

象山港海域 环境评价与发展

XIANGSHANGANG HAIYU
HUANJING PINGJIA YU FAZHAN

吕华庆 著

圖書在版編目(CIP)數據

象山港海域環境評價與發展 / 呂華慶著. — 北京: 海洋出版社, 2015.8
ISBN 978-7-202-07199-2

前言

象山港位於浙江省東部沿海, 是浙江省最大的天然良港。象山港海域環境評價與發展 / 呂華慶著. — 北京: 海洋出版社, 2015.8
ISBN 978-7-202-07199-2

象山港海域環境評價與發展

呂華慶 著

海洋出版社

2015年·北京

图书在版编目(CIP)数据

象山港海域环境评价与发展/吕华庆著. —北京:海洋出版社, 2015. 8

ISBN 978 - 7 - 5027 - 9199 - 5

I. ①象… II. ①吕… III. ①象山港-海域-海洋环境-环境质量评价-研究②象山港-海域-海洋环境-发展-研究 IV. ①X145

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 156521 号

责任编辑:方菁

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

北京华正印刷有限公司印刷 新华书店发行所经销

2015 年 8 月第 1 版 2015 年 8 月北京第 1 次印刷

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:9.25

字数:210 千字 定价:32 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

前 言

“象山港海域环境评价”课题,在各级领导的重视关心及有关部门的配合支持下,经过课题组人员的艰苦努力,业已全面完成。呈现给各位面前的是与课题研究报告相关的学术专著。

全书从物理海洋学、泥沙动力学、海洋环境学、渔业资源学、水产养殖学等角度对象山港海域环境进行了专题研究,由环境科学总论、象山港概况、象山港水动力环境、20年间象山港海域生态环境的旬年际演变、20年间沉积物比较、象山港海域环境评价、20年来象山港海域环境演变、生态环境演变与养殖产业发展的关系、硅、氮、磷的生物地球化学过程、象山港海洋环境保护对策及建议、象山港赤潮和浮游植物种类组成等11章组成。在国内首次用较大时间尺度——20年时间尺度,对象山港海域的环境进行了评价,对读者分析比较工农业生产活动对海域环境的影响具有重要参考价值。

本书所述主要科研成果来自浙江省海洋与渔业项目(“象山港海域环境评价”,No. 浙海渔计[2010]218号),编写时也采纳了其他专家的科研成果。如浙江海洋学院海洋与渔业研究所(浙江省海洋水产研究所)徐君卓教授的“象山港水产开发技术”和“浅海滩涂规模化养殖技术”,再如董礼先研究员等完成的象山港物理海洋学方面的研究(董礼先,苏纪兰,1999a,b,c,d,e;2000a,b)。在泥沙输运方面,引用了周鸿权、李伯根(2007)和迟万清(2004)的论文;在营养盐分析方面,引用了尹维翰(2007)的论文和张丽旭等(2005)的部分数据;翟滨等(2007)的环境分析报告也是重要的参考文献。同时蔡惠文和吴仁豪也参加部分编写工作,所有11章内容均由吕华庆教授统稿。

本课题的开展得到了宁波市象山港海洋环境监测站冯辉强高级工程师、浙江海洋学院海洋科学与技术学院常抗美教授的指导,在此表示衷心感谢。

本书在撰写过程中引用论文多篇,数量较大,由于时间仓促,来不及逐

一向有关作者联系,我们在此向为象山港研究做出杰出贡献的所有专家致谢。

本书可作为海洋环境工作者,海洋类专业硕士、博士研究生的教学参考书。

由于时间仓促,水平有限,不当之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者

2014年8月

目次

第一章 环境科学总论	(1)
第一节 什么是环境科学	(1)
第二节 什么是海洋环境科学	(3)
第三节 象山港海域环境研究参数	(5)
第二章 象山港概况	(7)
第一节 自然环境	(7)
第二节 社会经济	(11)
第三节 污染源分析	(12)
第三章 象山港水动力环境	(14)
第一节 潮流	(14)
第二节 潮流分析	(21)
第三节 余环流	(21)
第四节 余流的数值模拟	(23)
第四章 20 年间象山港海域生态环境的旬年际演变	(25)
第一节 1992 年海域环境调查	(25)
第二节 2006 年和 2007 年海域环境调查	(30)
第三节 2012 年海域环境调查	(38)
第四节 1990 年重金属分布	(47)
第五节 2002 年增殖区重金属残留量分布及污染源分析	(49)
第五章 20 年间沉积物比较	(51)
第一节 20 年间沉积物基本环境要素比较	(51)
第二节 网箱养殖对近海沉积物细菌群落的影响	(51)
第三节 港底沉积物中重金属的存在形态	(52)
第四节 沉积环境现状评价	(53)
第六章 象山港海域环境评价	(56)
第一节 海水水质评价标准	(56)
第二节 评价结果	(57)
第三节 富营养水平评价	(64)

第七章 20 年来象山港海域环境演变 (66)

第一节 象山港分段 (66)

第二节 名词解释 (67)

