

基于磁异常检测的海底管道探测技术研究与应用

淳明浩^{1,2}, 姚志广^{1,2}, 杨肖迪^{1,2}, 罗小桥^{1,2}, 徐爽^{1,2}

(1. 中国石油集团 工程技术研究有限公司, 天津 300451;

2. 中国石油集团 海洋工程重点实验室, 天津 300451)

摘 要:海底管道是海洋油气输运的重要命脉,需要定期进行检测探测以分析评估其安全稳定性。基于埋设海底管道及其磁异常特征,通过研究埋设海底管道磁异常的检测技术及其组成、应用方法,优化海底管道磁异常检测设备布设与检测测线方案,实现埋深大于 5 m 的深埋海底管道磁异常特征的完全检测。通过海底管道磁异常数据反演可获取实测海底管道路由相比设计竣工路由的坐标偏距、管道埋深等数据,在某区域 14.5 km 长的海底管道探测实际工程中应用良好,探测数据符合管道路由勘察评价标准规范,为管道埋藏状态分析提供了依据,形成了一种高效、精确的海底管道探测评价方法。

关键词:海底管道;磁异常;探测;反演;稳定性

中图分类号:U652.2⁺1

文献标识码:A

文章编号:1002-3682(2020)02-0094-09

doi:10.3969/j.issn.1002-3682.2020.02.003

引用格式:CHUN M H, YAO Z G, YANG X D, et al. Research and application of submarine pipeline detection technology based on magnetic anomaly detection[J]. Coastal Engineering, 2020, 39(2): 94-102. 淳明浩,姚志广,杨肖迪,等. 基于磁异常检测的海底管道探测技术研究与应用[J]. 海岸工程, 2020, 39(2): 94-102.

海底管道是重要的海上油气田生产设施,埋设在海床之下的管道面临腐蚀、波流冲刷、第三方活动和海床运动等风险因素的影响^[1-2],必须定期进行维护性检测,了解掌握海底管道埋设状态,分析存在或潜在的风险因素,评价管道安全稳定性,制定针对性的维护方案,保障管道安全运行^[3-4]。当前,国际上海底管道稳定性分析评价多参考《海底管道系统完整性管理推荐作法》(DNV-RP-F116)^[5]等规范,而海底管道的埋设状态就属于管道稳定性分析评价的关键参数之一。因为海底管道多为钢质,本身具有比掩埋岩土物和上覆水体大得多的磁化率,当其被磁化后,会产生明显的磁异常场^[5-8],利用磁力仪可检测到管道磁异常场的分布及强度,从而为管道埋设状态检测评价提供数据依据。

1 海底管道磁异常探测原理

通常,海底管道多为钢质,相比周围路由区掩埋物具有大得多的磁化率,在海底埋设管道后产生磁异常^[7-8],因而利用海洋磁力仪可探测埋设海底管道的平面坐标位置^[9-10],配合磁异常解译手段就能确定管道的埋藏深度^[11]。无外界磁场影响的理想情况下,海底管道符合无限长圆柱体的磁性体产生的磁异常强度^[12-13]表达式为

$$\Delta T = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2m_s}{(x^2 + h^2)^2} \frac{(h^2 - x^2)(\sin i_s \sin I_0 - \cos i_s \cos I_0 \cos A')}{-2hx(\cos i_s \sin I_0 + \sin i_s \cos I_0 \cos A')}, \quad (1)$$

收稿日期:2020-01-25

资助项目:中国石油集团科技研发项目——软土地基海洋管道路由调查评价技术研究(F-D80019B2.01)

作者简介:淳明浩(1988-),男,工程师,硕士,主要从事海洋工程勘察测绘方面研究. E-mail:chunmh@cnpc.com.cn

(王佳实 编辑)

式中, ΔT 为磁异常强度; μ_0 为真空中的磁导率; h 为管道圆柱体中心到磁力仪拖体的垂直距离; m_s 为有效线磁化强度(磁矩); i_s 为有效磁化倾角; I_0 为磁性体的倾角。同时,磁异常检测坐标系原点为 GPS 定位设备在水平面的垂直投影点,坐标系 X 轴为平行管道轴向方向, x 为平行轴线方向距离;坐标系 Y 轴为垂直管道轴向方向, y 为垂直轴线方向距离; A' 为 X 轴正方向与地磁场北方向的夹角。

在海底管道的磁异常检测时,已知磁异常强度计算的参数 μ_0, m_s, i_s, I_0, A' 以及管道在测量坐标系中的位置,可反算求得 h 值,再利用测得的水深值和磁力仪拖体入水深度,对 h 进行校正,去除水体深度影响,可得到管道位置与埋深数据。

