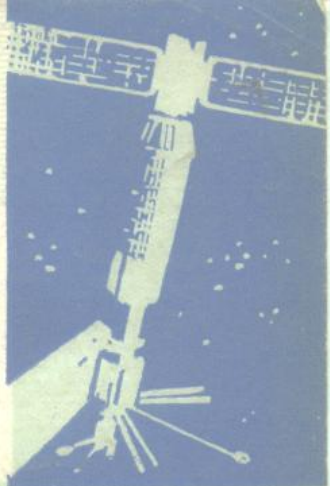


卫星海洋学



海洋出版社

P 715 6
V. 6 Z

卫星海洋学

吴国柱 吴克勤 译

任明达 徐希儒 校

TU=4/8

海洋出版社

1981年·北京

内 容 提 要

七十年代蓬勃发展的卫星遥感技术,使海洋调查方法摆脱了长期所处的落后状态,实现了大面积、长期、连续和同步观测,为海洋热力过程、生物化学过程和海气相互作用过程的研究开辟了崭新的前景。本书第一部分译自《Спутниковая океанология》(1975),主要介绍卫星海洋学的研究方法和对象,卫星电视像片和红外像片的海面温度、海洋锋和海冰的解译,以及像片上地理连测的几种方法。第二部分译自《Ocean'76》(1976),简略介绍美国《海洋卫星—1》的各种系统、传感器和资料传递。

本书可供海洋水文和气象工作者及遥感科研人员参考。

Спутниковая Океанология(1975)

Океан'76 (1976)

~~卫 星 海 洋 学~~

吴国柱 吴克勤 译

任明达 徐希儒 校

*

海洋出版社出版

北京复兴门海贸大楼

~~国防科委印刷厂印刷~~

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1981年4月第一版 开本: 787×1092 1/32

1981年4月第一次印刷 印张: 5 3/8

字数: 150,000 印数: 1,100

统一书号: 13193·0064 定价: 0.90元

目 录

第一部分 卫星信息在海洋学上的应用	(1)
第一章 卫星海洋学的研究对象	(1)
一、温度场	(3)
二、海流	(6)
三、风浪	(8)
四、津浪	(11)
五、水团	(11)
六、水深测量	(12)
七、海洋渔业	(13)
八、海冰与冰山	(14)
九、海洋污染	(15)
十、海气相互作用	(17)
第二章 探测海洋用的人造地球卫星设备	(18)
一、照相系统	(19)
二、电视系统	(20)
三、扫描系统	(21)
四、红外线系统	(22)
五、光谱仪	(23)
六、微波系统	(24)
七、中转系统	(25)
第三章 卫星红外辐射信息在洋面温度场测定中 的应用	(38)
一、测量依据和窗口	(38)

二、辐射面的性质	(43)
三、测温精度和分辨率	(44)
第四章 用卫星电视云图研究太平洋锋带	(50)
一、洋面温度与云系	(50)
二、卫星云图上的大洋锋带	(51)
三、锋云与赤道洋流的关系	(58)
四、秘鲁海流和日本海锋带	(61)
第五章 用卫星红外像片判读亲潮锋	(66)
一、判读依据	(66)
二、红外像片中亲潮锋的动态	(67)
三、判读标志	(74)
第六章 用卫星测云法测定西南非洲沿岸的海流	(75)
一、与海流有关的电视云图的构造	(75)
二、电视云图上西南非洲沿岸的海流	(79)
第七章 卫星电视像片的海冰判读和地理连测	(84)
一、电视像片判读依据和对象	(84)
二、电视像片畸变纠正和连测方法	(90)
第二部分 美国海洋卫星—1简介	(104)
第八章 海洋卫星—1 的各种系统	(104)
一、海洋卫星—1的卫星系统	(104)
二、海洋卫星—1的轨道系统	(105)
三、海洋卫星—1的仪器装备	(106)
四、海洋卫星—1的资料传递系统	(108)
第九章 海洋卫星—1 的雷达高度计	(109)
一、高度计的设计思想	(110)
二、波形倾斜全切除理论	(113)
三、自适应跟踪系统	(115)
四、关于雷达高度计的精度问题	(119)

