

沿海滩涂大规模围垦及保护关键技术研究概述

陈军冰¹, 王 乘¹, 郑垂勇^{1,2}, 赵 敏^{1,2}

(1. 河海大学, 江苏 南京 210098; 2 江苏省水资源与可持续发展研究中心, 江苏 南京 210098)

摘要 围绕江苏沿海围垦布局、围垦工程建设、水资源保障、环境保护等问题,对围垦工程与近岸海域水动力过程的相互作用及对港口资源的影响、辐射沙脊群泥沙分布及输运、潮滩及近岸沙洲稳定性、辐射沙脊群围垦布局及监测关键技术,围垦堤防设防标准与设计方法、施工技术、围垦筑堤新材料与新工艺、蓄淡与引排工程、围垦堤防施工安全监控、质量检测及风险评估,垦区水资源开发利用、蓄淡工程优化布局、优化配置与联合调度、一体化管理决策支持系统,围垦工程对环境的影响及生态效应、生态型围垦评价方法、围垦区生态重构技术、垦区生态环境监控管理模式进行研究,进行江苏沿海滩涂大规模围垦及生态环境保护关键技术的集成和工程示范。

关键词 沿海滩涂 围垦工程 水资源保障 生态环境保护

中图分类号: TV213.1 文献标识码: A 文章编号: 1003-9511(2012)03-0001-05

江苏沿海地区位于我国东部沿海的中心地带,是沿海、沿长江和沿陇海兰新线三大生产力布局主轴线的交汇区,在全国区域发展大格局中具有“连接南北、沟通东西”的重要战略地位。但是,与全国沿海经济快速发展相比,江苏沿海地区地处沿海经济带的“低洼区”,长三角的“后荒原”。为促进江苏沿海地区经济社会快速发展,2009年国务院国函[2009]83号“国务院关于江苏沿海地区发展规划的批复”通过了《江苏沿海地区发展规划》,标志着江苏沿海地区发展上升为国家战略。

江苏沿海滩涂面积广阔,后备土地资源丰富,居全国首位。加快江苏沿海滩涂围垦,已成为一项国家重大土地储备战略。根据《江苏沿海地区发展规划》,江苏沿海滩涂围垦 18 万 hm^2 垦区,远期可形成 46.67 万 hm^2 的建设任务已成为沿海经济快速发展的重要举措之一,对缓解江苏人多地少的矛盾、补充耕地资源不足、拓展长三角产业发展空间具有重要作用。

1 项目研究意义

围绕江苏沿海滩涂大规模围垦中的工程技术、水资源保障、生态环境保护等诸多问题,在围垦及保

护关键技术研究的基础上,将所取得的研究成果具体运用于条子泥垦区,通过对滩涂围垦及保护关键技术研究,形成示范效应,延伸产业链,从理论与实践的角度指导条子泥围垦的实施。通过对关键技术的延伸、耦合与配套,形成相应的产业链,将知识形态的科研成果进入市场,转变为物质财富的创造,从而获得经济效益。与此同时,也能够为整个江苏沿海及全国其他地区的滩涂围垦工程建设、运行提供技术应用和经验借鉴。

2 国内外研究现状

沿海滩涂围垦开发和利用是一个涉及多学科、多因素的综合技术体系。世界上各个国家和地区关于沿海滩涂、岸线等资源开发利用的设想、规划和实际工程很多,成功的经验和失败的教训也比比皆是。如阿联酋迪拜通过围海填海的方式进行了“朱美拉棕桐岛”以及以世界地图为原型的世界岛的建设;荷兰则根据西南部海域岛屿分布的特点,以海堤连接若干岛屿,把莱茵河、马斯河、须耳德河封闭形成淡水湖的三角洲工程;日本大阪港内通过大规模填造人工岛建设了关西海上国际机场。这些都成功实现了人类向海洋谋发展、索土地的理想和目标。但是,

基金项目 国家科技支撑计划项目(2012BAB03B00),高等学校创新引智计划(B12032)