第三节 研究内容分类 (70)

第四节 20 年来海域环境参数变化——水质指标 (71)

第五节 20 年来海域环境参数变化——生物指标 (79)

第六节 叶绿素 *a* 浓度峰值漂移理论及解释 (87)

第八章 生态环境演变与养殖产业发展的关系 (88)

第一节 欧洲深水网箱养殖给我们的启示 (88)

第二节 象山港生态环境的演变与养殖产业发展的关系 (92)

第三节 网箱养殖对水域环境的影响 (93)

第九章 硅、氮、磷的生物地球化学过程 (95)

第一节 硅的生物地球化学过程 (95)

第二节 氮的生物地球化学过程 (96)

第三节 磷的生物地球化学过程 (99)

第四节 营养盐限制原理 (102)

第十章 象山港海洋环境保护对策及建议 (104)

第一节 健全法规与管理制度 (104)

第二节 优化海洋牧场建设 (107)

第三节 开展海域生态修复技术研究 (108)

第四节 应用大型海藻生态修复富营养化海域 (111)

第五节 人工鱼礁对生态系统的影响 (112)

第六节 象山港生态系统服务价值 (113)

第十一章 象山港赤潮和浮游植物种类组成 (116)

第一节 我国赤潮概况 (116)

第二节 赤潮的危害 (118)

第三节 赤潮的成因 (119)

第四节 赤潮的监测 (121)

第五节 赤潮的有效防治 (122)

第六节 浮游植物生态调查 (124)

第七节 浮游植物种类组成 (125)

参考文献 (131)

附件 《中华人民共和国海水水质标准 GB 3097—1997》 (135)

第一章 环境科学总论

第一节 什么是环境科学

环境科学是一门研究环境的、由地理、物理、化学、生物 4 个部分组成的学科。它提供了综合、定量和跨学科的方法来研究环境系统。由于大多数环境问题涉及人类活动,因此,经济、法律和社会科学知识往往也可用于环境科学研究。它是一门研究人类社会发展活动与环境演化规律之间相互作用关系、寻求人类社会与环境协同演化、持续发展途径与方法的科学。

环境科学作为跨学科领域专业,既包含像物理、化学、生物、地质学、地理、资源技术和工程等的物理科学,也含有像资源管理和保护、人口统计学、经济学、政治和伦理学等社会科学。环境科学包含了影响人类和其他有机体的周边环境的学科。自然与人类资源是相互依赖的,其中一方所做出的任何动作,无论是正确还是错误的,都会对另外一方产生影响。

我国的环境科学研究开展较晚。1977 年全国恢复中断 10 年的高考制度,高等学校重新回到教学、科研、社会服务的正确轨道上来,但几乎没有学校建设这样的学科。现有的环境科学学科不少是从化学学科分离出来的,也是不全面的。

纵观世界科学发展史,该学科的发展历史较短,20 世纪 60 年代才成为正式学科。1960 年,雷切尔·卡逊(Rachael Carson)具有里程碑意义的生态学著作《寂静的春天》出版,使环境类主题成为热点,就像 1969 年在美国加利福尼亚州的圣巴巴拉海滩的井喷溢油事故,以及同年发生在俄亥俄州克利夫兰市的凯霍加河着火事件,都使公众对环境运动的关心度上升,从而开创了环境研究这一新学科领域。环境科学直到 1960—1970 年,才广泛地活跃于科学研究领域。

在宏观上,环境科学要研究人与环境之间的相互作用、相互制约的关系,要力图发现社会经济发展和环境保护之间协调的规律;在微观上,要研究环境中的物质在有机体内迁移、转化、蓄积的过程以及其运动规律,对生命的影响和作用机理,尤其是人类活动排放出来的污染物质。所谓的“文化海洋学”(Cultural Oceanography)和“旅游海洋学”(Tourist Oceanography)也随之诞生,尽管这些名词对中国学者来说还是陌生的。

那么环境科学究竟研究什么呢?它主要涉及探索全球范围内的环境演化规律、人类活动与自然生态之间的关系、环境变化对人类生存的影响以及区域环境污染的防治技术和管理措施。

具体地讲,环境科学的研究内容包括:环境背景值、环境评价、环境质量评价、环境影响评价、环境容量、自然资源保护、环境监测、环境质量监测、污染源监测、环境污染控制、

环境规划、清洁生产及污染防治、环境政策和标准制定。下面对这些名词作简单的解释。

环境背景值 环境背景值亦称自然本底值,是指在不受污染的情况下,环境组成的各要素。它反映环境质量的原始状态。在各地,由于自然物质构成与自然发展史的不同,各种与生命有关的化学物质在自然环境中的背景含量也不同。即不同的地区有不同的背景值。该值对于开展区域环境质量评价,进行环境污染趋势预测预报,制定环境标准,工农业生产合理布局等,有着重要意义。目前,在全球环境受到污染冲击的情况下,要寻找绝对不受污染的背景值,是非常难做到的。1990 年以前,在象山港海域没有开展过系统的海洋调查,因此就很难确定其背景值。或者说,以后的研究只能以 1990 年的调查数据作为背景值。然而,这个数据本身已超过国家水质标准所规定的值。

