

·综述·

海洋遥感技术在海洋渔业及相关领域的应用与研究

杨文波^{1,2}, 李继龙¹, 罗宗俊¹

(1. 中国水产科学研究院 资源与环境中心, 遥感与地理信息系统重点实验室, 北京 100039; 2. 上海水产大学 海洋学院, 上海 200090)

摘要:自20世纪70年代始, 科研人员将遥感技术应用于海洋渔业及其相关领域的研究, 将各类卫星遥感所获得的数据对海洋水温、海流、光、盐度、溶解氧、气象因素、水深、海底地形、饵料生物等进行了由定性到定量的分析, 并将所得结果用于指导渔业生产、促进渔业研究、预警海洋灾害等方面, 所起作用非传统调查方法能为。因此, 遥感技术在海洋渔业及其相关领域正在发挥着越来越大的作用, 并预示着广阔的应用前景和巨大的应用潜力。本文综述了遥感技术在海洋生态系统相关要素和渔场变动、大型动植物分布、海况监测、海洋生态污染及灾害监测等方面应用与研究进展, 并对海洋遥感信息在我国海洋渔业领域的应用研究前景进行了分析。

关键词: 遥感技术; 海洋渔业

中图分类号: TP79 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-8737-(2005)03-0362-09

几个世纪以来, 海上调查往往主要依赖船只艰难地进行, 这种方法只能做到个别点、个别区域, 不同时间、不同地区的观测, 而且获取的数据与实际需要往往相距甚远。要想对海洋有比较全面深入的了解, 就需要有种宏观、实时、同步、高效的探测工具。20世纪60年代发展起来的遥感技术恰恰满足了这一要求。遥感虽然不能完全用来监测评估海洋环境变化的所有信息, 但是影响海洋理化和生物过程的一些参数却可以通过对遥感信息进行推理获得, 例如海表面等温线的分布、叶绿素浓度、初级生产力水平的变化、海洋锋面边界的位置、海冰的运动、海流及水团的循环模式等。通过掌握这些环境因素可以对海洋这个大型生态系统进行更深入的研究。从20世纪70年代开始, 科学家们根据海洋水温、海流、光、盐度、溶解氧、气象因素(风、波浪、降水量)、水深、海底地形、浮游生物等海洋要素的电磁波特性, 结合各类卫星遥感所获得的数据, 对海洋水温、海流、气象因素、海底地形、饵料生物进行了由定性到定量的研究, 其应用研究正在不断深入, 从宏观的视野研究了海洋生态系统的动态变化, 为海洋研究提供了新的手段和内容。本文旨在对海洋渔业研究

中所使用的遥感数据源、研究方法、研究成果进行对比分析, 以对今后遥感信息在渔业及相关领域的研究有所启示。

1 概况

遥感技术依其遥感仪器所选用的波谱性质可分为: 电磁波遥感技术、声纳遥感技术、物理场(如重力和磁力场)遥感技术。按照传感器使用的平台可分为: 航天遥感技术、航空遥感技术、地面遥感技术。按照遥感技术的应用领域可分为: 地球资源遥感技术、环境遥感技术、气象遥感技术和海洋遥感技术等。海洋遥感技术的主要研究对象为海洋及海岸带, 从狭义上讲, 是指用遥感技术监测海洋中各种现象和过程的方法^[1]。

海洋遥感大致经历了3个发展阶段: 第1阶段(1970—1978年)是探索阶段, 主要是利用载人飞船搭载试验和利用气象卫星、陆地卫星探测海洋; 第2阶段(1978—1985年)为试验阶段, 该阶段美国发射一颗海洋卫星(SEASAT)和一颗雨云卫星7号(NIMBUS-7), 星上搭载了海岸带水色扫描仪(CZCS), 这两颗卫星皆属于实验研究性质; 第3阶

收稿日期: 2004-01-13; 修订日期: 2004-08-03.

基金项目: 国家“十五”财政科技专项(12521520003210).

作者简介: 杨文波(1978-), 硕士研究生, 从事渔业遥感与地理信息系统研究. E-mail: dm60@sobu.ccn

通讯作者: 李继龙. E-mail: lijilong@cah.ac.cn

段(1985年至今)是应用研究和业务化使用阶段,在此期间多颗海洋卫星发射成功,如海洋地形卫星 GEOSAT、GEOSAT-FO、TOPEX/POSEIDON,海洋动力环境卫星 ERS-1 和 ERS-2、RADARSAT、

QUICKSCAT 及海洋水色卫星 SEASTAR、IRS-P3、ROCSAT-1。近期发射的与海洋相关的卫星及其用途见表1。

表1 1993~2004年海洋卫星发射概况^[2]
Tab.1 Ocean Satellites launched during 1993 to 2004^[2]

