

SmartMag 定向钻进高精度中靶系统及其应用

陈剑奎, 胡汉月

(中国地质科学院勘探技术研究所, 河北 廊坊 065000)

摘要: SmartMag 定向钻进高精度中靶系统是在地面经过数千次的试验后, 于 2009 年首次进行工业性实验。结果表明, 在已应用的 23 对对接井中, SmartMag 系统性能良好、精确度高, 对引导对接起到了至关重要的作用。介绍了该系统的结构原理和技术指标, 总结了应用经验和技巧。

关键词: 中靶系统; 磁信标; 对接井; 定向钻进; 连通

中图分类号: P634.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2011)04-0010-03

Experience on Application of SmartMag High Precision Drilling Guidance System/CHEN Jian-yao, HU Han-yue
(The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China)

Abstract: Developed independently by Institute of Exploration Techniques, SmartMag high precision drilling guidance system can substitute the similar imported instrument. After being tested thousands of times on the ground surface, SmartMag was brought to the construction site in Turkey for its first industrial test in 2009. In the 23 intersected wells, the systematic function of SmartMag target hitting performed well with high precision and played an important role in connecting guidance of intersected well. The paper introduced the structural principle and technical parameters, and summed up the application experience and technique of SmartMag system.

Key words: target hitting system; magnetic beacon; intersected well; directional drilling; connecting

SmartMag 是中国地质科学院勘探技术研究所研发的一种用于对接井的精确对接引导系统。该系统首次应用于土耳其贝帕扎里天然碱采集卤钻井三期工程 23 对水平井中, 获得了良好的应用效果。

1 SmartMag 系统简介

1.1 工作原理

SmartMag 磁测系统是利用分析置于钻头后部旋转磁信标所产生的磁矢量, 从而得出钻头与目标点相对空间位置的对接引导系统。如图 1 所示, 实际施工中, 将探棒下入到目标矿层, 收集磁信息, 数据通过电缆传输到地面机后, 经过电脑计算得出钻头相对于目标的位置, 以此指导下一步钻进。

1.2 系统主要元件

SmartMag 系统包括磁信标、探棒、绞车、地面机和电脑。在软件方面, SmartMag 系统主要由磁场信号解析采集与解析程序、结果分析程序和加密程序组成^[1]。

1.3 SmartMag 系统的优点

(1) 传统随钻测斜仪在施工中会随着钻进距离的不断增加, 产生更大的误差。这是仪器的固有特

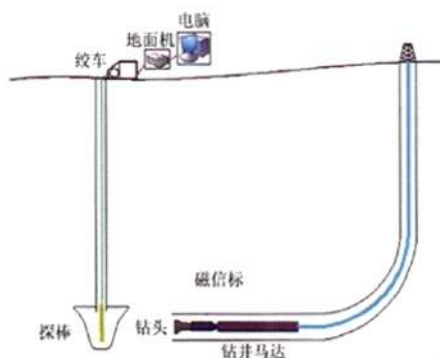


图 1 SmartMag 测井示意图

性所决定的, 当累计误差达到一定值后, 会很大影响对接精度, 特别是在溶腔很小的情况下。SmartMag 弥补了这方面的不足, 当钻头距离靶点越近时, 系统结果精度越高, 十分利于对接作业^[2]。

(2) 随钻测斜仪是以地磁为基准进行测量, 当轨迹进入地磁异常区域时, 仪器会受到不同程度的干扰, 无法正常钻进。此外, 随钻测量装置在地下还要忍受较大的温度变化, 也会导致钻具姿态的测量误差增大^[3]。SmartMag 系统本身使用的是人工磁信标, 其强度远胜于大地磁场, 地磁异常不会影响该

收稿日期: 2011-01-05

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目“1500 米全液压地质取心钻探技术研究”的子课题“高精度定向钻进中靶技术研究”

作者简介: 陈剑奎 (1982-), 男 (汉族), 天津人, 中国地质科学院勘探技术研究所, 勘查技术与工程专业, 从事定向钻进施工和相关技术研究工作, 河北省廊坊市金光道 77 号, chenjianyao001@gmail.com。

系统的精度。

(3)采用传统随钻测斜系统导航钻进,即使实现了连通,其中靶精度也不可获知,对该地区以后的钻井作业没有指导借鉴作用。SmartMag可总结出某一地区某种型号的随钻仪可能产生偏差,对以后的钻井作业提供预纠偏指导^[4]。

