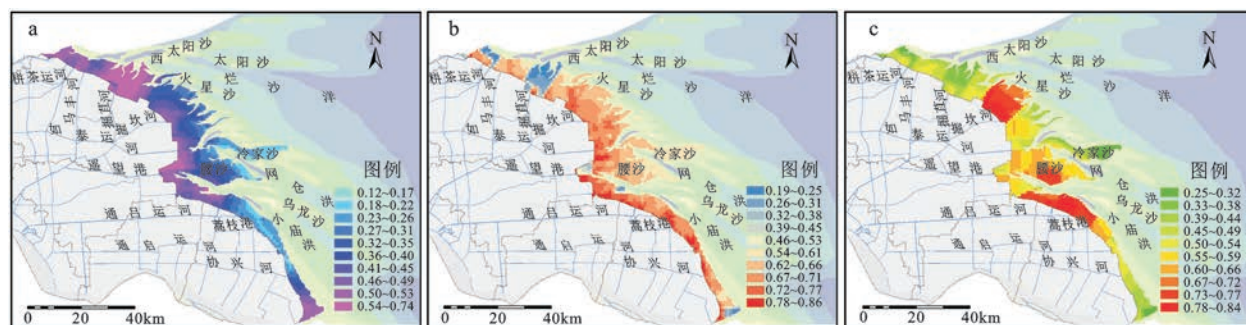
业养殖和农业种植。工业与城镇开发适宜性好、生态保护与旅游开发及农业生产适宜性较差或不高的单元,划为工业与城镇开发主导的区域,面积约344 km²,占总面积25%,适宜作为港口建设、临港工业开发和滨海城镇建设的主要承载空间。生态保护、农业生产和港-工-城开发的适宜性程度均不高的单元,划为保留区域,面积约613 km²,占总面积45%,待条件成熟后,或发展农业种养,或进行工业和城镇开发(图6)。

3.2 现行规划布局冲突与协调

叠置不同规划的空间布局方案,提取冲突靶区,调整冲突区域的功能类型。

1) 冲突分析。叠置土地利用总体规划的建设用地管制分区(以有条件允许建设用地区为主,下同)、滩涂围垦以及开发利用规划空间布局(以港口产业城镇空间为主,下同)和生态红线区域保护规划,可以发现,滩涂围垦以及开发利用规划确定的港口产业区与土地利用规划划定禁止建设区(建设用地管制分区)部分重叠,面积约108 km²,集中于如泰运河入海口和腰沙根部。生态红线区域主要位于土地利用总体规划划定的禁止建设区,整体较为吻合。滩涂围垦及开发利用规划的港口产业区与生态红线中的重要滩涂湿地区域部分重叠,面积约34 km²,位于如东北部掘苴河、南凌河入海口外侧。

2) 冲突区域功能协调。以空间适宜性为指引,按照生态保护优先、保护与开发空间均衡、兼顾开发利用现状的原则,调整不同规划冲突靶区的功能类型。考虑生态红线分布,调整侵占生态红线的港口产业区为生态保护区,禁止港口、工业与城镇建设,限制高强度的农渔业使用,保护湿地



a.生态保护与旅游; b.农业生产; c.港-工-城开发

图5 各类适宜性分布

Fig.5 Suitability for tourism, agriculture, harbor-industrial and town development in coastal zone

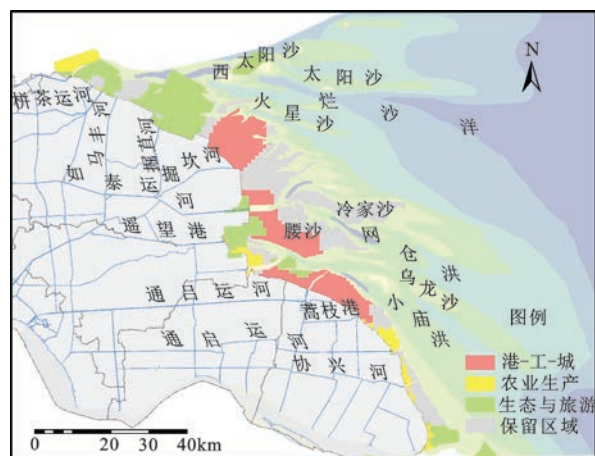


图6 适宜类型划分

Fig.6 Classification of tidal flat suitability

生态系统。参照空间适宜性分区中的港口-工业-城镇区分布,调整与滩涂围垦开发规划冲突的禁止建设区为有条件建设区,引导港口、工业集聚发展,促进区域经济,剩余冲突区域仍然作为禁止建设区(图7)。

