

# 保德区块煤层气丛式井快速钻井技术研究

毛志新<sup>1,2</sup>

(1. 中国石油大学, 北京 102249; 2. 中联煤层气国家工程研究中心有限责任公司钻井完井所, 北京 100095)

**摘要:** 保德区块位于鄂尔多斯盆地东缘, 构造位置属于晋西褶皱带北段。该区块地层岩性以泥岩和砂岩为主, 岩石硬度高, 可钻性较差, 钻井速度慢。由于煤层气开发具有低产多井的特点, 随着保德区块大规模产能建设启动, 对钻井进度提出了很高的要求, 因此需要研究丛式井快速钻井技术。依据保德区块的地层条件, 分析测井资料, 从钻头选型、钻具组合、钻井液性能和施工工艺几个方面出发, 研究保德区块快速钻井技术。通过理论研究和现场试验, 提出了一套适合保德区块丛式井施工的钻井工艺技术, 为保德区块煤层气大规模开发奠定良好的技术基础。

**关键词:** 保德区块; 煤层气; 丛式井; 钻头选型; 钻具组合; 钻井工艺

**中图分类号:** TE243 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2012)02-0012-03

**Research on Faster Drilling Technology of Coal-bed Methane Cluster Wells/MAO Zhi-xin<sup>1,2</sup>** (1. China University of Petroleum, Beijing 102249, China; 2. China United Coalbed Methane National Engineering Research Center, Beijing 100095, China)

**Abstract:** Baode block is located in the north part of east Ordos basin and geotectonic location is at the north section of folded zone in west Shanxi. Through the analysis on former drilling data, the lithology of the formation in Baode block is mainly composed of mudstone and sandstone with high hardness, bad drillability and low drilling speed. As the development of coal-bed methane is characterized by low production and abundant wells and with the startup of large-scale production construction in Baode block, drilling speed plays a very important role and the research on fast drilling technology for coal-bed methane cluster wells is required. According to the geological conditions, on the basis of the existing drilling and logging data, the fast drilling technologies were studied in bit selection, bottom hole assembly optimization, drilling fluid property and construction technology. Through theoretical research and on-site experiment, a set of drilling technologies for cluster wells in Baode block has been put forward, which laid technical foundation for large-scale coal-bed methane production in this area.

**Key words:** Baode block; coal-bed methane; cluster wells; bit selection; bottomhole assembly; drilling technology

保德区块位于鄂尔多斯盆地东缘北部, 在构造位置上属于晋西褶皱带北段。区域地层与鄂尔多斯盆地及华北地台其他成煤盆地基本一致。保德区块是中石油煤层气勘探和开发的主力区块, 属于我国第一个已探明的大型中低阶煤层气田。由于煤层气具有低压、低渗和低饱和度的特征, 决定了其单井产量低、井距小、井网密, 钻井工作量大, 加上保德区块的地形条件属于黄土高原, 适合采用丛式井进行煤层气的开发。随着保德区块的规模上产, 每年钻井工作量有几百口, 这对钻井进度提出了很高的要求。通过对已往钻井资料的分析和总结, 保德区块地层岩性以泥岩和砂岩为主, 可钻性较差、硬度高, 钻井速度慢。因此, 有必要针对保德区块的地质条件, 开展丛式井快速钻井技术研究。本文将从钻头选型、

钻具组合、钻井液性能和施工工艺等方面展开研究, 提出一整套适合保德区块的丛式井快速钻井技术。

## 1 概况

### 1.1 地质概况

钻遇地层从上到下依次为第四系黄土层、刘家沟组、石盒子组、山西组、太原组、本溪组和马家沟组。主要目的煤层为山西组的4+5号煤和太原组的8+9号煤。

### 1.2 工程概况

(1) 井身结构: 二开井。一开  $\varnothing 311.1$  mm 钻头 +  $\varnothing 244.5$  mm 表套; 二开  $\varnothing 215.9$  mm 钻头 +  $\varnothing 139.7$  mm 生产套管;

