

盐城市沿海大规模滩涂开发利用评估

陈欣迪,陈 君,张长宽

(河海大学港口海岸与近海工程学院,江苏 南京 210098)

摘要:利用遥感技术并通过多渠道信息对照分析得到盐城市规划阶段内的岸线变化,结合实地调研、专家咨询等对垦区的空间布局、用地功能定位、滩涂资源持续供应能力、生态环境保护以及综合试验区建设等方面进行评估。结果表明:盐城市滩涂开发匡围进展总体偏慢,应根据工程区域的自然条件变化、地方的经济发展需求等对下一阶段的开发进行局部调整;盐城市可开发的滩涂资源量仍有较大剩余,基础设施建设总体上与垦区的开发进展相协调,可持续开发能力较强;大规模滩涂开发利用将对水沙动力条件、海洋生态环境等多方面产生影响,应针对江苏沿海环境特征,建立围垦环境影响的综合评价体系,为今后滩涂的可持续开发利用提供依据。

关键词:沿海滩涂;多源数据;围垦规划;可持续开发;盐城市

中图分类号:P748 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-7647(2016)02-0053-06

Evaluation of large-scale development and utilization of coastal tidal flats in Yancheng City//CHEN Xindi, CHEN Jun, ZHANG Changkuan (College of Harbor, Coastal and Offshore Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: Based on remote sensing technology and its comparison with different types of information, changes in the coastline in Yancheng City were identified during the planned period of reclamation. Combined with field investigation and expert consultation, evaluation was carried out in terms of spatial layout of the reclamation area, functional zoning, sustainable supply capacity of tidal flat resources, ecological environmental protection, and construction of integrated experimental areas. The results show that, due to the slow development and reclamation of tidal flats in Yancheng City, the future reclamation plan should be locally adjusted according to the natural conditions and economic development requirements. With abundant tidal flats suitable for future development in Yancheng City, and with infrastructure construction coordinated with the development progress of the reclamation area, the tidal flat resources have high sustainable development capacity. Large-scale development and utilization of tidal flats will influence the dynamic conditions of water and sediment as well as the marine ecological environment. It is pointed out that an integrated reclamation environmental impact assessment model should be built based on the costal environmental characteristics, so that it will provide a basis for the sustainable development and utilization of tidal flats in the future.

Key words: coastal tidal flats; multi-source information; reclamation plan revision; sustainable development; Yancheng City

2009 年 6 月,国务院通过了《江苏沿海地区发展规划》,要求着力建设中国重要的土地后备资源开发区,标志着江苏沿海地区发展上升为国家战略。加快江苏沿海滩涂资源开发,对缓解我国人多地少的矛盾、补充耕地资源不足、拓展长三角产业发展空间、促进江苏区域经济协调发展具有重要作用^[1-2]。据此,《江苏沿海滩涂围垦开发利用规划纲要》(以下简称《纲要》)提出近期可在淤长型海岸和辐射沙洲等地进行围填,形成 1 800 km² 左右的土地后备资源^[3]。《纲要》自 2009 年实施以来,为江苏沿海滩涂围垦开发利用工作提供了有效的指导。与此同时,

《纲要》实施过程中出现了许多新情况和新问题,需要进行动态调整。本文根据盐城市的滩涂开发利用情况来客观评价盐城市《纲要》执行 3 年多来的效果,分析存在的困难和问题,并根据发展环境和形势变化,为 2014—2020 年的滩涂围垦开发利用工作提供可行性建议。

盐城市滩涂总面积约 3 420 km²,占全省的 68%、全国的 15% 左右,是太平洋西海岸最大的海滨湿地,也是国家重要的土地后备资源。1949 年以来,盐城市组织了 10 多次较大规模的滩涂围垦,累计匡围滩涂约 1 433 km²,形成垦区 64 个。已围滩涂