作者简介 陈军冰(1969—)男,江苏泗洪人,副研究员,博士,主要从事水信息系统、沿海开发与保护、科技管理等方面的研究。

由于人类活动尤其是沿海大规模的资源开发和利用对沿海地区自然环境及生态环境不可避免地产生直接或间接的影响,其必将反过来影响人类的生存和发展。国际上众多国家和地区对沿海资源大规模的盲目无序和不合理的开发利用给人类生存发展及自然生态环境等造成破坏的实例亦很多。如日本长崎的谏早湾围海造田工程不仅破坏了当地的湿地环境,还对临近海域的渔业、海产养殖及水质净化循环等自然及生态环境造成了不可挽回的破坏;荷兰大规模的围海造田工程虽然给荷兰增添了大量的土地,但也产生了圩田盐化、海岸侵蚀、物种减少等众多后遗症,迫使荷兰政府痛下决心恢复湿地,努力探索与水共存的新路;韩国西部海岸的新万金计划围海造陆工程对自然环境造成了巨大改变,甚至工程曾一度停工。这些都为江苏沿海滩涂围垦与保护敲响了警钟。

我国是一个围海大国,有悠久的围海造地和滨海水利建设的历史。千百年来,我国的围海、退海之地约达10多万 km^2 ,约为荷兰国土(41 574 km^2)的3倍^[2]。新中国成立以来至20世纪末,由于人口的增长、经济的发展,以及城乡建设的需要,加大了围海的力度。长江以北有些海岸多年没有堤防,修起了海堤,不仅防止了风暴增水所引起的海水漫溢,而且在系统海堤之外,还有散塘围垦。长江以南,则有多种形式围海,既有渐进式围海,也有堵坝式围海;既有高滩围垦,也有中低滩围海;有围堰促淤,也有围堰填海,技术不断发展,使围海工程取得显著成绩。在近50年的时间里,全国围海面积达到11 000~12 000 km^2 ^[2]。成绩之著者,如浙江全省围出了1 650 km^2 的土地,相当于荷兰20世纪以来围海造地的总和^[2,3];上海市围出了730 km^2 的土地,相当于日本二战后全国围垦的总和^[2,4];珠江口仅珠海一市就新围出了270 km^2 的土地,接近于英国瓦希湾千百年围垦面积总和^[2,5];江苏更是围出2 270 km^2 的土地。这些新围的土地提供了约2 000万人的生存空间^[2,6]。

2000年以来,随着国务院《全国海洋经济发展规划纲要》等一系列沿海开发规划的公布实行,沿海地区逐渐加大了开发的力度,一批具有对经济发展具有重要推动作用的围填海项目陆续实施,由此形成沿海围填海开发利用的热潮。通过围海造地,缓解了土地资源匮乏的困扰,拓展了城市发展的空间,促进了沿海地区经济社会快速发展。如上海青草沙水源地工程位于长江口南支北港长兴岛北侧和西侧的中央沙、青草沙以及北小泓、东北小泓等水域范围,通过建设标高8.5m、总长43 km的大堤,圈围

6 000 hm^2 的水面,形成我国目前最大的江心水库,从江心筑水库的设想提出到列入规划,青草沙水域的实测观察和基础性研究进行了10多年,综合进行了项目选址、工程材料与工艺、施工建设、环境影响评价、工程风险评估等多个专题研究^[7];河北曹妃甸工业区围填海工程,2003—2007年间,曹妃甸从原面积400 hm^2 的孤岛变成了面积达0.8万 hm^2 、陆岛相连的陆地,规划最终围海造地3.1万 hm^2 ^[8];浙江温州半岛工程是连岛兴港、围涂造地、拓展城市空间的综合性开发工程,被列为浙江省“五大百亿工程”,该工程主要依托瓯江口外温州湾得天独厚的密布沙滩和林立岛屿的自然优势而规划建设,涵盖水利、道路、港口等建设项目,主要有浅滩工程、洞头五岛连桥工程、灵昆大桥等,其中浅滩工程是整个半岛工程的控制性工程,就是在灵昆岛东侧到洞头霓屿岛西侧的滩涂上,建南北两条围涂大堤(北堤长14.5 km,南堤长约23 km),把灵昆岛与霓屿岛连成一片,两岛之间可围涂造地0.88万 hm^2 ,形成的土地将作为温州城市发展建设用地、临港型工业开发用地和耕地后备资源^[9-10]。

