

河口海岸滩涂开发治理与管理研究进展

陆永军¹, 侯庆志^{1,2}, 陆彦¹, 王艳红¹, 季荣耀¹

(1. 南京水利科学研究院 水文水资源及水利工程科学国家重点实验室, 江苏 南京 210029; 2. 南京师范大学 地理科学学院, 江苏 南京 210046))

摘要: 随着经济社会快速发展, 城市化进程加快, 对滩涂资源的圈围开发已成为缓解日益增长的土地供需矛盾的重要途径。对有限滩涂资源的不合理开发已严重影响到许多河口海岸的自然演变规律, 致使滩涂资源的再生能力下降甚至逆转, 进而威胁河口海岸地区的防洪安全和水资源安全, 影响沿海地区的经济和社会可持续发展。滩涂资源及其承载能力是有限的, 在一定时期、一定的生产力发展水平下, 需要以维护生态、环境健康为前提, 以保障经济社会可持续发展为条件。简述了河口海岸滩涂开发治理与管理研究进展, 包括滩涂开发利用的国内外现状及对环境影响、滩涂资源可持续开发利用评价、管理体系的构建, 在此基础上指出了我国未来研究的方向。

关 键 词: 河口海岸; 滩涂; 开发治理; 可持续; 管理; 进展

中图分类号: P748

文献标志码: A

文章编号: 1009-640X(2011)04-0001-12

河口海岸滩涂不仅是重要的后备土地资源, 也是重要的湿地资源, 具有蓄洪抗旱、稳定海堤、缓冲风暴潮侵袭、控制土壤侵蚀、促淤造陆、保护生物多样性、补充地下水、降解环境污染等功能。滩涂资源的合理开发利用、科学保护和有效管理, 对于促进经济社会可持续发展, 保障防洪安全、维护河口河势稳定、增强供水保障和保护生态环境等方面都具有十分重要的意义。河口海岸地区是人类最重要的生产活动空间, 是经济政治最活跃的地区, 创造和集中了人类大部分的财富, 在国民经济和社会发展中的重要地位日益突出, 但土地需求问题也尤为突出。随着社会经济的迅猛发展, 沿海各地区、各部门对河口海岸滩涂资源的开发利用提出了新的更高要求。同时近年来在人类活动和气候变化的双重作用下, 河口来沙日益减少, 岸滩普遍侵蚀, 滩涂开发与保护矛盾凸显, 直接关系到河口河势的稳定以及海岸的防护, 对河口海岸地区的行洪、排涝、纳潮、供水、水土保持、航运及生态环境等都造成一定的负面影响。本文综述了近十多年河口海岸滩涂开发治理与管理研究进展, 指出了进一步研究的方向, 以期能够对河口海岸滩涂的开发治理与管理及滩涂资源保护利用有更进一步的认知。

1 国内外滩涂开发利用现状

河口海岸丰富的滩涂资源为人类提供了广阔的生存空间, 世界上土地资源不足的沿海国家与地区, 都采取围海造地策略。英国塞文河口、沃什湾区域的围垦可以上溯到罗马时代。荷兰近 800 a 的围海造地历史中累计围海造地约 9 000 km², 相当于国土陆地总面积的 1/4。新加坡国土面积约 6 800 km², 过去 40 多年中已填 100 km² 的新土地。根据 2001 年发表的发展概念总蓝图, 新加坡计划再填 80 km² 的土地。日本填海造陆

收稿日期: 2011-08-11

基金项目: 国家自然科学基金资助 NSFC-NOW 项目(中荷)(51061130546); 国家自然科学基金资助项目(50879047); 全国河口海岸滩涂开发治理与管理规划

作者简介: 陆永军(1964-), 男, 江苏南通人, 教授级高级工程师, 主要从事泥沙及河流海岸动力学研究。

E-mail: yjlu@nhri.cn

甚为广泛,如神户的港岛填筑、六甲人工岛、关西机场等都是建在 420 m 水深的浅海. 韩国在 1946—2002 年间共围海 2 211.1 km²,近年来围海的数量、面积和规模逐渐加大. 我国围海造地历史悠久,千百年来围垦面积约达 10 多万 km²,约为荷兰国土的 3 倍. 1950—2000 年全国围海面积 11 000 ~ 12 000 km². 1951—2007 年江苏沿海地区累计围垦滩涂 203 个垦区,总面积 2 686.7 km²[1].

近 30 a 来国内外滩涂围海工程从高滩逐渐转移到中低滩,未来 50 a 滩涂围垦将以中低滩和浅海造陆为主[2]. 我国在 1978 年前,圈围区域主要在潮上带,1978 年后,潮间带被大量圈围(图 1)[3]. 科学技术如人工促淤、生物促淤起到了关键作用. 浦东国际机场一期工程的围堰半年内淤积最快的地方达 27 m;长江口九段沙种青促淤引鸟生态工程使得滩地一年淤高 30 cm. 生物促淤在国外如英国已有较长时间的实践.

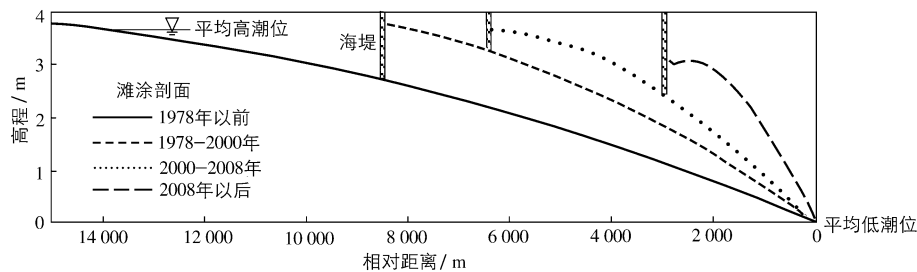


图 1 江苏大丰滩涂剖面历史变化示意图[3]

Fig. 1 Sketch map of the Dafeng intertidal flat profiles, showing historical morphological changes

目前国内外滩涂资源围垦与开发利用模式主要有 3 类,即生存安全需求、工农业发展利用模式和环保产业利用模式. 相比国内,国外更重视滩涂高效可持续利用,如建立大量的自然保护区,发展旅游等[4].

滩涂地区土地开发利用存在着以荷兰为代表的围垦毗连海岸片陆地模式、以日本为代表的离岸填筑人工岛模式和以香港、澳门为代表的废弃物填海造陆模式等.

20 世纪 80 年代以来,世界沿海各国都在大力研究滩涂生物开发技术模式,在滩涂地带海洋生物高技术发展方面,尤以美国、日本处于领先地位. 另外,国外有些发达国家已在研究开发适应海涂生长的耐盐作物方面取得重大突破,如海水灌溉农业,而我国在这方面目前仍相对落后[2].

20 世纪 90 年代初,世界在滩涂地区进行的淡化水日产量已超过 1 200 万 t,并主要供应城市生活用水,但目前滩涂地区海水淡化成本还很高. 目前滩涂海水淡化技术的大市场在中东,并已经形成一个大的新兴产业,美国、日本、意大利等发达国家此技术的发展较快,应用也非常普遍. 尽管部分工艺设计已接近国外先进水平,但相比而言我国滩涂地区淡水利用水平仍显落后[2].

