

海洋遥感应用研究现状及展望*

REVIEW AND FORECAST OF THE STUDY ON COASTAL REMOTE SENSING

赵书河 冯学智

(南京大学城市资源系 210093)

从 20 世纪 70 年代始至今,海洋遥感经历了从探索实验、实验研究到应用研究和业务使用的过程。1970~1978 年主要利用载人飞船搭载实验和利用气象卫星、陆地卫星探测海洋;1978~1985 年主要是对美国发射的海洋卫星(Seasat)和搭载海岸带水色扫描仪(CZCS)的雨云卫星 7 号(Nimbus-7)进行实验研究;1985 年至今为应用研究和业务使用,期间世界上相继发射了多颗海洋卫星,特别是 20 世纪最后 5 年出现了各国竞相发射海洋水色卫星的热潮,已发射和计划发射的卫星见表 1。我国也计划在 2001 年发射我国自

己的海洋水色卫星(HY-1),将搭载海洋水色扫描仪^[1](COCTS),标志着我国海洋遥感技术的发展将跨入一个新阶段。

本文对我国海洋遥感目前已取得的研究成果作了综述,分析了 21 世纪海洋遥感面临的挑战及发展趋势,并对我国海洋遥感的发展提出了建议。

1 海洋遥感卫星主要技术性能参数

详见表 1。

表 1 已发射或计划发射的主要海洋卫星技术性能参数

卫星	国家	发射时间 (年.月)	轨道高度 (km)	轨道倾角 (°)	过轨道时间	波段数	地面分辨率 (km)
CZCZ	美国	1978.10~1986.6	955	99.3	12:00	6	0.825
Seastar	美国	1997.8	705	98.2	12:00	8	1.1
Adeos-I	日本	1996.8~1997.7	804.6	98.6	10:41	12	0.7
ROCSAT-1	中国台湾	1999.1~2003.4	600	35	9:00/15:00	6	0.825
IRS-P3	印度/德国	1996.3~2001.3	720	98.3	12:00	8	0.35
OCM	印度	1999.5~2003.11	720	98.3	12:00	8	0.35
POLDER	法国	1996.8~1997.6	804.6	98.6	10:41	9	6
POLDER-2	法国	2000.6~2005.6	803	98.6	10:30	9	6
MODIS-AM	美国	1999.8~2003.6	705	98.2	10:30	36	1
MISR	美国	1999.8~2003.6	705	98.2	10:30	4	0.25
OSMI	韩国	1999.8~2002.7	685	98.13	10:50	6	0.85
GLI	日本	2000.11~2005.6	803	98.6	10:30	36	1/0.25
HY-1	中国	2001.7	798	98.8	8:35~9:00	10	1.1
S-GLI	日本	2003.6~2005.6	803	98.6	10:30	10	0.75
MERIS	欧空局	2000.12~2004.2	800	98.5	10:00	15	1

注:表中所列均为海洋水色卫星,还发射了海洋地形卫星 Geosat、Geosat-FO、TOPEX/POSEIDON,海洋动力环境卫星 ERS-1&ERS-2、Radarsat、Quikscat 等。

2 海洋遥感应用研究现状

学中的逼近理论相结合,发展了海洋水色高光谱信息

2.1 海洋遥感应用基础研究

在海洋水色高光谱遥感信息分析研究方面,1996 年潘德炉、R.Doerffer 等人把辐射传输机理与数

* 国家“九五”重点科技攻关资助项目 96-912-01 号。

收稿日期:2001-01-05;修回日期:2001-02-23

的多因子反演算法,研究了叶绿素、悬浮泥沙及黄色物质等多因子对离水辐射率的共同贡献的定量关系,提出了多因子离水辐射模型。在处理历史的 CZCS 资料和大视野海洋观测传感器(SeaWiFS)资料中应用的初步结果表明,该算法对沿岸水体水色信息提取精度有所提高。

