

· 工程物探 ·



# 海底障碍物探测技术

柴海斌, 覃继, 吕邦来

(中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 广东广州 510230)

**摘要:** 从障碍物探测的方法原理、基本状况、应用实例效果等方面分析目前国内外常用的海底障碍物探测技术方法, 探讨各种方法的优缺点及适用条件, 总结海底障碍物探测现状及发展趋势。

**关键词:** 海底障碍物; 多波束测深; 侧扫声纳; 海洋磁力; 浅地层剖面; 人工探摸

中图分类号: P 412

文献标志码: B

文章编号: 1002-4972(2013)07-0104-08

## Detection technology for seabed obstacles

CHAI Hai-bin, QIN Ji, LV Bang-lai

(CCCC-FHDI Engineering Co., Ltd., Guangzhou 510230, China)

**Abstract:** This paper analyzes the detection method for seabed obstacles from the detection principle, basic situation and application effect, etc., discusses the advantages, disadvantages and adaptable condition of the methods, and summarizes the current situation and development trend of the detection technology.

**Key words:** seabed obstacle; multi-beam sounding; side-scan sonar; sea magnetic; sub-bottom profiling; manual detection

随着海洋的开发利用,海域工程呈现出日益增多的趋势,石油天然气开采、管线铺设、航道开挖、码头、桥梁、人工岛等建筑物的建造,都要求摸清工程区域内的海底障碍物,这就需要在工程区域内进行海底障碍物探测。目前障碍物探测的手段主要有多波束测深、侧扫声纳、海洋磁测、浅地层剖面法、拖底扫海及人工探摸等。目前任何单一的海底障碍物探测技术都存在其固有的局限性,而无法达到准确摸清障碍物存在形态的目的。因此,多种探测手段综合应用成为解决这一问题的一个有效途径。

本文根据一些障碍物探测实例,结合国内外障碍物探测的经验,探讨海底障碍物的地球物理探测技术。

## 1 障碍物探测方法

### 1.1 多波束测深

多波束测深是可同时获得舰船航迹的垂直面

内数十个深度值的回声测深系统,具有覆盖宽度大、水深密度大的特点,平面位置准确合理,发现目标能力强,主要用于海底地形测量、扫海测量及海上施工的测量。在障碍物探测领域主要用于在较大范围内探测海底面以上的礁石、沉船等。多波束测深不足是仪器安装调试较复杂,只适合探测范围较广阔的区域。图1为多波束测深示意图。



图1 多波束测深示意图

收稿日期: 2013-05-02

作者简介: 柴海斌(1981—),男,工程师,从事地球物理勘探工作。

### 1.2 侧扫声纳

侧扫声纳是20世纪60年代研制出来的应用于海洋环境中目标物探测的新技术,其基本原理是运用海底地物对入射声波反向散射的原理来探测海底形态,侧扫声纳技术能直观地提供海底形态的声成像,在海底测绘、海底底质勘测、海底工程施工、海底障碍物和沉积物的探测,以及海底矿产勘测等方面得到广泛应用。根据声学探头安装位置的不同,侧扫声纳可以分为船载和拖体两类。船载型声学换能器安装在船体的两侧,该类侧扫声纳工作频率一般较低(10 kHz 以下),扫幅较宽。探头安装在拖体内的侧扫声纳系统根据拖体距海底的高度还可分为2种:离海面较近的高位拖曳型和离海底较近的深拖型。侧扫声纳最大的特点是能够快速有效的探测海底面的状况,通过不间断的扫描,对具有一定规模的障碍物能够清楚探明,缺点是无法有效探测海底面以下的障碍物。图2为侧扫声纳探测示意。

