



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

ZHONGGUO JINHAI HAIYANG
—HAIYANG HUAXUE

中国近海海洋 ——海洋化学

暨卫东 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

中国近海海洋

——海洋化学

暨卫东 主编



海洋出版社

2016年·北京

图书在版编目(CIP)数据

中国近海海洋. 海洋化学/暨卫东主编. —北京:海洋出版社,2012.6

ISBN 978-7-5027-8259-7

I. ①中… II. ①暨… III. ①近海-海洋化学-中国 IV. ①P72 ②P734

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第084414号

责任编辑:苏勤 王溪

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

2016年11月第1版 2016年11月第1次印刷

开本:889mm×1194mm 1/16 印张:36

字数:835千字 定价:220.00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

《中国近海海洋》系列专著编著指导委员会 组成名单

主任 刘赐贵

副主任 陈连增 李廷栋

委员 周庆海 雷波 石青峰 金翔龙 秦蕴珊 王颖

潘德炉 方国洪 杨金森 李培英 蒋兴伟 于志刚

侯一筠 刘保华 林绍花 李家彪 蔡锋 韩家新

侯纯扬 高学民 温泉 石学法 许建平 周秋麟

陈彬 孙煜华 熊学军 王春生 暨卫东 汪小勇

高金耀 夏小明 吴桑云 苗丰民 周洪军

《中国近海海洋——海洋化学》

编写人员名单

主 编 暨卫东

副 主 编 贺 青 陈建芳 王保栋 姜伟男 陈金民

顾 问 于志刚 许焜灿 黄自强 吴日升 陈立奇
林 端

编写组成员 林 辉 陈宝红 张元标 王海燕 林 彩
王伟强 高众勇 汪建君 霍云龙 潘建明
金海燕 王 奎 薛 斌 孙 霞 刘 璐
蒋凤华 谢琳萍 周燕遐 王秋璐 耿 森
刘志军 焦红波 孙秀武 黄海宁 王继纲
邝伟明 陈文锋 刘 洋 徐宪忠 张亚南
张志强 岳宏伟 杨 寅 王素敏 张 凡

总前言

2003年,党中央、国务院批准实施“我国近海海洋综合调查与评价”专项(简称“908专项”),这是我国海洋事业发展史上一件具有里程碑意义的大事,受到各方高度重视。2004年3月,国家海洋局会同国家发展与改革委员会、财政部等部门正式组成专项领导小组,由此,拉开了新中国成立以来最大规模的我国近海海洋综合调查与评价的序幕。

20世纪,我国系列海洋综合调查和专题调查为海洋事业发展奠定了科学基础。50年代末开展的“全国海洋普查”,是新中国第一次比较全面的海洋综合调查;70年代末,“科学春天”到来的时候,海洋界提出了“查清中国海、进军三大洋、登上南极洲”的战略口号;80年代,我国开展了“全国海岸带和海涂资源综合调查”,“全国海岛资源综合调查”,“大洋多金属资源勘查”,登上了南极;90年代,开展了“我国专属经济区和大陆架勘测研究”和“全国第二次污染基线调查”等,为改革开放和新时代海洋经济建设提供了有力的科学支撑。

跨入21世纪,国家的经济社会发展也进入了攻坚阶段。在党中央、国务院号召“实施海洋开发”的战略部署下,“908专项”任务得以全面实施,专项调查的范围包括我国内水、领海和领海以外部分管辖海域,其目的是要查清我国近海海洋基本状况,为国家决策服务,为经济建设服务,为海洋管理服务。本次调查的项目设置齐全,除了基础海洋学外,还涉及海岸带、海岛、灾害、能源、海水利用以及沿海经济与人文社会状况等的调查;调查采用的手段成熟先进,充分运用了我国已具备的多种高新技术调查手段,如卫星遥感、航空遥感、锚系浮标、潜标、船载声学探测系统、多波束勘测系统、地球物理勘测系统与双频定位系统相结合的技术等。

“908专项”创造了我国海洋调查史上新的辉煌,是新中国成立以来规模最大、历时最长、涉及部门最广的一次综合性海洋调查。这次大规模调查历时8年,涉及150多个调查单位,调查人员万余人次,动用大小船只500余艘,航次千余次,海上作业时间累计17000多天,航程