第十章 海洋卫星—1的合成孔径雷达	(123)
一、雷达的基本特性	(123)
二、雷达的覆盖区问题	(129)
第十一章 海洋卫星—1的微波散射计	(132)
一、微波散射计的结构	(132)
二、微波散射计的性能	(136)
第十二章 海洋卫星—1 的扫描式多通道微波辐 射计	(141)
一、辐射计的基本结构和性能	(141)
二、计算模式	(145)
第十三章 海洋卫星—1 的地面验证试验	(153)
一、地面试验的作用	(153)
二、卫星发射前的地面试验	(154)
第十四章 海洋卫星—1 的资料传递与处理	(158)
一、资料传递线路的划分	(158)
二、关于算法的确定与修正	(160)

第一部分 卫星信息在海洋学上的应用

第一章 卫星海洋学的研究对象

地球海陆表面之比为2.5:1。地球表面被世界大洋覆盖的面积有361,300万平方公里。这一点很重要，它决定了作为行星的地球的外貌及地球上观测到的各种现象和过程的性质。

海水是一种密度比空气大得多，且有较大的热容量、流动性和反射率很低的物质，所以世界大洋是地球上巨大的太阳热能“吸收器”、“分配器”和地理外壳的“调节器”。大气和地球水圈中的游离氧的主要来源之一是海洋植物的光合作用。每年进入大气的约 2.5×10^{12} 吨氧中，至少50—60%是由海洋输出的。海洋和大气之间的物质和能量交换是引起大气环流的主要因素。决定行星天气的气旋主要是由海洋通过蒸发和凝结过程而输入大气的热能形成的。这种热能值平均约 10^{13} 千卡/秒，为地表太阳总辐射能的30—50%。

可见，作为人类和动植物生活环境的地理外壳的各种主要特性完全取决于海洋的影响。假若没有海洋，地球上的生命就不可能出现。

大洋对人类生产活动也具有愈来愈大的意义。自古以来就有海上航行。世界上各种方式的运输中，海上运输起着主

导的作用。海洋为人类提供了各种重要资源：生物、化学、矿物和动力资源。许多科学家和产业活动家认为，这些资源实际上是取之不尽的。尤其在生物资源方面，1900年到1970年期间，世界海洋食物开采量由400万吨增至6,700万吨，增加了17倍。

世界大洋是个极为复杂的生化热力学系统，该系统的各部分之间都相互密切联系。因此必须合理利用和保护世界大洋资源。渔业若有严格的科学管理，世界大洋每年可以给人类提供10,000万吨以上的食品。实际上，由于无计划的滥捕鱼类，已经使大洋生物资源遭到了破坏。尽管捕鱼船队的吨位进一步提高，技术装备有了改进，1966—1968年传统经营的鱼，如鳕鱼、黑线鳕鱼、鲈鱼、鲱鱼、比目鱼等捕获量却显著下降。无计划的滥捕会使海洋生物绝迹。

破坏海洋生物资源的另一个原因是海洋的污染，其中最危险的是石油污染。由于世界各国冲洗油船和开采海底石油，每年排入海洋的石油约3,000—4,000吨。某些面积相当大的开阔水域，如大西洋已经失去自行清除石油污染的能力。这样发展下去，受影响的水层的理化性质就会产生不可逆的恶化，使有机体大量死亡；产生嫌气细菌对海洋有机物的分解，又导致海洋污染。所有这些都会促使海洋生物生产率迅速下降。这会引起什么样的后果呢？据联合国科教文组织的现有资料来看，人类所患疾病，三分之二是由海洋蛋白质供应不足引起的。

问题不仅如此。假如海洋污染过程不能就此结束，会使许多对人类生命至关重要的全球海洋过程遭受极大破坏。比如大洋表面若常有石油薄膜，就会剧烈改变海气热交换状态，

破坏蒸发条件，改变地球上的水分循环性质。所有这些不可避免地会导致气候、天气和地面大气成分发生难以预料的、不利的、可能是灾难性的变化。

要保护大洋和合理利用大洋资源，必须在采用新技术和新方法的基础上，对世界大洋进行全面深入的研究。旧的调查方法只能作个别点或个别区域的（随机的或主观选择最佳条件下的）观测和不同时间不同地区的观测。这样得到的关于海洋环境和海洋过程性质的概念与实际相差甚远。在解决很多重大的海洋学问题时，要求所采用的方法能够连续获得大范围水域，甚至整个大洋的海洋学和气象学的同步资料。如大洋与大气间复杂的热动力相互作用引起大洋中时而比较稳定，时而又不断变化的各种尺度的流和涡旋系统。这种旋涡的位置不稳定，常常沿不同方向以不同速度移动。因此，海洋结构具有明显的分散性；海洋的各种参数具有空间分布的不均一性和时间上明显变化的特点。宇宙飞船的黑白和彩色海洋像片，及由人造地球卫星传送的电视、红外、频谱测量、微波、雷达和激光像片的判读经验证明，卫星信息对研究世界大洋的理化场，测定大洋结构分散性和大洋与大气圈、岩石圈之间的各种热动力过程是很有前途的。

