

磁力测量在海洋井场、管线工程地质调查中的应用*

梁瑞才 刘保华 张政民 裴彦良 刘晨光

(国家海洋局第一海洋研究所 青岛 266061)

提要 从理论和应用两方面对磁力测量在海洋工程地质调查中的应用进行了探讨。理论和实践均证明:磁力探测在海洋工程地质调查中是一种十分有效的手段,特别是在井场调查、管线以及海底电缆路由调查当中,针对不同的研究目的分别采用不同的调查方法均能获得满意的效果。它的优势在于不仅能够探测暴露于海底的磁性异常体,同时对于覆盖于海底以下的磁性异常体同样有效。

关键词 磁力,调查,异常,海洋工程地质

中图分类号 P64 文献标识码 E 文章编号 1000-3096(2003)12-0055-03

磁力测量很早已被应用于海洋工程地质调查当中,因为磁力是解决工程地质调查当中探测含磁性物体的有效手段,早在70年代,美国在Drakes海湾的沉船探测当中即已采用了磁力探测,并证明是十分有效的手段。历史上就曾经有过由于忽视井场调查而导致海上平台倒塌的悲剧。近年来,由于人们对于海洋工程安全的不断重视,另外,随着磁力仪灵敏度和精度的提高,其应用范围也越来越广泛,磁力调查已成为海上井位、输油管线和光缆路由等调查的常规方法。

1 基本原理

对于任一磁性物体 v ,它在空间一点 P 产生的磁位 u 可表示为:

$$u = \int_v \mathbf{J} \cdot \text{grad}\left(\frac{1}{r}\right) dv$$

其中 \mathbf{J} 为磁性体的磁化强度, r 代表磁性体某一体积元到 P 点的距离。

对磁位 u 分别求 x 、 y 和 z 方向的偏导数,即得到磁场强度的垂直分量和水平分量:

$$Z_a = -\frac{\partial u}{\partial z} = \int_s \frac{J_n}{r^2} \cos(\mathbf{r} \cdot \mathbf{z}) ds$$

$$H_{ax} = -\frac{\partial u}{\partial x} = \int_s \frac{J_n}{r^2} \cos(\mathbf{r} \cdot \mathbf{x}) ds$$

$$H_{ay} = -\frac{\partial u}{\partial y} = \int_s \frac{J_n}{r^2} \cos(\mathbf{r} \cdot \mathbf{y}) ds$$

式中, $\cos(\mathbf{r} \cdot \mathbf{z})$, $\cos(\mathbf{r} \cdot \mathbf{x})$ 和 $\cos(\mathbf{r} \cdot \mathbf{y})$ 分别为 r 与3个坐标轴之夹角的余弦, J_n 为磁化强度 \mathbf{J} 在磁性体外法线上的投影。

海洋磁力仪测量的是地磁场总强度 T 的绝对值,然后减去正常地磁场 T_0 的绝对值,求出 ΔT 的值,称为总磁场异常:

$$\Delta T = |T| - |T_0|$$

经推导, ΔT 同 Z_a , H_{ax} 和 H_{ay} 有如下关系:

$$\Delta T = Z_a \sin I + H_{ax} \cos I \cos A + H_{ay} \cos I \sin A$$

其中 I 和 A 分别为磁倾角和磁偏角。

因此,海洋磁力仪测量的总磁场异常即是磁性体总异常场各分量的综合反映。通常情况下,地磁总场为一平缓变化的场。所以,在工程测量中,我们即可以把这一平缓变化的场看作背景场,而由含磁

* 国家863计划项目2001AA206019号。

第一作者:梁瑞才,出生于1955年,研究员,目前主要在研项目“数字海底技术渤海油田示范区的建设”。E-mail: liangrc@163.com

收稿日期:2002-09-07;修回日期:2003-04-20

性物体引起的场则为变化较剧烈的突变场,即所谓的“异常场”。准确地确定引起这一异常场的“磁源”位置,也就是我们要在工程调查当中要解决的问题。

2 调查方法

根据不同的用户需求,通常海上磁力测量分为剖面测量和面积测量两种。剖面测量一般是沿异常体走向的垂直方向布设一条或多条测线,然后对测量获得数据进行各种改正(正常场及日变改正)和处理,经过解释得到调查目标的有关信息。

面积测量是在选定的工区内,按一定的比例尺布设多条等间距或不等间距的主测线和联络测线,经过适当的处理,得到该区内磁力异常的平面剖面图和平面等值线图,并结合其他资料,对这些图件进行综合解释。另外,在做面积测量时还需布设地磁日变观测站,以消除日变的影响。通常,在做路由及管线调查时采用剖面测量,而井场调查则以面积测量为主。测线之间的距离(即测量比例尺)取决于测量目的。

3 应用实例

国外很早即把磁力测量应用于海上输油管线调查中。经对原始调查数据进行方向滤波处理后,能够取得非常好的效果。

1996年,国家海洋局第一海洋研究所在渤海井场调查中使用美国产 G801 磁力仪成功地在美国 Keer McGee 石油公司探测出了多口废弃了的旧油井(图 1),从图 1 可以看出,深埋于海底以下的旧油井可以产生 +83nT 的磁异常。

1997年10月,国家海洋局第一海洋研究所在辽东湾为美国 Esso 石油公司所做的井场调查当中,探测到该井场调查范围内水下多处存在铁磁性物体。后经分析发现:存在磁性物体的原因在于该井场靠近一军事训练区,所测到的铁磁性物体为未爆炸的炸弹或炮弹。这一结论得到了美方井场调查同行的认可。

