



高等院校海洋专业规划教材

海洋调查方法

Methods of Oceanographic Survey

侍茂崇 | 主编

李培良 | 副主编



海洋出版社



高等院校海洋专业规划教材

海洋调查方法

Methods of Oceanographic Survey

侍茂崇 | 主编

李培良 | 副主编



海洋出版社

2018年·北京

内 容 简 介

海洋调查是海洋科学的实证之始,本书作为海洋科学专业教材,从海洋观测平台、海洋水文调查、海洋气象观测、海洋生物调查、海洋地质地球物理调查、海洋化学调查、海洋物理调查、极地调查等方面系统介绍了海洋调查的基本内容。

主要内容:本书共分13章,从海洋调查的基本内容、分类和发展史等讲起,重点介绍海洋调查所涉及的水文、气象、生物、地质地球物理、化学、物理、极地等调查内容,并在此基础上探讨海洋调查规划与数据分析及其应用,包括实际调查案例分析等。

本书特色:本书结构安排合理,内容叙述详略得当,语言通俗易懂;编写团队权威,由海洋科学领域的知名专家领衔,集合海洋科学领域众多专家共同编写成书。

适用范围:本书作为海洋科学专业教材,主要面向高等院校海洋科学、海洋技术、海洋资源与环境等相关专业的本科生,同时也可供从事海洋科学研究的相关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

海洋调查方法 / 侍茂崇主编. — 北京: 海洋出版社, 2018.3

ISBN 978-7-5210-0031-3

I. ①海… II. ①侍… III. ①海洋调查—调查方法 IV. ①P714

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第018271号

责任编辑: 郑跟娣

责任印制: 赵麟苏

出版发行: 海洋出版社

网 址: www.oceanpress.com.cn

地 址: 北京市海淀区大慧寺路8号

邮 编: 100081

开 本: 787mm×1092mm 1/16

字 数: 480千字

发 行 部: 010-62132549 010-68038093

总 编 室: 010-62114335

编 辑 室: 010-62100961

承 印: 北京朝阳印刷厂有限责任公司

版 次: 2018年3月第1版

印 次: 2018年3月第1次印刷

印 张: 24.75

定 价: 68.00元

本书如有印、装质量问题可与本社发行部联系调换

本社教材出版中心诚征教材选题及优秀作者, 邮件发至 hyjccb@sina.com



侍茂崇

中国海洋大学教授，主要从事物理海洋学教学和研究工作。曾先后担任《中国大百科全书》（第一版）特邀编辑、《中国海洋年鉴》编委、中国海洋学会副秘书长、中国太平洋学会理事、广西海洋开发顾问、海南海洋开发设计研究院总工程师、南海海洋调查研究中心总工程师、国家海洋局第二海洋研究所兼职教授、国际海洋遥感学会理事、中国海洋学会科普部主任、中国标准化委员会委员、南极学术委员会委员、中国海洋大学系主任等。曾享受国务院特殊津贴，山东省“科技兴鲁”金质奖章获得者。发表科学论文100余篇，多次获得省、部级优秀论文成果奖。

著有《海洋调查方法》《海洋调查方法导论》《物理海洋学》等学术著作；翻译《物理海洋学导论》《海洋锋》《海洋与环境》等译著；此外，作为科普作家，著有《海洋史话》《海洋资源》《沧海桑田》《化石鱼追踪记》《蔚蓝色的涌动》《话说海洋动力资源》《赫崇本传》《浪里也风流》等科普著作。



高等院校海洋专业规划教材

指导委员会成员单位

(排名不分先后)

中国海洋大学

同济大学

浙江大学

厦门大学

河海大学

宁波大学

中国地质大学

大连海事大学

大连海洋大学

上海海洋大学

南京信息工程大学

浙江海洋大学

广东海洋大学



高等院校海洋专业规划教材 审定委员会

主 任: 潘德炉

副主任: 吴立新 焦念志

委 员 (按姓氏笔画排序):

司玉琢 严小军 苏 新 连 璁 何宜军 张日向
陈 鹰 赵美训 贾 宇 高 抒 黄硕琳 常亚青
简纪常 翦知湣

《海洋调查方法》编写委员会

主 编: 侍茂崇

副主编: 李培良

参加编写者 (按姓氏笔画排序):

