

# 渤海海峡南部海域水深、底质、浅滩及 礁石遥感信息的提取与应用\*

李铁芳

(中山大学, 广州)

李成治

(中国科学院海洋研究所, 青岛)

**提要** 利用陆地卫星 MSS 数据, 通过计算机图象处理, 提取了渤海海峡南部海域长岛附近海区的礁石、浅滩、底质、海流等的信息以及它们在图象上的目视判读标志。提出应用卫星遥感技术和图象处理是浅海调查的一种方法, 是常规调查的一个重要补充, 可作为我国浅海, 特别是易变及危险海区动态观测的一个重要手段。

本文使用陆地卫星多时相、多波段的 MSS 数据, 运用计算机图象处理技术对遥感数据、海图、实测数据等进行了综合处理, 并应用机助与目视判读相结合的方法, 提取长岛附近海区浅滩、礁石、底质、海流、水深等信息, 作出该海区底质和礁石的分布图、等深线图, 为地面调查资料和当地的航运、养殖及捕捞的需要补充许多新资料。

## 一、概 况

试验区选择在渤海海峡的南部海域, 包括长岛、庙岛、大黑山等岛屿(图版 1: a)。海区内大部分水深为 14—18m, 局部达 20 多米, 最深在 30m 左右, 近岸为 1—2m, 属海底丘陵地貌, 分布有浅滩、礁石。本区冬季北风强烈时风浪较大, 潮流流速强约 3—4 节, 流向有时很不一致。海底沉积物主要来源于黄河入海泥沙、外海及近岸物质等, 大部分为泥和软泥, 局部为沙质泥和细沙。水中悬浮物主要有黄河入海携带的泥沙, 含量在 20mg/L 以下, 故海水较洁净。

由于本区水体透明性好, 可见光透射条件较好, 对遥感手段调查水下状况是有利的。试验区内有一系列岛礁, 可用作遥感图象几何校正的控制点, 以保证海上地物定位精度。我们所使用的遥感资料有陆地卫星 2 号莱阳幅三个时相的 MSS 数字磁带 (CCT), 分别为 1978 年 10 月 13 日、1981 年 1 月 5 日、1981 年 11 月 20 日过境的记录数据, 其成象时间相隔 1—2 年。每幅图各包含四个波段, 其中 MSS 7 波段用于确定水陆边界, MSS 4, 5, 6 用于提取水深、礁石等信息。

\* 收稿日期: 1987 年 3 月 10 日。

## 二、处理方法

包括计算机的图象信息提取和目视判读等的综合分析。

### 1. 信息提取

陆地卫星传感器接收到海水表面光亮度,其输出信号  $V(\Delta\lambda)$  可以用下式表示:

$$V(\Delta\lambda) = V_{SG}(\Delta\lambda) + V_{HG}(\Delta\lambda) + V_w(\Delta\lambda) + V_p(\Delta\lambda) + V_b(\Delta\lambda) \quad (1)$$

其中,  $\Delta\lambda$  表示传感器所设计的波段范围;  $V_{SG}(\Delta\lambda)$  为大气辐射亮度信号;  $V_{HG}(\Delta\lambda)$  为海水表面反射的光亮度信号;  $V_w(\Delta\lambda)$  为水体分子向上散射的亮度信号;  $V_p(\Delta\lambda)$  为水中悬浮物(粒子)向上散射的亮度信号;  $V_b(\Delta\lambda)$  为光透射到水底被反射的光亮度信号,是水深值  $z$  的函数。

$$V_b(\Delta\lambda) = V_0(\Delta\lambda) \cdot e^{-2\alpha z} \quad (2)$$

式中,  $V_0$  为与水底反射率有关的值,受海底底质影响;  $\alpha$  表示水体对光的衰减系数,是波段  $\Delta\lambda$  的函数;  $z$  为水深值。

为了提取遥感信号(图象)的水深值  $z$ 、底质  $V_0$ , 必须进行大气干扰、水表面反射、水中粒子及分子散射影响等的滤波处理、几何校正和配准、图象增强和判别分析等。信息提取的内容包括以下几方面。