2000年,为了适应海洋工程调查的需要,国家海洋局第一海洋研究所从加拿大 Marine Magnetics 公

司引进了专门用于工程调查的 SeaSPY 磁力仪,该磁力仪不仅具有测量精度高,采样频率高等特点,同时具有设计轻巧,易操作等优点。该磁力仪已在 2000 年成功地用于上海及香港段电缆路由调查当中,并且能够探测出横穿路由线路直径小于 10 cm 的交叉电缆。当磁力仪探头靠近交叉电缆时,可以获得近百磁力单位(nT)的异常值,并且显示的磁力异常也比较规则。图 2 为 2000 年 C2C 光缆路由调查香港段实测磁力异常剖面(图 2)。该磁力仪已在近两年内多次成功地用于光缆路由调查当中。

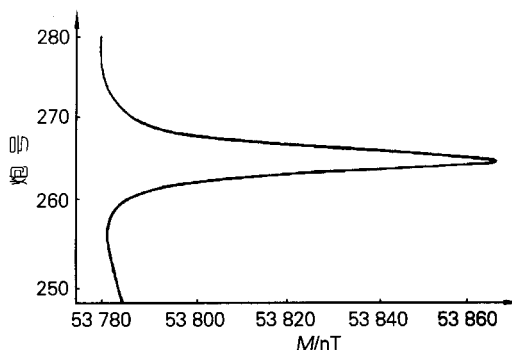


图 1 G801 磁力仪探测到旧油井所产生的磁异常
Fig.1 Old oil well's magnetic anomaly detected by G801 magnetometer

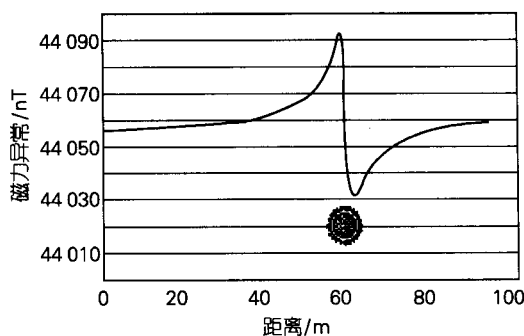


图 2 SeaSPY 磁力仪在 C2C 香港段探测到的磁异常
Fig.2 Magnetic anomaly in C2C Hongkong sect detected by SeaSPY magnetometer

2002年,考虑到市场竞争的需要,国家海洋局第一海洋研究所又从美国 Geometrics 公司引进了最新型磁力仪——G-880G 铯光泵磁力仪,该系统为最

新型号。该系统带有两个传感器,不仅能够测量地磁场,同时还能够测量地磁场的梯度变化。具有非常高的测量精度,当采样率为1s时精度可达0.01 nT。另外,传感器内配备了压力传感器和深度传感器,能够随时显示拖鱼距海底和水面的距离。Geometrics公司已将该设备成功用于管线及井场调查中(图3)。

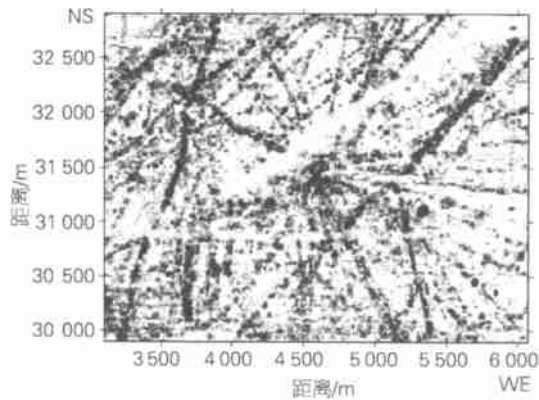


图3 复杂管线分布状态下的磁力影像图(据 Geometrics)

Fig. 3 Magnetic image while pipe distributions are complex.

4 结论

经过近几年海上工程地质调查的实践我们得到以下认识,磁力调查可以广泛地应用于海洋工程调查当中,特别是在井场、管线及路由调查中更是不可缺少的手段,因为目前用于以上调查的大部分方法仅能探测暴露于海底的异常体,而磁力仪却不受此限制。它不仅可以探测暴露于海底的磁性异常体,对于覆盖于海底以下的磁异常体同样有效。随着磁力仪精度的不断提高以及计算机技术的发展,磁力探测将被更加广泛地应用于工程地质调查当中。

参考文献

- 1 长春地质学院磁法教研室. 磁法勘探. 北京: 地质出版社, 1978.
- 2 瓦奎尔.v. 于联生等译. 海底地质学. 北京: 科学出版社, 1984.
- 3 梁珊才. 磁法勘探在井场调查中的应用. 黄渤海海洋, 2001, 19(1): 60-65
- 4 钟献盛. 应用磁力仪探测海底电缆方法的探讨. 海洋科学, 2001, 25(9): 10-11

MAGNETIC APPLICATION IN SITE AND PIPELINE ENGINEERING GEOLOGICAL SURVEY

LIANG Rui - Cai LIU Bao - Hua ZHANG Zheng - Min PEI Yan - Liang LIU Chen - Guang

(First Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Qingdao, 266061)

Received: Sep., 9, 2002

Key Words: Magnetic, Survey, Abnormity, Marine engineering geology

Abstract

Magnetic survey is an effective method in marine engineering geological survey both theoretically and practically. It is especially effective in site survey, pipe route and cable route survey. Due to its high resolution it detects not only abnormal magnetic bodies exposed on the sea floor, but also the abnormal magnetic bodies buried in the sea floor. Results are satisfactory.

(本文编辑:刘珊珊)