刘子洲 李 娜 李 博 何 洁 姜 涛



序 言

从太空俯瞰地球，蔚蓝色的海洋装扮着我们这个美丽的星球。海洋作为地球生命的重要支撑系统，孕育了生命，成就了人类。海洋之于我们人类，是潜力巨大的资源宝库，是生存和发展的战略空间，也是竞争与合作的重要舞台。党的十八大报告提出，提高海洋资源开发能力，发展海洋经济，保护海洋生态环境，坚决维护国家海洋权益，建设海洋强国。习近平总书记在主持中共中央政治局第八次集体学习时强调指出，海洋在国家经济发展格局和对外开放中的作用更加重要，在维护国家主权、安全、发展利益中的地位更加突出，在国家生态文明建设中的角色更加显著，在国际政治、经济、军事、科技竞争中的战略地位也明显上升。要进一步关心海洋、认识海洋、经略海洋，推动我国海洋强国建设不断取得新成就。

建设海洋强国和实施“一带一路”倡议，需要规模宏大、素质优良的海洋人才队伍，这是发展海洋事业的基础，也是建设海洋强国和实施“一带一路”的根本保证。高等院校是我国高层次海洋人才培养的摇篮，在海洋人才队伍建设中的作用至关重要。为组织汇聚海洋教育力量，提升海洋教育水平，促进海洋学科建设，国家海洋局自2010年开始，先后与教育部、地方政府共建了北京大学、清华大学等31所重点涉海院校，支持涉海高校及其涉海院系的建设和发展，充分发挥涉海高校在海洋人才培养方面的基础性作用。共建工作得到了中央领导同志专门批示，对推动我国海洋教育发展，促进海洋人才培养，加快海洋人才队伍建设，深化海洋领域产学研合作，发挥了重要作用。

发展海洋高等教育，教材编制是基础工作。高等学校教材既是体现教学内容和教学方法的知识载体，也是深化教学改革、提高教学质量的重要保证。

同时，又是学校教学、科研水平及其成果的重要反映，是国家科学、文化和技术发展水平的标志之一。编制出版优质的海洋教材，对发展我国海洋高等教育事业及促进海洋人才培养有着重要的作用和意义。为此，我们专门组织共建高校和专家学者召开了高校海洋教材建设座谈会，并根据专家学者的建议，确定了组织、优选有关高校发挥各自所长，由院士、著名教授领衔，老中青相结合编制教材和引进、翻译出版国外经典教材的高校海洋教材建设体系。

本套高等院校海洋专业规划教材是深入贯彻落实高校共建协议，充分发挥海洋行业部门指导涉海高校发展海洋教育、加快海洋人才培养而推动开展的一项重要海洋教育任务。

编制教材工作自 2014 年 10 月启动以来，国家海洋局、教育部、中国科学院等系统的海洋科学领域的一大批院士、知名学者，历时 3 年之久编写了这套高水平海洋教材。为使本套教材更好地为海洋人才战略需求和海洋教育服务，更符合海洋教育课程标准和教学体系，更贴近本科教学实际，更适合本科学生使用，我们在编写队伍组建、大纲编写、书稿撰写等阶段提出具体要求，指导教材编写工作顺利实施。每本教材都由海洋领域的院士、知名专家牵头，成员包含研究院所、高校一线教师等，使得每本教材的编写水平起点高，既能反映用人单位的人才知识需求导向，又能紧密契合学校课堂教学实际需求。在书稿编写工作实施前，由各主编首先编制编写大纲，我们组织专家对大纲评审。大纲评审通过后，主编严格依照评审大纲组织团队编写。书稿编写完成后，又邀请该领域的专家、一线授课教师、部分学生代表对书稿进行试读，将试读建议及时反馈给各位主编，供各位主编修改完善书稿。在严格、规范的要求下，这套教材终于顺利出版、服务海洋教育了。

