

# 无建槽直井的定向中靶作业

商敬秋<sup>1</sup>, 武程亮<sup>1</sup>, 刘汪威<sup>2</sup>, 胡汉月<sup>2</sup>

(1. 山东省煤田地质局第二勘探队, 山东 济宁 272400; 2. 中国地质科学院勘探技术研究所, 河北 廊坊 065000)

**摘要:**传统的施工水平对接井的连通工艺多采用造腔溶通或压力式连通, 由于其施工周期长、成本高等缺点正在被以精确连通仪器引导连通工艺所取代。以江苏淮安 SY4 井组为例, 介绍了采用具有自主知识产权的“慧磁”钻进中靶导向系统, 与一口没有建槽的直井进行定向中靶作业。由于存在直井井斜数据误差大、钻具磁化、溶腔半径极小等困难, 进行了 3 次中靶作业后最终成功连通。

**关键词:**盐井; 对接井; MWD; 中靶; “慧磁”钻进中靶导向系统

**中图分类号:** P634.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2014)01-0013-04

**Oriented Target-hitting Operation for Vertical Well without Cavity Building**/SHANG Jing-qiu<sup>1</sup>, WU Cheng-liang<sup>1</sup>, LIU Wang-wei<sup>2</sup>, HU Han-yue<sup>2</sup> (1. The Second Prospecting Team of Shandong Coal Geology Bureau, Jining Shandong 272400, China; 2. The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China)

**Abstract:** Conventionally the intersection between horizontal well and vertical is processed by cavity building or hydrofracturing procedures, which consumes much construction time and costs. Nowadays, the newly developed ranging instrument “Smartmag” can accurately guide the drilling to the target well without need of the cavity building. With the case of well SY4 in Jiansu, the paper introduces “Smartmag” drilling guidance system of the independent intellectual property, which was used in a vertical well without cavity building. Due to the deviation data errors of the vertical wellbore, the drilling tool magnetization and the extremely small cavity, the intersection of the well pair is very difficult and finally achieved by 3 times’ ranging operations.

**Key words:** salt well; intersected well; MWD; hitting target; “Smartmag” drilling guidance system

## 1 概述

盐井的施工最早可追溯到 2000 多年前, 我国伟大的水利工程学家李冰在开都江堰治水的过程中, 发现了盐泉, 开凿了直径约 2 m、井深约 15 m 的广都盐井。大口径盐井是中国最早的盐井形式。随着钻井技术的发展, 盐矿的开发也由直井开发发展到水平井对接开发。早期的水平井对接是在施工完直井后, 在直井中注入大量的清水进行循环, 在目的盐层溶出一个巨大溶腔, 再施工水平井与之连通。有的甚至直接采用老井与之连通。这种施工方式难度较小, 因为靶区相对较大, 溶腔直径能达到几十至上百米, 中靶的几率相对较高, 这也是目前大多数盐井施工所采用的方式。

但是在直井建槽时, 会产生大量的污染, 使农田盐碱化, 且安装建槽管线及设备, 会产生延误工期, 增加成本, 占用土地等问题, 因此, 连通无建槽直井连接的需求便产生了。由于受传统的 MWD 测井仪器本身精度的制约, 水平井钻进时会出现一定的累

计偏差, 最终使得连通作业成功率较低。20 世纪 90 年代, 主动磁测量技术的诞生, 为解决钻井精确中靶提供了科学的解决方案。自 2004 年美国的主动磁测量技术引入中国, 在石油、煤层气和采卤行业得到越来越多的应用。目前市场上主要使用的是美国 Vector Magnetics LLC 的旋转磁测距仪 (RMRS) 与中国地质科学院勘探技术研究所的“慧磁/Smartmag”钻进中靶导向系统。