建立了海洋光学三维 Monte Carlo 模型^[2],模拟了不同太阳天顶角、水体成分等参数对离水辐射率的方向特性的影响。模拟结果表明,在一定的遥感器-太阳-像元几何条件下,同一水体的光场二向性带来的离水辐射率变化可能大于已有的业务化水色大气修正算法反演离水辐射率的误差。模拟结果对水色遥感中正确进行现场数据获取及遥感与地面数据对比有一定的意义。根据剖面辐射计和荧光计的现场监测数据,利用因子分析和多元线性回归方法,给出了黄海叶绿素的估算模式^[3]。

在星载合成孔径成像雷达(SAR)的成像机理和模型研究方面,周长宝、黄韦良等在 SAR 海浪成像机理和模拟研究方面有所进展,在 SAR 图象与海浪谱转换方法上,提出了一般非线性积分模型,在国际上引用。在浅海水深和地下水地形及尾迹的 SAR 成像机理研究方面也取得了一定的进展。建立了浅海水下地形和水深雷达后向散射截面仿真模型^[4,5]。

在海面风速反演方面,1995 年黄兴忠和金亚秋等研究了特别微波辐射计成像(SSM/I)对中国海域海面观测数据的定量辐射特征,提出了一个物理意义明确又易于计算和参数重新标定的海面风速反演公式,各项参数分别考虑了大气水汽、大气有效温度、海面温度与物理状况、白水泡沫覆盖等情况,并应用于南海海面风速的反演,反演结果与浮标的实测结果作了很好的比较。

在水深遥感方面,邸凯昌等在传统的多波段线性回归模型的基础上,加上数据预处理、潮汐改正、分段线性回归和数据归一化等改进措施,提高了测深精度。

2.2 海洋遥感在海岸带环境监测与海洋资源管理中的应用

2.2.1 悬浮泥沙方面的应用

华东师大河口海岸所、国家海洋局第二海洋所等单位以 MSS 和 TM 资料为主,对鸭绿江口、黄河口、长江口、钱塘江口及珠江口的悬浮泥沙运移进行了定量的监测、分析和研究,对港口建设和航道整治有十分重要的意义。

“七五”期间,有关单位将我国的“国土普查卫星”的全景相机照片应用于黄河口和滦河口的资源探测与制图,并在黄河入海口附近发现一个由高悬浮泥沙

浓度的海水构成的逆时针涡旋,这对认识该海域流系与悬浮泥沙输运过程有重要价值。

1995 年恽才兴等人利用 Landsat 和 NOAA 卫星的时间序列图象对长江口通海口悬浮泥沙分布规律进行了研究,与现场监测相结合,估算了长江口的悬浮泥沙量,并对航道的影响作了评价。

利用卫星遥感信息,阐述了近期黄河口沙嘴演变中的时空属性和时间维的概念化系统,以此进行相关参数的量化和沙嘴空间结构的拓扑分析,并建立符合表达黄河口沙嘴延伸和发育的模型^[6]。

2.2.2 赤潮监测

在赤潮监测方面,综合应用遥感、生物、化学技术进行赤潮监测和趋势预报,达到国际先进水平。如:1997~1998 年,黄韦良等人利用 SeaWiFS 和 AVHRR 卫星遥感资料,结合海上现场监测,成功地监测和预报了发生在浙江、福建、广东、香港沿海的赤潮,开创了我国赤潮监测和趋势预报的先例。国家海洋局第三海洋所也将 SeaWiFS 资料成功地应用于厦门海区的赤潮监测。

2.2.3 海冰监测

1990 年国家海洋局海洋环境预报中心龚家龙等人综合应用地面观测、航空观测和卫星观测方法,完成了 NOAA 卫星实时监测我国海冰的方法及其软件系统的研究,实现了对海冰和海面温度的实时、动态和业务化监测,并通过公共媒体播发我国海冰卫星彩色图像、海冰类型分布图、冰厚度、密集度、流冰面积和最大外缘线及离岸距离等卫星冰情实况信息。SAR 监测海冰是极为有效的方法,在国外已投入业务预报服务。由于我国没有发射 SAR 卫星,所以 SAR 数据处理和应用尚没有系统开展。海洋探测方面正在从事洋流、波浪、海冰和地下水地形等方面的研究,已取得较好的阶段成果,但尚处在起步阶段。如:张庆华、杭可等人进行了水下运动物体及海底地形的 SAR 探测的初步研究,对水下运动物体和海底地形作了 SAR 仿真影像分析^[7,8]。

