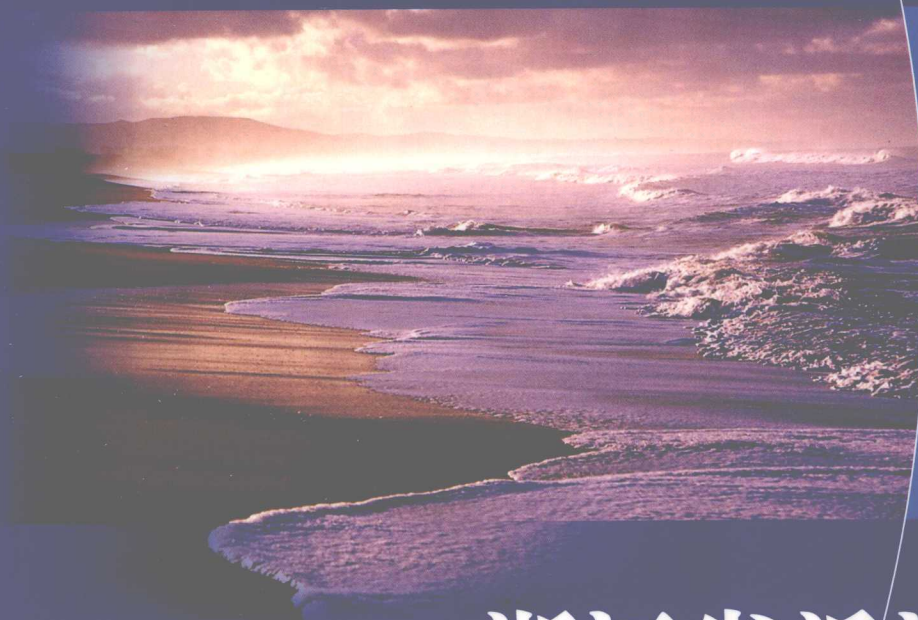




我国近海海洋综合调查与评价专项成果
“十二五”国家重点图书出版规划项目



ZHEJIANGSHENG
JINHAI SHUITI HUANJING
DIAOCHA YU YANJIU

浙江省近海水体环境 调查与研究



曾江宁 主编



海洋出版社



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

浙江省近海水体环境 调查与研究

曾江宁 主编



NLIC2970819543

海洋出版社

2012 · 北京

图书在版编目 (CIP) 数据

浙江省近海水体环境调查与研究/曾江宁主编. —北京: 海洋出版社, 2012. 6

ISBN 978 - 7 - 5027 - 8239 - 9

I. ①浙… II. ①曾… III. ①近海 - 水环境 -- 调查研究 - 浙江省 IV. ①X145

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 059262 号

责任编辑: 白 燕 朱 瑾

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 新华书店北京发行所经销

2012 年 6 月第 1 版 2012 年 6 月第 1 次印刷

开本: 889 mm × 1194 mm 1/16 印张: 23.5

字数: 581 千字 定价: 150.00 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

《浙江省近海水体环境调查与研究》

编委会

主 编：曾江宁

副主编：寿 鹿 薛 斌 金魏芳 于培松

编写组成员：（按姓氏笔画排序）

于培松 刘晶晶 江志兵 寿 鹿

杜 萍 周蓓锋 徐晓群 高爱根

梁楚进 曾江宁 廖一波 潘建明

薛 斌

前言

Foreword

人口增长和经济发展造成的海洋环境与生态问题,表明人类对海洋的开发利用在一定程度上超出海洋自身的承受能力,海洋资源环境负荷已经处于过载状态。海洋资源短缺、环境污染与生态破坏已成为今后海洋经济发展的主要限制性因素,为此,深入开展海洋承载能力及其动态变化的调查与研究,是实施海洋的可持续发展战略的迫切要求。

本报告利用“908 专项”ZJ908-01-01、908-01-ST04、908-01-ST05 区块在浙江省领海以内所获取的水体环境调查数据和资料,通过系统整理、分析和汇总,全面更新了浙江省海域的水文、化学和生物基础资料;针对浙江省海域的环境问题,在深入分析水文、化学和生物等海洋水体要素时空分布特征的基础上,评价了海洋生态环境质量变化趋势,以期能为浙江省海洋经济可持续增长、海洋环境综合评价、海洋生物资源可持续利用、海洋防灾减灾、海洋管理和海洋生态环境保护等提供基础数据和参考。

