

对接井钻井靶点位置问题探讨

武程亮

(山东省煤田地质局第二勘探队, 山东 济宁 272000)

摘要:传统观念认为从钻井轨迹的计算得出的中靶精度即为实际中靶精度,随着钻井技术及测量技术的不断发展,这种观念在被逐渐打破。在数学计算模型中的靶点位置与实际的靶点位置有相当大的出入,即使使用主动磁测量技术测得的靶点位置也是存在不确定性。由H1-H2井组的对接施工过程作为案例,分析出现这种不确定性的原因,以及在施工中采取主动的手段完成工程任务,以达到施工目的。

关键词:钻井工程;对接井;钻井靶点;中靶精度;数学中靶;地理中靶

中图分类号:P634 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2016)01-0058-03

Discussion on Drilling Target Location of Connected Wells/WU Cheng-liang (The Second Prospecting Team of Shandong Coal Geology Bureau, Jining Shandong 272000, China)

Abstract: In the traditional view, the target accuracy derived from the calculation of the drilling trajectory is the actual target accuracy, but along with the development of drilling technology and measurement technology, this concept is gradually broken. There is considerable discrepancy between the target location calculated by mathematical calculation model and the actual location in practical operation, even the target location measured by active magnetic measurement technology is uncertain. With H1-H2 well group as the case, the reasons of this uncertainty are analyzed and active means were adopted to complete the project in the construction.

Key words: drilling engineering; connected wells; drilling target; target accuracy; targeting based on calculation; targeting in practice operation

0 引言

钻井靶点是指要达到钻井目的和生产目的的钻井目标点位置坐标,其中也包含深度坐标。在传统的钻井中,钻井靶点的位置往往由业主方提供给施工方,井队只要按照设计要求施工,中靶精度还是有保障的。但是在实际施工中,经常会遇到下述情形:通过两口井的防碰资料扫描,发现两口井可能相碰撞的距离还有相当一段,但实际施工时,两口井就碰撞到一起;而有时通过两口井的防碰资料扫描,发现两口井在一定的井深已经相互碰撞,实际井下并没有发生两口井井眼相互碰撞。近些年,随着钻井技术和测量技术的发展,在精确连通技术出现后,使人们认识到钻井靶点的实际位置并不是在钻井软件中显示的位置,进而有人提出了数学中靶和地理中靶的观念。

2004年主动磁测量技术从美国引入中国市场,在石油、煤层气及水溶性矿藏开发领域得到了越来越广泛的运用。在施工对接井的过程中,运用主动

磁测量技术进行引导钻进,以致中靶连通,但是实际计算的靶点位置也是不确定的,所以就要求从始至终一直要引导钻进,直至连通。出现这种情况的原因有很多,本文通过一对盐井的对接施工作为案例进行介绍。H1-H2井组是山东肥城海晶盐化有限公司年产120万t卤制盐钻井工程中的一对盐井,由山东省地矿工程勘察院施工。该井组位于山东省肥城市边院镇东军寨矿区,两井井口地面间距280m,靶井(直井)钻穿7号盐层底板下20m完钻,水平井在造斜后,沿7号盐层底板以上0.5m水平钻进至少150m,与靶井(直井)对接完井。为后续采卤做好准备。

1 钻井概况

1.1 靶井和靶区

该井组靶井为一口直井,直井施工为二开结构,钻穿目的盐层20m左右完钻,套管下至目的盐层顶板,候凝完成后,下钻扫水泥塞至井底,然后建腔。

收稿日期:2015-07-31;修回日期:2015-11-27

作者简介:武程亮,男,汉族,1980年生,工程师,探矿工程专业,从事定向井施工与管理,山东省济宁市任城区任城大道与古槐路交汇处向西500米路南煤田地质大厦1206室,wxwerrorsx@126.com。

井身结构如表 1 所示。

表 1 井组靶井井身结构

| 钻进井段 | 井身结构 | 套管类型 | 套管结构 |
|------|-----------------------|------|---------------------------------|
| 一开 | Ø346 mm × 52.00 m | 表层套管 | Ø273 mm × 8.89 mm × 51.90 m |
| 二开 | Ø215.9 mm × 1409.00 m | 生产套管 | Ø177.8 mm × 9.19 mm × 1378.84 m |