通常,当海底管线埋深约 5 m,无限长圆柱体的有效磁化倾角 i_s 为 90° ,磁性体的倾角为 45° 时,给定磁矩 m_s 和区域解译后得到的磁异常强度 ΔT 分布如图 1 和图 2 所示。

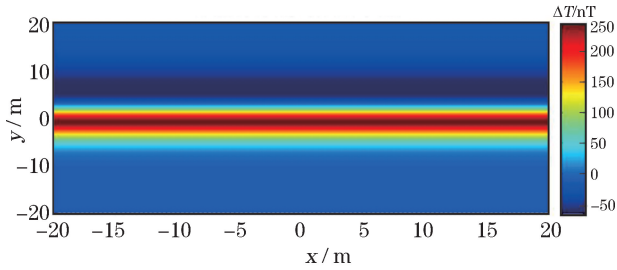


图 1 圆柱体海底管道模型的磁异常强度分布

Fig.1 Distribution of magnetic anomalies of cylindrical submarine pipeline model

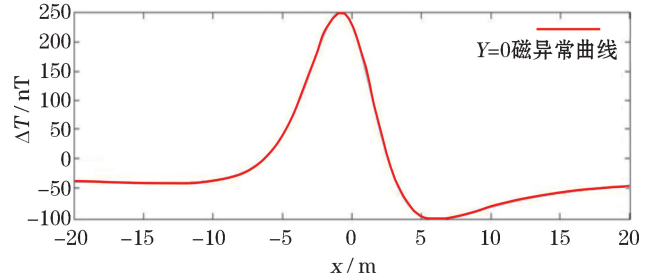
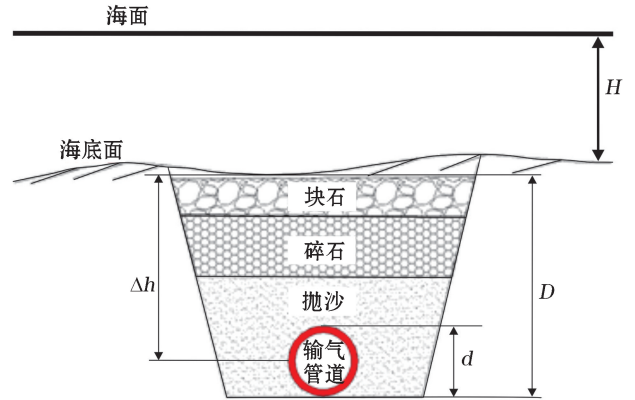


图 2 垂直管道且位于管道正上方($Y=0$)的磁异常强度曲线

Fig.2 Magnetic anomalies of vertical and right above the pipeline ($Y=0$)

2 海底管道磁异常探测应用

西气东输某支线海底管道于 2012 年底建成,其大陆段起点位于广东省深圳市大铲岛,终点至深圳市铜鼓航道,长度约 14.5 km(里程以起点为 KP0,终点为 KP14.5 表示),海底之下设计竣工埋深约 7 m,管道上方有 2~3 m 厚的块石覆盖,服役至今定期开展管道维护性检测。因上覆厚层抛石保护层,声学探测方法容易导致信号减弱^[14],因而在实际测量中除采用浅地层剖面仪确定管道埋设的大体范围外,常需要采用海洋磁力仪进行磁异常检测^[15],以实现海底管道埋藏状态的埋深值(Δh)精确探测。海底管道埋藏结构如图 3。



注: H 为海面至海底的水深值(m); D 为地层深度值(m); Δh 为海底至管道中心的埋深值(m); d 为管道本身外直径(m)

图 3 海底管道埋藏结构

Fig.3 Diagram of submarine pipeline burial

2.1 设备入水姿态校正

磁力仪测量过程中,设备拖体入水方位和状态,会对探测结果产生影响^[16]。本次测量以尾拖方式设置拖体位于 GPS 定位设备后方 10 m 和海面之下 2 m,并控测量船以 4 kn (1 kn=1.852 km/h) 的速度匀速行驶,以保持磁力仪测量姿态的稳定。当测量船速不稳定和拖缆长度发生变化时,需对磁力仪拖体入水深度(H')进行校正^[17-18],其校正表达式为

$$H' = \frac{G(0.014L - 0.00004L^2)}{V}, \quad (2)$$

式中, H' 为磁力仪拖体入水深度(m); G 为拖体重量(kg); L 为拖缆长度(m); V 为船速(kn)。

根据拖体与 GPS 的相对位置关系、拖体入水深度(H')、测得的水深值(H),建立测量设备之间的空间立体关系,为最终的管道埋深计算与校正提供依据。测量设备安装如图 4。

