

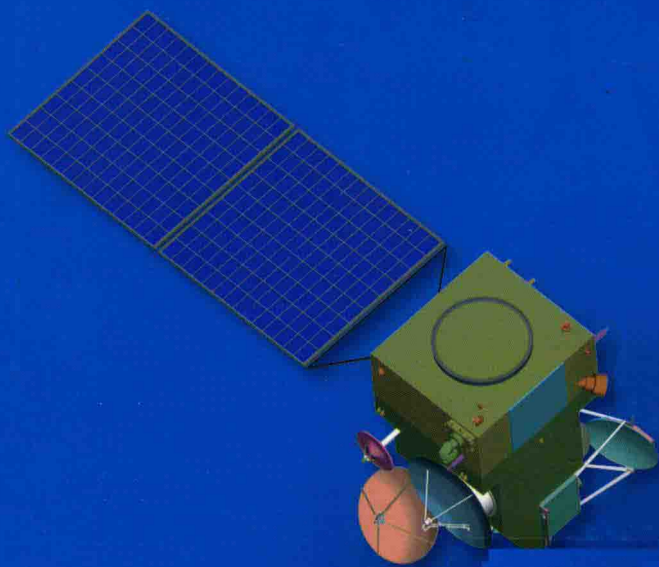
全国高等院校 **海洋专业** 规划教材

上海市教委交叉学科研究生拔尖创新人才培养平台项目“远洋渔业遥感与GIS技术”系列教材

HAIYANG YUYE YAOGAN

# 海洋渔业遥感

雷 林 主编



海洋出版社

全国高等院校 **海洋专业** 规划教材

上海市教委交叉学科研究生拔尖创新人才培养平台项目 “远洋渔业遥感与GIS技术” 系列教材

*HAIYANG YUYE YAOGAN*

# 海洋渔业遥感

雷 林 主编

海洋出版社

2016年·北京

**图书在版编目 (CIP) 数据**

海洋渔业遥感/雷林主编. —北京: 海洋出版社, 2016. 6

ISBN 978 - 7 - 5027 - 9326 - 5

I. ①海… II. ①雷… III. ①遥感技术 - 应用 - 海洋渔业 - 研究 IV. ①S975

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 297826 号

责任编辑: 赵 武

责任印制: 赵麟芬

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

北京朝阳印刷厂有限责任公司印刷 新华书店发行所经销

2016 年 6 月第 1 版 2016 年 6 月北京第 1 次印刷

开本: 787 mm × 1092 mm 1/16 印张: 16

字数: 390 千字 定价: 45.00 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

上海市教委交叉学科研究生拔尖创新人才培养平台项目

“远洋渔业遥感与 GIS 技术”系列教材

### 编写领导小组

组 长：陈新军 上海海洋大学教授  
副组长：高郭平 上海海洋大学教授  
唐建业 上海海洋大学副教授  
成 员：官文江 上海海洋大学副教授  
高 峰 上海海洋大学讲师  
雷 林 上海海洋大学讲师  
杨晓明 上海海洋大学副教授  
沈 蔚 上海海洋大学副教授  
汪金涛 上海海洋大学博士生

### 《海洋渔业遥感》

主 编：雷 林  
参 编：陈新军 汪金涛  
官文江 高 峰  
主 审：陈新军

# 前 言

随着卫星遥感技术的出现和快速发展,在短短的几十年内,已被广泛应用到海洋、陆地等各个学科中,尤其是在海洋学科中发挥着重要的作用,卫星遥感已经成为维护海洋权益、保护海洋环境、开发海洋资源必不可少的手段。卫星遥感在海洋捕捞业中发挥着重要的作用,为海洋捕捞业从传统作业向高效节能的生态作业转变提供了技术支持。同样,卫星遥感获取的长时间序列海洋环境信息也被应用在渔业资源评估中,增强人类认知和开发海洋渔业资源的能力。

