

典型河口—海湾

围填海开发的生态环境效应 评价方法与应用

DIANXING HEKOU—HAIWAN
WEITIANHAI KAIFA DE SHENGTAI HUANJING XIAOYING
PINGJIA FANGFA YU YINGYONG

孙永光 王伟伟 付元宾 李培英 等 著



海洋出版社

典型河口—海湾围填海开发的 生态环境效应评价方法与应用

孙永光 王伟伟 付元宾 李培英 等 著

海洋出版社

2014 年·北京

图书在版编目(CIP)数据

典型河口—海湾围填海开发的生态环境效应评价方法与应用/孙永光等著.

—北京:海洋出版社,2014.11

ISBN 978-7-5027-8965-7

I. ①典… II. ①孙… III. ①填海造地—区域规划—环境生态评价—研究—中国
IV. ①X826

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 231563 号

责任编辑:张 荣

责任印制:赵麟苏

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

北京市海淀区大慧寺路 8 号 邮编:100081

北京旺都印务有限公司印刷 新华书店北京发行所经销

2014 年 11 月第 1 版 2014 年 11 月第 1 次印刷

开本:889mm×1194mm 1/16 印张:16.25

字数:400 千字 定价:86.00 元

发行部:62132549 邮购部:68038093 总编室:62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

《典型河口—海湾围填海开发的生态环境效应 评价方法与应用》编著委员会

主 编：孙永光 王伟伟 付元宾 李培英

编委会：（按姓氏笔画为序）

于 姬 马红伟 马恭博 王伟伟 王传珺 付元宾

孙永光 孙家文 杜 宇 李 方 李培英 李 晴

张志卫 袁 蕾 索安宁 康 婧 程 林 蔡悦荫

前言

Foreword

围填海在解决人地之间矛盾中发挥着重要作用,为人类的生存发展提供了更多的土地资源,但在为人类生存和经济发展提供动力的同时,围填海开发也是一把“双刃剑”。由于盲目的围填海和开发利用,也带来了一系列的生态环境问题。围填海开发建设使海岸带格局和环境发生了根本性变化,直接或间接作用于近岸生态系统。据研究,围海造田、围海养殖、城市化建设等多种人为活动的侵占和众多因素的干扰直接导致生态系统丧失,或间接产生环境效应,导致近海典型生态系统状况不容乐观,如近岸污染严重、赤潮频发、生物多样性降低、水生生物濒临灭绝、海洋生态系统严重退化。

党的十八大报告明确指出:“建立资源环境承载能力监测预警机制,对水土资源、环境容量和海洋资源超载区域实行限制性措施”,国家高度重视经济开发与生态环境效应之间的关系问题。最新的“LOICZ II”重点已由生物地球循环转向人文因素视角,重点研究关于海岸带人类活动与资源利用等关键问题。而围填海作为人类活动的重要体现方式,成为国内外学者关注的焦点。

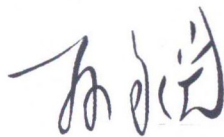
河口、海湾生态环境的敏感性及对经济的重要性,目前已经成为我国围填海生态环境效应研究热点地区,前人卓越的研究成果为我们工作提供了大量的理论基础。本人在博士生导师李秀珍研究员科研项目(教育部科学技术研究重点项目“长江口不同围垦年限景观结构与西能分异”项目)和国家海洋局海洋公益专项科技项目(我国典型海岛地质灾害监测及预警示范研究 201005010)资助下,以围填海开发活动的生态环境效应为中心,在长江口、双台子河口、渤海湾、北部湾开展了系列围填海开发活动生态环境效应研究。本书重点关注围填海等人类活动强度评价方法、景观格局评价方法、驱动力评价、围垦区土壤功能评价、植被群落多样性、水动力环境、环境累积综合效应和海岸带资源可持续发展能力评价;将围填海开发、生态系统结构和功能变化、环境后效应紧密结合,研究围填海与生态环境开发的可持续发展问题。

围填海生态环境效应评估是一个复杂的系统工程,从近几年科技部重大基础科学研究计划(“973 项目”)立项及各部门(国家海洋局、环境保

护部等)公益项目立项可以看出,围填海引起的生态环境效应问题还有诸多科学问题需要深入研究,特别是围填海引起的生态环境效应过程研究还有诸多科学问题未解决。本书从典型河口、海湾的围填海开发的生态环境效应评价方法入手,仅是对围填海的生态环境效应复杂系统工程研究的补充。希望本书的出版能为深入研究围填海引起的生态环境效应过程理论研究提供一些有用的信息,也为围填海生态环境效应评价提供一些借鉴。