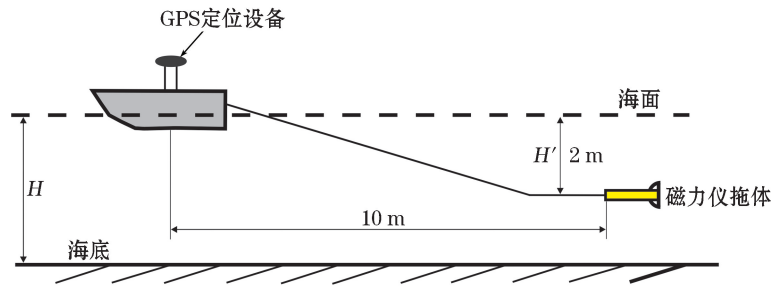


图 4 磁力仪安装示意图

Fig.4 A scheme of magnetometer installation

2.2 磁力异常探测过程

根据海底管道设计与竣工路由走向,垂直路由走向布设磁力仪检测测线,在海底管道 14.5 km(海底管道的起点以 KP0 表示,以起点起算,在 14.5 km 里程处的管道以 KP14.5 表示,整个管道表示为 KP0~KP14.5)范围内,每间隔 20 m 布设一条,每条测线长度 200 m,实现整个管道路由两侧 200 m 范围的全覆盖。海底管道磁力仪探测测线如图 5。

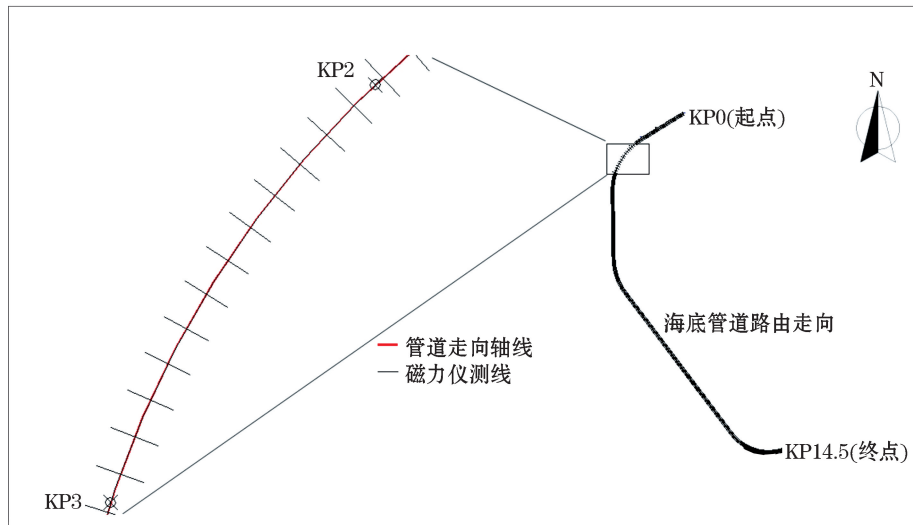


图 5 垂直管道轴线的磁力仪检测测线(局部)

Fig.5 Detection lines of magnetometer perpendicular to the pipeline axis (part)

本次采用 Marinemagnetics SeaSPY 海洋磁力仪设备开展管道检测,与标准质子磁力仪相比旋进式磁力仪发展与延伸后具有更高的灵敏度、采样频率和数据带宽^[11],其采用全向 Overhauser 磁力仪传感器,测量分辨率可达 0.001 nT,量程为 18 000~120 000 nT^[19],因此测量方案与设备参数均满足《海底电缆管道路由勘察规范》(GB/T 17502—2009)^[20]和《海洋调查规范》第 8 部分(GB/T 12763.8—2007)^[21]的要求。测量过程中,用美国 Trimble 公司生产的星站差分 GPS 系统为测量船和测量设备提供定位信息,用美国 RESON 公司生产的 T50P 多波束测深系统测量管道路由区水深值,利用磁力仪配套的 BOB 数据采集和可视化软件采集记录磁异常测量数据。

3 讨 论

3.1 管道磁力异常数据的识别

将磁力仪探测获取的海底管道磁异常数据利用专业软件进行处理并解译。通过对采集的磁力数据进行回放,识别海底管道引起的磁力异常信号,在磁力异常峰值处添加 Marker 线,即为海底管道的位置。然后提取 Marker 线的经纬度坐标,与对应位置设计及竣工管道路由经纬度坐标进行对比,分析测量的管道路由偏距,结合管道磁异常计算式(1),进行管道埋深分析。海底管道正、负磁力异常强度特征如图 6 所示。