一、温度场

从宇宙测定温度的方法见本书的第三章，这里介绍一些具体成果。

图1是根据美国《雨云—2》号卫星于1966年9月7—9日由1,100—1,180公里高空发回的红外探测仪测量数据绘制的太平洋表面水温图。它示出了地球上最大的一个大洋，几乎同时记录的整个大洋的温度场。

应着重指出，根据宇航测量资料得出的太平洋温度分布的总的特征与我们通常认为的截然不同。比如，所有过去的图上，太平洋北半部纬度 40° 附近的等温线都是从太平洋的西海岸向东呈扇形分布，我们在图 1 上看不到这种情况。此外，图 1 等温线的形状相当复杂，与过去认为大部分地区的表面温度变化平缓的概念相反。无疑，这与大洋里的涡旋有关。

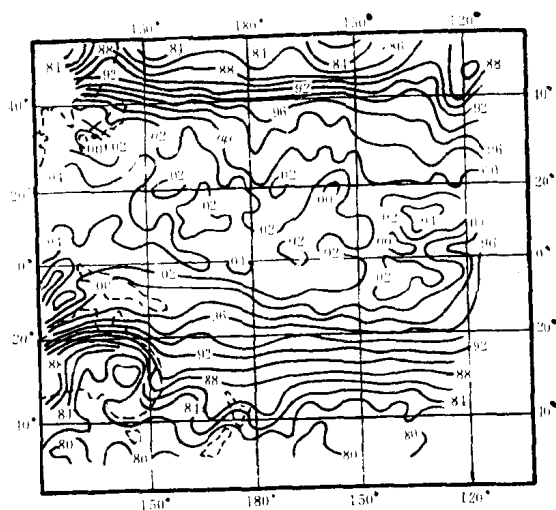


图 1 根据《雨云—2》号卫星资料绘制的1966年9月7—9日太平洋表面水温图(已换算成 $^{\circ}\text{K}$,等温线上标起始值)。

太平洋温度场的结构在图 2 上看得更清楚。该图的等温线是根据《宇宙—144》号卫星从625公里飞行高度上发回的测量资料绘制的。

海洋热学研究中最有前途的方法是微波热辐射法。苏联

《宇宙—243》号卫星在1968年9月23日第一次用0.8至8.5厘米(0.8、1.35、3.40、8.50厘米)的微波波段接收热辐射,作了全球性试验。试验中取得了从白令海到南极的太平洋表面温度剖面(图3)。完成整个剖面仅用了37分钟。