引进出版国外经典海洋教材的工作也在有条不紊地开展。我们相信，在社会各界的大力支持下，这套高等院校海洋专业规划教材将发挥越来越重要的作用。

高等院校海洋专业规划教材

指导委员会

2017 年 3 月



前言

科学是实证的，也就是说科学发端于实验和观测，得到理论和预言，再通过实验和观测检验这些预言。海洋调查是海洋科学的实证之始，海洋调查方法是指导海洋调查科学实施的理论体系，是海洋科学理论发展的源泉和检验理论真伪的标准。

1872—1876年，英国海洋调查船“挑战者”号所进行的全球大洋调查，将人类研究海洋的进程推进到新的时代。历经140多年的实践，海洋调查已经从原始的、粗糙的、平面式实施方法，向高技术、精细化、立体化、多学科交叉的方向发展，开创了海洋科学发展的新局面。为解决全球气候变暖，研究海洋环境演变规律，探索海洋资源形成机制、开发与保护起到了举足轻重的作用。

海洋科学是以实践作为第一性的科学，里程碑式的重大发现都是和前期的海洋调查密切相关的。例如，“阿尔文”号载人深潜器的水下探索，发现一种全新生态系；大洋底地磁和热流测量，导致板块构造理论问世；微体古生物的测量，导致地球古气候重建；大洋钻探导致海洋灾变论产生！凡此种种，都清楚表明，海洋调查是通向海洋科学殿堂的必由之路，任何对海洋调查的轻视都会导致研究萎缩和固步自封。

本书共13章，分别为导言；海洋观测平台；温度、盐度、水色、透明度和海发光观测；海浪、潮汐和海流观测；海冰观测；海洋气象观测；海洋生物调查；海洋地质地球物理调查；海洋化学调查；海洋物理调查；极地调查；海洋调查规划与数据分析；调查案例分析。这是一个比较科学和严谨的结构，其中海洋水文调查是海洋调查中一个非常重要的内容，发生在海洋中的许多自然现象和运动过程往往与海水的物理性质密切相关。海洋水文调查主要包括水温、盐度、潮汐、海流、波浪、海水透明度与海冰等，本书安排三个章节对海洋水文

调查的内容进行介绍;海洋气象观测是海洋气象灾害监测的重要手段,该章主要介绍常规海洋气象观测项目(空气温度、湿度、气压、风、能见度、辐照度、日照、天气现象与云)、海气边界层及高空温度、湿度、气压和高空风的观测方法、应用的主要设备等;海洋生物调查主要介绍海洋微生物、海洋浮游生物、海洋游泳生物、海洋底栖生物调查以及叶绿素 a、初级生产力的测定等;海洋化学调查则主要介绍营养盐和总磷、总氮、油类、重金属、悬浮物等的监测技术以及化学传感器集成系统测量技术;海洋地质地球物理调查主要介绍海底地形地貌测量、海底浅层结构探测、海底热流与海洋重力、磁力测量的方法和仪器设备等;海洋物理调查主要介绍水声传播特性、海洋环境噪声、海洋混响特性及底质声学特性的理论、方法和应用实例,海洋光学特性和常见的光学特性调查技术。极地调查是正在兴起的、一项方兴未艾的事业,我国海洋科学工作者为此做出了重要贡献。最后两章“海洋调查规划与数据分析”“调查案例分析”,则是从实践角度为科学家和研究者提供参考知识。

作者编写本书的目的,在于传播海洋调查的基本知识。既培养直接从事海洋调查的技术人员,又能以此为基础,使他们成为海洋研究的专家。因此,本书在介绍海洋调查仪器的同时,又重点介绍海洋调查仪器的正确使用方法;在介绍各种海洋调查方法的同时,又重点介绍正确的站位设置及有效的协调和组织;既介绍常规的资料处理方法,又对一些计算中最容易忽视的问题,作出详细的解释。为了提高海洋调查者的决策科学性,又专门增加一章有关调查案例的分析。

全书各章编写分工如下:第 1 章至第 6 章,第 11 章至第 13 章由中国海洋大学侍茂崇、李培良编写;第 7 章由上海海洋大学李娜编写;第 8 章由中国地质大学(武汉)姜涛编写;第 9 章由大连海洋大学何洁编写;第 10 章由浙江海洋大学李博编写,全书由侍茂崇教授统稿,刘子洲对书稿进行整合和校对。海洋出版社的郑跟娣编辑也对本书的编写工作给予了很大帮助,在此一并表示感谢。