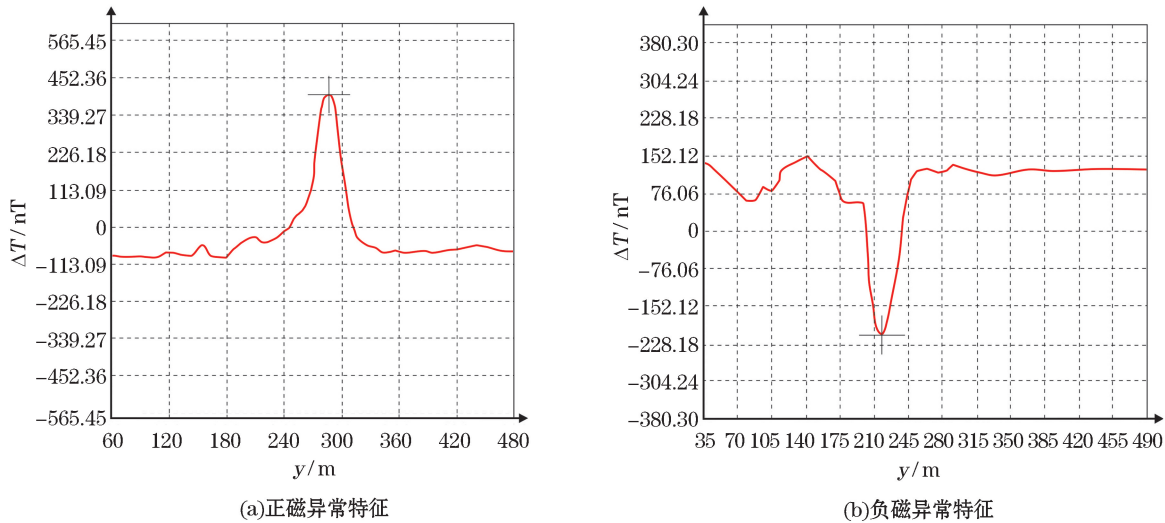


图 6 海底管道正磁异常和负磁异常强度特征

Fig.6 Positive and negative magnetic anomalies of the submarine pipeline

在 14.5 km 长的管道范围内,以 1 km 间隔的管道区段(首尾区域加密样本)为 1 个样本,共设置 20 个样本。提取每个样本区段中的最大磁异常信号幅度,磁异常信号幅度在 37.4~358.3 nT,表明该探测方法在海底管道处能检出明显磁异常信号,实现埋设海底管道的有效探测。

通过现场检测,磁探仪在经过管道正上方时探测到的磁信号异常强度幅度最高,为管道路由分析提供了较好的数据质量。由表 1 可见海底管道磁异常值的里程位置与信号幅度。

表 1 部分管道磁力异常点信号幅度统计表

Table 1 Statistics of the signal amplitudes at part of the magnetic anomaly points of the pipeline

样本号	管道里程	信号幅度/nT	样本号	管道里程	信号幅度/nT
1	KP0+360	331.8	11	KP8+560	37.4
2	KP0+680	113.3	12	KP9+580	671.3
3	KP1+300	149.3	13	KP10+600	150.0
4	KP1+720	164.6	14	KP11+620	67.4
5	KP2+440	169.9	15	KP12+340	164.5
6	KP3+460	358.3	16	KP12+660	140.0
7	KP4+480	187.9	17	KP13+380	217.9
8	KP5+500	144.5	18	KP13+700	98.8
9	KP6+520	355.0	19	KP14+220	155.3
10	KP7+540	331.8	20	KP14+500	37.4

注:海底管道的起点以 KP0 表示,KP0+360 代表以管道起点 KP0 位置起算,在 360 m 里程位置处的管道;KP1+300 代表以管道 KP0 起算,在 1 km+300 m 里程位置处的管道,其他类推

3.2 设计竣工与实测数据对比

通过对磁力信号异常点的识别,解译计算出峰值异常处的坐标位置,根据海底管道设计及竣工路由坐标数据,将实测数据与设计资料对比,得出实测管道路由和设计竣工路由坐标之间存在一定的偏离距离在 0.85~1.92 m,该偏离距离满足数据测量精度要求。管道磁异常点与设计竣工路由点之间偏距数据见表 2。

表 2 管道磁力异常点处偏距数据
Table 2 Offset data at the magnetic anomaly points of the pipeline

