

海洋公益性行业科研专项(201005009)系列丛书

集约用海对渤海海洋环境影响 评估技术研究及应用

张继民 宋文鹏 高松
于定勇 罗先香 赵冬 等 编著

JIYUE YONGHAI DUI BOHAI HAIYANG
HUANJING YINGXIANG PINGGU JISHU
YANJIU JI YINGYONG



海洋出版社

海洋公益性行业科研专项（201005009）系列丛书

集约用海对渤海海洋环境影响 评估技术研究及应用

张继民 宋文鹏 高 松 等 编著
于定勇 罗先香 赵 冬

海洋出版社

2014 年 · 北京

图书在版编目 (CIP) 数据

集约用海对渤海海洋环境影响评估技术研究及应用/张继民等编著. —北京: 海洋出版社, 2014. 12

ISBN 978 - 7 - 5027 - 8976 - 3

I. ①集… II. ①张… III. ①渤海 - 海洋环境 - 环境生态评价 - 研究 IV. ①X145

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 240179 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 新华书店发行所经销

2014 年 12 月第 1 版 2014 年 12 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 13.75

字数: 290 千字 定价: 68.00 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

《集约用海对渤海海洋环境影响评估技术研究及应用》

编辑委员会

主 编 张继民

副主编 宋文鹏

编 委 (按姓氏笔画排序)

于定勇	马 胜	王鲁宁	田 艳	白 涛	刘娜娜
刘 星	刘清容	吕 方	孙凯静	巩 瑶	朱永贵
宋爱环	张天文	张龙军	张秋丰	张 薇	李志伟
李 杰	李保磊	李紫薇	李翹楚	杨 琨	邱兆星
邹 琰	罗先香	姜 旭	胡 聪	赵 蓓	赵 冬
高 松	屠建波	郭敬天	黄 蕊	曾昭春	新美丽

编辑委员会单位 国家海洋局北海环境监测中心
山东省海洋生态环境与防灾减灾重点实验室
国家海洋局北海预报中心
中国海洋大学
中国科学院遥感与数字地球研究所
山东省海洋生物研究院
河北农业大学
国家海洋局天津海洋环境监测中心站

前 言

环渤海地区是中国北部沿海的黄金海岸，在中国对外开放的沿海发展战略中占有重要地位。环渤海三省一市以占全国 5.9% 的陆域面积和 2.6% 的海域面积，承载着占全国近 1/5 的人口和超过 1/5 的国内生产总值，创造了全国近 1/3 的海洋经济产值。作为我国唯一的半封闭型内海，渤海生态系统是环渤海经济圈的重要支撑，其服务功能对该地区经济社会的发展起着决定性的保障作用。当前，环渤海区域性、行业性重大发展战略是我国环渤海沿岸经济发展的重要形式，“十一五”期间，天津滨海新区基本已建成为石化、化工类项目集中区域；河北省依托曹妃甸打造世界级临港重化工业基地，将大港口、大钢铁、大化工、大电能四大产业作为其发展重点；辽宁省制定了沿海经济带发展战略，将大力发展以石化、钢铁、大型装备和造船为重点的临海、临港工业。山东半岛蓝色经济区将采取“一区三带”的发展格局，通过集中集约用海，打造出九大新的海洋优势产业聚集区（九大海洋经济高地）。随着环渤海新一轮沿岸开发的快速发展，能源重化工等一系列“两高一资”的“大项目”的启动，不但加剧了环渤海地区重化工业发展趋同、布局分散的态势，也将进一步加大该地区的海洋环境压力，并可能引发海洋资源竞争加剧、环境风险失控，降低环渤海地区产业发展与海洋资源环境的协调性，最终导致该区域发展的不可持续性。因此，迫切需要从渤海的整体出发，从更长的时间尺度和更大的空间尺度，开展集约用海对海洋环境影响评估的技术方法，实现对环渤海重点开发活动区集约用海的有效监测监控、评估和优化调整，同时提出减缓不良海洋环境影响的对策与建议，指导区域集约用海合理布局，为环渤海经济社会又好又快发展提供环境保障和科学依据。

