

利用侧扫声呐和单道地震提取海底微地貌的方法

傅人康,张匡华,宋家伟

(海南省海洋地质调查研究院 海口 570206)

摘要:文章简要介绍侧扫声呐和单道地震系统的工作原理,并以海南岛南部近海海域为例,分析通过侧扫声呐图像和单道地震剖面提取沙波、沙脊、海底礁石和陡坎等海底微地貌的可行性及其过程。研究表明:沙波和海底礁石可通过对侧扫声呐图像的判读和识别,对比单道地震剖面图,直接在侧扫声呐图像上圈定;陡坎和沙脊可通过对单道地震剖面图的判读和识别,提取海底水深剖面数据制作平面剖面图,并结合潮流动力方向圈定;综合利用侧扫声呐和单道地震数据,可有效提高海底微地貌的解译精度。

关键词:海底微地貌;侧扫声呐;单道地震;海洋地质;海洋调查

中图分类号:P737.2;TH766

文献标志码:A

文章编号:1005-9857(2018)04-0109-04

The Methods of Extracting Seabed Microtopography Information from Side Scan Sonar Pictures and Single-channel Seismic Profiles

FU Renkang, ZHANG Kuanghua, SONG Jiawei

(Marine Geological Survey Institute of Hainan Province, Haikou 570206, China)

Abstract: The working principles of side scan sonar and single-channel seismic were briefly introduced in this paper. Through the study on seabed microtopography with side scan sonar pictures and single-channel seismic profiles in shallow sea of southern Hainan Island, the process of extracting information of seabed microtopography (including sand waves, sand ridges, reefs, scarps, and so on) from Side Scan Sonar pictures and Single-channel seismic profiles were demonstrated and the feasibility of the method was proved. It was found that sand waves and reefs could be identified on Side Scan Sonar pictures and their range could be confirmed by comprehensive analysis of Side Scan Sonar pictures and Single-channel seismic profiles, whereas sand ridges and scarps could be interpreted and identified on Single-channel seismic profiles and their range can be confirmed by comprehensive analysis of Single-channel seismic profiles, plane profile could be produced with the extracted ocean bottom water depth profile data, combined with the power flow direction. Studies showed that analyzing seabed microtopography with side scan sonar pictures and single-channel seismic profiles in the same time is an effective way to improve the accuracy of the inter-

收稿日期:2017-09-07;修订日期:2018-04-15

基金项目:海南省国土环境资源厅项目(HZ2015-235).

作者简介:傅人康,工程师,研究方向为海洋地质调查和地球物理测量

pretation.

Key words: Seabed microtopography, Side scan sonar, Single-channel seismic, Marine geology, Ocean survey

随着人类对海洋的开发利用,深海资源逐渐受到关注。不同于陆地资源,深海资源深处海底,需对海洋地形地貌有全面了解,才能对其进行勘探和开发^[1]。目前海底探测主要依赖声学探测技术,随着该技术的发展,高分辨率、高精度和高效率的声学探测设备不断出现并很快应用于海洋地质调查和研究,国内外学者已取得丰硕的研究成果^[2]。侧扫声呐为海底探测提供完整的声学图像,用于获得海底形态以及对海底物质的纹理特征进行定性描述^[3],但深度判断能力较差;单道地震不仅能解决这一问题,而且可获得反映海底地层结构的地震记录剖面^[4]。本研究以海南岛南部近海海域的侧扫声呐图像和单道地震剖面为基础,通过综合分析来提取沙波、沙脊、海底礁石和陡坎等海底微地貌。

1 方法原理

1.1 侧扫声呐

本研究采用 Edge Tech 4200MP 侧扫声呐系统,主要由水中拖鱼、线缆和船上处理器 3 个部分组成;后处理解释软件采用 Sonar Wiz5。

侧扫声呐的工作原理是利用海底表面物质背散射特征的差异来判断目标的沉积属性或形态特征。侧扫声呐作业时向两侧发送宽角度(垂直方向)声波波束,可覆盖海底大面积区域,通常单侧每个条带的探测宽度可达数十米至数百米,通过接收海底返回的背散射数据成像^[5]。一般情况下,硬、粗糙和凸起的海底回波强,软、平滑和凹陷的海底回波弱,被遮挡的海底不产生回波,距离越远回波越弱。