靶区为目的盐层,井深 1379.45 ~ 1389.65 m,厚度为 10.20 m,为纯石盐岩。靶井施工完成后,由业主方连接地面管线建腔。施工水平井时,经与业主方沟通,靶井溶腔直径要求已有 5 m 左右。

1.2 水平井的施工

表 3 水平井井身结构及钻具组合

| 钻进井段 | 井身结构 | 套管结构 | 钻具组合 |
|-------|-----------------------|-----------------------|--|
| 一开 | Ø346 mm × 55.00 m | Ø273 mm × 55.00 m | Ø346 mm 三牙轮钻头 + 630 × 630 接头 + Ø203 mm 钻铤 1 根 + 631 × 410 接头 + Ø168 mm 钻铤 4 根 + Ø102 mm 钻杆 2 根 + 方入 |
| 二开直井段 | | | Ø215.9 mm PDC 钻头 + 430 × 410 接头 + Ø168 mm 钻铤 5 根 + 411 × 310 接头 + Ø102 mm 钻杆 114 根 + 方入 |
| 二开斜井段 | Ø215.9 mm × 1356.00 m | Ø177.8 mm × 1354.12 m | Ø215.9 mm 三牙轮钻头 + Ø165 mm (1.5°) 螺杆 + Ø165 mm 定向短接 + Ø165 mm 无磁钻铤 1 根 + 411 × 310 接头 + 回压阀 + Ø102 mm 钻杆 138 根 + 方入 |
| 三开 | Ø152.4 mm × 1590.00 m | | Ø152.4 mm 三牙轮钻头 + Ø120 mm (1.5°) 螺杆 + Ø120 mm 回压凡尔 + Ø120 mm 定向短节 + Ø120 mm 无磁钻铤 1 根 + Ø102 mm 钻杆 163 根 + 方入 |

1.2.3 施工过程简介

水平井的一开采用 Ø346 mm 三牙轮钻头钻进至井深 55.00 m,下入 Ø273 mm 表层套管;二开采用 Ø215.9 mm PDC 钻头钻进至井深 1150.00 m,直井段结束,投放多点测斜仪测量井斜数据;后下入 Ø165 mm (1.5°) 单弯螺杆钻具开始定向钻进,钻进至井深 1356.00 m,井斜达到 60°左右,起钻测井,下入 Ø177.8 mm 生产套管;候凝、扫水泥塞后,下入 Ø152.4 mm 三牙轮钻头与 Ø120 mm (1.5°) 单弯螺杆钻具进行三开钻进。钻进至井深 1596.00 m,第一次连通失败。为赶工程进度和降低施工成本,起钻加装强磁接头进行侧钻作业,同时直井下入慧磁中靶导向系统进行连通施工。最终在井深 1590.00 m 处实现两井连通。

2 中靶作业

2.1 确定侧钻施工靶区

在第一次连通失败后,起钻加装强磁接头,下钻至原轨迹距设计靶点 20 m 左右,利用慧磁中靶导向系统连续测量 3 个点,以确定靶区位置。

2.2 中靶作业

1.2.1 水平井施工主要设备

水平井施工的主要设备如表 2 所示。

表 2 水平井施工主要设备

| 名称 | 型号 | 数量 | 动力 |
|------|-----------------|-----|-----|
| 钻机 | GZ-2600 | 1 台 | 电动机 |
| 泥浆泵 | 3NB1300 | 1 台 | 电动机 |
| 测量系统 | MWD 仪器 | 2 套 | |
| 无磁钻铤 | Ø165 mm、Ø121 mm | 2 根 | |
| 螺杆 | Ø165 mm、Ø121 mm | 2 根 | |