近些年来人们对于围填海工程带来的海洋生态环境问题已有所认识，国内外不少学者对填海工程所产生的负面效应也进行了分析和探讨，但基本上还停留在定性或局部的层面上，对环境的影响分析内容也大部分集中在海岸和海底地貌、水文动力条件改变、水环境质量、沉积物环境质量及海洋生物种类和群落结构等几个方面。目前国际上普遍采用环境影响评价（EIA）方法，集中在对沿岸水动力条件、沿岸侵蚀和淤积、沿岸水环境、沿岸生态条件以及沿岸经济水平等方面的变化进行评价。围填海工程对海洋环境的影响评价技术方法方面，我国颁布实施的《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485—2004），也局限于单个项目对海岸和海底地貌、水文动力条件改变、水环境质量、沉积物环境质量及海洋生物种类和群落结构等几个方面，而对于集约用海对海洋环境影响的评价技术体系和相关技术规范在

国内外相关文献中尚未见系统研究。

基于2010年度海洋公益性行业科研专项项目“基于生态系统的环渤海区域开发集约用海研究”(项目编号:201005009)研究成果,本书阐述了集约用海对渤海海洋水动力影响、滨海湿地景观影响、海洋资源影响和海洋生态影响等评估技术构建及应用情况。本书中的“集约用海”是指集中节约用海,重点围绕集中节约用海活动对海洋环境影响评估技术方法研究,科学客观评估集约用海对渤海海洋环境造成的影响。

本书各章节的协作分工如下:

第1章,概述,由国家海洋局北海环境监测中心负责,中国海洋大学参与完成。

第2章,集约用海对渤海海洋水动力环境影响评估技术构建及应用,由国家海洋局北海预报中心负责,国家海洋局北海环境监测中心参与。

第3章,集约用海对渤海滨海湿地景观影响评估技术研究及应用,由中国科学院遥感与数字地球研究所负责,国家海洋局北海环境监测中心参与。

第4章,集约用海对渤海海洋资源影响评估技术研究及应用,由中国海洋大学负责技术研究部分,河北农业大学和国家海洋局天津海洋环境监测中心站负责应用部分,国家海洋局北海环境监测中心参与。

第5章,集约用海对渤海海洋生态影响评估技术研究及应用,由中国海洋大学负责,国家海洋局北海环境监测中心参与。

第6章,山东环渤海区域集约用海对渔业资源影响评估技术研究及应用,由山东省海洋生物研究院负责,国家海洋局北海环境监测中心参与。

各家单位编写人员排序如下。

国家海洋局北海环境监测中心:张继民、宋文鹏、赵蓓、刘娜娜、李保磊、刘星、姜旭、杨琨

国家海洋局北海预报中心:高松、张薇、李杰、刘清容、黄蕊、郭敬天、白涛
中国科学院遥感与数字地球研究所:赵冬、李紫薇、马胜

中国海洋大学(海洋资源影响评估章节):于定勇、胡聪、田艳

中国海洋大学(海洋生态影响评估章节):罗先香、张龙军、孙凯静、朱永贵

山东省海洋生物研究院:张天文、邹琰、李翘楚、新美丽、吕方、宋爱环、邱兆星

河北农业大学:曾昭春、李志伟

国家海洋局天津海洋环境监测中心站:张秋丰、屠建波、巩瑶、王鲁宁

本书在写作过程中特别感谢国家海洋局北海环境监测中心崔文林主任、孙培艳书记和同事们对此项工作的大力支持,同时也特别感谢项目协作单位提供的帮助,感谢所有参与、关心此项工作的同仁们!

由于时间关系以及笔者对本前言领域研究认识水平有限，书中可能存在一些不足和错误之处，敬请各界人士批评指正！书中涉及的评估技术研究仅仅是众多围填海项目问题研究中的一个侧面，可能存在不足之处，希望能够抛砖引玉，进一步推动相关研究工作的进度。

作者

2014 年 4 月

目 录

1 概述	(1)
1.1 围填海活动开发态势分析	(1)
1.2 围填海工程对海洋环境影响研究现状	(2)
2 集约用海对渤海海洋水动力环境影响评估技术构建及应用	(7)
2.1 渤海潮汐特征变化分析	(7)
2.2 渤海海流变化分析	(20)
2.3 渤海海底冲淤变化分析	(39)
2.4 渤海水动力影响评价方法构建	(49)
2.5 渤海水动力影响评价方法应用	(52)
2.6 小结	(69)
3 集约用海对渤海滨海湿地景观影响评估技术研究及应用	(71)
3.1 集约用海类型对滨海湿地的影响分析	(71)
3.2 集约用海对滨海湿地影响评估技术方法体系构建	(72)
3.3 锦州湾集约用海对滨海湿地影响评估	(84)
3.4 莱州湾集约用海对滨海湿地影响评估	(92)
3.5 小结	(102)
4 集约用海对渤海海洋资源影响评估技术研究及应用	(103)
4.1 评价指标体系构建原则	(103)
4.2 评价指标体系建立	(104)
4.3 评价指标权重确定	(112)
4.4 评价方法与等级划分	(118)
4.5 天津滨海新区集约用海对海洋资源影响评价	(119)
4.6 曹妃甸区域集约用海对海洋资源影响评价	(128)
4.7 小结	(137)
5 集约用海对渤海海洋生态影响评估技术研究及应用	(138)
5.1 生态影响评价研究工作基础	(138)
5.2 评价指标体系初步构建及筛选	(138)
5.3 指标因子权重确定	(143)
5.4 评价指标标准的确定	(146)
5.5 评价模型及方法	(148)
5.6 莱州湾集约用海对海洋生态影响评价	(152)