在国家海洋局“908 专项”办公室、浙江省“908 专项”办公室等各级业务部门的指导下,国家海洋局第二海洋研究所科技人员耗时两载,共同努力对获得的大量数据和历史资料进行了认真整理、分析和研究,并结合前人的工作,撰写完成了浙江省近海海洋水体调查与研究书稿。我们期望本书对“908 专项”的成果集成和深入研究提供科学资料,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。

本书是所有参与工作人员集体智慧的结晶,感谢国家海洋局第二海洋研究所各级领导和部门的关心,感谢国家海洋局、浙江省“908 专项”办公室指导和支持!鉴于编写时间以及编写水平有限,难免出现纰漏和错误,不足之处,敬请批评指正。

编 者

2011 年 11 月于杭州

目次

浙江省近海水体环境调查与研究

第1篇 区域概况

第0章 区域概况	(3)
0.1 温度	(3)
0.2 盐度	(3)
0.3 波浪	(3)
0.4 潮汐	(3)
0.5 潮流和余流	(4)
0.6 风暴潮增水	(4)
0.7 泥沙	(4)
第1章 杭州湾	(6)
1.1 区域自然环境	(6)
1.2 区域社会环境	(7)
第2章 宁波—舟山海域	(9)
2.1 区域自然环境	(9)
2.2 区域社会环境	(10)
第3章 象山港	(12)
3.1 区域自然环境	(12)
3.2 区域社会环境	(13)
第4章 三门湾	(15)
4.1 区域自然环境	(15)
4.2 区域社会环境	(17)
第5章 乐清湾	(18)
5.1 区域自然环境	(18)



5.2 区域社会环境	(20)
第6章 椒江口	(21)
6.1 区域自然环境	(21)
6.2 区域社会环境	(22)
第7章 浙中南沿海	(23)
7.1 区域自然环境	(23)
7.2 区域社会环境	(23)

第2篇 资料获取、处理和质量评价

第8章 物理海洋	(27)
8.1 航次及区域分工	(27)
8.2 数据的处理与质量保证	(27)
第9章 海洋化学	(33)
9.1 航次和区域分工	(33)
9.2 调查分析方法	(33)
9.3 数据质量的控制	(35)
第10章 海洋生物与生态	(37)
10.1 航次和区域分工	(37)
10.2 数据的处理与质量保证	(38)

第3篇 近海水体环境调查与研究

第11章 物理海洋	(45)
11.1 温度	(45)
11.2 盐度	(59)
11.3 泥沙	(73)
11.4 潮汐	(77)
11.5 潮流	(84)
11.6 小结	(99)
第12章 海洋化学	(101)
12.1 海水化学	(101)
12.2 沉积化学	(152)
12.3 小结	(157)
第13章 海洋生物与生态	(158)

13.1 叶绿素 a 和初级生产力	(158)
13.2 浮游植物	(178)
13.3 浮游动物	(190)
13.4 大型底栖生物	(205)
13.5 潮间带生物	(224)
13.6 小结	(233)

第4篇 趋势与问题分析及对策建议

第14章 近海水体环境趋势变化分析	(239)
14.1 物理海洋	(239)
14.2 海洋化学	(239)
14.3 海洋生物与生态	(243)
第15章 近海水体环境存在的问题分析	(251)
15.1 近海流场结构的海岛影响机制	(251)
15.2 近海重金属污染的迁移转化机制	(252)
15.3 海洋生物群落结构演变机制	(253)
第16章 近海海洋环境保护与对策建议	(256)
16.1 加强海洋生态环境保护, 建立一体化管理体系	(256)
16.2 深入开展基础科学研究, 优先资助重点研究领域	(258)
16.3 完善海陆统筹, 合理规划与优化布局	(262)
16.4 强化民众海洋意识, 促进海洋可持续发展	(264)
参考文献	(265)
附录 A 浮游植物种类名录表	(268)
附录 B 浮游动物种类名录表	(291)
附录 C 大型底栖生物种类名录表	(309)
附录 D 潮间带生物种类名录表	(336)
附录 E 浙江省“908”专项组织协调保障、任务承担信息一览	(365)

第 1 篇 区域概况

第0章 区域概况

浙江是海洋大省，地处中国东南沿海、长江三角洲南翼。东临东海，南接福建，西衔江西、安徽，北邻上海、江苏。地跨 $27^{\circ}02' \sim 31^{\circ}11'N$ ， $118^{\circ}01' \sim 123^{\circ}10'E$ ，东西和南北的直线距离均为 450 km 左右，陆域面积 $10.18 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，为全国陆域面积的 1.06%，是中国陆域面积最小的省份之一。

