

中国海岸卫星遥感解译

任明达 吕斯骅 张绪定 编著

SATELLITE REMOTE SENSING
INTERPRETATION OF THE CHINESE COAST

Mingda Ren, Sihua Lu, and Xuding Zhang
(Peking University, Beijing, China)

海洋出版社

内 容 简 介

本书以中国海岸为主要介绍对象,卫星遥感为主要信息来源,是集基础性、技术性和资料性于一体的综合性遥感读物。内容包括海岸带遥感的物理基础、遥感图象的光学处理、计算机图象增强技术、遥感图象的计算机分类、海岸带卫星图象的目视解译及中国海岸的空间遥感特征。书中图文并茂,论述详尽,资料丰富,是中国海岸与遥感研究的有益参考。

本书可供海洋、地质、地理、军事、遥感、测绘、交通、工程建设、渔业、环境保护、土地管理等部门科研、生产工作者,以及有关大专院校师生参考。

代 序

海洋属于前景宽阔的当代科学技术新领域之一。利用空间技术获取遥感信息,对于海洋的调查研究与资源开发,愈来愈显示其强大的优势和生命力。这是历史的必然。海域辽阔,瞬息万变,环境卫星所提供的遥感图像和数据,既有宏观的特点,又具多时相的功能,用来与各种观测站网资料和勘探测绘数据相结合,从点、线的实况记录,推演平面以至三维的模式,使人们对于全球范围内水圈、气圈与岩石圈之间的相互作用和相互影响,不断获得新的概念。

特别是海洋与大陆交绥的海岸带,现代动力过程格外活跃,人类经济活动最为密集,无论自然变迁或建设速度,海岸带都是十分迅速的。因此,大凡涉及海岸带的资源勘察、环境监测、规划设计与经济开发,借助于遥感以获取动态信息,更有利于克服自然条件的限制,提高技术经济效益。

北京大学任明达、吕斯骅、张绪定三教授,合作新著《中国海岸卫星遥感解译》一书,切合我国现代化建设的战略部署,反映海洋与信息科学渗透之前沿,欣庆先睹为快,愿为读者介绍。本书主要特点有三:既有一般遥感原理、方法的推导,又有海洋多方面应用的实例;既有信息原理技术的引进,又有中国海岸的区域模式的描绘;既有地学规律的宏观阐述,又有物理量的微观分析。针对海岸带这样一个特定的专题,进行多方面的系统研究的著作,是十分难能可贵的。图文并茂、雅俗共赏,对从事海洋学和遥感应用两个方面的科学技术工作者,都将是有裨益的参考读物。

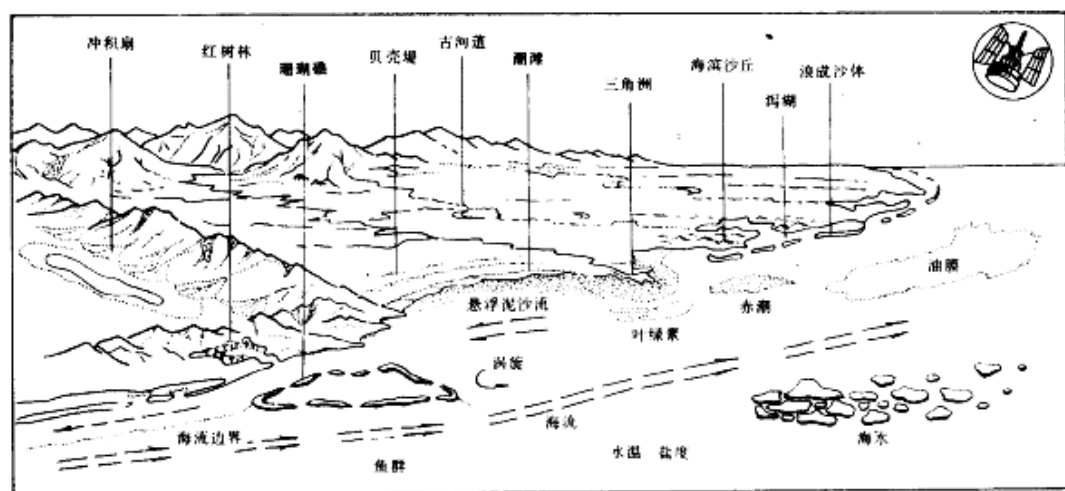
陈述彭

前言

海岸带作为地球表面的一个特殊地带,与人类有着密切的关系。全世界海岸线的总长度为 440 000 公里,在这狭窄的沿海地带,生活着世界总人口的三分之二。这些人如果同时到海边去,每个人能占的岸线长度平均不到 20 厘米。海岸带是地球上人口最拥挤的地方。中国大陆岸线的总长约 18 000 公里,估计有 2 亿多人口生活在我国东部沿海,每人平均占有的岸线只有 9 厘米。