本书共计包含 11 章内容,执笔人分别为:孙永光、付元宾、索安宁(第 1 章);程林、王伟伟、李培英(第 2 章);王传珺、蔡悦荫(第 3 章);王传珺、李方(第 4 章);康婧、马红伟(第 5 章);康婧、张志卫(第 6 章);袁蕾、马恭博、李方(第 7 章);袁蕾、杜宇(第 8 章);程林、张志卫(第 9 章);程林、于姬、孙家文(第 10 章);于姬、杜宇、孙家文(第 11 章),全书由孙永光、于姬、李晴统稿。参加课题研究的还有本人的博士生导师华东师范大学河口海岸学国家重点实验室李秀珍及同学何彦龙、郭文永、贾悦、马志刚等,以及国家海洋环境监测中心赵冬至、张丰收、卫宝泉、吴涛、高树刚等。在本书的编辑和整理过程中,海洋出版社张荣编辑做出了重要贡献,国家海洋环境监测中心苗丰民研究员也给予了大力支持,谨此向他们表示衷心的感谢。

回顾过去,本人自 2008 年以来从事海岸带围填海生态环境效应研究以来,前人的研究成果给予了很多启示,在此基础上,总结了围填海生态环境效应评价方法问题,是对过去研究工作的初步总结及不足之处的思考。深感研究创新之艰辛,愿以此书为新的起点,不断开拓创新,深入研究围填海生态环境效应过程机理问题,以期能为围填海生态环境效应的过程机理研究提供有益补充,为国家围填海管理与生态环境保护提供更好的服务。



2014 年 5 月 18 日

CONTENTS
目次

典型河口—海湾围填海开发的生态环境效应评价方法与应用

1 绪论	(1)
1.1 我国围填海历史进程	(1)
1.2 围填海社会经济重要意义	(5)
1.3 围填海的生态环境效应问题	(7)
1.4 围填海生态环境效应国内外研究进展	(8)
1.5 重大研究计划	(13)
1.6 本书关注的焦点	(13)
1.7 研究意义	(14)
2 我国河口—海湾及围填海生态效应概述	(20)
2.1 我国河口分布概况	(20)
2.2 我国海湾分布概况	(30)
2.3 河口围填海开发过程中的主要问题	(35)
2.4 海湾围填海开发过程中的主要问题	(36)
3 围填海开发利用强度综合评价方法与应用	(41)
3.1 理论基础	(41)
3.2 评价方法	(41)
3.3 案例分析——长江口围填海区开发利用程度历史变化综合评价	(45)
3.4 案例分析——北部湾围填海区人类活动强度空间评价	(53)
3.5 展望	(57)
4 围填海区域景观格局变化特征评价方法与实践	(59)
4.1 景观格局评价理论界定	(59)
4.2 景观格局评价方法	(59)

4.3	案例分析——大洋河口景观格局特征参数空间变化评价	··· (62)
4.4	案例分析——长江口景观类型结构变化评价	····· (71)
4.5	展望	····· (79)
5	围填海开发利用对土壤功能影响综合评价方法与应用	····· (80)
5.1	围填海土壤功能评价方法	····· (80)
5.2	案例分析——长江口围填海区土壤功能综合评价	····· (82)
5.3	展望	····· (90)
6	围填海开发对植被群落——演替影响评价方法与应用	····· (93)
6.1	国内外研究现状	····· (93)
6.2	围填海区植被群落演替特征	····· (93)
6.3	植被群落变化评价方法	····· (95)
6.4	案例分析——长江口围填海区植被群落特征分异评价	····· (95)
6.5	探讨	····· (104)
7	滨海围填海景观格局驱动机制评价与模拟方法	····· (108)
7.1	景观格局驱动力内涵及意义	····· (108)
7.2	驱动力评价方法	····· (109)
7.3	案例分析——长江口围填海景观格局变化驱动力分析	····· (112)
7.4	案例分析——围填海景观格局动态变化情景模拟	····· (122)
7.5	理论探讨	····· (128)
8	典型海岸带围填海开发活动区的环境累积影响评价	····· (134)
8.1	环境影响评价内涵	····· (134)
8.2	评价方法	····· (135)
8.3	案例分析——典型海湾围填海开发活动影响评价	····· (137)
8.4	案例分析——典型河口围填海开发活动近岸环境影响评价	····· (151)
8.5	理论探讨	····· (159)
9	围填海工程对近岸海域水动力环境影响预测评价	····· (161)
9.1	理论内涵	····· (161)
9.2	评价与预测方法	····· (161)
9.3	案例分析——围填海工程对普兰店湾及大连湾的水动力 影响评价	····· (169)
9.4	理论探讨	····· (205)
10	围填海开发活动的综合效应评价	····· (206)

10.1 综合效应内涵	(206)
10.2 评价方法	(206)
10.3 案例分析——辽宁省海岸带围填海综合效应评价	(212)
10.4 理论探讨	(229)
11 围填海区生态环境可持续发展能力评价方法与应用	(231)
11.1 理论内涵	(231)
11.2 评价方法	(234)
11.3 案例分析——辽宁省海岸带开发活动可持续发展能力评价	(237)
11.4 理论探讨	(243)
附图	(245)