环境评价 环境评价是环境影响评价和环境质量评价的简称。从广义上说,环境评价是对环境系统状况的价值评定、判断和提出对策,从环境卫生学角度按照一定的评价标准和方法对一定区域范围内的环境质量进行客观的定性和定量调查分析、评价和预测。环境质量评价实质上是对环境质量优与劣的评定过程,该过程包括环境评价因子的确定、环境监测、评价标准、评价方法和环境识别,因此环境质量评价的正确性体现在上述各个环节的科学性与客观性。常用的方法有数理统计方法和环境指数方法两种。

环境质量评价 环境质量评价概念是从环境卫生学角度按照一定评价标准和评价方法对一定区域范围内的环境质量加以调查研究并在此基础上做出科学、客观和定量的评定和预测。

环境影响评价 简称环评,是指对规划和建设项目实施后可能造成的环境影响进行分析、预测和评估,提出预防或者减轻不良环境影响的对策和措施,进行跟踪监测的方法与制度。通俗地说,就是分析项目建成投产后可能对环境产生的影响,并提出污染防治对策和措施。

环境容量 又称环境负载容量、地球环境承载容量或负荷量,是在人类生存和自然生态系统不致受害的前提下,某一环境所能容纳的污染物的最大负荷量。或一个生态系统在维持生命机体的再生能力、适应能力和更新能力的前提下,承受有机体数量的最大限度。环境容量包括绝对容量和年容量两个方面。前者是指某一环境所能容纳某种污染物的最大负荷量。后者是指某一环境在污染物的积累浓度不超过环境标准规定的最大容许值的情况下,每年所能容纳的某污染物的最大负荷量。事实上,我国的海域环境承载基本上是超负荷的。不同的计算模式所得环境容量不尽相同,正确估算环境容量有一个从粗糙到精确的过程。直接借鉴国外经验,可能是最直接最有效的做法。如果说,我们的计算模式已经很成功,管理制度又很规范,那么我们就不会面临当前的环境窘境。

环境容量是在环境管理中实行污染物浓度控制时提出的概念。污染物浓度控制的法令规定了各个污染源排放污染物的容许浓度标准,但没有规定排入环境中的污染物的数量,也没有考虑环境净化和容纳的能力,这样在污染源集中的城市 and 工矿区,尽管各个污染源排放的污染物达到(包括稀释排放而达到的)浓度控制标准,但由于污染物排放的总量过大,仍然会使环境受到严重污染。因此,在环境管理上开始采用总量控制法,即把各个污染源排入某一环境的污染物总量限制在一定的数值之内。采用总量控制法,必须研究环境容量问题。

环境监测 是通过对人类和环境有影响的各种物质的含量、排放量的检测,跟踪环境质量的变化,确定环境质量水平,为环境管理、污染治理等工作提供基础和保证。简单地说,了解环境水平,进行环境监测,是开展一切环境工作的前提。

环境监测通常包括背景调查、确定方案、优化布点、现场采样、样品运送、实验分析、数据收集和分析综合等过程。

20 世纪 50 年代,即早期的环境监测主要采用分析化学的方法对污染物进行分析,由于环境污染物含量低(通常是 10^{-6} 或 10^{-9} 级)、变化快,被称为污染源监测阶段。从 60 年代起人们逐渐认识到环境污染不仅包括化学物质的污染,也包括噪声污染;不仅包括污染源的监测,也包括环境背景值的监测,环境监测的范围扩大,手段更多,这个阶段被称作环境监测阶段。进入 70 年代,环境监测技术进入自动化、计算机化,发达国家相继建立全国性的自动化监测网络,这个阶段被称为自动监测阶段。然而,自动监测阶段的到来,在我国已是 90 年代的事了。

还有一个问题,我们必须重视它。高等学校纷纷设立环境科学学科,培养大批环境科学研究生,这当然是积极的科学工作。但是,由于科研经费缺乏,现场调查工作不足,导致环境科学研究演化为数学模式研究。名义上大批环境专业人才流向高校和科研院所,事实上解决问题不多。

第二节 什么是海洋环境科学

海洋环境科学是研究人类活动引起的海洋环境的变化及造成的影响和保护海洋环境的学科。保护海洋环境是人类持续开发利用海洋资源的前提和保证,是海洋科学技术领域的重大研究课题。它是综合应用海洋科学各分支学科知识,结合社会、法律、经济因素,实施保护海洋环境及其资源的一门综合性新兴学科。

第二次世界大战之后,随着现代海洋开发的迅猛发展,海洋环境污染事件多有发生。20 世纪 50 年代以来,随着人们对海洋环境问题认识的深化,海洋环境科学逐步形成,到 70 年代,已基本确定了本学科的地位。