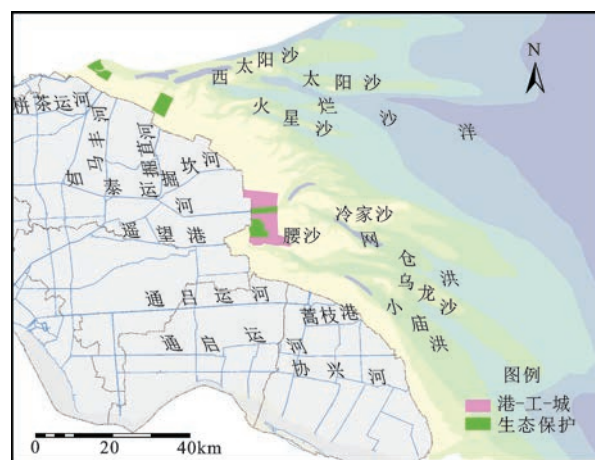


图7 冲突区域功能调整

Fig.7 Adjustment of conflicts between different plans

3.3 现行规划布局与适宜性的空间融合与管制

叠合冲突区域协调后的规划布局和适宜性分区方案,细分适宜性分区中的保留区域,形成生态保护为主、农业生产为主以及港-工-城开发为主的三类功能空间。

以生态保护为主的区域主要位于栟茶运河入海口北部、掘坎河入海口、如泰运河与遥望港入海口之间以及启东沿海东南部长江入海口地区,面

积约 325 km², 占总面积 23.5%, 需加强原生生境保护、适度控制生态旅游活动强度。以农业为主的区域集中于掘坎河入海口以北、冷家沙西北部以及协兴河与联兴港入海口之间区域, 面积约 452 km², 占总面积 32.7%, 需要实施水土改良措施, 控制农药化肥施用, 积极发展生态农业。以港-工-城开发为主的区域分布于掘坎河入海以南, 腰沙、冷家沙南部以及协兴河以北沿海滩涂区域, 面积约 605 km², 占总面积 43.8%, 鼓励工业、城镇点状集聚发展, 严格控制环境污染, 最大程度降低滩涂开发的生态环境压力(图8)。

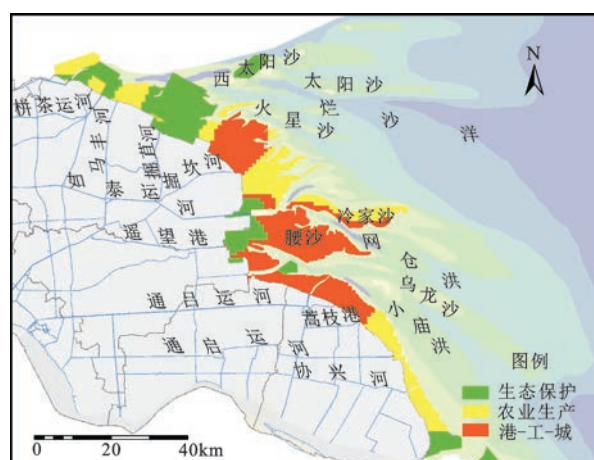


图8 主要功能空间分布

Fig.8 Spatial distribution of different function area in coastal zone of Nantong City

4 结论与讨论

海岸带滩涂资源环境条件及其组合, 决定了经济活动开展的“可能性”。对于特定地区而言, 滩涂开发还受内陆地区人地关系、区位条件、发展阶段等因素的作用, 这类因素促成的自组织作用对于滩涂开发往往更具“决定性”, 驱动着海岸带滩涂开发的持续演替。南通海岸带地区滩涂资源多样、开发基础良好, 具备综合开发的基本条件, 在“全面小康社会”的目标引领下, 在城市化加速发展、滩涂建港技术逐步成熟和资源环境瓶颈日益强化的叠加影响下, 农渔盐业主导的开发方式向生态旅游、农业和港-工-城一体化综合利用模式的转变已是大势所趋。

综合考虑生态红线区域保护、休闲旅游、农渔业生产以及港口-工业-城镇开发的多目标适宜性

评价与分区方法,可以为海岸带滩涂开发与保护活动的空间引导“描绘”一幅理想图景,但理想图景的“落地生根”仍然需要转化为地方行动意志。多目标适宜性评价在海岸带地区规划冲突协调的中应用,可以将适宜性评价的价值导向“融入”海岸带地区部门规划之中,“融合”后的空间布局既符合适宜性的导向,又与部门规划布局“无缝对接”。通过部门规划的实施,明确开发与保护活动执行主体,建立有效行动体系,有助于提升海岸带地区综合管理水平。

