

江苏近岸海域水动力特征及其对围垦工程的响应

张弛¹, 郑金海¹, 刘桂平², 黄惠明¹

(1. 河海大学港口海岸与近海工程学院, 江苏 南京 210098;

2. 长江水利委员会长江口水文水资源勘测局, 上海 200136)

摘要:在回顾国内外近岸海域水动力特征及人类活动影响研究的基础上,以揭示江苏近岸潮滩-沙洲海域水动力特征及其对大范围围填海工程的响应为研究目标,对中国沿海大范围潮波运动模拟、江苏沿海独特地形地貌形态下高分辨率潮流数值模拟、江苏沿海大范围波浪场分布特征研究以及围垦工程与水动力条件变迁之间的响应这 4 个方面进行研究,阐述了研究的技术路线和预期成果。

关键词:水动力特征;辐射沙洲;围垦工程;港口航道;沿海近岸水域

中图分类号:TV213.1;TV131.2

文献标识码:A

文章编号:1003-9511(2012)03-0006-04

1 国内外研究现状

国内外众多学者就沿海近岸水域的水沙动力环境及人类活动等对海岸环境的影响做了许多研究。

尤坤元等^[1]采用遥感、沉积物粒度、矿物、微体及水文泥沙资料分析的方法研究了王港西洋潮流通道的稳定性问题;吴德安等^[2]利用潮流调和分析的方法研究了辐射沙洲水域 M2 分潮潮流的空间分布特征;杜心栋等^[3]通过对实测光谱和水深的分析,研究了辐射沙洲水域浑水条件下水深与光谱的相关关系;李加林等^[4]运用潮滩均衡态概念框架,探讨了潮滩演变在围堤选线中的应用;侯庆志等^[5]从“烂沙洋水道—西太阳沙—西太阳沙南水道”系统的角度研究了西太阳沙演变的控制因素和演变规律;陈君等^[6]论述了常用地理信息技术“遥感”在辐射沙洲动态变化研究中的应用;张忍顺等^[7]通过卫星遥感图像的处理和实地观测,指出条子泥西部多年来持续淤积和潮沟的稳定是沙岛形成的关键,认为潮汐和风暴潮是沙岛形成的动力因素;黄海军等^[8]通过研究论述了沙洲变迁的 3 种主要方式,即外围沙洲向中心迁移、潮沟两侧沙洲消长、次级潮沟消长和沙洲变迁;诸裕良等^[9]从沙脊群发育的动力条件出发,通过对辐射沙洲海域的潮波传播过程、潮波能流率分

布、潮差平面分布、多日平均潮流流速、潮流椭圆及水质点轨迹等方面的研究,指出潮流是形成发育南海辐射沙洲的主要动力因素,潮能率和潮流流速分布的不同决定了辐射沙洲南北沙脊和深槽的空间分布形态;宋志尧等^[10]从潮流脊的水动力学问题着手,揭示了辐射沙洲由强往复流塑造形成、次生横向环流影响其演变发育并共同作用维系其动态平衡的内在机制;张长宽等^[11]基于波数平面上波浪能量密度沿波射线守恒理论建立了黄海辐射沙洲波浪折射数学模型。这些研究主要通过实地测量、数据分析和数学模型等手段,探讨了辐射沙洲水域的水动力机制、泥沙运动规律和地貌演变机理,研究对象主要集中在自然条件下的辐射沙洲动力过程,未涉及人类工程影响下的演变预测。王义刚等^[12-13]给出了淤泥质河口海岸边滩水域围垦后淤积的计算模式及一种简便的估算围垦后多年回淤的方法,可为研究大规模围垦开发对辐射沙洲演变过程的影响提供有益的思路。

季子修等^[14]从海平面上升导致海岸带灾害加剧与海岸防护问题凸显的角度,给出了海岸防护的相应对策;刘杜娟^[15]在全球海平面变化的背景值上,预测了中国未来几十年相对海平面变化,同时指出海平面上升带来的海岸侵蚀、风暴潮强度与频率增加、沿海低地和湿地被淹没、海水入侵加剧、洪涝

基金项目:国家科技支撑计划课题(2012BAB03B01),高等学校创新引智计划(B12032)