1.4 技术指标

最大测量距离 70 m;探管外径 50 mm;最大井深 3000 m。

实验井中的目标矿层厚度普遍在 1~2.5 m 之间。建腔采用单井对流法,是一种基本的、安全的开采方法^[5]。受建腔时间限制,靶井即靶井的溶腔较小。尤其是工程后期,靶井建槽时间仅 10 余天,其实际直径不超过 1 m。甚至有一口井(V025UC)因时间关系未能建腔,直接采用 SmartMag 完成了中靶对接作业。

2 应用技巧和注意事项

2.1 靶井环境

(1)靶井内的探棒是收集磁信号的关键部件,它的性能稳定与否直接影响原数据的好坏。因此要十分注意靶井内物理环境。过热或过冷会使探棒产生不可预知的偏差,甚至会损坏探棒的电子元件。建议工作温度在 $-10 \sim +85$ °C 之间。假设地温梯度为 3 °C/100 m,地面温度为 25 °C,正常情况下,孔深 2000 m 内的直井需用考虑温度过高问题。经过特殊降温处理后,探棒可用于 3000 m 的深井。另外,磁信标可耐温 120 °C。

(2)探棒本身的稳定性。当靶井内地层有涌水或与其它井串通时,悬在井内的探棒会不规则的摆动,获得的信号图像将严重变形。因此在正式工作之前,应测定大地背景磁场各参数是否稳定正常,以检验井下是否存在流动液体。如出现上述情况,建议停止靶井附近其它井组的运行。

2.2 磁信标的影响

磁信标是按照一定排列方式组合的永久磁铁,放在钻井马达与钻头之间。在实际施工中,SmartMag 系统用于最后几十米对接作业,其它时间使用传统随钻测斜仪。当安装磁信标后,如果地层内含有易磁化的硫铁矿物质,那么,磁信标路径的钻孔孔壁会出现不同程度的磁化,最终导致无磁钻铤内的随钻测斜仪会产生一定的偏差。影响严重时,顶角和方位误差可达 $\pm 5^\circ$,但工具面始终正常。这就要求钻井工程师对仪器性能及各类钻具造斜率有一定

的了解和操控能力,否则即便 SmartMag 系统指出目标位置,钻头依旧无法达到。

2.3 探管下放深度问题

SmartMag 系统使用的探棒对铁磁性物质较为敏感,在实际操作中,探棒的下放深度应位于金属套管底以下 1 m 以上,距离太小时会产生一定的解析误差。

SmartMag 系统的探棒是采用绞车和铠装电缆下入靶井靶点处,因此,铠装电缆的长度计量十分关键。采用质量较好的绞车可在一定程度上控制电缆长度的误差,满足精度要求,但随着深度增加,累计误差将会增大。此外,套管的深度也存在一定的误差。基于探棒要伸出套管 1 m 以外的原则,可以利用探棒对铁磁性物质敏感的特性,在下放过程中测量探管周围的磁参量,确定探棒是否滑出套管外。采用这种方式可以更为准确地确定探棒下入深度。具体操作为,在下放过程中,探棒接近套管底端时,开启仪器,当探棒出套管时,图像会发生突变,以此时深度(即套管深度)为零点,再往下计算即可。

2.4 原数据处理

对于 $\phi 95$ mm 的磁信标,当钻头与靶井的距离超过 45 m 时,探棒所捕获的信号干扰强烈,背景噪声可能覆盖磁信标产生的有用信号。这种情况下,可调大信噪比增益指数,将所需信号突出,实现分离噪音与有用信号的目的。提高信噪比后出来的图像显示的是大波上夹带着小波即毛刺(见图 2),还不能去除掉杂波的干扰。要去掉毛刺使波形变得平滑,简单有用的方法就是滤波。可先计算出所需信号的频率,用带通法(针对性较强)对原数据进行过滤,去除其它数据(见图 3)。注意,带通滤波对主波幅值大小有一定的影响。