本书可供海洋科学专业学生选作教材之用,也可供从事海洋科学工作的中高级技术人员阅读。由于海洋调查方法与时俱进,发展迅速,加之作者水平所限,错误、落伍与不当之处在所难免,请读者给予批评指正。

编 者

2017 年 10 月

高等院校海洋专业规划教材

物理海洋学	吴立新	主编
海洋生态学	焦念志	主编
海洋生物学	柯才焕	主编
海洋地质学	刘传联	主编
化学海洋学	陈 敏	主编
海洋调查方法	侍茂崇	主编
海洋资源概论	解习农	主编
海洋基础知识	高 抒	主编
海洋遥感基础及应用	潘德炉	主编
海洋技术基础	陈 鹰	主编
海洋法学	薛桂芳	主编
海商法	单红军	主编



目 录

第 1 章 导 言



1.1 海洋调查的基本内容.....	2
1.1.1 海洋水文调查.....	2
1.1.2 海洋气象调查.....	2
1.1.3 海洋声学调查.....	3
1.1.4 海洋光学调查.....	3
1.1.5 海洋生物调查.....	3
1.1.6 海洋化学调查.....	4
1.1.7 海洋地质调查.....	4
1.1.8 其他要素调查.....	5
1.2 海洋调查施测方法.....	5
1.2.1 定点观测.....	5
1.2.2 动态观测.....	5
1.2.3 船只观测.....	6
1.3 海洋调查发展史.....	7
1.3.1 19 世纪之前的海洋活动——航海与认知.....	7
1.3.2 19 世纪到 20 世纪 50 年代——科学调查时期.....	10
1.3.3 20 世纪 50 年代之后的海洋调查进展.....	12
1.4 小结.....	20
思考题.....	21
参考文献.....	21

第 2 章 海洋观测平台

2.1 固定观测平台	24
2.1.1 岸基海洋台站	24
2.1.2 离岸观测平台	25
2.1.3 存在的问题	26
2.2 船基观测平台	29
2.2.1 专用调查船	29
2.2.2 随机观测船	32
2.3 浮标和潜标	33
2.3.1 专用型浮标	33
2.3.2 潜式锚系浮标	39
2.3.3 漂流浮标	41
2.3.4 浮标发展趋势	43
2.4 潜水器及其他观测平台	45
2.4.1 潜水器	45
2.4.2 其他观测平台	49
2.5 航空、航天观测平台	51
2.5.1 航空遥感观测	51
2.5.2 卫星遥感观测	53
2.6 海床基海洋观测平台	55
2.6.1 海王星计划	55
2.6.2 日本地震观测网	56
2.6.3 发展趋势和面临的挑战	57
2.7 立体化观测	58
2.7.1 全球观测系统现状	58
2.7.2 全球观测系统组成	60
2.8 小结	61
思考题	61
参考文献	62

第 3 章 海洋水文观测（温度、盐度、水色等）

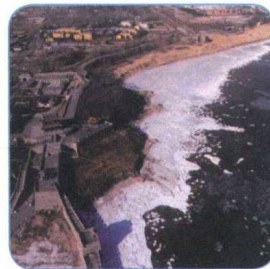
3.1 水温观测	65
----------	----



3.1.1 水温观测要求	65
3.1.2 水温观测仪器	66
3.1.3 遥感	69
3.2 盐度观测	71
3.2.1 盐度的定义和演变	71
3.2.2 盐度的测量	73
3.2.3 光电法盐度检测原理	75
3.2.4 遥感观测	76
3.3 水色、透明度和海发光	78
3.3.1 水色的定义	78
3.3.2 透明度与水色观测	80
3.3.3 海发光	84
3.4 小结	85
思考题	85
参考文献	85

第 4 章 海洋水文观测（海浪、潮汐、海流）

4.1 海浪与内波观测	88
4.1.1 人工观测法	88
4.1.2 仪器测量法	93
4.1.3 遥感反演测波	98
4.1.4 波浪观测方法特点对比	102
4.1.5 内波观测	103
4.2 潮位观测	105
4.2.1 潮位观测中的基本知识	105
4.2.2 水尺验潮	111
4.2.3 井式验潮	112
4.2.4 压力验潮仪	115
4.2.5 声学式验潮仪	119
4.2.6 卫星遥感观测	121
4.2.7 水准联测的必要性	123
4.3 海流观测	125
4.3.1 潮流和常流	125