作者简介:张弛(1985—),男,福建莆田人,副教授,博士,从事河口海岸动力学研究。

灾害加剧等的危害。Snoussi 等^[16]采用基于 GIS 的洪水分析和海岸侵蚀模型的方法,研究了摩洛哥海岸由于海平面上升可能造成的危害,并由此进一步提出了固定沙丘、海岸营养化及建筑海堤等的防护策略。Brunel 等^[17]通过分析法国地中海海岸海平面上升的比率及一个世纪以上海岸线位置的变化,研究了海平面上升对海湾型海滩和开放式海滩的影响。张晓龙等^[18]从风暴潮对滨海湿地影响的角度,研究了风暴潮可能带来淹没湿地、加速海岸侵蚀、破坏地表结构、毁坏湿地植被、加剧海水入侵等危害;陈雪英等^[19]分析了风暴潮导致风暴增水和沿岸输沙的增强对山东海岸侵蚀的影响,并指出校核高潮位偏低、护岸工程设计参数不符合标准等为山东海岸工程遭到破坏的重要原因;Niedoroda 等^[20]利用风暴及海岸水动力模拟的方法,研究了密西西比州海岸的风暴增水及所造成的洪涝灾害的变化;Fiore 等^[21]指出当风暴潮与天文大潮同时出现时,海平面的明显上升将使得更大的波浪可以袭击近岸及比邻区域,并加剧海岸侵蚀和海岸防护的难度;Wamsley 等^[22]通过就海岸湿地对于降低风暴潮危害的研究指出,湿地具有削弱风暴潮强度的功能,但削弱幅度主要还是依赖于周围海岸的坡度、长度及风暴潮持续的时间等;郭磊^[23]采用数值模拟结合水文泥沙资料分析的方法,研究了苏北辐射沙洲人工岛工程对烂沙洋等周边水沙动力环境等的影响;Ramanujam 等^[24]通过研究出水和淹没的天然防波堤变迁对于海岸线演变的影响指出,海岸受到防波堤保护时,海岸或岛屿容易形成稳定的突出部,而当防波堤的防护作用减弱时,由于传播至近岸的波能上升,若泥沙供给不足,则海岸容易受到侵蚀;French 等^[25]研究了英国东南部海岸大规模无序的围垦开发对周围水域的淤积和冲刷动力特性的影响。这些研究重点讨论了外部条件变化对海岸带资源与环境的影响,例如海平面上升、风暴潮以及人类活动等,但能否适用于江苏沿海粉沙淤泥质潮滩-沙洲并存、沙脊-潮沟相间的独特水下地形地貌,还有待进一步研究。

基于以上分析,以往关于沿海水动力、泥沙运动、地貌变迁、人类活动、风暴潮、海平面上升等的研究虽然不少,但如国务院常务会议通过的《江苏沿海地区发展规划》(国务院国函[2009]83号)中所涉及的如此大规模沿海滩涂及辐射沙脊群的围垦开发对江苏沿海独特地形地貌条件下的水动力特征的影响研究,目前还鲜有经验可供借鉴。同时,从目前采用的研究手段可以看出,现阶段综合利用现场观测和数值模拟的方法是研究海岸水沙动力环境及其对大

规模围垦等响应的有效途径和必然趋势,而现场观测数据的精确度和数值模型的准确校正则是保证研究成果合理性的关键所在。

2 研究目标

江苏东部沿海同时受来自太平洋通过东海的前进波系统(自南向北)和山东半岛阻挡后的逆时针旋转潮波(自北向南)系统的共同作用,沿海南部及近岸潮汐类型以正规半日潮为主,涨、落潮历时差异较小,如吕四港海区涨落潮历时仅相差 0.38 h;北部及近岸则为非正规半日潮,且潮差大,约 2.5~4.0 m,港—洋口港为最大潮差区,以此为中心向南向北递减,洋口港外黄沙洋水道实测最大潮差可达 9.28 m。同时,海域潮流为正规半日潮流,近岸及沙脊群水道中,潮汐日不等现象明显。受潮波系统及潮汐通道共同作用,涨潮流速普遍大于落潮流速(大潮),如王港外涨潮流速 1.9 m/s、落潮流速 1.8 m/s,吕四小庙洪涨潮流速 2 m/s、落潮流速 1.75 m/s。复杂的潮波系统形成了江苏东部海域复杂的水动力环境,而其独特的辐射状沙脊群地貌更加大了江苏沿海中部潮滩-沙洲海域水环境的特殊性和多元性。同时,根据《江苏沿海滩涂围垦开发规划》,江苏沿海大规模的围垦活动史无前例,且涉及面广、影响持续时间长。这均要求深入把握江苏东部沿海潮波传播特性、阐明东部沿海主要滩涂资源所在地——辐射沙脊群海域的潮滩稳定,以此为大范围围垦布局提供必要的参考。

