

东庞煤矿 DB2 - E5 井侧钻水平钻进技术

李光宏

(河北省地矿局第九地质大队,河北 邢台 054000)

摘要:DB2 - E5 井是冀中能源公司东庞煤矿奥陶系灰岩注浆钻探工程的第一口侧钻水平注浆井。分析了该井的钻进难点,给出了井身结构设计和分支井设计轨迹等,详细介绍了该井实钻技术措施及所采用的钻具组合和钻进参数。该井的成功,对东庞煤矿奥陶系灰岩注浆防水、治水及降低钻井成本具有重要意义。

关键词:侧钻;定向井;水平井;井身结构;钻井参数;钻具组合;注浆;东庞煤矿

中图分类号:P634.7 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2018)07-0052-04

Sidetracking Horizontal Drilling Technology in Well DB2 - E5 of Dongpang Coal Mine/LI Guang-hong (9th Geological Brigade, Hebei Bureau of Geology and Mineral Resources Exploration, Xingtai Hebei 054000, China)

Abstract: DB2 - E5 is the first sidetracking horizontal well for grouting in Dongpang. This paper analyzes the drilling difficulties, presents the well structure design and branch well design trajectory and introduces the real drilling technical measures and DHA as well as drilling parameters in detail. The successful completion of this well is of great significance for Ordovician grouting, waterproofing, water control and drilling cost reduction.

Key words: sidetracking; directional well; horizontal well; well structure; drilling parameters; BHA; grouting; Dongpang coal mine

随钻测量技术和螺杆钻具受控定向钻探技术在地质钻探,石油、页岩气钻探等领域中应用较为广泛,然而在煤矿注浆防水治水钻探施工中应用不太普遍。在冀中能源股份有限公司东庞煤矿北井 9400 采区奥灰含水层区域注浆改造一期工程钻探工程 DB2 - E5 井施工中,针对煤田钻探多为复杂地层,孔壁稳定性差,对钻具组合、泥浆性能要求高的特点,我们采用无线随钻测量技术和螺杆钻具组合,按照设计轨迹定向侧钻、水平钻进达到了预期的要求。

1 工程概况

DB2 - E5 井是 DB2 井中第一个侧钻再水平钻进的分支井。该分支井设计目的是充分利用主孔,通过在 9 号煤下奥灰岩中施工分支井,尽可能的增大奥灰含水层里的注浆面积,达到更好的区域治理效果。

井田内绝大部分被第四系掩盖,仅在井田西部边缘有基岩出露。地层自上而下有第四系,三叠系中统二马营组、下统和尚沟组、刘家沟组,二叠系上

统石千峰组、上石盒子组,二叠系下统下石盒子组、山西组,石炭系上统太原组,石炭系中统本溪组,奥陶系中统峰峰组、磁县组、马家沟组。

井田内断裂、褶皱、陷落柱均有,以断裂构造发育为主,且以张及张扭性断裂为主,整个井田显示了略具波状起伏的复杂断块构造特征。

DB2 - E5 井孔施工区域受北 F7'、北 F8',北 F9、F17、北 F13 等断层影响。

DB2 - E5 分支孔为裸孔段,裸孔孔径 152.4 mm,施工层位为奥灰顶界面以下 40 m,单孔设计工程量 1132.98 m,顺地层倾向施工,全段造斜率为 0 ~ 11.87°/30 m。为此制定了无线随钻测量定向钻进技术方案。

