

铯光泵磁力仪(G880)在海洋工程勘探方面的应用

吴水根, 谭勇华, 周建平

(国家海洋局 第二海洋研究所, 浙江 杭州 310012)

摘要:为准确测出光、电缆的位置,利用 G880 铯光泵磁力仪,在芦潮港和大小洋山之间进行了磁力探测。经过探测,海底通信光缆能引起 8~20 nT 磁异常,海底动力电缆能引起约 2 000 nT 的强磁异常,根据磁异常形态曲线可定出光缆的位置。依据光缆的结构原理图,分析探讨光、电缆产生磁异常的原因。

关键词:光泵磁力仪;光缆;磁异常;铁磁性障碍物

中图分类号:P64

文献标识码:A

文章编号:1000-3096(2006)05-0005-05

水下工程的调查往往采用地球物理的方法来探测水下障碍物和海底、河床底沉积物中隐藏的障碍物,如炸弹、沉船及对工程施工有影响的地质构造等。测量的仪器主要有旁测声纳,浅地层剖面仪,多波束,微重力仪和高精度磁力仪等综合地球物理调查手段。

东海大桥轴线桥墩桩基不可避免地经过光缆的路由。为了光、电缆的本身安全,大桥施桩过程中要避免这些光电缆路由,这就需要用地球物理的方法来探测光、电缆的正确位置。根据不同任务使用不同仪器以及能解决实际地质问题的原则,作者选择使用高精度海洋铯光泵磁力仪 G880。

1 海上磁力探测

1.1 测量仪器

光泵是 20 世纪 50 年代发展起来的一门新技术,它建立在塞曼效应原理基础上^[1]。而铯光泵磁力仪是以光泵技术为支撑发展起来的高灵敏度,高精度的海洋磁力仪,可用于国防中探测水下潜艇,地磁测量和工程地质勘查以及环境地质调查等。

当外界磁场不太强时,对于¹³³Cs,它的电子跃迁频率(f)跟地磁场(H 表示地磁场强度,单位为 nT)有如下关系:

$$f = 3.498\ 28\ H$$

$$H = 1/3.498\ 28\ f$$

由此可见,只要准确地测定 f ,就能测出 H 。

1.2 测量船只

由于 G880 是高精度光泵磁力仪,它对铁磁性物质很敏感,而我们又希望磁力仪电缆的长度尽量放得短些,以利于提高定位精度和磁力仪探头的安全,因此测量船只必须是小吨位和无磁性或弱磁性的木质小渔船。为此特租用浙 F-B0806 号木质小渔船,船

长 18 m,船宽 2.5 m,排水量 60 t。测量船只的航速一般控制在 3~6 kn。

1.3 测线布设

在磁测作业区域测线间距 5 m。

1.4 海上定位

高精度的磁力测量需要高精度的定位设备相配合才能完成特定的勘测任务,使磁力测量工作如虎添翼。作者使用 DGPS RTK (Real Time Kinematic) 定位设备,它是载波相位观测量实时差分为依据的动态定位技术,它能在测量过程中实时得到三维坐标(即 x, y, z),测量精度可达到厘米级。差分台设在岸上,差分信号有效作用距离为 30 km。

1.5 海上磁测试验

(1) 为了能提高定位精度,做一个长约 2.0 m,宽约 1.2 m 无磁性的塑料泡沫拖曳,将 DGPS RTK 差分 DGPS 探头和 G880 铯光泵磁力仪探头固定于塑料泡沫拖曳上,并滞后于船尾;(2) 由于受 RTK 差分 GPS 信号线长度(30 m)的制约,磁力仪电缆长度只能放到 27 m 左右,这样受船磁和发电机影响干扰较大,区分有效信号比较困难,为此将 RTK 差分 GPS 信号线的长度增加到 40 m,这样磁力仪电缆的长度可以放到船尾 38.5 m 处,RTK 差分 DGPS 探头距铯光泵磁力仪探头距离为 2.4 m。经试验效果比较理想。

收稿日期:2003-09-22;修回日期:2004-12-31

基金项目:中国大洋矿产资源研究开发学会资助项目(DY105-03-01-05)

作者简介:吴水根(1951-),男,浙江安吉人,副研究员,主要从事海洋地球物理方面的研究,电话:0571-88076924-2378, E-mail:kilorywu@163.com