就适宜性评价与分区方法而言,从指标选择、指标量化、指标集成至类型划分,尽管已有众多研究作为借鉴,但主要基于统计分析和经验判断,分析指标空间梯度分异,指标分级和类型划分的地理意义有待进一步的深化研究。在部门规划冲突协调中,仅是将空间适宜性评价与分区结果在冲突区域功能(重点针对开发与建设与农旅生态保护功能的冲突)调整中进行了应用,部门规划的价值导向与适宜性评价与分区过程的融合较为薄弱(包括指标选择和集成等)。此外,本文仅从技术层面探讨海岸带滩涂区域冲突规划协调路径,有关规划冲突协调的制度架构设计等方面仍然有待深入探讨。

参考文献(References):

- [1] 侯西勇,徐新良.21世纪初中国海岸带土地利用空间格局特征[J].地理研究,2011,30(8):1370-1379.[Hou Xiyong, Xu Xinliang. Spatial patterns of landuse in coastal zones of China in the early 21st century. Geographical Research, 2011, 30(8): 1370-1379.]
- [2] 李博. 辽宁沿海地区人海经济系统脆弱性评价[J].地理科学, 2014,34(6):711-716. [Li Bo. Vulnerability in human-sea economic system of Liaoning coastal area in china. Scientia Geographic Sinica, 2014, 34(6): 711-716.]
- [3] 王琪琪,濮励杰,朱明,等.沿海滩涂围垦区土壤质量演变研究——以江苏省如东县为例[J].地理科学,2016,36(2):256-264.[Wang Qiqi, Pu Lijie, Zhu Ming et al. Soil quality evolution in coastal reclamation zones: A case study of rudong county of jiangsu province. Scientia Geographic Sinica, 2016, 36(2): 256-264.]
- [4] 范学忠,袁琳,戴晓燕,等.海岸带综合管理及其研究进展[J].生态学报,2010,30(6):2756-2765.[Fan Xuezhong, Yuan Lin, Dai Xiaoyan et al. The integrated coastal zone management(ICZM) and its progress. Acta Ecologica Sinica, 2010,30(6):2756-2765.]
- [5] 张长宽,陈欣迪.海岸带滩涂资源的开发利用与保护研究进展[J].河海大学学报(自然科学版),2016,44(1):25-33. [Zhang Changkuan, Chen Xindi. Advances in development, utilization, and protection of coastal tidal flats. Journal of Hehai University (Natural Sciences), 2016,44(1): 25-33.]
- [6] 王颖,季小梅.中国海陆过渡带——海岸海洋环境特征与变化研究[J].地理科学,2011,31(2):129-135.[Wang Ying, Ji Xiaomei. Environmental Characteristics and Changes of Coastal Ocean as Land-ocean Transitional Zone of China. Scientia Geographic Sinica, 2011,31(2):129-135.]
- [7] 裘江海,蒋鹏.国外滩涂开发与研究进展[J].浙江水利科技,2005,(3):12-14. [Qiu Jianghai, Jiang Peng. Discussion on the new development mode of the new Beach. Zhejiang Hydraulics, 2005,(3):12-14.]
- [8] 袁汝华,王震.江苏沿海滩涂开发模式选择[J].开放导报,2011,3(156):93-96.[Yuan Ruhua, Wang Zhen. On Model Selection of Coastal Jiangsu Mud Beaches. China Opening Journal, 2011,3(156):93-96.]
- [9] 陈君,张长宽,林康.江苏沿海滩涂资源围垦开发利用研究[J].河海大学学报(自然科学版),2011,39(2):213-219.[Chen Jun, Zhang Changkuan, Lin Kang et al. Spatial layout of reclamation of coastal tidal flats in Jiangsu Province. Journal of Hehai University(Natural Sciences), 2011,39(2):213-219.]
- [10] 翟金波,田伟君.滨海滩涂资源的开发历程及主要利用模式分析[J].安徽农业科学,2010,38(19):10186-10188. [Zhai Jinbo, Tian Weijun. Analysis on Development Process and Utilization Patterns of Coastal Beach Resource. Journal of Anhui Agriculture Science, 2010,38(19):10186-10188.]
- [11] 王芳,朱跃华.江苏省沿海滩涂资源开发模式及其适宜性评价[J].资源科学,2009,11(4):619-628. [Wang Fang, Zhu Yuehua. Development Patterns and Suitability Assessment of Tidal Flat Resources in Jiangsu Province. Resources Science, 2009,11(4): 619-628.]
- [12] 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. [Peng Jian, Wang Yanglin, Jing Juan et al. The Research on Ecological Development of Shoaly Land in the East of China in Different Spatial Scales. Progress in Geography, 2003,22(5): 515-523.]
- [13] 何书金,李秀彬,刘盛和,等.环渤海地区滩涂资源特点与开发利用模式[J].地理科学进展,2005,21(1):25-34.[He Shujin, Li Xiubin, Liu Shenghe et al. Beach Resource Characteristics and Development Model in Bohai Rim. Progress in Geography, 2005,21(1):25-34.]
- [14] Campbell M L, Hewitt C L. A hierarchical framework to aid biodiversity assessment for coastal zone management and marine protected area selection[J]. Ocean & Coastal Management, 2006, 49:133-146.
- [15] Bertollo P. Assessing ecosystem health in governed landscapes: A framework for developing core indicators[J]. Ecosystem Health, 1998, 4:33-51.