5.7 小结	(184)
6 山东环渤海区域集约用海对渔业资源影响评估技术研究及应用	(186)
6.1 山东环渤海区域概况	(186)
6.2 山东省环渤海区域渔业资源现状	(187)
6.3 集约用海对渔业资源影响评价	(192)
6.4 小结	(200)
参考文献	(201)

1 概述^①

1.1 围填海活动开发态势分析

随着沿海区域经济的快速发展和人口急剧增长,围填海造地成为解决人地矛盾、空间不足、扩大社会生存和发展空间的有效途径。围填海造地是在沿海筑堤围割滩涂和海湾,并填成陆地的用海工程,完全改变了海域自然属性的用海方式。围填海造地往往损失掉大量的滨海湿地和自然岸线,而滨海湿地和自然岸线是不可再生的稀缺资源,保护湿地和岸线资源必须转变用海方式。在统一规划和部署下,一个区域内多个围填海项目集中成片开发的用海方式叫做集中集约用海。集中集约用海不是“大填海”,而是要科学适度用海。集中集约用海是寻求海洋开发与保护的结合点和平衡点,是促进海岸带资源可持续利用的新理念。集中,就是在布局上改变传统的分散用海方式,在适宜海域实行集中连片适度规模开发;集约,就是在结构上改变传统的粗放用海方式,提高单位岸线和用海面积的投资强度。二者的本质特征都是占有最小的岸线和海域,实现最大的经济效益。相对于单个围填海项目或工程,集中集约用海是一种更为高效、生态和科学的用海方式。通过改变填海工程设计理念,改进填海方式,实施集中集约用海,有利于保护滨海湿地和自然岸线资源,有利于集中有限的人力、物力、财力培植经济社会发展的新增长极。

世界上许多沿海国家,尤其是沿海土地资源贫乏的国家,如荷兰、日本、韩国、新加坡等都把围填海作为解决土地资源短缺的重要手段。日本、荷兰是世界上围海造地最多的国家,日本战后新造陆地 $1\,500\text{ km}^2$ 以上,新地主要用于工业、交通、住宅三大方面;荷兰有 $1/5$ 的国土是从海洋中围起来的。20世纪40年代,日本就通过集中填海造地,形成了支撑日本经济的“四大工业地带”。第二次世界大战之后,为了拉动其他地区发展,日本政府又通过统一规划布局,在沿海填海造地形成了24处重化工业开发基地,在太平洋沿岸形成了一条长达1 000余千米的沿海工业地带,实现了工业组团发展。此外有些国家,如迪拜为解决发展的空间制约,从20世纪90年代开始人工建岛,形成了规模空前的棕榈岛群和世界地图状岛群工程,曾经成为一些国家效仿的“样板工程”。

我国从20世纪50年代起至今已先后经历了4次围填海高潮:新中国成立初期的围海晒盐;60年代中期至70年代的农业围垦;80年代中后期到90年代的围海养殖以及

① 本章由国家海洋局北海环境监测中心和中国海洋大学负责完成。

最近 20 多年来以满足城建、港口、工业建设需要的围海造地高潮。至 20 世纪末, 围填海造地面积平均每年约为 240 km^2 。据不完全统计, “十一五” 期间已实施和计划围填海的面积平均每年约 $1\,000 \text{ km}^2$ 。国家海洋局统计数据表明, 2002 年《中华人民共和国海域使用管理法》实施后, 截至 2007 年, 全国 (港、澳、台地区除外) 共填海造地 540 km^2 , 其中, 福建填海造地面积最多, 为 112.13 km^2 (潘建纲, 2008)。近 10 年来沿海省市纷纷实施重大海洋开发战略。天津滨海新区规划面积 $2\,270 \text{ km}^2$, 其中 2008 年 3 月国务院批准填海造地规划 200 km^2 , 涉及港口物流、临海工业、滨海旅游、海洋新兴产业等优势产业。河北曹妃甸工业区规划用海面积 310 km^2 , 其中填海造地面积 240 km^2 , 用于发展港口物流、钢铁、石化和装备制造等产业。江苏省自 2005 年以来也已选划了 400 km^2 的围填海区, 集中发展旅游、新能源和国际航运等特色海洋产业。此外, 山东省实施的“蓝色经济区建设” 战略规划, 也将实施大规模的围填海行动。