水平井中靶作业连通情况如图 1 所示。

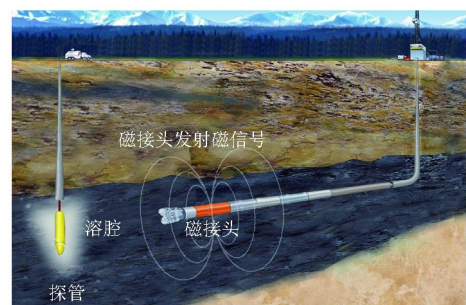


图 1 水平井中靶作业连通示意图

收稿日期: 2013-10-11

基金项目: 本文涉及的技术方法受科技部公益性行业专项“深孔高温磁中靶系统研究”项目支持

作者简介: 商敬秋 (1967-), 男 (汉族), 山东济宁人, 山东省煤田地质局第二勘探队煤层气公司经理、工程师, 探矿工程专业, 从事勘探技术与管理工作, 山东省济宁市任城区任城大道与古槐路交汇处向西 500 米路南凤凰太阳城 1208 室, shangjingqiu@126.com。

江苏淮安井神盐业公司的盐井项目中包含4对水平井组,其中作为靶井的直井均是在2006年施工完成的,之后几年间未投入生产,井内产生了大量盐结晶,致使主动磁测距仪探管下入困难。在施工SY4井组时,采用了“慧磁”钻进中靶导向系统进行中靶作业。由于靶井没有进行建槽,溶腔半径极小,连通施工难度较大。本文将SY4井组为例,介绍无建槽直井的定向中靶连通作业的实施过程和体会。

## 2 工程概况

### 2.1 靶井和靶区

SY4井组的靶井是在2006年施工完成的一口垂直井,该井在之后的几年中未投入生产,井内结晶较严重。该井井身结构如表1所示。

表1 SY4井组靶井井身结构

序号	井身结构	套管结构
一开	Ø400 mm × 22.80 m	表层套管, Ø219.00 mm × 8 mm × 418.08 m
二开	Ø285 mm × 418.80 m	生产套管, Ø139.70 mm × 7.72 mm × 2148.093 m
三开	Ø190 mm × 2211.90 m	

在施工水平井之前,将“慧磁”钻进中靶导向系统探管下入靶井中以确定靶区深度,探管最终下入深度为2151.00 m,出生产套管3.00 m,可以进行中靶测量。在确定完靶点深度后,进行水平井轨迹设计。

表2 SY4水平井钻井技术参数

序号	井段/m	钻头		循环介质类型	钻进参数			
		类型	直径/mm		钻压/kN	转速/(r·min <sup>-1</sup> )	排量/(L·s <sup>-1</sup> )	泵压/MPa
一开	0~395.00	三牙轮	311.15	膨润土浆	10~30	20~30	30	6
二开	395.00~2024.97	三牙轮	215.9	膨润土浆、饱和盐水	30~50	滑动+复合	30	8~10
三开	2024.97~2438.00	PDC	152.4	饱和盐水	10~20	滑动+复合	30	10~12

表3 水平井井身结构及各井段钻具组合

井身结构	Ø311.15 mm × 395.00 m	Ø215.9 mm × 2024.97 m	Ø152.4 mm × 2438.00 m
套管程序	Ø244.5 mm × 393.97 m	Ø177.8 mm × 2013.82 m	
钻进井段/m	钻具组合		
0~395.00	Ø311.15 mm 牙轮钻头+630×410接头+Ø165 mm 钻铤9根26.14 m+411×320接头+Ø102 mm 钻杆		
395.00~2024.97	Ø215.9 mm 牙轮钻头+430×410接头+Ø165 mm 钻铤7根+411×320接头+Ø102 mm 钻杆190根		
2024.97~2438.00	Ø215.9 mm 牙轮钻头+Ø165 mm 螺杆1根+Ø165 mm 定向短节+Ø165 mm MWD+Ø165 mm 无磁钻铤1根+411×320接头+Ø102 mm 钻杆205根		
	Ø152.4 mm PDC钻头+Ø121 mm 螺杆+311×310回压凡尔+311×310定向接头+Ø121 mm 无磁钻铤1根+311×320接头+Ø102 mm 钻杆252根		