本书在参考陈新军老师主编的《渔业资源与渔场学》、刘玉光老师主编的《卫星海洋学》、刘良明老师主编的《卫星海洋遥感导论》以及国内外众多关于遥感、渔业资源等相关书籍和文献的基础上编写而成,主要是针对渔业遥感的应用,综合介绍了遥感和渔业等方面的内容。第1章主要介绍遥感的定义和分类,遥感的发展阶段以及卫星海洋渔业的发展概况;第2章介绍与海洋遥感相关的基础物理知识,主要有电磁波和电磁波谱、遥感的基本概念和定律等;第3章介绍海洋遥感卫星;第4章主要介绍海洋卫星传感器,包括光学传感器和微波传感器;第5章主要介绍海洋渔业环境参数反演算法,包括海表温度、水色要素、海面高度、海面风场、海表盐度等;第6章主要介绍海洋遥感数据的获取及其处理方法;第7章详细介绍了海洋遥感在渔情预报中的应用,包括渔情预报的基本概念、基本流程、技术和方法,分不同作业渔种进行渔情预报的案例;第8章主要介绍了海洋遥感在渔业资源评估中的应用,包括定量分析海洋环境要素与CPUE的关系、利用遥感水温数据分析东海外海鲈鱼资源变动等。

本书1至6章由雷林、官文江、高峰编写,第7章由陈新军、汪金涛编写,第8章由官文江编写,全书由雷林和陈新军统稿。本书的编写得到了上海市教委交叉学科研究生拔尖创新人才培养平台项目“远洋渔业遥感与GIS

技术”项目的资助，同时，也得到国家发展改革委产业化专项（编号2159999）、上海市科技创新行动计划（编号12231203900）等项目以及国家远洋渔业工程技术研究中心、农业部科研杰出人才及其创新团队——大洋性鱿鱼资源可持续开发的资助，在此表示感谢。也感谢上海海洋大学邹晓荣老师、李纲老师对本书编写提供的帮助。

由于编者水平有限，时间仓促，因此错误与不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。同时由于参考文献较多，不能全部一一列出，在此表示抱歉，敬请见谅！

雷林

# 目 录

<b>第1章 绪论</b> .....	(1)
1.1 概述 .....	(1)
1.2 遥感的定义和分类 .....	(2)
1.3 遥感的发展阶段 .....	(3)
1.3.1 地面遥感阶段 .....	(3)
1.3.2 空中摄影遥感阶段 .....	(3)
1.3.3 航天遥感阶段 .....	(4)
1.3.4 海洋遥感的发展 .....	(5)
1.4 卫星海洋渔业的发展 .....	(6)
<b>第2章 海洋遥感的基础物理知识</b> .....	(10)
2.1 电磁波与电磁波谱 .....	(10)
2.1.1 电磁波 .....	(10)
2.1.2 电磁波谱 .....	(11)
2.2 基本概念和基本定律 .....	(13)
2.2.1 基本概念 .....	(13)
2.2.2 基本定律 .....	(18)
2.3 卫星轨道 .....	(22)
2.3.1 卫星轨道简介 .....	(22)
2.3.2 太阳同步轨道 .....	(24)
2.3.3 地球同步轨道 .....	(25)
2.3.4 卫星高度计轨道 .....	(25)
<b>第3章 海洋遥感卫星</b> .....	(28)
3.1 国外海洋遥感卫星 .....	(29)
3.1.1 海洋水色卫星 .....	(29)
3.1.2 海洋地形卫星 .....	(37)
3.1.3 海洋动力环境卫星 .....	(44)

3.2 国内海洋遥感卫星 .....	(56)
3.2.1 风云系列卫星 .....	(56)
3.2.2 海洋系列卫星 .....	(62)
<b>第4章 海洋卫星传感器 .....</b>	<b>(70)</b>
4.1 光学传感器 .....	(70)
4.1.1 AVHRR 改进型甚高分辨率辐射计 .....	(71)
4.1.2 MODIS 中分辨率成像光谱仪 .....	(72)
4.1.3 MERIS 中等分辨率成像光谱仪 .....	(75)
4.1.4 MISR 多角度成像光谱辐射计 .....	(76)
4.1.5 SeaWIFS 海洋宽视场水色扫描仪 .....	(78)
4.1.6 COCTS 海洋水色扫描仪 .....	(79)
4.1.7 CCD 相机 .....	(80)
4.1.8 ATSR 沿轨扫描辐射计 .....	(82)
4.2 微波传感器 .....	(83)
4.2.1 微波辐射计 .....	(84)
4.2.2 微波散射计 .....	(90)
4.2.3 卫星高度计 .....	(96)
<b>第5章 海洋渔业环境参数反演 .....</b>	<b>(100)</b>
5.1 海表面温度反演 .....	(100)
5.1.1 热红外辐射计的海表温度反演 .....	(100)
5.1.2 微波辐射计的海表温度反演 .....	(104)
5.2 海洋水色要素反演 .....	(108)
5.2.1 两种算法及其反射率基础 .....	(108)
5.2.2 SeaWIFS 经验算法 .....	(110)
5.2.3 MODIS 经验算法 .....	(111)
5.3 海面高度反演 .....	(112)
5.4 海面风场反演 .....	(113)
5.4.1 地球物理模型 .....	(115)
5.4.2 风矢量反演算法——最大似然法 .....	(115)
5.4.3 风向多解去除算法 .....	(118)
5.5 海表盐度反演 .....	(124)
5.5.1 海表盐度反演的物理基础 .....	(125)
5.5.2 海表盐度反演的数学模型 .....	(126)