人们之所以涌向沿海,是因为这里有着丰富的自然资源。海岸带的农业围垦有着广阔的前景。据估计,近 7 500 年来,我国海岸带淤积成陆的面积达 2.2 亿亩,约占我国耕地面积的 14.7%。目前它们大部分已开发为良田,这里生产的粮食约占全国粮食总产量的 20% 左右。海岸带有丰富的动物和植物资源,如鱼、虾、贝类和海藻等,是发展水产业的重要场所。漫长的岸线和广阔的海域还为人类提供了开辟良港和海上运输之利。海岸带还常常蕴藏着丰富的石油天然气和稀有金属砂矿等。山青水秀、气候宜人的海滨还是宝贵的风景资源,是人们向往的地方。此外,海岸带作为海防前线,更有其重要的军事意义。

要开发利用这些自然资源,首先要查清影响资源分布的海岸带的环境条件。海岸带是陆地与海洋互相作用的地方,包括高潮位以上的陆上部分、高潮位与低潮位之间的潮间部分以及低潮位以下的海域部分。其中陆上部分分布着山地、丘陵、平原、水系、冲积扇、三角洲、贝壳堤、海滨沙丘、沙咀沙坝和泻湖等地貌单元;潮间部分则有狭窄的沙砾质潮滩和宽广的淤泥质潮滩之分;海域部分的特征则依水深、水温、海流、悬浮泥沙、叶绿素、盐度、海冰和污染性质而各异(参见海岸带结构图示)。



海岸带结构图示

多少年来,海岸带调查主要是通过地面和海上工作进行的。拿海洋水温调查来说,历来是靠少数船只在航行过程中定位实测取得的,这样取得的水温资料当然是非同步的,它们无法精确反映区域水温的分布和变化情况。在港址勘测和海港回淤研究中,为了了解泥沙沿岸漂移的情况,要调查海水中悬浮泥沙的含量及其在不同天气和潮汐条件下的变化。

为了取得海水含沙量的同步的和动态的资料,往往需要许多条船多次进行同步的断面测量。这种测量既要耗费大量的人力物力,调查区的范围又很有限,而且常常取不到特殊天气条件下的关键性资料。譬如在风暴天气时,随着海面风浪增大,海水含沙量急剧增多,海岸带泥沙的迁移非常迅速,而这时测量船却不得不进港避风。在淤泥质潮滩上进行考察,其困难更是非身临其境的人所难以想象的。这种潮滩宽几公里,甚至十几公里,遍地烂泥,汽车开不上去,船只驶不进去,只能靠两条腿在泥地上跋涉,还不时遇到潮水沟的阻拦。

遥感技术的发展为海岸带调查开辟了一条崭新的途径,它具有迅速、同步、重复和大面积测量的特点,很适宜於海岸带调查和动态监测。在第二次世界大战期间,在河口海岸的调查中首先使用了航空摄影的方法。五十年代,美国在大规模的湾流考察中,第一次使用飞机和调查船协同调查。此后,航空海洋调查的理论和方法逐步完善起来。到六十年代初,随着气象卫星发射成功,美国首先提出了遥感的概念,并有了航空遥感和航天遥感之别。从此,科学家进入了从宇宙空间研究海岸带的新纪元。俗话说,站得高,看得远。航天遥感的资料具有大面积同步的性质,它可以加深我们对区域性规律现象的认识;航天资料短周期地重复取得,还能提供研究对象的动态信息。但就测量精度而言,航天遥感不如航空遥感。航天遥感作轨道运行,所以不如航空遥感机动灵活,应急的能力差。此外,无论是航天或航空遥感资料的应用都需要一定量的地面实测资料佐证。可见,这三种方法各有其特点和不足,见下表对比。实践证明,综合运用航天遥感、航空遥感和地面调查的方法才是最适宜的陆地——海洋信息的收集系统。

航天遥感、航空遥感和地面观测的优缺点对比表

观测系统 观测特点	地面观测	航空遥感	航天遥感
广域性	为达到广域性,必须大量增加地面观测设施	为达到广域性,必须有相当数量的航空摄影	广域性是航天遥感的特点
广域同步性	不可能	存在航带之间的时间差	广域同步性是航天遥感的特点
重复性	连续周期性重复观测很困难	重复摄影耗资大	航天遥感的复盖周期很短
实时性	不能做到实时观测	专门的航空监测系统可以实现	陆地卫星不能,气象卫星可以实现
地面分辨率	非常高	分辨率高	陆地卫星是几十米,气象卫星 1000 米左右
费用	大面积连续重复观测的费用昂贵	航空摄影费用贵	除去卫星发射、接收装置外,卫片和磁带资料的费用不贵

本书主要介绍卫星遥感资料在海岸带解译中的应用。为了使本书在我国海岸带调查中发挥积极的作用,收到应有的经济效益,我们主要选用了中国海岸的图象资料和实例进行分析,以期达到既能为读者提供研究方法,又能提供实际资料,还能引起广泛讨论的目的。

本书的前言和第一、六、七章由任明达编写,第二、三章由吕斯骅编写,第四、五章由张绪定编写。在编写过程中,北京大学遥感研究所提供了使用图象资料和仪器设备的方便,谢琴芳、李琦、俞眉跃、张为、贾英弟、魏玉贞等同志协助进行暗室工作;国家海洋局第二海