为沿海港口、临港产业以及现代农业发展提供了丰富的用地保障。

1 《纲要》主要内容

《纲要》规划江苏沿海新辟垦区 21 个,总面积约 1800 km²,其中连云港市 4 个垦区 97 km²、盐城市 9 个垦区 840 km²、南通市 8 个垦区 830 km²(图 1)。将重点建设 8 个省级滩涂围垦综合开发试验区,探索形成滩涂围垦开发新机制,其中 3 个试验区分布在盐城市,分别为省滩涂围垦综合开发试验区(A11)、射阳港临港产业综合开发试验区(A07)和大丰港临港产业综合开发试验区(A08)^[3-4]。江苏沿海滩涂围垦的空间布局针对沿海滩涂地貌与动力特征及其冲淤特性,在考虑滩涂围垦与湿地保护,尤其是自然保护区与河口湿地保护的基础上,注重保护现有沿海港口、深水航道资源^[5]。按主要功能定



图 1 江苏沿海滩涂围垦规划

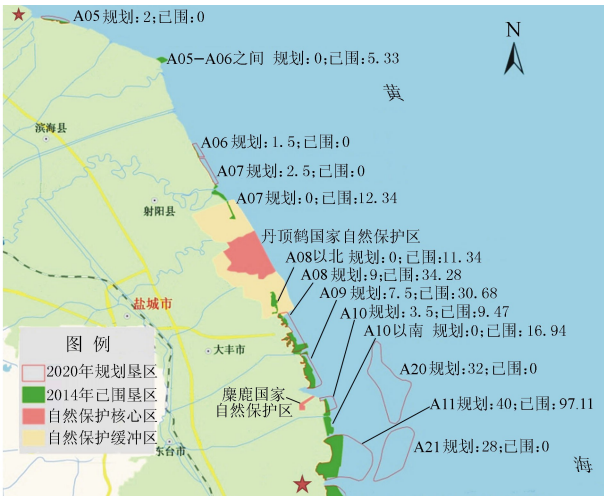


图 2 盐城市沿海滩涂围垦规划与现状对比(单位:km²)

位,垦区分为农业、生态和建设用地 3 类。农业用地主要发展耐盐特种作物种植、高效水产养殖、海洋渔业等,占规划总面积的 60%;生态用地主要用于沿海防护林、护岸林草、河流、湖泊、人工湿地以及生态旅游等,占 20%;建设用地主要发展港区建设、临港产业、城镇建设等,占 20%^[3-4]。

2 评估内容

2.1 评估方法及原则

基于“《江苏沿海滩涂围垦开发利用规划纲要》中期评估”项目,对比、分析多渠道信息资源,对垦区的空间布局、用地功能定位、滩涂资源持续供应能力、公共基础设施建设以及综合试验区建设等方面进行评估。主要资料及数据来源有:①政府部门。盐城市沿海地区发展办公室提供各垦区实际围垦的界址点、围垦面积、围堤长度、围垦时间、用地比例、功能定位等,以及综合开发试验区的建设进展。②遥感卫片。通过遥感成像技术(精度为 30 m),分析岸线变化情况。③现场调研。现场踏勘盐城市 5 个沿海市县(盐城、东台、大丰、射阳、滨海)的滩涂围垦开发项目。④专家咨询。在评估结论形成和政策建议提出环节,听取国土资源、环保、海洋与渔业、港口等部门的专家意见。

鉴于多渠道获取的数据存在差异,围垦区域面积的统计原则如下:①对于规划范围以内的围垦区域,由于《纲要》以我国近海海洋综合调查与评价专项成果提供的海岸线为基准起算点,规划中的部分垦区包含部分已围垦区域,从而存在统计数据与遥感提取数据的差异,针对这一差异,采取继承原则,承认已围垦区域为中期评估期内围垦面积。②对于《纲要》中规划范围以外围垦区域,位于规划垦区附近的,按就近原则,划入规划中的垦区;远离规划范围、具有一定的独立性、相对完整的,按事实原则,划出规划垦区,给予新编号;位于江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区核心区或缓冲区范围内的,不统计面积;已取得土地证的,不统计面积。

2.2 围垦进展评估

2.2.1 空间布局与时序

根据《纲要》,2009—2020 年盐城市围垦 9 个垦区,840 km²,约占全省的 50%(表 1),其中,2015 年前计划围垦 7 个垦区,363 km²。据遥感资料显示,截至 2014 年 6 月,盐城市沿岸高滩完成围垦约 173 km²,东沙(A20)和高泥(A21)两个岸外沙脊垦区 2015 年前未规划实施面积。