5.5.3 海表盐度的反演结果 .....	(129)
<b>第6章 海洋遥感数据的获取及其处理方法 .....</b>	<b>(133)</b>
6.1 海洋环境数据网站 .....	(134)
6.1.1 美国国家海洋大气局网站 .....	(134)
6.1.2 美国航空航天局网站 .....	(136)
6.1.3 美国大学网站 .....	(137)
6.1.4 日本网站 .....	(141)
6.1.5 欧洲、澳洲和加拿大网站 .....	(141)
6.2 海洋环境数据处理 .....	(142)
6.2.1 数据融合 .....	(142)
6.2.2 数据插值 .....	(144)
6.2.3 数据匹配 .....	(145)
<b>第7章 海洋遥感在渔情预报中的应用 .....</b>	<b>(148)</b>
7.1 渔情预报概述 .....	(148)
7.1.1 渔情预报的基本概念 .....	(148)
7.1.2 渔情预报的类型和内容 .....	(149)
7.1.3 渔情预报的基本流程 .....	(152)
7.1.4 国内外渔情预报研究概况 .....	(153)
7.2 渔情预报技术与方法 .....	(161)
7.2.1 渔情预报模型的组成 .....	(161)
7.2.2 渔情预报模型的构建 .....	(162)
7.2.3 主要渔情预报模型介绍 .....	(163)
7.3 海洋遥感在东海鲈鱼预报中的应用案例 .....	(168)
7.3.1 鲈鱼产量与海洋环境的关系 .....	(168)
7.3.2 鲈鱼渔情预报 .....	(172)
7.4 海洋遥感在西北太平洋柔鱼预报中的应用案例 .....	(179)
7.4.1 西北太平洋柔鱼渔场和海洋环境的关系 .....	(180)
7.4.2 西北太平洋柔鱼渔情预报 .....	(184)
7.5 海洋遥感在中西太平洋鲣鱼预报中的应用案例 .....	(189)
7.5.1 材料来源 .....	(190)
7.5.2 数据处理方法 .....	(190)
7.5.3 结果分析 .....	(190)
7.6 海洋遥感在东南太平洋智利竹筴鱼预报中的应用案例 .....	(195)

---

7.6.1	数据与方法	(195)
7.6.2	结果分析	(197)
7.7	不同遥感数据源下栖息地模型及其预测结果的比较	(203)
7.7.1	数据与方法	(204)
7.7.2	结果分析	(206)
<b>第8章</b>	<b>海洋遥感在渔业资源评估中的应用</b>	<b>(211)</b>
8.1	利用 GAM 模型定量分析海洋环境要素与 CPUE 的关系	(211)
8.1.1	数据与方法	(212)
8.1.2	分析结果	(213)
8.1.3	讨论与分析	(214)
8.2	利用元胞自动机模拟鲱鱼的空间分布	(222)
8.2.1	数据与方法	(222)
8.2.2	研究结果与分析	(225)
8.3	利用遥感水温数据分析东海外海鲱鱼资源变动	(227)
8.3.1	数据与方法	(227)
8.3.2	结果	(228)
8.3.3	讨论与分析	(232)
8.3.4	结论	(235)
8.4	海洋遥感与渔业资源评估	(235)
8.4.1	应用海洋遥感数据对产量模型的扩展	(235)
8.4.2	海洋初级生产力与渔业资源评估	(238)
8.4.3	结语	(238)
<b>参考文献</b>		<b>(240)</b>