2.2.4 海洋渔业应用

80 年代渔业部门利用气象卫星红外图象对邻近海域渔场与遥感信息的相关性进行了研究,发现黄海蓝点马鲛渔场、黄海和东海的底拖网渔场及对马海渔场在卫星红外图象上均有明显特征;国家海洋局第二海洋所沙兴伟等人利用 AVHRR 数据反演海面温度,计算冷暖锋面,结合岸站观测资料得到东海表层流系。利用该研究成果发布近海和远洋渔业海况速报,指导渔业生产,提高了渔获量,节约了能源,取得了很好的经济效益。

2.3 海洋动力现象的研究

开展大、中尺度海洋现象的研究。如：应用1992~1996年的TOPEX/POSEIDON卫星高度计遥感资料，研究了冬、夏季风强盛期多年平均的南海上层环流结构。主要分析了南海季节环流的大尺度特征^[9]。

3 21世纪海洋遥感面临的挑战

3.1 海洋遥感定量化

海洋遥感从定性研究到定量研究，海洋遥感定量化是海洋遥感的必然发展趋势，也是相对困难的方面之一。遥感信息定量化就是通过试验的或物理的模型将遥感信息定量地反演或推算为某些地学、生物学及大气等观测目标量。通过遥感信息的定量化，将定量反演的地物光谱与实测值相比较，可对遥感数据的精度进行全面的评价，进一步为遥感器的不断改进提供可靠的依据。同时可快速地进行信息提取，立刻投入应用、产生效益。通过大尺度(从大洋涡流到全球海洋)水色遥感数据的反演，进行全球碳含量研究。通过遥感信息的定量化，使遥感定量分析专题应用模型，如：海冰监测、海水泥沙含量和海洋初级生产力的计算等模型，具有高质量的定量遥感数据作为输入参数加以广泛推广应用。因此，海洋遥感定量化将是21世纪研究的热点之一。

3.2 辐射定标与真实性检验

随着海洋遥感向定量化发展，传感器定标和遥感数据产品的真实性检验越来越受到海洋遥感界的重视。辐射定标即建立传感器输出信号与辐射量间的定量关系，并检测这种关系随时间及轨道的变化。在传感器定标之后，便可从这些辐射量中提取所需的物理参数。通过独立的方法来评价由系统输出得到的数据产品的质量的过程，即真实性检验。辐射定标是获取准确可靠的水色遥感数据的重要条件。真实性检验可有效地评价遥感数据的产品质量，从而提高卫星遥感定量化的精度。

通过SeaWiFS的研制和发射，带动了许多相关技术的发展，例如光学浮标的研制成功，可完成遥感数据的真实性检验，提高信息产品的质量，还可为海水表皮和表层的水光学特性研究提供了迄今为止世界上最先进的仪器设备。国外正在开展SeaWiFS数据检验和校正^[12]，已取得一定的进展。

3.3 海洋全球碳含量研究

利用长期序列的数据来定量分析周期性全球气候现象(如厄尔尼诺)对海洋环境的影响。如全球海洋通量联合研究计划(JGOFS)利用由海洋水色遥感数据反演得到的海盆-全球尺度的浮游植物叶绿素分布

场研究海洋生化过程及其与全球碳循环的关系；研究海-气CO₂净通量与生物过程的关系，这方面的模型强调生物和物理过程对海洋CO₂吸收的重要影响及其与全球变暖的关系；开发全球海洋初级生产力计算模型，此类模型对输入的表面叶绿素浓度场非常敏感。

利用海洋水色图像直接观测气候及其他大尺度现象(厄尔尼诺)对海洋叶绿素分布的影响，如已经利用海洋颜色温度扫描仪(OCTS)和大视野海洋观测传感器(SeaWiFS)图像观测到1997~1998年的厄尔尼诺对太平洋表面叶绿素场的影响^[13]，并进行了定量分析。