2 滩涂开发利用对海岸带环境影响及评价

2.1 滩涂开发利用对环境的影响

2.1.1 资源量直接减少 国内外绝大多数沿海国家在海岸带滩涂湿地开发利用进程中均经历了或正在经历着无序、过度开发的过程,直接减少了滩涂资源量. 英国自罗马时代开始的围垦到 1991 年共造成了 888.2 km²的面积损失[5]. 过去 10 a 间以新万金为代表的围垦活动使韩国的沿海湿地面积减少了 810 km²[6]. 类似的例子还有美国路易斯安那州[7]、法国大西洋沿岸的滩涂[8].

2.1.2 生态环境的影响 人类活动通过生活及工农业生产排污给滩涂自然生态环境带来了严重的污染,但这种影响却远小于港口、能源、化工、城镇建设等全面开发活动带来的污染影响. 如非洲沿海岸带一些地区由于对海岸带滩涂湿地资源的不合理开发造成严重污染[9]. 此外,新围土地脱盐及种养过度抽取地下水则使地面下沉和海水入侵,如荷兰圩田周围曾出现过明显的地面下沉[10].

滩涂区域围填开发因改变了当地的水文和沉积环境而对生态系统造成了一定影响,如因水流不畅,围垦区内水域的生物群落发展水平明显不及垦区外. 此外,垦区外海域附近潮滩底栖动物也因工农业排污而受到

了严重影响.如在英国沃什湾^[11]、日本谏早湾、我国苏北竹港和上海市^[12]的滩涂区域都出现了因围垦导致水生动物大量死亡或数量锐减的例子.新淤涨涂面形成的湿地、生物种类一般需要数十年甚至上百年的时间才能逐步恢复,因而一些以湿地为栖息地的水鸟等生物的生存也变得更加艰难.

2.1.3 水动力环境、冲淤演变特征、河口河势及防洪的影响 最初人们对围海工程的影响进行论证多从水动力条件和海洋冲淤条件的改变这两方面来考虑^[13],近年来一般借助卫星遥感动态监测^[14-15]、实测水下地形对比以及水流泥沙数学模型^[16-17]的方法完成该类研究.如陆永军等^[18-19]建立了主要由底床状态、水动力、泥沙输运和地形更新等四个模块组成的多因子复合动力地貌数值模拟系统,并运用大量实测资料进行详细验证,研究了曹妃甸海域围填海开发的动力地貌响应过程.已有研究多认为,只要围垦规划得当,其对滩涂冲淤演变的影响是可以控制的.

滩涂开发如长江口历史上实施的大部分圈围工程对河势都起到了积极的稳定作用,但也有个别因片面追求土地效益而对总体河势或者局部河势产生了不利影响^[20].围垦工程有时会通过抬高河口沿程水面线而加剧洪涝灾害,需要实施相关防洪排洪工程,有学者^[21]基于数学模型进行了相关防洪影响评价研究.

李加林等^[12]从水沙环境、海岸带物质循环、滩涂生物生态学和盐沼恢复与生态重建等4方面综述了围垦工程对环境影响的主要研究进展及存在的问题,并指出应加强多学科合作的综合研究,探讨滩涂围垦对海岸环境的影响机制,以寻求兼顾围垦土地需求与海岸带生态保护的持续发展之路.魏有兴^[22]以生态足迹数据为参考,建立了滩涂开发的生态环境响应机制.还有学者进行了滩涂开发对海岸带微气候的可能影响研究,但这类研究目前较少.

2.2 滩涂开发利用环境影响评价

美国于1969年第1次正式提出了环境影响评价的概念,之后,世界各国相继建立环境影响评价制度,我国也先后颁布和实施了环境保护法和环境影响评价法,并规定围垦造地、围海造地等项目的环评全部要编制环境影响报告书,因而在法律上确认了滩涂开发环境影响评价制度,也形成了比较健全的法规体系^[23].而在国外如巴西,早在1986年就规定滩涂地区所有大项目都必须进行环境影响分析,迄今巴西共有超过300个不同层次的政府机构进行滩涂地区环境保护工作^[2].

已有滩涂开发治理对海岸带环境影响评价研究多为针对单个围填海工程的生态系统服务影响^[23]和环境容量损失^[24]等,对自然保护区的影响评价^[25]较少.近年来,环境影响的累积评价^[26]和后评价研究^[27]逐渐受到重视.相比而言,目前缺少相关环境影响的前期评价研究.

环境累积影响一词至今尚未有公认的概念,由于累积影响途径和效应的复杂性及其涉及领域的多学科性,即使是在该方面已开展多年工作的美国和加拿大,累积影响评价公认的原则、框架和成熟的方法仍尚未形成^[28].环境影响后评价的提法很多,如我国的验证性评价、事后评价、回顾性评价等,国外的诸多提法中Post-Project Analysis最常用.国外相关研究始于20世纪80年代,但目前国内外该方面理论和方法体系仍处于发展初期的探索.

货币化评估的结果直观,近年来应用较多(图2)^[29],但目前国内外围填海造成的海岸带生态系统服务损耗的相关研究仍无统一、固定的技术方法可循.

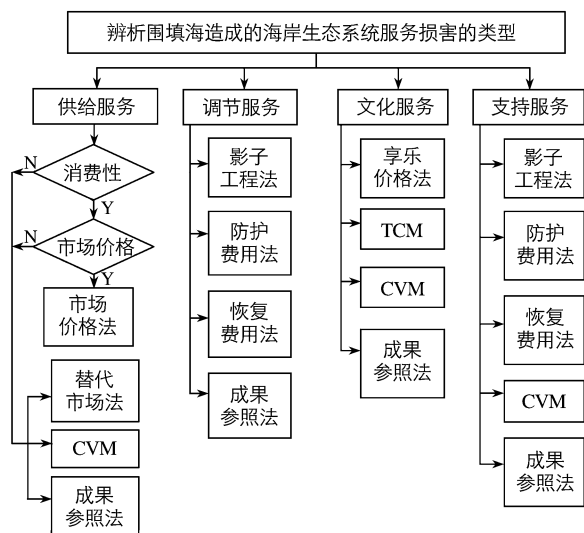


图2 围填海造成的海岸带生态系统服务损耗的货币化评估技术的选择

Fig. 2 Framework for selecting feasible evaluation approaches

3 滩涂资源可持续开发利用研究

经历了一个过程之后人们认识到海岸带资源价值包括直接利用价值和生态服务价值,后者包括间接利用价值和非利用价值.滩涂资源直接利用,价值是指其物质产出功能的价值,间接利用价值主要包括其在调节气候、涵养水源、调蓄洪水、稳定岸线方面的功能,非利用价值主要是指其在保护生物多样性和科研文化服务方面的价值.早在 20 世纪 80 年代,西方许多学者就提出了要保护海岸带资源及研究海岸带资源价值.滩涂围垦开发对自然环境会产生一定影响,这要求在开发前先经过详细的资源评估,确定适宜的开发形式,达到可持续发展的目标.