为此,现阶段开展能够包含整个江苏东部沿海且能够涵盖黄海及东海两个重要潮波系统海域的潮波演化过程模拟研究,对于破解中国海(包括渤海、黄海、东海及南海)大范围潮波系统分时域及空域变迁问题至关重要。同时,在此基础上,利用大范围潮波模拟,可有针对性的提出适用于复杂动力地形地貌条件下的沿海水动力边界的确定方法,进而为江苏沿海大范围围垦提供必要的科技支撑。此外,结合江苏近岸水动力环境特征,构建科学评估辐射沙脊群滩槽稳定性及沿海大范围围垦条件的综合评价体系,亦是提升沿海滩涂资源高效围垦利用和保护的重要依据。

3 研究内容

a. 中国沿海大范围潮波运动模拟。研究中国海(范围涵盖南海、东海、黄海、渤海、泰国湾、琉球群岛、菲律宾群岛及日本海西南部等海域)大范围数学模型,复演中国海重要海区潮波传播特征,把握江苏

沿海主要分潮特性。同时,利用江苏沿海各水文测站长期潮位资料,利用调和和分析的方法分析沿海主要分潮调和常数,利用已有的分潮调和常数,准确模拟和把握江苏沿海潮波运动的特点,实时提供江苏沿海数学模型的开边界。

b. 江苏沿海独特地形地貌形态下高分辨率潮流数值模拟。在中国海大范围潮波模拟的基础上,根据江苏沿海粉沙淤泥质潮滩-沙洲并存、沙脊-潮沟相间的独特水下地形地貌,建立江苏沿海独特地形地貌形态下的高精度潮流数学模型。探讨辐射沙脊群的存在与水动力过程之间的响应,探寻水动力环境与辐射状沙脊群成因之间的内在联系。同时,根据江苏东部沿海港口航道区位特征,结合江苏沿海发展规划,有针对性的对沿海重要港口和航道附近水域的水动力环境特征进行高精度模拟和分析。

c. 江苏沿海大范围波浪场分布特征研究。“波浪掀沙、潮流输沙”是河口海岸区域水动力输沙作用的基本特征,因此,海域波浪分布特征对于研究泥沙输运问题至关重要。为此,在研究江苏沿海开敞式海域波浪场的分布特点的基础上,深入探讨沿海辐射沙脊群海域独特水下地形地貌对波浪由深海进入浅海及近岸过程中的折射、浅水变形等作用,阐明深水波波要素向近岸传播演化的过程。

d. 围垦工程与水动力条件变迁之间的响应。大范围围垦工程必将引起工程区海域水动力环境调整。为此,结合江苏沿海大范围滩涂围垦规划,针对大范围围垦实施后,江苏沿海水动力条件的响应及变化趋势进行探讨,重点对围垦区周边重要港口航道等重要区位水动力环境的响应和调整进行研究。

4 技术路线

在广泛的调研、资料收集和系统分析整理的基础上,采用多学科综合和跨学科交叉的研究方法,通过建立宽阔海域及复杂地形地貌条件下的二维和局部三维水沙输运数学模型,综合大范围水文监测、波浪潮流输运数值模拟,开展近岸海域水动力特征及其对围垦工程的响应、辐射沙脊群围垦总体布局优化、沿海重要港口航道水动力环境对围垦工程的响应等方面的研究。具体包括:①开展广泛的调研、资料收集和系统的分析整理工作,总结现有研究成果,结合研究目标剖析所要解决的问题,拟定更为细致的研究计划。②剖析复杂条件下的海洋动力系统,把它划分为耦联的单一子系统,确定多因素耦合作用的总体优化目标;深入研究近海海洋动力变迁与沿海围垦布局之间的响应关系。③建立宽阔海域及