# 第1章 绪论

## 1.1 概述

在过去的40年中,科学技术的快速发展提高了卫星观测及监测全球海洋和大气的的能力。同样,计算机技术和软件的发展使得快速地获取和处理海量卫星数据成为可能,例如,获取和处理全球海浪、全球大尺度海流的变化、海面风场以及区域和全球海洋生物的变化等方面的数据。卫星获取的这些有用的数据同化到数值模式中,能够进一步改善海洋、气象预报的精度。

海洋是一个复杂的动态系统,它大约覆盖了地球面积的70%,包含了地球上大部分水资源,也是重要的生态系统。海洋在生物学上扮演着重要的角色,它包含了地球上25%的植物物种,这些物种主要集中在海岸带有限的区域内。具有高生物生产力的地区包括:纽芬兰大浅滩、白令海和阿拉斯加海湾、北海和秘鲁海岸,世界上80%~90%的渔获量在这些区域或相似的区域。海洋在气候中也扮演着重要的角色。海洋的热输送和巨大的热容量,使海洋可以起到调节全球气候的作用。

科学技术的发展和社会的需求加速了卫星工程的发展。社会需求体现在海洋对于国家安全、海洋军事、气候变化以及对于渔业开发与管理的的重要性。在20世纪70年代,美国发射了第一颗海洋遥感卫星。从那时起,卫星能够观测的海洋要素有海面温度(Sea Surface Temperature, SST)、海浪的波高和波向分布、风速和风向以及浮游植物、泥沙等水中悬浮和溶解物的含量。在此之前,上述海洋要素只能通过调查船来获取,与卫星遥感相比,这不仅成本高,而且效率也低。卫星遥感可以准确、实时、大面积地获取海洋环境要素,并且可以长时间序列地观测海洋,将获取的数据提供给各个部门。人们很早就认识到海洋渔场分布与外界海洋环境有着密切的关系,并利用有限的海洋水文调查资料对渔场海洋学进行了探索和研究,但这些数据远不能满足渔场研究和渔情分析的需要,直到20世纪70年代,海洋遥感所获取的信息逐渐地被用在渔场研究中。

## 1.2 遥感的定义和分类

遥感 (Remote Sensing, RS) 就是不直接接触物体, 从远处利用探测仪器接收来自地物的电磁波信息, 并对该信息进行分析处理从而识别地物的综合性探测技术, 即“遥远的感知”。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, 每一个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、几百千米甚至上千千米的高度上, 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波长  $0.3 \sim 0.4 \mu\text{m}$  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  $0.4 \sim 0.7 \mu\text{m}$ , 是电磁波谱中人的眼睛唯一能看见的波段, 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 ( $15 \sim 1\ 000 \mu\text{m}$ )。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”, 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, 然而, 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  $10 \sim 13 \mu\text{m}$  两个波段。热红外辐射计可以夜间成像, 除用于军事侦察外, 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 ~ 100 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。遥感信息的记录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相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。

### 1.3 遥感的发展阶段

遥感一词来自1960年美国海军研究办公室的艾弗林·普鲁伊特(Evelyn Pruitt), 但遥感的历史相对要更老一些。遥感的发展主要有以下几个阶段。

#### 1.3.1 地面遥感阶段

实际上, 人用眼、耳、鼻等感觉器官来感知物体的形、声、味等信息是最早的遥感。1608年, 汉斯·李波尔塞制造了世界上第一架望远镜, 1609年伽利略制作了放大倍数33倍的科学望远镜, 为观测远距离目标开辟了先河。1839年摄影术和照相机(达盖尔、尼普斯)的发明, 则使目标物体信息得以保存。1849年, 法国人艾米·劳塞达特制定了摄影测量计划, 成为有目的有记录的地面遥感发展阶段的标志。

#### 1.3.2 空中摄影遥感阶段

1858年, G·F·陶纳乔用系留气球拍摄了法国巴黎的“鸟瞰”相片, 获得首幅航空图像。在接下的五十年中, 在照相机的设计和胶卷乳剂等方面取得了重要进展。遥感平台也多种多样, 如: 风筝、火箭, 甚至采用鸽子。1909年, W·莱特(Wilbur

Wright) 在意大利的森托塞尔 (Cento celli) 进行了空中摄影。早期大部分影像是倾斜摄影, 而不是垂直摄影。许多城市的影像和风景图像都采用这种方式制作。而科学家认识到航空影像作为制图工具的潜力, 从而使得航空测量学得以发展。

