

南沙群岛岛礁地形地貌 TM 影像特征分析

潘春梅, 丁 谦, 曹文玉

(中国国土资源航空物探遥感中心, 北京 100083)

摘要: 根据南沙海区的地形地貌特征, 利用 TM 图像, 对不同的珊瑚礁、珊瑚沙发育状况和岛礁的地质特征与生态特征进行了分析, 研究了水下礁、滩的物质组份、发育程度及 TM 影像特征, 提出了 30 m 以浅岛礁分类方法, 查清了南沙海域岛、礁、滩、沙的形态和分布, 细化并完善了南沙群岛岛礁分类。

关键词: TM 影像; 珊瑚礁; 水深; 岛礁分类

中图分类号: TP 75; P 736.14 文献标识码: A 文章编号: 1001-070X(2002)02-0034-04

0 引言

南沙群岛及其邻近海域幅员辽阔, 地貌类型齐全, 既有宽广的大陆架, 又有险峻的大陆坡和辽阔的深海盆; 既有多级平坦的陆坡台阶, 又有雄伟壮观的海底高原。地形起伏崎岖多变, 海底隆洼相间分布, 槽谷系统交错, 海山挺拔屹立, 岛屿与珊瑚礁滩广布。其海底总体地貌轮廓是一个壮观的“礁灰岩林”^[1], 蕴藏着丰富的石油和天然气资源。对南沙群岛岛礁地形地貌特征和岛礁类型进行分析研究具有重要的意义。

1 南沙群岛岛礁遥感图像特征分析

1.1 分析依据

根据 TM 图像各波段光谱特征, 选择 TM4、TM2、TM1 波段图像组合。TM1 为蓝光波段, 光在水中衰

减最小, 对水有较强的穿透力, 反映水下深度最深, 信息最为丰富; TM2 波段在两个叶绿素吸收带之间, 对水仍有穿透力, 能够探测可溶性有机物和浮游生物; TM4 属于红外波段, 对水下信息基本没有反映, 但能较准确地确定陆地和水面的分界线, 并且对云雾、植被、岛屿形态和地物有较好的识别能力。因此选用 TM4、TM2、TM1 波段组合能较全面地反映岛礁信息和水深信息。南沙海区云雾多, 严重干扰掩盖了岛、礁、滩、沙的影像信息, 且暗礁和暗滩都在深水区, 深海和白云分别占据图像的低值区和高值区, 一般的图像处理方法已达不到岛礁调查的要求。本研究采用了在单景原始图像中将岛、礁、滩、沙按照影像特征分割为若干模板, 经多级增强处理, 然后对图像进行色调匹配, 使得岛、礁、滩、沙的信息得到最大程度增强, 最后对背景进行掩膜, 形成新的图像, 如插页彩片 13 所示。用这样的方法消除了云雾的干扰, 保持了影像上岛礁丰富的信息。

区别岛礁物质组份和判译水深是对岛礁影像特

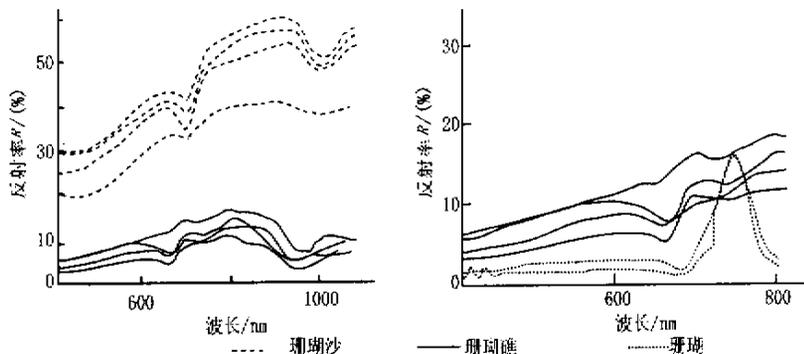


图 1 珊瑚礁、珊瑚沙与珊瑚反射波谱曲线

征及地形地貌分析的关键。从构成南沙群岛物质组份珊瑚礁、珊瑚沙(珊瑚碎屑)和珊瑚的反射光谱曲线(图 1)可见,珊瑚沙的反射率明显高于珊瑚礁,而珊瑚礁又高于珊瑚,在相同水深的条件下,这 3 种物质组份在 TM 图像上可以区分。珊瑚发育于深度基