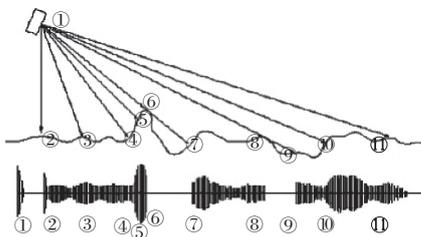


图2 侧扫声纳探测原理

### 1.3 海洋磁测

海洋磁测是在水域进行的磁法勘探工作。磁法勘探是应用地球物理学的一个分支,以有关地质学和物质磁性的理论、地磁场理论和物体磁化理论、以及磁化物体磁场的数学理论为基础,借助专用仪器测量不同磁化强度的物体在地磁场中所引起的磁场变化(即磁异常),来研究这些磁异常的空间分布特征、分布规律及其与磁性体(场源)之间的关系,从而达到寻找场源(探测目标体)的目的,并提供场源的位置、埋深及规模等相关信息。早期,曾使用饱和式磁力仪。目前,常用核子旋进磁力仪、光泵磁力仪或海上梯度仪(包括水平梯度仪和垂直梯度仪)等进行连续测量。为防止船体和航行对仪器的影响,以及波浪的干扰等,仪器探头

要密封放置在海水面以下一定深度。磁力探测能够快速探明海底强磁性物体(铁质、水泥质管线,通信电缆、光缆,沉船,人类抛弃物,水雷,航空炸弹等)。其不足是无法获知水下磁力变化区域的地形图像,同时由于磁法勘探的深度确定是通过数学计算或正反演拟合而得,故其在纵向深度的探测精度需要其他更加直接的方法验证。常见的两款海洋磁力仪见图3。

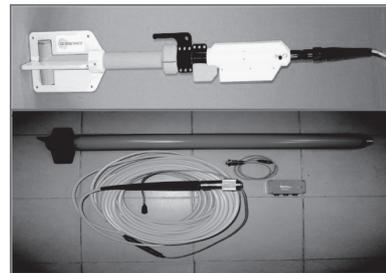


图3 常见的两款海洋磁力仪

### 1.4 浅地层剖面法

浅地层剖面探测是一种基于水声学原理的连续走航式探测水下浅层地层结构和构造的地球物理方法。其主要原理是通过换能器将控制信号转换成不同频率的声波脉冲向海底发射,该声波在海水和沉积地层传播过程中遇到声阻抗界面,经反射被返回换能器,转换成模拟或数字信号记录 and 储存,并输出为反应地层声学特征的记录剖面。浅地层剖面法优点是在同一剖面上能快速不间断地进行扫描探测,对于有一定规模的障碍物的探测,无论其是否有掩护,探测效果都较好,一般常用浅地层剖面法探测障碍物以提供准确的平面位置及埋深。但是,对于平面位置不明确的管线,采用浅地层剖面法进行盲探工作量太大,致使效率降低、成本加大。图4为浅地层剖面法探测原理示意图。

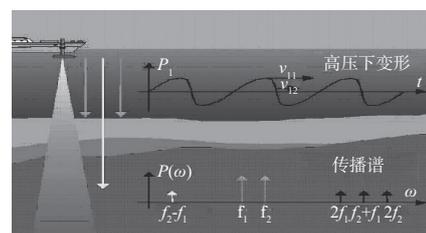


图4 浅地层剖面法探测原理示意图

### 1.5 拖底扫海

拖底扫海是将一种扫具用1条船拖在海底面上(扫具全部着底或离海底不超过0.3 m),在探测区域内地毯式布置扫道拖扫,且必须对各扫道进行涨、落水顺流各扫测一次的一种探测方式。用于查明探测区域内海底面上的障碍物的位置、深度及性质,以及区域内障碍物数量,为开辟航道,清除障碍物及安全航行提供资料。拖底扫海主要用于探测港池、航道的人类遗留物,适应于海底平坦区域,扫海范围较开阔且探测区域内没有渔网、养殖或较少渔网、养殖的区域。