(3) 为了能提高磁测精度,又不至于漏掉有意义的磁异常信息,将磁力仪的采样频率设定为0.1 s(即每秒采样10次,输出10个高精度的磁力测量值)。按照这样的采样速率,即使调查船只的航速为6 kn,每隔0.31 m距离就有一个磁力测量数据,因此不可能漏掉有意义的磁异常信息。

2 光、电缆磁场模型的假设

光缆传输的是光信号,而光信号是不能产生磁场的,那么,是什么原因使光缆能产生磁场呢?作者根据标准光缆(图1)和海底光缆(图2)的截面图,分析光缆地磁场产生的原因。

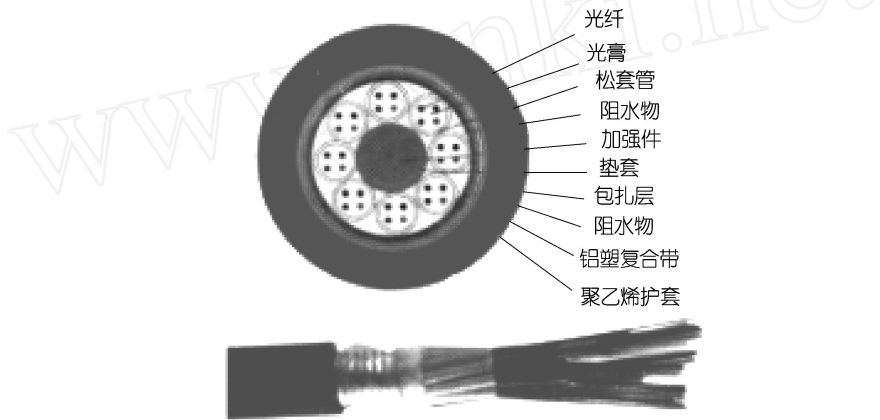


图1 标准光缆截面

Fig. 1 Sectional view of standard optical fiber cable

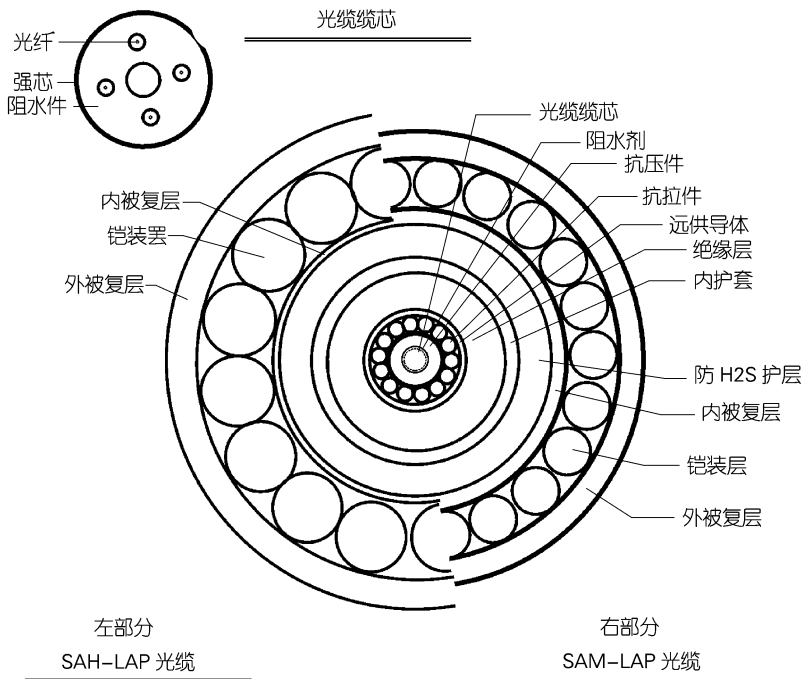


图2 海底光缆截面

Fig. 2 Sectional view of sea-bed optical fiber cable

海底光缆由于海洋环境的特殊性,其制作工艺和原材料都不能跟陆地光缆相同而论,海底光缆还要增加抗压性,抗拉性和抗渗透性的材料。

由图 2 可知,海底光缆产生磁异常的原因有两种:第一,光缆中的铠装层——钢丝,其直径为 7.0 mm,数量 16 根,远供导体——钢管,其直径为 10.54 mm,抗压件,三等分弧型钢,外径 6.10 mm,抗拉件,钢丝,外径 9.55 mm,以上这些材料均为铁磁性物质,都能产生磁异常;第二,为了能使光缆信号远距离传输,每条海底光缆都安装有許多转发器,而这些转发器需要依靠电流才能正常工作,这些加载电流也能产生磁异常。由此可知,海底光缆的磁场基本是以上两种原因产生的。