由于侧扫声呐图像依据扫描像素的灰度来显示目标的轮廓和结构以及地貌起伏形态,其回波强弱有 2 种基本变化特征^[6],不同侧扫声呐设备和软件成像的灰度特征表示可能不同:有些设备和软件回波强的图像用白色表示,回波弱的图像用黑色表示;有些设备和软件的用色恰好相反,有些甚至用彩色表示。

以本研究采用的设备和软件为例,辨别强、弱

回波在图像上的灰度特征。由原始声呐图像(图 1)可以看出:左、右舷声图的中间存在无用条带,表现在图像上为黑色水柱,此为海水反射,回波弱;隆起的海底礁石在图像上的灰度特征是前白后黑,即白色反映目标的实体形态、黑色为阴影。因此,确定该图像上回波强的灰度特征用白色表示,回波弱的灰度特征用黑色表示。此外,海底凹洼形态在扫描线上的灰度特征是前黑后白,即黑色是凹洼前壁(无回波信号),白色是凹洼后壁(迎声波面反射回波信号加强)^[6]。

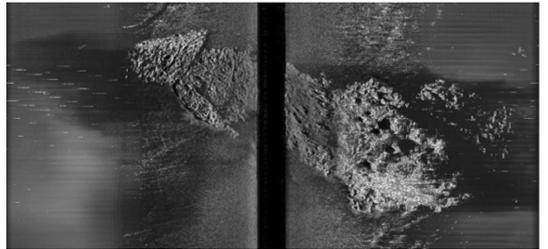


图 1 原始声呐图像

1.2 单道地震

本研究采用荷兰的 Geo-Spark 2000J 单道地震系统,采集软件为 GeoSuite-Acquisition;采用 RadExPro 软件进行处理,采用 GeoSuite-AllWorks 软件进行解释。

单道地震是基于水声学原理的连续走航式探测水下中浅部地层结构和构造的地球物理方法,被广泛应用于世界各国的海洋地球物理调查^[7-9]。单道地震工作系统由船载单元和水下拖曳单元 2 个部分组成^[10],利用声波脉冲在水中和水下沉积物内传播和反射的特性来探测海底地层结构;声波脉冲入射到海底底质中,在不同地层界面产生反射,其强度取决于界面两边介质声阻抗的差。

2 应用实例

2.1 自然地理概况

调查区位于海南岛南部近海海域,水深为 10~50 m;海湾、港口和岛屿众多,其中海湾有崖州湾、

三亚湾、海棠湾和土福湾,港口有港门港、南山港、三亚港和铁炉港等,岛屿有西鼓岛、东锣岛、西瑁洲、东瑁洲、野薯岛、西州岛、东州岛和蜈支洲岛等;河流有三亚河和宁远河等。

调查区的潮汐同时受南海和北部湾2个海域潮汐系统的影响,属不规则日潮,即半个月內大多天数为日潮,少数天数为半日潮。海湾中的潮波主要表现为前进波性质,从南海传至三亚市东南海域,并继续向西传播,部分向西北偏西传向北部湾,部分向北进入三亚湾。潮流主要受南海北部潮波支配,并受地形影响表现为往复流。季风特征明显,冬季盛行东风和东北风,夏季盛行东南风和西南风。在区域构造上位于琼南拱形断裂隆起的琼南断裂带南侧,海岸带面向开阔海域,岬湾相间,以风浪作用为主,有一定的涌浪作用,砂质海滩发育^[11]。

2.2 主要地貌类型

基于以往调查得到的水深、声呐和海底地震资料和相关历史资料,依据形态和成因相结合的原则,调查区海底地貌的二级地貌类型可分为海岸带地貌和陆架地貌,三级地貌类型可分为滨岸堆积岸坡和浅海陆架堆积(水下)阶地,微地貌类型可分为沙波、沙脊、陡坎和海底礁石等。

2.3 海底微地貌的提取

在提取海底微地貌前,要对侧扫声呐图像进行后拖和偏移、底跟踪、信号处理以及数字化显示等处理,对单道地震数据进行分析地震数据的频谱特征、补偿地震数据传播中递减的能量、带通滤波、去除噪音、提高分辨率、压制海底多次波干扰和减少鬼波干扰等处理。不同处理软件的处理流程有所不同。