样本号	管道里程	偏距/m	样本号	管道里程	偏距/m
1	KP0+360	0.91	11	KP8+560	1.75
2	KP0+680	1.83	12	KP9+580	1.92
3	KP1+300	1.65	13	KP10+600	1.21
4	KP1+720	1.55	14	KP11+620	1.54
5	KP2+440	1.38	15	KP12+340	1.83
6	KP3+460	1.23	16	KP12+660	1.17
7	KP4+480	0.85	17	KP13+380	1.38
8	KP5+500	1.84	18	KP13+700	1.62
9	KP6+520	1.17	19	KP14+220	1.92
10	KP7+540	1.45	20	KP14+500	1.26

注:海底管道的起点以 KP0 表示,KP0+360 代表以管道起点 KP0 位置起算,在 360 m 里程位置处的管道;KP1+300 代表以管道 KP0 起算,在 1 km+300 m 里程位置处的管道,其他类推

根据磁力仪测量得到的管道磁异常数据,利用管道磁异常计算公式(1),对海底管道埋深进行解算^[14,22-23],利用解算的管道埋深数据与管道设计竣工埋深数据对比分析管道埋设状态,得出海底管道埋深为 7.2~8.1 m,与设计埋深 7 m 相近,埋深数据满足测量精度要求。解算的与设计竣工的管道埋深数据见表 3。

表 3 管道磁力异常点处管道埋深数据
Table 3 Buried depth at the magnetic anomaly points of the pipeline

样本号	管道里程	探测埋深/m	样本号	管道里程	探测埋深/m
1	KP0+360	7.2	11	KP8+560	7.8
2	KP0+680	7.3	12	KP9+580	7.2
3	KP1+300	8.1	13	KP10+600	7.2
4	KP1+720	7.6	14	KP11+620	7.4
5	KP2+440	7.3	15	KP12+340	7.2
6	KP3+460	7.7	16	KP12+660	7.3
7	KP4+480	7.8	17	KP13+380	7.3
8	KP5+500	8.1	18	KP13+700	7.3
9	KP6+520	7.9	19	KP14+220	7.5
10	KP7+540	7.2	20	KP14+500	7.3

注:海底管道的起点以 KP0 表示,KP0+360 代表以管道起点 KP0 位置起算,在 360 m 里程位置处的管道;KP1+300 代表以管道 KP0 起算,在 1 km+300 m 里程位置处的管道,其他类推

3.3 偏距统计分析

根据现场检测数据成果,依据前述管道偏距分析方法,对整个管道路由探测段进行数据统计分析,分析海底管道偏离情况。结果表明:各管道路由区段偏离距离大小不一,其中偏离距离最大值点位于 KP9+580 区段,为 1.92 m;偏离距离最小值点位于 KP4+480 区段,为 0.85 m。各管道路由区段中,根据磁异常检测

出的平均偏离距离为 1.47 m。数据显示,海底管道在位埋设状态良好,未发生严重位移,海底管道埋设状态稳定。沿管道轴向的探测埋深、偏距及磁异常信号幅度变化见图 7。