200余万千米，完成了水体调查面积102.5万平方千米，海底调查面积64万平方千米，海域海岛海岸带遥感调查面积151.9万平方千米，获取了实时、连续、大范围、高精度的物理海洋与海洋气象、海洋底质、海洋地球物理、海底地形地貌、海洋生物与生态、海洋化学、海洋光学特性与遥感、海岛海岸带遥感与实地调查等海量的基础数据；调查并统计了海域使用现状、沿海社会经济、海洋灾害、海水资源、海洋可再生能源等基本状况。

“908专项”谱写了中国海洋科技工作者认知海洋的新篇章。在充分利用“908专项”综合调查数据资料、开展综合研究的基础上，编写完成了《中国近海海洋》系列专著，其中，按学科领域编写了15部专著，包括物理海洋与海洋气象、海洋生物与生态、海洋化学、海洋光学特性与遥感、海洋底质、海洋地球物理、海底地形地貌、海岛海岸带遥感影像处理与解译、海域使用现状与趋势、海洋灾害、沿海社会经济、海洋可再生能源、海水资源开发利用、海岛和海岸带等学科；按照沿海行政区划编写了11部专著，包括辽宁省、河北省、天津市、山东省、江苏省、浙江省、上海市、福建省、广东省、广西壮族自治区和海南省的海洋环境资源基本现状。

《中国近海海洋》系列专著是“908专项”的重要成果之一，是广大海洋科技工作者辛勤劳作的结晶，内容充实，科学性强，填补了我国近海综合性专著的空白，极大地增进了对我国近海海洋的认知，它们将为我国海洋开发管理、海洋环境保护和沿海地区经济社会可持续发展等提供科学依据。

系列专著是11个沿海省（自治区、直辖市）海洋与渔业厅（局）、国家海洋信息中心、国家海洋环境监测中心、国家海洋环境预报中心、国家卫星海洋应用中心、国家海洋技术中心、国家海洋局第一海洋研究所、国家海洋局第二海洋研究所、国家海洋局第三海洋研究所、国家海洋局天津海水淡化与综合利用研究所等牵头编著单位的共同努力和广大科技人员积极参与的成果，同时得到了相关部门、单位及其有关人员的大力支持，在此对他们一并表示衷心的感谢和敬意。专著不足之处，恳请斧正。

《中国近海海洋》系列专著编著指导委员会

前言

Foreword

“我国近海海洋综合调查与评价”专项是一次规模大、时间长、项目多、内容丰富的近海海洋综合调查与评价专项工作。中国海洋大学、厦门大学、南京大学、南开大学、中国科学院南海海洋研究所、中国科学院地球化学研究所、国家海洋局第一海洋研究所、国家海洋局第二海洋研究所、国家海洋局第三海洋研究所、国家海洋局北海分局、国家海洋局东海分局、国家海洋局南海分局、国家海洋环境监测中心、江苏省海洋环境监测中心、辽宁省海洋水产研究所、山东省海洋水产研究所、山东省海水养殖研究所、海南省海洋监测预报中心、宁波海洋环境监测中心站、烟台大学和天津科技大学，共21个调查单位承担自北向南分成的9个国家级调查区块和11个省市级调查区的调查研究工作，分别先后动用了我国目前先进的海洋调查船13艘及若干民船，于2006年7月14日至2007年12月29日完成了夏、冬、春、秋四季各区块间准同步调查，获得了各季度海洋水文、海洋化学、海洋生物、海底沉积物和海洋大气的完整资料。