目前,与沿海滩涂围垦工程相关的部分科研单位与高等学校参与了我国大部分已建、在建和拟建的沿海围垦工程的研究。条子泥围垦面积约为2.67万 hm^2 ,拟分3期实施,每期匡围面积约0.67万 hm^2 左右,单次围垦面积之大在国内外尚属首例。条子泥匡围工程,与其他围海工程相比滩涂资源丰富,但匡围工程涉及的海域条件、工程技术、水资源保障、环境保护等问题比较突出。①辐射沙脊群动力地貌复杂,潮水沟、潮汐水道冲淤演变剧烈,沙洲稳定性时空不均匀;②条子泥沙洲面积较大,内部地形调整频繁,水动力条件复杂,不同于曹妃甸及长江口等区域的近岸沙洲或岸外潮流沙脊,江苏泥沙丰富,但缺少石材,设计及施工难度更大;③工程区不在大江大河尾间,客水资源短缺;④工程区接近东海、黄海渔业资源的发祥地。因此,必将面临较多基础研究、工程技术、环境保护、水资源保障等方面的问题,需要多学科共同研究。面对我国人口、资源之间严峻的形势,如何扩展人类生存空间的形势是非常严峻的。浅海滩涂是我国有效的潜在土地资源,只要科学管理、合理开发,沿着中国漫长的海岸线上,仍然有着拓展生存空间的巨大潜力。

3 研究目标

为了大力推进沿海开发,加速海洋、滩涂资源开发进程;沿海滩涂大规模围垦及保护关键技术研

究”项目总体研究目标是:集聚国内外的科技力量,构建战略科技平台,针对江苏大规模围垦的近岸环境和规划要素、围垦工程关键技术、水资源保障及其相应的环境保护及生态重构问题,进行重点攻关,为近期大规模围垦以及中长期的滩涂开发与保护提供技术支撑。具体目标包括:揭示江苏近岸海域水动力过程、围垦与近海水动力环境相互影响机理、江苏沿海及辐射沙脊群泥沙输运和大规模围垦后岸滩演变之间的响应规律及其对港口资源的影响,优化围垦总体布局,提出基于环境保护的大规模围垦中的规划设计、施工、新材料、新工艺、安全监控与评估关键技术及相关标准,建立多水源供水工程系统,实现多水源、多用户水资源优化配置和联合调控,构建基于生态环境保护和经济社会可持续发展的水资源保障体系,构建沿海生态型围垦的评价指标体系,提出围垦区生态重构的关键技术,为我国滩涂围垦利用提供示范,全面提升我国大规模滩涂围垦及其生态环境保护的科学技术水平,总体达到国际领先地位。

4 研究内容

基于江苏沿海滩涂大规模围垦及保护需求分析,拟分4个课题20个专题进行研究:围垦海洋水动力基础数据收集、监测与围垦布局方面的课题1个,围垦工程关键技术方面的课题1个,围垦工程保障与保护方面的课题2个。具体如下:

4.1 江苏海岸动力特征及沿海围垦布局关键技术

围绕江苏海岸动力环境特征及沿海围垦布局关键技术问题,开展江苏沿海围垦工程与近岸海域水动力泥沙过程及港口发展潜力的相互作用影响、江苏近岸海域水动力过程与围垦工程的响应、泥沙分布及输运、江苏沿海大范围波浪场分布特征、淤泥质潮滩及近岸沙洲稳定性、辐射沙脊群围垦布局、新型沿海围垦环境变化监测分析等关键技术的研究。设置如下5个专题:

- a. 江苏近岸海域水动力特征及其对围垦工程的响应;
- b. 江苏沿海辐射沙脊群泥沙过程及输运模拟;
- c. 江苏粉砂淤泥质潮滩及近岸沙洲的稳定性判别;
- d. 辐射沙脊群围垦总体布局优化;
- e. 辐射沙脊群围垦海域海天一体化观测系统。

4.2 沿海大规模围垦工程关键技术

围绕基于生态环境保护的江苏沿海大规模围垦设计、施工、材料、工艺关键技术问题,针对江苏沿海水动力条件复杂,研究围垦堤防设防标准与设计方

法,针对海上施工恶劣条件,研究围垦堤防高效施工技术,针对“有泥无石”研发“以土代石”等围垦筑堤新材料与新工艺,针对垦区淡水资源匮乏及将蓄淡与引排工程作为取土料场和生态用地,研究蓄淡与引排工程技术,研究围垦堤防工程安全监控与风险评估。设置如下5个专题:

- a. 新型围垦堤防设防标准与设计方法研究;
- b. 围垦堤防施工技术研究;
- c. 围垦筑堤新材料与新工艺研发与应用;
- d. 蓄淡与引排工程关键技术;
- e. 围垦堤防工程安全监控与风险评估。

4.3 沿海围垦区水资源保障关键技术

围绕江苏沿海围垦区水资源保障问题,开展沿海围垦区感潮河流生态需水量、沿海围垦区水资源开发利用潜力、沿海围垦区蓄淡工程优化布局、沿海围垦区特殊水资源开发利用、沿海围垦区水资源优化配置与联合调度等研究,并开发沿海围垦区水资源一体化管理决策支持系统。设置如下5个专题:

- a. 江苏沿海围垦区水资源开发利用潜力研究;
- b. 沿海围垦区蓄淡工程优化布局;
- c. 沿海围垦区非传统水资源开发利用;
- d. 沿海围垦区水资源优化配置与联合调度;
- e. 沿海围垦区水资源一体化管理决策支持系统。

4.4 沿海围垦生态保护技术研究及示范

围绕江苏沿海滩涂围垦中的生态环境保护问题,开展江苏沿海滩涂围垦区域的生态特征分析及关键环境要素研究、围垦工程对环境的影响及生态效应研究、生态型围垦评价方法研究与污染防控技术研究、江苏沿海滩涂围垦生态重构关键技术研究、江苏沿海围垦区生态环境监控管理一体化模式研究。设置如下5个专题:

- a. 江苏沿海滩涂围垦区域的生态特征分析及关键环境要素研究;
- b. 围垦工程对环境的影响及生态效应研究;
- c. 生态型围垦评价方法研究与污染防控;
- d. 江苏沿海滩涂围垦生态重构关键技术研究及示范;
- e. 江苏沿海围垦区生态环境监控与管理一体化模式研究。

5 技术路线

在基础资料收集、现场监测、理论分析、模型试验、数值模拟的基础上围绕江苏沿海围垦及保护,开展江苏海岸动力特征及沿海围垦布局、江苏沿海围

垦工程、江苏沿海围垦区水资源保障、江苏沿海围垦生态环境保护的关键技术研究,并集成上述成果,在条子泥围垦工程中示范应用。

a. 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,综合大范围水文泥沙监测、水沙输运数值模拟、同位素地球化学示踪技术以及多年地形测量资料、遥感资料等,构建围垦区海天一体化动态观测体系。开展近岸海域水动力特征及其对围垦工程的响应、沿海辐射沙脊群泥沙过程及输运模拟、粉砂淤泥质潮滩及近岸沙洲的稳定性判别、辐射沙脊群围垦总体布局优化等方面的研究。

b. 采用理论分析与试验、示范相结合的方法,提出围垦堤防设计与标准,解决低滩围垦中快速施工、裸坝稳定、堵口合龙等关键技术问题,并研发围垦筑堤及防护新材料与新工艺,提出与围垦工程相适应的蓄淡与引排工程规划与设计、施工技术;研究围垦堤防工程安全监控、质量检测与风险评估方法。

c. 针对江苏沿海围垦区水资源可持续利用需求,以水资源规划与管理理论、技术与方法为主要手段,开展江苏沿海围垦区水资源开发利用潜力分析;结合围垦区(包括人工岛)淡水资源的分布与关联,研究蓄淡工程的类型、规模和布局,确定蓄淡工程规模和优化组合方案;开发微咸水淡化、雨水集蓄与综合利用中的设备、材料及相关关键技术;研究多水源、多用户联合调控与分配技术,研究不同水平年水资源优化配置方案;以条子泥围垦区为典型区域,开发水资源动态分析评价、预测预警和分配等水资源管理高级应用系统。