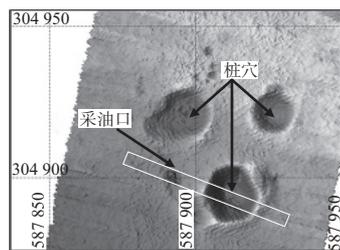
### 1.6 人工探摸

人工探摸用于对已知的障碍物或用其他探测方式探测到的疑似障碍物进行确认的一种探测方法。该方法可以准确地判断障碍物的性质及分布形态,但是效率很低,仅适用于水深较浅的区域。

## 2 应用实例

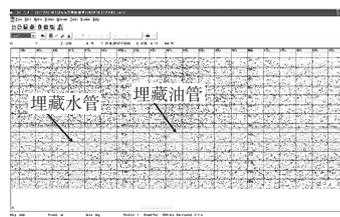
### 2.1 油田海上平台管线调查

在某油田海上采油平台管线调查工作中,已知的障碍物存在类型有供水管、输油管、电缆以及桩穴和采油口等人类施工痕迹等,而管线有悬空的、裸露的以及埋藏在海底面以下3种形态。测区水深变化较小,管线的直径有60 cm及30 cm两种。首先通过侧扫声纳找到裸露的管线及桩穴和采油口等异常,再通过浅地层剖面法找到悬空的、裸露的以及埋藏在海底的管线等异常,之后通过海洋磁力探测找到电缆以及其它有磁性的管线等异常,3种方法相互加以验证,得出最终的障碍物分布图。最后在下一次施工前通过人工探摸的方式核对确认裸露管线的准确分布状态,为工程施工提供安全保证。图5为侧扫声纳实测图,图6为浅地层剖面实测图,图7为海洋磁测确定的电缆平面位置。

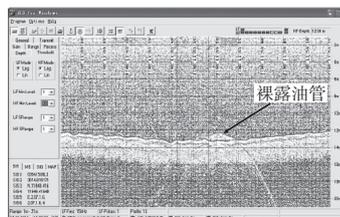


b) 桩穴及采油口

图5 侧扫声纳实测图



a) 埋藏管线



b) 裸露管线

图6 浅地层剖面实测图

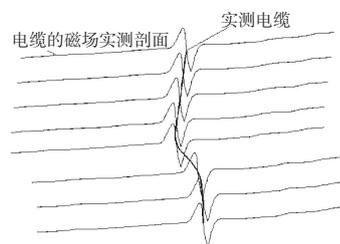
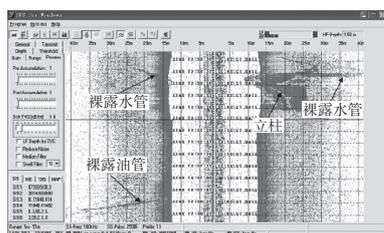


图7 海洋磁测确定的电缆平面位置

### 2.2 港珠澳大桥主体工程桥梁试桩工程

在港珠澳大桥主体工程桥梁试桩工程岩土勘察扫海项目中,也分别应用了浅地层剖面法、侧扫声纳及海洋磁测3种方法对每个试桩点半径200 m范围内进行了扫海工作,除了侧扫声纳扫到的渔网及砂纹等异常外,没有可以影响试桩的障碍物,为试桩工作的安全进行提供了保障。图8为侧扫声纳实测图。



a) 管线

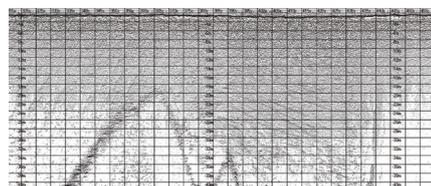


图8 侧扫声纳实测图

### 2.3 港珠澳大桥珠澳口岸人工岛扫海工程

在港珠澳大桥珠澳口岸人工岛填海工程、接线匝道及施工栈桥海域范围内水底面以下10 m内进行水下既有障碍物探测调查, 查清海底已有管线、管道、光缆、沉船、锚、炸弹等海底障碍物, 可避免地质探测对海底已有管线管道的破坏, 造成不必要的损害。同时也有利于珠澳口岸人工岛和接线匝道的总体布置, 确保工程方案的可行性以及合理施工避让。为了达到以上探测目的, 在首先进行了社会调查之后, 综合应用了侧扫声纳、浅地层剖面法和海洋磁测3种物探手段, 最后对重点异常进行了人工探摸。

