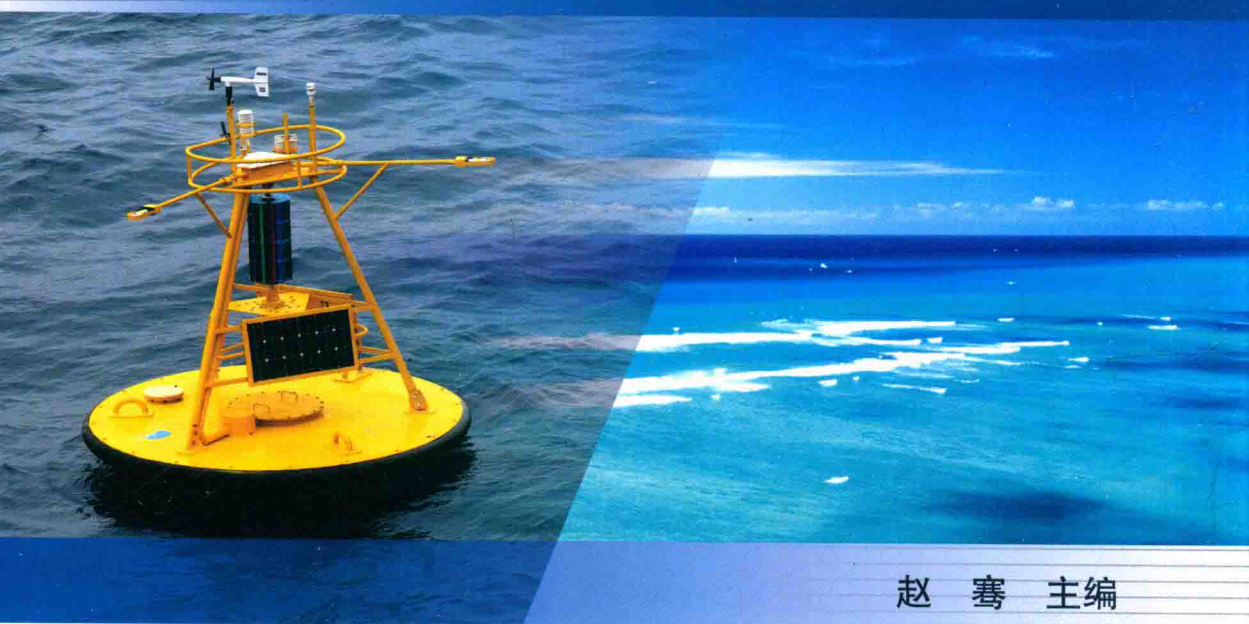


# 海洋生态环境 监测技术方法培训教材

## 动力分册



赵 骞 主编

海洋生态环境监测技术方法培训教材  
动力分册

赵 骞 主编

海洋出版社

2018年·北京

## 内 容 简 介

海洋动力过程监测是认知海洋的基础监测,可以摸清污染物在海水中的迁移、转化规律,本书作为海洋生态环境监测技术方法培训教材之一的动力分册,主要介绍海洋生态环境监测业务领域涉及的水动力要素的监测方法,包括水位(水深)、温度、盐度、透明度、水色、海发光、海流、海浪和海面风等内容。作者从每一类海洋要素的定义和研究意义出发,重点介绍了每一类海洋要素的测量原理与监测流程,并结合1~2种主流仪器产品介绍其现场使用方法,针对性强。

本书作为海洋生态环境监测技术方法培训教材,主要供海洋生态环境监测从业人员选用。

### 图书在版编目(CIP)数据

海洋生态环境监测技术方法培训教材. 动力分册/赵骞主编. —北京:海洋出版社, 2018. 9

ISBN 978-7-5210-0199-0

I. ①海… II. ①赵… III. ①海洋环境-生态环境-海洋监测-技术培训-教材②海洋动力学-技术培训-教材 IV. ①P71

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第219626号

责任编辑:郑跟娣 钱晓彬

发行部:010-62132549

责任印制:赵麟苏

总编室:010-62114335

出版发行:海洋出版社

编辑部:010-62100961

网 址: <http://www.oceanpress.com.cn>

承 印:北京朝阳印刷厂有限责任公司

网 址:北京市海淀区大慧寺路8号

版 次:2018年9月第1版

邮 编:100081

印 次:2018年9月第1次印刷

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:8.75

字 数:154千字

定 价:42.00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 [hjccb@sina.com](mailto:hjccb@sina.com)