d. 针对江苏沿海滩涂围垦区域独特的生态系统,开展全方位的生态环境状况调查、野外监测与采样工作,掌握滩涂围垦区域的水文、水质、气候、土壤、植物等状况,遴选能够反映垦区生态环境特征的关键环境要素,研究围垦工程对沿海滩涂生境条件变化,剖析滩地植被种类、群落的时空变化,评估围垦施工方式对底栖生物的影响;发展生态型围垦的概念,完善生态型围垦的内涵,构筑生态型围垦的理论框架模型;应用生态型围垦评价指标体系和评价模型,对滩涂围垦典型工程方案进行综合评价分析;集成研究沿海滩涂围垦生态重构的方法,提出垦区内人工湿地重构的关键技术;进行滩涂围垦区生态构建关键技术应用示范,提出江苏沿海围垦区生态环境的具体管理方法,构建滩涂围垦区的监控、管理一体化的有效模式。

项目总体技术路线如图1所示。

6 预期成果

通过研究,在条子泥 2.67 万 hm^2 围垦区内建立匡围工程前后动力地貌变化响应观测技术、海堤工程代石新材料、特殊水资源开发利用技术、滩涂围垦区生态重构技术的应用示范基地,保障江苏第一围工程建设安全、生态环境友好,并为中期 18 万 hm^2 、远期 46.67 万 hm^2 更大规模围垦提供技术支撑和保障。项目中研制的新材料、新工艺等逐步产业化,推动海洋与海岸工程技术领域、围垦工程的设计施工、新材料研发、工程安全评估领域、水文水资源领域以及生态环保领域的交叉融合和技术进步,培养一支学科交叉、梯队合理的高水平研发团队,形成一批具有自主知识产权的高质量研究成果,保障围垦工程安全与生态环境友好,落实国家土地储备战略,实现经济社会可持续发展。具体预期成果如下:

a. 构建江苏沿海围垦工程与近岸海域水动力环境及港口发展潜力的相互作用模型;建立近岸潮滩与辐射沙脊群的稳定性指标体系;建立海天一体化的海洋动力地貌监测体系;优化围垦工程总体布局。

b. 提出与围垦开发相适应的堤防设防标准;提出堤防防冲、堤基渗控、振动液化控制及结构优化设计关键技术;建立围垦堤防高效安全施工的工法与技术标准;研制“土代石”筑堤及防护新材料、施工工艺及装备;提出与围垦工程相适应的蓄淡与引排工程规划设计方法及建设标准与施工流程;构建围垦堤防工程施工安全监控、质量检测及安全风险评估技术体系;上述标准、技术、材料、工艺等与生态环境要求相协调。

c. 揭示围垦区水资源时空分布和变化趋势,提出其开发利用潜力;建立适宜围垦区生态环境友好型非传统水资源开发利用模式、利用技术与管理体系;建立多水源供水工程体系,实现多水源、多用户联合调控和水资源优化配置;开发水资源一体化管理决策支持系统。

d. 建立可操作的生态型围垦评价指标体系,为江苏沿海滩涂的围垦可持续提供理论保障;提出江苏沿海滩涂围垦区生态重构的关键技术;构建江苏沿海围垦区域生态环境监控与管理的一体化模式。

e. 集聚围垦及生态环境保护中的工程技术、水资源保障和环境保护关键技术,在条子泥围垦中进行综合示范,为条子泥垦区滩涂围垦提供技术支撑,推动江苏沿海围垦工程的顺利实施,提高围垦工程