图9为侧扫声纳实测图, 图10为浅地层剖面实测图, 图11为海洋磁测异常点示意图。

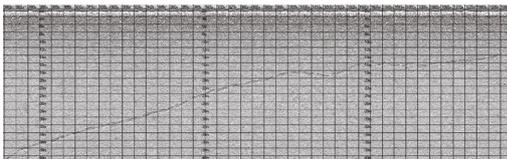


图9 侧扫声纳实测图

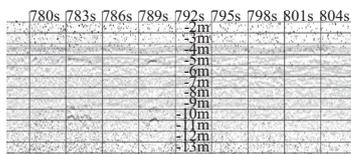


图10 地层剖面法实测图

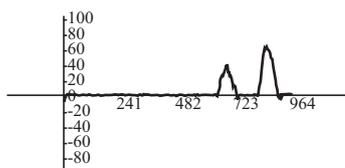


图11 海洋磁测异常图谱

综合侧扫声纳探测、磁力探测、浅地层剖面探测的异常平面分布, 经过对比分析研究, 并根据各自异常形态、特征, 最终确定本次探测的重要异常分布平面位置。重要异常的判断标准是两种或两种以上探测方法均有揭示的, 或者是一种探测方法揭示, 但是其规模较大、具备典型的障碍物(管线、光缆、沉船、爆炸物等)特征的, 判断为重要异常; 对于规模较小、只有一种探测方法揭示的小型异常, 不作为重要异常处理。根据异常的属性分析, 将重要异常分为2类: 第1类为I级, 为必须注意的、可能会对设计施工造成重要影响的异

常, 一般为海底管线、光缆、炸弹、沉船等; 第2类为II级, 一般为会对设计施工造成轻微影响的异常, 比如小规模建筑垃圾、海底底质变化、沙丘、暗礁、石块等以及人类废弃物等。

根据测区重要异常的属性分析, 该项目共确定了24处重要异常, 全部被判断为II级异常, 没有揭示到会对人工岛、接线匝道、施工栈桥的设计施工造成重要影响的海底管线、光缆等障碍物, 人工岛的顺利施工证明了探测成果的准确可靠。

### 3 结语

海底障碍物探测的物探方法较多, 每一种探测方法均有其适用的地球物理条件, 也有不可忽视的缺陷性, 比如多波束测深和测扫声纳对于埋藏的管线无法探测、海洋磁力对材质有特殊要求等。采用综合的物探方法, 发挥各自技术的优点、并且相互弥补不足, 是目前常用的障碍物探测方式。海底障碍物探测效果的好坏取决于对海底障碍物的物理性质、存在状态、规模大小的认知以及对各种物探方法原理及适应性的理解。因此, 充分而细致地分析海底障碍物的物理性质、存在状态, 并根据其特征选择适合的地球物理方法进行探测, 是海底障碍物探测取得成功的关键所在。此外, 地球物理探测方法毕竟是一种间接的探测方法, 其探测的成果精度和应用范围还需要进一步深入研究。

### 参考文献:

- [1] 吕邦来. 海底管线的地球物理探测技术探讨[J]. 水运工程, 2009(7): 146-150.
- [2] Lv Banglai. Application of engineering geophysical techniques to the prospecting and survey of offshore project sites[J]. ICEEG, 2006(5): 767-772.
- [3] 金忠伟. 通航水域障碍物探测浅谈[C] //中国航海学会航标专业委员会测绘学组. 学术研讨会学术交流论文集, 2006: 103-104.
- [4] 戴云舟. 海洋磁力仪应用[C] //中国航海学会航标专业委员会测绘学组. 学术研讨会学术交流论文集, 2008: 138-140.
- [5] 刘云祯. 工程物探新技术[M]. 北京: 地质出版社, 2006: 201-207.