



我国近海海洋综合调查与评价专项成果
“十二五”国家重点图书出版规划项目

*ZHEJIANG YAN'AN SHENGTAI HUANJING JI
HAIWAN HUANJING RONGLIANG*

浙江沿岸生态环境及 海湾环境容量

寿 鹿 曾江宁 等 编著



海洋出版社

浙江沿岸生态环境及 海湾环境容量

寿 鹿 曾江宁 等 编著



海洋出版社

2015 年 · 北京

图书在版编目 (CIP) 数据

浙江沿岸生态环境及海湾环境容量/寿鹿等编著. —北京: 海洋出版社, 2015. 11

ISBN 978 - 7 - 5027 - 9271 - 8

I. ①浙… II. ①寿… III. ①沿岸生态学 - 研究 - 浙江省 ②海湾 - 环境容量 - 研究 - 浙江省 IV. ①X321.255

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 243710 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

北京画中画印刷有限公司印刷 新华书店发行北京所经销

2015 年 11 月第 1 版 2015 年 11 月北京第 1 次印刷

开本: 880mm × 1230mm 1/16 印张: 40.75

字数: 1060 千字 定价: 198.00 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

《浙江沿岸生态环境及海湾环境容量》

编 委 会

主 编：寿 鹿 曾江宁

编 委：薛斌 许雪峰 陈雷 潘建明

编写组成员：（按姓氏拼音排序）

鲍旭平 陈 锋 陈 雷 陈全震 杜 萍 高爱根

高钧璋 江志兵 廖一波 刘晶晶 刘小涯 刘亚林

吕宝强 潘建明 寿 鹿 孙维萍 王 琪 徐晓群

许雪峰 薛 斌 姚龙奎 姚炜民 姚炎明 于培松

曾江宁 张海娜 郑旻辉 邹 清

前言

Foreword

人口日益增长和经济迅速发展造成的海洋环境与生态问题,引起了人类自身的关注。人类对海洋的开发利用是否超过了海洋自身的承受能力,或者尚有余力可承载更高强度的开发,尚无定论。浙江虽然是海洋大省,但海水水质超标、赤潮频发、渔业资源衰退等现象无不向我们警示着,浙江省的海洋资源与环境负荷已处于过载状态,海洋资源短缺、环境污染与生态破坏可能会成为今后海洋经济发展的主要限制性因素。浙江省迫切需要深入开展海洋承载能力及其动态变化的研究,实施海洋的可持续发展战略,来保障浙江省的海洋经济与海洋生态安全。为此,浙江省“908”专项办公室向国家海洋局第二海洋研究所和国家海洋局温州海洋环境监测中心站下达了“浙江省沿岸和港湾生态环境及其承载力综合评价(ZJ908-02-02)”的专项任务。

在“浙江省重点河口港湾环境综合基础调查(ZJ908-01-01-2)”和“椒江口临港化工业的海洋生态响应(ZJ908-01-01-3)”课题成果的基础上,编写组较为系统地总结了浙江省内宁波-舟山深水港、象山港、三门湾、乐清湾、椒江口、瓯江口等几个重点海湾与河口的海洋生态环境质量变化情况。通过环境容量表征了象山港、三门湾和乐清湾的生态环境承载力。分析了各重点海湾面临的生态压力,进而提出相应的生态保护与修复对策。结合浙江省海洋经济发展中面临的形势,评述了海岸带开发活动的环境与生态效应,给出了若干海洋可持续发展的建议。形成了《浙江省沿岸和港湾生态环境及其承载力综合评价报告》,2011年7月14日浙江省“908”专项办组织专家对报告进行了审核验收,编写组对专家意见进行消化吸收后,对报告进行了针对性修改和重新编排,形成《浙江沿岸生态环境及海湾环境容量》书稿。

本书共分4章,主要内容依次是:概述;近海海洋环境质量变化趋势综合评价;重点海湾环境容量研究;重点海湾与海岸带生态修复对策。浙江省重点海湾之一的杭州湾环境容量研究工作纳入国家海洋局其他“908”专项“我国近岸典型海域环境质量评价和环境容量研究(908-02-02-03)”,故在本书中没有体现。

本书是在国家海洋局“908”专项办公室、浙江省“908”专项办公室等上级部门的领导下,由国家海洋局第二海洋研究所和国家海洋局温

州海洋环境监测中心站组成的课题成员,经过共同努力、密切配合、广泛讨论、吸收和消化专家意见后,形成的集体智慧结晶。我们期望本书研究内容能为浙江海洋的深入研究提供阶段性历史资料,为海洋资源开发利用、海洋管理和环境保护等提供基本依据。

本书的完成得到了“浙江省沿岸和港湾生态环境及其承载力综合评价(ZJ908-02-02)”、海洋公益性行业专项“典型海湾生境与重要经济生物资源修复技术集成及示范(200805069)”和“典型海湾受损生境修复生态工程和效果评价技术集成与示范(201305043-3)”、国家海洋局第二海洋研究所基本科研业务费专项团队项目“近岸海域海洋生态系统完整性评估理论、方法研究与典型案例分析(JT0806)”等课题的支持。