2012 年北海区海洋环境公报表明, 2009 年至 2012 年, 渤海区域获得批复的区域建设用海规划共 20 个 (辽宁省 10 个、河北省 4 个、天津市 2 个、山东省 4 个), 规划批复总面积 818.34 km^2 (含规划批复填海面积 631.31 km^2)。其中, 2012 年获得批复的区域建设用海规划 7 个 (辽宁省 3 个、河北省 1 个、天津市 1 个、山东省 2 个), 规划批复总面积 166.12 km^2 (含规划批复填海面积 130.83 km^2)。2009 年以来, 天津滨海新区的围填海面积居首, 为 207.19 km^2 ; 其次为河北曹妃甸循环经济示范区, 为 140.72 km^2 ; 山东半岛蓝色经济区 (渤海区域) 围填海面积相对较小, 为 42.15 km^2 。2012 年, 长兴岛临港工业区、天津滨海新区和沧州渤海新区的大规模围填海活动呈高速开发态势, 曹妃甸循环经济示范区、营口沿海产业基地和锦州湾沿海经济区的大规模围填海活动开发态势放缓, 山东半岛蓝色经济区 (渤海区域) 的大规模围填海活动正稳步推进 (见图 1.1)。

1.2 围填海工程对海洋环境影响研究现状

围填海造地对区域最明显的影响就是使该区域的海洋水动力条件发生改变, 滨海湿地面积减少、红树林和珊瑚礁等特殊生境被毁, 海洋资源受损, 生物多样性下降。围填海工程对近海环境造成的负面影响已引起国内外学者的关注, 国外有学者通过化学监测、沉积物粒径分析、沉积速率分析以及其他科技手段, 如遥感和 GIS、数值模型、生态模型等探讨了围填海工程对水质、沉积环境、地形、水体净化能力、海岸侵蚀和海洋生态的影响。国内众多学者也分别从水动力影响、海洋资源影响、生态环境效应及评价方法和模型等方面开展了大量的研究工作。

在国外研究方面, Kondo (1995) 研究发现填海开发活动导致了近海海岛、沙坝等自然地貌形态消失, 新建的人工岛造成海岸地貌维持系统的调整和海岸景观的剧变。HeuvelHillen R H (1995) 研究发现填海开发活动改变了海岸线形态, 使海岸线由自然演化形态变化为人工修筑堤坝形态, 同时为了节省围填成本, 对天然港湾进行截弯取