本书在我国近海海洋化学调查数据基础上，开展了渤海、黄海、东海、南海海区以及11个沿海省市管辖的海域海水化学、大气化学、沉积化学和生物质量等环境化学要素时空分布特征与变化规律的分析研究，评价了我国海水水质、大气环境质量、沉积物质量以及生物质量现状，并针对海陆相互作用下引起的我国近海海洋环境主要问题进行探讨。研究了夏季东海长江口底层低氧区以及低氧区形成机制；研究了中国沿岸流环境特征与演变规律以及对我国沿岸海洋环境的影响；研究了黄海冷水团在黄海生源要素生物地球化学循环中的作用和地位；评估了闽南沿岸上升流区环境特征与物质输运、通量；首次开展了我国近海海洋大气化学方面的分析研究，研究了大气气溶胶中国近海海域陆源和海洋源成分的富集程度和污染特征，研究了海洋大气中二氧化碳、甲烷等温室气体的时空分布、变化规律和二氧化碳的海气通量以及对海洋大气环境的影响；揭示了我国近岸河口港湾富营养化有机污染物和重金属污染的致害因素与污染症状，为我国海陆统筹、海洋经济与环境保护协调发展、防灾减灾提供科学依据。

本书分为三篇，是任务组集体努力的结晶。具体分工为：第1篇“近海海洋化学时空变化特征研究”中第1章由暨卫东、贺青、王伟强、徐宪忠执笔；第2章至第5章由暨卫东、贺青、陈金民、陈宝红、张亚南执笔。第2篇“近海区域性海洋化学若干问题研究”中第6章由张元标、张志强、暨卫东、陈金民、陈文锋执笔；第7章由林辉、林彩、孙秀武执笔；第8章、第10章至第12章由陈建芳、金海燕、王奎、高生泉执笔；第9章、第13章至第17章由王保栋、孙霞、谢琳萍、韦钦胜、黄江婵、臧璐、石晓勇、张传松执笔；第18章由高众勇、暨卫东、张凡执笔。第3篇“我国近海海洋环境状况分析研究”中第19章由贺青、陈宝红、张亚南执笔；第20章第1节由陈金民、王继纲、刘洋执笔；第2节由林彩、黄海宁执笔；第3节由王海燕、岳宏伟、杨颖、王素敏执笔；第4节由汪建君、暨卫东、陈金民执笔；第5节由暨卫东、贺青、邝伟明执笔；第6节由黄海宁、暨卫东、林彩、刘洋执笔；第21章由暨卫东、霍云龙执笔。本书的撰写得到国家海洋局“我国近海海洋综合调查与评价专项”办公室的大力支持，中国海洋大学于志刚校长在百忙中审阅了全书，并提出了许多宝贵意见，在编写过程中还得到了国家海洋局第三海洋研究所吴日升研究员、黄自强研究员、许焜灿研究员、陈立奇研究员，国家海洋局南海分局林端教授级高工的悉心指导，在此，我们深表谢意。

参加《中国近海海洋——海洋化学》编写工作的有国家海洋局第三海洋研究所、国家海洋局第一海洋研究所、国家海洋局第二海洋研究所、国家海洋信息中心，海洋出版社负责编辑出版工作。对参与本书编写工作的各单位和个人的热忱支持和大力协助，特此致以衷心的感谢。对著作中存在的不足，恳请读者惠予指正。

暨卫东

国家海洋局第三海洋研究所

2011年8月

CONTENTS 目次

中国近海海洋——海洋化学

第1篇 近海海洋化学时空变化特征研究

第1章 调查研究概况	(3)
1.1 20世纪80年代以前	(3)
1.2 20世纪80年代至20世纪末	(4)
1.3 21世纪初海洋环境调查研究	(5)
第2章 近海海水化学	(7)
2.1 海水中常规水化学要素分布变化特征	(7)
2.2 海水中生源要素分布变化特征	(45)
2.3 海水中重金属和石油类分布变化特征	(138)
2.4 近海海水化学时空变化特征	(179)
第3章 近海大气化学	(180)
3.1 气溶胶中总悬浮颗粒物、营养物质和重金属分布变化特征	(180)
3.2 大气温室气体分布变化特征	(187)
3.3 近海大气化学时空变化特征	(189)
第4章 近海沉积化学	(191)
4.1 沉积物中硫化物和氧化还原电位分布变化特征	(191)
4.2 沉积物中有机碳、总氮和总磷分布变化特征	(197)
4.3 沉积物中石油类和重金属分布变化特征	(205)
4.4 近海沉积化学时空变化特征	(225)
第5章 河口港湾生物质量	(228)
5.1 生物体中重金属和石油烃分布特征	(228)
5.2 生物体中有机污染物分布特征	(232)
5.3 近海生物质量时空变化特征	(234)
参考文献	(234)