本书研究过程中,得到浙江省海洋与渔业局余涛、顾子江、任迪康、袁声明、邵康星、陆建新、王琪,国家海洋局第二海洋研究所郑玉龙、孙煜华、黎明碧、冯旭文、傅斌、羊天柱、王小波、夏小明、陈建芳、王春生、林以安、王正方、吕海燕、金海燕、刘镇盛、管卫兵、孙东红、朱德弟,浙江大学蔡如星、孙志林等多位领导和专家的关心,他们提出的针对性建议对本书的编写有很大帮助,在此一并向对本书提供过帮助的领导、专家和学者表示感谢。

本书由曾江宁、寿鹿统稿。各章节的具体分工如下:第1章:1.1节,曾江宁;1.2节,寿鹿、姚炜民;1.3.1节,寿鹿、廖一波,1.3.2节,寿鹿、徐晓群;1.3.3节,寿鹿、薛斌、于培松;1.3.4节,寿鹿、杜萍;1.3.5节,鲍旭平、吕宝强;1.3.6节,姚炜民;1.4节,廖一波,曾江宁。第2章:2.1节,寿鹿、薛斌、徐晓群、廖一波、江志兵、杜萍;2.2节,薛斌、徐晓群、廖一波、江志兵、刘晶晶、杜萍、张海娜、郑旻辉、姚龙奎;2.3节,徐晓群、廖一波、江志兵、刘晶晶、杜萍、寿鹿;2.4节,于培松,廖一波,刘晶晶,杜萍,江志兵,寿鹿、王琪;2.5.1节,鲍旭平、陈锋;2.5.2节,郇钧璋、陈锋;2.6.1节,吕宝强;2.6.2节,郇钧璋、刘亚林、邹清;第3章:3.1节,许雪峰,薛斌,刘小涯,寿鹿,潘建明;3.2节,薛斌,许雪峰,潘建明,廖一波,于培松;3.3节,鲍旭平、姚炎明,陈雷。第4章:4.1节,徐晓群,寿鹿,刘晶晶,廖一波,孙维萍,曾江宁,陈全震;4.2节,廖一波,江志兵,徐晓群,杜萍,曾江宁,高爱根;4.3节,曾江宁,陈全震;4.4节,曾江宁,寿鹿,徐晓群,刘晶晶,廖一波,高爱根,陈全震。由于编写队伍水平有限,难免会有欠妥之处,恳请批评指正。

编者

2011年10月25日于杭州

CONTENTS 目次

浙江沿岸生态环境及海湾环境容量

1 概述	(1)
1.1 目的	(1)
1.2 资料获取、处理和质量评价	(1)
1.2.1 资料来源	(1)
1.2.2 资料的处理和质量评价	(2)
1.3 区域概况	(2)
1.3.1 宁波-舟山深水港	(2)
1.3.2 象山港	(5)
1.3.3 三门湾	(7)
1.3.4 椒江口	(10)
1.3.5 乐清湾	(11)
1.3.6 瓯江口	(14)
1.4 环境与生态要素分析方法	(17)
1.4.1 海水化学	(17)
1.4.2 海洋沉积物	(18)
1.4.3 海洋生物与生态	(18)
1.5 海域水质、沉积物质量、生态评价方法及标准	(19)
1.5.1 海域水质、沉积物质量	(19)
1.5.2 海洋生态评价	(20)
2 近海海洋环境质量变化趋势综合评价	(21)
2.1 宁波-舟山深水港海洋环境质量变化趋势综合评价	(22)
2.1.1 海洋化学	(22)
2.1.2 海洋生物与生态	(37)
2.1.3 小结	(53)

2.2 象山港海洋环境质量变化趋势综合评价	(54)
2.2.1 海洋化学	(54)
2.2.2 海洋生物与生态	(74)
2.2.3 小结	(135)
2.3 三门湾海洋环境质量变化趋势综合评价	(136)
2.3.1 海洋化学	(136)
2.3.2 海洋生物与生态	(148)
2.3.3 小结	(228)
2.4 椒江口海洋环境质量变化趋势综合评价	(229)
2.4.1 海洋化学	(229)
2.4.2 海洋生物与生态	(245)
2.4.3 小结	(290)
2.5 乐清湾海洋环境质量现状与趋势	(291)
2.5.1 海洋化学	(291)
2.5.2 海洋生物与生态	(330)
2.5.3 小结	(350)
2.6 瓯江口海洋环境质量变化趋势综合评价	(351)
2.6.1 海洋化学	(351)
2.6.2 海洋生物与生态	(370)
2.6.3 小结	(379)
3 重点海湾环境容量研究	(381)
3.1 象山港	(381)
3.1.1 数值模型简介	(381)
3.1.2 模拟流程及验证	(384)
3.1.3 海湾水交换及水体更新周期	(396)
3.1.4 典型海湾污染物动力扩散模拟研究	(401)
3.1.5 象山港环境容量估算	(408)
3.2 三门湾	(423)
3.2.1 水文特征	(423)
3.2.2 水动力数学模型	(430)
3.2.3 扩散数学模型	(439)
3.2.4 三门湾环境容量计算	(441)