1 绪论

1.1 我国围填海历史进程

地球表面系统在自然力与社会经济活动共同作用下正在发生着改变 (Forman, 1995)。围垦作为沿海国家拓展陆域,缓解人地矛盾的主要方式之一 (李加林等, 2007),也在不断地改变着海陆交错带的格局。潮滩匡围及其开发利用在中国已经有 1 000 多年的历史 (陈吉余, 2000),荷兰、德国、朝鲜、英国等国的潮滩匡围也有几百至近千年的历史 (Pethick, 2002)。

我国是围填海大国,早在汉代就开始围海。新中国成立以来,我国围填海得到了较快的发展,截至 2013 年据国家海洋局《海域管理公报》统计,到目前为止我国围填海造地面积已超过 $242 \times 10^4 \text{ hm}^2$,平均每年约确权 $108\,102 \text{ hm}^2$,平均年增长率为 28% 左右。围填海活动的主要用海类型包括渔业用海、工业用海、交通运输用海、旅游娱乐用海、海底工程用海、排污倾倒用海、造地工程用海和特殊用海等。匡围方式主要有顺岸围垦、海湾围垦和河口围垦三种方式,顺岸围垦主要在潮间带匡围,海湾围垦主要在江门或湾内筑堤围垦,而河口围垦主要以河口和岔道围垦为主 (于永海等, 2013)。

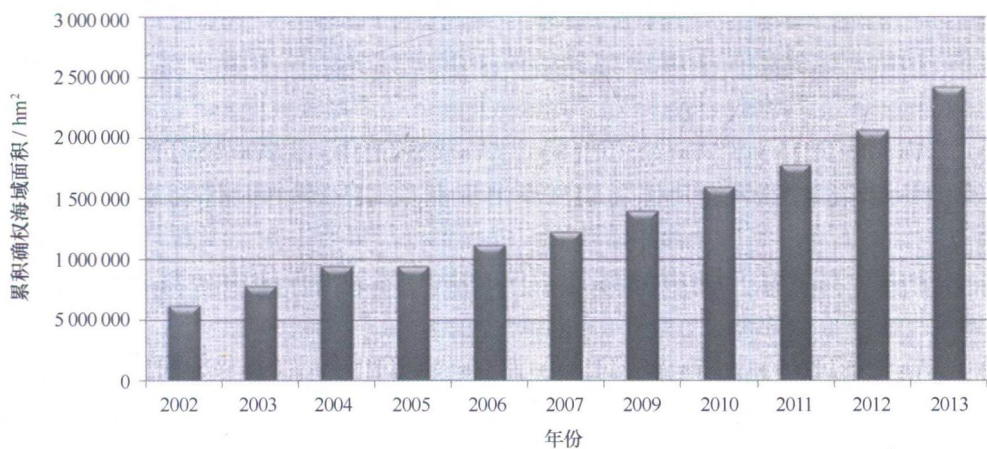


图 1-1-1 2002—2013 年我国海域使用累计确权变化趋势

注: 本次统计缺少 2008 年数据

随着社会和经济的发展,不同历史时期围填海特点也不尽相同,国内多数学者认为新中国成立以来围填海可以划分为四个阶段 (于永海等, 2013),本文作者认为应该将汉代时期至新中国成立前作为一个时期,将围填海划分为以下五个阶段。