直到第一次世界大战, 航空摄影技术才得以实现和系统地、大范围地应用。照相机特别为航空侦察设计以及每天能处理成千上万图像的处理设备也得到发展。从图像获取情报信息的图像解译技术同样得到发展。通过观察一段时间的人员或物资的部署, 战略家可能判断出军队的调动。到第一次世界大战结束, 航空飞机、照相机以及处理设备都得到相当的提高, 有相当多的人在航空图像获取和利用方面拥有经验。在 20 世纪 20 年代、30 年代摄影测绘设备得到提高, 垂直航空摄影成为编辑地形图的标准信息源。在欧洲、北美, 航空摄影仅仅在地质学家、森林管理者和计划者等有限的范围内应用, 在非洲和南美洲航空摄影仅仅被制图工作者、地理学家应用于小范围的地理研究中。彩色胶片在这时期开发出来, 尽管直到第二次世界大战才看到较小的应用。此外在几个科学研究领域也开始起步, 这构成现代遥感技术的基础。

第二次世界大战促进了遥感技术的快速发展, 为军事情报部门获取侦察图像是主要应用, 图像解译技术已经很成熟。后来的海岸带研究的一个有用价值是把航空影像用于计划中的两栖作战。当导航图没有或不准确的时候, 航空胶片、尤其是彩色胶片, 通过测量水的透光能力能获得可靠的海底测量和海底底质信息, 在这次战争中, 红外胶片也第一次用于侦察伪装目标。在 20 世纪 40 年代, 大的雷达监测网络也发展起来了, 这是早期的战机预警系统。随着雷达技术的发展, 航空雷达技术得到发展。在这一类雷达中, 能提供飞机下面陆地影像的平面位置指示器雷达是其一种, 它是主动的工作方式, 无需太阳光, 可以透过云。主要用于在夜间或高度透过云投放炸弹的平面位置指示器雷达。

在 20 世纪 50 年代, 热红外系统得到发展, 其能提供目标或陆地的热影像。同雷达相似, 热红外系统不依赖于光, 但不像雷达, 它不能穿透云。与此同时, 航空测试雷达得到发展, 从而提高了由平面位置指示器雷达所获得的相对比较粗糙的影像。这两套系统都是为军用目的设计, 多年都不为民用。

### 1.3.3 航天遥感阶段

1957 年, 苏联发射的 SPUTNIK - 1 标志着太空时代的开始。1959 年, 美国的 EXPLORER - 6 卫星传回第一幅从太空看地球的照片。1960 年世界第一颗气象卫星 TIROS - 1 发射。它是现在在用的更为先进气象卫星的前身。人类的太空飞行使人认识到从太空对地球的监测和资源制图的潜力。用手持照相机在太空拍摄的第一幅的地球照片描绘了令人震惊详细的大面积的水陆特征。随后, 美国和前苏联发射了更为先进的照相

机和扫描设备用于获取资源评估的影像。

尽管人造卫星成功地演示了从太空所拍摄的影像的价值,但是,它们不持久和提供不了统一的地球覆盖。这些缺陷为资源卫星所克服,如美国的 LANDSAT 卫星系列。1972 年 ERTS-1 发射(后改名为 Landsat-1),装有 MSS 传感器,分辨率 79 米,标志着遥感进入新阶段,1982 年 Landsat-4 发射,装有 TM 传感器,分辨率提高到 30 米,1999 年 4 月 15 日 Landsat-7 发射,装有 ETM+ 传感器,增加了全色波段,分辨率提高到 15 米。比气象卫星较低轨道的 LANDSAT 卫星以及以后相似的系统尽管覆盖周期较长,但提供着更高空间分辨率的影像。尽管传感器主要目的是应用于陆地,但是它们也成功地应用于几个海岸带和海洋的研究中。1986 年法国发射 SPOT-1,装有 PAN 和 XS 传感器,分辨率提高到 10 米。1999 年美国发射 IKONOS,空间分辨率提高到 1 米,2001 年 10 月 18 日美国发射了 QuickBird,空间分辨率提高到 0.61 米。