A05、A06、A07 垦区 2015 年前规划围垦 23.4 km²,仅有小部分边滩围垦(1.2 km²),大部分

表 1 盐城市沿海滩涂匡围现状(2010—2015 年)

垦区 编号	垦区位置	规划总 面积/km ²	2015 年 规划/km ²	已匡围/ km ²	完成 比例/%
A05	小东港口—新滩港口	13.3	6.7		
A06	双洋港口—运粮河口	10.0	0.0		
A07	运粮河口—射阳河口	16.7	16.7	1.2	7
A08	四卯酉河口—王港河口	60.0	23.3	34.3	147
A09	王港河口—川东港口	50.0	26.7	30.7	115
A10	川东港口—东台河口	23.3	23.3	9.5	41
A11	条子泥	266.7	266.7	97.1	36
A20	东 沙	213.3	0		
A21	高 泥	186.7	0		
合计		840.0	363.3	172.8	47.6

未匡围。这 3 个匡围区块所处的潮滩淤涨速度相对较慢,部分区域甚至出现了岸滩侵蚀现象;未来如果仍作为垦区,需结合灌河口、射阳港的导堤工程和航道工程建设共同进行,可充分利用航道开挖形成的抛泥区。A08、A09 两个匡围区块 2015 年前共规划匡围 50.0 km²,由于在《纲要》中已包含了一定面积的已匡围区域,目前已完成 65.0 km²。A10 区块 2015 年前规划匡围 23.3 km²,其匡围范围略有调整,由川东港口—东台河口调整为川东港口—梁垛河口,包括调整后的已完成面积为 26.4 km²(其中,规划范围内的面积为 9.5 km²)。A11 区块 2010—2012 年规划匡围面积为 133.3 km²,2012—2015 年规划匡围面积为 133.3 km²,目前条子泥一期匡围以及西部部分垦区已完成总面积约 97.1 km²。

需要指出的是,未列在《纲要》中,但实际已匡围的高滩约有 28.1 km²,分别为分布于废黄河口的滨海港区匡围区,面积约 5.3 km²;分布于射阳河口南侧与盐城湿地珍禽国家级自然保护区缓冲区北侧之间的边滩匡围区,面积约 5.8 km²;分布于东台河口与梁垛河口之间的边滩匡围区,面积约 16.9 km²。以围垦进展缓慢的 A06、A07 区块和提前完成规划任务的 A08、A09 区块为例,图 3 给出了其围垦现状的遥感图片。

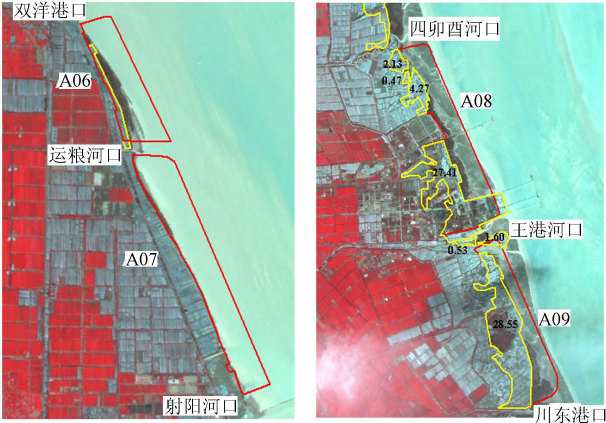


图 3 盐城市沿海滩涂匡围现状遥感图(单位:km²)

2.2.2 滩涂开发功能定位

表 2 为盐城市沿海滩涂边滩垦区围垦各类型用地面积统计表。由表 2 可知,农业、生态、建设三类用地 2009—2015 年规划面积分别为 244.0 km²、46.7 km²、72.7 km²,2009—2014 年完成面积分别为 141.8 km²、31.8 km²、27.1 km²,分别完成规划的 58.1%、68.2%、37.4%。