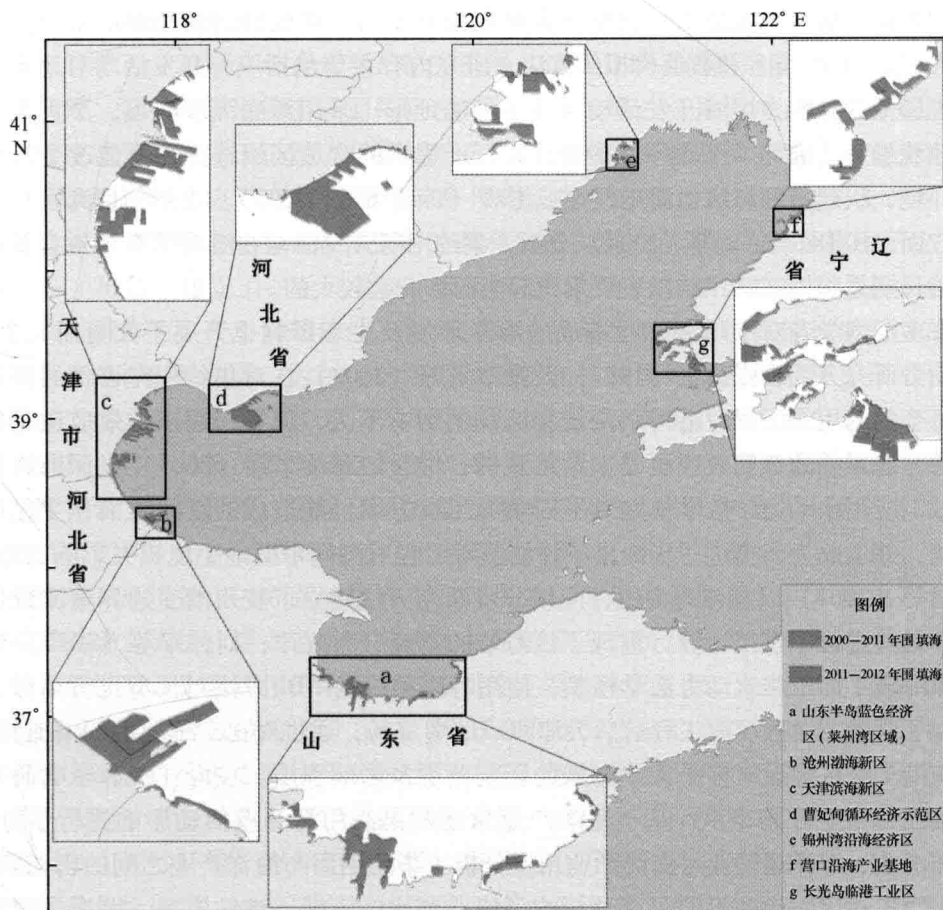


图 1.1 2000—2012 年渤海重点区域围填海状况

直, 导致海岸线缩短, 形态平直。Lee 等 (1999) 分析了韩国西海岸的瑞山湾填海工程的基本概况, 结果显示填海开发活动极大地改变了低潮滩的沉积过程。Kang (1999) 研究了韩国灵山河口木浦沿海填海工程, 研究结果发现潮汐壅水减小、潮差扩大。Healy 等 (2002) 研究了填海开发活动对浮游生物生态系统的影响, 结果表明, 填海工程减弱了河口、海湾的潮流动力, 降低了附近海区浮游植物、浮游动物生物多样性, 引起了优势物种和群落结构的变化, 底栖生物在很大程度上也受到了填海工程的影响。Shinichi Sato 和 Mikio Azuma (2002) 研究发现大规模的填海开发活动导致了日本西南部海域 Mishou 湾、河口三角洲生态系统功能降低, 日本九州岛西部 Isahaya 湾填海工程使得堤内水域中原有的底栖双壳类动物大量死亡。Wu Jihua 等 (2005) 对新加坡 Sungei Punggol 河口海岸填海开发活动对大型底栖生物群落影响系统影响进行了分析, 结果表明在填海工程邻近区域, 底栖动物种类和丰度都显著降低, 而在远离填海工程区域则均显著增加, 说明了填海开发活动对底栖生物群落结构产生了很大的破坏。Guo H P 等 (2007) 研究表明填海开发活动加大了新增土地的盐渍化风险, 加重了海岸侵

蚀,削弱海岸防灾减灾能力。国外学者对填海开发活动对地形地貌和湿地景观的影响研究大多运用 3S 技术和数值模拟的方法,研究内容主要包括填海开发活动对地形地貌和景观影像的影响,填海开发活动改变了海底地形。采用海底泥沙吹填,严重改变了海底地貌形态,破坏了海底环境平衡状态,不适当的吹填区域选择还可能改变海域水动力环境,引起新的海底、海岸侵蚀或淤积(Peng B R, 2005)。在集约用海累积效应研究方面,H. Dalkmann 等(2004)分析了集约用海开发活动在海湾的叠加效益及其对海湾的长期累积性影响,结果表明累积起来的影响是较大的。