卫 星 Satellite	应用领域 Used field	搭载的主要传感器 Sensor on board	计划周期 Term planed
INSAT-2 印度国家卫星系统 2 号(印度)	印度洋观测	VHRR, DCS	1993 - 1999
SeaStar 海洋卫星(美国 NASA)	海洋水色、海洋生物和生态、浮游植物浓度	SeaWiFS	1994 - 1999
FY-2 风云 2 号(中国)	气象、气候	扫描辐射仪	1994 - 1999
CBERS- 中国 - 巴西地球资源卫星(中国 - 巴西)	地球资源和环境观测	WFI, CCD, IR - MSS	
ERS-2 欧洲遥感卫星 2 号(欧空局)	海波、深海探测	AMI, RA-1, ATSR, LRR, PRARE, GOME, AATSR	1995-1998
RADARSAT 加拿大雷达卫星(加拿大)	监测北极冰运动、海洋管理	SAR	1995 - 2000
ADEOS 先进的地球观测卫星(日本, NASDA)	全球海洋水色、海面温度观测	OCTS, AVNIR, RISSCAT, TOMS, POLDER IMG, ILAS	1996 - 1999
ALMAZ-1B“粗制钻石”(俄罗斯, 地球观测系统)	生态监测、海洋、渔业、航运及突发事件监测	SLR-3, SAR-3, -10, -70, MSU-E, -SK, SROM, CSSI, BALKOM-2	1996 - 1998
GFO 地球卫星继续计划(美国海军)	海洋形体	雷达高度计、辐射计、GPS	1996 - 2000
POME/ENVISAT-1 地球极轨观测计划环境卫星 1 号(欧空局)	海洋过程	MERIS, MIPAS, RA-2, MWR, ASAR, GOMOSSCI, AMACHY, AATERATSR, DORIS, SCARAB	1998 - 2002
EOS 海洋彩色计划(地球观测系统, 美国)	海洋浮游植物、叶绿素、生物量和初级生产率	SEAWIFS II	1998 -
EOS 下午轨道 1 号计划(地球观测系统, 美国)	海冰、海面温度和海洋生产率	CERES, MODIS, AIRS, AMSU, MHS, MIMR	2000 -
EOS 高度计计划(地球观测系统, 美国)	海洋循环、海冰重量平衡	GLAS, TMR, DORIS, SSALT	2002 -
海洋一号(中国)	海洋水色要素探测	水色扫描仪、CCD 相机	2002 - 2004

2 应用领域

2.1 海洋生态系统相关要素和渔场变动的监测

2.1.1 水温 水温是分析环境与鱼类生活习性及资源丰度最重要、最常用的环境因子。水温及其变化过程可以反映出重要的海洋事件(如涌升流、大洋平流及中尺度涡旋、锋面等现象)。目前由卫星遥感数据获取海洋表层水温是卫星遥感监测海洋环境因子最成功的一个例子。1980 年, Lasker 等^[3]利用

NOAA-6 上 AVHRR 所提供的卫星图像, 根据几个地点现场调查的海水表层水温数据, 对其卫星影像上的灰度值进行标定, 反演了加利福尼亚海区的水表层水温, 之后结合现场测定的海洋学和生物学参数(如风场、海况、叶绿素等), 进行了加利福尼亚海区海水温度对加州鲈鱼(*Engraulis mordax* Girard)迁移和繁殖影响的研究。美国海洋咨询委员会(the Sea Grant Marine Advisory Service)和罗德岛州大学的海洋研究所(the Graduate School of

Oceanography at the University of Rhode Island (URI))1983 年对 37 幅 AVHRR 的 SST 图像进行处理,制成 3 种产品形式,即整个海区温度图、感兴趣区域温度图和全海区水平温度梯度图,并把它们寄给渔民,渔民根据这些温度信息大大缩短了寻找渔场的时间^[4]。1988 年金曼宜等^[5]利用美国提供的全球海洋温度反演模式对 NOAA 卫星 4、5 两个通道的数据进行计算,在国内首次实现了海洋水温的计算机处理和自动绘制水温等值图。根据该项技术,韩士鑫等^[6]对卫星遥感处理得到的海渔况图与拟沙丁鱼(*Sardinops sagax* Melanosticta)的渔场、渔期、中心渔场温度和渔场稳定性之间的相关关系进行了研究,王法吉等^[7]研究了卫星遥感图像信息与鲷鱼(*Engraulis japonicus*)的洄游规律、渔场的形成之间的相关关系,研究结果都表明用卫星遥感提供

的海温与海况信息来分析渔场形成、渔期的迟早、渔场的稳定性是可行的。另外,根据卫星图像反演的表层水温信息(图 1),结合海水表层叶绿素浓度信息,可以获取冷暖水团的分布及运动,进而掌握海流情况^[8]。Santos 等^[9]研究指出,根据海洋卫星水温信息提供的渔场图,可将美国渔民寻找渔场的时间缩短 25%~50%。用于卫星遥感数据反演海水表面温度的方法有分裂窗法、高阶线性法等方法。分裂窗法是目前比较成熟的方法,用 NOAA-9 AVHRR SST 计算结果表明,用 10~12 μm 两个窗口通道计算的 SST RMS 误差只有 0.5~0.6 K。对 MODIS 卫星用双通道法反演 SST(图 1)误差可以控制在 0.35~0.4 K^[10]。相信随着定标-检验数据集覆盖范围的扩大,将会发展更多的 SST 表面温度算法。