### 2.2.4 施工过程

SY4水平井的一开采用Ø311.15 mm三牙轮钻头钻进至井深395.00 m,下入Ø244.5 mm表层套管;二开采用Ø215.9 mm三牙轮钻头钻进至井深1900.00 m,直井段结束,下入Ø165 mm单弯螺杆钻具

靶区柱状图如图2所示,从图中可以看出,靶区测井解释为含泥石盐岩,井深为2156.10~2162.70 m,厚度为6.60 m,该层为目标矿层。陀螺数据显示,靶区井斜角9°,方位角95°。

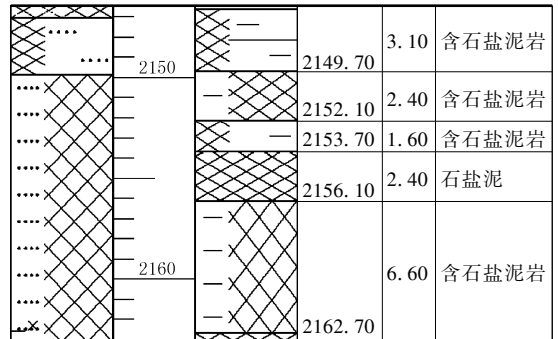


图2 靶区柱状图

### 2.2 水平井施工

#### 2.2.1 水平井施工主要设备

SY4水平井施工的主要设备如下:1台ZJ2600型钻机,动力设备为电动机;1台3NB1300型泥浆泵,动力设备为电动机;2套MWD测井仪器;2根Ø165、121 mm无磁钻铤;2根Ø165、121 mm螺杆。

#### 2.2.2 主要钻井技术参数

SY4水平井主要钻井技术参数如表2所示。

#### 2.2.3 钻具组合

SY4水平井井身结构及各井段钻具组合如表3所示。

开始定向钻进,钻进至井深2024.97 mm,井斜达到40°左右,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单弯螺杆钻具进行三开钻进。钻进至井深2340.44 m时起钻下入“慧磁”钻井中靶导向系统中的强磁接头准备

连通施工。最终在井深 2430.00 m 实现两井连通。

### 3 中靶作业

#### 3.1 本工程中靶作业的特殊性

SY4 井组的靶井是在 2006 年施工完成的一口垂直井,该井在之后的几年中未投入生产,井内结晶较严重,靶区溶腔半径极小,这就要求轨迹控制严格,连通作业精确;在施工水平井前对直井进行了陀螺测量,但其测量数据存在较大误差,这在之后连通施工过程中也得到印证;直井井斜较大,不论是施工完的测井资料,还是陀螺数据,证实靶区井斜达到  $9^\circ$ ,方位  $95^\circ$ ,而水平井设计方位为  $180^\circ$ ,直井靶区偏移方位不在两井连线上,而且探管下入的位置深度并不是设计靶点的深度,这些因素均导致连通作业具有一定的挑战性。

#### 3.2 中靶作业过程

##### 3.2.1 第一次中靶作业

三开水平段钻进至井深 2340.44 m 时,起钻下入“慧磁”钻井中靶导向系统中的强磁接头准备连通施工。钻进至井深 2378.00 m,按照水平井中心坐标和靶点坐标计算,此时钻头距离靶点约 60 m。在距离靶点 45 m 时,磁测量结果表明,如果按当前  $185^\circ$  的方位继续钻进,那么钻头将在靶点左侧 6 m 处经过。按照“慧磁”钻井中靶导向系统提供的引导数据进行轨迹控制钻进,钻进至井深 2440 m,磁测量结果表明钻头在靶点左侧 2 m 处(因为泥浆马达的造斜率不够,未能纠到靶点正中位置),按照通常的盐井对接特性,应该已经实现连通,可是结果未连通。究其原因,靶区没有建腔是最直接的原因。