洋研究所周剑如同志热情提供了杭州湾的卫片资料;部分图件由徐筠同志清绘;中国科学院遥感应用研究所的濮静娟同志为本书提供了大量资料并始终给予热情的支持;承继成同志对本书提供了许多有益的意见;特此表示衷心感谢。

遥感技术发展非常迅速。本书成稿较早,在这以后发表的许多资料未能引用,望读者理解。

作者

Satellite Remote Sensing Interpretation of the Chinese Coast

Mingda Ren

Sihua Lu

Xuding Zhang

Peking University, Beijing, China

The investigation of oceans using modern science and technology is a new domain of modern science with unlimited prospects, and the superiority and advantages of using space technology to obtain remote sensing information for ocean research and exploitation is becoming more and more and more obvious. This book principally introduces the Chinese coast and the main data comes from satellite remote sensing. It is a comprehensive literature on remote sensing containing fundamentals, technology and data. The contents include the physical principles of coast remote sensing, optical processing of the remote sensing image, the enhancement technique of an image by computer, computer classification of remote sensing images, visual interpretation of coast satellite images and the space remote sensing characteristics of the Chinese coast. The book contains a large number of satellite remote sensing images of the Chinese coast and systematically discusses the shallow-water bottom topography, sea-water turbidity, sea surface temperature, sea current, sea fisheries, sea-ice, sea water pollution, tidal flat, fault structure, wave-built sand levee, seashore dune, coral reefs and mangroves of China and the space remote sensing characteristics of the coasts of the Bohai Sea, the Huanghai Sea, the East China Sea and the South China Sea.

Professor Shupeng Chen, a geographer and specialist on remote sensing, believes this book has three distinguishing features; it not only gives derivations of equations from basic theory and methods used in remote sensing, but also cites examples of applications to oceans; it not only introduces the principles, but also discusses the regional models of the Chinese coast; it not only gives a macro exposition of the geographical laws, but also a micro analysis of the physical quantities. It is a valuable literature about the Chinese coast and remote sensing research.

目 录

第一章 海岸带卫星遥感资料的来源	(1)
第一节 卫星类别与传感器.....	(1)
第二节 适用于海岸带调查的卫星遥感技术.....	(8)
第三节 遥感信息的地面接收、数据处理和图象解译.....	(12)
第二章 海岸带遥感的物理基础	(14)
第一节 电磁波的基本特性	(14)
第二节 电磁辐射的传播	(18)
第三节 辐射源	(23)
第四节 大气的影响	(28)
第五节 地物的光谱特性	(32)
第六节 水体的光谱特性	(41)
第三章 遥感图象的光学处理	(51)
第一节 黑白图象的光学处理	(51)
第二节 图象的彩色处理方法	(60)
第四章 计算机图象增强处理	(72)
第一节 数字图象和数字图象处理系统	(72)
第二节 数字图象增强处理方法	(74)
第五章 遥感图象的计算机分类	(87)
第一节 最小距离分类	(88)
第二节 非监督分类方法——聚类	(90)
第三节 地物特征的统计特性	(98)
第四节 最大似然分类.....	(100)
第五节 特征选择问题.....	(104)
第六节 K-L 变换和特征压缩问题	(105)
第六章 海岸带卫星图象的目视解译	(108)
第一节 海底地形.....	(108)
第二节 海水含沙量.....	(117)
第三节 海水温度.....	(123)
第四节 海流.....	(125)
第五节 海洋渔业.....	(130)
第六节 海冰.....	(135)
第七节 海水污染.....	(139)
第八节 潮滩.....	(144)

第九节 断裂构造与岸线走向·····	(152)
第十节 浪成沙体·····	(155)
第十一节 海滨沙丘·····	(157)
第十二节 珊瑚礁·····	(159)
第十三节 红树林·····	(161)
第十四节 海岸带土地开发利用·····	(163)
第七章 从宇宙空间看中国海岸·····	(168)
第一节 渤海·····	(168)
第二节 黄海·····	(178)
第三节 东海·····	(181)
第四节 南海·····	(188)
彩色图版说明·····	(199)

第一章 海岸带卫星遥感资料的来源

第一节 卫星类别与传感器

到目前为止,世界各国发射的人造卫星已有数千颗,其中与海岸带有关的约数十颗,它们大致可以分为两类:气象卫星和资源探测卫星。

一、气象卫星

气象卫星拍摄的地球云图主要用于进行气象学研究和天气预报。但在无云的条件下,气象卫星的红外和可见光波段相片中也能清晰地记录到海洋和陆地的许多信息。因此,气象卫星云图是海岸带遥感研究的重要资料来源。

最早的气象卫星是泰勒斯(TIROS)卫星系列。TIROS 是 Television and Infrared Observing Satellite 的缩写,合称电视与红外观测卫星。这是一种试验性气象卫星系列。1960年4月1日发射 TIROS-1 成功后,陆续又发射了9颗。泰勒斯卫星呈帽盒状(图1-1),高57厘米,直径107厘米。TIROS1—4的轨道与地球赤道的交角为48度,可拍摄南北纬55度之间的图象。TIROS5—8的倾角加大到58度,摄象范围扩大到南北纬65度。TIROS9—10采用近极地太阳同步轨道,倾角接近90度,可拍摄全球图象。卫星的高度在700公里左右,周期约100分钟。卫星上携带的传感器有电视摄影机和中低分辨率红外辐射仪,前者用于