“908”专项调查表明，浙江省海域面积 $4.44 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，其中，内水面积 $3.32 \times 10^4 \text{ km}^2$ （含滩涂约 $2\,285 \text{ km}^2$ ）；海岸线总长 6 715 km，其中，大陆海岸线 2 218 km；海岛总数 3 820 个，岸线全长约 4 497 km，其中，大于 500 m^2 的海岛 3 453 个，有居民海岛 266 个。全省海岸线长度与海岛个数均居中国首位。

0.1 温度

浙江近海海域表层多年平均水温为 $17.0 \sim 18.7^{\circ}\text{C}$ ，年变幅在 $15.5 \sim 21.9^{\circ}\text{C}$ 之间，总体上由南往北、自东向西递减。夏季水温高于冬季，月平均最高、最低水温分别出现在 8 月和 2 月，两季表层水温差可达 $10 \sim 15^{\circ}\text{C}$ ，极值温差甚至大于 20°C 。

0.2 盐度

浙江近海盐度年平均介于 $12 \sim 30$ ，极端值最低 4.39、最高 35.13；空间分布自北往南、从近岸向外海递增，且东西向梯度大于南北向。牛鼻山水道以北等盐度线分布密集而形势复杂，以南海域等盐度线多呈 EN—WS 走向，分布也较稀疏。表层盐度低于中、下层，垂向盐度差近岸海域小于远岸海区；夏季层化现象较冬季明显。

0.3 波浪

受季风影响，浙江海区波浪具有明显的季节性和区域性，即秋冬大、春夏小；较大浪主要由台风引起，次之为寒潮；远岸海区波高明显大于近岸海区，浙南海区又较北部大。常波向，北部海区 NW—NE 为主，次之为 E—SE；南部海区 E 向为主，次之为偏 N 向。近岸偏 N 向占优，远岸则多为 E 向。浙北海域以风浪为主，浙南风浪和涌浪的概率相近。浙南、远岸海区波浪周期大于北部和近岸海区，不过，平均最大周期出现在象山东部海区。

0.4 潮汐

浙江近海的潮波系统以半日潮波为主。外海潮波传入，在三门湾口附近率先达到高潮后，

分南、北两股传播。浙中南海区较为开阔，且水深较大，潮波传播速度较浙北海区更快。浙中南海区基本上为驻波，而浙北海区有前进波、复合前进波等；潮波波型变化在杭州湾表现为前坡变陡、后坡变缓的河口港湾型，在乐清湾表现为前坡变缓、后坡变陡的海湾型。

浙江近海潮汐类型基本上为正规半日潮区，唯舟山群岛龙山—大鱼山—岱山—竹湾连线包围的海区为不正规半日混合潮区，海湾湾顶受浅海分潮影响较为明显。

浙江近海是我国的强潮海区之一，潮差总体来说从北往南、从东向西逐渐增大。金塘水道附近海区潮差最小，平均值小于 2 m，以此为中心、潮差呈放射状递增，港湾区的潮差则由湾口至湾顶逐渐增大。杭州湾、三门湾、乐清湾、温州湾等港湾区平均潮差均超过 4 m。

由于钱塘江口—杭州湾是典型的喇叭形河口海湾，潮波自东海传入后，随着南北两岸急剧收缩、底床抬高，潮波能量集聚，潮差迅速增大，到澈浦增至 5.58 m（钱塘江志），并在海宁尖山至杭州闸口一带形成天下闻名的钱江涌潮。

0.5 潮流和余流

浙江沿海潮流主要是不规则半日浅海潮流，也存在一些不规划半日混合浅海潮流。近岸海区潮流运动以往复流为主，外海区以旋转流为主。浙南海区较为特殊，其北部以往复流为主，南部以旋转流为主，普遍为左旋。各海区的流向基本与邻近岸线平行，涨潮流偏西向，落潮流偏东向。

一般情况下，靠近大陆的测站表现为落潮流优势，河口区尤为显著，外海开阔区涨落潮流相当。从西到东，潮流流速有减小趋势，强流速均出现在河口湾和水道区。象山港以北海区平均流速为 48 ~ 150 cm/s，舟山南部海区是全省潮流最强的海区，实测最大流速超过 300 cm/s。象山港至坎门的中部海区为弱流区，平均流速为 26 ~ 96 cm/s。坎门以南海区潮流相对较强，最大流速为 158 cm/s。

余流总的特点是夏季比冬季稍大，夏季余流向偏北而冬季余流向偏南，这与江浙沿岸流、外海流系冬夏消长的趋势相吻合。浙北和浙南岛区余流相对较强，浙中相对较弱；余流方向与最大潮流流速方向基本一致。最大余流流速超过 50 cm/s，最小仅为 3 cm/s。