4.3.2 海流观测仪器——海流计..... 126

4.3.3 高频地波雷达测流 131

4.3.4 遥感测流 135

4.3.5 船基测流 136

4.3.6 浮标测流 137

4.3.7 海流观测中误差的避免 138

4.3.8 海流观测中的计算问题 142

4.4 小结..... 150

思考题..... 151

参考文献..... 151

第 5 章 海洋水文观测（海冰）

5.1 海冰概况..... 154

5.1.1 海水结冰与盐度的关系 154

5.1.2 海冰的类型、冰期 155

5.2 海冰观测内容..... 157

5.2.1 冰量和浮冰密集度观测 157

5.2.2 冰型观测 158

5.2.3 冰状观测 161

5.2.4 浮冰运动参数及固定冰堆积状况、范围和厚度观测 164

5.2.5 海冰遥感 166

5.3 小结..... 167

思考题..... 167

参考文献..... 168

第 6 章 海洋气象观测

6.1 岸边台站观测..... 170

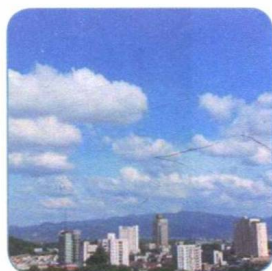
6.1.1 观测目的 170

6.1.2 观测次数和时间 171

6.1.3 能见度观测 171

6.1.4 气温和湿度观测 172

6.1.5 风的观测 174



6.1.6 气压的观测	174
6.2 船舶观测	175
6.2.1 观测方式	175
6.2.2 风速和风向观测	176
6.2.3 温度、湿度、气压与能见度观测	177
6.2.4 云的观测	178
6.2.5 天气现象的观测	180
6.2.6 自动气象站走航观测	181
6.2.7 船舶海洋水文气象辅助测报	184
6.3 大气边界层观测	185
6.3.1 大气边界层的特点	185
6.3.2 大气边界层观测	186
6.3.3 观测仪器	187
6.3.4 海气界面通量观测	191
6.3.5 大气波动现象观测	193
6.4 小结	193
思考题	194
参考文献	194

第 7 章 海洋生物调查

7.1 概述	196
7.1.1 调查目的和任务	196
7.1.2 调查内容	196
7.1.3 海洋生物调查的一般规定	197
7.2 叶绿素和初级生产力调查	198
7.2.1 叶绿素 a 调查	198
7.2.2 初级生产力调查	200
7.3 微生物调查	202
7.3.1 调查要素	202
7.3.2 样品采集	202
7.3.3 调查样品分析	203
7.4 浮游生物调查	207
7.4.1 微微型、微型和小型浮游生物	207
7.4.2 大、中型浮游生物	211

7.4.3 鱼类浮游生物	215
7.5 底栖生物调查	217
7.5.1 大型底栖生物	218
7.5.2 小型底栖生物	220
7.6 游泳生物调查	224
7.6.1 技术要求	225
7.6.2 样品采集	226
7.6.3 样品分析	227
7.6.4 资料整理	228
7.7 潮间带生物调查	229
7.7.1 技术要求	229
7.7.2 样品采集	230
7.7.3 样品分析	232
7.7.4 资料整理	233
7.8 污损生物调查	233
7.8.1 技术要求	234
7.8.2 样品采集	234
7.8.3 样品分析	236
7.8.4 资料整理	236
7.9 珊瑚礁调查	237
7.9.1 珊瑚及大型藻类调查方法	237
7.9.2 数据处理及报表	239
7.10 小结	239
思考题	240
参考文献	240

第 8 章 海洋地质地球物理调查

8.1 概述	242
8.1.1 海洋地质调查目的	242
8.1.2 海洋地质调查分类	243
8.2 海洋地质地球物理调查主要内容和方法	243
8.2.1 海底地形地貌调查	244
8.2.2 海洋底质调查	248
8.2.3 海洋重力调查	252