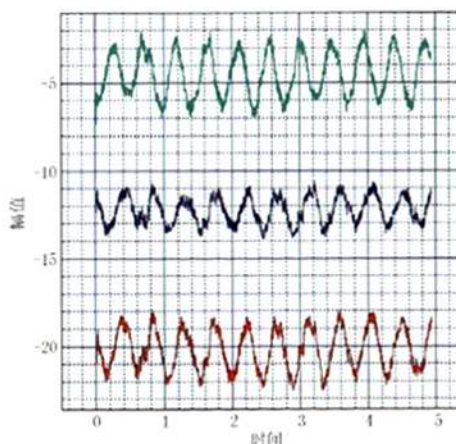


图2 原数据

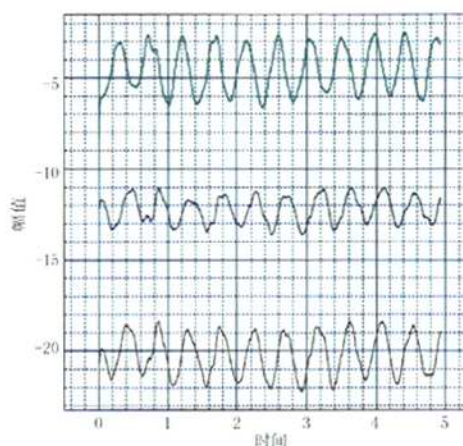


图3 处理后数据

对于 $\varnothing 95$ mm的磁信标,当钻头与靶井的距离小于10 m时,强大的人工磁场会影响探棒对大地磁场的测量,图像会出现有规则的波动,注意不要与探棒摆动情况相混淆。

泥浆泵排量不稳定,马达转速不均,获得的图像就会出现多重波峰。对于此类残缺波,最好的处理办法还是维修泥浆泵,重新捕捉数据。如果情况特殊无法维修时,可用数值方法进行修复。例如运用正弦波对衬性和数学方法进行修补,或者与数据库中图像进行对比等。

当图像显示3个波动曲线中有一个趋近直线时,可能有2种情况:一种是系统出现问题,需要进行检修;另一种是磁信标与探棒所处的相对位置使探棒接收不到某方向的信号,解决方法是改变两者之间的距离。

2.5 结果优化

当靶点与钻头距离在45 m以上时,由于磁信号较弱干扰强烈,需对测量结果进行优化处理。在这时,必须参考SmartMag系统提供的另一个参数,即准确度。准确度越高,解析结果越可信。

众所周知,水平井的随钻测斜仪受安装位置的限制不可能实时显示当前钻头的位置,大概滞后9 m左右。这就要求钻井工程师对仪器和地层有一定程度的了解,尽可能准确地预测当前钻头的顶角和方位。值得一提的是,SmartMag系统具有较好的误差自修正功能,在预测的钻头方位角误差不超过 $\pm 4^\circ$ 时,不会对最终的解析结果产生实质性的影响。

2.6 安全保障

2.6.1 探棒的密封

探棒是由内部电子元件和无磁外壳组成的,为便于运输,外壳设计成可拆卸,用螺纹扣连接,O形圈密封。当探棒长时间未使用需再次入井时,需进行密封试验,即将仅有外壳的探棒下放到井下目标层位停留30 min,上提后检查是否漏水。另外,每次打开探棒后再组装时,应检查密封面受损状况,并在O形圈处均匀抹上黄油。

2.6.2 绞车的稳定性

对于自重小于1 t的绞车,需要在四周加上地锚确保其稳定。

2.6.3 探棒的安全

在SmartMag系统进行完最后一次测试后,应收回电缆,避免钻头和钻井液损伤探棒。在工程后期的H025UA井曾出现过此类危险事件。当时探棒已下入V025UA井下300多米的矿层内,由于业主未能给绞车供电,在完成最后一次测井后,只能用人力将探棒上提数米至套管内。根据以往经验,探棒在套管内是比较安全,不会受到钻头的碰撞损伤。但是,在该井组连通时,强大的水流冲击力作用于探管和电缆上,使得原来绷得很紧的电缆突然松弛,搭到地面,并打卷。提出探管后,发现电缆底端与探棒接头处弯曲严重,有多个无法恢复的折痕。

3 结语

土耳其采集卤钻井工程三期23对对接井的工程实践证明,在SmartMag系统的引导下,所有井组均实现了中靶连通的良好效果。该系统运行稳定,精确度高,操作简单、快速,上手容易,能够满足对接工程的需求。当然,作为一套新开发系统,SmartMag也存在一些缺点,如绞车体积较大、运输不方便等,需要加以完善。

参考文献:

- [1] 胡汉月,向军文,刘海翔,等. SmartMag定向中靶系统工业实验研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(4): 6-10.
- [2] 向军文,胡汉月. 国产定向对接并精确中靶技术在盐矿中的应用[J]. 中国井矿盐, 2010, 41(5): 16-18.
- [3] 汪凯斌. 随钻测量和旋转磁导向技术及在对接井应用[J]. 陕西煤炭, 2010, 29(4): 80-82.
- [4] 胡汉月,陈庆寿. RMRS在水平井钻进中靶作业中的应用[J]. 地质与勘探, 2008, 44(5): 89-92.
- [5] 吴乘胜,杨骏六. 单井对流法水溶采矿的数学模型[J]. 力学与实践, 2003, 25(1): 11-13.