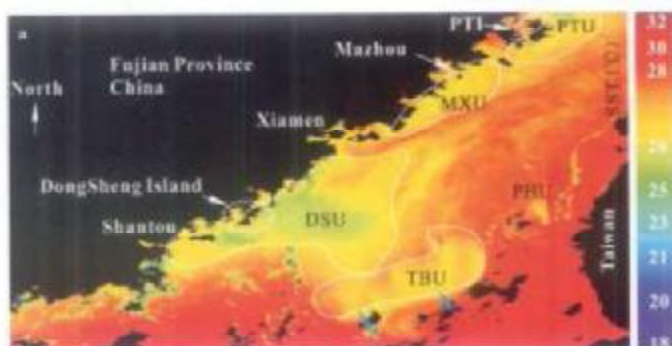


图 1 台湾海峡 1998 年 8 月 11 日海水表层水温分布图^[8]

蓝色箭头表示台湾上升流(TBU)移动方向

Fig.1 SST distributions in the Taiwan Strait on August 11, 1998^[8]

Blue arrows indicating the moving direction of Taiwan Bank Upwelling(TBU)

2.1.2 海洋色素 海洋色素浓度,尤其是叶绿素浓度是海洋中浮游植物生物量的一个指示器。在海洋环境中,当某地叶绿素质量浓度在 0.2 mg/m^3 以上时,表明这里浮游生物量充足,可以在这一区域进行商业捕捞生产^[11]。随着新的卫星传感器的不断研制成功(表 2),卫星的探测精度也随之大大提高,这为以海洋遥感手段研究浮游生物量提供了更有力的工具。在 CZCS 图像中,叶绿素浓度是两个通道中不同反射值的函数,对于不同水体,数学模型中所用波段不同,常数也有变化,即反射值会根据悬浮颗粒浓度和组成而不同。有报道显示^[11],利用从 CZCS 所获得的叶绿素浓度信息,可推断出浮游植物分布信息,再利用 Landsat-1 图像获得海水浑浊度的信

息,把这些信息与渔业、海洋学资料相结合研究西非南部海域沙丁鱼(*Clupeidae*)的分布情况,其结果表明,沙丁鱼鱼群往往会避开那些浮游生物密度高的区域,而栖息在浮游生物中等密集的区域,据此可以推断沙丁鱼经常出没的海域,这个结果用传统方法是难以得到的。Caraux 等^[12]利用 CZCS 所提供的水色信息,对图像进行了必要的大气校正后用特殊算法研究了地中海 Golfe du Lion 区域叶绿素边界的季节性变化情况,研究结果证明,浮游植物的分布特征是海洋锋面季节性变化较理想的一个指示器。通过研究海洋锋面,也可以监测沿岸上升流、气旋的运动,而许多鱼类活动都与海洋锋面及气旋的移动有关联。Laurs 等^[13]利用 CZCS 提供的色素浓度信

息结合从 AVHRR 所提取的海水表层温度信息,对北冰洋海域的海洋锋面和长鳍金枪鱼 (*Thunnus alalunga*) 的分布进行研究,结果显示,向岸海水的人侵对马鲛鱼集群非常有利,在近岸区长鳍金枪鱼的集群区域与海洋锋面(这些锋面常表现为浮游植物浓度间的差异)有很大关系,而与海水表面温度梯度关系不大。Montgomery 等^[14]把从卫星接受到的水温和水色数据处理后得到的边界产品图与从气象和海洋部门获得的天气环境信息整合到一起提供给渔民,使得渔民从生产中获得了较大的经济收益。

纵观水色遥感的发展历程,从当初的机载水色

扫描仪 OCS 到 CZCS,直到当今的 SeaWiFS 和 Modis,水色遥感数据源的质量已有了很大改进,波段数越来越多,灵敏度越来越高,信噪比也大大改进,大气校正等处理方法也日益成熟。以水色指标叶绿素浓度来说,现在已经发展了比值法、荧光法、因素分析法及代数、非线性优化、主成分分析和神经网络等模式算法,但是这些模式算法因为大气校正等方面的一些原因,存在着与实测资料偏差较大等一些问題,还达不到业务化的水平,需要今后不断进行改进。

表 2 近期海洋观测传感器概览^[2]
Tab.2 Present sensors used in marine observation^[2]