准面下,在表 1 中清楚显示出在水深 2 m 处仅有水面总辐射的 1/3,在水深 > 10 m 时,仅有 1/5,在水深 > 25 m 时,只剩 1/10。水深增加,地物辐射迅速衰减的特征也是对南沙群岛遥感解译的主要依据。

表 1 典型大洋近岸水域中到达一定深度的总辐射(3002 500 nm)的百分数^①

深度/m	大洋水 ^②					近岸水				
	I	IA	IB	II	III	1	2	3	4	5
0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1	44.5	44.1	42.9	42.0	39.4	36.9	33.0	27.8	22.6	17.6
2	38.5	37.9	36.0	34.7	30.3	27.1	22.5	16.4	11.3	7.5
5	30.2	29.0	25.8	23.4	16.8	14.2	9.3	4.6	2.1	1.0
10	22.2	20.8	16.9	14.2	7.6	5.9	2.7	0.69	0.17	0.052
20						1.3	0.29	0.020		
25	13.2	11.1	7.7	4.2	0.97					
50	5.3	3.3	1.8	0.70	0.041	0.022				
75	1.68	0.95	0.42	0.124	0.001 8					
100	0.53	0.28	0.10	0.022 8						

^①引自 N. G. Jerlov, 1968 年《海洋光学》; ^②对于大洋, 太阳高度角是 90°, 对于近岸水, 太阳高度角是 45°

1.2 岛礁地貌遥感图像分析方法

南沙群岛地貌千姿百态, 归类统计方法各异, 考虑到位于水下 30 m 以浅的珊瑚礁与人类海上活动的密切关系, 以及南沙海域水质清澈, 在 TM 影像可见光谱段能够反映 30m 以浅岛礁信息等, 据此, 我们认为利用遥感方法对南沙海区岛礁调查是可行的。

南沙群岛珊瑚礁不同的产出部位和地貌形态的差异在遥感图像上清晰可辨, 岛屿、沙洲高出大潮高潮面上, 其地物对自然光反射显著, 在图像中可明显反映出来。岛屿出露于海面上, 适合植被发育, 有利于区分没有植被的礁、滩。岛屿、沙洲面积较大, 在 TM 图像上易于识别。

位于大潮高潮面以下, 深度基准面以上的礁石, 退潮后露出海面, 称之为干出礁, 它们直接受到太阳暴晒, 活珊瑚不易生存, 残留的仅是珊瑚骨架, 物质组份比较单一, 受强烈的海浪冲蚀, 部分珊瑚骨架破碎成砾状或砂状碎屑, 堆积在礁坪、泻湖坡或岛屿周边形成沙滨, 因此干出礁主要由珊瑚礁和珊瑚碎屑两类物质组成。

在深度基准面以下的珊瑚礁, 基本处于海面下, 以广泛发育的活体珊瑚为特征, 较干出礁物质组份明显不同, 再则离水面较远, 入射光衰减更加显著, 在 TM 图像上色调较暗, 易于与干出礁区别。

2 岛礁类型划分及遥感地貌特征

2.1 按水深分类

发育在 30 m 以浅的礁滩对人类海上活动的影响最大, 是类型划分的重点, 因此采用 TM 数据, 对 30 m 以浅岛礁按水深分类。

国家技术监督局发布的航海图编绘规范^[2]中将岛礁分为岛、暗滩、明礁、干出礁、适淹礁、暗礁 6 种, 也有学者^[3]将南沙岛礁分为岛、沙洲、暗礁、滩、暗沙 5 类。在综合考虑前二者的分类特点后, 对于干出礁类型, 再按产出地貌特点进一步划分, 便于利用。将发育在环礁礁坪上的干出礁称为台礁坪, 发育在台礁上的干出礁仍称之为台礁。另外南沙的暗滩, 多数因水较深且在 TM 图像中不易反映, 在遥感影像上主要可见发育其上的暗礁和暗沙, 特称之为滩上暗礁、滩上暗沙, 简称之滩上礁、滩上沙。对发育在环礁内的礁体称之为泻湖点礁。