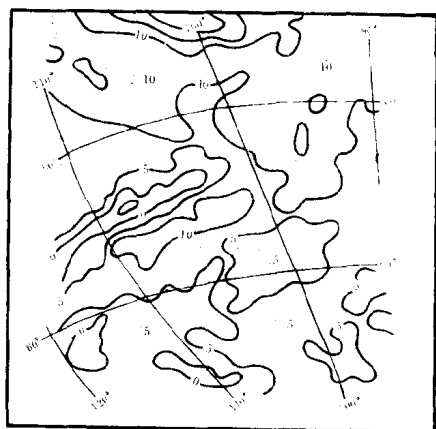


图2 根据苏联《宇宙—144》号卫星资料绘制的1967年4月13日太平洋东南部表面水温图。

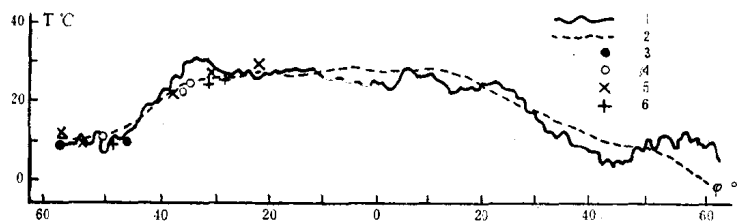


图3 从白令海到南极的太平洋表面温度的经向剖面图。

- 1: 1968年9月23日《宇宙—243》号卫星资料;
- 2: 平均气候资料;
- 3—6: 1968年8月23、24、25和26日船上观测的气象资料。

图1—3的资料表明,宇航测量对研究海洋温度场的性质,特别是温度的变率非常有用。宇航测量资料的客观性以及时间和资金的花费是船舶观测所不能比拟的。

二、海 流

海流边界上的温度落差是从宇宙识别海流界线及其迂回现象的基本标志。落差可以达到 $2-10^{\circ}\text{C}$,这种信息可以用各种波段的红外遥控装置非常可靠地记录下来。

图4是美国研究人员为研究墨西哥湾流的北界而整理的1966年9月17—19日卫星(《雨云2》号)和船舶测量资料。可见,卫星与船舶的测量数据,精度几乎一致。苏联列宁格勒大学海洋系用卫星红外像片对亲潮进行了类似的分析(见本书第五章)。

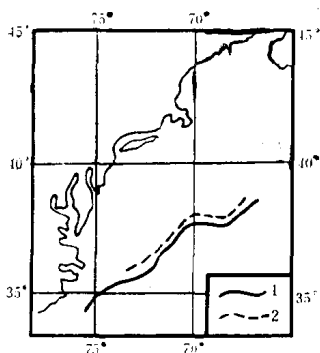


图4 1966年9月17—19日墨西哥湾流的北界。

1: 船测数据;

2: 《云雨2》号卫星测得数据。

卫星电视像片也含有大量的海流信息。图5A是美国《应用技术试验卫星—2号》在1967年4月10日取得的太平洋东

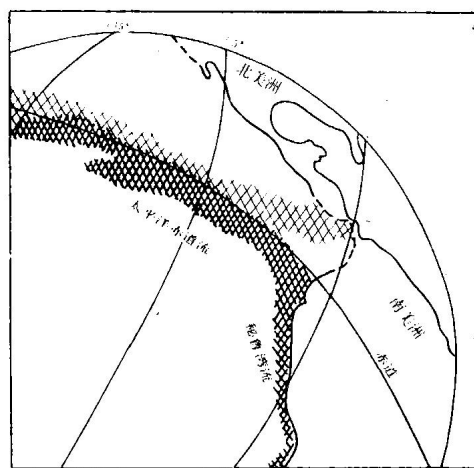


图5 1967年4月10日的太平洋秘鲁海流和信风风流。
 A. 应用技术试验卫星2号的电视像片;
 B. 解译略图。

部近赤道区的电视像片，根据像片绘制的草图（图5B）上准确地绘出了秘鲁海流、南信风流和热带辐合区。

海洋学上应用卫星信息的重要方向之一是根据海洋锋上空云层的性质来确定海洋锋的位置，及其年变化的特点。

用精度约为5—10厘米的高精度的卫星高度计从宇宙研究海流，将使海流动力学的测定方法为之一新。有了卫星在白天得到的海面相对于大地水准面的高差以及区域海水密度场的资料，就可以避免动力学中常用的零位面假设。根据实测资料可以直接计算出任何等压面的动力势，从而编制出非常接近于实际的整个海洋水体中地转风输送水团、水团盐度成分和热能的图件。

卫星技术的应用开辟了直接测量海流流速的新途径。在这一方面，《柯里马克斯—2》号调查队1969年9—10月在太平洋的夏威夷群岛和太基岛地区调查时取得了很好的结果。调查队用卫星导航设备计算飘浮船只的运动速度，从而测定流速。卫星用双通道方式接收信号，船位测定精度为0.18公里，比航海用的天文定位法的精度提高10多倍。目前，美国《中天》导航卫星系统（其中五颗沿极地轨道）的新设备已投入使用。这种供信号处理用的设备发出船只经纬度的数字信息和船只航速的北分量。这种导航系统有较高的精度、可靠性和工作效率，在海洋上使用很有前途。

三、风 浪

海上有风浪时，海面就会出现白浪、浪花、飞沫和水尘。它们都出现在波峰附近。因此无云时，风浪的波峰位置、波峰外形、持续时间和移动方向可从宇宙飞船和人造卫星上肉眼观测到和用航天摄影装置记录下来。原始的像片或电视

