

侧扫声呐系统在荣成海流能电站 示范工程中的应用

常增亮¹, 高兴国¹, 李新卫²

(1. 山东电力工程咨询有限公司, 山东 济南 250013; 2. 山东省地质科学实验研究院, 山东 济南 250013)

摘要:介绍了侧扫声呐系统在荣成海流能电站示范工程中的应用,对侧扫声呐系统的工作原理、图谱的特点及影响图谱影像质量的因素进行了分析,基于海流能示范工程扫测图谱影像进行了数据处理与特征提取,并将地貌分类成果应用到设计施工中取得了较好的效果;对工程应用中遇到的问题进行了总结。

关键词:海洋;地形地貌;侧扫声呐;图谱;特征提取;海流能电站;荣成市

中图分类号:P715

文献标识码:B

0 引言

荣成海流能电站示范工程是国家新能源项目,装机容量为 4×300 kW,设备以 2 叶片轴流式、不带导流罩的结构形式座落于海底。海底构筑物和电缆安装施工需要对海底的地形地貌进行准确的了解,目前探测海底地形地貌最有效、最准确的手段就是使用侧扫声呐扫测海底地形地貌。侧扫声呐有 3 个特点:①分辨率高,可以显示海底微地貌形态和分布;②获取的海底声学图谱影像是连续的且全覆盖不漏测;③可以分析地貌、海底构造、底质、海床迁移和稳定性等。被广泛应用于海洋工程勘探,如海底电缆、海底输油管线的路由器调查等。

基于 Benthos SIS-1624 侧扫声呐系统获取荣成海流能电站的海底声学影像,经过 Otsu 二值化处理后对海底地形地貌特征进行了提取和分析,并将获取的分类结果运用到实际工程设计施工中,取得了较好的效果。

1 侧扫声呐工作原理及影响因素

侧扫声呐是一种半定量的以图象形态测绘水下地貌特征的仪器。由拖鱼、线缆和处理器 3 部分组

成。其工作原理为:由随船行进的拖鱼产生两束与船行进方向垂直的扇形声束,声波碰到海底或礁石、沉船等物体就被反射回来,或者是受到海水密度、温度的影响而传播方向和速度发生改变,反射回来的信号由拖鱼接收系统接收、转换放大,然后由处理器以图像的形式记录、显示^[1]。

生成图谱影像的质量是决定提取海底地形特征精度的关键,影响声呐图谱质量的主要因素有:①二次回波:即来自同一目标的多路径回声信息。多路径回声是不常见的,只有当环境条件恰好满足它出现的条件才会产生。②尾流:船的尾流对侧扫声呐是一种主要的干扰源,航行船的推进器在靠近水面产生一条气泡的痕迹,这些气泡在船只离去后在水中仍能存在很长的时间。并不是只有船只才能产生尾流,井桩和桥墩也能产生尾流。③噪声:噪声主要分为环境噪声和自身噪声。即使仪器本身与水体、船只与水体也存在噪声;通常测深仪和声参量剖面仪对声呐有干扰。④地层剖面仪、测深仪和其他定时的声源也能对侧扫声呐产生干扰,这些干扰通常看起来就是一些有规律的等距黑线。最明显的就是声呐记录上的干扰条纹,此干扰由地层剖面仪引起。⑤如果气泡足够密集,将完全闭塞声呐脉冲,会

* 收稿日期:2011-11-12;修订日期:2011-11-28;编辑:孟舞平

作者简介:常增亮(1971—),男,山东嘉祥人,教授级高级工程师,主要从事电力勘测设计方面的研究工作;E-mail:changzengliang@sdepci.com。

导致底部无图像。⑥水体密度与温度跃层:量程外侧的强烈反射体能够被声呐记录下来,这些量程外侧的返回信号可以被类似雷达的扫瞄装置捕获,虽然在实际的声呐工作中极少遇到。