3.1 滩涂资源价值评估

R. Costanza 等^[30]综合各种方法最先完成了对全球海岸带生态系统服务功能价值的估算,有学者随后丰富了这一研究^[31-32],在此基础上另一些学者提出了滩涂资源价值货币化估算方法.

目前环境资源和生态系统服务价值量化研究公认的技术方法主要有 3 类^[29]:(1)直接市场法,即根据直接的市场交易数据进行价值评估,包括市场价格法、生产率变动法、人力资本法等;(2)替代市场法,即根据间接的市场交易数据进行价值评估,包括影子工程法、防护费用法、恢复费用法、旅行费用法、享乐价格法等;(3)假想市场法(调查评价法),即当缺乏价格数据或相关数据而无法采用市场价值法时,通过调查来获得人们对某一物品或服务的估价,该方法最常用的技术是或然价值法(CVM).

滩涂资源直接使用价值的评估多直接利用经济学方法来确定产品价值,如市场评价法、旅游资源价值评估法、收益还原法等.另有一些基于支付意愿的滩涂湿地价值间接评估方法,但受主观因素影响较强,评价结果的变动性较大.美国于 1981 年和印度尼西亚于 1994 年都曾使用市场评价法进行过滩涂直接使用价值的评估^[33].张绪良等^[34]采用市场价值法估算了黄河三角洲滨海滩涂的直接使用价值.

滩涂资源间接使用价值的评估有防护费用法、存在价值的模拟市场法、重置成本法等.重置成本法根据生态系统功能被破坏以后将其恢复原状所需支出的费用来推算该功能决定的生态系统服务价值,如张绪良等^[34]利用重置成本法估算了黄河三角洲滨海湿地的非直接使用价值.滩涂稳定岸线功能价值评价的研究在美国较为深入,已经开发和完善了湿地功能评价的水文地貌方法,并利用基于海岸带湿地斑块的几何特征和地貌特征建立的海岸带稳定岸线功能评价方法,评价了墨西哥湾西北部潮间带湿地的稳定岸线功能^[35].万峻等^[35]运用水文地貌的方法,以反映海岸线稳定的滩涂景观单元为基本评价指标,对 20 世纪 50 年代以来的渤海湾天津段潮间带湿地稳定岸线功能的退化进行了评价.

CVM 是目前非使用价值评估的主流方法,一般通过直接询问或问卷调查的方式获取基础信息,具有相比其他非市场评估方法的灵活性.但人们对滩涂资源价值尤其是非使用价值的认识水平受对资源了解程度、偏好、自身个性、城市生活环境影响^[36],因而该方法在有效性和可靠性方面目前仍存在缺陷.有的学者^[34]采用同类研究成果的专家判断法进行了滩涂资源非使用价值的评估.

资源价值评估体系应用的较好途径是建立评估数据库,目前国际上相关领域的研究工作已经开始.美国马里兰大学的 Villa 等^[37]设计并实施了用于支持生态系统服务价值评估的数据库,加拿大与澳大利亚也建立了相关的数据库,并逐渐智能化,提供了数据共享及交流的平台.该类数据库尽管目前还不完善,但是为滩涂资源评价管理系统的建立提供了参考.该类数据库的建立需要注意数据的有效性、准确性及可获得性.

3.2 滩涂资源开发模式适宜性评价

借鉴 15 世纪即已产生的土地适宜性评价,一些学者进行了滩涂土地资源开发模式适宜性评价研究,这类研究与环境影响评价过程类似,评价模型近年来有 BP 神经网络、基于 GIS 的模型等.杨东等^[38]采用目前在滩涂开发适宜性评价中应用较少的 BP 神经网络方法对山东省东营市三县两区的滩涂利用现状进行了适宜性评价.王繁等^[39]选择浙江沿海典型海涂围垦区,基于 GIS 建立评价因子的栅格空间属性数据库,运用层次分析法确定评价因子权重,在 GIS 软件的栅格计算器中编程进行模型运算,获得评价目标的综合指数值,

并且以此划分了土地适宜性等级。另外一些该类研究则定性地提出一些评价因子,通过对各滩涂开发模式进行优劣势和可行性分析,从而得出区域适宜滩涂开发模式。如王芳等^[40]采用包括资源、环境、经济和社会子系统等17个关键要素作为影响因子,通过对各滩涂开发模式优劣势和可行性的分析,得出了适宜江苏省的滩涂开发模式(图3)。

另有学者提出了滩涂资源开发利用的模式如自律式发展模式、生态开发模式和立体开发模式等,也有学者进行了滩涂开发优先度、滩涂生态系统功能-效益综合评价的研究,还有学者进行了滩涂围垦空间布局的研究。如张长宽等^[1]指出滩涂开发布局要遵循海岸演变的自然规律,并以不破坏生态环境、不改变辐射沙脊群总体动力格局、不影响港口岸线与深水航道、不妨碍入海河口泄洪排涝能力为前提,科学确定滩涂围垦布局。该研究将江苏沿海滩涂共划分为6大垦区,同时指出鉴于垦区空间布局主要以高滩为主,需要维持潮流通道畅通,在保护现状港口资源的基础上开发潜在港口资源,有效地增加海岸线长度,保证开发与生态保护的可持续发展。

3.3 可持续开发利用评价体系

国内外海岸带可持续发展评价研究目前已经趋于成熟,但现有这类研究较少专门针对滩涂,而多针对包括滩涂区域的海岸带或者海岸带湿地、海湾、海岛等范围较大区域。

3.3.1 评价体系的构建 可持续利用评价体系的构建包括分析评价对象特征,确定评价对象范围,然后进行评价指标的选取、分值、评述、权重计算,进而选取适当的评价模型,进行指标合成计算。

评价指标一般根据具体研究选取具有时效性、动态性、代表性、可操作性和易获取性的基础数据信息,进而进行归纳总结得出。目前指标名称不统一,如有的研究分为目标层、系统层和状态层^[41]。

指标的分值一般通过对措施层进行细化和量化,并根据相关法律法规、技术规范,给出标准化处理的分值计算方法或打分标准,并通过检验判断矩阵的一致性,对评价指标体系进行修正和优化。

指标赋权重是可持续发展指标体系计算的核心内容,当前主流的权重赋值方法有专家咨询法(又称特尔菲法)、平均赋权法、主成分分析法、层次分析法(AHP)和因子分析法等。专家咨询法简单易行、应用方便,但受人为主观因素影响较大。主成分分析法依据指标贡献率的大小来确定指标权重,在实践中应用较多、效果较好,但需要大量的样本数据支持。层次分析法能将人的主观判断用于数学表达处理,并在一定程度上检验和减少主观的影响,使评价更趋科学化,目前使用频率最高^[42]。

3.3.2 常见评价模型 近年,关于生态、资源与环境可持续发展的评价模型主要有“压力-状态-响应”(PSR)模型、“驱动力-压力-状态-影响-响应”(DPSIR)模型、“驱动力-状态-响应(DSR)”模型等。这些模型涵盖了经济、社会、环境、政策等因素,尤其是DPSIR模型^[43-44],不仅能表达社会、经济发展和人类活动对环境的影响,也能反映人类活动及其最终导致的环境状态对社会的反馈(图4)。随着对海岸带研究的逐步深入,一些学者基于这些模型提出了海岸带及滩涂生态环境效益