0.6 风暴潮增水

浙江沿海地区每年 4—11 月都可能受台风风暴潮的影响，主要影响时段集中在 7—9 月。对浙江省造成重大风暴潮影响的台风主要是登陆浙江、登陆福建北部和在浙江近岸转向三种类型。台风风暴潮引起的增水高潮位超警戒潮位的次数 8 月、9 月最高；1 m 以上最大增水在 7—9 月中出现最多，2、3 m 以上最大增水则主要集中在 8 月、9 月；发生在 8 月、9 月的风暴潮过程中，多于 1/5 的过程其最大增水会超过 2 m。风暴潮过程中，浙江南部出现最高潮位和最大增水最多（王晶等，2010）。

0.7 泥沙

浙江沿海的泥沙主要来源于长江、椒江、甌江等河流。越靠近大陆含沙量越高，一般情

况下大潮含量大于小潮，底层高于表层；平均而言，冬季高于夏季，但最高值出现在夏季的河口区。岛屿周围的含沙量高于其邻近海域。含沙量等值线在河口外呈羽状流分布，近岸区与岸线基本平行，15 m 等深线外为南北走向。

具体来说，象山港以北海域含沙量较高，冬、夏季实测大面站最高含沙量分别是1.7 g/L 和 2.0 g/L，都出现在岱山水道；象山港—坎门海区含沙量相对较低，高值区仅在椒江口、松门等近岸海区，最高达 1.3 g/L；坎门以南海区含沙量以温州湾为中心向外降低，瓯江口夏季实测垂线平均含沙量为 5.0 g/L。南、北麂列岛附近海域含沙量始终为低值。

第1章 杭州湾

1.1 区域自然环境

1.1.1 地理位置

杭州湾位于中国浙江省东北部，西起澈浦—西三闸断面，东至扬子角—镇海角连线。有钱塘江注入，是一个喇叭形海湾。湾口宽约 95 km，自口外向口内渐狭，到澈浦为 20 km，海宁一带仅宽 3 km。自乍浦至仓前，七堡至闻家堰一带水下形成巨大的沙坎（洲），长 130 km，宽约 27 km，厚约 20 m。北侧金山卫—乍浦之间的沿岸海底有一巨大的冲刷槽，最深约 40 m。

1.1.2 地形地貌

杭州湾底形态自湾口至乍浦地势平坦；从乍浦起，以 $0.1 \times 10^{-3} \sim 2 \times 10^{-3}$ 的坡度向西抬升，在钱塘江河口段形成巨大的沙坎。杭州湾北岸为长江三角洲南缘，沿岸深槽发育；南岸为宁绍平原，沿岸滩地宽广。湾底的地貌形态和海湾的喇叭形特征，使这里常出现涌潮或暴涨潮。杭州湾以海宁潮（钱塘潮）著称，是中国沿海潮差最大的海湾，历史上最大潮差曾达 8.93 m（澈浦）。湾外为舟山群岛。

1.1.3 地质构造

浙江省以江山—绍兴深断裂为界，西北侧属扬子准地台的钱塘台坳，东南侧属于华南褶皱系的华夏褶皱带，两者在基底构成、盖层发育及岩性岩相特征等方面存在着差异。东南侧的晚侏罗世的火山岩系大片覆盖，局部有前震旦纪出露，变化复杂。杭州湾北岸为杭嘉湖平原区，第四系广为覆盖，古生界零星出露。

1.1.4 气候特征

杭州湾位于北亚热带，东亚季风盛行区。受冬、夏季风交替影响，四季分明，光照条件好，气候温和湿润，降水充沛，四季均有可能出现灾害性天气。多年平均气温 15.7°C 。多年平均降水量 1 162.0 mm，该地区风具有明显的季节性特征，11 月至翌年 2 月以 NW—N 向风为主，3—8 月以 E—SE 向为主，季风气候特征非常显著。

1.1.5 陆域水文状况

钱塘江至澈浦，流域面积 49 876 km²，芦茨埠站多年平均流量 952 m³/s。3—7 月为丰水期（梅雨），8 月至翌年 3 月为枯水期。实测最大洪峰流量 29 000 m³/s，考虑新安江水库的