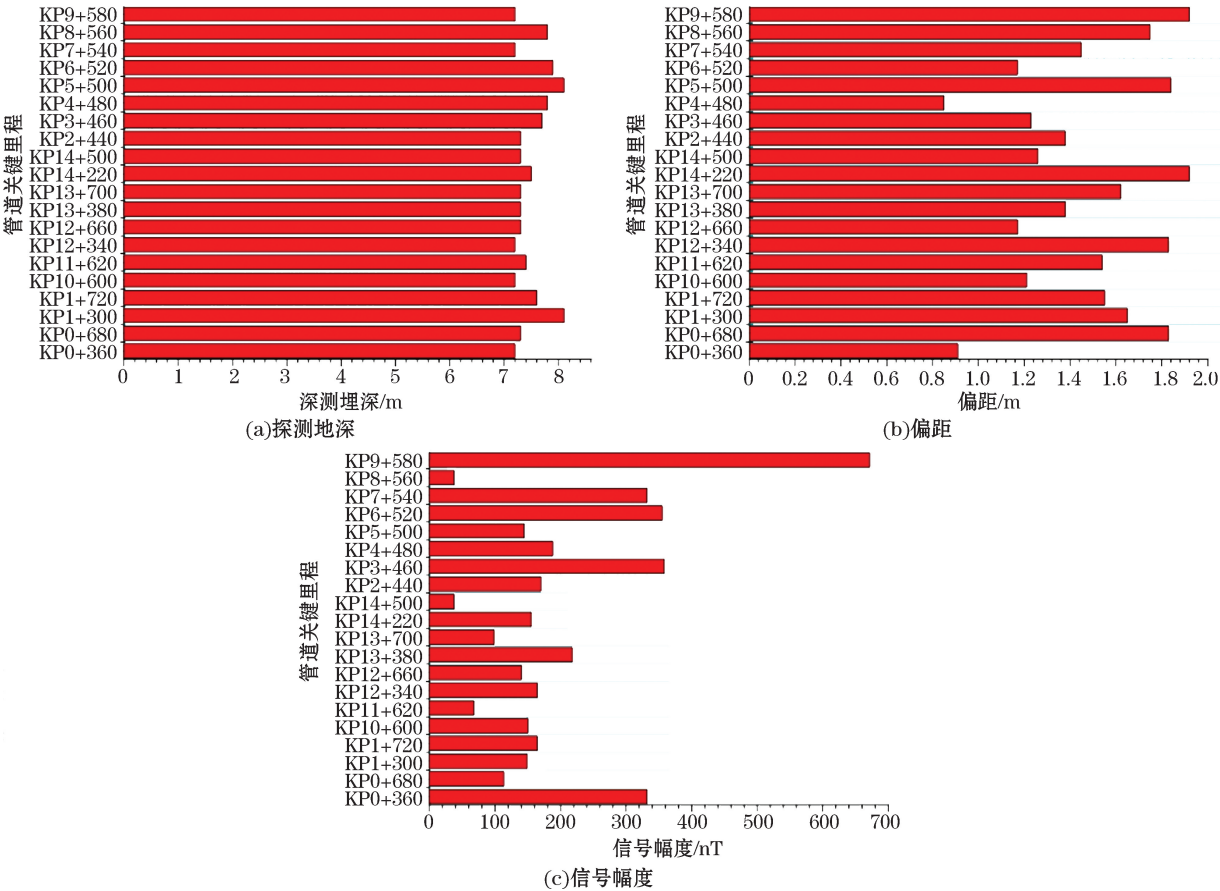


图 7 沿管道轴向的探测埋深、偏距及信号幅度变化

Fig.7 The buried depth, offset and signal amplitude detected along the pipeline axis

3.4 埋深统计分析

根据现场检测的磁力数据成果,利用管道磁异常计算公式(1),计算海底管道埋深数据。结果表明,各区域埋设深度不一,其中测得的管道埋深值(Δh)在 7.2~7.3 m 的管道较多,占总量的 55%;埋深最大值为 8.1 m,占总量的 10%。该埋深数据符合《海底管道路由勘察规范》(GB/T 17502—2009)^[24],管道埋设深度与设计埋深基本一致,沿管道轴向整体呈现稳定的特征。管道偏距与埋深数据显示,海底管道在位埋设状态良好,不存在严重位移,海底管道埋设状态稳定。由图 8 可见,管道磁异常信号幅度、偏距及探测埋深的相互关系。

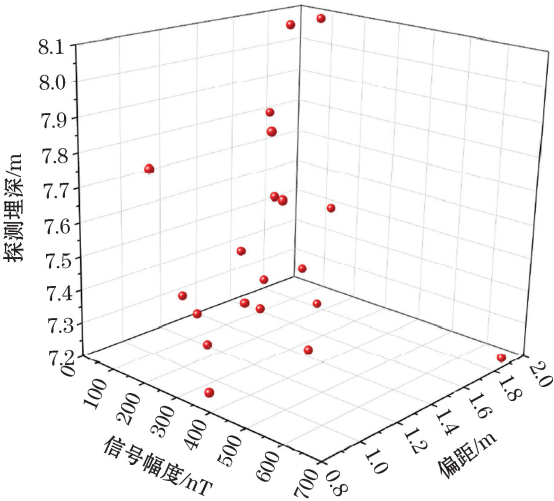


图 8 海底管道磁异常幅度、偏距及探测埋深的相互关系

Fig.8 Relationship among the magnetic anomaly amplitude, the offset and the buried depth of the pipeline

4 结 论

本研究基于埋设海底管道磁异常的检测技术及其组成、应用方法,通过优化检测设备入水状态、数据理解译及数据应用分析,在海底管道磁异常实测结果基础上,分析管道路由数据与设计竣工路由间的偏距、管道埋深等数据的关系,得出结论如下:

1) 基于磁异常检测的海底管道探测技术可有效探测出埋设管道的磁力异常特征,据此解译出的管道路由偏距、管道埋深等数据,可有效显示出海底管道埋藏状态,探测数据符合管道路由勘察评价标准规范。

2) 该技术优化了设备布设及作业方案,可以实现深埋海底管道磁异常特征的良好检测,在实际海底管道探测与稳定性评价应用中效果良好,对海底管道路由完整性评价具有很好的借鉴指导作用。

参考文献 (References):