### 1.3.4 海洋遥感的发展

1978 年 6 月,美国第一颗海洋卫星 Seasat-A 发射成功。除了红外辐射计外,星上还载有扫描式多通道微波辐射计、散射计、高度计和合成孔径雷达等,可以全天候地监测海洋。虽然由于技术故障,这颗卫星只运转了 108 天,但是所获得的大量数据,大大加强了人们对使用卫星遥感技术监测海洋的信心。

1978 年 10 月,雨云卫星 Nimbus-7 发射成功,这颗卫星载有专门用于海洋水色观测的海岸带水色扫描仪(CZCS),并由此获取了大量高分辨率的世界大洋范围水色分布的图像;此外,该星还载有微波辐射计,可对海表面温度进行遥感观测。进入 80 年代,海洋遥感的各种海洋学应用技术初步成熟起来。例如,1985 年美国海军发射的地球物理卫星 Geosat 提供了大量的高度计资料。1991 年欧空局欧洲遥感卫星 ERS-1 的发射对卫星海洋学的形成和发展具有划时代意义,这是继 Seasat-A 之后的又一颗海洋专用卫星。ERS-1 除了具有 Seasat-A 所载有的各种传感器外,又增加了 ATSR 传感器,它可以大大提高对海表面温度的遥感精度。继 CZCS 之后,1987 年和 1989 年我国分别发射 FY-1A 和 FY-1B 卫星,其中都配置了两个海洋水色通道的高分辨率扫描辐射计 VHRSR,虽然卫星工作的时间不长,但首次获得了我国海区叶绿素和悬浮泥沙分布图。1996 年日本发射了搭载了海洋水色水温扫描仪(OCTS)的 ADEOS-1 号,可惜只运行了十个月。1997 年 8 月美国发射的海星卫星 SeaStar 装载了第二代海洋水色传感器 SeaWiFS;与 CZCS 相比,SeaWiFS 增加了光谱波段,降低了波段宽度,提高了对电磁辐射测量的灵敏度。在 1999 年美国发射的地球观测系统卫星 EOS-AM (Terra) 和 2002 年发射的地球观测系统卫星 EOS-PM (Aqua) 载有 MODIS。中等分辨率成像光谱仪 MODIS 是多波段辐射计,从可见光至热红外共有 36 个波段;其中有 9 个波段用于

水色遥感,其余波段用于大气遥感。MODIS 比 SeaWiFS 更为先进,被誉为第三代海洋水色(兼气象要素)传感器。在 2002 年 5 月发射的我国第一颗用于海洋水色探测的试验型业务卫星 HY-1A 装载了十波段中国海洋水色和温度扫描仪 COCTS,COCTS 在频率和波段宽度的设计上类似于 SeaWiFS。此外,携带微波传感器的海洋卫星还有:1992 年美法的 TOPEX/POSEIDON 卫星,1995 年加拿大的 RadarSat 卫星等。这些数据广泛用于海洋动力环境的研究中。

经过这些年的发展,形成遥感平台的多样化,从不同高度,不同角度,不同周期对地球进行立体观察体系,航宇(旅行者 1 号、2 号)、航天(载人空间站、各种轨道的卫星、航天飞机)、航空(飞机、气球、火箭等)、地面等平台多种多样,这些不同平台的传感器在不同高度上,以不同的角度,用不同的周期对地进行立体的观测。同时,传感器的空间和光谱分辨率越来越高,探测的波段越来越多,多种探测技术的集成日趋成熟。MSS 的分辨率为 79 米, TM 的分辨率为 30 米, ETM+ 的分辨率为 15 米, IKONOS 的分辨率为 1 米, QuickBird 的分辨率为 0.61 米,分辨率越来越高,使航天遥感与航空遥感的界线越来越模糊。成像光谱仪的探测波段有成百上千,遥感数据图谱合一更有利于地物信息的提取。探测的波段越来越多,从可见光到微波,有主动的也有被动的,能进行全天候的观测。GPS 与传感器结合有利于定位精度的提高,激光测距与遥感成像的结合使三维成像成为可能。同样的,遥感信息的处理朝着全数字化、可视化、智能化、网络化方向发展。在摄影成像、胶片纪录的年代,光学处理和光电子学影像处理起主导作用,随着数字成像技术和计算机图像处理技术的迅速发展,数字图像处理技术日益起着主导的作用,出现了许多功能强大的图像处理软件如:PCI、ERDAS、ENVI 等。同时在信息提取、模式的识别上不断引入相邻学科的信息处理方法,丰富了遥感图像处理内容,如分形理论、小波变换、人工神经网络等方法,并逐步融入人的知识,使信息处理更趋智能化;为适应高分辨率遥感图像和雷达图像处理的要求,除了在光谱分类方面改善图像处理方法之外,结构信息的处理和多源遥感数据及遥感与非遥感数据的融合也得到重视和发展。目前遥感数据的处理主要是依据地物光谱特征,并没有充分利用影像的空间结构信息,遥感信息并没有得以充分的利用,遥感信息的处理将是制约遥感发展的关键因素之一。在前面发展的基础上,遥感应用的领域不断拓展,遥感信息应用朝着实用化、商业化方向发展。最早遥感主要是为军事部门服务的,但经过近 30 多年的发展,遥感技术已广泛渗透到国民经济的各个领域。遥感数据在海洋渔业上也得到了广泛的应用。