2 控制点坐标设计

E5 孔侧钻点坐标为: $X = 4123535.2700, Y = 38538474.9700, Z = -406.97$ 。

E5 孔着陆点坐标为: $X = 4123588.0000, Y = 38538575.0000, Z = -471.58$ 。

控制点 E5 - 1 坐标为: $X = 4123870.0632, Y =$

38538806.4931, $Z = -495.92$ 。

控制点 E5-2 坐标为: $X = 4124013.7598, Y = 38539076.7470, Z = -525.40$ 。

靶点 E5-3 坐标为: $X = 4124224.0227, Y = 38539472.1940, Z = -569.85$ 。

3 钻探施工技术方案

3.1 主要钻探设备

TSJ3000 型钻机, F-1300 型泥浆泵, 5LZ120 型螺杆钻具(2 套), SDYQ-48 型无线随钻测斜仪器(2 套), ZGWS-2200/3P 型振动筛(2 台套), ZCS250×2 型除砂器, ZCN120×10 型除泥器。

3.2 钻井工艺及主要钻具

E5 分支井采用螺杆钻具复合定向钻进施工。钻具组合为 $\varnothing 152.4$ mm 钻头 + $\varnothing 121$ mm 单弯螺杆 + MWD 短节 + $\varnothing 121$ mm 无磁钻铤 + $\varnothing 127$ mm 加重钻杆 + $\varnothing 127$ mm 钻杆。

3.3 钻井结构设计

DB2 主井设计一开采用 $\varnothing 445$ mm 钻头开孔进入基岩层段 10 m, 下入 $\varnothing 339.7$ mm×9.65 mm 石油套管, 用水泥做永久性固管; 二开采用 $\varnothing 311$ mm 钻头开孔施工至 2 号煤采空区下 20 m, 下入 $\varnothing 244.5$ mm×8.89 mm 石油套管, 用水泥做永久性固管; 三开进入造斜段, 采用 $\varnothing 215.9$ mm 钻头依据 DB2 孔造斜段轨迹控制点设计施工至奥灰岩顶界面以下 2 m, 下入 $\varnothing 177.8$ mm×8.05 mm 石油套管, 用水泥做永久性固管; 四开采用 $\varnothing 152.4$ mm 钻头, 进入奥灰岩顶面下着陆点后依据 E5 分支井侧钻控制点裸孔钻进。

3.4 E5 分支井设计轨迹(见图 1、图 2)

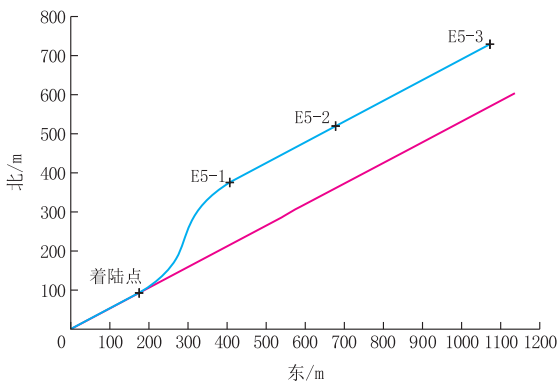


图 1 DB2-E5 分支孔水平剖面示意图

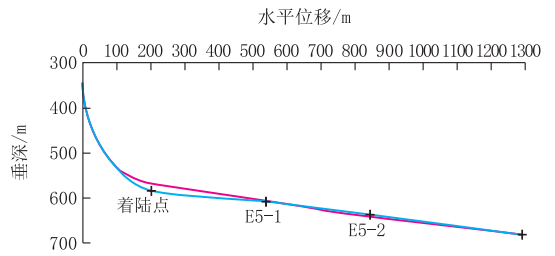


图 2 DB2-E5 分支孔垂直剖面示意图

4 无线随钻测量定向钻进施工工艺及技术保障措施

4.1 螺杆钻具规格及性能参数

螺杆钻具规格: 5LZ120 型螺杆钻具, 弯壳体角度有 1.25° 和 1.5° 两种。

螺杆钻具性能参数: 排量 694~1388 L/min, 转速 140~278 r/min, 工作压力降 3.2 MPa, 输出扭矩 2160 N·m, 最大压力降 4.52 MPa, 最大扭矩 2869 N·m, 工作压力 49 kN, 最大钻压 100 kN, 输出功率 71 kW。

