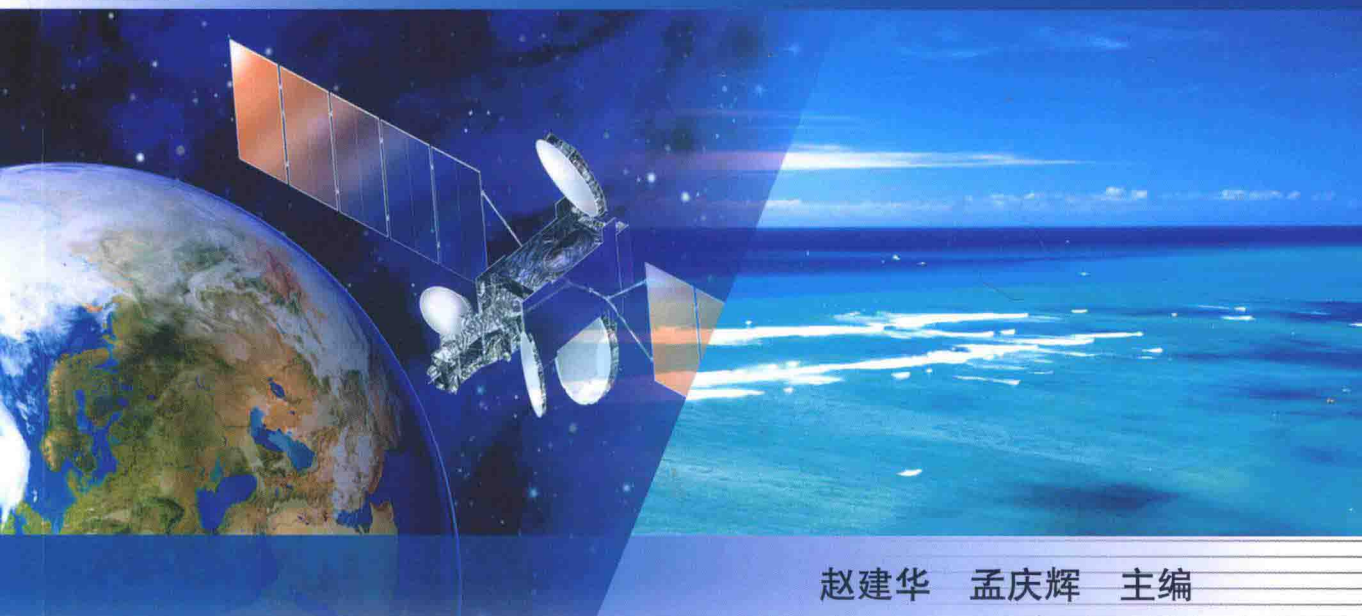


# 海洋生态环境 监测技术方法培训教材

## 遥感分册



赵建华 孟庆辉 主编

# 海洋生态环境监测技术方法培训教材

## 遥 感 分 册

赵建华 孟庆辉 主编

海洋出版社

2018年·北京

## 内 容 简 介

人们越来越重视海洋这个具有巨大开发利用潜力的重要领域,并采用各种手段对海洋进行监测、研究。本书作为海洋生态环境监测技术方法培训教材之一的遥感分册,主要介绍了海洋遥感基础知识、海阳光学要素测量、海洋气溶胶监测、海洋水色水温卫星遥感监测、近岸海洋生态系统遥感监测、入海排污口排污扩散范围遥感监测、赤(绿)潮卫星遥感监测、溢油遥感监测、海岸线卫星遥感监测以及所涉及各种辅助表格等。

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. 遥感分册/赵建华, 孟庆辉主编.—北京: 海洋出版社, 2018.9

ISBN 978-7-5210-0199-0

I.①海… II.①赵…②孟… III.①海洋环境—生态环境—海洋监测—技术培训—教材②海洋遥感学—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: 张鹤凌 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

编辑室: 010-62100057

网 址: [www.oceanpress.com.cn](http://www.oceanpress.com.cn)