第2篇 近海区域性海洋化学若干问题研究

第6章 聚类分析闽浙沿岸流的季节变化和环境特征	(239)
6.1 闽浙沿岸流聚类分析方法	(241)
6.2 闽浙沿岸流水团特征	(243)
6.3 小结	(251)
参考文献	(252)
第7章 闽南沿岸上升流区环境特征与物质输运、通量评估	(253)
7.1 闽南沿岸上升流范围	(255)
7.2 闽南沿岸上升流区环境化学要素环境特征	(259)
7.3 闽南沿岸上升流区营养盐限制特征及老化指标	(267)
7.4 闽南沿岸上升流物质输运特征	(270)
7.5 闽南沿岸上升流区海-气 CO ₂ 通量的变化	(272)
7.6 小结	(277)
参考文献	(278)
第8章 长江口溶解氧的季节和年际变化及底层缺氧成因分析	(282)
8.1 长江口溶解氧平面、断面分布季节变化和年际变化	(284)
8.2 长江口夏季底层缺氧形成机制	(289)
8.3 海洋低氧的沉积记录研究	(293)
8.4 近几十年来长江口缺氧的发展	(296)
参考文献	(297)
第9章 长江口外低氧区长期变化研究	(299)
9.1 长江口外低氧区的早期记录	(299)
9.2 长江口外低氧区的地理位置	(300)
9.3 长江口外低氧区面积和最低氧含量的变化	(300)
9.4 长江口外低氧区的形成机制	(302)
9.5 小结	(303)
参考文献	(303)
第10章 黄海冷水团中溶解氧垂直分布最大值现象	(305)
10.1 黄海冷水团中溶解氧的垂直分布特征	(306)
10.2 黄海冷水团中溶解氧浓度与主要环境因子的关系	(308)
10.3 小结	(312)
参考文献	(312)
第11章 长江河口营养盐的混合过程研究	(314)
11.1 端元的确定	(314)
11.2 保守行为与加入、转移机制	(316)
11.3 小结	(321)
参考文献	(323)
第12章 黄海冷水团的营养盐储库作用	(325)

12.1	冷水团体积估算方法与冷水团营养盐储量估算方法	325
12.2	黄海冷水团营养盐分布特征和季节变化特征	326
12.3	黄海冷水团营养盐储量估算	328
12.4	小结	332
	参考文献	332
第13章	长江口夏季水体磷的形态分布特征及影响因素	334
13.1	长江口夏季水体各种形态磷的含量及平面分布	335
13.2	长江口夏季水体各种形态磷的结构组成	339
13.3	长江口夏季水体磷的循环及分布影响因素	340
13.4	小结	343
	参考文献	343
第14章	渤海、黄海营养盐结构及其对浮游植物生长的限制	344
14.1	渤海、黄海营养盐结构	345
14.2	营养盐结构对浮游植物生长的限制	348
14.3	小结	350
	参考文献	351
第15章	黄河口的生态化学特征及环境效应	352
15.1	黄河口附近海域营养盐来源、结构分析与历史变化	352
15.2	黄河口附近海域浮游植物群落结构分析与历史变化	359
15.3	小结	360
	参考文献	360
第16章	东海颗粒有机质来源及其影响因素	363
16.1	东海颗粒有机碳含量与平面分布特征	364
16.2	东海颗粒有机氮含量与平面分布特征	365
16.3	东海颗粒有机碳的来源及其影响因素	365
	参考文献	374
第17章	中国近海 CO₂ 源汇分布格局与季节变化	376
17.1	海-气 CO ₂ 分压的测量、校正与通量估算方法	378
17.2	中国近海 pCO ₂ 时空分布变化	380
17.3	中国近海 pCO ₂ 主要调控因子分析	384
17.4	中国近海各海区海-气交换通量	384
17.5	小结	386
	参考文献	387
第18章	渤海、黄海沉积物重金属的基线研究	388
18.1	渤海、黄海表层沉积物重金属元素含量的离散特性	389
18.2	沉积物基线值的估算方法	390
18.3	渤海、黄海表层沉积物重金属的基线值估算	392
18.4	小结	396
	参考文献	396