4.2 无线随钻测量

SDYQ-48 型无线随钻测斜仪是一种正脉冲、下置坐键、小直径、可打捞的钻井定向仪器。仪器由地面设备和井下测量仪器两部分组成。

地面设备包括: 压力传感器、司钻显示器、地面主机、信号分离器、便携式计算机及相关连接电缆。

井下测量仪器主要包括: 定向探管、脉冲发生器、定向坐键短节、井下电池模块、扶正器。

其主要技术指标如下。

井斜角: 测量范围 $0^\circ \sim 180^\circ$; 测量精度 $\pm 0.15^\circ$; 传输分辨率 0.088° 。

方位角: 测量范围 $0^\circ \sim 360^\circ$; 测量精度 $\pm 0.15^\circ$; 传输分辨率 0.088° 。

磁性工具面(MTF): 测量范围 $0^\circ \sim 360^\circ$; 测量精度 $\pm 1.0^\circ$; 传输分辨率 2.8° 。

高边工具面(HTF): 测量范围 $0^\circ \sim 360^\circ$; 测量精度 $\pm 1.0^\circ$; 传输分辨率 2.8° 。

磁性工具面(MTF)/高边工具面(HTF)转换角度: 5° 。

工具面刷新时间: 14 s。

适应的最大井眼曲率: $(12^\circ \sim 28^\circ)/30$ m。

长测量: 停泵 → 等待 2 min → 开泵 → 数据传输; 数据传输时间为 168 s。

脉冲方式: 正脉冲。

电池寿命:150~200 h。

测点位置:距脉冲发生器上端 5.70 或 3.50 m 处。

4.3 施工工艺

E5 分支井采用 $\varnothing 152.4$ mm 钻头 + $\varnothing 121$ mm 单弯螺杆 + MWD 短节 + $\varnothing 121$ mm 无磁钻铤 + $\varnothing 127$ mm 加重钻杆 + $\varnothing 127$ mm 钻杆组合以复合钻进为主,根据复合增斜情况及时反扣井斜,保证轨迹在靶盒内平稳运行。

钻井参数:钻压 20~180 kN,排量 12~14 L/s,泵压 16~23 MPa。

冲洗液配比:0.1%~0.2% 包被剂 + 0.5%~1% 防塌减阻剂 + 1%~2% 润滑剂 + 0.2%~0.4% 增粘剂;冲洗液性能指标:漏斗粘度 18~40 s,密度 1.01~1.10 g/cm³,pH 值 7~9。

4.4 施工难点

(1)水平段长达 1264 m,摩阻大,提下钻具困难,岩粉携带困难,易造成卡钻、埋钻事故。

(2)由于注浆封水,需要反复扫孔,控制点位置要求苛刻,钻孔轨迹控制难度大。

(3)钻井液性能选择范围小,容易出现井塌。

(4)断层位置穿过施工难度大。

(5)本分支井地层构造复杂,存在多个断层,在钻进过程中频繁提下钻易扰动井壁,使井壁失稳坍塌。

4.5 侧钻施工技术保证措施

(1)水泥固井需采用高标号水泥,固井水泥浆密度最低为 1.85 g/cm³,候凝时间在 48 h 以上。确保水泥封固井段侧钻点上 50 m 至侧钻点下 70 m 为有效封固。

(2)候凝时间充分后,下钻探水泥塞面。开泵扫除顶部混浆后,停泵,探塞面。做承压实验,水泥塞能够承受实际钻压 80~100 kN(除去摩阻)无实际进尺时,说明水泥硬度达到侧钻需求。

(3)侧钻时,摆好工具面后,上下活动钻具拉槽 1 h;第一米控时 4 h,后面的每米控时 3 h,直到侧钻出去后,方可加压正常钻进。

(4)接单根时,不能转动钻盘。单根放到底部后,方可开泵。防止提前开泵破坏上部侧壁的支撑水泥,加大侧钻施工难度,造成侧钻失败。

(5)实钻轨迹尽量圆滑,控制好“狗腿”度,保证井下安全,为后期工作打好基础。

(6)侧钻过程中要求操作人员必须是正司钻,要按要求按时、控时操作,送钻均匀,在侧钻中非正常情况下严禁上提钻具,或擅自转动转盘,以免造成台阶冲突,致使侧钻难度增大。如果急需上提钻具,要求做好标记后才能上提。