## 编写委员会

主任：关道明

副主任：霍传林 韩庚辰 王菊英 张志锋

委员：王卫平 姚子伟 王震 樊景凤

李宏俊 陈伟斌 赵骞 赵建华

孟庆辉

# 序

海洋生态环境监测工作是海洋管理乃至整个海洋事业发展的重要基础性工作。从 20 世纪 70 年代初开始渤海和北黄海污染调查至今，我国海洋生态环境业务化监测工作已经走过了近半个世纪的历程，并先后开展了两次全国海洋污染基线调查。监测对象从最初的海洋污染要素发展到目前海洋环境和生态要素并重；监测手段从单一的船舶定点采样监测发展到浮标、卫星、雷达、飞机等综合技术运用的立体化监测和自动化监测，并注重水下滑翔机、水下机器人、无人船和无人机等高新技术的引入；监测范围也已覆盖我国全部管辖海域，并延伸至大洋和极地周边海域。

进入中国特色社会主义新时代以来，我国生态文明建设达到前所未有的高度，“绿水青山就是金山银山”的理念深入人心。当前，“坚决打好污染防治攻坚战，推动我国生态文明建设迈上新台阶”是海洋生态环境保护从业人员的首要任务。新发展理念和渤海综合治理攻坚战对海洋生态环境保护工作提出了更高的要求，全面系统地掌握海洋生态环境监测技术方法，是每个海洋生态环境监测从业人员的专业要求和事业目标。

海洋化学监测是评价海洋环境质量的基础，可以分析海洋污染状况和明确污染来源；海洋生物多样性监测是海洋生态监测的重要内容，可以评价生态系统健康状况；海洋动力过程监测是认知海洋的基础监测，可以摸清污染物在海水中的迁移、转化规律；海洋遥感监测是海洋生态环境宏观监测认知手段，可以解决常规监测方法不易解决的许多问题；海洋监测全过程质量保证与质量控制技术是海洋环境监测最基础性的管理和技术工作，能够确保海洋监测数据具有准确性、可靠性、可比性、完整性和公正性。



国家海洋环境监测中心组织编写的海洋生态环境监测技术方法培训教材，包括化学、生物、动力、遥感、质控5个分册，能够为海洋生态环境监测工作技术人员提供较为全面的辅导，有效推动新时期我国海洋生态环境监测工作的技术进步，服务建设监测技术本领高强的海洋生态环境保护铁军。化学分册包括海水样品的采集、处理和贮存方法，溶解气体、海水成分、耗氧物质、pH、碳循环参数、营养盐、重金属、石油类、持久性有机污染物、放射性核素的分析测定以及海洋环境在线监测技术等内容；生物分册包括海洋浮游植物、海洋浮游动物、大型底栖生物和游泳动物的概述、监测方法及分类鉴定特征等内容；动力分册包括海水水深、水温、水色、盐度以及海流、海浪、海面风监测等内容；遥感分册包括海洋遥感基础知识，海洋光学要素、海洋气溶胶、海洋水色水温、近岸海洋生态系统、入海排污扩散、赤潮绿潮、海上溢油以及海岸线的卫星遥感监测方法等内容；质控分册包括海洋监测的质控要求、数据处理方法、实验室质量控制要求、数据质量评估方法以及标准物质和实验室信息管理系统简介等内容。