(1) 预处理: 包括滤波、几何校正、几何配准等计算机图象处理。其中滤波处理是对 CCT 数据中与水深、底质、礁石信息无关的一些干扰成分和噪声进行消除或抑制。其方法为: 1) 使用水深大于 30m 以上对应的象元亮度值与其它象元亮度值进行统计和比较,剔除包括海面反射和大气干扰成分,使图象主要包含与水深、底质有关的信息; 2) 使用空间域和频率域滤波方法抑制噪声和条带。

陆地卫星多波段扫描图象属于一种动态遥感结果,成象过程中存在几何的系统误差和随机误差。几何校正是针对陆地卫星图象的几何畸变和投影精度要求进行的数字处理。我们应用了矩阵坐标变换和控制点校正模型,使校正后的象元几何中误差约 100m。

(2) 礁石信息提取: 使用图象增强技术,扩展礁石、浅滩或特殊水深点目标与周围象元的反差,改善视觉效果;使用线性或分段线性扩展模型实现目标增强:

$$g = b \cdot f + a$$

式中,  $f$  表示原图象象元亮度值;  $g$  为变换后的象元亮度值;  $a, b$  为变换系数。由于礁石的类型不同,  $a, b$  值选择不同;底质不同,礁石影象反差受影响,需要采取抑制底质干扰的处理技术,例如通过扩展不同波段的比值,提高反差。1981年11月的图象,5波段的数据经分段线性扩展处理后(图版 1:b),水体的亮度反差较大,陆地亮度值被大大压缩,水下目标得到显示。

(3) 底质信息提取: 本试验区底质类型是参照海图所标注的类别划分的,即分为软泥、泥、沙泥、泥沙、细沙等五种。由于不同底质对透过水体的光的反射率不同,使传感器所接受到的  $V_b(\Delta\lambda)$  有差异[见(1)式],一般软泥和泥的色调偏暗,沙泥、泥沙色调较浅,而沙则较亮。在陆地卫星图象中,由于 MSS 4 波段其透水能力最强,故图象反映底质变化的信息最多,尤其在水体较清澈、水深 20m 内的浅水区,象元亮度值主要是底质的反映。为此底质信息提取的主要技术途径在于波段选择、滤波、多时相对比分析,利用实测

资料进行分类定标等处理。本试验选用上述三时相的 MSS4 波段图象作处理, 使用不同色调表示不同的类别(图版 I:c)。

(4) 水深信息提取: 从(2)式可知卫星遥感图象中的水深信息为:

$$V_b = V_0 \cdot e^{-2\alpha z}$$

经过对数变换得水深值  $z$  为:

$$z = \frac{\ln(V_b/V_0)}{-2\alpha}$$

由于  $V_0$  与水体对光谱能量的透射、折射、衰减、底质、大气光学厚度、辐照度等性质有关, 因此通常很难获得这些参数。假定这些参数是常量, 则上式可以通过回归统计方法得到:

$$z = b \cdot \ln V_b + a$$

式中,  $a, b$  为回归系数, 由若干实测水深值(或由海图上取得)与卫星遥感数据  $V_b$  进行回归统计取得。但当图幅内水底底质多变时,  $V_b$  则是随底质不同而改变的量, 故上式改为:

$$Z_i = b_i \ln V_b + a_i$$

式中,  $i$  表示不同类型的底质;  $a_i, b_i$  是不同类型底质情况下的相关系数<sup>[4]</sup>。

(5) 海流信息提取: 遥感图象只是记录了海上瞬时的状态, 而海水的流动会使水面的粗糙度起变化, 或者翻起海底泥沙, 改变水中悬浮物的分布等, 这些都会引起传感器所接收到的反射光谱信号变化。在近岸海区涨潮或退潮时卫星过境, 则能较好地记录下当时的潮流状态, 对于常规的测量则难以获得整体的形态。为此选用了 1978 年 10 月 13 日陆地卫星过境时的图象, 该海区正值高潮位(9 时零 8 分, 潮高 153cm), 对 MSS 5, 6, 7 波段数据的水体作局部增强处理后, 本区复杂的潮流形态便显示得一目了然(图版 I:d)。