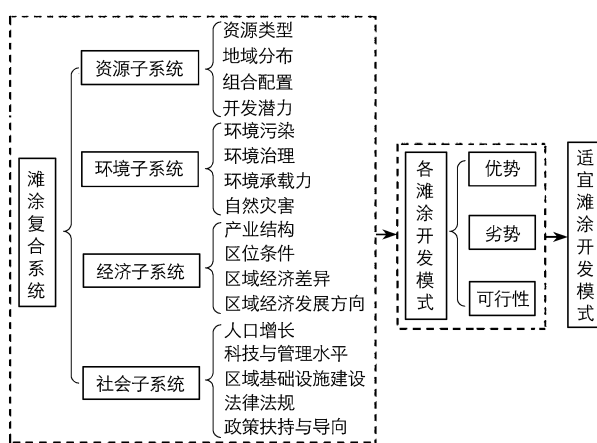


图3 适宜滩涂开发模式评价内容及过程^[44]

Fig. 3 The identified assessment contents of suitable development pattern of tidal flat and assessing process

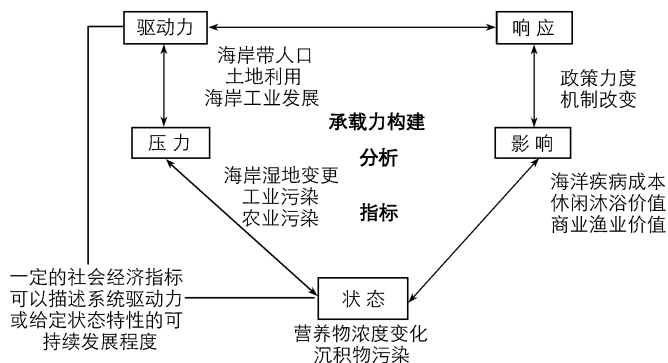


图4 驱动力-压力-状态-影响-响应模型^[54]

Fig. 4 Driver-Pressure-State-Impact-Response model for indicator development

和可持续发展的评价体系,如戴亚南等^[45]选取海岸带自然环境特点和人类活动两大因素作为压力指标构建了 PSR 模型,评价了江苏海岸带生态环境的脆弱性.还有学者进一步进行了基于 PVS 模型的包括滩涂在内的海湾脆弱性评价^[50](图 5).但这类方法对资料收集要求较高,适合于有资料积累的沿海地区.

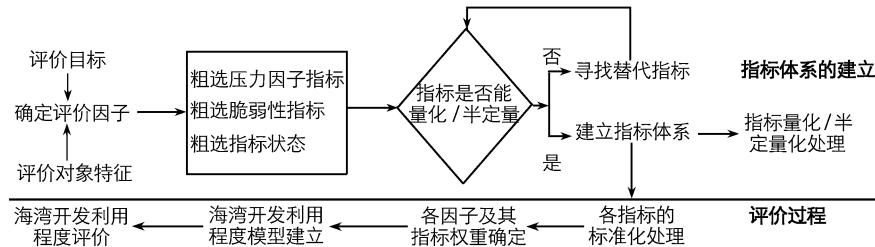


图 5 海湾开发利用程度评价概念框架^[50]

Fig. 5 Evaluation framework of bay development and utilization level

除评价模型外,还有针对滩涂承载力的研究.环境承载力的概念出现于 20 世纪六、七十年代,目前海域环境承载力研究也逐渐深入,一些学者提出了海域环境承载力的评价指标体系及评价方法.但目前还没有关于海域环境承载力系统完整的定义,针对滩涂的环境承载力研究也还较少.潘桂娥^[4]首次提出滩涂资源承载力的概念,即一定时期内、一定的生产力发展水平下,以维护生态、环境可持续发展为前提,以保证滩涂资源对社会经济、人口、生态等方面的支撑为持续平衡增长为条件,滩涂资源可以达到的最大支撑能力.杨山等^[48]构建海洋生态足迹滩涂子模型评价了江苏省滩涂的生态承载力(图 6).

以上所述的滩涂资源评价体系因出发点不同而有很多,且具有明显的地域特色,目前没有完整的理论体系,但有进一步修改完善的必要,而且有的评价体系的实用性需在实践中检验.

4 开发治理管理体系的构建

如何有效管理是滩涂开发首先要解决的问题,欧美等国家在滩涂的规划和管理上处于国际领先水平.早在 20 世纪 30 年代就有学者提出对伸到大陆架外部边缘的海洋空间和海洋资源区域采用综合管理方法,把某一特定空间内的资源、海况以及人类活动加以统筹考虑的观点.经过近百年的发展,西方发达国家已经积累了丰富的滩涂开发管理经验,其中海岸带综合管理(ICZM)就是比较成熟和先进的管理理念,形成了美国夏威夷和阿拉斯加管理模式、加拿大管理模式、澳大利亚管理模式、日本管理模式和荷兰管理模式,我国目前也有厦门管理模式^[49]等.目前,ICZM 理念(图 7)已被许多发达国家和发展中国家所接受^[50],各国也在法律法规上体现出对海岸带综合管理的支持力度,如马来

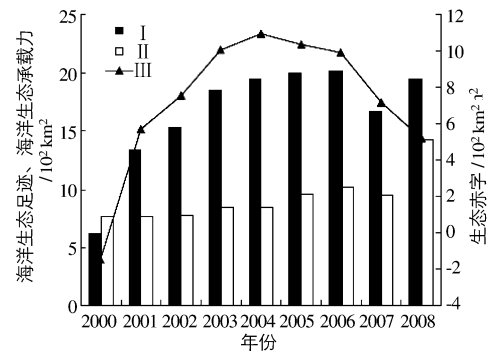


图 6 江苏省海洋生态足迹(I)、生态承载力(II)和生态赤字(III)^[57]

Fig. 6 Marine ecological footprint, carrying capacity and deficit

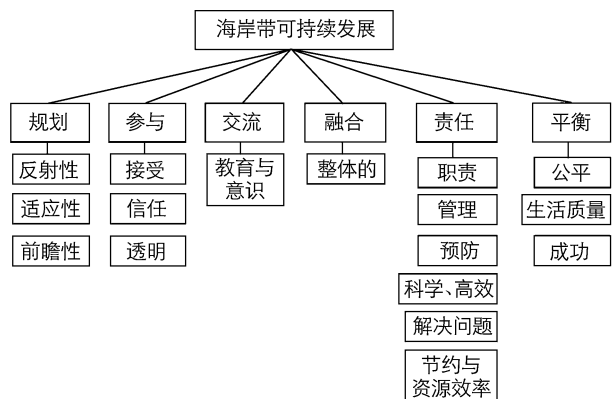


图 7 ICZM 可持续示意图^[59]

Fig. 7 ICZM sustainability root diagram

西亚的国家海岸带资源综合管理政策、加拿大的“海洋行动”战略^[33]、欧洲海洋及海岸带可持续发展战略^[51]、南非的综合海洋(岸)资源管理法案^[52]以及我国的海洋环境保护法等。总体而言,我国关于海岸带综合管理的研究才刚开始^[4]。