海洋环境问题是人们在开发利用海洋的过程中,没有同时顾及或不够注意海洋环境的承受能力,低估了自然界的反作用,因此使海洋环境,尤其是河口、港湾和海岸带区域受到人为污染物的冲击问题。这一问题影响了海洋资源的进一步开发利用,甚至对人体健康造成了损害。

有史以来人们把各种废物直接或间接地排入海洋,但由于排入量小,海洋净化废物的能力强,不足为害。随着工农业生产的发展,沿海国家人口向临海城市集中,大量生产和生活废弃物排入海域,加上海上油运和油田大发展所造成的污染,污染总量大大超过了海洋的自净能力,使海洋环境遭到了污染损害。

波罗的海和濠户内海,在 20 世纪 60 年代后期都因污染而一度成为“死海”;有些海域因污染严重,还发生了公害事件,如轰动世界的水俣湾汞污染事件。中国的海洋经济发展水平还不高,但是,在近海、港湾、河口等局部海区,特别是沿海有些大中城市的部分水域污染严重,已在一定程度上破坏了海洋生态,损害了渔业和沿海人民生活。

同时,由于某些不合理的海岸工程的兴建给环境带来了损害,即在进行海洋开发利用时,由于只顾眼前,不顾长远,只顾局部地区和个别单位的经济利益,不顾及经济效益、社会效益和环境效益三者之间的统一,而损害了海洋环境。比如,对海岸开发利用不当,曾使美国75%的港湾退化,23%严重退化。中国的有些海湾,由于盲目围垦,降低了纳潮量,加速了淤积过程,影响了航运事业和养殖业。浙江的“一港两湾”被欧洲海洋工作者称为“海上村庄”,这并不是对我们的表扬。

另外,对水产资源的滥捕,热带红树林的滥伐,以及珊瑚礁的乱挖乱采,也严重地损害了海洋生物资源,危及生态平衡。据估计,由于酷捕滥杀至少已使25种有价值的渔获物严重衰竭,使鲸、海牛和海龟面临灭种之危。

海洋占地球表面积的70.8%,是全球环境不可分割的重要组成部分。人类活动必将对海洋环境,乃至全球环境演化的节律、规模和方向产生影响。

巨大的海洋空间是净化处置废物的场所,而且利用海洋净化和处置废物,一般来说是经济的。海洋自净能力是一项特殊的宝贵资源,在利用时必须严格控制在其净化能力范围内,以防止造成污染损害。由于不同海区自然条件的差异,净化能力强弱不一。为此,要对各海区的物理自净、化学自净和生物自净的过程,以及机制和动力进行研究,为合理地利用海洋净化废物的能力创造前提条件。

种类繁多,数量巨大的海洋生物资源不仅是满足人类对蛋白质需求不断增长的一个重要来源,而且还积极参与全球环境的物质大循环和能量转化。海洋生物的生长、繁殖不仅有其自身的规律,而且与其生活环境息息相关。如何保护海洋生物的正常生活条件,保证生态系统和生物物种的持续利用,这也是海洋环境科学的一项重要研究任务。

海洋环境受干扰,势必反作用于人类本身。例如,食用受污染的海产品,会影响人体健康甚至使人中毒致癌和丧命。因此,我们要研究各种污染物质入海后在生态系统中的迁移转化,及其对人体的各种作用,为制定污染物向海域排放的标准,各项卫生和环境标准提供依据。

影响海洋环境的因素很多,从区域环境整体出发,运用多种工程技术手段和管理手段,采取系统分析和系统工程的方法,寻找解决污染的最优方案,同时努力发展现代化的监测技术手段,是海洋环境科学研究的重要任务。

海洋环境科学的兴起虽然时间很短,但却显示了其生命力。比如用海洋环境科学的知识改造濠户内海,已使“死海”恢复了生机。欧洲有些污染严重的河流和河口,经治理,水质也开始好转,鱼、虾重新安家落户。事实说明,一旦环境科学的规律和保护治理的科学技术被人们所掌握,环境问题也能按照人们的意志加以改造。

新的理论和新的技术,如系统工程原理、生态系统数学模式、遥测遥感技术、电子计算机、各种微量和痕量物质的测试仪器和方法,以及遗传工程等,在环境科学研究中的应用,都将继续对学科的发展起很大的推动作用。

海洋环境科学的发展依赖于海洋科学的各学科。同样,海洋环境科学的研究成果又不断地充实、促进各有关学科的发展。如污染物入海后的稀释、扩散、迁移和转化规律的研究,需要物理海洋学、海洋化学、海洋生物学、海洋环境物理学、海洋环境工程学、海洋环境法学等学科的支持。

海洋环境保护是当今世界各国人民共同关心的重大的社会经济问题,也是科学技术领域里重大的研究课题。海洋环境科学是在现代社会经济和科学发展过程中形成的一门综合性科学。

环境科学研究的环境,是以人类为主体的外部世界,即人类赖以生存和发展的物质条件的综合体,包括自然环境和社会环境。自然环境是直接或间接影响到人类的一切自然形成的物质及其能量的总体。如今的地球表层大部分受过人类的干预,原生的自然环境已经不多了。环境科学所研究的社会环境是人类在自然环境的基础上,通过长期有意识的社会劳动所创造的人工环境。它是人类物质文明和精神文明发展的标志,并随着人类社会的发展不断丰富和演变。