传感器 Sensor	卫 星 Satellite	空间分辨率 Spatial resolution	用 途 Usage
AATSR 高级沿轨扫描辐射仪	ERS-2(欧空局)	1 000 m × 1 000 m, 500 m × 500 m	海面温度
Altimeter 高度计	EOS(美国)		海洋表面特征
AMI 主动式微波仪器成像方式,波方式, 风散射计方式	ERS-1(欧空局)	30 m 海洋、冰川	
SR 扫描辐射仪	FY-2(中国)	1.43, 5.73 km	气象
WFI 海洋宽视场成像仪	CBERS(中/巴)	260	低分辨率制图
OCD 相机、十波段水色扫描仪	海洋一号(中国)		海洋水色探测
AMR 测高微波辐射计	EOS(美国)		海洋表面特征
ASCAT 先进的散射计	POEM/ENVISA-1 (欧 空局)	50 km	海风向量
AVHRR 甚高分辨率辐射仪	NOAA-11(美国)	1 100 m(星下点)	海面温度
DORIS 卫星集成的多普勒轨道成像及无 线电定位仪	EOS(美国)		海洋表面特征,风力等
EOS-Color, EOS 海面颜色仪	EOS(美国)	1 100 - 4 500	海洋颜色
MERRIS 中等高分辨率成像光谱仪	POEM/ENVISAT-1(欧 空局)	250 - 1 000 m	海洋观测
MODIS 中等高分辨率成像光谱辐射仪	EOS(美国)	250 m, 500 m, 1 000 m	海洋水温、水色
OCTS 海洋色温扫描仪	ADEOS(日本)	700 km	海洋水色、生产率、海气交换
PRARE 精密测距及测距速率设备	ERS-1(欧空局)		海洋测量
SeaWiFS 海洋宽视场传感器	SeaStar(美国 NASA)	1 120 m	海洋生物、生态监测
SROM 海洋监测光谱辐射仪	ALMAZ-1B(俄罗斯)	600 m(星下点)	海洋叶绿素,生物生产率

2.1.3 初级生产力 海洋初级生产力定义为海洋浮游植物光合作用的速率。用遥感方法来研究海洋

初级生产力主要是靠海洋水色探测器来实现的,其探测机理是:一定光照条件下,初级生产力和叶绿素浓

度是线性相关的^[15]。初级生产力的算法大体可分为2类,一类是先反演叶绿素浓度,再根据其其与初级生产力的相关关系来反演初级生产力;另一类是用经过大气校正后的卫星数据直接反演初级生产力。Feldman等^[16]利用有关东赤道太平洋的水色模型从 CZCS 中反演了叶绿素的信息,根据这些信息探讨了东赤道太平洋高生产力海域和有潜在生产力区域的分布情况,从 CZCS 估计的初级生产力与同时期现场调查取样得到的结果非常相近。该研究显示,从卫星遥感得到的定量信息有助于评估整个研究区域内的初级生产力,也可以估计某一特定区域的初级生产力情况,这将有助于制定海洋资源开发战略。李国胜等^[17]利用 SeaWiFS 资料,根据 VGPM 模型反演了中国东海海域 1998 年逐月初级生产力时空分布以及全年累积初级生产力分布状况(图 2),对东海海域海洋初级生

产力逐月时空变化特征及其影响机制的初步研究表明,海域初级生产力日平均值为 $560.03 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$,年平均值为 $236.95 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。整个东海海域初级生产力的逐月变化具有明显的双峰特征。由于 VGPM 模型中的所有重要参数都可以通过遥感手段直接或间接获得,VGPM 模型比其他许多经验的、半经验半理论的模型具有如下优点:用它计算初级生产力可以摆脱实地调查测量的限制,同步快捷的获取大范围的海洋初级生产力分布信息。2001 年,梁强^[18]根据东海海域初级生产力计算的结果估算了 1998 年东海区中上层鱼类总资源量,估算结果为 337.6 万 t,与常规渔业资源调查评估方法所得结论基本相符。借助于遥感手段实现中上层鱼类资源评估,极大地弥补了传统方法获取数据量少、时间不同步等缺陷,为海洋渔业资源评估开辟了一条新的途径。

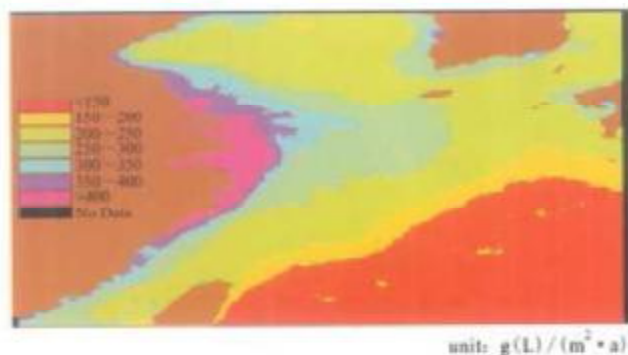


图 2 1998 年东海全年初级生产力分布^[17]

Fig.2 Distribution of total primary productivity in the East China Sea during the whole year of 1998^[17]