1.2.2 井身结构及钻具组合

水平井井身结构及各井段钻具组合如表 3 所示。

在确定靶区后,侧钻并利用慧磁中靶导向系统进行引导钻进,至井深 1590.00 m 实现两井连通。

3 靶区的“不确定性”分析及对策

通过该施工案例,在确定侧钻施工靶区的过程中,连续测量 3 个点,但是通过计算得出的靶点位置不是确定的一个点;在后期引导施工中,每次测量的数据也不是确定的一个点。慧磁测量数据及各次计算靶点坐标如表 4 所示。

表 4 慧磁测量数据及各次计算靶点坐标

| 轨迹名 | 水平井 | | 慧磁测量数据 | | | 计算靶点坐标 (相对)/m | |
|------|---------|------|----------|----------|-------|---------------|-------|
| | 测量井深/m | 精度 | 井斜偏差/(°) | 方位偏差/(°) | 距离/m | N | E |
| 原轨迹 | 1576.26 | 0.07 | -6.16 | -9.20 | 17.02 | 267.58 | 15.13 |
| | 1581.00 | 0.09 | -9.68 | -12.48 | 11.31 | 266.46 | 15.02 |
| | 1585.82 | 0.12 | -17.28 | -23.04 | 6.32 | 265.96 | 15.15 |
| 侧钻轨迹 | 1536.65 | 0.79 | -2.04 | 4.80 | 60.62 | 272.13 | 10.76 |
| | 1546.50 | 0.25 | -1.36 | 2.28 | 51.09 | 272.44 | 14.88 |
| | 1556.38 | 0.16 | -3.36 | 2.52 | 40.20 | 271.23 | 12.62 |
| | 1562.00 | 0.10 | -2.28 | 2.16 | 33.72 | 270.30 | 12.43 |
| | 1566.10 | 0.04 | -0.56 | 1.12 | 28.75 | 269.40 | 12.77 |
| | 1571.00 | 0.04 | -1.28 | 1.92 | 22.27 | 267.81 | 13.27 |
| | 1575.71 | 0.03 | 0.12 | 1.52 | 17.91 | 268.16 | 14.08 |

通过计算数据做出靶点分布图,如图 1 所示。

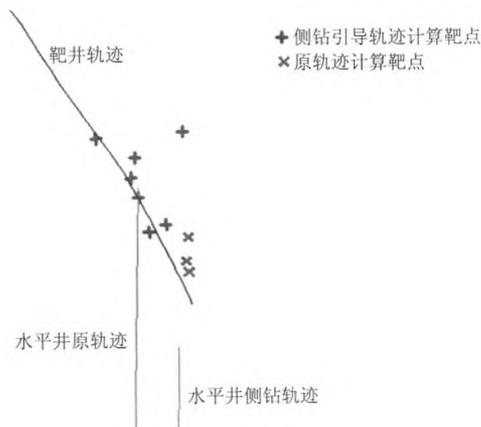


图1 靶点分布图

从靶点计算数据和靶点分布图可以看出,要做到精确连通,必须从始至终利用仪器引导钻进。在施工水溶性矿藏井时,即使在事先建腔的情况下,由于腔体形状的不确定性,连通精度也并非百分之百,大多数情况是由于溶腔足够大而实现的连通,与实际意义上的靶点坐标还是有相当的距离。而施工靶区相对较小的井时,连通难度就更高。

(1)影响定向井/水平井井眼轨迹精度因素包括:计算公式的误差、测量仪器自身允许误差、测量深度误差、磁偏角误差、磁干扰误差、磁化纠正误差、钻具伸长量误差、子午线收敛角引起的误差及工程人员取值习惯造成的误差等。

(2)由于目前定向井/水平井所使用的仪器装备、工程人员素质、井下环境等因素的客观存在,再完美的数学计算模型也不能完全重合定向井/水平井井眼轨迹,这就决定了定向井/水平井的轨迹计算结果和真实的井眼曲线不可避免地会有一定的误差。