4.1 我国滩涂管理现状

为了充分利用河口滩涂,我国部分沿海省份相继颁布了相关管理条例,如《广东省河口滩涂管理条例》、《福建省沿海滩涂围垦规划(2001—2020年)》、《浙江省滩涂围垦总体规划》、《上海市滩涂管理条例》和《江苏沿海地区发展规划》等,但规划之间缺乏统筹,条块化明显。以珠江河口为例,目前的滩涂管理存在多头管理、开发利用与治理保护不够协调、滩涂开发利用缺乏市场化的资源配置机制等问题^[53]。同时我国目前的滩涂管理还存在手段落后、主导方向不明确、缺乏长远的统一规划、滩涂开发利用缺乏科学评价等问题。由于滩涂独特的自然属性和多样性以及人们需求的多层次性,决定了滩涂管理的协同需求^[54-55]。因此在存有诸多需要研究问题的背景下,我国河口滩涂开发治理管理体系迫切需要在理念、方法、制度、机制等方面进行进一步探索和改进,以构建可持续发展的、完善统一的管理体系。

4.2 我国滩涂资源的管理机制

根据已有研究和相关法律法规,目前关于我国河口海岸滩涂的管理机制主要有明确管理主体、建立管理软件系统、实行有偿使用、盘活存量滩涂等。

《上海市滩涂管理条例》中明确上海市水务局是滩涂开发利用的行政主管部门,负责滩涂开发利用和保护的总体规划制定和日常管理工作。广东省成立了珠江河口管理局,承担《广东省河口滩涂管理条例》赋予的相关职责。江苏省成立了沿海滩涂开发有限公司,负责全省级滩涂的规划、开发治理与管理。

采用计算机、网络及3S高新技术等手段实现滩涂管理的科学化和自动化,可节省人力、财力、物力,提高生产和管理的效率。目前以滩涂为专题的管理系统尚不多见,如基于GIS的江苏沿海滩涂管理信息系统^[56]和以.NET和ArcGIS Engine为技术平台开发的上海市滩涂资源管理系统^[57]。

海洋部门的海域使用费为建立以滩涂资源有偿使用为基础的管理体制提供了借鉴。如《广东省珠江河口滩涂管理条例》明确提出河口滩涂实行有偿使用,成为补偿价值理论的先行者。

一些地区作为补充耕地的滩涂围垦地大多是中低产田,如盐城沿海地区现约有667 km²。同时在现有水平条件下,新造耕地的投入大于对现有耕地改造的投入,并且整理后的耕地增加的产出量远大于新造耕地的产出量^[58]。因此,未来应加大对沿海地区中低产田的改造投入,盘活存量的滩涂。

4.3 滩涂功能区划及开发治理布局

滩涂功能区划以保障行洪、纳潮的河口治导线为边界,其目的是充分发挥滩涂资源的整体效益,为可持续利用滩涂资源提供科学依据,一般可以分为自然保护区、保留区、控制利用区和开发利用区等。保护区不得开发利用;控制利用区严格控制滩涂开发速度及用途;保留区暂不开发利用,条件成熟时亦要经过充分论证才可以开发利用。梁海涛等^[54]对珠江河口滩涂进行功能区划研究时就是用这种分类方法,还进一步地将开发利用区划分为5个二级分区。黄华等^[55]也同样针对珠江口滩涂划分了17个自然保护区、171个开发利用区、17个特殊功能区和25个保留区。袁汝华等^[59]运用产业布局理论与SWOT分析法,对江苏沿海规划中的21个滩涂围区进行了功能定位,并运用资源优化配置模型对围区土地产业空间布局分析,定量给出了每一围区农业、生态和工业用地类型,为江苏沿海滩涂开发利用规划提供了依据。

治导线规划具有动态性特征。河口治导线的确定既与河口地貌形态密切相关,还受到附近区域围垦工程等的影 响,一般需滚动式修正。已有研究一般借助遥感与GIS手段,以及数学模型、物理模型手段完成。如毛桂因等^[60]基于遥感技术定性分析方法,从宏观上确定了河口治导线控制的最小和最大范围,并以此为外海研究边界,通过纳潮量、断面落潮水量和回淤强度的计算比较,提出了治导线划定原则。类似的,还有黎开志等(2010)对珠江磨刀门治导线方案的研究。

4.4 滩涂开发利用与保护规划研究

随着土地资源的日趋紧张,滩涂作为潜在土地资源的地位也日益突出,如何科学、高效地对未来垦区进

行规划非常重要. 因此, 一些学者进行了滩涂开发利用规划研究. 如陈君等^[58]以江苏为例, 提出了沿海滩涂开发利用的原则和总体功能定位, 即依托现有的产业基础和比较优势, 合理布局产业, 调整产业结构, 实施错位发展, 建设现代农业基地、新型港口工业区、生态休闲旅游区和宜居的滨海新城镇. 还有一些学者进行了滩涂开发利用规划方案的研究, 并用数学模型评价了规划方案实施的影响. 黄华等^[55]从规划指导思想及原则、开发利用情况及问题、滩涂资源量分析预测、开发利用方案、环境影响评价以及滩涂管理等方面简要介绍了珠江河口滩涂开发利用及保护规划, 并用较大范围的一二维数学模型对规划方案的影响进行了整体评价, 同时也进行了相应的环境影响评价. 陶建峰等^[61]基于江苏近海二维潮汐潮流预报数值模型, 以2008年为基准水平年, 对江苏沿海滩涂2010—2020年围垦规划的3个阶段(图8)进行了数值模拟, 从主要分潮潮波分布、潮汐通道流速和单宽纳潮通量变化3个方面探讨了大规模滩涂规划围垦工程对江苏近海潮汐潮流的影响.

由前所述, 目前我国河口海岸滩涂资源管理体系还不完整, 需要在实践中加以总结. 开展全国范围的河口海岸滩涂开发治理与管理规划对我国具有十分重要的意义, 目前相关工作正在进行中.

5 结 语

河口海岸滩涂的演变受到自然过程及人类活动的双重作用, 耦合着不同级次的正负反馈过程. 近些年来, 滩涂资源的保护迫在眉睫, 与河口海岸地区日益增长的土地需求矛盾也逐渐加剧. 因而滩涂资源的合理开发利用、科学保护和有效管理, 对于经济社会可持续发展, 保障防洪安全、维护河口稳定、增强供水保障和保护生态环境等方面都具有十分重要的意义. 在前文分析的基础上, 提出目前在该领域有待进一步深入研究的方向:

(1) 加强基础资料, 特别是长序列的研究资料的观测、收集. 同时加强滩涂演变规律等基础研究, 包括水动力条件和泥沙含量研究、滩涂圈围工程对滩涂演变以及港口航道的影响研究. 尤其在当前围垦由高滩向低滩推进过程中的动力地貌过程研究应加强.

(2) 当前我国滩涂围垦技术相对比较成熟, 各地根据自身实际情况制定了一定的标准, 但围垦技术的标准没有形成, 施工设计的过程中缺乏参考依据^[4]. 需要总结滩涂围垦技术, 制定滩涂围垦技术的行业标准. 同时深入系统研究滩涂开发与海堤设防等有关问题, 提出滩涂开发中新围海堤的设防标准.

(3) 加强环境影响回顾评价、累积环境影响评价以及可持续发展的理论与实践研究, 建立和完善河口海岸滩涂开发治理环境影响评价、资源价值评估、开发模式适宜性评价和可持续开发利用评价理论体系等.