白天观测,后者用于夜晚成像。泰勒斯卫星的观测数据不直接向各地面接收站发送,而是贮存在卫星的磁带机上,当卫星经过接收站上空时,根据该站发来的指令回放。我国已经研制成功气象卫星图象的成套接收设备,并在很多单位安装使用。这样,每天都可以收到气象卫星发送的图象资料。泰勒斯卫星在1966年以后不再使用。

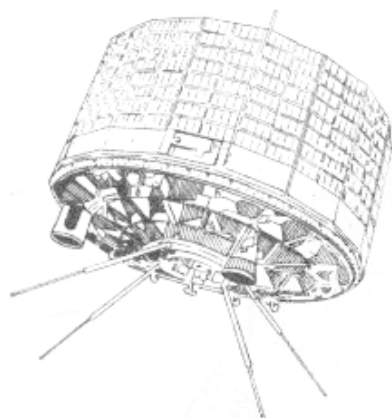


图1-1 泰勒斯卫星

第一代的气象业务卫星是泰勒斯业务卫星系列,简称TOS,发射成功后命名为艾萨(ESSA)卫星系列。ESSA 是美国环境科学事业局(Environmental Science Services Administration)的简称,是环境勘测卫星的意思。从1966年2月3日起陆续发射了9颗。艾萨卫星的星体形状与泰勒斯卫星相似,轨道周

期约114分,轨道倾角为102度。艾萨卫星采用近极地太阳同步轨道,高度约1440公里。两个卫星同时在轨道上运行,因此第一次实现了每天两次提供全球性的天气和地球环境

的图象,属于第一代双星极地轨道气象业务卫星系列。艾萨卫星只携带电视照相机,只能进行白天观测。艾萨卫星上的照相机和资料传送系统有两种不同的类型:一种叫做高级光导照相机系统(AVCS),它是把观测资料贮存于卫星的磁带上,当卫星经过地面接收站上空时发送;另一种叫 APT 照相机系统,它把观测资料直接发给各地的 APT 图象接收站。奇数号艾萨卫星(1、3、5、7、9)只带第一种照相机,偶数号艾萨卫星(2、4、6、8)只带 APT 照相机。我国接收到的是后一种卫星。

第二代的气象业务卫星是改进型泰勒斯业务卫星,简称 ITOS,1970 年 1 月开始发射,后命名为诺阿(NOA)卫星系列。NOAA 是美国海洋和大气局(National Oceanic and Atmospheric Administration)的简称。诺阿卫星呈方形盒状(图 1-2),近极地太阳同步轨道。卫星上安装了两传感器:甚高分辨率辐射仪(VHRR)和垂直温度廓线辐射仪(VTPR),其中 VHRR 使用两个通道,一个是可见光通道(0.6—0.7 微米),一个是红外通道(10.5—12.5 微米)。这样,诺阿卫星要比艾萨卫星完备一些,除白天外,还可以在夜间成像。此外,诺阿卫星既能直接向各地 APT 接收站发送日夜图象,还具备有贮存观测资料的能力,向专门的地面接收站发送。因此诺阿卫星承担了奇数号和偶数号两种艾萨卫星的任务。诺阿卫星星下点的图象分辨率为 0.85 公里,能清晰地显示地面、海洋、湖泊、海岸、冰雪等特征。这个卫星系列共有 6 颗卫星,分别命名为 NOAA-1、2、3、4、5、6。

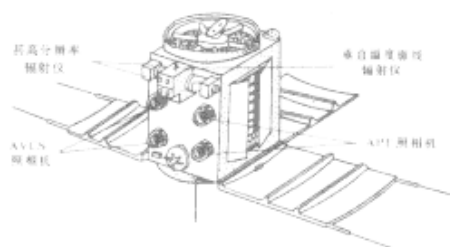


图 1-2 诺阿卫星

第三代双星极地轨道气象业务卫星是泰勒斯-N 卫星系列,简称 TIROS-N。1978 年 7 月发射了第一颗,命名为 NOAA-6,已於 1980 年 11 月失效。NOAA-7、8 分别於 1981 年 6 月和 1983 年 3 月发射。TIROS-N 系列卫星计划发射 8 颗,每颗寿命 2 年。近极地太阳同步轨道,轨道高度 830 公里,周期 102 分钟,每天绕地球 14.2 圈。TIROS-N 系列携带的传感器中,有一台改进型甚高分辨率辐射仪(AVHRR)。NOAA-6 的 AVHRR 有四个通道,分别为 0.58—0.90 微米、0.73—1.10 微米、3.6—4.1 微米和 10.5—11.5 微米。NOAA-7、8 有五个通道,为 0.55—0.90 微米、0.725—1.0 微米、3.55—3.93 微米、10.5—11.5 微米和 11.5—12.5 微米。星下点的图象分辨率为 1.1 公里。扫描角为 ± 55.4 度,地面扫描宽度 2800 公里,三条轨道就可以完全覆盖我国的领土。