调蓄作用,杭州闸口站百年一遇的洪峰流量为 $26\,400\text{ m}^3/\text{s}$ 。

1.1.6 海洋水文

杭州湾为典型的强潮河口湾,潮波为非正规浅海半日潮。外海潮汐传入杭州湾后,潮波逐渐由前进波向驻波转变,高潮位沿程向内递增、北岸略高于南岸,低潮位则相反,向内沿程递减,且北岸略低于南岸,潮差向内沿程递增,且北岸略大于南岸。杭州湾潮流为典型的往复流。南岸庵东滩地前缘深槽流速最大,2000年实测涨急垂线平均流速 3.77 m/s ,落急 3.41 m/s ;北岸六里湾前沿深槽为涨潮冲刷槽 2005年6个实测站位实测涨急垂线平均流速 $0.99\sim 1.63\text{ m/s}$,落急 $0.67\sim 0.94\text{ m/s}$,显然涨潮流速明显大于落潮流速。

1.1.7 自然资源状况

渔业资源:根据嘉兴市海洋功能区划,杭州湾重要渔业品种保护区位于平湖市和海盐县海域,面积 $20\times 10^4\text{ hm}^2$ 。该区域自然环境优越,饵料丰富,为我国鳗苗重要洄游通道,大闸蟹苗、青蟹苗养殖区,1月15日—4月15日为鳗苗捕捞期,其余为禁渔期。

港口、航道资源:嘉兴港口区:由独山、乍浦、海盐3个港区组成,是杭州湾北岸唯一的出海通道,以服务嘉兴、湖州两市经济社会以及杭州湾北岸临港产业发展为主,承担本地区所需能源、原材料运输和外贸物资近洋运输为主的地区性重要港口。嘉兴港航道区:含杭州湾南航道、杭州湾北航道、七姐妹航道等航道。其中,杭州湾南航道由嵊泗县绿华山起,至嘉兴港;杭州湾北航道自大戢山起,向南经小戢山至嘉兴港;七姐妹航道自金塘水道或册子水道起,抵嘉兴港。为进出嘉兴港的主要航道,部分航线与上海金山石化基地共用。3条航道均能乘潮通航 $3\times 10^4\sim 5\times 10^4\text{ t}$ 级船舶,船舶可根据不同航线,选择相应的进出航道。

滩涂资源:根据“908”最新调查成果,杭州湾总计有粉砂淤泥质滩 566.72 km^2 ,其中平湖市 6.48 km^2 ,海盐县 51.30 km^2 ,海宁市 81.64 km^2 ,萧山市 11.20 km^2 ,绍兴市 9.10 km^2 ,上虞市 8.14 km^2 ,余姚市 86.76 km^2 ,慈溪市 236.74 km^2 ,镇海区 5.36 km^2 。

1.2 区域社会环境

1.2.1 社会环境简况

杭州湾地跨浙江、上海两省市。上海、杭州、绍兴、宁波等数座著名城市,呈三角之势分别位于湾口两翼和湾顶之西。沿岸经济发达,城镇化水平高。与其毗邻的市、县,北部有南汇、奉贤、金山、平湖,海盐、海宁。南部有余姚、慈溪,镇海等。此外,杭州湾西部(钱塘江河口段两岸)有萧山、绍兴、上虞等市县,杭州湾口外有舟山市定海区和岱山,嵊泗两县。其沿岸著名的古镇有金山卫、乍浦、澉浦、盐官、观城卫等。

1.2.2 海洋开发利用状况

杭州湾地区工农业发达,沿岸地带大型工业企业有上海金山石化总厂、浙江炼油厂、镇海石化厂、镇海发电厂以及秦山核电站等。杭州湾两岸杭嘉湖平原、肖绍平原、三北平原、



宁波平原是浙江省粮、棉、麻、油、蚕生产的重要基地。近年建成的杭州湾跨海大桥是一座横跨中国杭州湾海域的跨海大桥，它北起浙江嘉兴海盐郑家埭，南至宁波慈溪水路湾，全长 36 km，是世界上第二长的跨海大桥，仅次于 2011 年通车的青岛海湾大桥。

第2章 宁波—舟山海域

2.1 区域自然环境

2.1.1 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 $29^{\circ}24' \sim 29^{\circ}53' \text{N}$ ， $121^{\circ}43' \sim 122^{\circ}23' \text{E}$ （佚名，2011）。

2.1.2 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。

2.1.3 地质构造

该海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。

2.1.4 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 $16.1 \sim 16.3^{\circ}\text{C}$ ，无水冻现象。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 NW 风（含 WNW 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 $78\% \sim 80\%$ 。蒸发量多年平均为 $1\,199.1 \sim 1\,604.6\text{ mm}$ 。累年最长无降水达 47 d 。