3.2.5 污染物总量控制	(455)
3.3 乐清湾	(458)
3.3.1 水动力模型的建立	(458)
3.3.2 纳潮量的计算与分析	(493)
3.3.3 水体交换能力数值计算与分析	(494)
3.3.4 乐清湾污染源估算和预测	(503)
3.3.5 乐清湾环境容量计算相关分析方法	(530)
3.3.6 乐清湾环境容量	(561)
3.3.7 小结	(613)
4 重点海湾与海岸带生态修复对策	(616)
4.1 重点海湾的生态保护与修复对策	(616)
4.1.1 象山港生态保护与修复对策	(616)
4.1.2 三门湾生态保护与修复对策	(619)
4.1.3 乐清湾生态保护与修复对策	(622)
4.2 海岸带开发活动的环境与生态效应研究	(625)
4.2.1 浙江省海岸带基本状况	(625)
4.2.2 浙江省海岸带开发利用中存在的问题	(632)
4.2.3 典型海岸带开发活动对近岸海洋生态环境的影响分析	(635)
4.3 浙江省海岸带及海洋开发利用原则	(637)
4.4 海洋可持续发展建议	(638)
参考文献	(640)

1 概 述

1.1 目的

改革开放以来,特别是“十一五”期间,浙江经济得以快速发展,其中海洋经济所占份额日益增加。在海洋与渔业发展态势总体趋好的同时,也存在着一些不容忽视的问题。①海洋经济总体实力相对较弱。浙江省海洋经济在国民经济中所占比重在沿海 11 个省、市、自治区中列第 8 位,排位靠后。②生态环境恶化形势依然严峻。浙江省近岸海域污染尚未得到有效控制,海洋生物生境不断遭受破坏,海洋资源开发与环境保护矛盾日益突出。③海洋资源有序开发压力较大。面对海洋经济发展的新形势、新问题,海洋环境保护、灾害防御、海岸保护、海域管理、海岛保护与开发、捕捞业机制体制改革、海洋产业转型升级、新能源开发、海水利用等诸多方面都迫切需要海洋资源保护与开发的规划体系进一步完善。

2011 年 2 月 25 日,国务院正式批复浙江海洋经济发展示范区规划,标志着浙江海洋经济正式上升为国家战略。这将对完善全国沿海经济发展战略布局、实施国家海洋战略、维护海洋权益发挥重要作用,也对拓展浙江省发展空间、培育海洋新兴产业、形成新的经济增长点、推进海洋开发和经济结构转型升级具有重要意义。浙江海洋经济发展示范区,不仅是今后一个时期拓展浙江省发展空间的主阵地,也是提高浙江省发展质量的一个战略平台。坚持以科学发展观为统领,以生态文明和生态省建设为龙头,把海洋环境保护与海洋开发利用摆在同等重要的位置,在海洋经济示范区的建设过程中,正确处理好海洋资源开发和海洋保护、海洋经济发展与环境资源承载能力、海洋经济建设与海岛民生保障等关系问题,是海洋生态文明建设的关键。

在推进浙江海洋经济发展试点上升为国家战略的进程中,国家海洋局第二海洋研究所和国家海洋局温州海洋环境监测中心站受浙江省“908”专项办委托,承担了“浙江省沿岸和港湾生态环境及其承载力综合评价”的任务。目的就是利用 ZJ908-01-01 项目对浙江省重点港湾的调查结果、其他调查结果和历史资料,分析评价宁波-舟山港、象山港、三门湾、乐清湾、椒江口、瓯江口的海洋环境质量现状、生态现状和面临的生态压力。结合海湾周边社会经济的发展状况、历史资料和实验生态学资料,评估浙江省重点海湾开发活动的环境与生态效应,提出开发利用建议,为进一步完善浙江省环重点海湾地区经济和社会发展规划、促进地区经济合理布局和产业结构调整提供科学依据。

1.2 资料获取、处理和质量评价

1.2.1 资料来源

本书的生物、化学以及物理海洋数据由三部分组成。

(1) “908”调查项目所获数据,区块涉及国家“908”ST04、ST05 区块以及浙江省重点河口港湾环境综合基础调查(ZJ908-01-01-2)、椒江口临港化工业的海洋生态响应(ZJ908-01-01-3)项目调查数据。其中:象山港、三门湾、乐清湾的水质、叶绿素 a、初级生产力、浮游植物、浮游动物、底栖生物调查共 4 个航次,调查时间为 2006 年 10 月,2007 年 1 月、4 月和 7 月,沉积物调查两个航次,调查时间为 2006 年 10 月,2007 年 4 月;象山港、三门湾、乐清湾和椒江口潮间带生物调查两个航次,调查时间为 2006 年 9—10 月和 2007 年 4—5 月。