2.2 大型动植物分布的监测

利用水色航空图像,可测定大西洋沿岸加拿大 ScotiaFundy 区域龙虾(Cambers)的捕捞努力量。测定原理为:在某一既定的时间和区域内,认为龙虾的捕捞努力量与虾笼的数量成比例,虾笼的数量与其所附着的浮标有直接关系,而颜色较亮的浮标可以从航拍图像上识别。结果显示,在较好天气条件下,与地面真实情况的误差只有 11.3%^[11]。大型海藻类正常光谱信号与陆地上桔褐色植被的光谱信号非常相似,Jensen 等^[19]利用这一特性根据 LANDSAT、MSS、CIR 摄影、X-波段航空雷达和 L 波段 SEASAT 雷达所获取的图像,调查和测定了加利福尼亚海域的大型海藻资源。根据从 HRV 计算得到的植被指数(I_v),可以通过设置一特定阈值来研究潮间带内的藻类分布,并

从不同藻类波谱反射的差异中识别出了不同种类的藻类^[11]。

2.3 海况监测

恶劣海况条件会对鱼类的分布产生影响,航空器或卫星上的多种传感器都能直接或间接监测海况,例如合成孔径雷达能几乎实时地监测渔场上的海况条件。研究发现,LANDSAT MSS-4(4 通道,波谱 $0.5 \sim 0.6 \mu\text{m}$)能有效区分海洋深度信息,通过一个 42 灰度级的辐射强度可以辨认至少 8 m 深的等深线,误差是 10%,而一个 26 灰度级范围的 MSS-5(5 通道,波谱 $0.6 \sim 0.7 \mu\text{m}$)能提供 5 m 深度的海洋信息,误差只有 10%^[11]。海洋深度的研究结果对进一步研究海洋浮游植物和悬浮颗粒有很大作用。Mattie 等^[20]利用 SEASAT 上 SAR 回波信息,

识别海面潮流、海风、海浪等信息,结果证明,SEA-SAT SAR 图像能区分湾流边界和潮汐特征,经过数字化处理后的 SAR 图像能同时反映多种海况现象,甚至能拍摄到 0.1 m 的波浪信息。借助 AVHRR 图像,可在特定时间内通过连续跟踪海标位置计算出黑潮的表层流速,并根据海标位置的不断变化确定了黑潮的流向^[11]。黄润恒等^[21]选取 NOAA 卫星连续 5 d 晴空图像序列,利用地标点和最大互相关方法对图像序列进行精确配准后,分别用 C-R 法和 FAM 法计算了辽东湾海冰运动速度矢量场。结果表明,海冰运动的总体趋势受辽东湾局地平均风场影响,并且和潮汐的剩余效应有关。陈楚群等^[22]同样利用 SeaWiFS 资料,对南海海域表层海水叶绿素浓度分布的时空变化特征及其与营养物质和南海环流的关系进行了初步分析,得出了叶绿素浓度分布的基本格局受南海环流结构控制的结论。Herron 等^[23]对 AVHRR 数据用分裂窗方法进行了大气校正和标准定标等处理,提取了海水表面温度(SST)信息,结合对 CZCS 遥感影像资料利用 GORDON 和 MOREL 算法提取的叶绿素浓度信息,分析了墨西哥湾北部鲷鱼鱼群分布与锋面间的关系,结果显示,墨西哥湾鲷鱼在锋面附近的渔获率较高,并且指出渔获率与海表面温度梯度有明显的线性相关关系。

2.4 海洋生态污染及灾害监测

2.4.1 赤潮监测 船只和飞机是赤潮监测常用的工具,但监测费用高,时效性和空间性较差。卫星遥感具有快速、同步、大范围的监测能力,近年来卫星遥感技术应用于赤潮监测的研究受到有关方面的关注。用卫星监测赤潮是建立在赤潮生态学及其光谱特性

基础上,根据叶绿素 a、海表温度、多光谱、综合判断、归一化植被指数等一些特定算法来进行赤潮监测的^[24]。Stumpf 等^[25]曾试验过用 AVHRR 的 1,2 波段和 CZCS 的 4,5 波段的反射率之比探测赤潮。黄韦良等^[26]利用悬浮泥沙、清水和赤潮水体 SeaWiFS 1~5 波段光谱曲线之间的差异,用多波段比值法建立了赤潮预报模型,利用该模型对浙江嵊泗海域赤潮的发生、发展和消亡的全过程进行了成功预报和监测,使得该海区 400 km² 的养殖面积和 200 多只网箱免受其害,收到了很好的经济效益和社会效益。潘德炉等^[27]利用 FY-1 的水色数据和 AVHRR 的水温数据,通过一特定算式,判别得到了 1997 年 7 月初发生在渤海海域的赤潮面积大约为 1 700 km²,与实际观察到的赤潮分布范围十分吻合。赵冬至^[28]以 1998 年渤海赤潮过程中的现场实测资料和同步的 NOAA-14 的 AVHRR 数据,以植被指数(NDVI)为基础构建了渤海叉角藻赤潮生物细胞数遥感探测模型,该模型可以直接获取赤潮浮游植物细胞数这个指标,确定赤潮的发生范围、赤潮面积及赤潮生物分布的密集区,并计算细胞分裂速度以判定赤潮的消长状况,为赤潮灾害的应急防治工作提供了依据。另外,还有学者^[29,30]利用遥感信息做过赤潮的各方面研究,并取得了良好的结果。对现行大部分的赤潮遥感算法进行对比分析可知,监测赤潮的原理是在了解赤潮发生的生态学及光谱特性的基础上,通过对赤潮水体的相关因子(叶绿素浓度、海表温度、归一化植被指数和多光谱方面的特征变化等)进行构建模型从而实现监测(图 3)并预报赤潮的发生。