## 2. 目视判读与综合分析

遥感数据是在垂直方向上采集的光学信号, 象元亮度值存在多解性, 是多种物质光谱信号的迭加。因此直接使用遥感数据对各种物质判别是困难的, 但可以使用地物之间的相关关系, 或根据它们在时间、光谱变量和空间的形态特征, 结合海洋有关的资料 and 知识进行综合分析、对比和判别, 实际上利用遥感数据对各种物质的判别的过程是人眼信息提取的过程, 需要建立相对的判读(判别)标志。例如本海区礁石判别标志可以归纳为以下几个方面: (1) 礁石或特殊水深点的亮度值与邻近象元有较大的反差; (2) 礁石附近(礁盘)地形较高, 形成比礁石本身的空间范围大的浅色斑块; (3) 由于礁石和附近地形的影响, 在水流作用下使沉积物的堆积具有粒度或空间分布特征, 通常礁石或特殊水深点处于色调反差大的影象边界和拐点上; (4) 具有多个波段重复出现的特征; (5) 具有在空间及时间上相对稳定的特征, 因而在多时相图象上重复出现。

本区的底质判别标志为: (1) 在 MSS 4 波段图象上有分布范围较大、色调均匀的块状或条带; (2) 不同时相的图象具有相对稳定的分布, 而不同波段的图象却略有变化; (3) 分布特征与水下地形变化相关性很差或者不相关; (4) 不同类型底质之间界线较分明。

水深信息的判别具有明显的地理、地貌特征, 通常可以利用海图进行对比分析, 可以建立更加直观的水下地形概念。

### 三、应用效果

通过对遥感图象进行的信息提取和综合分析,经现场考证,作出礁石和可疑航障物的分布图、底质分布图及等线图。事实表明,应用遥感技术探测浅海水下礁石、浅滩、潮流、水下地形等效果良好。

#### 1. 礁石和浅滩的显示效果

图象上显示四种类型的特征物:(1) 1/10万海图上在沿岛屿和大陆岸边上标注的礁石有几十处,其中暗礁五处,在处理后的图象上均可找到对应的显示特征。(2) 实测的水深点(测深仪测得)几十处,属于未经水下检验的特殊点(很浅的),因而没有标注在海图上,但在图象上却显示出相应的特征,可以作为对这些特殊水深点进行分析和判别的一种手段。(3) 图象上显示的特殊点,它们在海图上并没有标注,测量时也未发现,但在多个时相图象上均可找到。这些点可作为今后海测待查的可疑航障物目标。(4) 通常海图上所标注的礁石是以点的形式出现,其礁石及周围的地形变化就难以表示,而在图象上却显示了它的整体形态。如螳螂岛以东的香炉礁(图版 I:c 箭头 2 所指处),海图上只标示一个点,图象上却显示成片状分布,在低潮位时可见到两岛间突出水面的礁石群和激起的大片浪花。

#### 2. 底质分布显示效果

分布图上反映本区底质多变,主要受岛屿、地形、潮流影响。其类型既有深海类型的软泥沉积,又有黄河入海所携带的泥沙沉积,基本包括五种:软泥、泥、泥沙、沙泥和细沙等。其中软泥和泥的光谱亮度值偏低,分布较广,而沙泥、细沙亮度值偏高,细沙最亮(图版 I:c)。图象上连续地、大面积显示海区底质,有利于航海、工程、渔业上的应用,特别是捕捞作业和养殖的布局。

#### 3. 水深显示效果

遥感图象显示水下地形走向、地貌形态效果良好,可提供水深变化的细节信息。例如南长山岛西南端有一小块水深约 18m,周围深约 12—16m 的凹地形,在卫星遥感图象上十分形象地显示了此圆形的凹地(图版 I:c 箭头 3 所指的圆)。常规水深测量的点、线和作图方法会使一些碎部水深信息难以在海图上表示出,而遥感探测的连续性却可以弥补。例如显示在遥感图象上的本区烧饼岛与螳螂岛之间的那一小块水下浅滩,面积还不足 0.1km<sup>2</sup>,水深仅约 2m,此处低潮位时曾使小船搁浅。目前,由于遥感传感器在光谱分辨率、几何空间分辨率及波段选择等方面的局限性,使水深显示效果受到限制。