(2) 已有的科学调查研究和沿岸工程勘测活动报告。《宁海西店新城围填海工程数学模型试验》、《双盘涂围垦数值模拟报告》、《三门核电厂生态环境调查报告》、《中化兴中石油转运(舟山)有限公司 30 万吨级油码头工程环境影响报告书》、《舟山外钓岛光汇油库围填海工程海洋环境影响报告书》、《宁波大榭开发区万华工业园海域基础调查报告书》等海洋工程勘测和科研报告、环境影响报告等来源于国家海洋局第二海洋研究所。甬江口生态环境调查资料来源于国家海洋局温州海洋环境监测中心站在 2007 年 4 月和 5 月对甬江口进行的调查结果,其中水质、叶绿素 a、浮游植物、浮游动物调查两个航次,调查时间为 4 月 26—28 日(小潮期)和 5 月 1—4 日(大潮期);沉积物于 4 月 26—28 日调查 1 次;生物体内残毒样品于 5 月 15—29 日调查 1 次;底栖生物于 4 月 26—27 日调查 1 次;潮间带生物于 5 月 16 日调查 1 次。

(3) 基于前两个部分的补充调查,在对三门湾和象山港环境承载力评估及计算过程中,项目组成员针对本项目特点开展海域主要污染物排放的补充调查,共涉及环象山港 62 个站位,环三门湾 54 个站位,对海湾污染源情况和径流输入进行了调研。

1.2.2 资料的处理和质量评价

项目组针对项目特点在项目启动初期制定了质量保证计划,同时依靠国家海洋局第二海洋研究所和国家海洋局温州海洋环境监测中心站的质量保证体系,对资料数据来源的唯一性和可靠性进行了甄别,特设质量评估员,对数据来源进行了溯源。由于项目数据来源渠道广泛,在计量单位等方面存在不统一现象,对此项目制定了数据质量保证计划,同化了各区域各报告数据,并对标识、计量单位等进行了统一。

1.3 区域概况

浙江省沿岸和港湾生态环境及其承载力综合评价报告包括宁波-舟山深水港、象山港、三门湾、椒江口、乐清湾、甬江口 6 个区块。

1.3.1 宁波-舟山深水港

1.3.1.1 区域自然环境

1) 地理位置

宁波-舟山深水港位于浙江省北部沿海,杭州湾口外南侧。行政区划分属于宁波、舟山

两市。港域依托的大陆海岸为穿山半岛, 外围由金塘、册子、舟山、朱家尖、桃花、虾峙、元(悬)山、六横、佛渡、梅山等岛屿环抱。港域主要由金塘、册子、螺头、佛渡、清淤门、虾峙门、条帚门诸深水航道和峙头洋等组成, 是我国为数不多的峡道型深水港域。地理范围位于 $29^{\circ}24' - 29^{\circ}53'N$; $121^{\circ}43' - 122^{\circ}23'E$ (佚名, 2011)。

2) 地形地貌

港域及周边的陆地地形、地貌以连绵起伏的低山丘陵为主体, 其次为夹于低山丘陵之间的小平原; 港域内水下地形、地貌以侵蚀的潮流冲刷沟槽为骨干, 配套以淤积为主的淤泥质水道边滩。水下岸坡和水下浅滩在深水槽的出口处有冲淤变换脊槽发育。海岸类型以基岩岸为主, 其次为淤泥质海岸和人工海岸; 岸滩相对比较稳定, 是淤涨型岸滩, 外涨和增高速度均十分缓慢。港域及周边的地形地貌有继承性, 但全新世海侵以来的冲淤改造作用明显。

3) 地质构造

宁波-舟山深水港域位于华南褶皱系的华夏褶皱带东北端。其基底为前震旦纪的陈蔡群。加里东运动后与扬子准地台连成一片, 长期隆起, 古生界零星出露。印支运动后, 构造活动相当活跃, 以大规模的岩浆侵入和喷发为特征, 形成了一系列断陷盆地, 其内接受陆相沉积。新生代以来, 差异升降运动显著, 并伴有间歇性的玄武岩喷溢。