(3)目前的定向井/水平井中靶概念都是一定系统、人员、环境等因素误差下的数学中靶概念,数学中靶只能定义为工程允许范围内的相对中靶,数学中靶精度与地理中靶有一定的联系,但也有相当的区别,换句话说,数学中靶精度最高时(通常所说的靶心距为零时),并不能表明实际中靶靶心离地理靶区中心最近,因为这个数学中靶精度是多项系统、人员、环境等因素误差下的计算结果,不是真实的地理靶区位置。

(4)数学中靶精度目前之所以被工程施工认可,完全依赖于系统、人员、环境等影响因素产生的误差是在目前的工程施工所容许的范围内。尽管从

理论上分析数学中靶精度不是实际的中靶位置,但这个误差是在人为减少上述误差原因的基础上取得的,理论研究和现场应用都表明,这个数学中靶精度能满足目前钻井工程开发需要。现在大多数水溶性矿藏的开发就是用数学中靶这个概念一次实现了水平井和直井的连通。

(5)对要求“精确”中靶的施工井,或要求“精确”确定两口井井眼轨迹间距离的井,除严格控制上述影响因素导致的数学中靶误差外,还应借助更先进的仪器和技术手段来实现“精确”制导,如目前在连通井领域中常用的主动磁测量技术,测量系统可以在一定的距离范围内准确“感觉”钻头的位置,引导钻头周围的“强磁”短节向目标点靠近,实现精确“打中”或者精确“躲避”,满足高“精确”中靶或防碰等需求。

(6)引起主动磁测量仪器计算得出的靶点位置不确定的原因也在于此。由于水平井轨迹受上述因素影响而表现出的“不确定性”,主动磁测量仪器计算的基础在于水平井轨迹数据,进而导致计算所得的靶点位置的不确定性,在需要精确连通的井型施工过程中就要求做到精控,从始至终利用仪器引导,从而实现工程目的。

4 结语

实践证明,由上述因素影响的轨迹误差是无法消除的,导致靶区的不确定性是客观存在的。因此,应采取有效措施,减小井眼轨迹误差,进而使靶区“更稳定”。

(1)选择合适的测斜计算方法。在实际工作中,现在大部分水平井施工是运用螺杆动力钻具进行造斜钻进,推荐采用最小曲率半径法作为较精确的计算方法。

(2)选择合适的测量仪器。在水平井施工中,应选用有线随钻测斜仪或者无线随钻测斜仪;在精度要求高的水平井施工中,用无线随钻测斜仪,并投放多点测斜仪在统一条件下获得井眼轨迹数据;在已下套管的井眼、丛式井、套管开窗井的测量中应选用陀螺测斜仪。

(3)确保测量的准确性。井底钻具组合中下入足够的无磁钻铤,并定期对使用的钻铤进行检查,防止已磁化的钻铤下入井内;测量仪器探管要按标准

(下转第65页)

表1 基岩水井水力压裂综合成果

| 试验地点 | 地层岩性 | 压裂试段/m | 起裂与裂缝延伸压力/MPa | 增水效果/% | |
|----------|------|--------|---------------|----------------|-------|
| 河北顺平常庄大村 | 白云岩 | I | 149~158.65 | 19.6/13.2~11.2 | 86.0 |
| | | II | 125.5~135 | 18.7/12.4~11.1 | |
| 河北唐县山阳庄村 | 片麻岩 | I | 44.5~54 | 7.1/5.1~4.1 | 900.0 |
| | | II | 17~31 | 5.01/3.7~3.1 | |
| 北京昌平区南庄村 | 花岗岩 | I | 45.7~54.6 | 8.1/7.9~5.7 | 164.1 |
| | | II | 15.4~44.6 | 4.1/4.1~3.8 | |
| 河北顺平杨辛庄村 | 灰岩 | I | 70.28~86 | 5.25/5.25~4.25 | 127.3 |
| | | II | 118.3~131 | 6.35/6.35~5.72 | |
| 山东临朐县大楼村 | 灰岩 | I | 93.2~114 | 3.2/3.2~2.8 | 51.5 |

的延伸,压裂裂缝会将地层内的无数小裂隙和孔隙连通,增大井(孔)岩层的汇面积,使水井出水量增加。该地层的岩层受风化的影响,地层应力低,起裂压力和裂缝延伸压力也相对较低,但压裂增水效果较好(见表1)。