第一阶段：自发式围填海时期，汉代时期至新中国成立前。该阶段主要是地方权势人物或地方团体围填海，雇工围垦种植，但因自有资金有限，技术手段落后，导致围堤工程质量粗劣，效益低下，持续时间不长等特点。以长江口为例，崇明岛：大约 1300 年前自东沙和西沙的形成，上海人民就开始了不间断的围垦活动，1277 年建立崇明州以后，直至新中国成立前经历了 500 年的数次围垦，最后围垦土地资源 600 km^2 之多。吴淞口以西岸段：清统治时期该区域就开始了围垦活动，清同治二年（1863 年），在宝山县小川沙与火烧树之间围垦滩涂 $5.34 \sim 6 \text{ km}^2$ 。清光绪三十四年（1908 年）至民国十年（1921 年），在宝山岸段继续围垦滩涂 $2.66 \sim 3.34 \text{ km}^2$ 。后至民国二十年（1931 年），宝山县殷行乡滨浦各地有数处业已成圩^①。围垦获得了唐圩、冬圩、收圩，面积约 18 km^2 。吴淞口以东岸段：吴淞口以东滩涂围垦自明万历十二年（1584 年）兴筑外捍海塘后，塘外滩涂又趋向淤涨。清康熙六十一年（1722 年），南汇农民经县署转报布政司定义“于盐、芦交界地挑筑”进行围垦。清雍正十一年（1733 年），钦公塘围垦工程完成。清光绪十年（1884 年）彭公塘兴筑之后，塘内民圩遂废，塘外各团民又分段修筑套圩，蓄淡试垦，后遭受潮灾，围垦工程被毁。清光绪三十二年（1906 年），李公塘兴筑围圩开垦，所筑围堤在民国二十二年（1933 年）遭受风潮后也损失殆尽。民国时期，也开展了多次围垦活动，据史料记载民国三十三年（1944 年）的袁公塘围垦工程，围垦获得土地 0.46 km^2 ，六灶港南北两侧由私人圈围民圩，获得面积约 0.4 km^2 ，两围垦工程于 1949 年台潮时尽毁。南汇段：南汇围垦滩涂，位于杭州湾北岸上海岸段东部。自清道光、咸丰年间（1821—1861 年），民间发起围垦，自泥城至奉贤县界，称小圩塘。民国初（1912—1916 年），又在小圩塘外筑民圩 1 道（即里护塘河位置），东自庙港转角起，西迄卸水漕止。当时业户组织围堤，圩堤标准较低，仅以不被汛期潮位浸没为度。民国三十至民国三十三年（1941—1944 年），建立围堤长度 8.21 km ，圈围面积 6.32 km^2 （此段即为现人民塘内侧）。奉贤段：奉贤段滩涂位于杭州湾北岸上海岸段中部。自清咸丰三年（1853 年）至民国年间，在淤涨滩涂上筑圩开垦。清咸丰至同治年间（1851—1874 年），今奉贤县平安乡境内有茅家圩圈、杨家圩圈和施家圩圈垦区。茅家圩圈位于今平安乡三团港村境内，圩内面积 0.53 km^2 ；杨家圩圈位于今平安乡民福村境内，圩内面积 0.4 km^2 ；施家圩圈位于杨家圩圈东，圩内面积 0.13 km^2 左右。清光绪十年（1884 年），在各家围圩的基础上修建彭公塘，其后塘外滩涂继续淤涨，民国年间滩涂围垦自东而西共计围垦 7.53 km^2 。（孙永光，2011）

该时期围垦总体特征，呈现围垦面积小、组织程度不高的特点，组织形式主要以私人和地方团体为主，导致新中国成立前所建围垦工程出现毁堤现象。

第二阶段：20 世纪 50 年代到 70 年代末期的围海晒盐。该时期主要是由国家和集体组织进行。由市统一组织围垦、局统一组织围垦、县统一组织围垦和农场统一组织围垦四种。全国沿海各省、直辖市、自治区兴起大面积围海晒盐，盐田面积逐年扩大，生产技术、设备不断更新，主要生产工序基本实现机械化，海盐产量不断增加。与此同时，还带动了盐化工业的发展。从北至南 11 个省、直辖市、自治区均有盐场分布，比较著名的有长芦盐场和海南莺歌海盐场。

该时期围垦的总体特征：仍以高潮滩为主，且以顺岸围垦为主，该时期的围垦在一定程

① 圩：中国江淮低洼地区周围防水的堤。

度上加速了岸滩淤积的速度。60年代围垦一方面主要是发展粮棉油生产,“以工代赈”解决失业工人和社会待业青年的收入,另一方面主要是为克服新中国成立初期经济遇到的暂时困难,全社会响应党中央“全党动手,大办农业、大办粮食”的伟大号召,以长江口为例,在崇明、南汇、奉贤、宝山建立市区副食品生产基地;70年代围垦,主要是为安置城市知识青年就业,扩大国营农场土地,在奉贤、南汇两县沿海和江苏省大丰县黄海沿海围垦扩建了3个农场,新建了4个农场。

第三阶段:20世纪80年代中后期到90年代中后期的滩涂围垦养殖热。1983年到2002年不到20年时间,全国围塘养殖面积增加了约 $23.43 \times 10^4 \text{ hm}^2$,平均每年增加围海养殖池塘面积 $1.23 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。围塘养殖主要以对虾养殖为主,对虾最高产量达到了 $15 \times 10^4 \sim 17 \times 10^4 \text{ t}$,既为国家增加了大量外汇收入,又丰富了国内市场供应。这一阶段的围海主要发生在低潮滩和近岸海域,围海养殖的环境效应主要表现在大量的人工增养殖使水体富营养化突出,海域生态环境问题突出。

总体在1949—1990年间的围垦活动,由于高度的集中化围垦管理,使其围垦质量较新中国成立前有明显提高,由于集中化管理、科学技术水平的提高,围垦工程坚固性明显提高,为保证围垦区人民生命财产安全提供了重要保证。(陈吉余,2007)。