4) 气候特征

宁波-舟山深水港域位于亚热带, 季风环流影响深刻。根据宁波-舟山深水港域 3 个气象站(镇海、定海、普陀)的多年气候资料, 本港域四季分明, 气温适中, 年平均气温 $16.1 \sim 16.3^{\circ}C$, 无冰冻现象。降水量充沛, 年平均降水量 $1\,186.7 \sim 1\,293.7\text{ mm}$ 。降雪量极少, 多年平均 $4 \sim 4.5\text{ d}$ 。港域风力不大, 平均为三级, 以 NM 风(含 WNM 和 NNW 风)和 SE 风(含 SSE 和 ESE 风)为强风向、常风向。港域内大风日数较少, 累年平均为 $47 \sim 56\text{ d}$, 镇海比沈家门多。雾多年平均镇海 20.5 d , 沈家门 35.5 d 。相对湿度平均 $78\% \sim 80\%$ 。蒸发量多年平均 $1\,199.1 \sim 1\,604.6\text{ mm}$ 。累年最长无降水日达 47 d 。

5) 陆域水文状况

汇入港域的较大河流为甬江, 年均流量约 $4 \times 10^9\text{ m}^3$, 其余均为短小的山溪河流, 径流量随降水量而变, 季节差别很大。为解决用水困难, 港域周围新建了很多水库, 其中大中型水库有三溪浦、新路(岙)、虹桥等, 还有许多小型水库 500 多处, 总库容量在 $7 \times 10^7\text{ m}^3$ 以上。

6) 海洋水文

港域东部为正规半日潮, 西部北仑港区为不正规半日潮, 涨潮历时短于落潮历时, 潮差大, 平均潮差 2.0 m , 自东向西减小, 北仑港 1.71 m 。潮流形式为往复流, 大潮平均流速 $50 \sim 100\text{ cm/s}$, 实测最大流速 370 cm/s , 受地形影响, 湍流和漩涡较多。年平均波高 $0.2 \sim 0.4\text{ m}$, 平均周期 $2.2 \sim 3.6\text{ s}$, 最大波高 4.2 m 。

7) 自然资源状况

宁波-舟山深水港区域是我国港口资源最优秀和最丰富的地区,港域内近岸水深 10 m 以上的深水岸线长约 333 km,港口建设可用岸线约为 223 km,其中尚未开发的深水岸线约为 184 km。港口目前已建成各类泊位 723 个,吞吐能力超过 2×10^8 t,2005 年实际完成货物吞吐量 2.68×10^8 t,居全国港口第二位,全球排名第四位;集装箱吞吐量 520×10^4 TEU,居国内港口第四位,全球排名第十五位。经过近几年的发展,宁波-舟山港已初步形成了一干线四大基地,即集装箱远洋干线、国内最大的矿石中转基地、国内最大的原油转运基地、国内沿海最大的液体化工储运基地和华东地区重要的煤炭运输基地。成为上海国际航运中心的重要组成部分和深水外港,是国内发展最快的综合型大港。

1.3.1.2 区域社会环境

1) 社会经济简况

宁波-舟山深水港区隶属宁波市和舟山市,包括定海、普陀、镇海、北仑沿海共 49 个乡镇。港区总面积 993 km²,岸线至理论深度基准面 81.5 km²,理论深度基准面以深面积 911.5 km²。截至 2009 年,社会总人口 129.44 万人(佚名,2011)。

2) 海洋开发利用状况

宁波-舟山海域位于我国沿海主通道与长江黄金水道交汇处,北距上海吴淞口 130 n mile,距青岛 433 n mile,距秦皇岛 683 n mile,南距广州 824 n mile,距厦门 476 n mile。与香港、基隆、釜山、大阪、神户等大港间的国际航线均在 1 000 n mile 之内,至美洲、大洋洲、波斯湾、东非等地港口的距离均在 5 000 n mile 左右。

宁波港和舟山港历史悠久。唐代,宁波港(时称“明州”)为中国最大的开埠港;宋代,明州港与泉州港、广州港并列为中国三大对外贸易港口,是“海上丝绸之路”的重要出发点。新中国成立后进行了重建和大修;20 世纪 70 年代初的“三年大建港”时期和改革开放初期,在宁波港掀起两次建港高潮,使宁波港得到迅速发展;90 年代,随着国民经济的进一步发展,宁波港和舟山港都进入高速发展阶段。

宁波港历经由内河港到内河港、河口港共存,再到目前的内河港、河口港和海港共同发展的时期,成为我国大陆仅次于上海港的第二大港和举世闻名的深水港。舟山港则由一个渔港逐步发展成渔业和货物运输并重的港口,目前已成长为长江三角洲及长江沿线地区原油、矿石和煤炭等大宗散货转运基地之一。

宁波港陆上交通运输较便利。白沙、洪镇、北仑三条港区铁路支线与萧甬铁路相连,并通过浙赣、沪杭、宣杭线在全国铁路网连接;329 国道、沪杭甬高速公路和同三线等公路干线与港口相通,可通往杭州、上海、台州、温州等广大地区。舟山跨海桥梁的通车实现了舟山本岛和宁波的陆路相连,增加了舟山港的交通便捷度。