3.3 高压流体洗井

河北省顺平县杨辛庄村、山东省临朐县大楼村水井,地层岩性为灰岩,因其裂隙内充填有大量黏土类矿物,其透水能力较低,经高压流体强力剪切、冲蚀和运移后,使得裂隙扩展和疏通,使含水层的渗流条件得以改善,实现增水的目的。压裂该类水井时因为没有井壁岩石应力集中,只存在管路沿程压力损失和剪切推移岩层裂隙内充填物压力,趋于稳定。

4 结论

(1)通过压裂机理分析和检测实际压裂作业时

(上接第60页)

进行定期校验;现场要采用准确的磁偏角和校正系数。

(4)提高工程技术人员的专业素质。工程技术人员加强学习,提高自身专业素质,减少操作中的失误,熟悉各种仪器的操作及取值方法。

(5)在施工精确对接井时,在仪器可以接收到信号前,就要求精控,掌握工具造斜能力以及地层的影响,在用主动磁导向系统引导施工时,更要做好精控工作,认真做好记录,并实时分析数据,顺利完成施工。

参考文献:

[1] 武程亮,商敬秋,陈剑垚,等.两水平井“点对点”精确中靶对接

的泵压力变化,当地层存在含水裂隙时,孔壁上各点的应力相等,压裂时类似于高压流体疏通、扩展原裂隙通道,起水力剪切、冲蚀、运移裂隙中的胶结物和岩粉,达到高压流体洗井的作用,相应的泵压力较低。

(2)较完整岩层,成孔后井壁周围岩层的应力会集中而比径向内部岩层的应力大很多,反应到压裂时,起裂压力总是大于裂缝延伸压力。相应条件下,如果覆盖层厚度较小,岩层中层理、解理、孔隙发育或为风化岩层,反应到压裂时,岩层起裂压力和裂缝延伸压力较压裂完整岩层的压力低很多。

参考文献:

- [1] 王德胜.现代油藏压裂酸化开采新技术实用手册[M].北京:石油工业出版社,2009.
- [2] 李炳平,叶明成,等.基岩水井增水技术研究报告[R].2013.
- [3] 罗银福,隆正峰,谢剑飞,等.对含有启动压力梯度的达西公式的改进[J].油气井测试,2007,(5):10-11,75.
- [4] 李道品,等.低渗透砂岩油开发[M].北京:石油工业出版社,1997.
- [5] 杨新安,章梦涛.岩石水力压裂机理的研究[J].山西矿业学院学报,1991,9(1):26-31.
- [6] 刘光亚.基岩地下水[M].北京:地质出版社,1979.
- [7] 李小杰,叶成明,李炳平,等.基岩水井水力分段压裂增水技术研究与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(S1):56-61.
- [8] 李炳平,李小杰,叶成明,等.止水栓塞封隔-阀式压水器组合检测技术的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(3):69-71.
- [9] 王鸿勋.水力压裂原理[M].北京:石油工业出版社,1987.
- [10] J. L. Gidley.水力压裂技术新发展[M].北京:石油工业出版社,1995.

施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(5):4-7.

- [2] 陈剑垚,胡汉月.SmartMag定向钻进高精度中靶系统及其应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(4):10-12.
- [3] 隆东,张新刚,岳刚,等.H024U井施工工艺及精确中靶技术措施[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(3):5-8,12.
- [4] 胡汉月,向军文,刘海翔,等.SmartMag定向中靶系统工业试验研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(4):6-10.
- [5] 商敬秋,武程亮,刘汪威,等.无建槽直井的定向中靶作业[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(1):13-16.
- [6] 胡汉月,陈庆寿.RMRS在水平井钻井中靶中的应用[J].地质与勘探,2008,44(6):89-92.
- [7] 向军文,胡汉月.国产定向对接井精确中靶技术在盐矿中的应用[J].中国井矿盐,2010,41(5):16-18.
- [8] 胡汉月.对接井靶区建槽若干问题探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(7):20-23.