

土耳其贝帕扎里天然碱矿钻井工程 MWD 实地校核

胡汉月^{1,2}, 向军文^{1,2}, 董迪壮²

(1. 中国地质大学(北京), 北京 100083; 2. 中国地质科学院勘探技术研究所, 河北 廊坊 065000)

摘要:土耳其贝帕扎里天然碱矿采卤工程是目前世界范围内采用对接井水溶开采方法进行采矿的最大规模的天然碱采矿工程。在对接井施工过程中, 由于出现了地磁变化异常和地质条件变化, 致使 MWD 导向系统出现了一定偏差。为减少仪器偏差, 设计并对仪器进行了实地校核。校核结果表明, 探管的安装条件对其数据精度有较大的影响。其校核结果被应用于实际生产中, 起到了良好的指导作用。

关键词: 贝帕扎里天然碱矿; 水溶开采; 仪器校核; 对接井; MWD

中图分类号: P634.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2007)07-0001-04

An In-situ Calibration on MWD Probes at Beypazari Trona Mining and Drilling Site/HU Han-yue¹, XIANG Jun-wen¹, DONG Di-zhuang² (1. China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China)

Abstract: Currently in the whole world, Beypazari trona solution project is the largest mining engineering with the methods of solution mining and intersected well drilling. Due to the geological condition changes and abnormal earth magnetism behavior, some abnormal deviations happened with the MWD device. An in-situ probe calibration work is designed and performed so as to find what influences the probe measurement precision. The calibration results show the assembly condition of MWD probes greatly contributes the deviation of measurement, thus some measures are necessarily taken to prevent from such errors in the well drilling construction.

Key words: Beypazari Trona Mining; solution mining; instrument calibration; intersected well; Measuring While Drilling

1 工程概述

土耳其贝帕扎里(Beypazari)天然碱项目采集卤工程是中国机械进出口总公司与内蒙古伊科科技有限公司组成联合体(以下简称 CMEC/YIKE, 其中 CMEC 为联合体领导方)与土耳其 ETI SODA A. S. 公司签订的一项天然碱采集卤工程, 工程量为 30 对采卤对接井的设计和施工, 钻进总进尺约为 40000 m。该工程的核心技术为水溶开采方法及定向对接井钻进技术。中国地质科学院勘探技术研究所承担了该工程的定向钻进对接井全部工作量。

贝帕扎里天然碱矿位于土耳其 Ankara 省 Beypazari 镇境内, 是土耳其境内迄今为止发现的最大的天然碱矿, 其天然碱地质储量为 2.37 亿 t, 品位高、杂质少, 是加工低盐优质纯碱的上好原料。矿区东距 Ankara 市约 110 km, 有简易公路相通, 交通便利。

贝帕扎里天然碱矿区地层依次为: 扎维依(Zaviy)、卡基鲁巴(Cakiloba)、沙里亚吉尔

(Saragil)、卡拉杜鲁克(Karadoruk)、河卡(Hirka)和玻亚利(Boyalı)地层。碱矿层位于主要由粘土层和含沥青的页岩组成的河卡地层中, 埋深在 250~430 m 之间。其围岩主要为 Hirka(河卡组)的油页岩类、粘土岩类、凝灰岩及白云石灰岩, 矿体以透镜状形态产出, 共有 33 层矿层。

2 问题的提出

2.1 地质条件变化

在贝帕扎里天然碱矿二期工程中, 50% 以上的目标矿层的厚度不足 2 m。从业主的角度出发, 即使矿层厚度低于 2 m, 也不应轻易放弃。然而, 垂直方向上不足 1 m 的中靶靶区, 给定向对接技术提出了极大的挑战, 它要求 MWD 提供的测量数据具有足够的精度, 并尽可能消除各种因素的影响, 以提高中靶精度。