图3 2000年利用卫星监测的渤海湾和大亚湾的赤潮图像¹⁾
红圈所示水域 Chl a 浓度异常。

Fig.3 Satellite detected photo of red tides in Bohai Bay and Daya Bay in 2000¹⁾
The areas circled by red line had abnormal Chl a concentrations in water

1) 图像来源于香港科技大学海岸与大气研究中心,网址:<http://ccaz.usc.hk/aerco/train.html>

2.4.2 油污染 海面油污染的探测方法很多,包括肉眼观察、航空照相、MSS、CZCS、用 SMMR 和 SAR 进行的微波探测、用雷达进行的荧光探测、用红外扫描仪进行的热探测。石油与海水在光谱特性上有许多差别,如油膜表面致密、平滑、反射率较水体高但发射率远低于水体等特点,遥感通常是依据这些差别对溢油进行监测。另外,某些特殊的雷达能探测和识别烃的荧光特性,有些传感器还能鉴别油的基本种类(重油、轻油等)和油膜的厚度。热传感器通过海面油对太阳光吸收和辐射的差异来鉴别油,也能监测出油膜的厚度。1969年,美国使用航空遥感成功地对加利福尼亚附近的海上油膜及其扩散进行了跟踪测量。1974年,美国建立了航空油膜监测系统。20世纪80年代以后,各国多利用 TM、NOAA 监测海面溢油的污染范围和扩散方向^[31]。近几年来,SAR 图像为溢油事故遥感监测提供了新方法,尤其对测定油膜厚度等问题有较大的帮助。利用 RS 和 GIS 相结合技术监测和分析海面溢油系统也有新发展。目前,根据油膜与海水在微波波段的发射率差异及亮温等参数的差别,遥感技术已经能对海面油膜的覆盖范围、油膜厚度、溢油数量和油污种类进行监视测量^[32]。张永宁^[33]等利用 AVHRR 和 TM 资料对发生在大连老铁山水道的润滑油污染进行了分析处理,计算结果与事故调查结果相吻合。何执兼^[34]等利用美国的 SeaWiFS 资料进行了水体光谱测试与分析,建立了与水色卫星相应波段的 COD 及油的质量浓度信息提取模型,并用此模型处理了 1998 年 6 月 30 日过境的水色卫星图像,成功获取了珠江口、大亚湾近岸 COD 及油分布的专题图。航空遥感监测溢油有灵活机动性和传感器的可选择性等优点,适合小面积溢油监测,卫星遥感监测溢油可以在确定溢油位置、面积、扩散方向等方面提供整个溢油污染的宏观信息,适合大面积溢油污染事故的监测,而雷达传感器可以对溢油进行日夜、全天候的实时监测。

2.5 其他方面

海洋遥感还在鱼群侦察、渔业资源调查、滩涂变化、海冰监测、海洋表面水质监测、厄尔尼诺预报、全球气候变化等方面都有着广泛的应用。Hara 等^[35]直接利用视觉观察和航空摄影技术,对日本 Hokkaido 东南沿岸沙丁鱼鱼群形状和运动的轨迹进行观测。FAO 的 Bezigos 等^[36]利用视觉加上传感器的帮助,对印度沿海渔业生产作业的布局、分布面积、

作业类型、渔场的数量进行调查,结果与政府部门的统计数据相吻合。Bour 等^[37]利用 Desdalus 辐射计通过调查太平洋岛上一类圆螺(*Trochus*)所栖息的珊瑚区的底质类型找到了圆螺生活区,并进行了水产养殖地点的考察研究。张渊智等^[38]在对航空遥感数据、陆地卫星 TM 数据和 ERS-1/ERS-2 多源数据进行了大气校正和水质参数的地面定标后,研究了芬兰海湾和芬兰南部湖泊内各水质参数之间及不同遥感数据与各水质参数之间的相关性,在应用多种传感器遥感技术进行表面水质监测方面进行了有益的尝试。

3 问题与展望

最初的遥感技术应用限于传感器的性能等问题,只能提供与海洋生态系统相关要素和渔场变动有关的表层水温、色素浓度等少量海洋信息,仅限于指导渔业生产等用途。由于前期传感器的分辨率不高,加之信息提取技术的不成熟,遥感获得的信息精度并不高,很难做到海洋相关信息的精确定量计算。发展到今天,传感器的空间分辨率、时间分辨率、光谱分辨率均有大幅度提高,例如美国 Quickbird 商业卫星的空间分辨率可达 0.61 m,MODIS 传感器拥有 36 个波段,一天可以接收到 6 轨数据。