(4) 开展全国河口海岸滩涂开发治理与管理规划, 指导全国河口海岸滩涂合理、有序开发.

参 考 文 献:

- [1] 张长宽, 陈君, 林康, 等. 江苏沿海滩涂围垦空间布局研究[J]. 河海大学学报: 自然科学版, 2011, 39(2): 206-212. (ZHANG Chang-kuan, CHEN Jun, LIN Kang, et al. Spatial layout of reclamation of coastal tidal flats in Jiangsu Province[J]. Journal of Hohai University(Natural Sciences), 2011, 39(2): 206-212. (in Chinese))
- [2] 王晓东, 袁仁茂, 王烨. 滩涂开发利用及评价模式浅析[J]. 水土保持研究, 2001, 8(2): 107-111, 118. (WANG Xiao-dong, YUAN Ren-mao, WANG Ye. Study on the model of exploitation, utilization and evaluation of the coastal beach[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2001, 8(2): 107-111, 118. (in Chinese))

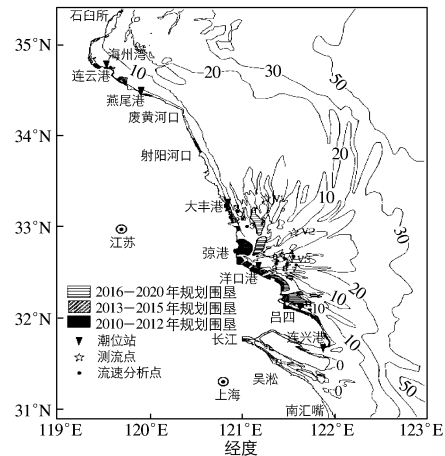


图8 江苏省沿海滩涂围垦规划^[70]

Fig. 8 Planning of reclamation of coastal mudflats in Jiangsu Province

- [3] WANG Y P, GAO S, JIA J J, et al. Sediment transport over an accretional intertidal flat with influences of reclamation, Jiangsu coast, China[J]. *Marine Geology*, 2011, doi: 10.1016/j.margeo.2011.01.004.
- [4] 魏有兴, 王震, 张长宽. 沿海滩涂开发研究综述[J]. *水利水电科技进展*, 2010, 30(5): 85-89. (WEI You-xing, WANG Zhen, ZHANG Chang-kuan. Review of researches on exploitation of coastal tidal flats[J]. *Advances in Science and Technology of Water Resources*, 2010, 30(5): 85-89. (in Chinese))
- [5] HEALY M G, HICKEY K R. Historic land reclamation in the intertidal wetlands of the Shannon estuary, western Ireland[J]. *Journal of Coastal Research*, 2002(Special Issue 36): 365-373.
- [6] HONG S K, KOH C H, HARRIS R R, et al. Land use in Korean tidal wetlands impacts and management strategies[J]. *Environmental Management*, 2010(45): 1014-1026.
- [7] GREGORY D S, DANIEL L W. Coastal wetlands planning, protection, and restoration act: a programmatic application of adaptive management[J]. *Ecological Engineering*, 2000(15): 385-395.
- [8] DIEGUES A. Human populations and coastal wetlands: conservation and management in Brazil[J]. *Ocean & Coastal Management*, 1999(42): 187-210.
- [9] INDU H. Advancing knowledge: a key element of the World Bank's integrated coastal management strategic agenda in Sub Saharan Africa[J]. *Ocean & Coastal Management*, 2000(43): 361-377.
- [10] DE MULDER E F J, VAN BRUCHEM A J, CLAESSEN F A M, et al. Environmental impact assessment on land reclamation projects in the Netherlands: A case history[J]. *Engineering Geology*, 1994, 37(1): 15-23.
- [11] HODOKI Y, MURAKAMI T. Effects of tidal flat reclamation on sediment quality and hypoxia in Isahaya Bay[J]. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 2005, 16(6): 555-567.
- [12] 李加林, 杨晓平, 童亿勤. 潮滩围垦对海岸环境的影响研究进展[J]. *地理科学进展*, 2007, 26(2): 43-51. (LI Jia-lin, YANG Xiao-ping, TONG Yi-qin. Progress on environmental effects of tidal flat reclamation[J]. *Progress in Geography*, 2007, 26(2): 43-51. (in Chinese))
- [13] 于格, 张军岩, 鲁春霞, 等. 围海造地的生态环境影响分析[J]. *资源科学*, 2009, 31(2): 265-270. (YU Ge, ZHANG Jun-yan, LU Chun-xia, et al. Study on the impacts of marine reclamation on eco-environment[J]. *Resources Science*, 2009, 31(2): 265-270. (in Chinese))
- [14] 陈小文, 刘霞, 张蔚. 珠江河口滩涂围垦动态及其影响[J]. *河海大学学报: 自然科学版*, 2011, 39(1): 39-43. (CHEN Xiao-wen, LIU Xia, ZHANG Wei. Shore reclamation in Pearl River Estuary and its impact analysis[J]. *Journal of Hohai University(Natural Sciences)*, 2011, 39(1): 39-43. (in Chinese))
- [15] SIDDIQUI M N, MAAJID S. Monitoring of geomorphological changes for planning reclamation work in coastal area of Karachi, Pakistan[J]. *Advances in Space Research*, 2004, 33(7): 1200-1205.
- [16] PARK J W, PARK S S. Hydrodynamic modeling of tidal changes due to land reclamation in an open-ended harbor, Pusan, Korea[J]. *Journal of Environmental Science and Health(Part A)*, 1998, 33(5): 877-890.
- [17] PUENTE A, JUANES J A, REVILLA J A, et al. Proposals for reduction of land reclamation-related environmental impacts at the port of Santander[C]//*Proceedings International Symposium Littoral*, Porto, Portugal, 2002: 389-395.
- [18] LU Y J, JI R Y, ZUO L Q. Morphodynamic responses to the deep water harbor development in the Caofeidian sea area, China's Bohai Bay[J]. *Coastal Engineering*, 2009(56): 831-843.
- [19] LU Y J, JI R Y, ZUO L Q. Simulation of multi-factor dynamic morphological evolution in estuarine coasts[C]//*11th International Symposium on River Sedimentation(ISRS)*, Stellenbosch, South Africa, 2010: 1-10.
- [20] 侯卫国. 滩涂圈围对长江口河势的控制作用与影响[J]. *人民长江*, 2009(11): 5-7. (HOU Wei-guo. Impacts of reclamation on river regime of Yangtze estuary[J]. *Yangtze River*, 2009(11): 5-7. (in Chinese))
- [21] 余萍, 李绍飞, 康丽. 永定新河河口滩涂改造工程的防洪影响评价[J]. *中国农村水利水电*, 2011(1): 78-81. (YU Ping, LI Shao-fei, KANG Li. Evaluation of flood prevention influence of new developed area in the Yongdingxin River[J]. *China Rural Water and Hydropower*, 2011(1): 78-81. (in Chinese))
- [22] 魏有兴. 沿海滩涂开发的生态环境响应模式[J]. *河海大学学报: 自然科学版*, 2010, 38(5): 598-602. (WEI You-xing. Response mode of exploitation of tidal flats to ecological environment[J]. *Journal of Hohai University(Natural Sciences)*, 2010, 38(5): 598-602. (in Chinese))
- [23] 肖建红, 陈东景, 徐敏, 等. 围填海对潮滩湿地生态系统服务影响评估—以江苏省为例[J]. *海洋湖沼通报*, 2010(4): 95-100. (XIAO Jian-hong, CHEN Dong-jing, XU Min, et al. Evaluation of the loss values of the tidal wetlands ecosystem