#### 1.4 卫星海洋渔业的发展

海洋渔业遥感是遥感技术在海洋渔业中的应用。在海洋渔业中,可以采用低空飞



机直接对海洋渔场进行观察、预报。因为有些鱼群的存在, 会形成一定的水色、影像特征, 一些类型的浮游植物在鱼群的扰动下会发光, 某些漂浮物下可能会有鱼群等, 因此, 通过人眼的观察或采用摄像仪器从低空飞机上可以直接获得鱼群的分布信息。另一方面, 由于海洋环境中许多因素同鱼类行动关系密切, 如水温、海流、光、盐度、溶解氧、饵料生物、地形、底质以及气象因素等。而海面反射、散射或自发辐射的各个波段的电磁波携带着海表面温度、海平面高度、海表面粗糙度以及海水所含各种物质浓度等信息。由于传感器能够测量各个不同波段的海面反射、散射或自发辐射的电磁波能量, 通过对携带信息的电磁波能量的分析, 人们可以直接或间接反演某些海洋物理量, 如海水温度、叶绿素溶度、海面高度等。通过对这些海洋要素的分析及这些海洋要素与鱼类行为、渔业资源的关系的理解, 从而可以利用这些反演的海洋环境要素来评估海洋渔业资源、预测海洋渔场的变动, 以达到对海洋资源进行合理的开发利用、管理与保护。

卫星遥感技术能够实现海表生物(叶绿素、荧光、初级生产力)和非生物信息(流、涡、水温、风、波浪、海面高度、透明度等)连续的大范围、快速、同步地采集, 通过这些信息可以对海洋生态资源量和生态环境进行评估, 采用高分辨率的卫星数据可以对各海区的作业船只进行监测以了解实际的捕捞渔获量。这些将有利于渔业资源的合理开发与管理。遥感技术能快速、大面积、动态获取海洋环境数据, 遥感技术已成为研究海洋的重要技术手段, 其在渔情分析、渔业管理、渔业资源评估和渔业作业安全等方面的应用也得到了快速的发展。由于传感器探测能力的提高, 遥感数据在海洋渔业的应用从最初单要素最主要是水温数据为特征的应用, 到多种海洋遥感环境要素的综合应用。由于GIS技术具有强大的空间数据可视化和空间分析能力, GPS具有空间定位能力, 从而使得遥感数据和海洋渔业调查数据在GIS平台上得到综合(如图1.1所示), 3S的集成将为海洋渔业研究提供强大的技术平台, 促使了渔业数字信息化的发展。同时GIS技术同专家系统、人工智能技术结合将促使海洋渔业的分析研究朝智能化方向发展。

随着20世纪60年代美国泰罗斯(TIROS)系列实验气象卫星成功发射, 这就为卫星遥感数据在渔业上的应用提供了可能, 尽管卫星的观测并不能直接发现鱼群。70年代前半期, 少数学者(Kemmerer et al, 1978)开始应用卫星遥感技术进行渔业研究, 70年代后期到80年代, 卫星遥感技术在海洋渔业领域的应用得到较快的发展(A. Miguel, 2000; R. M. Laurs, 2001), 早期的卫星遥感海洋渔业应用研究以卫星遥感反演SST信息及应用为主要特征。

从世界范围来看, 卫星遥感在海洋渔业中的应用主要以美、日等发达渔业国家为主。1971年美国(Laurs, 1984)第一次根据遥感卫星数据及其他海洋和气象信息, 制