2 声学图谱影像的特征

声图由 4 条线组合构成,在声图中央纵向直线为拖鱼轨迹线,这条轨迹线是量测声图两侧目标距离、位置、高度、拖鱼高度的基准线。在拖鱼轨迹线左、右两侧,有纵向连接延伸的曲线,一般靠近拖鱼轨迹线的纵向连接曲线称为水面线。在水面线外侧的纵向连续曲线称为海底线。海底线起伏变化反映海底起伏形态,海底线与拖鱼轨迹线之间的间距变化显示拖鱼高度变化。在两侧海底线外侧,有横向连续排列直线,称为扫描线,扫描线由像素点组成,像素点随声回波信号的强弱变化而产生灰度强弱的变化,而扫描线的像素点灰度强弱可以反映目标和地貌图像^[2]。

声图依据扫描线像素的灰度变化显示目标轮廓、结构以及地貌起伏形态^[3]。目标成像灰度有 2 种基本变化特征:①隆起形态的灰度特征。海底隆起形态在扫描线上的灰度特征是前黑后白,亦即黑色反映目标实体形态,白色为阴影。②凹陷形态的灰度特征。海底凹陷形态在扫描线上的灰度特征是前白后黑,亦即白色是凹陷前壁无反射回声波信号,黑色是凹陷后壁迎声波面反射回声波信号加强。海底表面起伏形态和目标起伏形态,在声图上反映灰度变化,就是以上 2 种基本特征的组合排列。

3 工程应用与分析

2011 年 6 月 16 日,趁平潮、停潮期间,使用美国 Benthos Teledyne 公司的 SIS-1624 型双频声呐系统对大唐荣成海流能电站站址海底进行了海底地貌扫描。地貌探测布设 13 条测线,测线间隔 50 m,单侧扫宽为 75 m,覆盖率为 300%,共计完成测线约 8 km。测量期间,侧扫声呐拖鱼放于船后进行拖曳测量,工作时保持单条测线匀速直线航行,船速为 2~4 节(逆流 2 节,顺流 4 节),拖鱼离水面高度约为 8~10 m。

3.1 资料处理

(1)侧扫声呐图像预处理。中值滤波后的声学

图谱影像在二值分割中的效果好于其他滤波算法。中值滤波图像二值分割后具有更少的连通区域个数,使目标与背景更好地分离^[4]。图 1 为经过中值滤波前后的侧扫声呐图谱影像,由图 1 可见,中值滤波明显降低了对目标的干扰。

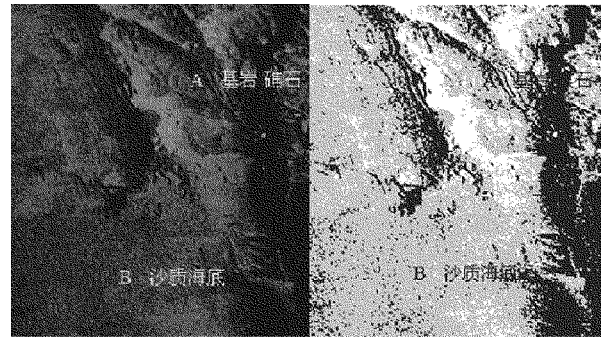


图 1 中值滤波前后声学图谱比较

(2)Otsu 法二值化及特征提取。侧扫声呐图像是灰度图像,无法使用颜色分割,通常利用灰度差别进行目标与背景的分。目前一些热点的分割方法有基于最大熵的灰度阈值选取方法、形态分水岭变换与简化脉冲耦合神经网络等。综合考虑时间和效率因素,利用 Otsu 提出的灰度图像二值分割算法对中值滤波后的图像做二值分割。不同的值代表不同的地貌,由此可以将不同类型地貌分开。在地貌类型分类中,一方面根据侧扫声呐图像(黑白图像)的灰度和形态,另一方面也参考了水声学中声波在海底不同介质中的反射、散射原理、海洋动力因素,结合底质取样力求更好地确定出海底地貌类型的边界情况。根据图谱估计 A 处为基岩海底(礁石),B 处为细粒均匀沉积,估计为沙质海底(图 2)。