- services by sea reclamation projects: A case of Jiangsu province[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2010(4): 95-100. (in Chinese))
- [24] 王萱, 陈伟琪, 江毓武, 等. 基于数值模拟的海湾环境容量价值损失的预测评估—以厦门同安湾围填海为例[J]. 中国环境科学, 2010, 30(3): 420-425. (WANG Xuan, CHEN Wei-qi, JIANG Yu-wu, et al. Evaluation of losses in bay environmental capacity based on numerical simulation: A case study of sea reclamation in Tong'an Bay, Xiamen[J]. China Environmental Science, 2010, 30(3): 420-425. (in Chinese))
- [25] 高宇, 王卿, 何美梅, 等. 滩涂作业对上海崇明东滩自然保护区的影响评价[J]. 生态学报, 2007, 27(9): 3572-3560. (GAO Yu, WANG Qing, HE Mei-mei, et al. To evaluate the impact of economic activities on the mudflats of Chongming Dongtan Bird Nature Reserve, Shanghai[J]. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(9): 3572-3560. (in Chinese))
- [26] CANTER L, ROSS B. State of practice of cumulative effects assessment and management_ The good, the bad and the ugly[J]. Impact Assessment and Project Appraisal, 2010, 28(4): 261-268.
- [27] WANG Y Z, BAO X W, WANG S G. A primary study on methods of post project analysis on marine environmental impact assessment in China-Post project analysis of Lingni embankment's impacts on marine environment as an example[J]. Marine Environmental Science, 2010, 29(1): 139-144.
- [28] 沈毅, 吴丽娜, 王红瑞. 环境影响后评价的进展及主要问题[J]. 长安大学学报: 自然科学版, 2005, 25(1): 56-59. (SHEN Yi, WU Li-na, WANG Hong-rui. Post-project-analysis in environmental impact: development and main problems[J]. Journal of Chang'an University(Natural Science Edition), 2005, 25(1): 56-59. (in Chinese))
- [29] 陈伟琪, 王萱. 围填海造成的海岸带生态系统服务损耗的货币化评估技术探讨[J]. 海洋环境科学, 2009, 28(6): 749-754. (CHEN Wei-qi, WANG Xuan. Discussion on monetary evaluation technique of losses of coastal ecosystem services caused by reclaim land from sea[J]. Marine Environmental Science, 2009, 28(6): 749-754. (in Chinese))
- [30] COSTANZA R, D'ARCE R, DE GROOT R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997, 38(7): 253-260.
- [31] DE GROOT R S, WILSON M A, BOUMANS R M J A. typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services[J]. Ecological Economics, 2002(41): 393-408.
- [32] LEDOUX L, TURNER R K. Valuing ocean and coastal resources: a review of practical examples and issues for further action[J]. Ocean & Coastal Management, 2002(45): 583-616.
- [33] 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 Jin-bo, TIAN Wei-jun. Analysis on development process and utilization patterns of coastal beach resources[J]. Journal of Anhui Agriculture Science, 2010, 38(19): 10186-10188. (in Chinese))
- [34] 张绪良, 陈东景, 徐宗军, 等. 黄河三角洲滨海湿地的生态系统服务价值[J]. 科技导报, 2009, 27(10): 37-42. (ZHANG Xu-liang, CHEN Dong-jing, XU Zong-jun, et al. Service value of ecosystem of coastal wetlands in the Yellow River Delta[J]. Science & Technology Review, 2009, 27(10): 37-42. (in Chinese))
- [35] 万峻, 孟伟, 郑丙辉. 潮间带湿地稳定岸线功能退化评价方法研究[J]. 海洋环境科学, 2010, 29(4): 594-598. (WAN Jun, MENG Wei, ZHENG Bing-hui. Study on assessment method of function degeneration of stable shoreline in inter-tidal wetland[J]. Marine Environmental Science, 2010, 29(4): 594-598. (in Chinese))
- [36] 吴维登, 张长宽. 厦门市滩涂价值的模糊测算[J]. 水利经济, 2009, 27(2): 9-12. (WU Wei-deng, ZHANG Chang-kuan. Fuzzy valuation of coastal marsh in Xiamen City[J]. Journal of Economics of Water Resources, 2009, 27(2): 9-12. (in Chinese))
- [37] VILLA F, CERONI M, KRIVOV S. Intelligent databases assist transparent and sound economic valuation of ecosystem services[J]. Environmental Management, 2007(39): 887-899.
- [38] 杨东, 郑凤娟, 刘强, 等. 基于 BP 神经网络的滩涂资源适宜性评价—以山东省东营市为例[J]. 资源科学, 2010, 32(12): 2336-2342. (YANG Dong, ZHENG Feng-juan, LIU Qiang, et al. An evaluation of the suitability of intertidal zone resources based on a BP neural network: A case study of Dongying City, Shandong Province[J]. Resources Science, 2010, 32(12): 2336-2342. (in Chinese))
- [39] 王繁, 裘江海, 周斌, 等. 基于 GIS 的海涂围垦区土地资源多目标适宜性评价研究[J]. 土壤通报, 2008, 39(2): 218-223. (WANG Fan, QIU Jiang-hai, ZHOU Bin, et al. Study on multi-objective land suitability appraisal in tidal flat innig area based on GIS[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2008, 39(2): 218-223. (in Chinese))
- [40] 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, 31(4): 619-628. (WANG Fang,

