



我国近海海洋综合调查与评价专项成果

浙江及福建北部海域环境 调查与研究

Zhejiang ji Fujian Beibu Haiyu Huanjing
Diaocha yu Yanjiu

主 编 徐 韧

副主编 程祥圣 孙亚伟 堵盘军

项有堂 石少华



科学出版社



我国近海海洋综合调查与评价专项成果

浙江及福建北部海域环境 调查与研究

主编 徐 韧

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书是“我国近海海洋综合调查与评价专项”的成果之一。全书共 13 章,前十一章详细介绍了浙江及福建北部海域海洋环境的基本现状,系统描述了浙江及福建北部海域海洋气象、海洋水文、大气化学、海水化学、沉积化学、海洋微生物、叶绿素与浮游植物、浮游动物、底栖生物、游泳动物分布现状及基本变化趋势特征,构建了浙江及福建北部海域区域海洋学研究框架与内容。第十二章分别从区域流场以及生态环境的角度进行特征总结描述。第十三章针对大气物质干沉降通量、溶解氧低值区分布特征、束毛藻分布对全球气候变化的响应等目前备受关注的科学问题展开深入的探讨。

本书可供海洋环境、海洋生态、海洋规划与管理等相关领域的研究人员、技术人员、管理人员及高等院校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

浙江及福建北部海域环境调查与研究/徐韧主编.—北京:科学出版社,2014.5

ISBN 978-7-03-039763-8

I. ①浙… II. ①徐… III. ①海洋环境—调查研究—浙江省 ②海洋环境—调查研究—福建省 IV. ①X145

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 026695 号

责任编辑:陈沪铭 许 健 刘海涛

责任印制:刘 学 / 封面设计:殷 靓

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

南京展望文化发展有限公司排版

上海欧阳印刷厂有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014 年 5 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2014 年 5 月第一次印刷 印张:25 1/2

字数:561 000

定价:206.00 元

《浙江及福建北部海域环境调查与研究》

编著委员会

顾 问：刘刻福 房建孟 潘增弟 黄秀清 沈明球

主 编：徐 韧

副主编：程祥圣 孙亚伟 堵盘军 项有堂 石少华

编 委(按姓名笔画排序)：

王晓波	王晓亮	王金辉	叶属峰	龙绍桥	邢 健
朱慧琴	刘材材	刘鹏霞	齐安翔	李 阳	李 鹏
李亿红	李志恩	杨 涛	杨 颖	杨元利	忻丁豪
宋晨瑶	张 慧	张丽旭	张昊飞	金成法	郑晓琴
项凌云	胡学军	姚炎明	秦玉涛	秦晓光	秦铭俐
秦渭华	倪文胜	徐丽丽	曹 恋	龚文浩	龚婉卿
管琴乐	魏永杰				

序

余从 20 世纪 80 年代初进入海洋系统工作时,常耳闻老一辈海洋工作者的夙愿:“查清中国海、挺进三大洋、登上南极洲”。几十年来,我国海洋事业的不断发展,“挺进三大洋、登上南极洲”已基本实现。早在 1985 年,“向阳红 10 号”就成功挺进南大洋,一举在南极大陆建立了“长城”科考站,之后又相继建立了“中山”站、“昆仑”站和“泰山”站。自 1999 年起,我国又开展了北极考察,建立了“黄河”站;与此同时,环球考察也已顺利完成;“蛟龙”号深潜器完成了 7 000 米深潜试验,取得了一系列丰硕成果。然而,我国在近海调查和评价方面虽然也做了大量工作,但与“查清中国海”尚有很大差距。

令人欣慰的是,通过近十年的努力,“我国近海海洋综合调查与评价”专项已圆满结束,取得了丰富的第一手近海调查资料和成果。我深感这些资料的宝贵和来之不易,从内心深处希望它们能发挥更大的作用,有更多的研究见著于世。近日,欣闻曾经风雨同舟的同仁们为此作了很大努力,根据他们承担的调查任务,结合其他综合调查成果,编撰了《浙江及福建北部海域环境调查与研究》一书,并请我作序。从学识和能力角度,我实不敢当,考虑到在东海分局的二十多年和参加这项综合调查前期工作的情结,简单谈点个人感想。希望这本书的出版,对了解和研究浙闽海域海洋环境现状以及海洋产业发展有所帮助,对关心、热爱海洋的同志们有所裨益。是为序。