第四阶段:经济开发活动加强,滩涂围垦失衡阶段(1990年至今)。进入20世纪末至21世纪,随着我国沿海地区经济快速持续增长,从辽宁到广西的沿海省、市、自治区甚至包括县、乡一级行政区均在积极推行围填海工程,所实施的围填海工程规模有大有小,大规模的围填海造地工程如河北曹妃甸工业园区围填海造地工程,计划分期围填海造地 $32\,000 \text{ hm}^2$,天津港围填海造地工程已完成填海造地 $5\,000 \text{ hm}^2$ 等;小规模的围填海造地工程如福建连安的违法围填海造陆 6.27 hm^2 。根据国家海洋局海域使用管理公报,2002—2013年,我国围海造地用海确权面积由 $624\,740 \text{ hm}^2$ 增加到 $2\,425\,760 \text{ hm}^2$,年均增长率达30%左右(见表1-1-1)。以长江口为例,从20世纪90年代中后期至今日,上海市滩涂围垦呈现了新的特征,由于经济的发展,围垦已不是半自然式的开发活动,而成为了解决制约上海市经济高速发展和人口增长瓶颈—土地资源(陈吉余,2007)的重要途径,该时期主要特征以政府引导,经济开发为主,实行围垦区效益化管理。

虽然半个世纪以来围垦滩涂总面积已经达到 $1\,007 \text{ km}^2$,但也只能满足上海市所需土地的47.95%(陈吉余,2007),因此,围垦的强度和力度还在不断加大。尽管人为对围垦的需求增大,但是长江口泥沙淤积在进入新世纪以来却呈现了减少趋势,必然导致围垦和淤积之间矛盾的形成。长江以其巨量泥沙输入河口地区,根据陈吉余(2007)研究表明,1951—2000年平均输沙量为 $4.245 \times 10^8 \text{ t}$,围垦滩涂在过去50年里平均每年可达到 20 km^2 ,表1-1-2为1980年与2005年间上海市滩涂湿地变化情况。而进入20世纪90年代中后期,滩涂淤积和围垦强度出现了新的变化,主要是由于长江来沙量显著减少(陈吉余,2007),仅2005年相对比2001年0 m以上的滩涂资源就减少了 137 km^2 。黄华梅等(2008)研究表明:2000年以前滩涂淤积速度要大于圈围速度,2000年以后,情况则相反。2000年以后,-5 m以上滩涂面积在减少,而-2 m以上滩涂减少面积(119.65 km^2)不足以补偿圈围面积(161.21 km^2),出现滩涂总的减少量大于围垦量,导致-5 m线可能向海延伸趋势。以上研究结果表明,进入21世纪以来,上海市滩涂围垦已由20世纪的总量平衡状态过渡至围垦强度大于淤积速率,导致围垦区滩涂面积萎缩(孙永光,2011)。

表 1-1-1 2002—2013 年我国确权海域面积

单位: hm^2

我国确权海域面积											
项目	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年
渔业用海	559 646	655 422	784 150	790 641.35	929 104.31	1 094 072	1 241 889	1 403 381	1 563 127	1 825 898	2 149 605
交通运输	14 311	49 408	58 853	50 856.11	63 465.88	64 030.64	74 232.67	81 085.33	91 894.69	98 196.65	108 348.6
工业用海	14 922	26 473	37 363	40 179.65	45 435.17	40 566.66	51 086.93	69 182.87	79 574.3	88 707.17	101 483.6
旅游娱乐	3 776	5 265	6 231	5 658.33	6 369.42	6 631.66	8 243.04	10 546.41	11 656.19	13 116.06	18 400.94
海底工程	3 087	21 546	28 769	18 001.03	17 389.64	17 891.03	18 795.52	18 855.04	19 135.54	19 166.57	19 661.76
排污倾倒	754	2 117	2 285	1 034.56	1 069.89	1 103.51	1 376.11	1 622.18	1 784.69	1 801.28	1 830.48
造地工程	15 493	11 242	16 594	31 153.09	42 420.90	54 006.53	60 043.83	62 324.21	64 562.79	66 027.66	69 285.27
特殊用海	1 666	8 074	9 103	9 181.88	11 502.24	12 708.26	12 924.60	13 829.85	14 717.34	14 905.43	16 222.06
其他用海	11 085	3 464	8 775	5 257.09	8 356.91	8 303.05	9 088.45	10 622.31	10 943.05	12 962.02	13 622.42
总计	624 740	783 011	952 123	951 978.09	1 125 114.36	1 229 313	1 407 680	1 601 449	1 787 395	2 070 781	2 425 760

注:表中数据从中国海洋信息网(<http://www.coi.gov.cn/gongbao/haiyu/>)获取。

表 1-1-2 1980—2005 年上海市滩涂湿地变化情况

单位: km²

年份	0 m 以上	-5 ~ 0 m	合计
1980	688.58	2 341.54	3 030.12
1995	660.86	2 410.27	3 071.13
2000	666.67	2 333.33	3 000.00
2001	675.67	24 135.40	24 811.07
2005	538.80	2 361.20	2 900.00