许多国内学者对围填海工程造成的海洋环境及生态影响也开展了大量研究工作。在水动力研究方面,张珞平(1997)及张珞平等(2008)在对集约用海评价的探讨中指出每个集约用海工程对港湾纳潮量和流场的影响不大,但累积起来的效应还是比较明显的,而累积的长期效应更是非常可观的;倪晋仁和秦华鹏(2003)以深圳湾为研究区域,应用水动力学数学模型对不同填海工程方案可能造成的潮间带面积变化进行了预测,并以此为依据进一步提出了评估填海工程对潮间带湿地生境损失影响的方法;王学昌等(2003)以胶州湾为例,应用分步杂交方法建立了胶州湾变边界潮流数值模型,并对其进行了模拟计算,重现了该海域的潮流分布规律;刘仲军等(2012)建立了天津海域平面二维水动力数学模型,使用有限差分的 ADI 方法对模型进行离散,分别模拟了南港工业区填海工程前后天津海域的潮流场,通过对比工程前后的潮流特征,分析南港工业区建设对整个天津海域的影响范围及影响程度。在海洋资源影响研究方面,戴桂林和兰舌(2009)基于海洋产业角度对集约用海开发活动影响进行了分析,从海洋渔业、海洋运输业等海洋产业角度分析了集约用海与海洋产业之间的密切联系,结果表明集约用海活动不同程度地影响了渔业和水产资源、港航资源、海洋空间资源以及旅游资源等,使原本就存在的海湾资源利用矛盾白热化,加剧了资源的利用冲突和产业之间的矛盾;Yamauchi M 等(2006)等分析了日本集约用海对渔业资源的影响,结果表明由于集约用海改变了水动力条件以及生物栖息条件等,对渔业资源造成了较大影响。在环境效应研究方面,陈彬等(2004)采用现场调查资料与历史资料对比的方法,从海岸和海底地貌、水环境质量、海洋生物种类和群落结构等几个方面分析了近几十年来福建泉州湾围海工程的环境效应。结果表明,围海工程促进了海滩的淤浅,减小了内湾的纳潮量 and 环境容量,使得泉州湾内湾水质恶化;其最终后果为围海工程附近海区生物种类多样性普遍降低,优势种和群落结构发生改变。张珞平等(2008)在《福建省海湾数模与环境研究——福清湾》一书中从各个角度评价了集约用海项目的环境影响。谢挺等(2009)根据舟山海域近几年海洋自然环境质量及发展趋势,阐述了填海工程快速发展对舟山海域海洋自然环境所带来的影响。李杨帆等(2009)选择具有重要典型意义的沿海高度城市化及快速城市扩张地区港湾湿地为例,采取多学科交叉集成的研究途径,探索填海造地对港湾湿地景观格局及沉积环境的影响。王伟伟等(2010)通过从填海活动和临海工业两个方面对海岸带开发活动产生的环境效应影响做了趋势性分析,并根据搜集的 2005—2008 年的水质监测数据对大连湾

海域进行了海洋自然环境质量评价,评价海岸带开发活动对大连湾海域产生的影响。朱高儒和许学工(2011)结合近年来研究进展,详细分析了填海造陆对于土地、水文、生态及气候、原材料源地等多方面的环境效应及其关联,结果发现:①填海造陆对环境的负效应在种类上多于正效应;②填海造陆的影响范围遍及从海到陆的整个海岸带区域;③填海造陆效应具有从短期扰动事件到长期生态和物理过程的宽域时间尺度;④填海造陆各个效应之间存在着很强的关联和促进机制。在评估方法及模型研究方面,彭本荣等(2005)建立了一系列生态—经济模型,用于评估填海造地生态损害的价值以及被填海域作为生产要素的价值,并用所建立的模型对厦门填海造地所建立的生态—经济模型进行经验估算,为制定填海造地规划和控制填海造地的经济手段提供强有力的科技支撑。孟海涛等(2007)采用生态足迹方法,对厦门西海域生态足迹和生态承载力进行计算,对厦门西海域自20世纪80年代以来的填海工程造成的生态承载力的累积性变化做了量化分析,为综合评估海湾填海工程的生态效应提供一种全新的视角。刘述锡等(2010)分析了填海对海洋生态系统的影响,构建了包括生物效应、生态系统功能效应和环境效应三方面的填海生态环境效应评价指标体系,初步提出了各指标评价标准的确定方法;建立了层次分析法与赋值综合评价法相结合的填海生态环境效应综合评价模型,为客观评价填海生态环境效应提供科学依据。朱凌和刘百桥(2009)探讨了围海造地综合效益的评价方法,提出评价围海造地的综合效益时宜采用模糊综合评价的方法,综合考虑围填开发的社会效益、经济效益和资源效益。王静等(2010)以江苏省辐射沙脊海域如东近岸浅滩填海为例,运用多目标决策理论与方法,综合考虑填海对动力泥沙环境、海洋生态环境、资源综合开发和社会经济影响,建立填海适宜规模评价指标体系,构建适宜围填规模评价决策模型。李京梅和刘铁鹰(2010)针对填海造地的生态环境损失,以福建某填海造地工程为例,对补偿标准的计算进行实证分析,得出该项填海造地工程的外部生态成本。在集约用海的累积效益影响研究方面,张路平(1997,2008)在对集约用海评价的探讨中指出每个集约用海工程的累积效应比较明显。吴瑞贞等(2007)在评价集约用海开发产生的环境影响问题时,认为对单个集约用海工程项目的评价,由于具有相似的海洋环境的面积比围填开发面积大很多,开发占用的面积对比之下较小,因而产生的影响也比较小,但是多个开发项目引起的累积效应很大。