#### 4. 海流信息显示效果

由于遥感图象记录的是海上瞬时变化,故图象上只能反映出卫星过境时海流瞬时的状态。例如 1978 年的图象,是 10 月 13 日早上 9 时 30 分过境的,正值本海区高潮位,潮流信息被记录于图象上(图版 I:c),南长山岛西侧(图版 I:c 箭头 3 所指)显示出一个漩涡,此处水流很急。又如大黑山岛西北侧海区(图版 I:c 箭头 4 所指)图象上出现反差强烈的条带,此处水流湍急,曾发生货船在此因失控而碰岸翻沉事故,当地渔民称之为“危险岸段”。

## 四、结 论

利用卫星遥感技术及图象处理方法探测和研究浅海滩、礁石、底质、水下地形地貌形态等是可取的,其优越性在于几下几方面。

1. 所获取的数据是脱离水面的探测结果,对于难以在水面作业的浅滩、危险海区等具有特殊的意义,是常规测量手段的重要补充。

2. 卫星遥感作为大面积的连续记录,短周期内重复观测,可提供现势性良好的动态资料,成为一种宏观的、动态的、全面的研究海区的有效方法。

3. 为海图和其它图件的更新、修编提供廉价的依据。

目前的试验表明,此项技术的应用还存在局限性,即现有的卫星遥感图象,其光谱信号分辨率低,使水深信息受到压缩,不满足大、中比例尺图件资料的精度要求;图象的几何畸变较严重,在广阔海区无自然地物作控制点时,图件几何精度不高,影响到待测目标的定位;此外信息提取和处理技术比较复杂,随海区条件变化而异。这些问题的解决有待于卫星传感器的改进和水面同步测量条件的改善等。可以预料,在此领域内遥感技术的应用将会得到有效的发展。

## 参 考 文 献

- [1] 李铁芳、冯均泌、苏民生, 1987. 遥感图象数字处理原理与应用. 云南科技出版社, 34—58 页。
- [2] Cracknell, A. P., 1981. Remote Sensing in Meteorology, Oceanography and Hydrology. Ellis Horwood Limited, pp. 178—194.
- [3] Fabian, C. P., 1976. Remote Bathymetry Using High Gain Landsat. NASA Report, pp. 9—20.
- [4] John, M. D., 1981. Shallow Sea Mapping Using Landsat Data, Workshop on Remote Sensing. Philippines, Limited Coop/WGRS English, pp. 21—25.

**OBTAINING AND APPLYING THE REMOTE SENSING DATA  
OF WATER DEPTH, BOTTOM SEDIMENT, SHALLOW  
BEACH AND REEF IN THE SOUTHERN  
BOHAI STRAIT**