沙波和沙脊的形成和发展受潮流流速和流向、泥沙供给量以及泥沙粒径和形状等因素的影响,其中发挥主要作用的是潮流流速和泥沙供给量^[12]。一般情况下,有较强潮流和底沙(砾)分布的海域都有沙波或沙脊的存在。沙波的成因和形态与沙脊不同,其既可大面积自成体系,也可分布于沙脊背面、斜坡甚至沟槽内。沙波的脊线垂直于水流方向,具有不对称的形态;而沙脊的走向大致平行于水流方向,即垂直于沙波脊线^[13]。

陡坎主要发育在海底地形变化较大和强水动力的环境,地貌形态表现为坡度急剧变化,水深起伏剧烈。因此,陡坎常与冲蚀沟槽相伴而生^[12]。

2.3.1 沙波和海底礁石

沙波在侧扫声呐图像上一般以波纹状排列,灰度深浅相间,且较规律;在单道地震剖面图上以锯齿状排列(图2)。

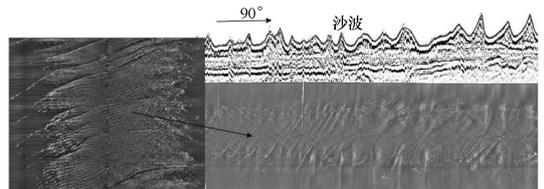


图2 沙波的单道地震剖面图和侧扫声呐图像

隆起的海底礁石回波强,在侧扫声呐图像上的灰度特征是前白后黑,即白色反映目标的实体形态,黑色为阴影;在单道地震剖面图上表现为向上隆起,反射界面振幅强,且连续性较好(图3)。

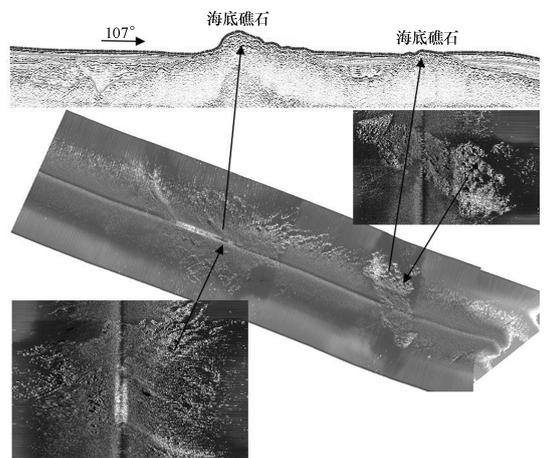


图3 海底礁石的单道地震剖面图和侧扫声呐图像

通过对侧扫声呐图像的判读识别,对比单道地震剖面图,沙波和海底礁石可在侧扫声呐图像解释软件上直接圈定并标注,最后导出 DXF 文件进行整理。

2.3.2 陡坎和沙脊

在海洋调查实际工作中,大面积的侧扫声呐图像很少做到全覆盖,因此直接用侧扫声呐图像识别陡坎和大型沙脊的难度较大,且不直观。单道地震剖面图可较直观地识别陡坎和沙脊:陡坎在单道地

震剖面图上表现为坡度急剧变化,水深起伏剧烈;沙脊和冲刷槽相间分布,构成脊槽体系(图4)。

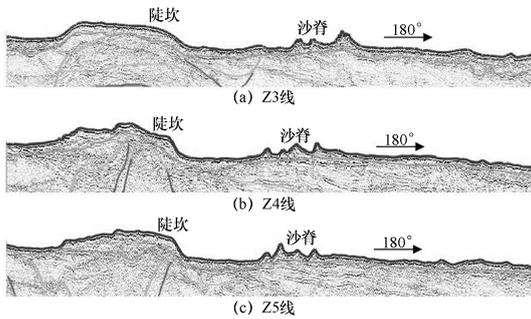


图4 陡坎和沙脊的单道地震剖面图

单条单道地震剖面图只能体现陡坎和沙脊的形态和大小,不能反映其长度和走向。利用海底水深平面剖面图可解决这一问题,具体步骤为:①在单道地震解释软件中提取海底水深剖面数据;②对海底水深剖面数据进行时深转换;③用转换后的海底水深剖面数据制作平面剖面图(图5);④结合潮流动力方向圈定陡坎和沙脊。