综上所述, 我们将南沙岛礁分为自然岛、沙洲、人工岛、干出礁、适淹礁、暗礁、暗沙、滩上暗礁、滩上暗沙、滩、泻湖点礁共 11 类。图 2 表示岛礁分类剖面示意图, 由于台礁与台礁坪仅是地貌类型不同, 在图中统一用干出礁表示, 下面分述各类特点和遥感影像特征。

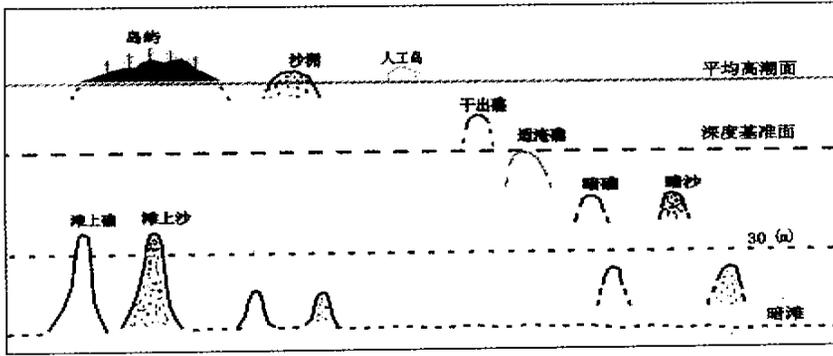


图 2 珊瑚礁分类剖面示意图

(1)自然岛。位于高潮面上,由沙洲长久堆积形成,面积较小(最大的岛礁面积仅 0.432 km²),顶部平坦,岛上植物繁茂,岛被沙滨环绕。在遥感图像上,多呈红色色调,块状,其周边是环状影像,色调从中心向外缘由浅→深,由红→白→淡蓝→浅蓝→蓝灰→深蓝灰递变。

(2)沙洲。发育在礁坪上,出露海面,以珊瑚碎屑为主,海拔极低,呈不规则块状白色影像,覆有植被处可呈浅红色色调。

(3)人工岛。位于高潮面上,由人工堆砌而成,影像上呈浅灰白色色调,覆有植被处可呈淡红色调,形态为较规则的多边形。

(4)干出礁。落潮时出露海面,涨潮时被海水淹没,在南沙岛屿有限的条件下,干出礁水浅,较易构筑工程,有着重要意义。按其发育位置及重要性将其分为台礁及台礁坪两类。

台礁:台状礁体,独立出现。

台礁坪:产于环礁礁坪上,台状礁体。

干出礁在 TM 图像上呈不规则斑块状、条状,呈淡蓝—浅蓝灰色色调。

(5)适淹礁。礁顶面接近低潮面,遥感影像也可归于暗礁类,但考虑到礁顶面较高,可被航运利用,故单独分出。遥感图像上呈浅蓝色色调,有影纹。

(6)暗礁。发育在环礁边缘,低潮时不露出水面,多有珊瑚生长,色调呈蓝灰或暗蓝灰色,形状呈圆形或条形,影像上较模糊。

(7)滩上暗礁。发育在暗滩上,低潮时不露出水面,常有珊瑚生长,我们对发育于暗滩上的暗礁,因特殊的产状单独称为滩上暗礁,简称滩上礁,与一般暗礁、点礁相区别。

(8)暗沙。发育在环礁边缘,与暗礁发育的地貌位置相似,所不同的是物质组份以碎屑为主,在图像上色调比暗礁的色调略浅。

(9)滩上暗沙。对于产于暗滩上的暗沙,单独分

出并称其为滩上暗沙,影像特征与暗沙的近似。

(10)滩。产于低潮面以下的较为平坦、广阔的珊瑚礁。多数因水较深且图像上信息微弱而难以分辨,少数较浅的滩影像呈蓝灰、深蓝色色调。

(11)泻湖点礁。在环礁泻湖内生长起来的点状礁体,低潮时部分点礁露出水面,在泻湖内呈点状灰白色色调。

在地质条件相对稳定或地壳逐渐上升条件下,深部珊瑚礁向上生长,可从暗滩、暗礁发展到干出礁、沙洲,最后形成岛屿,是礁体由深向浅变化而成。珊瑚礁下沉,干出礁可变成暗礁,浅滩可降为暗滩。