2.2 天然磁场异常

贝帕扎里碱矿地区的磁偏角, 选定 3 个基点经

收稿日期: 2007-05-08

作者简介: 胡汉月(1964-), 男(汉族), 湖北浠水人, 中国地质大学(北京)在读博士研究生, 中国地质科学院勘探技术研究所教授级高级工程师, 土耳其贝帕扎里天然碱钻井二期工程副经理, 国土资源部百人计划首批人选, 地质工程专业, 从事定向钻进导向技术研究工作, 河北省廊坊市金光道 77 号, 13903168821, huhanyue001@hotmail.com; 向军文(1967-), 男(汉族), 湖北黄梅人, 中国地质大学(北京)在读博士研究生, 中国地质科学院勘探技术研究所特钻中心主任、教授级高级工程师、土耳其贝帕扎里天然碱钻井一期和二期工程经理, 国土资源部百人计划首批人选, 地质工程专业, 从事定向钻进及空气钻进技术研究工作。

当地军方测试,其结果分别为 4.1° 、 4.3° 和 4.6° 。这一结果本身就令人困惑,相距不超过 3 km 的地点,磁偏角竟相差 0.5° ,这说明该地区天然磁场存在严重干扰。实际上,单就这 0.5° 的方位差可能会产生 4.3 m 的水平偏差!这是一个不可忽略的误差源。在靶区溶腔尺寸不足的情况下,磁偏角的异常表现无疑给定对接增加极大的难度。

2.3 碱矿地层靶区建槽速度极慢

不同于盐,天然碱的可溶性较差,因此在碱矿地层建槽形成靶区空间极费时间,一般而言,在 1.5 m 厚的矿层中将建槽溶腔直径扩大至 5 m 需要约 2 个月时间,而且需要热水循环建槽。因此,在不具备较大靶区空间的条件下,如何提高仪器的测量精度,消除干扰源,就显得尤其重要。

上述 3 个因素直接导致了先期开工的 4 个对接井出现了较低的中靶率,为此,项目部决定从技术角度出发对各种不利因素进行测试分析,其中重要的一项就是对 MWD 探管进行实地校核,以求找出产生测量误差的原因。

3 仪器校核方法设计

3.1 场地选择

在贝帕扎里天然碱矿矿区范围内,选择一片无磁干扰的环境,对待校验仪器进行校验。

(1) 为了反映该地区天然磁场的实际情况,并易于与实际生产数据相比较,试验地点尽可能选择在矿区内,且距离矿区中心不超过 1 km;

(2) 在试验区域内 500 m 以内无电源、电线及其它磁敏感设备及材料;

(3) 路径必须有一定方位变化和高差变化,使数据具有一定变化性。

3.2 管道铺设

铺设管道,使待测试探管沿管道内行走,给探管提供一个平滑的行走路径。

(1) 选择 PVC 管道,以免产生磁干扰;

(2) 探管外管外径为 42 mm,管道内径为 63 mm,保证探管在管道中平滑运行;

(3) 每根管道长 100 m,共 2 根连接在一起,总路径长度为 200 m;

(4) 连接部分对齐接口并用胶布绑好,保证内壁过渡光滑;

(5) 管沟深度约 0.5 ~ 0.7 m,底层铺垫 20 cm 细砂,然后放置管道,最后回填。

3.3 探管牵引

用 $\varnothing 8$ mm 单芯电缆牵引探管行走,模拟实际生产状况。用人力替代绞车牵引探管,以避免绞车使用的动力电对环境造成磁干扰。

3.4 信号采集

设置一定时间间隔,控制探管自动将测试数据记录在其 FLASH 非易失性闪存中,每次试验后从探管中下载数据至计算机中,进行分类处理。

3.5 数据分析

(1) 通过各探管测量的方位值和顶角值,以本地固定磁偏角为前提,计算每次试验后的终点(即标桩 *D* 点)的坐标;

(2) 比较各探管测量的坐标与全站仪所测的坐标两者的误差值;

(3) 比较同一探管在上行和下行过程中的测量数据分析,以考核其重复性精度;