Li Tiefang

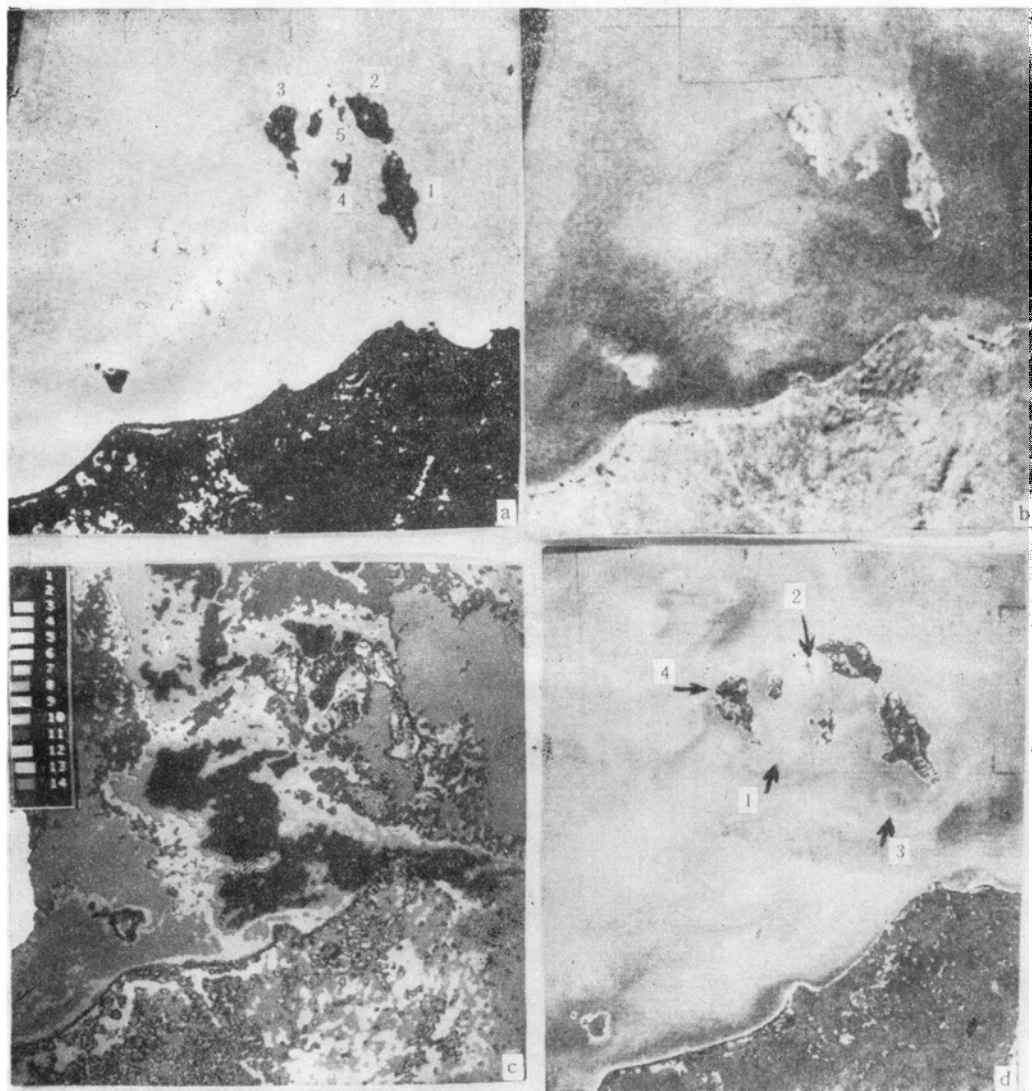
*(Zhongshan University, Guangzhou)*

Li Chengzhi

*(Institute of Oceanology, Academic Sinica, Qingdao)*

**ABSTRACT**

With the data of the landsatellite MSS with computer image process, the information and visual interpretation of reef shallow beach, bottom sediment and tidal current near the Changdao Island are obtained. The paper also discussed the physics basis, feasibility and the module of the processing technology. The oceanological data obtained by space sensor are comprehensive, which include the elements of atmosphere column, sediment on sea surface or in the water and the bottom material, etc. Each of the elements severally affects the picking up of depth information. If the computation of mathematic equation was used to determine the depth data, many sea truth parameters and boundary condition must be provided, which are quite difficult to obtain with satellite. So, the paper discussed the method of achieving the simple module and data filter with the use of charts and the boundary condition determined by few sea truth measurement data. The test of area's underwater situation is complicated and fast-variable because the satellite sensor's spectral brightness difference is very small and the image information is quite comprehensive. To obtain the better result, the multiseasonal-multispectral MSS data are needed to comprehensively pick up the information and process the data with visual interpretation and computer assist. It can be seen that the application of satellite remote sensing and image processing technology is one of the methods of shallow sea investigation, and it's a useful supplement for ordinary investigation, especially for the investigation in the changeable and dangerous oceanic areas.



a. 长岛县: 1.南长山岛; 2.北长山岛; 3.大黑山岛; 4.庙岛; 5.螳螂岛。b. 1981年11月20日图象 MSS5 线性扩展后的影象。c. 底质分类表: 9 为泥; 10 为软泥; 12 为沙泥; 13 为泥沙; 14 为细沙。d. 1. 为鱼鳞礁; 2. 为螳螂岛与北长山岛之间礁石群; 3. 为漩涡; 4. 为大黑山岛危险岸段。