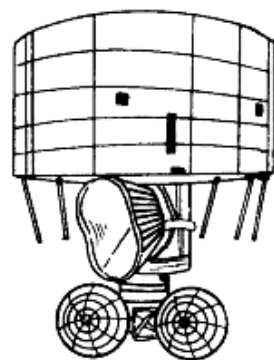


图 1-3 日本静止卫星

日本地球同步卫星(GMS)与地球自转同周期,从地球上,它是静止的,故又称静止卫星(图 1-3)。1977 年 7 月射入东经 140 度的赤道上空,轨道高度为 36 000 公里。卫星每天传送八次红外云图和两次可见光云图,红外云图的星下点分辨率为 5 公里,可见光为 25 公里。我国的气象卫星云图接收站每天能收到八张高分辨率的红外圆盘云图和一张可见光圆盘云图。

气象卫星云图的地面分辨率虽然比较低,用于进行海洋遥感却具有许多优点:

1. 能获取海洋信息 气象卫星具有可见光和红外光等多种波段,可以对海冰、悬浮泥沙、海面温度、海流、海岸形态和海底浅滩等进行观测。

2. 获取资料及时 地面接收站可以在卫星过境时准实时地接收到卫星拍摄的现场图象资料。

3. 观测范围大 一张气象卫星图象往往可以把一个或几个海区包括在内。例如 NOAA-7 的扫描带宽度达 2 800 公里,有时在一张图象中同时容下了渤海、黄海、东海和南海。

4. 准同步观测 气象卫星的轨道周期很短,一般只要 100 多分钟,对中国海区扫描一次只需要 20 分钟左右。在这样短的时间内记录的中国海信息基本上可以认为是同步的。

5. 可作动态观测 气象卫星一般为太阳同步卫星,每天都在大致相同的地方时通过顶空;覆盖周期短;遥感信息又可以用我国自己的地面站云图接收设备接收,因此可以稳定地取得重复观测资料,便于对海洋要素作动态分析。

目前,我国接收气象卫星云图资料的方式有两种:一种是直接扫描成象,这样得到的图象的清晰度较差;另一种是用磁盘记录后回放,这使图象的清晰度大大提高。利用磁盘记录的数据,通过数据图象处理机,可作各种加工:(1)回放图象,供选择处理区域;(2)对处理区域的图象作投影变换、几何纠正或配经纬格网,加上河流、海岸和国境线;(3)利用象元点重叠性好的特点,可作图象的加减乘除和假彩色合成;(4)绘制反照率和亮度温度的等值线;(5)图象可放大 2、4、8 倍。

图 1-4 是渤海的气象卫星可见光图象。其中,右下角小插图系直接扫描成象,图象的清晰度低,反差较弱。大图由磁带接收,回放成象,经过放大(图中可见到象元)、密度拉伸(即将原来较小的密度范围人为地扩大)和等密度分割(绘制密度等值线),使图象的清晰度大大提高。

二、资源探测卫星

资源探测卫星以探测地球表面的资源为主要目的。目前主要有三种:陆地卫星、海洋卫星和雨云卫星。

陆地卫星(Landsat)最初被称为地球资源技术卫星(ERTS),主要用来探测陆地资源,如地质、矿产、植被、土壤、水系、冰雪等。1972 年至 1982 年期间,先后成功地发射了四颗陆地卫星 Landsat-1、2、3、D。陆地卫星 1、2、3 号的星体呈蝴蝶型(图 1-5),陆地卫星 D 则改型(图 1-6)。它们的平台要素、摄影要素和传感器见表 1-1 所示。

陆地卫星 1 和 2 号携带两种主要的传感器:反束光导管电视摄影机(RBV)和多波段扫描仪(MSS)。前者采用三个波段,即适于探测水深的蓝绿光波段(0.475—0.575 微米);适于观测陆地地形的黄红光波段(0.580—0.680 微米)和适于调查植被的近红外波段(0.690—0.830 微米)。图象的地面分辨率约为 80 米。后者采用四个波段(0.5—0.6 微米、0.6—0.7 微米、0.7—0.8 微米和 0.8—1.1 微米),地面分辨率约 80 米。陆地卫星 3 号的反束光导管摄影机将地面分辨率提高了近一倍,为 40 米;多波段扫描仪增加了第五个波段:热红外波段(10.4—12.6 微米),地面分辨率为 240 米。陆地卫星 D 上除携带一台上述