承 印: 北京朝阳印刷厂有限责任公司

地 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 11 月第 1 次印刷

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 11.25

字 数: 130 千字

定 价: 48.00 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](mailto:hyjccb@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，全面系统的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系统简介等内容。

教材在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

人们越来越重视海洋这个具有巨大开发利用潜力的重要领域，并采用各种手段对海洋进行监测、研究。海洋开发利用中日益严重的资源与环境问题，不仅影响了海洋经济的可持续发展和海洋的可持续利用，而且直接关系到人类的生存和社会的发展。遥感观测可以解决常规方法不易解决的许多问题，可以在较短时间内对全球海洋成图、可以观测船舶不易到达的区域、可以观测普通方法不易测量或不可观测的参量等。遥感技术特别是航天遥感技术在短短的半个世纪，以惊人的速度发展着，越来越受到各国政府的高度重视，在我国从海洋大国走向海洋强国的道路上，遥感技术在维护海洋权益、保护海洋环境、开发海洋资源、减轻海洋灾害和有效实施海洋管理等方面必将发挥巨大的作用。

《海洋生态环境监测技术方法培训教材——遥感分册》凝聚了国家海洋环境监测中心遥感监测人员的多年技术积累和项目研究成果，内容引用并整合了海洋调查规范、908 专项海洋光学调查技术规程、海洋监测技术规程—卫星遥感技术方法等行业规范规程，卫星海洋学、遥感导论等专著，国内外经典文献。考虑到本教材重点培训相关人员通过对海洋遥感基础理论的了解，进而学习相关海洋环境遥感监测方法，最终达到业务化实际操作，本教材未涉及过多复杂理论及算术方法。全书共9章，由赵建华、孟庆辉组织编写。其中，第1章由赵建华、孟庆辉编写，第2章由王林、孟庆辉编写，第3章由马玉娟、陈艳拢编写，第4章由王祥、王林编写，第5章由苏岫、王祥编写，第6章由初佳兰、赵建华编写，第7章由陈艳拢、孟庆辉编写，第8章由范剑超、赵建华编写，第9章由苏岫、初佳兰编写。全书由孟

庆辉、陈艳拢统稿。

本书在编写过程中得到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）领导的大力支持；上海海洋大学、原国家海洋局第一海洋研究所和第二海洋研究所有关专家学者对教材进行了技术审查，并提出宝贵修改意见，在此谨表诚挚谢意。海洋出版社钱晓彬编辑等人辛勤、耐心、细致的工作为本书增色添彩，在此一并谢忱。

海洋生态环境遥感监测是一项重要而艰巨的任务，由于受到理论水平、技术等条件的限制，此方面工作亦是在探索尝试中前进，希望通过《海洋生态环境监测技术方法培训教材——遥感分册》的使用，能一定程度上提高海洋生态环境遥感监测专业技术人员综合素质和业务水平，熟悉相关技术流程，并将所学知识应用到具体业务工作中。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9月



# 目 录

<b>第 1 章 海洋遥感基础知识</b> .....	1
1.1 遥感 .....	1
1.2 遥感监测基本原理 .....	4
1.3 遥感数据的特征 .....	6
1.4 海洋遥感信息和数据网站 .....	8
思考题 .....	9
<b>第 2 章 海洋光学要素测量</b> .....	10
2.1 术语与定义 .....	10
2.2 测量参数 .....	11
2.3 测量要求 .....	13
2.4 表观光学量测量程序 .....	14
2.4.1 水面之上法 .....	14
2.4.2 水下剖面法 .....	18
2.5 固有光学量测量程序 .....	22
2.5.1 水体总吸收系数和总衰减系数的测量 .....	22
2.5.2 水色要素吸收系数的测量 .....	26
2.5.3 后向散射系数的测量 .....	34
思考题 .....	39