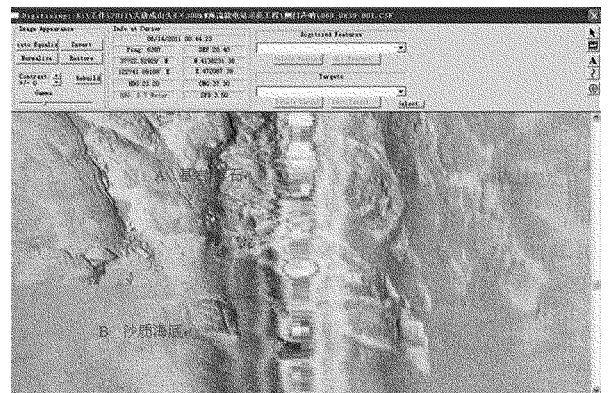


图 2 海底地貌声学图谱影像

3.2 扫描成果编绘与分析

测区海底地貌图编绘是依据侧扫声呐声学图谱

影像、水深地形测量记录图谱及测线航迹图等绘制而成。侧扫声呐是一种半定量的以图象形态测绘水下地貌特征的仪器。在绘制地貌图时,对同一个地貌类型范围的确定是采用从多个方向、多种记录、多次比较法,力求有准确的坐标位置。数据处理方法采用基于 Benthos SIS-1624 的声学图谱影像结合山头海域的海水动力因素,结合海底底质取样最终确定出海底地貌类型的边界情况。

由于测区波浪和潮流等海洋动力较强,基岩质海岸和海底暗礁等不断地被强动力海水冲刷,形成侵蚀残余暗礁。海水冲刷产生的砾石、沙等不断地被从浅水区输往深水区,到达海水动力较弱、水深较大处沉积下来。因此,测区内海底地貌为典型的海蚀残余地貌。通过声呐图谱识别显示测区海底地貌类型以基岩海底为主,并分布有大量礁石,海底基岩因长期经受海水冲刷而呈台阶、沟壑状,部分冲刷产生的细颗粒物被输往深水区,部分粗颗粒的卵砾石等堆积于侵蚀体附近;测区局部海底为细粒沉积区,估计为砾石、沙质沉积。

4 结语

侧扫声呐系统在荣成海流能电站示范工程中得到了较好的应用,针对实际工程中遇到的问题,在测绘中应注意以下几方面:

(1)测区海水动力较强时,尽量租用马力大,船体长的调查船只,在平潮期间进行测量,以保证人员安全和测量成果质量。

(2)为保证海底地形地貌探测结果的准确性必须采取测深仪、浅地层剖面仪、侧扫声呐系统配合底质取样联合作业的方式进行海底地形地貌测绘。

(3)由于沿海国家 GPS 控制点高程异常残差较大,部分地区采用 RTK 进行坐标联测不能满足海洋工程勘察的精度要求,因此,必须采用顾及海陆高程基准统一的水准联测方式进行高程联测。

(4)对水深地形测量成果必须进行内、外符合精度检核,包括检查线测量的深度不符值检查;比对盘检核结果;岸边潮间带区域采用 RTK 方式进行水深成果检核。

参考文献:

- [1] 朱殿尧,卞红雨.侧扫声呐目标自动探测研[J].吉林大学学报(信息科学版),2008,26(6):627-630.
- [2] OTSUN. A Threshold Selection Method from Gray Level Histograms[J]. IEEE Trans Syst, Man and Cybern, 1979, SMC29: 62266.
- [3] 高兴国,刘焱雄.海岸带管理的科学化与信息化[J].海岸工程,2008,27(2):72-77.
- [4] 周兴华,姜小俊,史永忠.侧扫声呐和浅地层剖面仪在杭州湾海底管线检测中的应用[J].海洋测绘,2007,27(4):64-67.

Application of Side-scan Sonar System in Rongcheng Ocean Current Energy Power Demonstration Station Project

CHANG Zengliang¹, GAO Xingguo¹, LI Xinwei²

(1. Shandong Electric Power Engineering and Consulting Institute Limited Corporation, Shaong Jinan 250013, China; 2. Shandong Institute and Laboratory of Geological Sciences, Shandong Jinan 250013, China)

Abstract: In this paper, application of the side-scan sonar system in Rongcheng ocean current energy power demonstration station project has been introduced. The working principle, characteristics of atlas, and factors which will affect the image quality are analyzed. Based on scanned images, data processing and feature extraction have been done. The geomorphologic classification results are applied in designing and construction of this project, and gained a good result. Problems which will happen in the project are summarized as well.

Key words: Ocean; topography and geomorphology; side-scan sonar; atlas; feature extraction; ocean current energy power station; Rongcheng city