表 1-1 陆地卫星 1—3 和 D 的各项指标

单 元	参 数	Landsat-1, 2, 3	Landsat-D
平台	发射年月日	1972. 7. 23(1 号), 1975. 1. 22(2 号), 1978. 3. 15(3 号)	1982. 7. 16
	重量	935 公斤(高 3 米, 半径 1.5 米)	2000 公斤(高 4 米, 宽 2 米)
	高度	910 公里(赤道上)	705 公里
	轨道	太阳同时准回归轨道 轨道倾斜角 99.1 度	99 度
	绕地球一周时间	103 分(一天绕地球 14 周)	100 分
	覆盖周期	18 天(每 251 周重复通过同地)	17 天(237 周)
摄影	摄影时间	10: 00AM 左右(中国东部沿海)	
	航线间隔	2780 公里(赤道上)	
	摄影间隔	159 公里(赤道上)	
	扫描宽度	185 公里	
	图象面积	185×185 公里(3.2 万平方公里)	
	航向重迭	10%	
	旁向重迭	14%(赤道上), 28%(40°N)	
MSS 多 光 谱 扫 描 仪	观测波段	四个波段: MSS4 0.5—0.6 微米 MSS5 0.6—0.7 微米 MSS6 0.7—0.8 微米 MSS7 0.8—1.1 微米 其中 Landsat-3 追加: MSS8 10.8—12.6 微米	五个波段: MSS4 0.5—0.6 微米 MSS5 0.6—0.7 微米 MSS6 0.7—0.8 微米 MSS7 0.8—1.1 微米 MSS8 10.4—12.6 微米
	地面分辨率	80 米 Landsat-3 的 MSS8 是 240 米	80 米 MSS8 是 240 米
	一幅图象的象元数	3240 个象元×2340 线(约 76 万个象元)	同左
RBV 反 束 光 导 管 摄 象 机	观测波段	三个波段(三台摄像机) RBV1 0.475—0.575 微米 RBV2 0.580—0.680 微米 RBV3 0.690—0.830 微米 Landsat-3 只有二台摄像机 波段 0.505—0.750 微米	TM 专 题 制 图 仪
	地面分辨率	70 米 Landsat-3 是 40 米	
			七个波段(微米) TM1 0.45—0.52 TM2 0.52—0.60 TM3 0.63—0.69 TM4 0.76—0.90 TM5 1.55—1.75 TM6 2.08—2.35 TM7 10.4—12.5 TM1-6 为 30 米, TM7 为 120 米

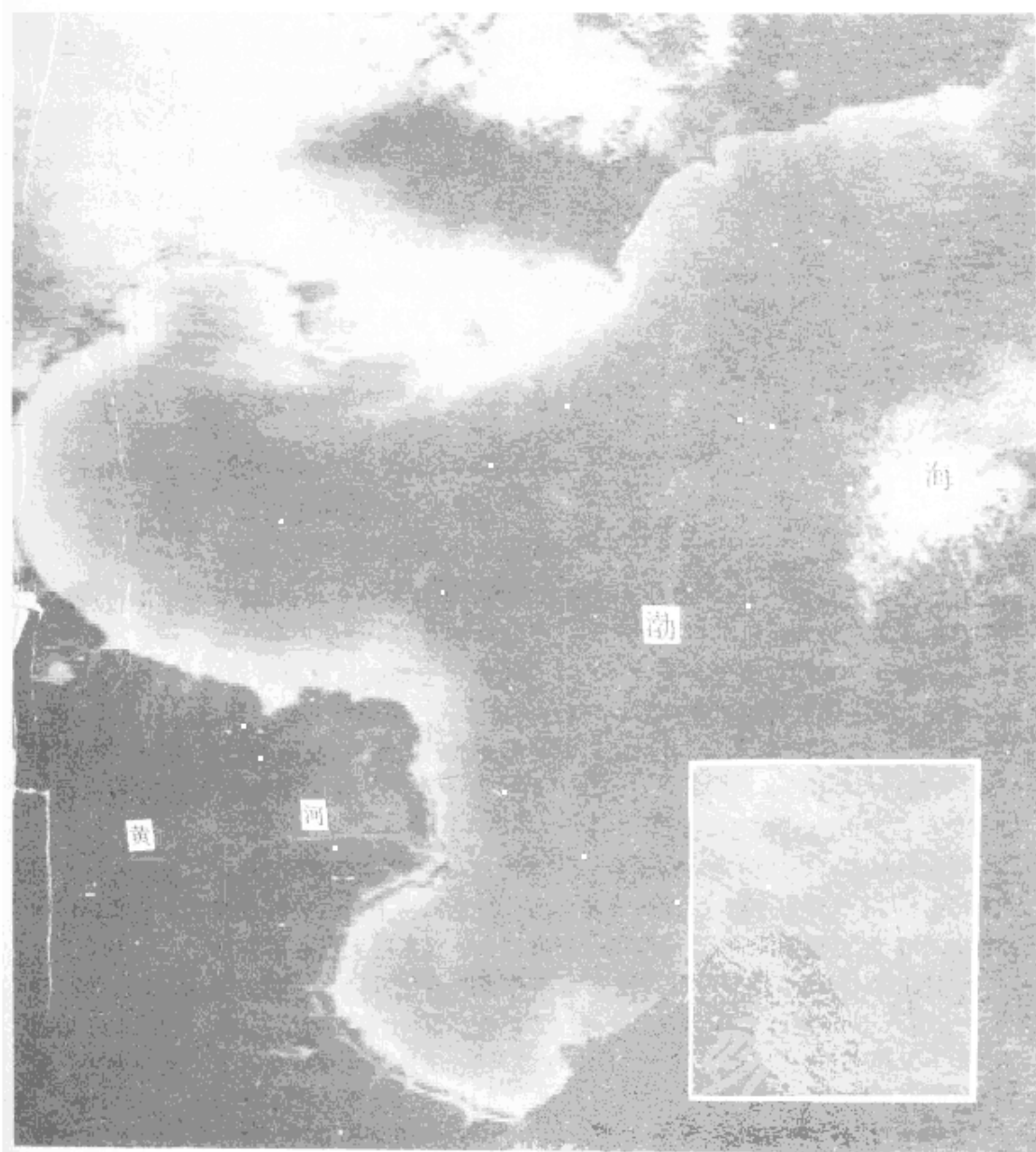


图 1-4 渤海的气象卫星可见光图象
(由磁带接收, 经放大、密度拉伸和分割; 右下角的小插图系扫描成象)