(4) 比较不同探管在相同条件下测量数据的误差大小;

(5) 分析可能产生误差的原因。

4 实际操作

实际操作时基本上是按照设计进行的。共测试了 3 根探管,其编号分别为 412、413 号和 Flexit。对上述 3 根探管分别测试了一个往返次(上行和下行)。

在测试的过程中,发现拖行探管的牵引力较大,特别是在探管通过标桩 *C* 和 *D* 处的急拐弯时,产生更大的阻力。于是,为了增加探管在管道中的通过性能,决定卸下 413 号和 Flexit 两根探管的外管,分别使它们通过管道上行和下行,然后记录测量数据。这一试验得出了意外的结果。

测试选择的路径标桩地理坐标见表 1(由全站仪测量的数据)。

表 1 路径标桩地理坐标值

标桩号	X(北)/m	Y(东)/m	Z(标高)/m
A	448413.32	403412.31	803.48
M1	448419.58	403461.66	798.73
B	448423.85	403502.74	794.81
M2	448431.19	403516.43	793.54
C	448445.37	403522.79	793.27
M3	448479.55	403514.66	786.65
D	448519.32	403504.86	781.44

5 校核结果

5.1 同一探管在上行和下行过程中的测量数据分析

5.1.1 413 号探管的测量结果(见表 2)

图 1 为其路径平面图,图 2 为立面图。

表 2 413 号探管对标桩 D 的测量结果

项 目	X(北)/m	Y(东)/m	Z(标高)/m
全站仪标定 D 点坐标	448519.32	403504.86	781.44
413 号探管测量的 D 点坐标	448513.75	403502.36	781.44
各方向的偏差	-5.57	-2.49	0.00

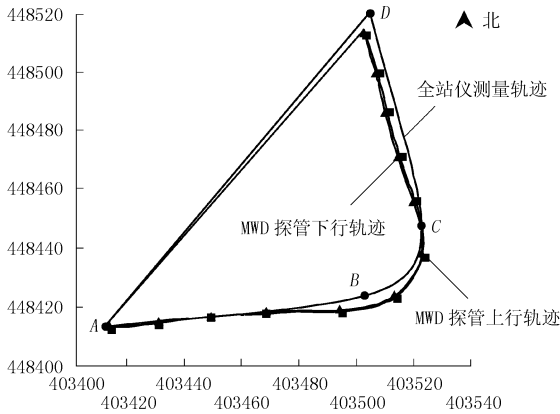


图 1 413 号探管测试路径平面图

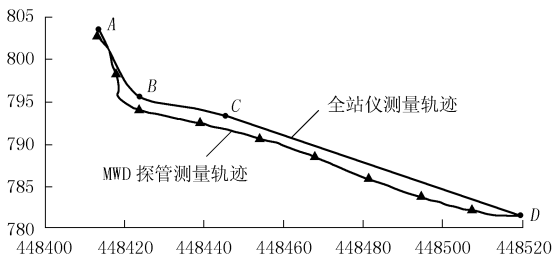


图 2 413 号探管测试路径立面图

5.1.2 412 号探管的测量结果(见表 3)

图 3 为其路径平面图,图 4 为立面图。

表 3 412 号探管对标桩 D 的测量结果

项 目	X(北)/m	Y(东)/m	Z(标高)/m
全站仪标定 D 点坐标	448519.32	403504.86	781.44
412 号探管测量的 D 点坐标	448513.10	403502.47	781.38
各方向的偏差	-6.22	-2.38	-0.06