随着传感器的空间、时间、波谱分辨率的不断提高,遥感所获取的数据质量将大大提高,这为遥感技术在海洋渔业领域的应用提供了更广阔的天地,遥感信息的用途也将从当初的指导渔业生产更多地转向渔业资源评估、管理、保护和渔业水域环境监测等领域。通过遥感所获取的重点信息将会是水温、色素浓度、盐度、浑浊度等相关参数,因此,各种海水参数的提取与算法技术需要不断完善,例如对叶绿素浓度,需要探索出适合于海洋二类水体的大气校正算法。目前许多海洋参数的提取还需要结合实地监测信息进行标定,大大降低了遥感信息的利用效率,也是遥感应用研究中亟待解决的问题。

随着遥感信息获取精度的不断提高,海洋遥感在渔业领域内以下几个方面将发挥重大作用:

(1) 利用遥感技术为研究气候变化对鱼类的洄游、索饵、产卵等行为产生的影响提供信息,对研究海洋生态系统中的碳循环与输运提供基础数据。

(2) 根据海洋水色遥感监测所得水温、叶绿素信息制作各海区水温和初级生产力专题图,为水产养殖选址、资源增殖放流、海域划界、资源评估与管理

提供基础数据信息。

(3)根据遥感监测的海洋环境信息、海况信息制作灾害因子遥感专题图,如赤潮、溢油和大面积污染等信息图,以便及时向有关渔业部门和单位发布灾情,减少水产养殖的经济损失。

(4)根据海洋遥感中可见光和近红外波段的信息,反演滩涂、湿地信息,并制作成专题地图,为海洋渔业功能区划、湿地保护、滩涂开发与规划、海洋自然保护区建设等提供科学依据。

(5)根据从海洋遥感所获取的各种海洋参数,结合目标鱼种的鱼类行为特性,帮助寻找、开发新的渔场。

参考文献:

- [1] 陈述彭. 遥感大辞典[M]. 北京:科学出版社,1990.
- [2] 梅安新,彭望,秦其明,等. 遥感导论[M]. 北京:高等教育出版社,2001.
- [3] Lasker R, Pelaez J, Laurs R M. The use of satellite infrared imagery for describing ocean processes in relation to spawning of the northern anchovy (*Engraulis mordax*) [J]. Remote Sensing Environ, 1981, 11: 439 - 453.
- [4] Cornillon P. Sea surface temperature charts for the southern New England fishing community[J]. Marine Technology Society Journal, 1986, 20(2): 57 - 65.
- [5] 金曼宜, 韩士鑫, 王法吉, 等. 卫星遥感技术在渔业资源调查中的应用研究[A]. 环境监测与作物估产的遥感研究论文集[C]. 北京: 北京大学出版社, 1991. 230 - 236.
- [6] 韩士鑫, 沈建华, 黄忠明. 卫星遥感信息在拟沙丁鱼资源开发中的应用研究[A]. 环境监测与作物估产的遥感研究论文集[C]. 北京: 北京大学出版社, 1991. 243 - 252.
- [7] 王法吉, 卢文文. 卫星遥感在鲷鱼资源调查中的应用研究[A]. 环境监测与作物估产的遥感研究论文集[C]. 北京: 北京大学出版社, 1991. 237 - 242.
- [8] Tang DunLing, Dana R K, Ni I - Hsun, et al. Upwelling in the Taiwan Strait during the summer monsoon detected by satellite and shipboard measurements [J]. Remote Sensing of Environment, 2002, 83: 457 - 471.
- [9] Santos A M P. Fisheries oceanography using satellite and airborne remote sensing methods: a review[J]. Fisheries Research, 2000, 49: 1 - 20.
- [10] 刘玉洁, 杨忠东, 罗东风, 等. MODIS 遥感信息处理原理与算法[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [11] Butler M J A, Moschot M C, Boral V, et al. The application of remote sensing technology to marine fisheries: an introductory manual[M]. Rome: FAO, 1988.
- [12] Carnux D, Austin R W. Delineation of seasonal changes of chlorophyll frontal boundaries in Mediterranean coastal waters with NIMBUS-7 coastal zone colour scanner data[J]. Remote Sensing Environ, 1983, 13(3): 239 - 249.
- [13] Laurs R M, Fiedler P C, Montgomery D R. Albacore tuna catch distributions relative to environmental features observed from satellites[J]. Deep-Sea Res, 1984, 31(9): 1085 - 1099.
- [14] Montgomery D R. The applications of satellite-derived ocean color products to commercial fishing operations[J]. Marine Technology Society Journal, 1986, 20(2): 72 - 86.
- [15] 吴培中. 中国海洋水色遥感十年[J]. 国土资源遥感, 1994, 20(2): 5 - 14.
- [16] Feldman G C. Variability of the productive habitat in the Eastern Equatorial Pacific[J]. EOS Transactions, 1986, 67(9): 106 - 108.
- [17] 李国胜, 王芳, 梁强, 等. 东海初级生产力遥感反演及其时空演化机制[J]. 地理学报, 2003, 58(4): 483 - 493.
- [18] 梁强. 基于遥感的东海中上层鱼类资源评估的研究[D]. 北京: 中国科学院地理科学与资源研究所, 2001.
- [19] Jensen J R. Remote sensing techniques for kelp surveys[J]. Photogramm Eng Remote Sensing, 1980, 46(6): 743 - 55.
- [20] Mattie M G, Lichy D E. EASAT detection of waves, currents and inlet discharge[J]. Int J Remote Sensing, 1980, 1(4): 377 - 398.
- [21] 黄润恒, 刘清革. 从卫星遥感图像序列计算辽东湾海冰运动速度矢量[J]. 遥感学报, 1997, 1(4): 298 - 305.
- [22] 陈楚群, 施平, 毛庆文. 南海海域叶绿素浓度分布特征的卫星遥感分析[J]. 热带海洋学报, 2001, 20(2): 66 - 71.
- [23] Herron Rex C, Lening Thomas D, Li Jilong. Satellite-detected fronts and butterfly aggregations in the northeastern Gulf of Mexico[J]. Continental Shelf Research, 1989, 9(6): 569 - 588.
- [24] 顾德宇, 许德伟, 陈海翔. 赤潮遥感进展与算法研究[J]. 遥感技术与应用, 2003, 18(6): 434 - 440.
- [25] Stumpf R P, Tyler M A. Satellite detection of bloom and pigment distributions in estuaries[J]. Remote Sensing of Environment, 1998, 24: 385 - 404.
- [26] 黄韦民, 毛星谋, 张瑞翔, 等. 赤潮卫星遥感监测与实时预报[J]. 海洋预报, 1998, 15(3): 110 - 115.
- [27] 潘德炉, 毛天明, 李淑青, 等. 卫星遥感监测我国沿海水色环境的研究[J]. 第四纪研究, 2000, 20(3): 240 - 246.
- [28] 赵冬至. AVHRR 遥感数据在海表赤潮细胞数探测中的应用[J]. 海洋环境科学, 2003, 22(1): 10 - 19.
- [29] 胡德永, 王杰生, 王振生. 陆地卫星 TM 观测到渤海湾赤潮[J]. 遥感信息, 1991, 6(3): 11.
- [30] Mati Kahra, Ulrich Horstmann, Ove Rud. Satellite detection of increased cyanobacteria blooms in the Baltic Sea: Natural fluctuation or ecosystem change[J]. AMBIO, 1994, 553(8): 469 - 472.
- [31] 李栖筠, 傅玉慧, 黄凤荣, 等. 美国气象卫星监测海洋溢油[J]. 海洋环境科学, 1997, 16(1): 6 - 10.
- [32] 汪小钦, 陈崇成. 遥感在近岸海洋环境监测中的应用[J]. 海洋环境科学, 2000, 19(4): 72 - 76.
- [33] 张永宁, 丁倩, 李栖筠. 海上溢油污染遥感监测的研究[J]. 大连海事大学学报, 1999, 25(3): 1 - 5.