国家海洋局人事司司长

二〇一四年三月

前 言

海洋面积占地球表面积的 70.8%,海洋里蕴含极其丰富的自然资源和生物资源,对人类社会的作用正越来越受到人们的重视。海洋调查是正确认识海洋、合理开发利用海洋和有效管理与保护海洋的基础性工作。新中国成立以来,我国仅进行过两次有一定规模的海洋调查。其中,最近的一次是 1980~1986 年开展的全国海岸带及海涂资源调查。这些调查由于受各种条件所限,获取的基础资料时空密度小、准确度低,大部分数据滞后 20 年,已难以很好的反映当前的海洋状况。针对这一现实问题,2003 年 9 月,国务院正式批准由国家海洋局提出的“中国近海海洋综合调查与评价”专项(即“908 专项”)。通过系统开展物理海洋与海洋气象、海洋生物与生态、海洋化学、海洋光学和海洋药物资源调查工作,查明中国近海海洋环境的基本状况,全面更新基础资料和图件,进一步深化对海洋环境要素的时空分布、变化规律、形成机制、制约因素等的认识,为海洋经济健康快速发展、海洋环境综合评价、海洋资源开发利用、海洋防灾减灾、海洋管理和环境保护等提供基本依据。

水体环境调查是“908 专项”内容中最为基础性和关键性的工作,全中国海分为 9 个区块准同步进行,其中由国家海洋局东海分局承担“ST05 区块水体环境调查与研究”任务(以下简称“ST05 区块”),调查区域位于南起台湾海峡 26°N、北至杭州湾 30°N 的东海海域,调查面积近 20 万 km²。自 2006 年 7 月至 2007 年 10 月,国家海洋局东海分局历时两年对 ST05 区块海域进行了四季调查,这是我国在该海区历次调查中,范围最广、内容最为丰富的一次。本书就是以此调查资料为基础撰写完成的。

本书研究区域包括浙江及福建北部海域,资料丰富,且图文并茂、立论正确,并具有一定的前瞻性。首次大尺度开展了该海域海洋大气、微小型浮游生物、微型浮游生物的调查工作,总结归纳了其分布和变化规律,可为今后开展同类研究工作提供基础资料。基于本次调查结果,结合前人研究结论,从流场特征和生态环境特征两方面对该海域区域海洋学特征予以总结归纳。同时从大气物质干沉降通量、低氧区分布、束毛藻分布与全球气候变化、人类扰动对潮间带生物影响等方面进行了初步探讨。这些可为海洋环境综合评价、海洋防灾减灾、海洋管理和环境保护提供科学依据,而且在学术上具有一定意义,为今后海洋科研及教学提供参考资料。

ST05 区块水体环境调查项目是在国家海洋局东海分局和东海分局“908 专项”办公室的精心领导组织下,在中国海监第四支队、第五支队的支持下,经项目组全体同志的共

同努力,历时4年时间顺利完成。在此,我们对为ST05区块水体环境调查项目顺利完成做出贡献和支持的单位、领导以及同仁表示由衷的感谢!

由于时间、人力及水平有限,书中难免有不足和错误之处,恳请斧正。

编 者

2013年3月 上海

目 录

序

前言

第1章 绪论..... 1

1.1 项目背景及意义..... 1

1.2 调查研究区域..... 1

1.2.1 区域位置..... 1

1.2.2 区域概况..... 2

1.3 调查研究内容及方法..... 3

1.3.1 调查研究内容..... 4

1.3.2 调查研究方法..... 4

第2章 海洋气象..... 10

2.1 气候特征..... 11

2.1.1 气温..... 11

2.1.2 气压..... 12

2.1.3 相对湿度..... 13

2.1.4 风..... 15

2.1.5 云..... 20

2.1.6 能见度..... 22

2.1.7 天气现象..... 22

2.2 灾害型天气系统..... 23

2.2.1 热带气旋..... 23

2.2.2 冷空气(寒潮)..... 24

2.2.3 温带气旋..... 25

2.2.4 副热带高压..... 25

2.3 小结..... 26

2.3.1	气候特征	26
2.3.2	灾害型天气系统	27
第3章 海洋水文		28
3.1	潮汐	29
3.1.1	潮汐类型	29
3.1.2	最大可能潮差	30
3.2	海流	31
3.2.1	潮流	35
3.2.2	余流	38
3.3	海浪	43
3.3.1	波高和周期	45
3.3.2	波向	45
3.4	温盐密和声速	46
3.4.1	温度	46
3.4.2	盐度	50
3.4.3	密度	54
3.4.4	声速	58
3.5	悬浮物	63
3.5.1	平面分布	64
3.5.2	垂直分布	65
3.6	透明度、水色及海发光	66
3.6.1	透明度	66
3.6.2	水色	67
3.6.3	海发光	68
3.7	小结	69
第4章 大气化学及海气通量		70
4.1	化学要素的含量水平及分布特征	70
4.1.1	气体	70
4.1.2	大气总悬浮颗粒物	79
4.1.3	大气悬浮颗粒物中的总碳	80
4.1.4	大气悬浮颗粒物中氮、硫、磷的化合物	80
4.1.5	大气悬浮颗粒物中的金属离子	82
4.2	海水中二氧化碳体系及海气交换通量	85