当今世界上大气、水、土壤和生物所受到的污染和破坏已达到危险的程度。自然界的生态平衡受到日益严重的干扰,自然资源受到大规模破坏,自然环境正在退化。环境科学就是为解决人类面临的严重的环境问题,为创造更适宜、更美好的环境而逐渐发展起来的。它的兴起和发展,标志着人类对环境的认识、利用和改造进入了一个新的阶段。

海洋环境科学是十分复杂的,又是极端重要的。那么,我们了解多少?做了多少?这个问题恐怕是海洋环境科学的首要问题。

第三节 象山港海域环境研究参数

象山港海域近年来由于人类活动增加,区域生态环境质量进一步下降,被列为严重污染海域,海域富营养化程度非常高,主要污染因子为无机氮、活性磷酸盐和铜等。根据《2006年象山港海洋环境公报》的内容及2007年象山港海域监测结果,象山港海域环境污染超标因子主要为:水体中无机氮、活性磷酸盐、粪大肠菌群、石油类及重金属锌;沉积物中铜、铅、锌、石油烃、滴滴涕、多氯联苯;生物体(缢蛏)中铅、镉;养殖生物(鲈鱼和黑鲷)中铅、粪大肠菌群(冯辉强等,2008)。

象山港海岸带经济由于近年来总体发展迅猛,环境状况整体上较20世纪末有所恶化,主要体现在超标因子增多和污染指数增大,海域富营养化程度较高。现象山港海域已经连续5年被列为严重污染海域,水质主要超标因子从20世纪末的石油类、铜、锌等转为近年的无机氮、活性磷酸盐和锌等;沉积物中主要超标因子从铅、锌等转为总氮、铅、铜等;生物质量也不容乐观,除了由于养殖环境影响的粪大肠菌群和重金属超标外,有机农药超标成为新的环境超标因子(冯辉强等,2008)。

多年来,随着海水养殖技术的不断提高,海水养殖业发展迅猛,网箱养鱼已被称为继海带、扇贝、对虾养殖高峰后在我国掀起的第四次养殖浪潮。由于经济效益可观,驱使养殖密度和养殖数量急剧增加。然而残余饵料和养殖生物排泄物的大量输入,导致某些海湾水体环境恶化,富营养化现象加剧,由此导致赤潮的频繁发生,发生频率增加,产生规模不断扩大,养殖病害持续蔓延。因此,研究养殖海湾海域的海洋生态环境,提出一个可指导海水养殖业可持续发展的标准是海湾环境保护和可持续海水养殖业发展亟待解决的重要课题。关于养殖环境的相关管理,欧、美、日、加等发达国家极为重视,已经开展了大量工作,但由于养殖品种不同,海域环境特征不同,养殖模式(如国内的大面积小网箱排)不

同,其研究结果难以用于我国的海水养殖环境管理。因此,对重要养殖海域进行生态环境调查、监测和评价,对于海湾环境保护和渔业可持续发展意义重大。

象山港是浙江省的主要海水养殖基地,是国家级“大鱼池”,适合多种鱼、虾、贝、藻等海洋生物的栖息、生长和繁殖,是发展海水增养殖、网箱养殖的良好场所,随着象山港内网箱养殖数量的逐年增加,港内环境质量逐渐下降,大部分海域出现富营养化现象,而且赤潮现象时有发生。同时,随着沿海地区经济的高速发展,陆域污染源数量不断增加,排污量越来越大。另外,农业面源和入海河流携带大量污染物质进入象山港海域,进一步加重了海域生态环境的恶化。目前,象山港海域无机氮和活性磷酸盐普遍超标,水质以四类和劣四类为主(根据附件一、《海水水质标准 GB3097-1997》)。水质状态持续恶化,严重影响了国家级大鱼池的安全,影响了当地海水养殖业的健康发展和渔业资源的再生。本课题通过调查分析 1992 年以来象山港海域环境参数的变化,对其环境质量状况进行评价,从而为象山港海域渔业经济的可持续发展提供建议 and 对策。

评价象山港海域生态环境状况的参数颇多。本课题通过分析调查约 20 年象山港海域生态环境状况,评价 20 年来随着海洋经济和海水养殖业的快速发展所产生的海洋环境影响,因此主要内容和参数限于:①海洋环境调查和监测。监测时段分 1992 年、2006—2007 年、2012—2013 年;监测指标包括:温度、盐度、pH、DO、COD、SS、无机氮、氨氮、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、活性磷酸盐、总氮、总磷、汞、铜、锌、叶绿素 *a* 等。②营养盐浓度分布规律和变化研究。主要分析 COD、无机氮、氨氮、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、活性磷酸盐等指标的年际间变化和年度变化。③叶绿素 *a* 浓度变化及其与硅酸盐浓度变化关系研究。主要分析 20 年来叶绿素 *a* 的分布规律变化和季节性变化。