<b>第3章 海洋气溶胶监测</b> .....	40
3.1 气溶胶的基本理论 .....	40
3.1.1 定义与分类 .....	40
3.1.2 气溶胶来源与消除 .....	43
3.1.3 对气候的影响 .....	46
3.1.4 现有的国际观测计划和组织 .....	47
3.2 气溶胶观测量度 .....	49
3.2.1 粒子谱 .....	49
3.2.2 成分 .....	53
3.2.3 光学参量 .....	54
3.3 气溶胶的现场测量技术 .....	56
3.3.1 测量原理 .....	56
3.3.2 仪器操作 .....	57
3.3.3 仪器定标 .....	63
3.4 观测数据处理与提交 .....	65
3.4.1 手持式太阳光度计 (MICROTOPS II) 的数据处理与提交 .....	65
3.4.2 全自动太阳光度计 (CE318) 的数据处理与提交 .....	67
思考题 .....	78
<b>第4章 海洋水色水温卫星遥感监测</b> .....	79
4.1 叶绿素 a .....	79
4.1.1 反演模型 .....	79
4.1.2 建模步骤 .....	80
4.1.3 真实性检验 .....	81
4.2 总悬浮物 .....	81
4.2.1 反演模型 .....	81
4.2.2 建模步骤 .....	83
4.2.3 真实性检验 .....	83

4.3 透明度 .....	84
4.3.1 反演模型 .....	84
4.3.2 建模步骤 .....	85
4.3.3 真实性检验 .....	85
4.4 海表温度 .....	86
4.4.1 反演模型 .....	86
4.4.2 建模步骤 .....	88
4.4.3 真实性检验 .....	88
思考题 .....	89
<b>第5章 近岸海洋生态系统遥感监测 .....</b>	<b>90</b>
5.1 基本概念 .....	91
5.1.1 滨海湿地生态系统基本概念 .....	91
5.1.2 红树林生态系统基本概念 .....	92
5.1.3 珊瑚礁生态系统基本概念 .....	92
5.1.4 海草床生态系统基本概念 .....	92
5.2 一般要求 .....	93
5.2.1 基本原则 .....	93
5.2.2 工作内容 .....	93
5.2.3 仪器设备 .....	93
5.2.4 技术途径 .....	94
5.2.5 数学基础 .....	95
5.2.6 监测成果 .....	95
5.3 监测内容 .....	95
5.3.1 滨海湿地生态系统 .....	95
5.3.2 红树林生态系统 .....	96
5.3.3 珊瑚礁生态系统 .....	96
5.3.4 海草床生态系统 .....	97
5.4 数据获取与处理 .....	97

5.4.1	现场数据获取与处理	97
5.4.2	卫星影像获取与处理	101
5.5	监测要素提取流程	103
5.5.1	湿地范围提取	103
5.5.2	信息因子提取	103
5.5.3	湿地植被生物量反演	104
5.5.4	提取结果验证	105
5.5.5	景观格局参数计算	105
5.6	图件制作	107
5.6.1	遥感影像地图	107
5.6.2	要素信息专题图	108
	思考题	109
<b>第6章</b>	<b>入海排污口排污扩散范围遥感监测</b>	<b>110</b>
6.1	入海排污口的基本概念	110
6.2	入海排污口排污扩散范围卫星遥感监测方法	111
6.2.1	卫星遥感数据源的选择	111
6.2.2	排污口水体光谱特征分析	111
6.2.3	信息解译标志建立	112
6.2.4	排污口排污扩散范围确定	112
6.3	入海排污口扩散范围遥感专题图制作	113
	思考题	114
<b>第7章</b>	<b>赤(绿)潮卫星遥感监测</b>	<b>115</b>
7.1	赤潮卫星遥感监测	115
7.1.1	赤潮的基本概念	115
7.1.2	赤潮卫星遥感监测内容	116
7.1.3	监测原理及方法	116
7.1.4	卫星数据处理	117