数据来源: 引自陈吉余, 2007。

根据黄华梅(2009)研究表明, 进入 21 世纪以来, 上海市滩涂淤涨速率明显小于 20 世纪 90 年代的淤涨速率, 本世纪之初不到 5 年的时间, 围垦量就相当于 20 世纪 90 年代围垦总量的 83.03% (表 1-1-3), 根据金忠贤(2005)研究结果表明: 1990—2004 年期间, 上海市共圈围滩涂 355.36 km², 其中 1990—1999 年圈围 194.15 km², 同期滩涂面积只减少 106 km²; 2000—2004 年圈围 161.21 km², 同期滩涂面积却减少 188.62 km², 表明在此期间上海市围垦平衡已呈现负增长状态。孙永光等(2011)研究发现: 在 2005 年以后上海市在南汇、奉贤等处进行多次围垦, 仅南汇大治河区域和临港新城就新增围垦面积 33.07 km² 和 7.01 km², 奉贤部分新增围垦面积 7.01 km², 截至 2010 年底, 崇明岛东滩自然保护区也被列入圈围范围, 新增围垦面积将进一步扩大。

表 1-1-3 上海市 1990—2004 年滩涂湿地面积和围垦总量情况

单位: hm²

年份	-2 ~ 0 m	-5 ~ -2 m	合计	围垦总量
1990—1999	1 002.14	-12 886.45	-10 609.60	19 415
2000—2004	-3 131.51	-6 897.65	-18 862.64	16 121

数据来源: 引自黄华梅, 2009。

综合而言, 上海市滩涂围垦历史悠久, 不同时期呈现不同特点, 由最初的自发式围垦到新中国成立后的集约化围垦均是高潮滩围垦, 而进入 21 世纪以来, 由于长江泥沙来量的减少和土地资源需求增加的原因, 导致目前上海市围垦与淤积间的平衡呈现负增长趋势。

1.2 围填海社会经济重要意义

我国是人多地少、土地资源稀缺的发展中大国。在 960×10^4 km² 的陆地国土上, 适合人类生存发展的宜居空间只有 300×10^4 km², 适宜进行大规模、高强度工业化城镇化开发的国土面积只有约 180×10^4 km²。特别是沿海地区, 以 13% 的陆域土地面积承载着全国 40% 以上的人口, 创造了 60% 以上的国内生产总值(于永海等, 2013), 土地资源约束更为突出。通过科学合理的围填海造地, 缓解土地资源紧张的局面, 对于沿海地区经济社会发展具有重要意义, 主要表现在以下几个方面(于永海等, 2013)。

第一, 为实施沿海区域发展战略规划提供了保障。近年来, 辽宁沿海经济带、河北曹妃

甸循环经济工业园区、天津滨海新区、黄河三角洲生态经济示范区、山东半岛蓝色经济区、江苏沿海地区、上海“两个中心”、福建海峡西岸、珠江三角洲、广西北部湾、海南国际旅游岛等区域发展规划相继得到了国务院的批准实施,提出大量的用海需求,不少工业与城市建设项目都需要进行围填海,如首钢、武钢等搬迁形成的钢铁基地,渤海湾、珠江三角洲、北部湾等形成的石化基地。辽宁沿海经济带发展战略规划中,通过填海造地目前已经形成了丹东东港临港工业园区、花园口工业园区、长兴岛临港工业园区、营口盘锦沿海产业基地、环锦州湾产业基地,这些工业基地的开发建设有力地支撑了辽宁沿海经济的发展,推动了辽宁临海产业的成长壮大。

第二,为发展经济、保护耕地做出了重要贡献。新中国成立以来全国直接农业围垦面积接近 $100 \times 10^4 \text{ hm}^2$,辽河口、钱塘江口和珠江口等围垦区已经成为我国重要的粮食生产基地,辽河三角洲、黄河三角洲、北黄海沿岸、江苏滨海等围塘区成为我国重要的水产品生产基地,在保障全国人民粮食和水产品供给方面发挥了重要作用。例如,福建泉州外走马埭围垦工程,总面积接近 $3\,700 \text{ hm}^2$,围垦新增农业用地面积 $3\,300 \text{ hm}^2$,与著名的走马埭万亩基本农田保护区连成一片,成为福建省重要的粮食、蔬菜生产基地,不仅为区域经济发展提供了必要的土地资源,而且对福建省实现耕地占补平衡、保障粮食安全起到积极作用。另外,沿海各地区区域发展战略规划的实施,无不需要广阔的土地资源,通过填海造地,向海洋发展拓展空间,利用填海造地建设工业园区。一方面直接节省了宝贵的土地资源,保护了基本农田免受占用,为农业发展提供了保障;另一方面,通过填海造地可以增加有效的深水岸线,为各类工业企业的物流运输提供了便利条件,减少了交通道路建设对土地资源的占用。