复杂地形地貌条件下的高精度二维和局部三维水流输运数学模型,就水沙动力环境变迁对沿海港口航道影响进行科学分析和评价。

技术路线如图1所示。

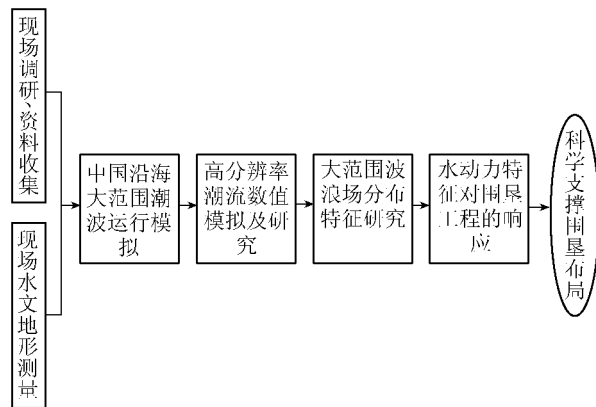


图1 研究路线

研究所涉及的关键问题和技术难点如下:

a. 有机结合南中国海大范围潮波数学模型和实测潮位资料的调和与分析,有针对性地提出适用于复杂动力地形地貌条件下的沿海水动力边界的确定方法。

b. 着眼于江苏沿海粉沙淤泥质潮滩-沙洲并存、沙脊-潮沟相间的独特水下地形地貌,建立江苏沿海独特地形地貌形态下的高精度潮流数学模型。

c. 沿海辐射沙脊群海域独特水下地形地貌对波浪由深海进入浅海及近岸过程中的折射、浅水变形等作用机制。

d. 大范围围垦实施后,江苏沿海水动力条件的响应及变化趋势,特别是围垦区周边重要港口航道等重要区位水动力环境的响应和调整。

5 预期成果

综合江苏沿海水动力环境的特征,以及粉沙淤泥质潮滩-沙洲系统独特地形地貌系统的特点,融合多方面因素,完善潮滩-沙脊-海洋动力耦合系统模型,开展潮汐水道多变性的网络化分布特征研究,深入阐明海洋动力作用与大范围粉沙淤泥质潮滩、潮沟等动力地貌的响应机制。同时,明确江苏近岸海域水动力环境基本特征,阐明沿海水动力环境对大范围围垦工程的响应过程及演化规律,并阐述大范围围垦对沿海重要港口航道水域水流输运特征的影响,优化大范围围垦布局,为江苏沿海滩涂开发与利用与保护提供科学依据。

参考文献:

[1] 尤坤元,朱大奎,王雪瑜,等.苏北岸外辐射沙洲王港西

洋潮流通道稳定性研究[J]. 地理研究, 1998, 17(1): 10-15.

[2] 吴德安, 崔效松, 张忍顺, 等. 江苏辐射沙洲水道潮流流调和分汊[J]. 海洋与湖沼, 2008, 39(2): 105-111.

[3] 杜心栋, 田庆久, 王晶, 等. 江苏近海辐射沙洲水域水深与光谱的相关性研究[J]. 国土资源遥感, 2007, 18(3): 89-93.

[4] 李加林, 王艳红, 张忍顺, 等. 潮滩演变规律在围堤选线中的应用[J]. 海洋工程, 2006, 24(2): 100-106.

[5] 侯庆志, 徐敏, 陆培东. 辐射沙洲南翼“水道-沙洲”系统与西太阳沙的稳定[J]. 海洋科学, 2006, 30(6): 16-22.

[6] 陈君, 王义刚, 卫晓庆, 等. 条子泥二分水滩脊地貌动力与演变特征研究[J]. 水利水运工程学报, 2011(4): 108-114.

[7] 张忍顺, 王艳红, 吴德安, 等. 江苏岸外辐射沙洲区沙岛形成过程的初步研究[J]. 海洋通报, 2003, 22(4): 41-47.

[8] 黄海军, 李成治. 南黄海海底辐射沙洲的现代变迁研究[J]. 海洋与湖沼, 1998, 29(6): 640-645.

[9] 诸裕良, 严以新, 薛鸿超. 南黄海辐射沙洲形成发育水动力机制研究: I. 潮流运动平面特征[J]. 中国科学(D辑), 1998, 28(5): 403-410.

[10] 宋志尧, 严以新, 薛鸿超, 等. 南黄海辐射沙洲形成发育水动力机制研究: II. 潮流运动立面特征[J]. 中国科学(D辑), 1998, 28(5): 411-417.