7.1.5	赤潮信息提取 .....	118
7.1.6	赤潮卫星遥感专题图制作 .....	119
7.1.7	赤潮卫星遥感监测通报制作 .....	119
7.2	绿潮卫星遥感监测 .....	120
7.2.1	绿潮的基本概念 .....	120
7.2.2	绿潮卫星遥感监测内容 .....	121
7.2.3	监测原理及方法 .....	121
7.2.4	卫星数据处理 .....	122
7.2.5	绿潮信息提取 .....	122
7.2.6	绿潮卫星遥感专题图制作 .....	124
7.2.7	绿潮卫星遥感监测通报制作 .....	124
	思考题 .....	125
<b>第8章</b>	<b>溢油遥感监测 .....</b>	<b>126</b>
8.1	适用范围 .....	127
8.2	术语和定义 .....	127
8.3	现场调查 .....	127
8.3.1	现场调查要求 .....	127
8.3.2	现场调查内容及实施 .....	128
8.4	溢油光谱特征 .....	128
8.4.1	可见光波段海面溢油光谱特征 .....	129
8.4.2	微波波段海面溢油的辐射特征 .....	129
8.5	溢油遥感监测方法 .....	131
8.5.1	可见光遥感卫星溢油监测 .....	131
8.5.2	SAR 遥感卫星溢油监测 .....	133
8.6	专题图制作 .....	135
8.6.1	专题图要素 .....	135
8.6.2	技术要求 .....	135
	思考题 .....	136

<b>第9章 海岸线卫星遥感监测</b> .....	137
9.1 海岸线的基本概念 .....	137
9.2 海岸线卫星遥感监测的技术要求 .....	137
9.2.1 卫星影像数据要求 .....	137
9.2.2 影像预处理 .....	138
9.3 海岸线卫星遥感监测原理及方法 .....	138
9.4 海岸线卫星遥感监测结果验证与完善 .....	140
9.5 海岸线卫星遥感监测专题图制作 .....	140
思考题 .....	141
<b>附 录</b> .....	142
1 辐照度/辐亮度水面之上测量记录表 .....	142
2 辐照度/辐亮度水下剖面测量记录表 .....	144
3 海水光束吸收系数/光束衰减系数/后向散射系数测量记录表 .....	146
4 水体成分吸收系数测量记录表——总颗粒物 .....	147
5 水体成分吸收系数测量记录表——黄色物质 .....	148
6 光程放大效应校正因子计算经验系数 .....	149
7 《海洋监测技术规程》(HY/T 147.7—2013) 滨海湿地分类 与编码 .....	150
8 现场调查记录表 .....	156
9 海岸线遥感提取目视解译表 .....	163
<b>参 考 文 献</b> .....	165

# 第 1 章 海洋遥感基础知识

遥感(remote sensing)即遥远的感知。遥感采集的数据可以有多种形式,常用到的是电磁波遥感的范畴。海洋遥感即是利用电磁波与大气和海洋的相互作用原理,从遥感平台观测和研究海洋的分支学科。海洋遥感属于多学科交叉的新兴学科,其内容涉及物理学、海洋学和信息学,并与空间技术、光电子技术、计算机技术等密切相关。本章简要介绍了遥感的概念、遥感的原理、遥感数据特征及分类。

## 1.1 遥感

在一定距离以外获取目标的“信息”,通过对信息的分析研究来确定目标物的属性以及目标物之间的相互关系,这个过程被称为遥感。由于基本目标不同,我们将遥感卫星分为气象卫星、海洋卫星和陆地卫星。实际上,每一颗卫星都能够探测海洋和陆地,它们的遥感资料都可能被海洋学研究利用。



现代遥感技术主要指电磁波遥感。至于重力、磁力、地震波和声波等探测技术，一般不列入现代遥感技术之中。现代遥感技术的基本作业过程是：在距地面几千米、几百千米甚至上万千米的高度上，以飞机、卫星等为观测平台，使用光学、电子学和电子光学等探测仪器，接收目标物反射、散射和发射来的电磁辐射能量，以图像胶片或数字化磁载体形式进行记录，然后把这些数据传送到地面接收站，最后将接收到的数据加工处理成用户所需要的遥感资料产品。遥感技术可应用于测绘制图、自然资源的调查和海洋环境的监测。