2.2 按形态分类

按珊瑚礁形态,可将珊瑚礁分为台礁、独立环礁、复合环礁 3 类。环礁是南沙群岛珊瑚礁发育的一种主要形式,台礁多由环礁演变而成,其影像特征分述如下。

(1)台礁。是指独立生长,中部无泻湖的平台状礁体,属于环礁发育到晚期的产物,影像上呈淡蓝灰色孤立块状体,多属干出礁。

(2)独立环礁。在海中孤立出现环状礁体,由向海坡、礁坪、泻湖坡、泻湖组成,礁湖位于中心,被礁坪环绕,大部分礁坪位于潮间带,呈环状影像,色调较浅,环的中部色调较深为礁湖,礁坪断开部分称之为口门,影像形成断续的环形体,礁坪向海一侧称之为向海坡,礁坪向泻湖一侧是泻湖坡,由礁坪向外海方向或向泻湖方向,其影像色调逐渐变深,平面形态呈带状体。

(3)复合环礁。复合环礁是由若干个小礁围绕着较大的礁湖而成的环状群礁体,其中组成群礁的某一部分或几部分,礁体本身又有独立泻湖,如九章群礁、郑和群礁、道明群礁、中业群礁、双子群礁等。复合环礁一般范围广,有巨大的浅水礁盘,它可以包括有很多的干出礁、暗礁和沙洲、岛屿。中间泻湖面积很大,水也较深,并有多个口门与外海相通,船只

可从口门进入礁湖避风和捕捞作业。在遥感图像上反映出的是由珊瑚岛、环礁、暗礁、沙洲等呈断链状围成的大环礁体。

2.3 按发育程度分类

环礁在发育过程中,受构造运动的影响,礁体上升成为上升礁或下降成为沉没环礁。礁体发育良好可形成封闭型环礁。针对多种多样的环礁地貌特点,按发育程度将环礁地貌分类,有利于分析环礁地质环境的稳定性。

(1)典型环礁。珊瑚礁体在影像上呈环状,围绕着一个浅水泻湖,礁体上发育有沙洲、岛屿,又有若干口门,泻湖中还有点礁,如郑和群礁即为其例。

(2)沉没环礁。指曾发育在潮间带的环礁,沉没于潮间带以下,形成暗沙。图像上仍可见模糊的环状礁坪影像,如乐斯暗沙和永登暗沙。

(3)封闭环礁。珊瑚生长良好的环礁上,在图像上礁环呈较为完整封闭的环形,口门已不复存在,即使低潮时,泻湖也不能与外海进行水体交换,该环礁形成的地质环境稳定,仙娥礁、舰长礁等均属此类环礁。

(4)准封闭环礁。存在数量不等的口门,遥感环状影像断续相连,环内泻湖与环外深海之间能进行海水交换,美济礁、半月礁等均属于该类。

(5)半开放环礁。礁体发育虽呈现环礁形态,但部分礁环仍在水下,尚未发育成礁坪,口门众多,尚宽且深,深部泻湖水与外海水交换畅通,与准封闭环礁比较,环状影像连续性差,五方礁、仙宾礁等即属此类环礁。

(6)台礁化环礁。当小型环礁发育进入晚期,向台礁类型转化。具体表现在随泻湖礁坪的内侧增长和点礁的扩大,生物碎屑的堆积、泻湖逐渐成为残留浅水礁湖,进而分化为很多礁塘,底部堆积着生物碎屑,影像似块状,已近似块状台礁的影像特征,半路