表 2 盐城市沿海滩涂边滩垦区各类型用地面积统计 km²

垦区	2009—2015 年规划面积				2009—2014 年实际面积			
	农业	生态	建设	共计	农业	生态	建设	共计
A05	6.0		0.7	6.7				0.0
A07	7.3	2.7	6.7	16.7		0.2	1.0	1.2
A08	10.0	4.0	9.3	23.3	5.8	6.5	21.9	34.3
A09	25.3		1.3	26.7	26.1	4.6		30.7
A10	22.0		1.3	23.3	8.0	1.4		9.5
A11	173.3	40.0	53.3	266.7	82.6	14.6		97.1
A05 与 A06 之间						1.1	4.3	5.3
A07 以南					4.9	0.9		5.8
A10 与 A11 之间					14.4	2.5		16.9
合 计	244.0	46.7	72.7	363.3	141.8	31.8	27.1	200.8

注:A05 与 A06 之间、A07 以南、A10 与 A11 之间 3 个区块为规划范围外、统计范围内。

农业用地完成比例较高,由规划的垦区功能定位可知,围垦土地主要用于增加国家的后备土地资源。在实施过程中,已开发的 A09、A10、A11 区块匡围面积均用于农业用地。

生态用地面积采取一定比例的建设、农业用地面积进行计算。针对江苏沿海工业园区建设情况,生态工业园区用地中生态绿地的用地比例为 15%~25%,按 20% 来计算建设用地中生态用地的面积;针对江苏沿海农业围垦的现状(用于种植业或养殖业),咨询相关专家意见,普遍认为引排水沟渠、护坡植被、道路、水利设施等所占面积约为 30%;将引排水沟渠和护坡植被等认定为生态用地,所占面积约为 15%,按 15% 来计算农业用地中生态用地的面积。

建设用地占滩涂开发用地总面积的 20%,而射阳(A07)、大丰(A08)垦区作为临港产业综合开发试验区,建设用地比例相对较高。虽然规划中 A07、A08 垦区建设用地比例相对其他垦区较高,但由于临港产业综合开发试验区重点发展物流、石化、冶金、造纸、粮油加工等产业,这些产业本身对建设用地需求仍较大。以 A08 区块为例,将 2010—2015 年规划与已完成的建设用地面积进行比较,规划建设用地面积为 9.3 km²,已开发利用建设用地为 21.9 km²,考虑到港口未来的发展空间,在以港口建设为中心的局部地区,规划建设用地的指标较难满足实际需求。

2.2.3 综合开发试验区建设进展

省滩涂围垦综合开发试验区范围包括条子泥、

高泥、东沙以及弶港镇区、东台和大丰部分已围未垦垦区。区内实施农林牧副渔综合开发,综合发展新能源、高效养殖、盐土农业等特色产业,其中,风光渔互补产业是以空中风力发电、地上太阳能发电、电池板下水产养殖的立体发展格局,以形成风电、光伏、渔业资源综合利用,实现土地资源的高效利用^[6]。

射阳港临港产业综合开发试验区以港口发展为核心,目前射阳港已建成两座万吨级通用码头及配套设施,完成一期第一阶段进港航道整治工程,基本具备万吨级通航条件。

大丰港临港产业综合开发试验区利用大丰港的区位优势及便捷的交通运输条件,成为江苏省新型的海河联运口岸。大丰港利用所在海域特有的潮汐通道“西洋深槽”建设深水码头,“西洋深槽”水深稳定,并与外海贯通;通道东侧有小阴沙形成天然屏障,为港口避风防浪。大丰港 10 万 t 级深水航道项目已顺利列入国家《综合交通运输体系“十二五”规划》。

2.3 滩涂开发可持续性评估

2.3.1 滩涂资源量

盐城市各规划垦区滩涂资源量开发比例如表 3 所示,对比规划基期滩涂资源量与盐城市可开发利用的沿海滩涂资源总量,得到规划期内各垦区滩涂资源量的比重,完成比例为各垦区已围面积比例。由已围的 6 个垦区的滩涂资源剩余量可知,截至 2014 年 6 月,盐城市总体规划内可开发滩涂资源仍有较大剩余,且部分岸段由于匡围使边滩淤长速度加快,因此,盐城市滩涂资源具有较强的持续供应能力。

表 3 盐城市规划垦区滩涂资源量开发比例 %

垦区编号	滩涂资源量 比重	完成比例	已围面积占总滩涂 资源量比例
A05	2	0	0
A06	1	0	0
A07	2	7	0.1
A08	7	147	4.1
A09	6	115	3.7
A10	3	41	1.1
A11	32	36	11.6
A20	25	0	0
A21	22	0	0
合计	100	47.6	20.6