作为浙江省港航强省建设的主阵地,宁波-舟山港承担起了浙江绝大部分的海运进出口任务。据浙江省港航管理局统计,宁波-舟山港 2009 年完成的 5.7×10^8 t 货物吞吐量占全省全年海港货物吞吐量的 81.4%,其中外贸货物吞吐量 2.4×10^8 t,占全省海港的 92.3%;完

成集装箱吞吐量 $1\,043 \times 10^4$ TEU, 占全省海港的 94%, 略低于 2008 年水平, 这表明宁波—舟山港集装箱量自 2008 年后首次突破 $1\,000 \times 10^4$ TEU 大关后, 在金融危机的袭扰下, 依然保持强劲发展势头, 与沿海同类港口相比, 其下降幅度最小。

1.3.2 象山港

1.3.2.1 区域自然环境

1) 地理位置

象山港地处浙北沿海, 南、西、北低山丘陵环抱, 北部紧靠杭州湾, 南临三门湾, 东侧为舟山群岛, 口外有六横等众多岛屿为屏障, 地处宁波市东南沿海, 东北通过佛渡水道、双屿门水道与舟山毗邻, 东南通过牛鼻山水道与大目洋相通。地理范围位于 $29^{\circ}24'—29^{\circ}48'N$, $121^{\circ}23'—122^{\circ}03'E$ 。

2) 地形地貌

象山港岸线曲折, 海底地形复杂, 港中有港, 内含西沪港、黄墩港, 铁港三个支港。象山港为一 NE—SW 走向的狭长形封闭海湾。纵深 60 km, 口门宽 20 km, 水深 7~8 m。港内较窄, 宽 3~8 km, 象山港主槽水深较深, 一般为 10~20 m, 最大水深可达 55 m, 汊港及岸边较浅, 有大片潮间滩地, 低潮位时裸露的滩地面积可达港内总面积的 1/3。

3) 地质构造

象山港位于华南褶皱系的华夏褶皱带上, 为一走向 NE 的狭长海湾, 在石沿港西—西店一带转为近 WE 向, 石沿港东北至佛渡水道一带则属 NE 向的象山港向斜。轴向 $45^{\circ}—50^{\circ}$ 。全长约 60 km, 向斜核部地层老, 两翼地层新, 岩性及产状大致对称。南北两侧晚侏罗世火山岩之对称性, 反映了火山活动受基底 NE 向构造控制。象山港及其附近, 晚侏罗世至白垩纪岩浆侵入和喷发活动强烈。新生代以来, 以差异升降运动为主, 在山间平原及沿海地区露出了第四纪沉积物。

4) 气候特征

象山港港域属中亚热带季风气候, 四季分明, 气候温和湿润, 气温年际变化小, 湿度大, 雨量充沛, 风向风速季节变化明显。冬季, 受西伯利亚冷高压控制, 盛行偏北风, 风速较大, 天气以晴冷为主; 春季, 冷高压势力开始减弱, 西太平洋副热带高压势力逐渐增强北进, 锋面、气旋活动频繁, 风速较大, 风向多变, 天气开始转暖, 降水增多, 形成春雨; 春末夏初, 冷暖气团势力相当, 形成静止峰, 产生连绵降水天气, 俗称梅雨; 夏季, 由于受西太平洋副热带高压控制, 盛行偏南风, 天气炎热, 降水较少; 夏秋之交, 除局部地区有雷阵雨外, 一般以晴热为主, 但台风侵袭时, 会带来大量降水, 并伴有狂风, 常造成很大的灾害。年平均气温 $17.1^{\circ}C$, 极端高温 $37.4^{\circ}C$, 极端低温 $-4.6^{\circ}C$; 年平均降水量为 1 539.1 mm, 日最大降水量 103.6 mm, 最长连续降水日数 11 d; 季风特征明显, 平均风速 3.3 m/s, 最大风速 22 m/s, 最大瞬时风速 25 m/s, 全年主导风向为 N 向, 频率 19%。

5) 陆域水文

象山港流域总集水面积 $1\,445.4\text{ km}^2$ ，年均径流量 $12.89 \times 10^4\text{ m}^3$ 。沿岸流入港湾的大溪流有 90 余条，极大部分为源近流短、河道坡降陡的山溪性河流，降水径流大部分直接流入象山港，加上降水年际年内分配不均匀，淡水资源的利用率较低。流入象山港较大的河流（集水面积大于 100 km^2 ）有两条，一是鄞州区的大嵩江，集水面积 218.4 km^2 ，多年平均径流量 $1.28 \times 10^8\text{ m}^3$ ；二是宁海县的皂溪，集水面积 183 km^2 ，多年平均径流量 $1.45 \times 10^8\text{ m}^3$ 。