- [16] Martinez M L, Gallego-Fernandez J B, Garcia-Franco J G et al. Assessment of coastal dune vulnerability to natural and anthropogenic disturbances along the Gulf of Mexico[J]. *Environmental Conservation*, 2006, 33:109-117.
- [17] Stojanovic T A, Ballinger R C. Integrated coastal management: A comparative analysis of four UK initiatives[J]. *Applied Geography*, 2009, 29:49-62.
- [18] Arheimer B, Torstensson G, Wittgren H B. Landscape planning to reduce coastal eutrophication: agricultural practices and constructed wetlands[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2004, 67: 205-215.
- [19] Christensen S M, Tarp P, Hjortso C N. Mangrove forest management planning in coastal buffer and conservation zones, Vietnam: A multi-method logical approach incorporating multiple stakeholders[J]. *Ocean & Coastal Management*, 2008, 51: 712-726.
- [20] Ma Z J, Li B, Li W J et al. Conflicts between biodiversity conservation and development in a biosphere reserve[J]. *Journal of Applied Ecology*, 2009, 46:527-535.
- [21] 王颖. 充分利用天然潮流通道建设江苏洋口深水港临海工业基地[J]. *水资源保护*, 2003, 19(6):1-4. [Wang Ying. Full use of natural tidal channel for construction of Yangkou deep-water port and industrial base along Jiangsu coast. *Water Resources Protection*, 2003, 19(6): 1-4.]
- [22] 郭焕成, 孙艺惠, 任国柱, 等. 北京休闲农业与乡村旅游发展研究[J]. *地球信息科学*, 2008, 10(4):453-461. [Guo Huancheng, Sun Yihui, Ren Guozhu et al. Study on the Development of Leisure Agriculture and Rural Tourism in Beijing. *Geo-information Science*, 2008, 10(4):453-461.]
- [23] 张结魁. 区域旅游资源评价体系构想与实证研究[J]. *资源科学*, 2003, 25(3):90-97. [Zhang Jiekui. Assessment System of Regional Tourism Resources: A case of Xi pan City. *Resources Science*, 2003, 25(3):90-97.]
- [24] 曾涛, 邸雪颖, 杨光, 等. 湖泊湿地生态旅游资源评价——以兴凯湖国家级自然保护区为例[J]. *东北林业大学学报*, 2010, 38(5):110-113. [Zeng Tao, Di Xueying, Yang Guang et al. Evaluation on Eco-tourism Resources in Lake Wetlands: A Case Study in Xingkai Lake National Nature Reserve. *Journal of Northeast Forestry University*, 2010, 38(5):110-113.]
- [25] 王进欣, 黄巧华, 李超, 等. 苏北海岸带盐沼生态系统对二氯苯的自然吸收通量特征[J]. *地理科学*, 2014, 34(4):491-497. [Wang Jinxin, Huang Qiaohua, Li Chao et al. The characteristics of fluxes of natural removal of dichlorobenzene from atmosphere in a coastal salt marsh of northern Jiangsu. *Scientia Geographica Sinica*, 2014, 34(4): 491-497.]
- [26] 李蓉蓉, 王学雷. 基于GIS的江汉平原湖区农业用地适宜性评价[J]. *华中师范大学学报(自然科学版)*, 2000, 34(2):237-240. [Li Rongrong, Wang Xuelei. Study on the GIS-based agricultural land suitability evaluation in Jiangnan plain-lake district. *Journal of Central China Normal University*, 2000, 34(2):237-240.]
- [27] 唐秀美, 陈百明, 路庆斌. 栅格数据支持下的耕地适宜性评价研究——以山东省章丘市为例[J]. *资源科学*, 2009, 31(12): 2164-2171. [Tang Xiumei, Chen Baiming, Lu Qingbin et al. Cultivated Land Suitability Evaluation Based on Raster Data: A Case Study on Zhang qiu City of Shandong Province. *Resources Science*, 2009, 31(12):2164-2171.]
- [28] 陈诚. 沿海岸线综合适宜性评价[J]. *资源科学*, 2013, 35(5): 950-957. [Chen Cheng. Coastline Resources Evaluation of Coastal Ningbo City. *Resources Science*, 2013, 35(5):950-957.]
- [29] 孙伟, 陈诚. 海岸带的空间功能分区与管制方法——以宁波市为例[J]. *地理研究*, 2013, 32(10):1878-1889. [Sun Wei, Chen Cheng. Spatial function regionalization and spatial governance of the coastal zone: A case study in Ningbo City. *Geographical Research*, 2013, 32(10):1878-1889.]
- [30] 王静静, 刘敏, 权瑞松, 等. 沿海港口自然灾害风险评估[J]. *地理科学*, 2012, 32(4):516-520. [Wang Jingjing, Liu Min, Quan Ruisong et al. Natural disaster risk assessment of coastal ports in China. *Scientia Geographica Sinica*, 2012, 32(4): 516-520.]
- [31] 中国国家标准化管理委员会. 农用地质量分等规程: GB/T28407-2012[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012. [Standardization Administration of the People's Republic of China. Regulation for gradation on agriculture land quality: GB/T28407-2012. Beijing: Standards Press of China, 2012.]