遥感技术所使用的电磁波段主要为紫外、可见光、红外和微波等波段。紫外波段(ultraviolet)的波长为  $0.2 \sim 0.4 \mu\text{m}$ ，位于可见光波段的紫光以外。由于波长小于  $0.3 \mu\text{m}$  的电磁波被大气中的臭氧所吸收，可以通过大气传输的只有  $0.3 \sim 0.4 \mu\text{m}$  的紫外光。紫外摄影能监测气体污染和海面油膜污染。但由于该波段受大气中的散射影响十分严重，在实际应用中很少采用。可见光波段(visible light)的波长为  $0.4 \sim 0.7 \mu\text{m}$ ，是电磁波谱中人眼唯一可视的波段，可见光可进一步分为红、橙、黄、绿、青、蓝、紫七种颜色的光，可见光波段是进行自然资源与环境调查的主要波段，地面反射的可见光信息可采用胶片和光电探测器收集和记录。红外波段(infrared)的波长为  $0.7 \sim 1\ 000 \mu\text{m}$ ，位于可见光波段的红光以外。按波长可细分为近红外( $0.7 \sim 1.3 \mu\text{m}$ )、中红外( $1.3 \sim 3 \mu\text{m}$ )、热红外( $3 \sim 15 \mu\text{m}$ )和远红外( $15 \sim 1000 \mu\text{m}$ )。近红外光和中红外光来自地球反射的太阳辐射，所以该波段也被称为“反射红外”。其中波长为  $0.7 \sim 0.9 \mu\text{m}$  的近红外辐射信息可以用摄影(胶片)方式获取，故该波段也被称为“摄影红外”波段，摄影红外传感器对探测植被和水体有特殊效果。热红外传感器可以探测物体的热辐射，但不能采用摄影方式探测地面的热红外辐射信息，需要采用光学机械通过扫描方式获取。热红外辐射计目



前主要应用  $3 \sim 5 \mu\text{m}$  和  $10 \sim 14 \mu\text{m}$  两个波段。除用于军事侦察外,热红外辐射计还可以用于调查海表面温度、浅层地下水、城市热岛、水污染、森林探火和区分岩石类型等,有广泛的应用价值。而波长大于  $15 \mu\text{m}$  的远红外辐射,绝大部分被大气层吸收。微波(microwave)的波长为  $0.1 \sim 100 \text{ cm}$ ,微波又可细分为毫米波、厘米波和分米波等。微波的特点是能穿透云雾,可以全天候工作。

遥感按照电磁波的光谱可分为可见光遥感与红外反射遥感、热红外遥感和微波遥感;按照目标的能量来源可分为主动式遥感和被动式遥感;按照传感器使用的平台可分为航天或卫星遥感、航空遥感、地面遥感;按照空间尺度可分为全球遥感、区域遥感和城市遥感;按照应用领域可分为资源遥感与环境遥感;按照研究对象可分为气象遥感、海洋遥感和陆地遥感;按照应用目的可分为陆地水资源遥感、土地资源遥感、植被资源遥感、海洋环境遥感、海洋资源遥感、地质调查遥感、城市规划和管理遥感、测绘制图遥感、考古调查遥感、综合环境监测遥感和规划管理遥感等。

遥感技术包括传感器技术、信息传输技术、信息的处理、信息的提取和应用技术、目标信息特征的分析技术等。遥感技术系统包括空间信息采集系统(包括遥感平台和传感器)、地面接收和预处理系统(包括大气辐射校正和几何校正)、地面实况调查系统(如收集环境和气象数据)和信息分析应用系统。遥感记录信息的表现形式可分为图像方式和非图像方式。图像处理涉及各种可以对像片或数字影像进行处理的操作,这些操作包括图像压缩、图像存储、图像增强、处理、量化、空间滤波以及图像模式识别等。