4.2.1	海水二氧化碳体系计算模式	86
4.2.2	海水二氧化碳各分量	86
4.2.3	海气交换通量估算	87
4.2.4	结论	88
4.3	大气物质来源分析	88
4.3.1	金属元素来源分析	88
4.3.2	应用主成分分析法判断大气物质来源	91
4.3.3	结论	94
4.4	小结	94
第5章 海水化学		96
5.1	化学基本要素	96
5.1.1	溶解氧	96
5.1.2	pH	100
5.1.3	总碱度	102
5.2	营养盐	104
5.2.1	硝酸盐	105
5.2.2	亚硝酸盐	108
5.2.3	铵盐	111
5.2.4	溶解态无机氮	113
5.2.5	溶解态氮	116
5.2.6	总氮	118
5.2.7	活性磷酸盐	121
5.2.8	溶解态磷	124
5.2.9	总磷	127
5.2.10	活性硅酸盐	130
5.3	有机物	132
5.3.1	总有机碳	133
5.3.2	石油类	135
5.4	重金属	136
5.4.1	汞	136
5.4.2	铜	137
5.4.3	铅	139
5.4.4	镉	139
5.4.5	砷	141

5.4.6 锌	142
5.4.7 总铬	142
5.5 海水质量评价	143
5.6 海水营养盐组成及结构	152
5.6.1 溶解态无机氮的组成	152
5.6.2 生源要素结构特征	153
5.7 小结	156

第6章 沉积化学 157

6.1 沉积化学要素的含量水平及分布特征	157
6.1.1 沉积环境	158
6.1.2 有机污染	159
6.1.3 营养盐	160
6.1.4 重金属	161
6.2 沉积物质量评价	164
6.2.1 单因子污染指数法	164
6.2.2 生态风险指数法	164
6.3 沉积物中生源要素与重金属元素来源分析	167
6.3.1 生源要素(氮、磷)的来源分析	167
6.3.2 重金属元素来源分析	168
6.3.3 结论	169
6.4 沉积物中镉的分布特征及主要影响因素	169
6.4.1 表层沉积物中镉的含量及分布	169
6.4.2 主要影响因素分析	170
6.4.3 结论	172
6.5 小结	172

第7章 微生物 173

7.1 细菌	173
7.1.1 海水中细菌	173
7.1.2 沉积物中细菌	176
7.2 放线菌	178
7.2.1 海水中放线菌	178
7.2.2 沉积物中放线菌	182

7.3 真菌	183
7.3.1 海水中真菌	183
7.3.2 沉积物中真菌	187
7.4 异养细菌	188
7.4.1 水平分布	188
7.4.2 垂直分布	192
7.4.3 季节变化	192
7.5 病毒	192
7.5.1 水平分布	192
7.5.2 垂直分布	196
7.5.3 季节变化	196
7.6 微生物多样性	197
7.6.1 类群组成分析	197
7.6.2 异养细菌分布特征	197
7.6.3 微生物物种多样性	198
7.7 小结	201

第8章 叶绿素 a 与浮游植物 203

8.1 叶绿素 a	203
8.2 微微型浮游生物	210
8.2.1 聚球藻	210
8.2.2 微微型光合真核生物	216
8.3 微型浮游生物	220
8.3.1 种类组成	220
8.3.2 细胞数量	221
8.4 小型浮游生物	225
8.4.1 种类组成	225
8.4.2 细胞数量	226
8.4.3 主要赤潮生物种类	227
8.5 浙江海域隐藻两新记录种	228
8.5.1 形态特征	229
8.5.2 数量分布	230
8.5.3 环境适应性分析	231
8.6 小结	232

第9章 浮游动物 233

9.1 中型浮游动物	233
9.1.1 种类组成	233
9.1.2 栖息密度	234
9.1.3 生物量	236
9.2 大型浮游动物	238
9.2.1 种类组成	238
9.2.2 栖息密度	239
9.2.3 生物量	241
9.2.4 主要类群	242
9.3 鱼类浮游生物	252
9.3.1 种类组成与数量分布	252
9.3.2 季节变化	253
9.4 浮游动物多样性评价	255
9.4.1 生态类型	255
9.4.2 物种多样性	256
9.4.3 趋势变化	258
9.5 小结	259