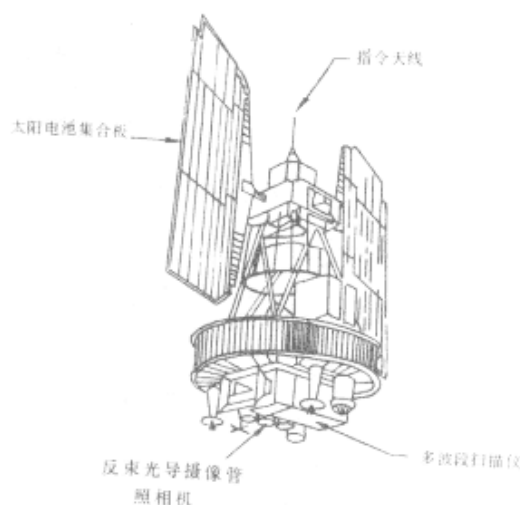


图 1-5 陆地卫星 1、2、3 号

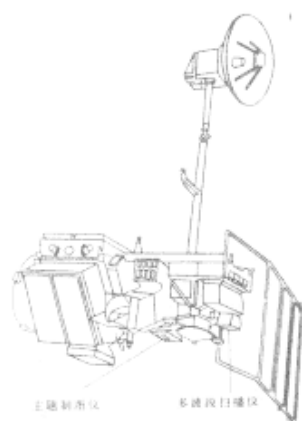


图 1-6 陆地卫星 D 号

第一代的多波段扫描仪外,新增加了一种第二代的多波段扫描仪,叫做专题制图仪(TM),其分辨率在可见光和近红外波段为 30 米,热红外波段为 120 米。

陆地卫星的观测记录是根据指令以无线电形式发放到地面接收站的,然后由数据处理系统转换成图象和计算机用磁带,供用户使用。陆地卫星资料接收站目前美国有三个,加拿大二个,中国、巴西、意大利、瑞典、日本、印度、伊朗、阿根廷、澳大利亚、智利、南非、孟加拉、泰国、印度尼西亚、扎伊尔、法国和上沃尔特各一个。接收站可以直接接收半径为 3000 公里范围内的图象记录。

陆地卫星多波段图象是目前世界各国在海岸带研究中应用得最多,也是最有效的卫星遥感资料。它的摄影范围大、地面分辨率高和辨别地物本领强的特点使它不仅能解译陆上地物的细节,测量潮间带,还能提供近岸海域水体要素的大量有用资料。

海洋卫星(Seasat)是一种重点勘测海洋环境的卫星系列。1978 年 6 月 26 日美国将 Seasat-1 射入轨道,揭开了从宇宙研究海洋的新的一页。卫星发射后仅 105 天,因电源短路而停止了工作。但它在宇宙空间运行的 100 多天里,还是向地面站发回了大量的海洋和海洋气象的资料。

海洋卫星为塔形(图 1-7),轨道高度为 800 公里,轨道倾角 108 度,每天绕轨道飞行 14 圈,每 36 小时可以把 95% 的海洋扫描一遍。海洋卫星可以全天候地监测全球海面的水温、有效波高、海面风速与风向以及与海洋动力过程有关的海洋水准面的偏差。这些资料是由三台微波传感器获得的,其中两台是主动式的(精密雷达高度计和风场散射计),一台是被动式的(多通道微波扫描辐射计)。雷达高度计(ALT)是测定目标相对高度的特殊雷达,它利用两个脉冲回波之间的时差经换算获得目标的相对高度,故适用于海洋水准面测量。在波高为 20 米的较高海况下,高度计的距离测量精度予计能达 10 厘米。用以测量波

高2.5米的有效波高(H_s),误差不到±20厘米。高度计在每秒钟内沿星下(约7公里宽)轨迹方向对1000个 H_s 值取得一个平均值。由此获得的7—10月全球平均波高图表明,赤道地区的波高范围最窄,70%的观测值小于2米,没有大于4米的。而在南部高纬地区,小于2米的波高仅2%,40%大于5米。风场散射计(SASS)是用来测量目标的雷达散射截面的特殊雷达。由于雷达散射截面在一系列雷达参数固定的条件下,与表面粗糙度有良好的关系。对海洋来说,海面粗糙度与海面风速有直接关系。因此风场散射计可以测量近海面的风速和风向。在风速为4—50米/秒时,测量精度为2米/秒,角度误差为20度。多通道微波扫描辐射计(SMMR)主要用于提取海面风速和温度的信息。海面风速的变化,即使在风速低于7米/秒,不出现浪花时,也能引起微波亮度温度的变化。此外,根据波