- [1] XU G Q, QI F Q, KAN C B, et al. Analysis of technology used for submarine pipeline detection in the shallow seas[J]. Coastal Engineering, 2013, 32(2): 20-29. 徐国强, 开发庆, 阚长宾, 等. 浅海海底管道探测技术探讨[J]. 海岸工程, 2013, 32(2): 20-29.
- [2] SONG Y P, SUN Y F, LIU W H. Analysis of factors affecting submarine pipeline stability[J]. Coastal Engineering, 2003, 22(2): 81-87. 宋玉鹏, 孙永福, 刘伟华. 海底管线稳定性影响因素分析[J]. 海岸工程, 2003, 22(2): 81-87.
- [3] CUI Z K. Geophysical technique applied in the maintain detection of undersea oil & gas pipeline[J]. Offshore Oil, 2006, 26(2): 104-107. 崔征科. 海底输油气管道维护性检测中的工程物探技术[J]. 海洋石油, 2006, 26(2): 104-107.
- [4] XU J S, LI G X, CAO L H, et al. Integrated submarine pipeline investigation techniques and DF1-1 pipeline unsafety factor analysis[J]. Marine Geology and Quaternary Geology, 2009(5): 47-54. 徐继尚, 李广雪, 曹立华, 等. 海底管道综合探测技术及东方 1-1 管道不稳定因素[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2009(5): 47-54.
- [5] Det Norsk Veritas. Integrity Management of Submarine Pipeline Systems: DNV-RP-F116[S]. Norway: DNV, 2015. 挪威船级社. 海底管道系统完整性管理推荐作法: DNV-R-F116[S]. 挪威奥斯陆: 挪威船级社, 2015.
- [6] YANG X D, LIU Z W, CHUN M H, et al. Research of magnetic survey of seabed pipeline[J]. Hydrographic Surveying and Charting, 2019, 39(1): 55-59. 杨肖迪, 刘振纹, 淳明浩, 等. 海底管道磁法探测技术研究[J]. 海洋测绘, 2019, 39(1): 55-59.
- [7] LIANG R C, WANG K Y, LIU B H, et al. Application of magnetic detection to site survey[J]. Advances in Marine Science, 2001, 19(1): 60-65. 梁瑞才, 王揆洋, 刘保华, 等. 磁法勘探在井场调查中的应用[J]. 海洋科学进展, 2001, 19(1): 60-65.
- [8] REN L P, TAN M J, LI K F, et al. Analysis on magnetic anomaly strength and mass magnetization of underwater object[J]. Hydrographic Surveying and Charting, 2012(2): 11-14. 任来平, 谭美景, 李凯锋, 等. 水下目标磁异常强度与质量磁化强度分析[J]. 海洋测绘, 2012(2): 11-14.
- [9] LIANG R C, LIU B H, ZHANG Z M, et al. Magnetic application in site and pipeline engineering geological survey[J]. Marine Sciences, 2003, 27(12): 55-57. 梁瑞才, 刘保华, 张政民, 等. 磁力测量在海洋井场、管线工程地质调查中的应用[J]. 海洋科学, 2003, 27(12): 55-57.
- [10] MA S Z, CHEN Y B, CHEN T H. Investigation of offshore submarine pipeline routing and pipeline exploration[J]. Research of Geological of South China Sea, 2005(1): 101-108. 马胜中, 陈炎标, 陈太浩. 近岸海底管线路由调查与管线的探测[J]. 南海地质研究, 2005(1): 101-108.
- [11] NIAN Y J. Application of SeaSPY marine magnetometer to cable detection in South China sea[J]. Chinese Journal of Engineering Geophysics, 2010, 7(5): 566-573. 年永吉. 磁力仪在南海海底光缆检测中的应用[J]. 工程地球物理学报, 2010, 7(5): 566-573.
- [12] YU B, HUANG M T, ZHAI G J, et al. Application and determination of threshold on free-air correction of marine magnetic survey[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2010, 35(2): 172-175. 于波, 黄漠涛, 翟国君, 等. 海洋磁力测量空间归算阈值条件确定及其应用[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2010, 35(2): 172-175.
- [13] YU B, LIU Y C, ZHAI G J, et al. Analysis of vertical space variation of marine magnetic field[J]. Chinese Journal of Geophysics, 2009, 52(1): 169-175. 于波, 刘雁春, 翟国君, 等. 海洋地磁场的垂直空间变化分析[J]. 地球物理学报, 2009, 52(1): 169-175.
- [14] YU B, WANG R, ZHAI G J, et al. Analysis of accuracy of the undulation of the tow-fish to marine magnetic data[J]. Hydrographic Surveying and Charting, 2008(6): 15-17. 于波, 王瑞, 翟国君, 等. 拖鱼起伏变化对磁力测量数据精度影响分析[J]. 海洋测绘, 2008(6): 15-17.