2.3.2 生态环境保护

盐城市在围垦开发实施过程中,充分考虑了资源环境承载能力,并注重生态功能区的保护,以促进人与自然和谐、陆地与海洋和谐、产业布局与生态保护和谐。根据国家和省级自然保护区的要求,在珍禽自然保护区的核心区和缓冲区(即射阳河口—四卯酉河口之间 60 km 长的沿海滩涂)以及麋鹿保护区向海一侧不进行围垦。同时,围垦布局重视与河口治导线协调,在整个江苏围垦岸段保留了 19 条河流排水入海

的河口滩槽,直接保留河口湿地面积约 667 km²。

3 存在的问题及调整建议

3.1 存在的问题及分析

将滩涂开发利用完成情况与规划对比可知,开发进展总体偏慢。临港产业综合开发试验区(主要包括 A04、A07、A08、A15、A16、A17、A20 共 7 个垦区)建设用地比例相对较高,在以港口建设为中心的局部地区,规划建设用地的指标较难满足实际需求。沿海滩涂开发进程的主要控制因素有:

a. 政策管控。围垦对海岸环境的影响一直是人们十分关注的问题,近年来,我国对大规模工程建设活动对环境和生态资源造成的负面影响的重视程度逐渐加强^[7]。随着沿海开发上升为国家战略,国家对沿海滩涂资源的管理更为严格,这对江苏沿海围垦建设会产生一定的影响。

b. 开发效率。滩涂围垦开发涉及部门多,牵涉到计划、水利、国土、环保、海洋、交通、林业等众多部门,法律关系复杂,协调难度大,会在不同程度上影响滩涂围垦开发。

c. 基础设施建设。沿海高等级公路、供电、污水处理等基础设施建设基本与沿海开发相协调,但淡水资源的供给尚未完全解决,成为目前盐城市沿海开发的瓶颈。引淡工程约 5 亿 m³ 的调水量仅考虑了老海堤以内用水需求,未考虑新围区域,使未来的开发受限。各垦区水资源具体紧缺程度需要做细致调研分析^[8]。

d. 自然条件及生态保护。江苏沿海为粉砂淤泥质海岸,由于潮滩沉积物主要为粉砂,且潮沟易于摆动,以及近年来海岸工程的建设,致使部分岸段的水动力特征发生变化,潮滩的冲淤性质发生改变。同时,由于国家对江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区的范围进行了调整,部分位于自然保护区实验区范围内的垦区开发受限。

3.2 调整建议

从 2009 年以来盐城市沿海滩涂围垦实施情况看,2020 年前的海域滩涂围垦的规划任务基本不可能完成,因此需要科学调整规划目标任务。根据海洋功能区划、港口规划及建设需求,结合目前完成情况和自然条件、经济发展的实际变化,调整部分垦区范围,取消不适宜匡围的区块,并适当增加迫切需要匡围的区块。具体调整建议如下:

a. 岸滩垦区调整。根据灌河口整治工程及灌河口南侧岸滩侵蚀现状,建议取消 A05 垦区,或将其匡围时间推后。A06、A07 垦区位于废黄河口南侧,是江苏沿海地区冲刷区域向淤积区域的过渡地

带,淤积速度较慢。2014 年沿海调研结果表明,A06 垦区已有多个鱼塘塘口被冲刷,因此建议取消;A07 海岸线长期稳定,淤积不明显,若进一步匡围,则匡围成本相对较大,建议将规划的 16.7 km² 减为 10 km²。根据滨海港区发展规划,建议将 A05 与 A06 之间已围区域(5.3 km²)加入新列垦区,并科学确定其面积与范围。

b. 沙洲垦区调整。近期,江苏岸外沙洲东沙拟划定为自然保护区,不再适合进行大规模匡围,因此建议将东沙(A20)作为海上生态园区和丹顶鹤保护区,并调出规划垦区;高泥垦区(A21)的匡围延期至规划期外,即 2020 年以后实施。