- [34] 何执康,邓儒圃,王兴玲,等.应用水色卫星对海水油及COI的遥感探测[J].中山大学学报(自然科学版),1999,38(3): 81-84.
- [35] Hara I. Moving direction of Japanese sardine school on the basis of aerial surveys[J]. Bull. Japan Soc Sci Fish, 1985, 51 (12): 1939-1945.
- [36] Borjas G P. Aerial frame survey along the southwest coast of India. UNDP/FAO Pelagic fishery investigation project on the southwest coast of India[R]. Rome: FAO, 1979, FIRM/IND/75/038:104.
- [37] Boor W L, Leobersack, Rual P. Thematic mapping of reefs by processing of simulated SPOT satellite data: application to the *Trochus niloticus* biotope on Tetarbia Reef (New Caledonia) [J]. Mar Ecol Prog Ser, 1986, 34:243-249.
- [38] 张渊智,聂跃平,黄启忠,等.表面水质遥感监测研究[J].遥感技术与应用,2000,15(4):214-219.

Application of remote sensing technology in marine fisheries and related fields - A Rivew

YANG Wen-bo^{1,2}, LI Ji-long¹, LUO Zong-jun¹

(1. Key Laboratory on Remote Sensing and Geographical Information System Technique, Centre of Nature Fishery Resources and Environment Research, Chinese Academy of Fishery Sciences, Beijing 100039, China; 2. College of Marine, Shanghai fisheries university, Shanghai 100039, China)

Abstract: New generation of satellites and sensors are launched year by year and has created a lot of opportunities to the applications on marine fisheries and relevant areas with the remotely sensed data. The main purpose of this paper is to provide an update review of the use of the remotely sensed data in marine fisheries and relevant areas, which can be summarized as marine ecology and fishing ground monitoring, sea creature distribution, sea condition monitoring, pollution and disaster monitoring and so on. At last, the prospect of using remote sensing data in marine fisheries is especially put forward.

Key words: marine remote sensing; marine fisheries

Corresponding author: LI Ji-long. E-mail: lijilong@cafs.ac.cn