- [15] YANG M, SONG S, WANG F, et al. Discussion methods of buried submarine pipeline detection and application of new technology[J]. Marine Sciences, 2015(6): 129-132. 杨敏, 宋涅, 王芳, 等. 掩埋海底管道探测方法及新技术应用研究[J]. 海洋科学, 2015(6): 129-132.
- [16] LIU B H, DING J S, PEI Y L, et al. Marine geophysical survey techniques and their applications to offshore engineering[J]. Advances in Marine Science, 2005, 23(3): 374-384. 刘保华, 丁继胜, 裴彦良, 等. 海洋地球物理探测技术及其在近海工程中的应用[J]. 海洋科学进展, 2005, 23(3): 374-384.
- [17] LI P, DU J. Review on the probing of sub-bottom profiler[J]. Marine Science Bulletin, 2011(3): 107-113. 李平, 杜军. 浅地层剖面探测综述[J]. 海洋通报, 2011(3): 107-113.
- [18] JIANG J S, ZHU Y. Analysis on the application of marine magnetometer[J]. Science & Technology Information, 2012(17): 89-89. 姜进胜, 朱云. 试析海洋磁力仪的应用[J]. 科技资讯, 2012(17): 89-89.
- [19] ZHONG X S, PEI Y L. Discussion of the survey method of the seabed cables using magnetometer[J]. Marine Sciences, 2001, 25(9): 10-11. 钟献盛, 裴彦良. 应用磁力仪探测海底电缆方法的探讨[J]. 海洋科学, 2001, 25(9): 10-11.
- [20] National Technical Committee for Standardization. Specification for submarine cable and pipeline route investigation: GB/T17502—2009 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2009. 全国海洋标准化技术委员会. 海底电缆管道路由勘察规范: GB/T17502—2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [21] National Center of Ocean Standards and Metrology. Specifications for oceanographic survey: part 8 Marine geology and geophysics survey: GB/T 12763.8—2007[S]. Beijing: Standards Press of China, 2007. 国家海洋标准计量中心. 海洋调查规范: 第8部分 海洋地质地球物理调查: GB/T 12763.8—2007[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [22] MIAO F, XU C Y, REN L P, et al. Test and analysis on underwater depth of magnetometer towfish[J]. Hydrographic Surveying and Charting, 2012(4): 45-47. 缪峰, 许春艳, 任来平, 等. 海洋磁力仪拖体入水深度试验与分析[J]. 海洋测绘, 2012(4): 45-47.
- [23] ZHAO J H, WANG S P, LIU H, et al. Construction of normal geomagnetic field model with Legendre polynomial model in local marine area[J]. Progress in Geophysics, 2008(6): 152-158. 赵建虎, 王胜平, 刘辉, 等. 海洋局地地磁正常场勒让德多项式模型的建立[J]. 地球物理学进展, 2008(6): 152-158.
- [24] National Marine Standardization Technical Committee. Specifications for submarine cable and pipeline route investigation: GB/T 17502—2009 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2010. 全国海洋标准化技术委员会. 海底电缆管道路由勘察规范: GB/T 17502—2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.

Research and Application of Submarine Pipeline Detection Technology Based on Magnetic Anomaly Detection

CHUN Ming-hao^{1,2}, YAO Zhi-guang^{1,2}, YANG Xiao-di^{1,2}, LUO Xiao-qiao^{1,2}, XU Shuang^{1,2}

(1. *Engineering Technology Research Co., Ltd., CNPC*, Tianjin 300451, China;

2. *Key Laboratory of Offshore Engineering, CNPC*, Tianjin 300451, China)

Abstract: Submarine pipelines are very important lifeline for offshore oil and gas transportation, and regular detections are needed in order to analyze and evaluate the pipeline safety and stability. The complete detection of magnetic anomaly characteristics of deep buried submarine pipelines with a buried depth greater than 5 m can be realized by investigating the detection technology, compositions and application methods of magnetic anomalies of the buried pipelines and optimizing the equipment layout and operation plan for the detection of submarine pipeline magnetic anomalies. Through the inversion of magnetic anomaly data of the submarine pipelines, the coordinate offset and buried depth of the measured submarine pipeline route compared with those of the designed and completed route can be obtained. This technique has been well applied in an actual project of a 14.5 km-long submarine pipeline survey and the detected data conform to the standard specification for pipeline route survey and evaluation, providing the basis for the analysis of buried pipeline status and forming an efficient and accurate method for submarine pipeline survey and evaluation.

Key words: submarine pipeline; magnetic anomaly; detection; inversion; stability

Received: January 25, 2020