礁即为一例。

(7)环礁链。因环礁的下沉所致,礁坪下沉后,有利于周边珊瑚礁的生长,致使在下沉的礁坪上又发育成为小型环礁。小型环礁的泻湖系原礁坪部分,深度相对较浅。影像呈链状,即若干个小环状影像断续相接,形成一个大的环形影像,除泻湖内少数点礁外,大环内外色调较深,九章群礁就是较为典型的环礁链地貌。

3 结论

利用 TM 图像,通过对南沙群岛的岛、礁、滩、沙的形态和类型系统研究、细化,完善了岛、礁、滩、沙、洲的分类,较准确地查明南沙群岛的国土现状。为加速我国的海洋探测、海洋资源开发和海洋环境保护,为今后开展大面积的海洋遥感方法研究提供了参考和经验。

参考文献

- [1] 夏戡原,等.南沙群岛及其邻近海区地质地球物理与油气资源[M].北京:科学出版社,1996.
- [2] GB12318-90.航海图编绘规范[S].
- [3] 陈史坚.南沙诸岛的五类珊瑚礁[J].南海研究与开发,1987,(1).
- [4] 中国科学院南海海洋研究所.曾母暗沙—中国南疆综合调查报告[R].北京:科学出版社,1987.
- [5] 中国科学院南沙综合科学考察队.南沙群岛及其邻近海区综合调查报告(一),上卷[R].北京:科学出版社,1989.
- [6] 中国科学院南沙综合科学考察队.南沙群岛及其邻近海区地质地球物理及岛礁礁论文集(一)[C].北京:海洋出版社,1991.
- [7] 中国科学院南沙综合科学考察队.南沙群岛永暑礁第四纪珊瑚礁地质[M].北京:海洋出版社,1992.
- [8] 吴培中.中国海洋水色遥感十年[J].国土资源遥感,1994(2):5-14.
- [9] 李铁芳,等.浅海水下地形地貌遥感信息提取与应用[J].环境遥感,1991(1).

TM IMAGE ANALYSIS OF ISLAND REEF TOPOGRAPHY OF THE NANSHA ISLANDS

PAN Chun - mei , DING Qian , CAO Wen - yu

(China Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center for Land and Resources , Beijing 100083 , China)

Abstract: Based on the topographic characteristics of the Nansha Sea Area , this paper has analyzed geological
(下转第60页)

ogy

第一作者简介:陈颖彪(1969-)男,中科院地理信息产业发展中心 2000 级在读博士研究生,研究方向为地理信息系统及应用技术研究,已在相关刊物上发表论文 5 篇。

(责任编辑:刁淑娟)

=====

(上接第 37 页)

and zoological features of island reefs from the growth state of different coral reefs and coral shoals by means of TM image , studied substantial ingredients and growth grades of underwater reefs and beaches according to TM image features , put forward classification method for island reefs shallower than 30m in water depth from TM image , investigated and verified shapes and distribution of islands , reefs ,beaches and shoals in the Nansha Islands and perfected classification of island reefs in the Nansha Islands .

Key words: TM image ; Coral reef ; Water depth ; Classification of island reefs

第一作者简介:潘春梅(1954-)女,1979 年毕业于清华大学,目前主要从事计算机应用图像处理工作。

(责任编辑:周树英)

=====

(上接第 50 页)

THE APPLICATION OF THE ADJUSTMENT TECHNIQUE TO TM SATELLITE IMAGERY IN NANSHA ISLANDS

CAO Wen - yu , DING Qian , PAN Chun - mei

(China Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center for Land and Resources , Beijing 100083 , China)

Abstract: This paper describes the principle of TM imagery adjustment technique. Through adjustment - processing and error - analyzing of TM imagery data obtained from Nansha Islands ,we can get fairly accurate positioning information by using TM imagery and corresponding control data.

Key words: Nansha Islands ; TM Imagery ; Adjustment

第一作者简介:曹文玉(1965-)女,1986 年获成都理工大学学士学位,目前主要从事遥感图像处理工作。

(责任编辑:刁淑娟)