第三,为沿海地区城镇和工业拓展布局提供了空间。为了便于交通运输和改造人居环境,我国许多沿海城市都开始滨海园区、滨海新区建设,以拓展城市发展布局,建设滨海生态宜居城市。一些重大工业,为了便于海上航运,降低运输成本,也纷纷在海岸带建设临海工业园区。1983—1985年,在长江口南岸、吴淞口以西岸段,围涂造地兴建了我国最大的现代化钢铁厂——上海宝山钢铁厂以及配套的石洞口电厂,并利用滩涂围地兴建水库,解决工业生产及生活用水。1983年,我国第一个核电站——秦山核电站在杭州湾北岸建设海堤全长 $1\,818 \text{ m}$,围地 56.67 hm^2 ,作为电厂附属企业用地。天津滨海新区就是在天津滨海盐田、养殖池塘围填改造的基础上建设的,目前已经形成建区面积 $3.5 \times 10^4 \text{ hm}^2$,并计划进一步围填海开发 $12 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 的低产盐田、荒地、滨海滩涂和养殖池塘,以彻底摆脱天津市靠海不见海的局面。

第四,为沿海港口建设提供了海域空间。沿海港口的大规模建设加速了沿海地区经济的繁荣,为推进城市化和工业化、对外贸易的发展提供了强大的基础性支撑。据统计,2000年至2010年的10年间,我国沿海港口的码头岸线由 205 km 增至 665 km ,集装箱吞吐量翻了6倍多。目前,全国已经形成大连港、青岛港、天津港、上海港、宁波港、深圳港、广州港等全球知名大港,在全球港口吞吐量排名中占有重要位置,有力地支撑了外向型经济的发展。

第五,为拉动投资和促进经济增长搭建了平台。围填海工程及其围填形成的土地后续建设,其投资可带动建筑、材料、港口、电力、物流等多个行业的发展,是促进沿海地区社会经济快速增长的重要平台。据于永海等(2013)初步估算,围填海工程建设及项目投资大概每公顷1亿元左右,2009年全国围填海造地确权面积 $17\,888.08 \text{ hm}^2$,可拉动投资将近2万亿元,对拉动内需,促进2008年以来的经济回暖发挥了重要作用。天津滨海新区通过围填海发

展工业, 2009 年 GDP 达 3 810 亿元, 为建区之初的 30 多倍, 人口增至 200 多万人, 实现了经济效益和社会效益的双赢。

1.3 围填海的生态环境效应问题

滨海围垦在解决人地之间矛盾中发挥着重要作用, 为人类的生存发展提供了更多的土地资源, 但同时围垦也是一把“双刃剑”, 滨海滩涂围垦后如利用和保护得当, 不仅满足了人们对土地的需要 (孙永光, 2011), 还为区域生态安全提供了重要保证。例如, 荷兰在围垦之初就对围垦区进行细致的景观规划、生态规划, 并利用“生态系统自我设计和自然演替规律”进行围垦区管理 (董哲任, 2003)。在围垦后不仅未因围垦活动致使生态环境恶化, 反而促使围垦区具有较高质量的生态环境 (土壤营养元素流失少、盐渍化降低、物种多样性升高), 较为成功地打造了威尔英梅尔垦区 (Wieringermeer)、东芙莱沃兰德垦区 (Eastern flevoland)、豪思特沃尔德 (Horster wold)、马克旺德垦区 (Markerwaard) 生态区。相反, 围垦后不重视生态安全规划与重建, 盲目地进行围海造田、过早从事经济开发活动会带来一系列生态环境问题。主要表现在以下几个方面。

第一, 围填海活动引发海岸自然灾害。围填海作为一种彻底改变海域自然属性的活动, 如果论证不充分、管理不严格, 可能加剧海岸侵蚀或造成泥沙淤积, 影响江河的泄洪能力和港口的航运功能 (于永海等, 2013)。一些围填海造地项目只关注围填海的经济效益, 以最小的填海成本获取最大的填海面积, 而忽视了对海洋自然灾害的防范, 增大了海岸社会经济发展和人民生命财产安全面对台风、海啸、地震等自然灾害的风险。

第二, 海洋资源遭到破坏。大规模的填海造地工程会使原始状态的曲折岸线逐渐取直, 海岸线总体长度变短, 一些宜港的深水岸线消失, 造成海岸空间资源的浪费。泉州湾后渚港历史上是著名的商港, 海外交通十分发达, 曾出土过宋代古船及大量文物, 因历年围垦工程, 河道淤塞, 古代商港岌岌可危, 古迹、文化遗产毁于一旦。不科学的围填海活动会导致原始海岸水动力环境失衡, 进而改变原有的潮流系统和泥沙运移系统, 破坏原来的平衡状态, 形成持续的淤积或侵蚀。

第三, 海洋环境质量受损。填海造地活动对海洋环境的污染方式类似于海洋倾废, 填海材料中的污染物质在回填过程中会向海洋环境快速释放, 回填完成后依然会在一个相当长的时期内不断地向海洋中扩散, 形成持续的危害。大规模的填海造地工程易使得海域水交换能力变差, 近岸水环境容量下降, 会削弱海水纳污净化能力, 引发赤潮等海洋灾害, 造成海洋环境破坏 (于永海等, 2013)。