第一次中靶作业虽未成功,但它提供了靶点位置,为下一次继续侧分支钻进提供了较为准确的靶点坐标。

##### 3.2.2 第二次中靶作业

第一次中靶作业未成功,起钻至井深 2349 m 进行侧钻施工,钻进至 2398.83 m 处,磁测量结果表明,距离靶点 42.68 m,如果按当前  $187^\circ$  的方位继续钻进,那么钻头将在靶点左侧 3 m 处经过,继续依据“慧磁”钻井中靶导向系统提供的引导数据进行轨迹控制钻进,钻进至井深 2440 m,磁测量结果表明钻头在靶点右侧约 1.2 m。钻头位置已经穿过靶点右侧,但结果还是未能实现连通。

通过讨论研究,这次未连通的原因可能是在水平井施工过程中,由于钻具铁锈脱落,在循环中被强磁接头磁化,导致 MWD 仪器无磁环境遭到破坏,产生较大测量误差,导致 MWD 数据出现误差,使得轨迹控制出现困难,未能百分之百击中靶点。

第二靶中靶作业结果再一次证明,靶井的靶区没有任何扩腔。钻头自靶点左侧 2 m、右侧 1.2 m 侧经过,均未能连通。第三次中靶作业虽然已知靶点位置,但关键是需要准确控制钻头轨迹,使之进入以靶点为中心、在左右方向上不超过 30 cm 的区间内。

##### 3.2.3 第三次中靶作业

总结第一次和第二次中靶作业的数据和失败原因,在进行第三次中靶作业施工之前,将泥浆全部更换,由于部分钻具已经被磁化,虽然更换泥浆不能完全消除磁影响,但也可以改善磁环境。将钻具退至井深 2366 m 进行侧钻,在“慧磁”钻井中靶导向系统引导施工的过程中,对测量结果进行准确计算,将钻头轨迹引导至以靶点右侧约 27 cm 处,最终在井深 2438 m 处实现两井连通。

根据 SY4 井组井口坐标及钻井实测轨迹数据,通过磁测量校正计算出 3 次中靶的钻进轨迹数据如表 4~6 所示,3 次中靶轨迹与垂直井轨迹平面位置关系如图 3 所示。

表 4 第一次中靶轨迹数据

测深/m	井斜角/ $(^\circ)$	网格方位角/ $(^\circ)$	垂深/m	北坐标/m	东坐标/m	视平移/m	“狗腿”度/ $[(^\circ) \cdot (30 \text{ m})^{-1}]$
2337.30	87.67	188.61	2137.69	-211.38	28.78	205.43	7.54
2347.88	87.01	189.81	2138.18	-221.81	27.08	215.99	3.88
2357.45	85.53	188.21	2138.80	-231.24	25.59	225.54	6.82
2367.02	84.64	187.41	2139.62	-240.69	24.29	235.08	3.75
2376.56	84.55	187.51	2140.52	-250.11	23.06	244.57	0.42
2386.32	84.68	186.81	2141.43	-259.75	21.85	254.29	2.18
2395.88	84.46	184.01	2142.34	-269.22	20.95	263.80	8.77
2404.81	84.61	184.31	2143.19	-278.09	20.31	272.67	1.12
2414.38	85.31	182.61	2144.03	-287.60	19.73	282.17	5.74
2423.95	85.17	180.01	2144.82	-297.14	19.51	291.65	8.13
2433.69	85.62	180.11	2145.61	-306.85	19.50	301.26	1.42
2438.00	85.42	180.11	2145.94	-311.14	19.49	305.52	1.39

表5 第二次中靶轨迹数据

测深/m	井斜角/(°)	网格方位角/(°)	垂深/m	北坐标/m	东坐标/m	视平移/m	“狗腿”度/[ (°) · (30 m) <sup>-1</sup> ]
2349.00	86.84	185.74	2138.24	-218.82	18.60	214.20	0.00
2356.72	83.14	186.51	2138.91	-226.47	17.78	221.88	14.67
2366.29	83.72	184.41	2140.01	-235.93	16.88	231.38	6.79
2375.83	85.61	185.01	2140.89	-245.40	16.10	240.86	6.23
2385.59	85.91	179.51	2141.62	-255.12	15.71	250.55	16.88
2395.15	87.10	181.41	2142.20	-264.66	15.64	260.01	7.03
2404.81	88.24	186.71	2142.59	-274.28	14.95	269.63	16.82
2414.38	88.46	181.91	2142.87	-283.82	14.23	279.18	15.06
2423.95	87.98	178.51	2143.16	-293.38	14.20	288.66	10.76
2440.00	87.98	178.51	2143.73	-309.42	14.62	304.48	0.00