4.6 水平钻进施工技术保证措施

(1)配动力钻具和 MWD 仪器和伽马时,定向井工程师必须检查各工具上扣力矩,要求达到推荐力矩方可入井。

(2)每次起下钻,必须要仔细检查钻具,如有问题要立即更换,不能再次下井,钻进中如发生扭矩、悬重、泵压等钻井参数异常变化时,要立即起钻检查,确认正常后方可继续钻进。

(3)由于使用 MWD 仪器和伽马,泥浆泵的上水一定要平稳,排量要满足马达要求,空气包压力一定要达到循环压力的三分之一,确保仪器工作正常。

(4)固控设备正常运转,钻井液性能符合设计要求。泥浆处理达到四级净化。

(5)钻具入井前必须探伤检查,合格后方可入井。

(6)钻井液润滑净化要有保证,泥浆应该根据施工需要混油及时加入润滑剂,保证全井滑动钻井的需要。

(7)施工期间要求专人扶钻,本着少放、勤放的原则,保证工具面的连续稳定,确保造斜率的正常发挥。同时,保证井下作业安全。

(8)MWD 测斜期间做好防卡工作,缩短钻具静止时间,二次测量时,要活动钻具,确保井下安全。具体按照仪器测量工程师安排操作。

(9)井队如需改变钻进参数,如排量、柴油机转速等必须得到定向井人员的确认。

(10)此井为小井眼深井,各项技术难度要求较高,所以施工期间要密切注意与井队及其它协作方的技术沟通和交流,创造良好的施工氛围。

5 施工情况及效果

5.1 施工过程

DB2-E5 分支于 2018 年 3 月 14 日开始,采用 $\varnothing 152.4$ mm PDC 钻头 + $1.5^\circ \times \varnothing 121$ mm 螺杆钻具,自孔深 545.85 m 开始侧钻施工,钻进过程中采用 MWD(伽马)无线随钻测斜仪检测井斜、方位角变化情况,确保靶点符合设计要求。2018 年 3 月 26

日钻进至 1493.35 m 漏失,顶漏钻进至 1506.34 m,进行注浆,扫水泥结束后,于 2018 年 4 月 8 日继续采用 1.5° 螺杆钻具钻进,2018 年 4 月 8 日钻进至 1519.01 m 漏失,顶漏钻进至 1528.59 m,实施注浆,扫水泥结束后,于 2018 年 4 月 18 日改用 1.25° 螺杆钻进,于 2018 年 4 月 18 日钻进至 1608.70 m 发生漏失,顶漏钻进至 1634.05 m,实施注浆,扫水泥结束后,于 2018 年 4 月 27 日钻进至 1643.65 m 发生漏失,顶漏钻进至 1662.81 m,实施注浆,扫水泥结束后,于 5 月 4 日钻进至本分支孔 E5 - 3 控制

点,孔深 1810.60 m,终孔,完成定向钻进工作量 1264.75 m。当日提钻抽水,至水清沙净后,注浆封孔,候凝 72 h 至 5 月 10 日,至此,DB2 - E5 分支竣工。