第3篇 我国近海海洋环境状况分析研究

第19章 我国近岸海域海洋环境质量现状评价	(401)
19.1 评价方法	(401)
19.2 近海海洋环境质量现状与评价	(401)
19.3 近岸海域环境质量现状与评价	(414)
19.4 小结	(435)
参考文献	(436)
第20章 我国近海海洋环境质量与污染问题评价	(439)
20.1 近海河口港湾重金属污染风险评估	(439)
20.2 近海主要河口港湾富营养化程度评价	(459)
20.3 近海持久性有机物污染及对生态环境影响评价	(477)
20.4 近海气溶胶金属元素分布及其污染特征	(495)
20.5 台湾海峡西部海水环境质量现状评价	(522)
20.6 九龙江河口区营养盐分布特征及其影响评价	(541)
参考文献	(550)
第21章 我国近海海洋环境保护对策与建议	(556)
21.1 建立入海污染物总量控制制度	(557)
21.2 加强我国近海水体底层缺氧区的监控与管理	(557)
21.3 加强我国河口港湾富营养化监控与管理	(557)
21.4 加强陆源污染物输入对沉积物影响评估与对污染物输入的管理	(558)
21.5 应对气候变化, 加强近海温室气体的监控	(558)
21.6 加强持久性有机物的监测与污染源控制	(558)
21.7 强化对海上石油污染、石油开采、油库监控和规范管理	(559)
21.8 加强重金属污染总量控制、规范产业布局与整治管理	(559)
21.9 加强海洋生态环境常态化调查与污染治理措施	(560)
21.10 统筹海洋经济建设与海洋环境保护协调发展	(560)
21.11 完善和健全海洋保护法规体系, 加强海洋生态保护引导与管理	(561)
21.12 加强法律、法规的宣传教育, 加大海洋生态环境保护的力度	(561)

**第 1 篇 近海海洋化学
时空变化特征研究**

第1章 调查研究概况

我国近海海洋化学调查研究状况概述如下。

1.1 20世纪80年代以前

1957年,中国第一艘海洋综合调查船中国科学院“金星”号驶向渤海,开始了我国历史上的第一次海洋综合调查。从此海洋化学的研究工作在中国迅速兴起。

1958—1960年,国家科委海洋组组织海军、中国科学院、水产部等60多个单位600多名人员参加,动用各种船舶50多艘,开展了我国邻近海域(124°E西的渤海、黄海、东海与福建沿岸和东沙、西沙群岛以北的南海)海洋综合调查。这次调查奠定了现代中国海洋科学发展的基础,初步掌握了我国近海海洋要素的基本特征和变化规律,改变了我国缺乏基础海洋资料的局面;培养了一支海洋科技队伍,使之成为海洋科技战线的一支骨干力量,他们对海洋事业的敬业精神和严谨的科学态度一直影响着几代海洋科技工作者。

1959—1962年我国科技工作者主要在沿海近岸区进行了海水、海洋生物、沉积物和大气沉降的 Sr^{90} 、 Cs^{137} 和总 β 调查。此后,中国科学院海洋研究所、国家海洋局多次组织力量对黄海、渤海、东海及邻近大洋主要人工核素进行了调查。

1960—1964年,国家科委海洋组组织有关沿海省市、科研单位和高等院校开展了山东、江苏、上海、浙江、福建、广东等省市部分海岸带(向海至10~15m等深线)的水文、气象、化学、地质、地貌调查。

1972—1978年,进行了渤海、北黄海、东海的污染调查,建立了渤黄海污染监测网,积累了大量资料,为渤黄海的污染治理和海洋环境保护工作提供了科学依据。

1972—1979年,由国家海洋局组织,国家海洋局东海分局、国家海洋局第二海洋研究所和国家海洋局第三海洋研究所及江苏、上海、浙江和福建四省市,相继开展了东海近岸海域及河口、港湾的污染调查,获取大量水质、底质、生物体及水文、气象资料。