- ZHU Yue-hua. Development patterns and suitability assessment of tidal flat resources in Jiangsu Province[J]. Resources Science, 2009, 31(4): 619-628. (in Chinese))
- [41] 刘瑶, 金永平, 周安国. 浙江省滩涂围垦生态环境可持续性发展的评价指标及策略初探[J]. 海洋学研究, 2006, 24(增刊): 73-82. (LIU Yao, JIN Yong-ping, ZHOU An-guo. Index system of ecological impact assessment and strategies for sustainable development of tidal flat reclamation in Zhejiang Province[J]. Journal of Marine Sciences, 2006, 24 (Suppl): 73-82. (in Chinese))
- [42] 曹斌, 林剑艺, 崔胜辉. 可持续发展评价指标体系研究综述[J]. 环境科学与技术, 2010, 33(3): 99-106. (CAO Bin, LIN Jian-yi, CUI Sheng-hui. Review on assessment index of sustainable development [J]. Environmental Science & Technology, 2010, 33(3): 99-106. (in Chinese))
- [43] BIDONE E D, LACERDA L D. The use of DPSIR framework to evaluate sustainability in coastal areas. Case study: Guanabara Bay basin, Rio de Janeiro, Brazil[J]. Earth and Environmental Science, 2004, 4(1): 5-16.
- [44] BOWEN R E, CORY R. Socio-economic indicators and integrated coastal management[J]. Ocean & Coastal Management, 2003, 46: 299-312.
- [45] 戴亚南, 彭检贵. 江苏海岸带生态环境脆弱性及其评价体系构建[J]. 海洋学研究, 2009, 27(1): 78-82. (DAI Ya-nan, PENG Jian-gui. Fragility evaluation for the eco-environment of the coastal zone in Jiangsu[J]. Journal of Marine Sciences, 27(1): 78-82. (in Chinese))
- [46] 张丹丹, 杨晓梅, 苏奋振, 等. 基于 PVS 的海湾开发利用程度评价—以大亚湾为例[J]. 自然资源学报, 2009, 24(8): 1440-1449. (ZHANG Dan-dan, YANG Xiao-mei, SU Fen-zhen, et al. Exploitative degree evaluation of bay based on PVS Framework-A case study of Daya Bay[J]. Journal of Natural Resources, 2009, 24 (8): 1440-1449. (in Chinese))
- [47] 潘桂娥. 滩涂资源承载力浅析[J]. 水利规划与设计, 2009(1): 7-9. (PAN Gui-e. Analysis of mudflat capacity[J]. Water Resources Planning and Design, 2009(1): 7-9. (in Chinese))
- [48] 杨山, 王玉婷. 基于生态足迹修正模型的江苏省海洋经济可持续发展分析[J]. 应用生态学报, 2011, 22(3): 748-754. (YANG Shan, WANG Yu-ting. Analysis on sustainable development of marine economy in Jiangsu Province based on marine ecological footprint correction model[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2011, 22(3): 748-754. (in Chinese))
- [49] 刘兴坡, 丁永生. 上海市海岸带管理的现状、挑战及发展分析[J]. 长江流域资源与环境, 2010, 19(12): 1374-1378. (LIU Xing-po, DING Yong-sheng. Current status, challenges and development analysis for Shanghai coastal zone management [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2010, 19(12): 1374-1378. (in Chinese))
- [50] GALLAGHER A. The coastal sustainability standard: A management systems approach to ICZM [J]. Ocean & Coastal Management, 2010, 53(7): 336-349.
- [51] BORJA A. The European water framework directive: a challenge for nearshore, coastal and continental shelf research[J]. Continental Shelf Research, 2005, 25(14): 1768-1783.
- [52] BORJA A, BRICKER S B, DAUER D M, et al. Overview of integrative tools and methods in assessing ecological integrity in estuarine and coastal systems worldwide[J]. Marine Pollution Bulletin, 2008(56): 1519-1537.
- [53] 陈军. 珠江河口岸线、滩涂保护与开发利用研究[J]. 人民珠江, 2011(1): 13-14. (CHEN Jun. Study of development and utilization of coastline and mudflat in Zhujiang estuary[J]. Pearl River, 2011(1): 13-14. (in Chinese))
- [54] 梁海涛, 徐辉荣, 黄德治. 珠江河口滩涂保护与利用方案浅析[J]. 广东水利水电, 2011, 1: 26-30. (LIANG Hai-tao, XU Hui-rong, HUANG De-zhi. Analysis of conservation and utilization of Zhujiang estuarine mudflat[J]. Guangdong Water Resources and Hydropower, 2011(1): 26-30. (in Chinese))
- [55] 黄华, 陈小文. 珠江河口滩涂开发利用与保护规划[C]//中国水利学会 2006 学术年会论文集(滩涂利用与生态保护). 合肥: 中国水利水电出版社, 2006: 101-106. (HUANG Hua, CHEN Xiao-wen. Development, utilization and protection plan of zhujiang estuary mudflats[C]//Chinese Hydraulic Engineering Society Annual Conference. Hefei: China Water Power Press, 2006: 101-106. (in Chinese))
- [56] 王娟. 基于 GIS 的滩涂围垦管理信息系统_以江苏沿海为例[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(3): 1603-1605, 1651. (WANG Juan. Tidal flat reclamation management information system based on GIS[J]. Journal of Anhui Agricultural Science, 2010, 38 (3): 1603-1605, 1651. (in Chinese))
- [57] 田波, 周云轩, 李俊红, 等. 基于 .NET 和 ArcGIS Engine 开发上海市滩涂资源管理系统[J]. 计算机工程与应用, 2007, 43(14): 184-186. (TIAN Bo, ZHOU Yun-xuan, LI Jun-hong, et al. Development of Shanghai intertidal resource management system based on .NET and ArcGIS Engine [J]. Computer Engineering and Applications, 2007, 43 (14): 184-186. (in

- Chinese))
- [58] 陈君, 张长宽, 林康, 等. 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 Chang-kuan, LIN Kang, et al. Reclamation and development of coastal tidal flats in Jiangsu Province[J]. Journal of Hohai University(Natural Sciences), 2011, 39 (2): 213-219. (in Chinese))
- [59] 袁汝华, 张长宽, 林康, 等. 江苏滩涂围区功能及产业布局分析[J]. 河海大学学报: 自然科学版, 2011, 39(2): 220-224. (YUAN Ru-hua, ZHANG Chang-kuan, LIN Kang, et al. Function and industry layout of reclamation areas of coastal tidal flats in Jiangsu Province[J]. Journal of Hohai University(Natural Sciences), 2011, 39 (2): 220-224. (in Chinese))
- [60] 毛桂囡, 龚政, 赵立梅, 等. 江苏入海河道河口治导线研究[J]. 河海大学学报: 自然科学版, 2010, 38(4): 462-466. (MAO Gui-nan, GONG Zheng, ZHAO Li-mei, et al. Regulation lines of sea entering estuaries in coastal zone of Jiangsu Province[J]. Journal of Hohai University(Natural Sciences), 2010, 38(4): 462-466. (in Chinese))
- [61] 陶建峰, 张长宽, 姚静. 江苏沿海大规模围垦对近海潮汐潮流的影响[J]. 河海大学学报: 自然科学版, 2011, 39(2): 225-230. (TAO Jian-feng, ZHANG Chang-kuan, YAO Jing. Effect of large-scale reclamation of tidal flats on tides and tidal currents in offshore areas of Jiangsu Province[J]. Journal of Hohai University(Natural Sciences), 2011, 39 (2): 225-230. (in Chinese))

Advances in development and management of estuarine and coastal mudflats

LU Yong-jun¹, HOU Qing-zhi^{1,2}, LU Yan¹, WANG Yan-hong¹, JI Rong-yao¹

(1. State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China; 2. School of Geography Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210046, China)

Abstract: With the rapid socioeconomic development and urbanization, reclamation of mudflat resources has become an important way to ease the contradiction between land supply and demand. Irrational exploitation of limited mudflat resources has seriously affected natural evolution of many estuarine and coastal areas, weakened the regeneration of these resources, and threatened flood control, water security, and consequently the sustainable socioeconomic development in estuarine and coastal areas. Mudflat resources and their capacity are limited by the level of science and technology in a certain period of time. Therefore, the ecological environmental health should be protected to ensure the sustainable development. This paper presents a review on the state-of-the-art knowledge concerning mudflats development and management, including development and utilization of mudflats and their impacts on environment, assessment of sustainable development, as well as construction of management system. Some necessary research fields and topics in the future are also recommended.

Key words: estuaries and coasts; mudflat; development; sustainable; management; advance