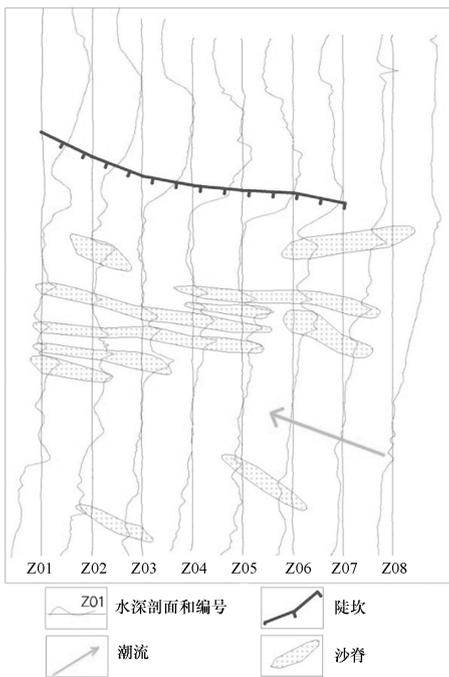


图5 局部海底水深平面剖面图

3 结语

本研究简要介绍侧扫声呐和单道地震系统的工作原理,并以海南岛南部近海海域为例,分析通

过侧扫声呐图像和单道地震剖面提取沙波、沙脊、海底礁石和陡坎等海底微地貌的可行性及其过程,主要得到2个结论:①对于沙波和海底礁石的提取,通过对侧扫声呐图像的判读和识别,对比单道地震剖面图,直接在侧扫声呐图像上圈定;②对于陡坎和沙脊的提取,通过对单道地震剖面图的判读和识别,提取海底水深剖面数据制作平面剖面图,并结合潮流动力方向圈定。

参考文献

- [1] 李勇航,牟泽霖,万芃.海洋侧扫声呐探测技术的现状及发展[J].通讯世界,2015(3):213-214.
- [2] 冯京.基于高分辨率声学探测的渤海海峡地貌及灾害地质研究[D].青岛:中国海洋大学,2014.
- [3] 唐秋华,陈义兰,周兴华,等.多波束海底声像图的形成及应用研究[J].海洋测绘,2004,24(5):9-12.
- [4] 卢胜周,李振,马秀敏,等.单道地震勘探应用中的干扰因素分析及压制[J].四川地质学报,2016,36(2):310-315.
- [5] 冯强强,温明明,牟泽霖,等.侧扫声呐在富钴结壳探测中的应用前景[J].地质学刊,2016,40(2):320-325.
- [6] 李海,滕惠忠,宋海英,等.基于侧扫声呐图像海底目标物提取方法[J].海洋测绘,2010,30(6):71-73.
- [7] WEBER N, CHAUMILLON E, TESSON M, et al. Architecture and morphology of the outer segment of a mixed tide and wave-dominated-incised valley, revealed by HR seismic reflection profiling: the paleo-charente River, France[J]. Marine Geology, 2004, 207(1): 17-38.
- [8] LEBLANC C, LOUDEN K, MOSHER D. Gas hydrates off Eastern Canada: velocity models from wide-angle seismic profiles on the Scotia Slope[J]. Marine and Petroleum Geology, 2007, 24(5): 321-335.
- [9] VAN D W W. Backarc deformation along the eastern Japan Sea margin, offshore northern Honshu[J]. Journal of Asian earth sciences, 2000, 18(1): 71-95.
- [10] 李军峰,肖都,孔广胜,等.单道海上反射地震在海上物探工程中的应用[J].物探与化探,2004,28(4):365-368.
- [11] 王颖.海南潮汐汐道港湾海岸[M].北京:中国环境科学出版社,1996.
- [12] 高伟.海南岛南方岸外陆架地形变化特征及对海底管线状态的影响[D].青岛:中国海洋大学,2008.
- [13] 王颖.中国区域海洋学:海洋地貌学[M].北京:海洋出版社,2012.