其中,2012 年和 2013 年监测参数超过计划任务书中的内容,包括:①水质指标:透明度、温度、盐度、pH、DO、COD、亚硝酸盐、硝酸盐、氨氮、磷酸盐、硅酸盐、总氮、总磷、石油类、叶绿素 *a*、重金属(其中汞、铜、锌、铅、镉、铬及石油类、总氮、总磷每年 8 月监测一次)。②沉积物指标(每年 8 月监测一次):硫化物、有机碳、总汞、镉、铅、铜、砷、锌、铬、石油烃。

第二章 象山港概况

第一节 自然环境

象山港流域由象山港狭湾、牛鼻山水道和佛渡水道三大部分组成,流域面积 1 455 km²。从最新卫星遥感地图数据可知,象山港狭湾地处 29°23′—29°49′N, 121°25′—122°00′E(M_MAP GSHHS DATABASE)之间。从 122°00′E 向西计算(M_MAP GSHHS DATABASE),它是一个纵长约为 62.8 km、面积 563 km² 的半封闭海湾,其中水域面积 391.8 km²,滩涂面积 171.2 km²,平均水深 10 m,港域中部最深达近 50 m,港口宽度 9.5 km。坐落在港口的六横岛把象山港狭湾以外的区域分成了东南侧的牛鼻山水道和西北侧的佛渡水道(图 2-1)。牛鼻山水道是连接象山港与东海的重要通道。佛渡水道通过其外侧的条帚门、虾峙门等潮流通道又将象山港与东海相连。象山港流域主要通过这两个水道与外海进行水交换。

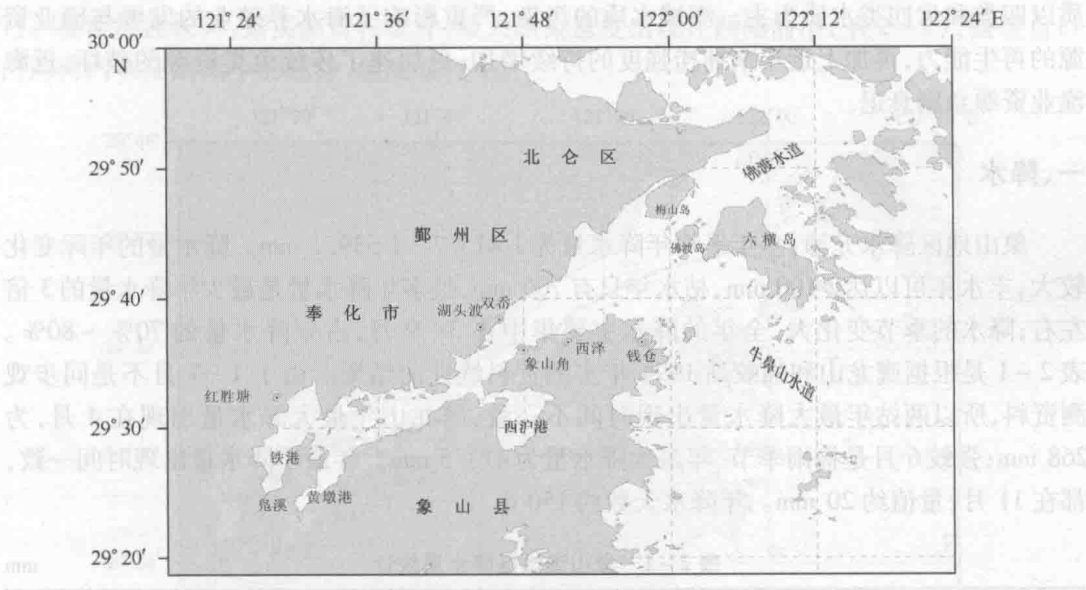


图 2-1 象山港地理位置

资料来源:吕华庆,2010

象山港平面形态以象山角至双岙一线为界,分为内湾和外湾。内湾潮汐汊道众多,湾中有湾,地形相对复杂,局部区段岛屿相对集中,有浅滩、深槽,水深一般为 10~20 m,最大水深超过 55 m;外湾呈喇叭形,宽度从 4.3 km 向东渐增至 18 km,水深变浅,口门区段

大多为8~9 m,最浅点仅有7.8 m。从海底地形形态来看,象山港口门至顶部以浅滩与深槽交替分布为主要特征,浅滩一般出现在水域相对宽阔或多汊道交汇的地段,深槽一般发育于水域相对狭窄或岛屿密集的部位。

象山港海域内有大小岛屿59个,岸线总长400 km,两岸有山体掩护,环境隐蔽,避风泊位条件佳。区域内航道宽而稳定,水深一般能满足3.5万吨级轮船进港。港域地理位置适中,处于我国南北海运的中点,江海联运的交汇处,口门外经佛渡水道及牛鼻山水道与国际航道相接,是理想的航运网络的枢纽,宜作商港、工业港、渔港等不同性质的综合性的港口群体。