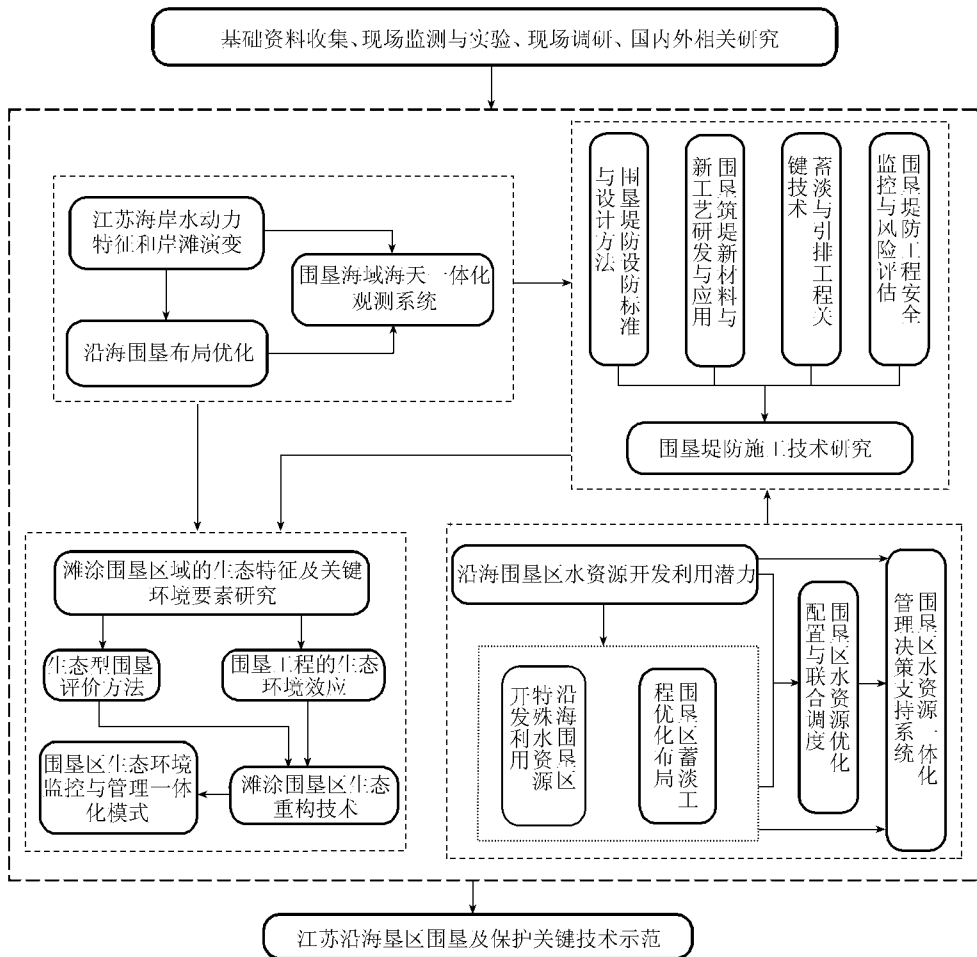


图 1 项目总体技术路线

和生态环境保护的科技水平,形成关键技术产业链延伸体系,促进垦区社会、经济、环境的可持续发展。

参考文献:

[1] 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.

[2] 全国海岸带和海涂资源综合调查成果编委会. 中国海岸带和海涂资源综合调查报告[M]. 北京: 海洋出版社, 1991.

[3] 国家发展和改革委员会. 浙江海洋经济发展示范区规划[R]. 北京: 国家发展和改革委员会, 2011.

[4] 高宇, 赵斌. 人类围垦活动对上海崇明东滩滩涂发育的影响[J]. 中国农学通报, 2006, 22(8): 475-479.

[5] 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: 自然科学版, 2005, 41(3): 286-296.

[6] 江苏省发展和改革委员会, 江苏省沿海地区发展办公室. 江苏沿海滩涂围垦开发利用规划纲要[R]. 南京: 江苏省发展和改革委员会, 江苏省沿海地区发展办公室, 2010.

[7] 顾金山, 陆晓如, 顾玉亮. 上海青草沙水源地原水工程规划[J]. 给水排水, 2009, 35(1): 51-54.

[8] 王颖, 邹欣庆, 汪亚平. 唐山港曹妃甸港区开发海岸动力地貌研究[R]. 南京: 南京大学, 2006.

[9] 陆永军, 季荣耀, 左利钦. 曹妃甸深水大港滩槽稳定及工程效应研究[J]. 水利水运工程学报, 2009(4): 33-46.

[9] 徐日庆, 邵玉芳. 温州半岛工程海堤淤泥质地基加固试验研究[J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2005, 31(4): 475-478.

[10] 金左文, 尹萍, 何佳, 等. 温州浅滩一期围堤、灵霓海堤、建设开发区、养殖区、蓄淡区海域使用可行性论证报告[R]. 北京: 国家海洋局东海海洋工程勘察设计院, 2002.

(收稿日期 2012-04-05 编辑 陈玉国)