在教材编写过程中得到了生态环境部海洋生态环境司（原国家海洋局生态环境保护司）相关领导的大力支持；中国海洋大学、上海海洋大学、大连海洋大学、辽宁省海洋水产科学研究院以及原国家海洋局海洋减灾中心、各海洋研究所和各海区环境监测中心有关专家学者对教材进行了技术审查，并提出了宝贵修改意见，在此谨表诚挚谢意。

海洋生态环境监测工作是海洋生态环境保护事业的基础，期待在我们这一代海洋生态环境保护工作者和全社会的共同努力下，未来的海洋能够海碧水清、鱼虾成群。

国家海洋环境监测中心

2018年9月

# 前 言

海洋动力过程包括潮汐、海流、波浪、内波、风暴潮、海冰等自然现象及与之密切相关的温度、盐度、透明度和海面气象等要素的时空变化。它们是海洋环境科学的基础，对海洋中化学物质、海洋生物、生态系统和底质环境的分布和演变具有重要影响，同时也时刻伴随在人类利用海洋、开发海洋的过程中。开展海洋动力过程监测与研究，对于我们深入认识海洋这一复杂系统，更好地开发利用海洋和保护海洋环境具有重要的意义。在海洋生态环境监测体系中，海洋动力过程监测属于常规性监测的范畴，主要任务是摸清管辖海域的水动力特征及其变化规律，为海域生态环境综合评价和治理提供基础数据、信息产品和决策依据。

《海洋生态环境监测技术方法培训教材——动力分册》是在国家海洋环境监测中心多年来海洋生态环境动力过程监测实践的基础上，参考国内外相关研究专著和技术规范编写而成。本书主要介绍在海洋生态环境监测业务领域涉及的水动力要素的监测方法，包括水位（水深）、温度、盐度、透明度、水色、海发光、海流、海浪和海面风等。在编写过程中，从每一类海洋动力要素的定义和研究意义出发，重点介绍海洋动力要素的测量原理与监测流程，并结合1~2种主流仪器产品介绍其现场测量方法，最后针对某些要素简要介绍其数据处理方法。

全书共8章，由赵骞、陈伟斌组织编写。其中，第1章和第5章由赵骞编写，第2章和第4章由陈元编写，第3章由赵骞、刘永青编写，第6章由胡展铭、赵骞编写，第7章由徐广鹏编写，第8章由刘永青编写。全书由赵骞统稿。

本书在编写过程中得到了中国海洋大学侍茂崇教授、吴克俭教



授、张学庆副教授和原国家海洋局北海预报中心王强高工的指导和帮助。在此，对他们及所有在本书编写过程中给予帮助的同志表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中缺点和错误在所难免，敬请读者批评指正。

编者

2018年5月



# 目 录

第1章 绪 论 .....	1
1.1 海洋生态环境监测概述 .....	1
1.2 海洋动力监测的一般性规定 .....	2
1.2.1 监测区域划分 .....	2
1.2.2 监测方式 .....	2
1.2.3 监测平台 .....	3
1.2.4 测站布设原则 .....	4
1.2.5 监测顺序 .....	4
1.2.6 监测基本程序 .....	4
1.2.7 测量误差及其分类 .....	5
1.2.8 精度、精密度、准确度和分辨率的含义 .....	7
思考题 .....	8
第2章 水深监测 .....	9
2.1 水深监测概述 .....	9
2.2 技术要求 .....	9
2.3 监测方法 .....	10
2.4 海图水深计算 .....	10
思考题 .....	12
第3章 近岸海水温度监测 .....	13
3.1 海水温度监测概述 .....	13
3.2 技术要求 .....	13
3.2.1 准确度要求 .....	14
3.2.2 时次与标准层次 .....	15
3.3 各式测温仪器简述 .....	16