第10章 底栖生物 260

10.1 大型底栖生物	260
10.1.1 物种组成	260
10.1.2 栖息密度	261
10.1.3 生物量	263
10.1.4 群落结构	265
10.2 潮间带生物	268
10.2.1 物种组成	268
10.2.2 栖息密度	269
10.2.3 生物量	273
10.3 污损生物	276
10.3.1 物种组成	276
10.3.2 数量组成	276
10.3.3 优势种生态特点	283

10.3.4 与环境因子关系	284
10.4 大型底栖生物多样性趋势性变化	285
10.4.1 物种趋势性变化	285
10.4.2 生物量趋势性变化	286
10.4.3 本区底栖生物在中国海的地位	287
10.5 小结	287

第 11 章 游泳动物..... 289

11.1 物种组成	289
11.2 生物学状况	291
11.3 资源密度	293
11.3.1 总资源密度	293
11.3.2 鱼类	295
11.3.3 甲壳类	297
11.3.4 头足类	299
11.4 渔业资源评估	302
11.4.1 鱼类资源	302
11.4.2 甲壳类资源	302
11.4.3 头足类资源	303
11.5 主要经济鱼种资源现状评价——以带鱼为例	303
11.5.1 数量分布	303
11.5.2 季节变化	304
11.5.3 生物学特征	304
11.5.4 资源评估	305
11.6 小结	306

第 12 章 区域海洋学特征 307

12.1 区域流场特征	307
12.1.1 潮汐潮流特征	307
12.1.2 环流特征	308
12.1.3 上升流特征	308
12.2 区域生态环境特征	310
12.2.1 近岸水体富营养	310
12.2.2 赤潮灾害频发	311

12.2.3 上升流区域叶绿素 a 分布特征	313
------------------------------	-----

第 13 章 若干海洋科学问题讨论与研究 315

13.1 大气物质干沉降通量研究	315
13.1.1 干沉降通量的估算模式	315
13.1.2 营养盐干沉降通量	315
13.1.3 金属元素干沉降通量	317
13.1.4 结论	317
13.2 溶解氧低值区域分布特征及变化趋势研究	318
13.2.1 夏季溶解氧低值区的变化及影响因素分析	318
13.2.2 秋季溶解氧低值区的分布及主要影响因素	319
13.2.3 结论	321
13.3 束毛藻的分布对全球气候变化的响应	322
13.3.1 物种分布	322
13.3.2 暖流指示种的代表性	323
13.3.3 分布对全球变暖的响应	323
13.3.4 指示气候变化	325
13.4 人类扰动对潮间带生物的影响——以象山港为例	325
13.4.1 ABC 曲线分析	325
13.4.2 多样性指数分析	327
13.4.3 扰动评价	327

参考文献 329

附录 334

附录 1 微生物克隆文库(OTU)	334
附录 2 微型浮游生物	337
附录 3 小型浮游生物	341
附录 4 浮游动物	351
附录 5 鱼类浮游生物	361
附录 6 大型底栖生物	365
附录 7 潮间带生物	375
附录 8 污损生物	382
附录 9 游泳动物	384
附录 10 《浙江及福建北部海域环境调查与研究》项目人员表	388



绪 论

1.1 项目背景及意义

海洋基础调查是正确认识海洋、合理开发利用海洋和有效地管理与保护海洋的基础性工作。我国海洋调查大大落后于发达国家,现有近海海洋基础资料时空密度小,准确度低,大部分是约 20 年前的,已基本不能反映当前海洋状况,远远不能满足“实施海洋开发”战略的需求。

近海作为海洋水产资源、矿产资源、盐业资源、交通资源、海洋能源和旅游资源等最集中、开发活动最密集、开发效益最大的区域,既是海洋灾害频发、受灾情况最严重和全球气候变化与开发活动影响最大、最直接的海域,也是国土安全的海上门户以及远海、大洋资源开发利用的基地和桥梁,更是海洋环境和资源破坏最重、开发问题最多、海洋管理和保护最繁重、最复杂的海域。因此,全面系统地掌握近海海洋环境、海洋资源、海洋灾害、海洋国土和海洋开发利用的准确基础数据,是实施近海海洋环境综合评价和构建“数字海洋”信息基础框架的首要任务和主要目标,这对于正确地制定海洋开发规划与计划,有序有度地开发利用海洋资源,保持海洋的可持续利用能力,保证海洋经济建设健康发展,加强海洋国防建设,提高海洋防灾减灾能力,切实保护好海洋环境,全面实施海洋综合管理等,均具有重要作用和深远意义,必将对“实施海洋开发”战略、实现“全面建设小康社会”做出重要贡献。