象山港是浙江省主要的海水增养殖基地,也是国家级“大鱼池”,适合多种鱼、虾、贝、藻等海洋生物栖息和生长繁殖,是发展海水增养殖,海水网箱养殖的良好场所。近几年来,象山港海水增养殖业,特别是海水鱼类增养殖业相当发达,1999年全港区养殖面积16.1万亩*,养殖产量6.3万t,其中海水网箱养殖大黄鱼、鲈鱼、黑鲷等24.6万m²,占用养殖水面5570亩。港内的西沪港,口小港大,颈门最窄处宽约1 km。西沪港总面积52 km²(7.8万亩),其中浅海18.7 km²(2.8万亩)[水深5 m以上的海域5 km²(0.76万亩)],滩涂33.3 km²(5万亩)。

随着沿海地区经济的高速发展,陆域污染源数量与污染物总量不断增加,再加上农业面源与生活污水所携带的大量污染物质汇入海域,至使海域特别是近岸海域和部分港湾污染严重,海域生态环境遭到破坏。海水水质无机氮和活性磷酸盐普遍超标严重,海域水质以四类和劣四类水质为主。海域水质的污染,严重影响了海水养殖业的发展与渔业资源的再生能力,再加上近年来捕捞强度的持续增加,更加速了传统鱼类资源的破坏,近海渔业资源急剧衰退。

一、降水

象山地区降水充沛,多年平均年降水量为1415.7~1539.1 mm。降水量的年际变化较大,丰水年可以达2100 mm,枯水年只有700 mm,最多年降水量是最少年降水量的3倍左右;降水的季节变化大,全年的降水主要集中在3—9月,占年降水量的70%~80%。表2-1是根据鹰龙山和强蛟站1994年实测资料统计的结果。由于1—7月不是同步观测资料,所以两站年最大降水量出现时间不一致,鹰龙山年最大降水量出现在4月,为268 mm;强蛟6月是梅雨季节,年最大降水量为413.5 mm。年最小降水量出现时间一致,都在11月,量值约20 mm。年降水天数约150 d。

表 2-1 象山港地区降水量统计 mm

地点	月份												总量
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
鹰龙山	67.0	34.5	156.2	268.0	195.7	164.3	127.6	115.4	446.0	113.0	19.1	149.7	1455.1
强蛟	49.0	102.0	59.8	105.9	52.6	413.5	27.8	213.7	66.4	207.1	21.4	192.8	1512.1

* 亩为非法定计量单位,1亩=1/15 hm².

二、潮流

象山港港湾深邃,且港内汉多,属串珠式港湾。潮波从几个水道进入,位相和振幅不一,故不同地点,不同深度,受到的作用有强弱之分,先后之别。象山港内的潮流属非正规半日浅海潮流,潮流以往复运动为主要表现形式, M_2 分潮流的椭圆长轴走向基本上与等深线的走向保持一致,落潮流流速普遍大于涨潮流流速。最大潮流流速出现在口门,向港顶有逐渐减小的趋势。

象山港海湾属于不正规半日浅海潮区。潮波自口门传入后,受地形及边界的作用,在口门附近的牛鼻山水道潮波以接近前进波形式向湾内传播,至湾顶附近接近驻波;从图 2-2 的测点布置和图 2-3a,b 中的潮位和流速过程曲线可以看出,这种潮波传播的基本性质。牛鼻山水道测站(X1)最大涨、落潮流流速出现在高、低潮位前约 1 h,悬山南侧测站(X4)最大涨、落潮流流速发生在中潮位前后时刻。象山港潮差较大,据对 2005 年 2 月中旬至 3 月初钱仓、西泽、乌沙山、强蛟 4 个临时验潮站同步观测资料的统计,平均潮差为 2.78 ~ 3.20 m,并从口门向湾顶逐渐增大,最大达到 5.65 ~ 6.51 m。涨、落潮历时不对称,口门与湾内的变化差异较大。牛鼻山水道测站的平均落潮历时略大于平均涨潮历时,而湾内西泽(X2)、双德山(X3)、悬山 3 站平均涨潮历时分别比落潮历时长 1 h 4 min,1 h 59 min,2 h 22 min(Lü, Hu, 2009)。象山港海域的潮流为不正规半日浅海潮流,其运动形式除湾口附近略带旋转性外,湾内受地形制约,均为往复流,流向上基本与岸线走向平行。潮流流速较大,据实测资料统计,最大潮流速度出现在西泽前沿(表 2-2),强度自口门向湾内有逐渐减小的趋势,但减幅较小。