3.4 卫星精密测定轨技术

为了使测定轨精度达到1m(GFO-1)或更高，采用了多种技术措施，如激光测轨、Doppler跟踪、GPS定位等。激光测轨优点是精度高，缺点是易受天气影响；Doppler跟踪和GPS定位技术可以弥补激光定位之不足。采取这些测定轨技术后，轨道定位误差可达m级。为了满足测高精度能达到1cm，测定轨和大气校正技术值得进一步深入研究和改进。

4 对我国海洋遥感发展的几点建议

4.1 加强基础实验研究

今后我国海洋遥感需加强以下几个方面基础研究：

(1)多种类型传感器数据的信息复合。各类数据如何进行复合，已实现资源共享，优势互补，更好地为全球变化研究服务是国际海洋水色遥感界面临的问题之一。

(2)利用海洋水色遥感资料研究和改进叶绿素、泥沙及黄色物质浓度的反演方法。

(3)采取不同的算法对陆地和I、II类水体进行信息提取。


研究海洋遥感中的大气传输理论、海洋要素的遥感机理及其反演模式等是海洋信息获取的关键。因此只有理论上的突破，才会给实践应用提供科学的指导，产生巨大的社会价值。

4.2 加强我国海洋海域真实性检验与验证，为发射我国自己的海洋卫星提供参考

结合我国近海海域进行真实性检验与验证，研究海洋遥感中的大气传输理论、海洋要素的遥感机理及其反演模式，获取及建立海洋遥感信息传输模型和反演技术，为我国设计海洋水色传感器及发射我国自己的海洋卫星提供研究基础。

4.3 建设数字海洋，开发海洋动态地理信息系统研究

从国家的根本利益出发，以维护海洋权益与国

家安全、保护海洋生态与环境、提高海洋资源开发能力、促进海洋经济发展为应用目标,开展“数字海洋”的研究与开发^[10],目前已成为国内海洋界学者研究的热点。数字海洋的关键技术是研究的重点,如:海量数据存贮、压缩与管理技术、“数字海洋”WebGIS技术、“数字海洋”虚拟现实技术、“数字海洋”应用模式等,有关学者提出了基于海洋管理模式的数字海洋总体设计^[11]。针对海洋具有时空变化复杂性的特点,需要研究和开发一种动态的、四维(x, y, z, t)的海洋地理信息系统。海洋遥感可动态、实时、全天候地获取庞大的海洋数据,为动态海洋地理信息系统数据的更新提供了可能,使海洋遥感与海洋地理信息系统技术真正地相结合是合理利用海洋信息、为海洋管理提供宏观决策的必然之路。

参考文献

1 潘德炉、李淑笄. 遥感学报, 1998, 2(1): 26~31

- 2 唐军武、田国良、陈清莲. 海洋学报, 2000, 22(2): 48~57
- 3 傅克付、曾宪模、任敬萍等. 黄渤海海洋, 1999, 17(2): 19~23
- 4 黄韦良、傅斌、周长宝等. 遥感学报, 2000, 4(3): 172~177
- 5 傅斌、黄韦良、周长宝等. 海洋学报, 2001, 23(1): 35~42
- 6 刘宝银、王岩峰、高俊国. 海洋学报, 2000, 22(2): 41~47
- 7 张庆华、杭可. 黄渤海海洋, 1998, 16(3): 1~9
- 8 张庆华、杭可. 黄渤海海洋, 1998, 16(4): 1~8
- 9 李立、吴日升、郭小钢. 海洋学报, 2000, 22(6): 13~25
- 10 候文峰. 海洋通报, 1999, 18(6): 1~10
- 11 薛永生、胡建宇. 海洋科学, 2000, 24(8): 4~6
- 12 Hooker S. B., McClain C. R. . *Progress in Oceanography*, 2000, 45(3~4): 427~465
- 13 Murtugudde R. G., Signorini S. R., et al. . *Journal of Geophysical Research* C:Oceans., 1999, 104(8): 18 351-18 366

(本文编辑:李本川)