“实施海洋开发”战略,实施《全国海洋经济发展规划纲要》,是党的“十六大”为实现“全面建设小康社会,加快推进社会主义现代化目标”提出的部署。2003 年 9 月,“我国近海海洋综合调查与评价”——针对我国近海海域综合调查程度和基本状况认识度较低的现状开展的专项,获国务院批准立项。2006 年,由国家海洋局组织,海上调查全面开展,整个任务由北向南分为 9 个区块,准同步开展。

其中,ST05 区块,暨浙江和福建北部海域(本书该区域描述均以“ST05 区块海域”表示)水体环境调查与研究任务由国家海洋局东海分局承担,负责海上调查的组织实施。

1.2 调查研究区域

1.2.1 区域位置

东海位于中国岸线中部的东方,是西太平洋的一个边缘海。东海西有广阔的大陆架,

东有深海槽,故兼有浅海和深海的特征。ST05 区块位属东海海域,在我国陆架最宽的东海西南部,处于 150 m 等深线以西的东海大陆架上。北界,与 30°N 纬线接壤;南界,抵达 26°N 附近;东界,靠近东海黑潮表层流轴,并且走向大致和表层流轴平行(图 1.1),具体拐点坐标见表 1.1。

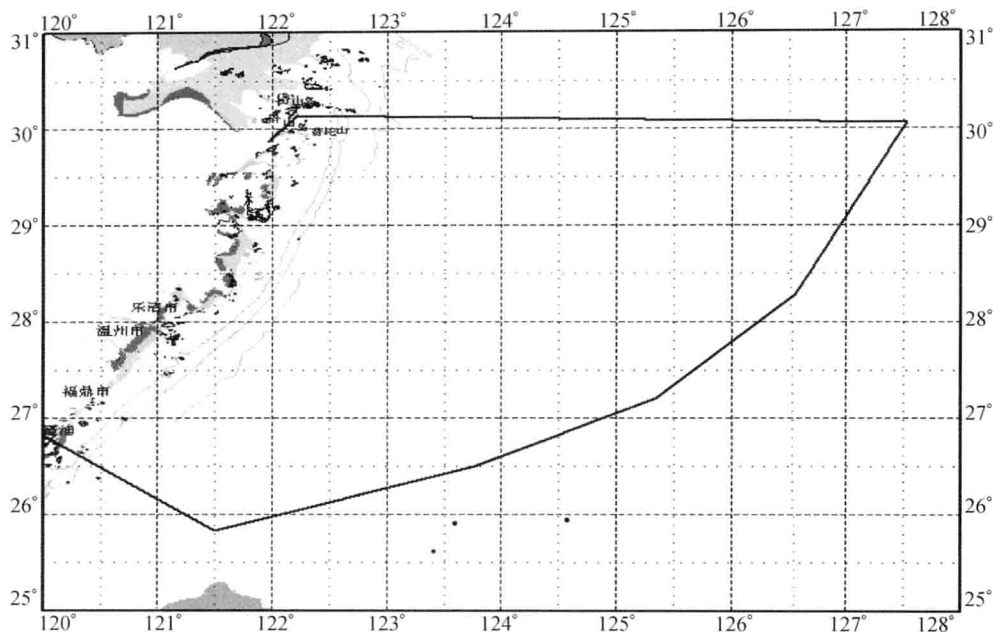


图 1.1 ST05 区块海域调查与研究范围示意图

表 1.1 ST05 调查区块拐点坐标

序号	东经/(°)	北纬/(°)	序号	东经/(°)	北纬/(°)
1	121.96	29.86	5	125.34	27.21
2	122.22	30.13	6	123.76	26.50
3	127.52	30.06	7	121.50	25.83
4	126.56	28.28	8	120.00	26.82

1.2.2 区域概况

1) 海洋气象

ST05 区块海域纵跨温带和副热带,在大陆、大洋、大气三方面的作用下,气候复杂。影响它的主要天气系统有热带气旋、寒潮和冷空气、副热带高压和温带气旋等。夏季气温为 26~29℃,南北差别不大。冬季则不然,冷气团南下之后,从海洋获得热能而变性,气温明显升高,致使区块的南北气温差异达 14℃。正因为如此,气温年变幅北部海域可达 20℃,南部则仅 10℃左右。

年降水量,东、西两侧有明显的差别,西侧平均 1 000 mm 左右,东侧可达 2 200 mm 以上。

该区域常有海雾,雾期以春、夏两季,尤以 4~5 月居多。ST05 区块海域西部为多雾