表6 第三次中靶轨迹数据

测深/m	井斜角/(°)	网格方位角/(°)	垂深/m	北坐标/m	东坐标/m	视平移/m	“狗腿”度/[ (°) · (30 m) <sup>-1</sup> ]
2366.00	83.70	184.47	2139.97	-235.64	16.90	231.09	0.00
2372.60	81.08	194.41	2140.85	-242.09	15.83	237.62	46.32
2382.14	81.83	185.91	2142.27	-251.36	14.17	247.04	26.54
2391.90	83.06	178.71	2143.56	-261.02	13.78	256.66	22.26
2401.46	84.86	182.41	2144.56	-270.53	13.68	266.09	12.85
2411.12	87.41	173.81	2145.21	-280.15	14.00	275.58	27.80
2420.69	89.34	180.21	2145.49	-289.70	14.50	284.97	20.95
2438.00	89.34	180.21	2145.69	-307.01	14.44	302.12	0.00

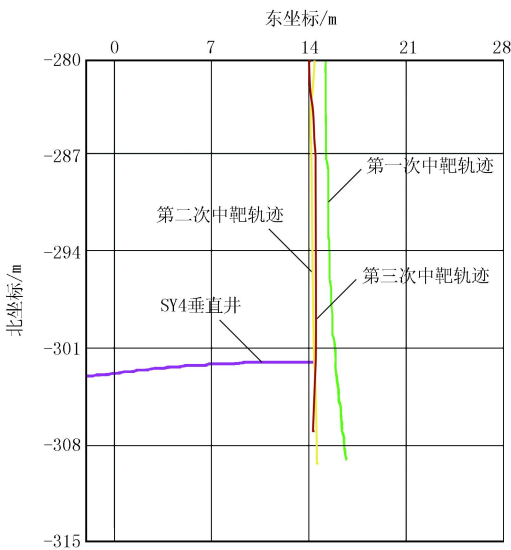


图3 钻进轨迹平面图

#### 4 结论与认识

江苏淮安井神盐业公司的盐井项目 SY4 井组是一对新施工水平井与 2006 年施工而未投入生产的直井的水平对接井。

(1) 淮安张兴区块盐层厚度大, 平均埋深 1800 m 进入盐系地层, 一直到目前探明至埋深 2600 m 均有石盐岩, 储量大, 但盐层夹层较多。本次需要对接的直井在完井后一直未投入生产, 且未建腔, 给中靶连通作业带来较大的难度。

(2) 直井井斜资料缺乏, 造成靶区坐标计算误差大, 建议在今后的直井施工中做好测井工作。

(3) 由于钻具锈蚀严重, 钻具内掉落的铁锈经强磁接头磁化后进入泥浆循环, 无线随钻测斜仪 MWD 的无磁环境遭到破坏, 导致数据出现偏差, 使轨迹控制困难。

(4) 无建槽中靶作业不仅需要导向仪器的测量结果精确, 更重要的是, 水平井的轨迹控制也必须保证精确无误, 对 MWD 的精度和泥浆马达的造斜率提出了更为严格的要求。

(5) 建议在今后的垂直井施工时, 在完井扫塞后, 采用钻井泥浆循环 24 h 将孔底扩大至直径约 1 m, 以利于水平井的一次钻进、准确连通。

#### 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] 刘志强, 胡汉月, 史兵言, 等. 煤层气多分支水平井技术探讨[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2011, 38(6): 6-9.