6) 海洋水文

象山港海域潮汐属非正规半日浅海潮。潮差较大，平均潮差达 3 m 以上，潮差由港口往港内逐渐递增，到湾顶达到最大，平均潮差接近 4 m，最大潮差接近 7 m；涨落潮历时不对称，涨潮历时大于落潮历时，自港口往港内涨潮历时逐渐延长，落潮历时逐渐缩短，口门处涨落潮历时基本相等，而位于港底的强蛟镇涨落潮历时相差达 2 h 17 min。象山港是浙江台风影响较为严重的地区之一，台风影响主要集中在每年 7—9 月，台风来临时，常伴随狂风、暴雨及风暴潮，当风暴潮增水与天文大潮相遇时，潮位猛涨，产生特高潮位。象山港海域潮流属非规则半日浅海潮流，浅水效应较为明显，具体表现为涨、落潮流速不对称性及涨、落潮流历时不等。潮流运动明显受地形条件制约，均为往复流，流向基本上与岸线平行，旋转性不强。

7) 自然资源

象山港区域海洋生物、旅游、港口、滩涂等自然资源得天独厚。海洋生物资源具有全国性意义，《中国海湾志》记载港内浮游动物 167 余种，游泳生物 210 余种，潮间带生物 190 余种，是国家级意义的“大鱼池”，是浙江省乃至全国重要的海水增养殖基地和多种经济鱼类洄游、索饵和繁育场所，以及菲律宾蛤仔等经济贝类苗种自然产区。旅游资源十分丰富，山青、水静、景美，海岛风光宜人，海产水产丰富，渔乡风情万种，极具旅游开发价值。港口资源地位独特，可建港口岸线约 50 km，其中深水岸线 28 km，可形成近 $1 \times 10^8\text{ t}$ 的吞吐能力。滩涂资源优势明显，海涂面积 $1.71 \times 10^4\text{ hm}^2$ ，占全市海涂总量的 17.8%。森林资源丰富，共有林业用地 $7.75 \times 10^4\text{ hm}^2$ ，占土地总面积的 56.7%，森林覆盖率达到 53.6%。潮汐能资源居全市之冠，黄墩港可建装机容量 $5.9 \times 10^4\text{ kW}$ ，年发电量 $1.17 \times 10^8\text{ kW} \cdot \text{h}$ 的中型潮汐能发电站。

1.3.2.2 区域社会环境

1) 社会经济简况

象山港区域隶属宁波市，范围跨北仑区、鄞州区、奉化市、宁海县和象山县 5 个县（市、区），包括郭巨镇、梅山乡、白峰镇、三山乡、柴桥镇、瞻岐镇、咸祥镇、塘溪镇、松岙镇、裘村镇、莼湖镇、西店镇、宁海城关镇、强蛟镇、大佳河镇、西周镇、墙头镇、大徐镇、咸祥镇、黄避岙乡、涂茨镇、丹城、爵溪 23 个乡镇，总面积 $2\,521.65\text{ km}^2$ ，其中陆域面积

1 958.36 km², 海域面积 391.76 km², 滩涂面积 171.53 km²。截至 2001 年, 社会总人口 80.17 万, 工农业总产值 98.56 亿元, 人均工农业总产值达 4.155 万元 (庞振刚等, 2004)。

2) 海洋开发利用状况

象山港是浙江省著名的三大半封闭海湾之一, 拥有丰富的水产、港口、航道、锚地、滩涂及旅游等优势资源, 具有海水增养殖、建港及滨海旅游等多种功能。

象山港有 40 km 岸段, 前沿水深条件良好, 航道、锚地资源丰富, 宜建港口。其中北港区有横山—西泽车渡。西港区建有乌沙山电厂, 强蛟港区建有国华宁海强蛟电厂, 双山港区建有奉化市桐照的 500 吨级码头。

根据“908”专项研究成果, 象山港理论基准面以上的海涂面积为 158 km², 约占象山港总面积的 30%。滩涂成片、大面积分布, 大部分滩涂处于稳定状态, 主要分布在铁港、西沪港、黄墩港三大支汊及梅山岛西端、三山至大嵩港岸段。绝大部分岸段沿岸滩涂已利用, 进行水产养殖。

象山港山清水秀, 两岸翠峦起伏, 港内波光粼粼, 岛上风光旖旎, 常年风平浪静、气候宜人, 是水上游乐、滨海垂钓和休闲渔业的天然胜地。强蛟镇北侧的横山岛, 有小普陀之称, 岛上翠竹掩映, 古木参天, 环境幽雅, 有宋代修建的镇福庵、普南禅院等景点, 是较完整的观光朝圣风景区。白石山、中央山、铜山等强蛟岛群风光优美, 其中国家先后拨款近 300 万元对中央山进行开发, 岛上建有国家动植物实验中心。此外, 象山港附近有南溪温泉、奉化溪口、鄞县天童寺、阿育王寺和东钱湖等著名旅游胜地。如将象山港滨海旅游加入到周围风景名胜旅游网络中, 其前景十分广阔。