3.3.1	液体温度计	16
3.3.2	电子温度计	16
3.3.3	温深系统	18
3.3.4	远距离海表温度遥感探测	20
3.4	表面温度计监测方法	21
3.5	温盐深剖面仪监测方法	22
3.5.1	监测准备	22
3.5.2	仪器投放	23
3.5.3	仪器回收	23
3.5.4	数据处理与质量控制	23
	思考题	24
<b>第4章</b>	<b>近岸海水盐度监测</b>	<b>25</b>
4.1	海水盐度监测概述	25
4.2	盐度的定义和演变	25
4.2.1	克纽森盐度公式	26
4.2.2	1969年电导盐度定义	27
4.2.3	1978年实用盐标	27
4.3	技术要求	28
4.4	测量方法	29
4.4.1	化学方法	29
4.4.2	物理方法	29
4.4.3	其他方法	30
4.5	利用现场温盐深仪测量盐度原理	30
4.6	监测流程	31
	思考题	32
<b>第5章</b>	<b>透明度、水色和海发光监测</b>	<b>33</b>
5.1	透明度、水色和海发光监测概述	33
5.2	技术要求	34
5.3	监测方法	35
5.3.1	透明度监测	35

5.3.2 水色监测 .....	36
5.3.3 海发光监测 .....	37
5.4 水色与透明度遥感 .....	37
思考题 .....	38
<b>第6章 近岸海域海流监测 .....</b>	<b>39</b>
6.1 潮流与海流 .....	39
6.2 技术要求 .....	41
6.3 主要测流仪器简介 .....	41
6.3.1 机械旋桨式海流计 .....	41
6.3.2 电磁感应式海流计 .....	43
6.3.3 声学海流计 .....	43
6.3.4 声学多普勒海流剖面仪 .....	43
6.3.5 漂流浮标 .....	44
6.4 ADCP 测量原理及应用 .....	44
6.4.1 声学多普勒测量原理 .....	44
6.4.2 声学多普勒原理在海流观测中的具体运用 .....	45
6.4.3 定义/名词解释 .....	47
6.5 海流监测前期准备 .....	52
6.5.1 环境背景 .....	52
6.5.2 站位布设 .....	56
6.5.3 仪器设置 .....	57
6.5.4 备件准备 .....	58
6.6 不同平台的海流监测过程 .....	60
6.6.1 海床基监测 .....	60
6.6.2 浮标监测 .....	63
6.6.3 船舶监测 .....	65
6.6.4 注意事项 .....	66
6.7 海流监测数据处理 .....	66
6.7.1 调和分析 .....	66
6.7.2 潮流椭圆要素计算 .....	67

6.7.3 潮流性质 .....	69
6.7.4 余流 .....	71
思考题 .....	72
<b>第7章 海浪监测</b> .....	<b>73</b>
7.1 海浪监测概述 .....	73
7.2 波浪特征 .....	74
7.2.1 波浪的基本要素 .....	74
7.2.2 波浪分类 .....	75
7.2.3 波浪统计特征 .....	76
7.3 观测内容与技术要求 .....	80
7.3.1 观测要素及其单位、准确度 .....	80
7.3.2 观测时次、时间长度与采样间隔 .....	80
7.3.3 观测地点选取 .....	81
7.4 测量手段的分类及概述 .....	81
7.4.1 人工测波 .....	82
7.4.2 仪器测波 .....	82
7.4.3 遥感反演测波 .....	87
7.4.4 观测方法的特点对比 .....	90
7.5 目测方法 .....	92
7.5.1 海况的观测和记录 .....	92
7.5.2 波型的观测和记录 .....	92
7.5.3 波向的观测和记录 .....	93
7.5.4 波高、周期的观测和记录 .....	93
7.5.5 波级的记录 .....	94
7.6 波浪浮标测波 .....	95
7.6.1 测量原理 .....	95
7.6.2 监测准备 .....	97
7.6.3 仪器设置 .....	98
7.6.4 监测实施 .....	99
7.6.5 数据记录与整理 .....	101