4 有待深入研究的问题

滩涂围垦是江苏实现耕地总量动态平衡的主要途径,大规模滩涂开发利用必将对环境产生一定的影响^[9]。如何在保护生态环境的前提下,有效利用沿海滩涂,使其发挥最大效益,成为人们越来越关注的问题^[10]。较早的研究主要集中在围垦对滩涂动物资源^[11]、海岸生物多样性、近海海水环境质量、水沙动力条件以及冲淤演变^[12]等方面,今后应在进一步研究滩涂开发利用对环境的主要因素产生的单一影响的基础上,建立环境影响评价体系,为滩涂的可持续开发利用提供依据。主要的研究方向包括:

a. 滩涂开发对水沙动力条件的影响。江苏沿海垦区主要位于淤泥质平原海岸和岸外辐射沙脊群,不同类型垦区的水沙环境特点不同。因此,应对滩涂开发对辐射沙脊群区域移动性驻潮波、辐射状潮流场的影响,对平原海岸剖面重塑的影响等进行分析。在掌握宏观影响的前提下,针对具体工程,进行局部影响的分析。

b. 滩涂开发对海洋生态环境的影响。滩涂围垦占用了一定面积的滩涂空间,必然对滩涂湿地生态环境、生物多样性以及海岸带生态环境产生一定影响^[13]。随着沿海滩涂的开发利用,陆源污染物将对海洋尤其是海岸造成一定的影响。考虑湿地面积、生物多样性、近海海水环境容量等,系统建立滩涂开发对沿海环境影响的评价机制,对使人类活动与自然生态环境间达到平衡并形成良性循环的共存系统有重要的意义。

c. 建立综合评价体系。综合评价江苏沿海滩涂大规模围垦开发利用对沿海环境的影响非常重要,近十几年来,不断有学者将大规模围垦开发对海岸环境影响作为一个系统来研究,尝试提出了一些评估的理论、方法^[14-15],然而,目前尚未建立起较为

完善的评估模型。

5 结 论

a. 《纲要》自 2010 年颁布实施以来,有效地指导了江苏沿海滩涂的开发利用与保护,为盐城市港口临海产业的发展提供了有力支撑。

b. 由盐城市滩涂开发利用实际完成情况与规划对比可知,匡围进展总体偏慢。国家的政策管控以及开发的效率偏低,减缓了滩涂开发利用的进程;淡水供给成了临港产业综合开发的瓶颈。根据目前完成情况和自然条件与经济变化的实际变化,对盐城市各垦区开发的调整很有必要。

c. 江苏滩涂资源丰富,盐城市总体规划内可开发滩涂资源仍有较大剩余,滩涂资源可持续发展能力较强。

d. 沿海滩涂对保持环境、维护生物多样性具有十分重要的意义,大规模滩涂开发利用必将对环境产生一定的影响。应建立江苏大规模滩涂开发利用环境影响评价的综合评价体系,为滩涂的可持续开发利用提供依据。

参考文献:

- [1] 陈吉余. 开发浅海滩涂资源 拓展我国的生存空间[J]. 中国工程科学,2000,2(3):27-31. (CHEN Jiyu. To exploiting lower tidal flats for expending living space of China[J]. Engineering Science,2000,2(3):27-31. (in Chinese))
- [2] 国家发展和改革委员会. 江苏沿海地区发展规划[R]. 北京:国家发展和改革委员会,2009.
- [3] 江苏省沿海地区发展办公室,江苏省发展和改革委员会. 江苏沿海滩涂围垦开发利用规划纲要[R]. 南京:江苏省沿海地区发展办公室,2010.
- [4] 张长宽,王义刚,丁贤荣,等. 江苏沿海滩涂围垦开发规划研究报告[R]. 南京:河海大学,2009.
- [5] 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 Changkuan, 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))
- [6] 盐城市沿海地区发展办公室. 关于盐城市沿海滩涂围垦及开发利用有关情况的汇报[R]. 盐城:盐城市沿海地区发展办公室,2014.
- [7] 刘伟,刘百桥. 我国围填海现状、问题及调控对策[J]. 广州环境科学,2008,23(2):26-30. (LIU Wei, LIU Baiqiao. Current situation and countermeasures of sea reclamation in China [J]. Guangzhou Environmental Sciences,2008,23(2):26-30. (in Chinese))