海底动力电缆的结构图我们不得而知,目前缺少这方面的资料,据推测海底动力电缆也少不了跟海底光缆那样的铠装保护层和抗压,抗拉,抗渗透层,这些材料都是铁磁性的,由此可推测海底动力电缆的磁场基本也是上述两种原因产生的,即第一是动力电缆各种保护层中的铁磁性材料,第二是动力电缆中的加载电流,强大的电流是产生强磁场的主要原因。

3 磁异常特征分析

根据电磁场理论,当一个直导体中有电流流通过时,在其周围将会产生感应磁场^[2-4],感应磁场的方向符合右手螺旋法则(图 3),如果电流是等幅固定频率,那么它产生的电磁场就是一个固定频率交变的电磁场,磁场的大小只决定于电荷的迁移率,即每秒钟通过电路中某一点的电量,电流量越大,磁感应强度越强。

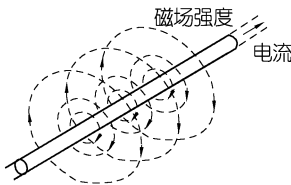


图 3 围绕着直线载流导体的磁场

Fig. 3 The magnetic field carried around a straight line conductor

通信光缆传输光信号本身并不产生磁场,但是海底光缆由于海洋环境的特殊性,除了光缆本身具有传输通信信息特点之外,它还必需增加含有铁磁性物质的保护层,这些保护层中的磁性物质可以产生磁场,另外,为了使通信信号不随距离的增加而衰

减,也就需要一定的能量来维持,这就是说,需要加载电流,加载的电流也能产生磁场。所以,我们认为通信光缆的磁场是光缆中的铁磁性材料和加载电流共同作用产生的。

那么动力电缆的磁异常是怎么产生的呢?我们推测海底动力电缆跟海底光缆的性质差不多,其磁场也是由两部分组成,其一是电缆中的磁性保护层,它可以产生磁场,其二是加载电流,强大的加载电流,使动力电缆产生强磁异常。

由于光、电缆的保护层含有铁磁性材料,在传输通信信息时加载电流,并且水平铺设于海底,我们可以视它为走向水平,无限延伸的水平圆柱体来对待。计算了不同埋藏深度和尺寸的水平圆柱体铁磁性物体能引起的理论磁异常值(表 1)^[7]。

表 1 水平圆柱体磁性物体 T 理论磁异常计算结果

Tab. 1 Level cylinder magnetism object T theories calculation result table

直径 (m)	中心埋深 (m)	磁化强度 (10^3 A/m)	异常最大值 (nT)	异常最小值 (nT)	异常范围 (m)
1	10	1	110	- 92	> 40
1	20	1	28	- 23	> 60
0.1	10	1	8.5	- 7.2	> 20
0.1	5	1	30.2	- 28.1	> 20

3.1 海底通信光缆所产生的磁异常

根据我们的实际海上测量,通信光缆有明显的磁异常反映,磁异常幅值一般在 8~20 nT 之间,磁异常的幅值大小,异常形态特征均与水深和光缆的埋藏深度及加载电流的方向有关(图 4,图 5)。

从图 4,图 5 可知,C2C 通信光缆的剖面磁异常清晰可辨,异常特征明显。海底通讯光缆在水深 10 m 左右能引起大约 8~20 nT 幅值的磁异常,异常宽度可达约 75 m,磁异常比较规则完整,但从磁异常的正负形态上看,它们是有区别的,一根通信光缆产生的磁异常是正异常,而另一根通信光缆产生的磁异常是负异常,它们的这种差别,主要是由于通信光缆中加载电流的方向不同而引起的。根据磁异常曲线形态,我们推测光缆的位置在磁异常曲线的拐点处(图 4,图 5)。