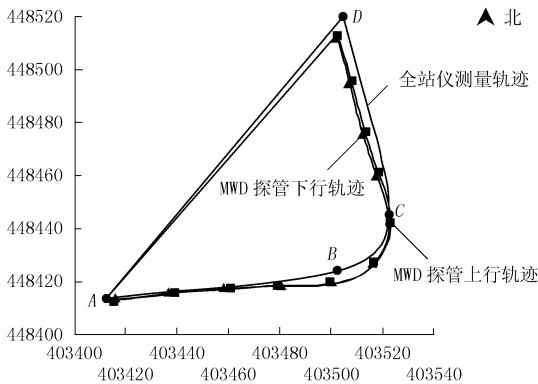


图 3 412 号探管测试路径平面图

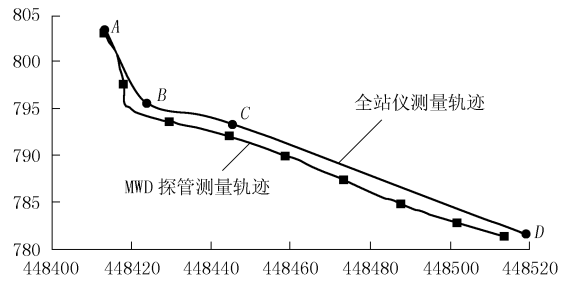


图 4 412 号探管测试路径立面图

5.2 不同探管测量数据对比

该项测试主要对比 412 号探管与 Flexit 探管两者的不同测量结果,见表 4 和图 5。

表 4 412 号探管(带外管)与 Flexit 探管(带外管)测量结果比较

项 目	X(北)/m	Y(东)/m	Z(标高)/m
全站仪标定 D 点坐标	448519.32	403504.86	781.44
Flexit 探管测量的 D 点坐标	448509.04	403502.64	780.4
Flexit 探管测量时各方向的偏差	-10.28	-2.22	-1.04
412 号探管时测量的 D 点坐标	448513.10	403502.47	781.38
412 号探管测量时各方向的偏差	-6.22	-2.38	-0.06

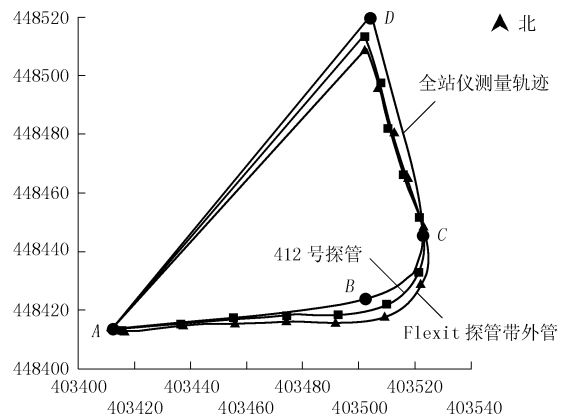


图 5 412 号探管与 Flexit 探管测量结果比较

5.3 同一探管带外管与不带外管时的数据对比

5.3.1 412 号探管裸管与带外管时测量轨迹比较(见表 5 和图 6)

表 5 412 号探管裸管与带外管时测量轨迹误差比较

项 目	X(北)/m	Y(东)/m	Z(标高)/m
全站仪标定 D 点坐标	448519.32	403504.86	781.44
裸管测量的 D 点坐标	448521.82	403502.25	780.44
裸管测量时各方向的偏差	2.50	-2.61	-1.00
带外管时测量的 D 点坐标	448513.10	403502.47	781.38
带外管测量时各方向的偏差	-6.22	-2.38	-0.06