[11] 张长宽, 张东生. 黄海辐射沙洲波浪折射数学模型[J]. 河海大学学报: 自然科学版, 1997, 25(4): 1-7.

[12] 王义刚, 林祥, 吴中. 河口边滩围垦后淤积计算方法研究[J]. 海洋工程, 2000, 18(3): 67-70.

[13] 王义刚, 林祥, 冯卫兵. 计算淤泥质海岸围垦多年回淤强度的一种简便方法[J]. 河海大学学报: 自然科学版, 2000, 28(6): 100-102.

[14] 季子修, 施雅风. 海平面上升、海岸带灾害与海岸防护问题[J]. 自然灾害学报, 1996, 5(2): 56-64.

[15] 刘杜娟. 相对海平面上升对中国沿海地区的可能影响[J]. 海洋预报, 2004, 21(2): 21-28.

[16] SNOUSSI M, OUCHANI T, KHOUAKHI A, et al. Impacts of sea-level rise on the Moroccan coastal zone: quantifying coastal erosion and flooding in the Tangier Bay[J]. Geomorphology, 2009, 107(1-2): 32-40.

[17] BRUNEL C, SABATIER F. Potential influence of sea-level rise in controlling shoreline position on the French Mediterranean Coast[J]. Geomorphology, 2009, 107(1-2): 47-57.

[18] 张晓龙, 李培英, 刘月良. 黄河三角洲风暴潮灾害及其对滨海湿地的影响[J]. 自然灾害学报, 2006, 15(2): 10-13.

[19] 陈雪英, 王文海, 吴桑云. 近年风暴潮对山东海岸及海岸工程的影响[J]. 海岸工程, 2000, 19(2): 2-5.

[20] NIEDORODA A W, RESIO D T, TORO G R, et al. Analysis of the coastal Mississippi storm surge hazard[J]. Ocean

Engineering, 2010, 37(1): 82-90.

[21] FIORE M M E, D'ONOFRIO E E, POUSA J L, et al. Storm surges and coastal impacts at Mar del Plata, Argentina[J]. Continental Shelf Research, 2009, 29(14): 1643-1649.

[22] WAMSLEY T V, CIALONE M A, SMITH J M, et al. The potential of wetlands in reducing storm surge[J]. Ocean Engineering, 2010, 37(1): 59-68.

[23] 郭磊. 辐射沙洲人工岛周边稳定性研究[D]. 长沙: 长沙理工大学, 2009.

[24] RAMANUJAM N, SUDARSAN A R. Study of coastal transformation at Tuticorin as a result of emerged and submerged natural breakwaters of Van Island, Gulf of Mannar[J]. Environmental Geology, 2003, 43(5): 521-525.

[25] FRENCH C E, FRENCH J R, CLIFFORD N J, et al. Sedimentation: erosion dynamics of abandoned reclamations: the role of waves and tides[J]. Continental Shelf Research, 2000, 20(12-13): 1711-1733.

(收稿日期: 2012-03-20 编辑: 张志琴)

· 简讯 ·

国际水文科学协会 2013—2022 科学计划
主题研讨会在河海大学举行

2012年5月11—13日, 国际水文科学协会(IAHS) 2013—2022科学计划主题战略国际研讨会在河海大学隆重举行。河海大学校长王乘和国际水文科学协会中国国家委员会主席张建云院士参加开幕式并致欢迎词。中科院汪集院士, 国际水文科学协会主席戈尔登杨, 秘书长克吕斯托福库登耐克、前任秘书长匹艾尔赫伯特等出席开幕式。开幕式由国际水文科学协会副主席任立良主持。来自加拿大、法国、荷兰、意大利、瑞典、澳大利亚、俄罗斯、南非等国, 以及我国中国科学院、长江水利委员会、清华大学、北京师范大学、河海大学等单位的相关专家和学者参加了研讨会。

会议研讨了国际水文科学协会主导的未来10年水文科学计划的主题、目标、方案, 这是协会实施无资料流域水文预报10年科学计划之后再次启动的一项新的科学计划, 将在2013年7月瑞典哥德堡召开的国际水文科学大会上发布。会议由国际水文科学协会主办, 水文水资源与水利工程科学国家重点实验室、河海大学水文水资源学院和国际水文科学协会中国国家委员会承办。会议得到了教育部、国家外国专家局“111计划”水文学及水资源学科创新引智基地项目的资助。

(本刊编辑部供稿)