像片通过适当的处理，可以得到优势波长，根据波长用已知的数学关系式可计算出波浪的周期、传播速度和波高。

卫星像片可以广泛用于研究密云下的风浪。卫星观测表明，空间的云素往往以一定的方式出现。根据大气环流的性质和强度，云素呈对流单元、云堤、云带、云浪或涡旋。将大洋上空的云涡卫星像片和风浪图比较分析表明，受气旋控制的涡旋状云几乎都出现在有大风浪的区域。当新生气旋的上空出现云涡时，波场受云涡的影响，轮廓呈圆形，处在气旋的后方；波高达3—4米。随着气旋进一步发展，规定冷暖锋位置的云带向气旋中部靠近。这时波高增大，通常达5—7米（图6）。当卫星像片上出现表示冷暖锋接合部的锢囚锋云带时，海上有大风暴，风浪高度可达最大值。以后，气旋逐渐充满空间，像片上的云层呈螺旋状的涡旋，风暴停息，波高减小。

进一步研究根据云涡的结构判别大风浪的方法是卫星海洋学的迫切任务之一。关于世界大洋的某个区域发生或存在着与气旋，特别是与热带气旋经过有关的大风浪的适时信息是保证航行安全的最重要资料之一。

苏联和美国还曾尝试用微波辐射计从宇宙测量风暴天气条件下的风浪高度。风浪影响海面辐射率的主要因素是起浪时的海面几何形态和波浪引起的浪花、白浪飞沫和水尘。理论计算表明，观测风浪时的海面状况和偏离微波辐射之间明显相关。将太平洋南部（西经110°至东经170°）的风浪资料和1968年9月23—26日从《宇宙—243》号卫星的六圈飞行中所得到的辐射亮度温度剖面进行对比分析，发现波高增大导致辐射亮度温度增高，波高减小导致辐射亮度温度降低。

试验获得的辐射亮度温度增量剖面的形状与风浪高度曲线非常相似。《宇宙—243》号卫星上的微波辐射计平均以 2.5°K 的辐射亮度温度的变化记录每米波高的变化。



图6 《艾萨—5》号卫星电视象片的北大西洋上空的云涡
(1967年8月4日)。

美国研究人员取得了类似的结果。据报导，当风速由 $5-7$ 米/秒增加到 $17-20$ 米/秒时，外海的波浪相应地大约由 1 米增大到 8 米，辐射亮度温度由 $115-120^{\circ}\text{K}$ 增至 140°K 。

谈到研究大洋风浪的卫星微波技术，应该指出，波级与辐射亮度温度并不是直接相关的，它是通过波浪运动引起的

大洋表面的变化而间接反映的。洋面的变化强度和表现形式(浪花、白浪等)在很大程度上取决于水体的化学成分、物理性质和有机与无机悬浮质的饱和程度。可想而知,风浪和辐射亮度温度值间的相关性在世界大洋的各个区域都有其特殊性。

至于从宇宙直接测量风浪的高度,只是刚刚开始。它需要采用雷达和激光高度计。美国研究人员用飞机对这种仪器进行试验证明,它们是大有前途的。比如用激光剖面仪测定海面的垂向剖面,其精度约2—3厘米。剖面上不仅反映出各种尺度的波浪,而且可以看到波浪斜坡上的小型波纹。

四、津 浪

关于津浪主要参数的概念,我们都是从海岸观测站得到的。大洋上的津浪参数值至今无人知晓。最大规模的津浪常常出现在太平洋。这是因为太平洋的地震活动比较频繁,世界大洋中已知的活动火山80%以上集中在太平洋的缘故。

太平洋的平均深度为4,250米,根据拉格朗日方程求得津浪的传播速度约为700公里/小时。太平洋两岸的平均距离约等于15,000公里,津浪在21—22小时内走完这一距离。在200—300公里轨道高度上飞行的卫星,一昼夜内飞行数圈,一定能通过津浪可能经过的路径。若将几个卫星组成专用(或并行)系统,可使通过的次数增加。高精度的卫星高度计可以测得津浪的各种主要参数,研究其传播性质,并在此基础上作出津浪向哪个岸区接近的可靠预报。

五、水 团

水团的最重要特性是温度、盐度、颜色、氧和叶绿素含量,处于大洋表面的水团,其温度由于太阳辐射以及与大气