Coastal Tidal Flat Development Mode Choice and Spatial Configuration of Different Functional Areas in Nantong Coastal Zones

Chen Cheng

(Key Laboratory of Watershed Geographic Sciences, Nanjing Institute of Geography & Limnology,
Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, Jiangsu, China)

Abstract: To coordinate the relationships between resource and environmental capacities of coastal zone and sustainable social economic development is the hotspots concerned by the government agencies and societies. Tidal flat is one of the most important resources in the coastal zone. How to identify tidal flat resources development mode and spatial function arrangement is an important scientific problem which needed to be solved in the integrated coastal zone management, it plays an important role in promoting sustainable development in the coastal area. Based on literature review of the integrated coastal zone management, the relationship between resources and social-economic conditions and evolution laws of the tidal flat development mode in coastal area is explored. Integrated with resources conditions, tidal flat developing history and regional development background analysis in Nantong coastal zone, this article proposes that comprehensive tidal flat developing mode which includes ecological protection and tourism, agricultural production and industrial-town development should be carried out in the future. Later, the logical route and the method of spatial arrangement of different economic and social activities are discussed integrated with the management of key ecological area, coordination and cooperation among multi-sectors and suitability assessment support. Empirical analysis of coastal zone in Nantong City shows that except for allocating space for tidal flat tourism, agriculture, harbor-industrial and town, we should also reserve large tidal flat area for the next generation. After coordinated with different planning covering the coastal zone area, the area proportion of different economic activities were identified, they were 23.5%, 32.7% and 43.8%. The spatial configuration results is obtained as follows, tidal flat for ecological protection and tourism are mainly distributed in eastern part of the Mafeng River and the eastern part of the Yaowanggang River, tidal flat for agriculture are concentrated in eastern part of Rutai river and the southern part of the Yaowanggang River, tidal flat for harbor-industrial and town are mainly distributed in northern part of Juekan river and southern part of radial sand ridges of Yao. Finally, this article explores spatial management rules to enhance the dominant function of different areas, and optimize the configuration of production factors, including economic activities agglomeration scale control, the use of pesticides and chemical fertilizers restrict, and waste disposal central control, which can provide an scientific guidance for tidal flat resources sustainable development. This study also indicates that the coordination regimes among different sectors should be explored deeply in the further.

Key words: tidal flat resources in the coastal zone; tidal flat resources development types; configuration of different functional space; Nantong City