1.3.3 三门湾

1.3.3.1 区域自然环境

1) 地理位置

三门湾居全国岸线之中心, 是浙江省三大半封闭性港湾之一, 位于浙江省海岸中段, 为浙东的门户。湾内长 40 km 以上, 宽约 10 km, 海岸线长 304 km, 海域面积达 775 km², 是浙江省第二大海湾, 地理范围位于 28°57′—29°22′N, 121°25′—121°58′E。

2) 地形地貌

三门湾大致呈 NW—SE 走向, 三面低山丘陵 (属凝灰岩组成的山体) 环抱。海湾受 NNE 和 NNW 两组断裂所控制, 历经各历史时期的地貌发育演变, 形成 6 个良好深水港汊和淤泥舌状滩地相间分布, 主要为岳井洋、胡陈港、沥洋港、蛇蟠北港、蛇蟠水道和健跳港, 宛如五指巨掌伸入浙东大陆, 构成了独特的港湾淤泥质地貌。岸线曲折, 岸线总长约 304 km, 其中人工和淤泥质海岸 112 km, 基岩及砂砾质海岸 186 km。总的来说, 三门湾具有内湾潮流港汊、舌装潮滩发育、外湾及口门地形平坦开阔的地貌特点, 以五屿门 (下洋涂) —青门山—下万山连线为界可分为东西两大水域。

东水域: 主要由白礁水道 (岳井洋)、珠门港等组成。东水域具有独立性, 主要通过石

浦港诸航门和珠门港与外部水域交换。水深一般 5~20 m, 局部超过 50 m, 滩涂主要由下洋涂和花岙岛西北涂。

西水域: 五屿门至下万山一线以西, 其西北部湾顶具有潮汐汊道与舌装滩涂相间排列的特点。主要滩涂有三山涂、双盘涂、蛇蟠涂、长埭涂、高泥埭涂等, 主要港汊有沥洋港、青山港、旗门港、正屿港、海游港、健跳港等, 以及汇聚沟通各个港汊和内外海域的蛇蟠水道、猫头水道和满山水道等。

3) 地质构造

三门湾位于江山—绍兴深断裂东南侧的华南褶皱系的华夏褶皱带。湾内中生代火山岩火山碎屑岩广泛分布, 中、上新统玄武岩局部发育, 河口和海湾小平原则以第四纪陆相、滨海相碎屑堆积为主。

4) 气候特征

三门湾位于亚热带季风气候区, 受大陆与海洋气团交替控制, 四季分明, 降雨充沛, 温暖湿润。日照充足, 热量丰富, 无霜期长。年平均日照 1 600 h, 年平均太阳辐射总量 102.2 kcal/cm², 年平均无霜期为 244 d, 最长达 272 d。内陆和沿海的年平均气温分别为 16.8℃ 和 17.2℃, 其中 7—8 月气温最高。三门湾雨水充沛, 年均降水量约 1 400 mm, 降水量主要集中在 3—9 月, 约占全年的 80%。该区域常风向为 NNW, 次常风向为 SE, 出现频率分别为 11.4% 和 9.3%。

台风是三门湾最严重的灾害性天气, 每年 5—11 月都有可能受台风影响, 其中 7—9 月为多发季节。根据近 40 年的热带气旋资料统计, 对本区有影响的热带气旋有 169 个, 平均每年 4.2 个。台风在带来丰沛的雨水、缓解伏旱的同时, 伴随而来的狂风暴雨也常给养殖业带来灾害。

5) 陆域水文

三门湾流域面积 3 160 km², 多年平均径流总量为 2.68×10^{10} m³, 入湾河流 30 多条, 其中三门县境内的地表径流可以概括为“五港八溪”, 分别为旗门港、海游港、健跳港、浦坝港、洞港以及清溪、珠游溪、亭旁溪、头岙溪、园里溪、白溪、花桥溪、山场溪。三门湾北岸宁海县和象山县还有沥洋港、车岙港、胡陈港、石浦港, 以及青溪、白溪、茶院溪、沥洋溪、车岙溪、西仓溪、中堡溪、大塘溪等。三门湾的河流都是入海的山溪性小河, 源短流急, 洪水暴涨暴落。这些河流以宁海县的青溪、白溪和三门县的珠游溪最大。

6) 海洋水文

三门湾及其邻近水域潮汐属正规半日潮。外海潮波进入湾内后, 受湾内地形影响, 自湾口向湾内高潮位渐趋升高, 低潮位渐趋降低。三门湾潮差普遍较大, 月平均潮差在 4 m 以上, 潮差自湾口向湾内逐渐增大, 湾口处的檀头最大潮差仅 4.30 m, 而湾中的巡检司、健跳均在 7 m 以上。三门湾涨潮历时略大于落潮历时, 涨落潮历时差一般在 30 min 以内, 夏季涨、落潮历时差较冬季大。潮流为非正规半日浅海潮流, 运动形式为往复流。外海潮流自东海经湾口向西北进入湾内, 在牛山嘴附近涨潮流过牛山矾头, 沿岸经狗头门水道, 大部分入健跳港,