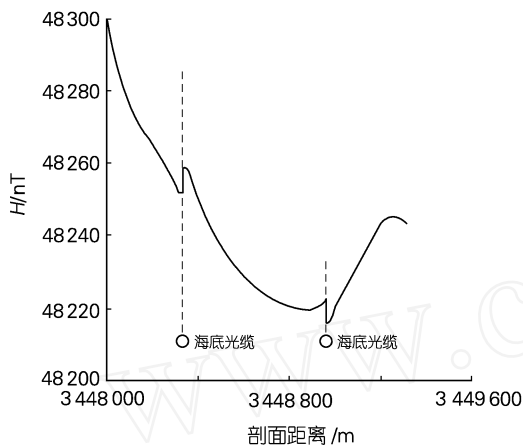


图 4 C2C 光缆剖面磁异常

Fig. 4 Magnetic anomaly graph of the C2C fiberoptic cable section

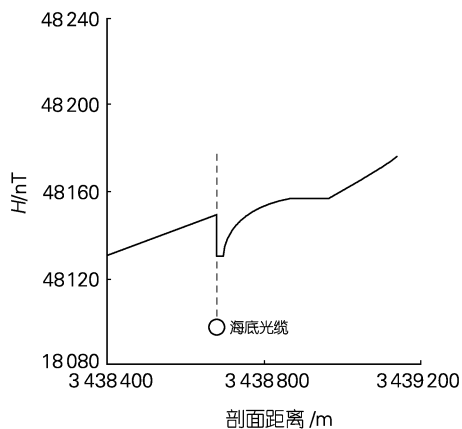


图 5 中、日光缆剖面磁异常

Fig. 5 Magnetic anomaly section graph of the fiberoptic cable laid between China and Japan

3.2 海底动力电缆所产生的磁异常

海底动力电缆所产生的磁异常非常大,从图 6 可以明显地看出,海底动力电缆在水深 10 m 左右,它能引起约 2 000 nT 幅值的强磁异常,异常宽度达 150 m,识别寻找此类电缆比较容易。同时也说明海底动力电缆中的电流很强,由于加载有强电流,所以在电缆周围形成一个强磁场。

通电导线所产生的理论磁场为:

$$H = 2I / 10R$$

其中: H 为磁场值 (10^{-4} nT); I 为电流 (A); R 为

离导线的距离 (m)。从公式中可知,加载电流的导体磁场与电流大小成正比,而与距离成反比。根据动力电缆磁异常曲线的形态,推测它的埋藏位置在异常曲线下斜率最大处(图 6)。

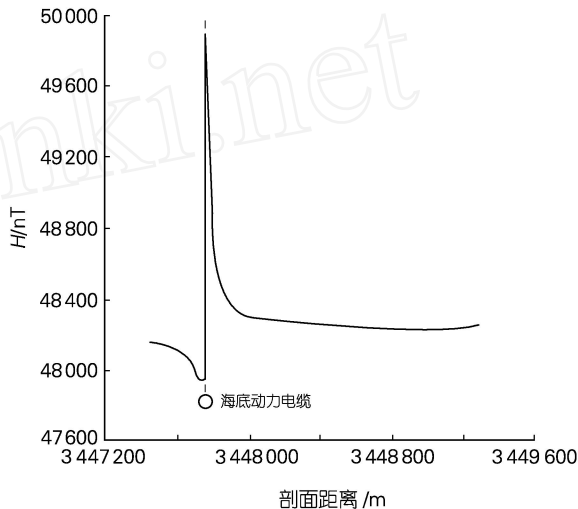


图 6 动力电缆剖面磁异常

Fig. 6 The magnetic anomaly graph of the power cable

4 结束语

目前,随着通信事业的迅猛发展,以及沿海岛屿发展建设的需要,靠陆地的通信设施和陆地光缆已不能满足日益增长的通信用户和沿海岛屿发展的需求,必须大力发展海底光、电缆技术,以满足市场需要,这是现代文明社会发展的一种总趋势。一旦海底光、电缆铺设成功,投入运营后,由于海上情况的特殊性,在铺设光缆的海域既不能树立醒目的固定标志又不能派大量的人员看护(尤其在水深较深的海域),因此,不时遭到人为的损坏时有发生,另外,发生不可抗拒的自然灾害也可以损坏光、电缆,因此,一旦光、电缆受损,快速探测受损光、电缆的正确位置,以便有关部门可以及时组织人员快速抢修,以降低经济损失,这是人们所期盼的。这样,就要求必须要研究出一套切实可行的海上快速探测光、电缆位置的方法和实时后处理软件,准确快速地找出受损光、电缆的位置,为国民经济建设服务。

参考文献:

- [1] 史歌. 地球物理学基础[M]. 北京:北京大学出版社, 2002. 4.
- [2] 成都地质学院, 武汉地质学院, 河北地质学院, 合肥