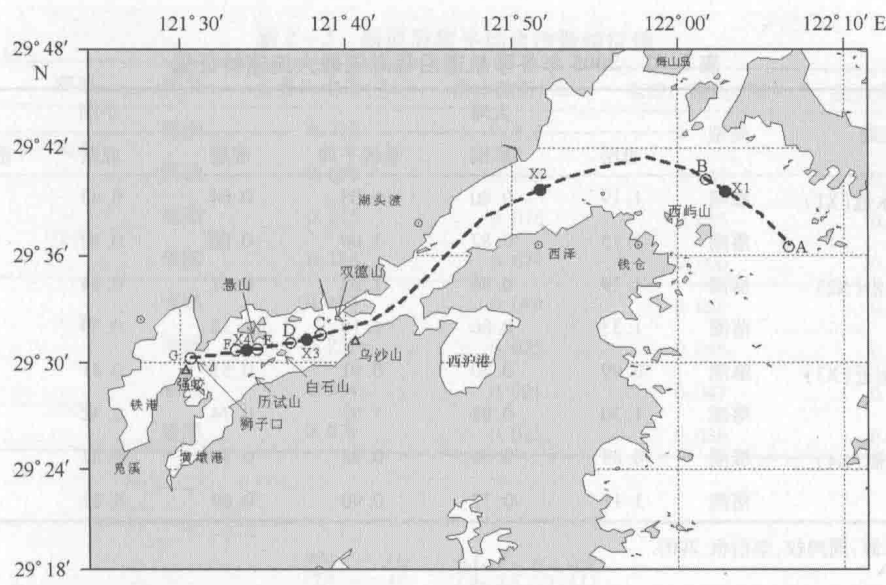
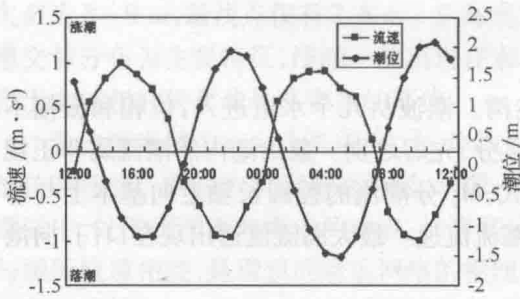
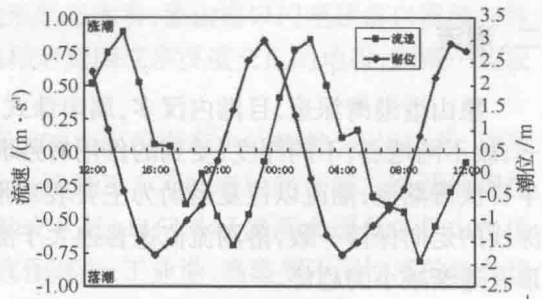


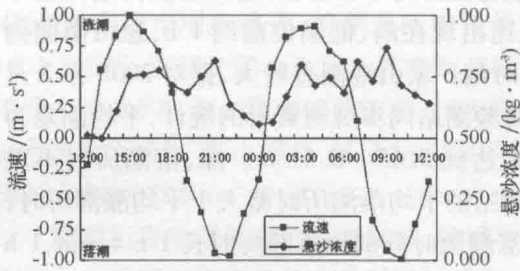
图 2-2 航道分段与监测站位
资料来源:周鸿权,李伯根,2007.



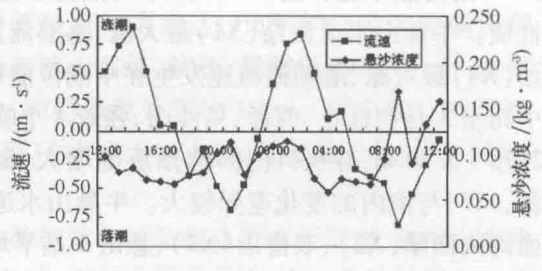
(a) 西泽测站 (X2) 大潮汛潮位流速关系曲线



(b) 悬山南侧测站 (X4) 大潮汛潮位流速关系曲线



(c) 西泽测站 (X2) 大潮汛流速、含沙量时间过程曲线



(d) 悬山南侧测站 (X4) 大潮汛流速、含沙量时间过程曲线

图 2-3 特征测站潮位、流速及含沙量关系曲线

资料来源:周鸿权、李伯根,2007.

表 2-2 2005 年冬季航道沿程潮流最大流速特征值

m/s

位置	潮型	大潮			小潮		
		表层	底层	垂线平均	表层	底层	垂线平均
牛鼻山水道 (X1)	涨潮	1.19	0.80	1.03	0.64	0.43	0.58
	落潮	1.15	0.82	1.00	0.66	0.42	0.55
西泽前沿 (X2)	涨潮	1.19	0.96	1.02	0.67	0.44	0.60
	落潮	1.33	0.86	1.10	1.12	0.39	0.72
双德山附近 (X3)	涨潮	0.99	0.70	0.91	0.53	0.41	0.49
	落潮	1.30	0.88	1.02	0.74	0.42	0.56
悬山南侧 (X4)	涨潮	0.88	0.61	0.82	0.36	0.32	0.36
	落潮	1.11	0.77	0.90	0.69	0.32	0.50

资料来源:周鸿权、李伯根,2007.

三、泥沙

象山港海域悬沙主要由粉砂和黏土两种组分组成,前者含量占 48.95% ~ 53.53% ,