7.7 压力测波 .....	101
7.7.1 测量原理 .....	101
7.7.2 监测准备 .....	102
7.7.3 监测实施 .....	104
7.8 水下声学测波 .....	104
7.8.1 测量及计算方法 .....	104
7.8.2 注意事项 .....	105
7.9 波浪基本性质及要素算法 .....	105
7.9.1 海浪基本特性 .....	105
7.9.2 波浪运动特征 .....	107
7.9.3 谱与海浪要素的关系 .....	108
思考题 .....	110
<b>第8章 海面风监测</b> .....	<b>111</b>
8.1 海面风监测概述 .....	111
8.2 技术要求 .....	112
8.3 测风仪器简介 .....	114
8.3.1 风速风向传感器 .....	114
8.3.2 手持风速风向仪 .....	114
8.3.3 自动气象观测仪器 .....	117
8.4 监测流程 .....	117
8.4.1 仪器要求 .....	117
8.4.2 监测位置选择 .....	118
8.4.3 监测准备 .....	118
8.4.4 仪器安装 .....	119
8.4.5 监测实施 .....	119
8.4.6 仪器回收 .....	120
8.4.7 注意事项 .....	120
8.5 数据处理 .....	120
思考题 .....	122
<b>参考文献</b> .....	<b>123</b>

# 第 1 章 绪 论

本章首先对海洋生态环境监测的定义、目的和意义做介绍，在此基础上定义了海洋动力过程监测。然后，介绍海洋动力监测的一般性规定，包括监测区域划分、监测方式、仪器和设备的基本要求、测站布设原则和监测顺序、监测基本程序等。

## 1.1 海洋生态环境监测概述

海洋生态环境监测的涵盖面很广，它既包括传统的各种海洋自然现象观测，又包括近几十年来所进行的海洋环境污染监测或海洋环境质量监测。海洋环境监测的目的是及时、准确、可靠、全面地反映海洋环境质量和污染物来源的现状及发展趋势，为海洋环境保护和管理、海洋资源开发和利用及海洋生态文明建设提供科学依据。

海洋生态环境监测是海洋环境保护的“耳目”，海洋环境管理必须依靠海洋生态环境监测，这一点具体表现在以下三个方面：①及时、准确的海洋环境质量信息是确定海洋环境管理目标、进行海洋环境决策的重要依据，这些信息的获取要依靠监测，否则很难实现科学的目标管理；②海洋环境管理制度的贯彻执行要依靠环境监测，否则制度和措施将流于形式；③评价海洋环境管理和陆源污染治理效果必须依靠海洋环境监测，否则很难提高科学管理的水平。由此可见，海洋生态环境监测是海洋环境管理的重要支柱，海洋生态环境监测的这些重要作用决定了其在海洋环境保护事业中的基础性地位。

海洋生态环境监测与海洋调查的区别如下：海洋调查是指对某一特定海区的水文、气象、物理、化学、生物、底质分布情况和变化规律进行的调查，主



要目的是了解和掌握海洋自然环境的变化规律,趋利避害,为海洋的开发利用服务;而海洋生态环境监测则以了解和掌握人类活动对海洋环境的影响为主,保护海洋环境是其主要目的。

## 1.2 海洋动力监测的一般性规定

海洋动力过程监测属于海洋生态环境监测中的常规性监测范畴,其主要任务是掌握管辖海域的水动力特征及其变化规律,研究其与化学、生物要素分布以及海洋环境变化过程的内在联系,为海洋生态环境综合评价和治理提供基础数据、信息产品和决策依据。其主要监测对象为水位(水深)、温度、盐度、透明度、水色、海发光、海流、海浪和海面风等。

### 1.2.1 监测区域划分

海洋动力监测的海域可分成以下5类。

- (1) 海岸带(含滩涂):海陆之间相互作用的地带。
- (2) 近岸:离海岸线 12 n mile 以内的海域。
- (3) 近海:离海岸线 12~200 n mile 范围内的海域。
- (4) 远海:离海岸线 200 n mile 以外的海域。
- (5) 特殊海域:权益岛屿、争议岛屿、珊瑚礁等。

### 1.2.2 监测方式

根据监测任务的要求与客观条件的允许程度,海洋动力监测方式可选择下列方式中的一种或多种。

#### 1) 大面监测

大面监测,即在调查海区内布设的若干观测点上,进行海洋环境要素的同步观测或海洋现象时效性允许情况下的准同步观测,是海洋监测最常用的一种方式。对于海洋动力过程监测而言,该观测方式能获得动力过程发展变化的环境背景场信息,如温度、盐度、水色和透明度等。