5.2 DB2 - E5 分支井设计与实钻关键控制点对比
由于该分支井地层构造复杂,存在多个断层,注浆治理奥灰含水层过程,需要反复注浆扫孔,分支井钻井轨迹控制点要求特别苛刻。

E5 分支井实钻控制点与设计控制点对比见表 1、图 3。

表 1 DB2 - E5 分支井设计与实钻关键控制点对比

控制点编号	X	Y	Z	孔口标高/ m	垂深/ m	奥灰顶界 面标高/m	进入奥灰 深度/m	坐标误差/m			垂深误差/ m	
								南北	东西	总		
侧钻点	设计	4123537.40	38538475.88	-404.50	+111.84	516.34			0.31	0.58	0.66	0.54
	实钻	4123537.71	38538476.46	-405.04		516.88						
着陆点	设计	4123588.00	38538575.00	-471.58	+111.84	583.42	40.00		-0.20	-0.53	0.57	0.00
	实钻	4123587.80	38538574.47	-471.58		583.42	40.57					
E5 - 1	设计	4123870.06	38538806.49	-495.92	+111.84	607.76	40.00		-0.30	0.13	0.33	-0.29
	实钻	4123869.76	38538806.62	-496.21		608.05	39.81					
E5 - 2	设计	4124013.76	38539076.75	-525.40	+111.84	637.24	46.22		-0.21	-0.01	0.21	-0.16
	实钻	4124013.55	38539076.74	-525.56		637.40	46.06					
E5 - 3	设计	4124224.02	38539472.19	-569.85	+111.84	681.69	40.00		0.95	-0.46	1.06	0.44
	实钻	4124224.97	38539471.73	-569.41		681.25	40.44					

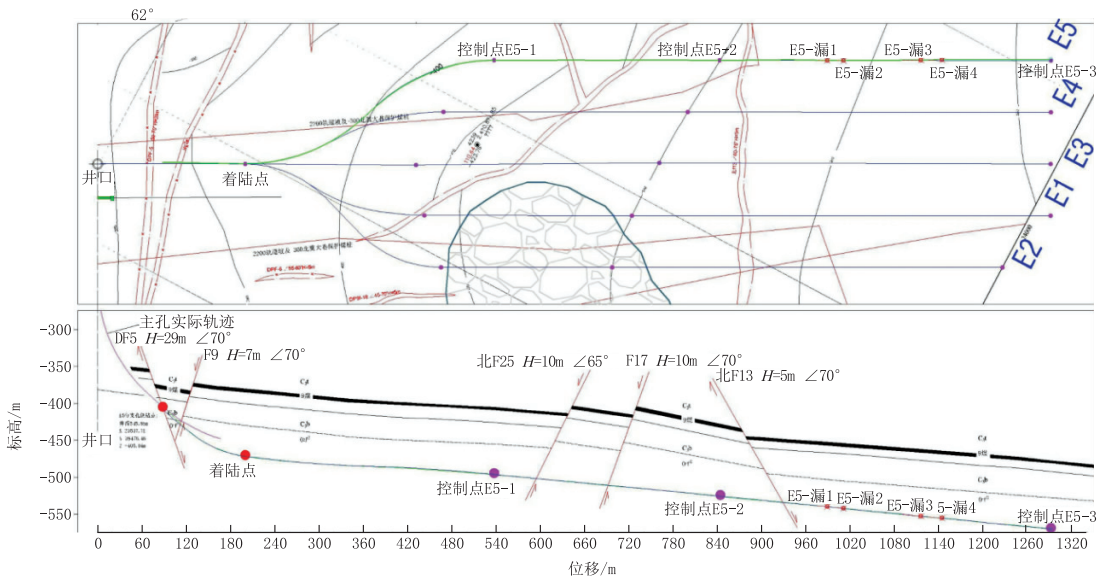


图 3 DB2 - E5 分支井设计与实钻关键控制点对比

6 结论和建议

(1)本分支井为注浆井,每次注浆结束后需要马上组织扫孔,但由于分支井设计水垂比过大,后期摩擦阻大、托压严重,加杆困难,清水扫塞卡钻埋钻风险

增加,钻进、扫水泥过程中的井眼轨迹控制是需解决的主要问题。建议优化注浆设计、优化扫塞工艺、加大泥浆性能管控。

(2)由于该治理区域为首次治理,频繁变更施工
(下转第 69 页)