填海造地意味着海洋与海岸带生态系统自然属性的永久性改变,使为人类提供生态服务功能的海岸海洋生态系统完全破坏,填海造地导致港湾景观生态安全破坏、海洋泥沙淤积、海洋环境质量下降、生境退化和海岸带生物多样性的减少等(李扬帆等,2009)。同时,使滨海湿地面积减少、红树林和珊瑚礁等特殊生境被毁、海湾自净能力减弱、港口航道淤积、沙滩退化、海岸侵蚀、沿海景观受损、海洋渔业资源减少、生物多样性下降等一系列生态环境的负面效应(王萱等,2010)。在评估围填海对海洋生态造成影响的过程中,将区域海洋生态功能划分成不同的功能单元和功能类别,使其成为可估测或可模拟计算的量,进而得知区域海洋生态系统被影响的程度。在对功能

的划分上，不同学者虽然划分的结果不一样，但总体上都是遵循着一定的规律和原则，通过总结不同学者的研究成果（彭本荣等，2005；苗丽娟，2007；陈伟琪等，2009；王静等，2010），将海岸带生态系统的功能分四大类：调节功能、生境功能、生产功能和信息功能，然后将四大类功能细分为 20 个子服务功能，见表 1.1。

表 1.1 海岸带生态系统服务功能

海岸带生态系统服务功能类别	子服务功能类别
供给服务	食物、原材料、基因资源、医药资源、水供给、空间资源
调节服务	气候调节、水调节、干扰调节、废物处理、生物控制等
文化服务	审美信息、旅游娱乐、精神宗教、科学教育、文化艺术等
支持服务	初级生产、土壤形成、养分循环、生物多样性维持等

该分类体系为识别填海造地的生态损害提供了线索，填海造地活动发生在海岸带和近海地带，填海造地所破坏的生态系统主要包括红树林生态系统、滩涂生态系统（泥滩）、沙滩生态系统、海草生态系统、珊瑚礁生态系统及近海生态系统，通过考察这些生态系统提供的服务来确定填海造地的生态损害，并且这四大生态系统服务具有相互关联性，围填海一旦损害其中的某一种服务，将会对其他服务产生连锁反应，如填海工程占据海岸带空间，在损害空间资源供给服务的同时，还可能破坏海岸带植被，损害气体调节服务，并由于侵占动植物栖息地而损害生物多样性维持等支持服务。在具体评估时，多采用市场价值法、影子工程法、替代花费法、条件价值法等，估算或者模拟损坏程度，最后得出评价结果。如，刘述锡等（2010）在围填海生态环境效应评价方法研究中通过对指标权重的确定，用赋值综合评价法对围填海生态环境效应进行评价，给出了围填海生态环境效应综合评价指数，据此表征围填海对生态环境效应的影响程度。

本研究将在已有工作的基础上，针对渤海特点，分析集约用海对渤海海洋水动力、滨海湿地景观、海洋资源和海洋生态的影响，建立相应的评价技术并在局部区域进行应用，以期为更好地开发利用渤海海洋和保护海洋提供理论指导和行为约束。

2 集约用海对渤海海洋水动力环境影响 评估技术构建及应用^①

本章通过收集和整理 20 世纪 90 年代以来渤海海洋数据集和多源实测数据, 建立水动力模式所需的合理水深, 采用数值模式建立渤海水动力、泥沙和波浪模型, 研究分析渤海潮汐性质、海流特征、纳潮量波浪和冲淤环境等现状, 通过对潮汐、潮流、冲淤、波浪四个要素表征量的筛选, 构建了以理论高潮面变化值、大潮期最大流速变化值、冲淤厚度变化值、有效波高等参量作为表征量的综合评价指标体系, 建立了特征点法和面积统计法两种评价方法, 并以辽东湾、渤海湾和莱州湾为研究区域开展了应用研究。

2.1 渤海潮汐特征变化分析

2.1.1 模型选择与设置

水动力模拟采用 MIKE31 三维水动力软件包, 它适用于湖泊、河口、海岸和海湾的平面三维流体的水动力模拟。

2.1.1.1 模式基本控制方程

(1) 连续性方程

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial UD}{\partial x} + \frac{\partial VD}{\partial y} + \frac{\partial \omega}{\partial \sigma} = 0$$