1973—1978年,以中国科学院南海海洋研究所为主对中沙、西沙和南沙海域进行了海洋综合调查,第一次获得了南海中部海域的系统资料。自1973年起,中国科学院南海海洋研究所,在过去进行南海北部大陆架和北部湾海区的调查研究基础上,对南海西沙、中沙群岛及其邻近海域进行了多次综合调查,调查海区逐年扩大,调查项目逐年增加,直到1978年,南海海洋研究所以“实验”号调查船为主,共进行了16个航次的综合调查,调查项目包括海洋地质、海底地貌、海洋沉积、海洋气象、海洋水文、海水化学、海洋物理、海洋生物以及岛礁地貌等,对调查结果分析整编后,首次出版《南海海区综合调查研究报告》。

1976—1978年,对太平洋中部特定海区进行了综合调查,这次远洋调查吹响了我国向海洋进军、探索大洋奥秘的号角。

20世纪70年代后期,国家海洋局和有关单位对中国近海温度、盐度、密度跃层的时空分布和变化规律,水团和水系的性质与消长变化规律,降温期海水混合层深度,内波及跃层的范围、类型、特征及其季节变化,黑潮区流速、流向和流量的变化规律,黑潮的低频变异,海底地形对黑潮路径的影响,各种污染物的来源、含量、分布和迁移规律,海洋自净能力等进行了研究。

1.2 20世纪80年代至20世纪末

在改革开放和以经济建设为中心的指导思想下,我国近海海洋环境的调查研究,在加大投入、引进先进仪器设备和进行广泛国内外合作与交流的条件下,进一步扩大了调查、监测范围,提高了调查研究的深度。

1980—1981年中美合作对长江口及邻近海域,以大陆架沉积作用为中心,分成河口水文、河口化学、大陆架水文、悬浮物、大陆架的沉积作用和沉积速率、大陆架和河口的沉积作用和地貌学、地球化学、底栖生物等作了较全面的研究。

1981年和1982年山东海洋学院出海4航次,分别对物理海洋、海洋气象、海洋化学、海洋生物和海洋地质进行了综合考察,主要目的是研究东海中黑潮和长江冲淡水季节变化情况及其对济州岛南面及近海渔场和我国气候的影响,与中、美上述长江口及其邻近海域的调查互为补充。

1980—1987年,国务院于1979年8月批准了国家科委、国家农委、军委总参部、国家海洋局、国家水产总局“关于开展全国海岸带和海涂资源综合调查的请示”报告,并指示各沿海省、市、自治区组织力量,结合省(市)情况,开展一次普查。此次调查范围一般是以海岸线为准,向陆地延伸10 km左右,向海至水深20 m等深线左右。调查内容包括了气候、水文、地质、地貌、海水化学、环保、海洋生物等14个专业。编写的《全国海岸带和海洋资源综合调查报告》成为我国第一部全面反映海岸资源状况的综合性论著,具有较高的实用价值。

1983年7月,中国科学院南海海洋研究所的“实验2”号、“实验3”号两艘船,加上水产所的一艘,以这三艘船为主的调查队,到达曾母暗沙海区调查。

1983年,国家海洋局第一海洋研究所进行了渤海放射性污染评价,指出渤海受到了轻微的放射性污染,污染源主要来自大气核试验。

1983—1986年山东海洋学院分别与美国和法国海洋学家合作,出海7航次对黄河口的化学、地质、物理水文和生物进行了较系统的综合调查。中国科学院海洋研究所、国家海洋局所属研究单位结合全国海岸带调查,也对黄河口作了综合调查。

在1984年11月20日—1985年4月10日,我国首次派出由南大洋考察队、南极洲考察队、“向阳红10”号远洋科学调查船和“J121”号打捞救生船所组成的南极考察编队,共有591人参加考察,进行了南大洋磷虾资源和环境状况的多学科调查;在南极洲进行了生物、地质、地貌、高层大气物理、地震、气象、测绘和海洋科学等领域的考察。

自1984年我国首次组织南极科考以来,我国已经在南极建立了长城站、中山站、昆仑站和北极黄河站4个科学考察站,成功组织了28次南极科学考察和5次北冰洋科学考察,取得了许多高水平考察研究成果,为人类认识“两极”、探索极地奥秘做出了重要贡献。

1984—1985年,为维护国家海洋权益,先后组织了“南海中部调查”和“东海大陆架调