5.3.2 Flexit 探管裸管与带外管时测量轨迹比较(见表 6 和图 7)

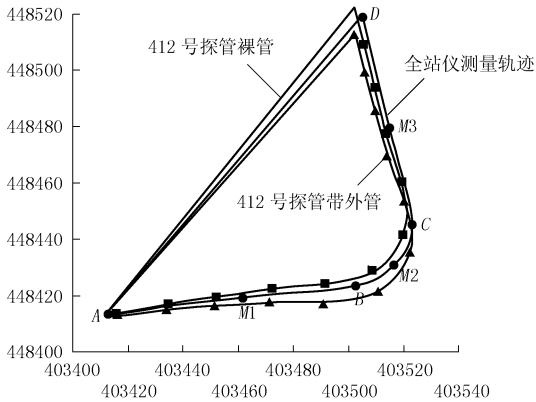


图6 412号探管裸管与带外管时测量轨迹误差比较

表6 带外管与不带外管的 Flexit 探管测量的轨迹

项目	X(北)/m	Y(东)/m	Z(标高)/m
全站仪标定D点坐标	448519.32	403504.86	781.44
Flexit探管裸管测量的D点坐标	448519.14	403502.26	781.53
裸管测量时各方向的偏差	-0.18	-2.60	0.09
Flexit探管带外管时测量的D点坐标	448509.04	403502.64	780.40
带外管测量时各方向的偏差	-10.28	-2.22	-1.04

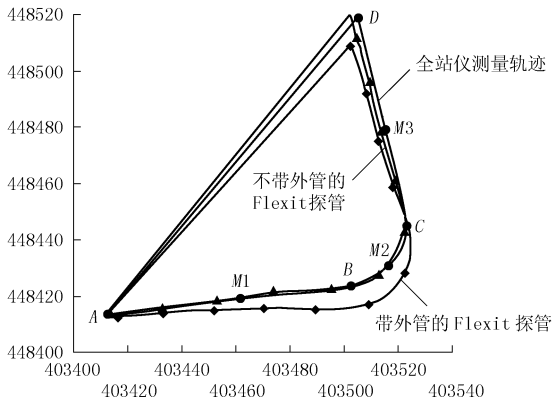


图7 带外管与不带外管的 Flexit 探管测量的轨迹

6 数据分析

从表2、图1和图2可看出,413号探管测量结果在方位上出现了较大的误差,最终导致在X方向上出现了5.57 m的偏差,在Y方向出现了2.49 m偏差;但同时,其测量顶角精度较高,在Z方向上的偏差为0。但是,值得注意的是,上行和下行数据吻合性相当好,两条路径曲线基本重合,这说明其重复性精度较高。

从表3、图3和图4可看出,412号探管与413号数据非常相似,其特征表现是一致的,偏差值大小也是相似的。

从表4、图5可看出,412号探管与Flexit探管出现基本一致的偏差倾向,但412号探管的偏差较小。

从表5、图6可看出,412号探管在裸管和带外管时的测量结果出现了较大差异,两者之间的本质区别是,带外管时方位是正偏差,而裸管测量时出现了负偏差。

从表6和图7可看出,Flexit探管在裸管与带外管时,其测量结果与412号探管一样,方位偏差出现了本质的变化。

本次测试一个最重要的发现就是同一根探管在裸管工作和带外管工作时,在方位上产生了截然相反的两种偏差,即方位正偏差和负偏差,而且413号探管和Flexit探管均有同一特征表现。经过分析,最终确定产生这个结果的根本原因在于探管在管道中记录数据时所处的状况。裸管测试时,探管外径仅为27 mm,在PVC管道内处于一种松弛的状况,比较接近真实的情况;而探管加上外管后,其外径增加到42 mm,在内径为63 mm的PVC管道中被牵引时阻力较大,特别是在较急的拐弯处,致使PVC管道产生不同程度的弹塑性变形,而在探管记录的那一时刻,PVC管道尚未恢复至自然松弛的状况,因此产生了较大的方位误差。该方位差的绝对值虽小,但随着距离的增加,将产生较大的累计偏差。

7 结论

根据这次实地校核数据及分析,对被测的3根探管作出以下评价:

(1)412、413和Flexit各探管均具有较高的可重复精度。

(2)3根探管的顶角误差在合理误差范围内,但方位误差超过合理范围。其原因不一定是探管本身,可以确定的是,该方位误差与探管在测试取值时刻是否处于合理的姿态有直接关系。

(3)基于上述试验结果,在实际生产中,应采取措措施保证探管入键后的姿态稳定性,从而避免产生类似的误差。