(2) 运动方程

$$\begin{aligned} & \frac{\partial UD}{\partial t} + \frac{\partial U^2 D}{\partial x} + \frac{\partial UV D}{\partial y} + \frac{\partial U \omega}{\partial \sigma} - fVD + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} \\ &= \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{K_M}{D} \frac{\partial U}{\partial \sigma} \right) - \frac{gD^2}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial x} \int_{\sigma}^0 \rho d\sigma + \frac{gD\sigma}{\rho_0} \frac{\partial D}{\partial x} \int_{\sigma}^0 \frac{\partial \rho}{\partial \sigma} d\sigma + Fx \\ & \frac{\partial VD}{\partial t} + \frac{\partial UV D}{\partial x} + \frac{\partial V^2 D}{\partial y} + \frac{\partial V \omega}{\partial \sigma} + fUD + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} \\ &= \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{K_M}{D} \frac{\partial V}{\partial \sigma} \right) - \frac{gD^2}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial y} \int_{\sigma}^0 \rho d\sigma + \frac{gD\sigma}{\rho_0} \frac{\partial D}{\partial y} \int_{\sigma}^0 \frac{\partial \rho}{\partial \sigma} d\sigma + Fy \end{aligned}$$

其中, $\sigma \left(= \frac{Z - \eta}{H + \eta} \right)$ 在 $Z = \eta$ 时, $\sigma = 0$; $Z = -H$ 时, $\sigma = -1$ 。 $D = H + \eta$, $H(x, y)$ 为

^① 本章内容由国家海洋局北海预报中心负责技术研究及应用, 国家海洋局北海环境监测中心协助完成。

水深, $\eta(x, y)$ 为自由面起伏。

2.1.1.2 边界条件与初始条件

(1) 边界条件

在闭边界处法向流速为零。

开边界处输入潮波

$$\zeta = \sum_{i=1} \{f_i H_i \cos[\sigma_i t + (V_{0i} + V_i) - G_i]\}$$

式中, σ_i 是第 i 个分潮的角速度 (共取 4 个分潮: M_2 、 S_2 、 O_1 、 K_1), f_i 、 θ_i 是第 i 个分潮的交点因子和迟角订正, H_i 和 G_i 是调和常数, 分别为分潮的振幅和迟角, V_i 是分潮的时角 (东八区)。

(2) 初始条件

计算开始时“冷态”启动, 即:

$$\begin{aligned}\zeta(x, y, t)_{t=0} &= 0 \\ h(x, y, t)_{t=0} &= h_0(x, y) \\ u(x, y, t)_{t=0} &= 0 \\ v(x, y, t)_{t=0} &= 0\end{aligned}$$

2.1.1.3 模拟计算范围

渤海潮汐数值模拟计算范围为整个渤海 (117.6°—122.75°E, 36.931°—40.874°N), 网格距为 1 200 m, 网格数为 370 × 365, 开边界设在 122.75°E。模式进行 45 d 的潮汐计算, 采用后 30 d, 每小时的水位结果, 进行调和分析。

渤海潮汐模式进行了 2000 年、2008 年和 2010 年三种工况的模拟试验, 分析由岸线变化引起的渤海潮汐系统的变化。

2.1.2 渤海潮汐特征变化分析

图 2.1 为 2000 年模拟工况, 渤海 M_2 、 S_2 、 K_1 和 O_1 分潮同潮图。从图中可以看出半日潮的两个无潮点分别位于黄河海港和秦皇岛附近海域, 日潮一个无潮点位于蓬莱站附近海域, 各分潮的振幅和迟角都与海图图集的结果一致。

图 2.2 为 2000 年、2008 年和 2010 年三种工况下, 渤海 M_2 分潮振幅和迟角对比图, 从图中可以看出岸线变化对 M_2 分潮的影响主要表现在渤海湾和莱州湾, 秦皇岛外的无潮点位置和辽东湾的潮波分布基本没有变化。位于黄河海港附近海域的 M_2 无潮点向东南方向略有偏移数千米, 致使渤海湾内 M_2 分潮振幅有所增大, 2008 年增大约 3.5 cm, 2010 年增大约 6 cm; 渤海湾内迟角也发生逆时针偏转, 2008 年增大约 3°, 2010 年约为 5°。莱州湾内 M_2 分潮振幅有所减小, 2008 年增大约 1 cm, 2010 年增大约 3 cm; 莱州湾内迟角也发生顺时针偏转, 2008 年增大约 3°, 2010 年约为 5°。

图 2.3 为 2000 年、2008 年和 2010 年三种工况下, 渤海 K_1 分潮振幅和迟角对比