- [8] 李琼芳,任黎,夏自强,等. 江苏沿海围垦区水资源开发利用潜力研究[J]. 水利经济,2012,30(3):47-50. (LI Qiongfang, REN Li, XIA Ziqiang. Potentia of development and utilization of water resources in coastal reclamation areas of Jiangsu Province[J]. Journal of Economics of Water Resources,2012,30(3):47-50. (in Chinese))
- [9] 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. (CHEN Hongyou, XU Guohua. Environment impacts of Jiangsu tidal flat reclamation[J]. Water Resources Planning and Design,2004(1):18-21. (in Chinese))
- [10] 陈君. 江苏沿海滩涂的围垦开发与管理[C]//中国水利学会. 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,2006:89-93.
- [11] 陈才俊. 围垦对滩涂动物资源环境的影响[J]. 海洋科学,1990(6):48-50. (CHEN Caijun. Environment impacts of tidal flat reclamation on animal resources[J]. Marine Sciences,1990(6):48-50. (in Chinese))
- [12] 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 Jianfeng, ZHANG Changkuan, 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))
- [13] 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 Yanan, PENG Jianguai. Fragility evaluation for the eco-environment of the coastal zone in Jiangsu[J]. Journal of Marine Sciences,2009,27(1):78-82. (in Chinese))
- [14] 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. (YU Dingyong, WANG Changhai, LIU Hongchao. Study on reclamation impact on marine resources based on PSR model[J]. Periodical of Ocean University of China,2011,41(7/8):170-175. (in Chinese))
- [15] WEI Chao, GUO Zhongyang, WU Jianping, et al. Constructing an assessment indices system to analyze integrated regional carrying capacity in the coastal zones: a case in Nantong[J]. Ocean & Coastal Management,2014,93:51-59.

(收稿日期:2014-11-05 编辑:郑孝宇)

(上接第 5 页)

- [7] 郑颖人,赵尚毅,邓楚键,等. 有限元极限分析法发展及其在岩土工程中的应用[J]. 中国工程科学,2006,8(12):39-59. (ZHENG Yingren, ZHAO Shangyi, DENG Chujian, et al. Development of finite element limit analysis method and its applications in geotechnical engineering [J]. Engineering Science, 2006, 8(12):39-59. (in Chinese))
- [8] 岑威钧,邓同春,石从浩,等. 复杂渠坡稳定性分析方法比较[J]. 水利水运工程学报,2013(4):29-34. (CEN Weijun, DENG Tongchun, SHI Conghao, et al. Comparison of different channel slope stability analysis methods[J]. Hydro-Science and Engineering, 2013, (4):29-34. (in Chinese))
- [9] 孔宪京,邹德高,邓学晶,等. 高土石坝综合抗震措施及其效果的验算[J]. 水利学报,2006,37(12):1489-1495. (KONG Xianjing, ZOU Degao, DENG Xuejing, et al. Comprehensive earthquake resistant measure of high earth-rockfill dams and effectiveness verification [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2006, 37(12):1489-1495. (in Chinese))
- [10] 沈珠江,徐刚. 堆石料的动力变形特性[J]. 水利水运科学研究,1996(2):143-150. (SHEN Zhujiang, XU Gang. Deformation behavior of rock materials under cyclic loading [J]. Journal of Nanjing Hydraulic Research Institute,1996(2):143-150. (in Chinese))
- [11] 郇能惠,王利君,米占宽,等. 高混凝土面板堆石坝变形安全内涵及工程应用[J]. 岩土工程学报,2012,34(2):193-201. (LI Nenghui, WANG Lijun, MI Zhankuan, et al. Connotation of deformation safety of high comereete face rockfill dams and its application[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2012, 34(2):193-201. (in Chinese))
- [12] 岑威钧,李星. 面板坝数值分析中接触面模型与接缝模型述评[J]. 水力发电,2007,33(2):38-41. (CEN Weijun, LI Xing. Review of the contact-surface model and joint model in numerical analysis of CFRD [J]. Water Power,2007,33(2):38-41. (in Chinese))
- [13] 岑威钧,顾淦臣. 巴拉水电站混凝土面板坝三维渗流及静动力有限元计算分析研究[R]. 南京:河海大学,2010.

(收稿日期:2014-09-05 编辑:郑孝宇)