#### 2) 连续监测

连续监测,即在调查海区有代表性的测点上,连续进行一段时间(通常是

25 h 以上)的海洋观测。连续监测常用于潮汐、海流、海浪等海洋动力要素的观测,并基于所获得的资料序列提取调和常数、海浪谱或内波谱等关键参数,是海洋动力过程最重要的一种观测方式。

### 3) 走航监测

走航监测,即根据预先设计的航线,使用单船或多船携带走航式传感器采集观测要素数据,如利用声学多普勒流速剖面仪(ADCP)走航测流,利用抛弃式仪器走航测水温、盐度等。

### 4) 同步监测

同步监测,即在调查海区若干站点上,同时进行相同海洋环境要素的观测,主要包括同步大面监测和同步连续观测两类。前者适用于研究区域较大、单船走航时间长且资料同步性差的情况;后者适用于研究区域空间差异性较大,需设置多个代表性站点进行监测的情况。

此外,有些文献还提到断面监测,即在调查海区一水平直线上设计多个观测点,由这些观测点的垂线所构成的面称为断面,在此断面之站点上进行的海洋观测称为断面观测。但从监测过程和特点而言,该方式与大面监测并无本质区别。

## 1.2.3 监测平台

海洋监测的实现必须将测量仪器搭载于监测平台,没有监测平台就不可能实现海洋监测,监测平台的特性决定了监测的方式和方法。例如,传统的船舶监测平台,可同时搭载监测人员和仪器实现走航和定点观测;浮标、潜标这类系留式平台实现的是海表层或海水中的定点观测;海床基平台实现的是海底的固定观测;现代大量涌现的移动式平台,包括拖曳式、自主式潜水器(AUV)、滑翔器、漂流浮标、剖面漂流浮标等,可实现自动或随动的水平扫描、垂直扫描或者任意形状扫描式的观测。

除了上述海基观测平台外,还有在沿岸或石油平台设站开展监测的岸基监测平台;基于飞机或无人机开展监测的航空监测平台以及基于卫星的航天监测平台。这些均是海基监测平台的有效补充,也是海洋动力环境监测不可或缺的平台。





### 1.2.4 测站布设原则

(1) 布设的测站在监测海区应具有代表性,使其所测得的水文要素数据能够反映该要素的分布特征和变化规律。

(2) 每一水文断面应不少于3个测站。同一断面上各测站的观测工作应在尽可能短的时间内完成。

(3) 相邻两测站的站距,应不大于所研究海洋过程空间尺度的一半。在所研究海洋过程的时间尺度内,每一测站的观测次数应不少于两次。如条件允许,应尽量缩小时、空观测间隔。

### 1.2.5 监测顺序

海洋动力过程监测一般按以下顺序进行。

(1) 监测前准备和检查仪器。

(2) 对于大面(或断面)监测,到站后首先测量水深;对于连续监测应在整点前测量水深。

(3) 监测水温、盐度。

(4) 监测海流,对于连续监测站,海流监测应尽可能在整点完成。

(5) 监测海浪、透明度、水色和海发光。

### 1.2.6 监测基本程序

监测各阶段的主要工作内容包括以下几个方面。

#### 1) 监测准备阶段

(1) 项目(课题)负责人根据项目合同要求,选择、确定合适的现场监测负责人,也可由项目负责人亲自担任现场监测负责人。

(2) 现场监测负责人收集、分析调查海区与调查任务有关的文献、资料,进行技术设计,编写监测计划并对监测计划进行充分论证。

(3) 现场监测负责人组织监测队伍,明确岗位责任;做好出海航次、出海仪器和后勤保障等资源配置;进行安全教育。

#### 2) 海上作业阶段

现场监测负责人根据监测计划,指挥监测队伍在预定站位开展监测,获取