谱性质的研究,大气海面温度引起的微波亮度温度可以与风速引起的相区别。辐射计测量全球海面温度的精度为1—2开,在7—50米/秒范围内的风速测量精度为2米/秒。海冰是辐射计可以探测的另一种海面要素,可获得极地冰盖区连续的低分辨率(22公里)的资料。为了考察海岸变迁过程、海冰和大洋波浪特征(海浪方向和长度),卫星采用了一台L波段合成孔径雷达(SAR),它的图象分辨率达25米,扫描宽度为100公里。可见光和红外扫描辐射仪是用来测量白天和夜晚的云和海洋水团特征的。

海洋卫星发射前后的研究表明,它能为海面风、波浪、温度和海冰提供具有可用精度的资料,将使表1-2所列的商业系统受益匪浅。

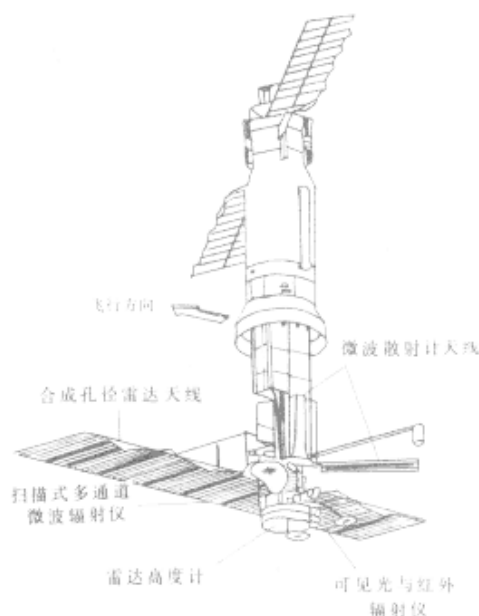


图1-7 海洋卫星

表1-2 海洋遥感对商业的影响

测量项目	主要受益者	应用
海面风	国家环境中心	短程预报
	海运	航线安排、计划
	深海采矿	工作、计划
	岸外石油与天然气	工作、计划
	商业捕鱼	策略、计划
波浪	海运	航线
	岸外石油与天然气	工作、计划
	海洋工程	设计、工程

测量项目	主要受益者	应用
	深海采矿 商业捕鱼	工作、计划 策略、安全、计划
海面温度	气候研究 商业捕鱼	监测、预报 策略、捕鱼区选择
海冰	北极区石油与天然气 海冰巡逻	工作、计划

雨云(Nimbus)卫星系列是专供综合试验各种新型仪器、探测原理和方法以及资料传递和处理技术的环境试验卫星。自1964年8月28日发射第一颗雨云卫星后,至今已有七颗成功地进入轨道提供试验。卫星呈蝴蝶形(图1-8),轨道高度955公里,轨道倾角99度,周期为104分钟。许多业务卫星中使用的仪器和装置一般都在雨云卫星上作过试验。1978年10月发射成功的雨云-7携带了七种传感器,其中有两种用于海洋学研究。一为多通道微波扫描辐射计(SMMR),用来探测海面温度和海面风;另一为海岸带水色扫描仪(CZCS),用来测量海水中的叶绿素含量和水温等。

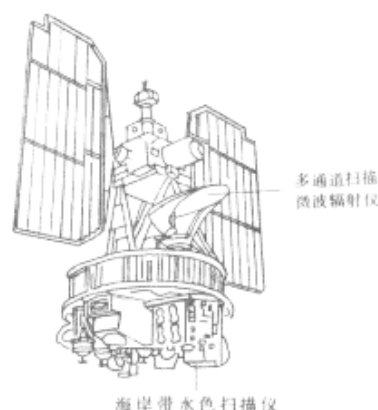


图1-8 雨云-7卫星

第二节 适用于海岸带调查的卫星遥感技术

鉴于海岸带的研究对象既包括陆地,又包括海域。它们的光学性质截然不同,用某一种遥感技术或传感器来完成海岸带的遥感调查任务是不可能的,必须综合应用各种遥感技术。目前能为海岸带调查提供资料的卫星遥感技术主要是可见光—近红外辐射技术、热红外辐射技术和微波技术。它们的星载传感器、观测项目和主要的平台示于表1-3。

表1-3 可用于海岸带观测的星载传感器和平台

波段	传感器	观测项目	典型例子
可见、近红外	电视摄像机	地形、海岸线、土壤、植被、河流、水深、海冰、悬浮泥沙、海面污染、赤潮、叶绿素等	Landsat 的 RBV
	可见、近红外辐射计		Landsat 的 MSS TIROS-N 的 AVHRR Nimbus 的 CZCS
远(热)红外	远(热)红外辐射计	地表温度、海面温度、地表雪盖、海冰、水体热污染、海面油膜等	TIROS-N 的 THIR Nimbus 的 THIR Landsat-3,4 的 MSS8