第四, 海岸带及海洋生态系统退化。围填海开发活动改变物质循环模式, 造成土壤营养元素流失, 不同土地利用方式容易导致土壤脱盐速率变化 (丁能飞, 2000), 过早进行农田开发易导致土壤质量降低、发生盐渍化现象; 围垦活动将改变原有盐沼植被的演替规律, 部分地区围垦活动导致植被发生次生演替 (葛振鸣等, 2005)。围垦工程不仅改变植被特征, 也会对垦区内外小型动物的形态、群落结构、分布格局及群落动态产生影响 (丁平等, 1994)。例如, 英格兰东部的沃什湾潮滩围垦使得潮间带盐沼变窄, 最终导致了水禽的减少; 日本九州岛西部 Isahaya 湾围堤导致了堤内水域底栖双壳类动物大量死亡及淡水双壳类群落的发展 (Shin'ichi et al., 2002)。围垦区利用不当导致水质恶化, 主要体现在地表水富营养化

(何玮等, 2010) 和地下水污染程度加剧。造成垦区内水质恶化的主要因素是工业废水、生活污水和农业养殖废水的排放, 导致垦区内地表水富营养化加剧。我国广西、广东、海南和福建沿海原有红树林 $5.33 \times 10^4 \sim 6.00 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 由于无节制的围涂造地, 现仅存不足原来的 $1/4$ 。厦门岛的高崎至大陆集美的厦门海堤 1955 年建成后不仅截断了对虾的产卵地, 使对虾绝迹, 还使东侧水域同安湾的文昌鱼渔场完全被破坏, 使历史悠久的刘五店文昌鱼渔场不复存在。由于筑堤围垦, 三都湾大黄鱼产卵场, 兴化湾、湄洲湾、官井洋和厦门港蓝点马鲛鱼产卵场, 福清湾蛭苗产地, 福宁湾、福清湾蛤苗产地, 福宁湾尖刀蛭产地等有的已经变为陆地, 水文和底质状况改变, 影响了产卵场、渔场和苗场, 渔业资源的损失难以估计 (于永海等, 2013)。

1.4 围填海生态环境效应国内外研究进展

1.4.1 围填海开发对湿地植被群落演替的影响评价研究

围垦筑堤等活动阻断了海陆之间物质的正常输送, 使滩涂植物的生长受到威胁, 植被演替发生变化。其中, 围垦年代、离海距离、土地利用方式等对植物都有不同程度的影响 (宋红丽等, 2013)。

在国外, Wolters 等 (2005) 系统对比了 89 处毁堤重建盐沼区域不同大小面积的植被物种群落结构, 发现盐沼植被物种多样性在小面积 (30 hm^2) 区域比大面积 (100 hm^2) 区域的多样性低。Lefeuvre 等 (2002) 则报道了法国圣迈克山湾围海后, 为恢复圣迈克山的岛屿本质和保护现有旅游业、渔业、农业等各方利益, 法国实施的一项弥补性工程在环境保护者和生态学家的引导下正在演变为生态工程, 以期最大限度地协调人类和环境的利益。Bernhardt 等 (2003) 在德国海岸盐沼退化区域, 引入了潮流和传统放牧体制, 并维持了长达 5 年的定位监测, 发现盐沼植被的平均物种多样性和总物种多样性呈现明显增加趋势。Lotze 等 (2006) 对欧洲、北美和澳洲有区域代表性的 12 处河口和滨海湿地人类活动、海岸开发历史及其生态系统的演变关系进行了系统的研究, 采用大量古生物、考古、地理和生态学历史数据分析重建了不同人类文明发展阶段及其海岸开发利用方式对滨海湿地生物多样性 (涉及 6 个分类群、22 个功能群共 80 个物种)、水环境状况及外来物种入侵的影响。研究表明, 尽管对河口及海岸的影响可以追溯到人类文明的起点, 但其影响在过去的 300 ~ 150 年期间显著增强, 且表现出类似的影响模式: 人类活动使得 90% 的重要的经济性物种资源消失, 破坏了 65% 以上的海草床和滨海湿地生境, 使得水环境持续恶化、外来物种入侵加剧。因此, 在区域乃至更大尺度上结合景观要素近百年的变迁来研究干扰影响下的生物多样性以及生态系统功能改变是当前的研究趋势 (Feld et al., 2009)。这些研究表明, 发达国家在对河口滩涂湿地进行围垦之后也在反思和调整自己的行为, 力图使围垦对生态系统造成的不利影响降至最低, 同时又能符合保护人类生命财产的根本利益, 这一点值得我们借鉴。

在国内, 慎佳泓等 (2006) 曾对杭州湾和乐清湾滩涂围垦造成的湿地植物多样性影响进行了研究, 发现建塘时间对植物种类有明显的影响, 物种数随着建塘时间的推移而增加, 当建塘时间超过 30 年, 其土壤已基本接近中性, 群落中的植物种类明显增加; 离海塘的距离对物种多样性有着极其重要的影响, 一般来说, 随着离海塘距离的增加, 物种多样性明显增加;