(2) 井身剖面: 采用“直-增-稳”三段制剖面,

收稿日期: 2012-01-19

基金项目: 国家科技重大专项项目 37“煤层气井完井技术及设备”课题 1(2011ZX05037-001) 资助

作者简介: 毛志新(1979-), 男(汉族), 浙江衢州人, 中国石油大学(北京)博士后流动站博士后, 中联煤层气国家工程研究中心有限责任公司钻井完井所工程师, 钻井工程专业, 博士, 从事煤层气定向井和水平井研究工作, 北京市海淀区中关村环保科技园区地锦路7号院1号楼, mzhixin@163.com。

造斜率 $4.5^\circ/\text{m}$ ;

(3)最大井斜角:根据保德区块后续排采要求,控制最大井斜角在 $35^\circ$ 之内;

(4)完井方式:套管固井。

## 2 钻头优选

### 2.1 岩石强度分析

为优选保德区块的钻头,从现场采取了保1井、保6井和保11井3口井有代表性的8块岩样,在实验室进行了岩石力学测试分析,分析结果如表1所示。

表1 保德区块岩石力学分析结果统计

样品编号	井号	岩性	三轴力学数据				单轴抗压强度/MPa
			弹性模量/GPa	泊松比	纵向抗压强度/MPa	侧向应力/MPa	
保1-1	保1井	砂岩	17.56	0.20	77.7	4	40.14
保1-2	保1井	砂岩	18.76	0.25	99.91	4	71.96
保6-1	保6井	砂岩	21.89	0.26	133.66	4	89.5
保6-2-2	保6井	砂岩	7.2	0.30	35.82	4	28.42
保6-2-6	保6井	砂岩	8.75	0.25	43.52	4	25.74
保6-3	保6井	泥岩	35.6	0.30	77	4	35.89
保11-1	保11井	砂岩	16.16	0.27	64.46	4	30.92
保11-3	保11井	砂岩	14.89	0.19	98.95	4	58.03

由此可见,保德区块岩石的单轴抗压强度为 $25.74 \sim 89.5 \text{ MPa}$ ,平均为 $47.6 \text{ MPa}$ ,属于软~中硬地层。

### 2.2 测井曲线分析岩石强度

试验与研究表明,测井资料可较好地体现岩石的物理机械力学特性,地层的横波时差反映了地层的剪切变形特性,地层的纵波时差反映了地层的拉伸和压缩变形特性及强度特性,因此岩石的纵横波时差必然能反映出岩石的力学特性,由估算纵横波时差的散射模型理论知:岩石的纵波时差和泥质含量(与自然伽马值有关)是影响岩石横波时差最主要、最直接的因素。

钻头可钻性与纵波时差有显著的线性关系,与自然伽马值没有明显的线性关系。为了便于分析,共收集了保德区块6口典型井的测井曲线:保1-08、保2-08、保3-04、保4-04、保5-01和保6-06,并对这些井的测井声波时差进行了统计(见表2)。

从保德区块的声波时差数据可以看出,保德区块的地层以软~中硬为主。

### 2.3 钻头选型

对软~中硬地层,PDC钻头具有明显优于牙轮钻头的钻进效果,而且使用螺杆动力钻具,充分发挥螺杆转速高的优点,可以取得较高机械钻速。保德

表2 声波时差统计  $(\mu\text{s} \cdot \text{ft}^{-1})$

井号	最大	最小	平均
保1-08	511.5	155.1	270.4
保2-08	444.2	154.7	271.5
保3-04	425.2	142.7	268.2
保4-04	425.9	154.8	274.4
保5-01	443.2	164.2	271.7
保6-06	434.6	152.5	286.9

区块地层属于软~中硬地层,可以优选刀翼数量为5的PDC钻头。

## 3 钻具组合优选

保德区块以丛式井居多,合理的钻具组合可以确保快速钻进和井身质量。钻具组合优选指导思想:保德区块地层泥岩和砂岩互层,如果使用常规钻具组合的话,方位和井斜漂移比较大,因此要求全井段使用螺杆+PDC钻头复合钻井技术。复合钻井技术可使井下动力钻具的优点得到更好的发挥,可以提高机械钻速,缩短钻井周期,降低钻井成本,是一种高效经济的钻井方式。

### 3.1 一开钻具组合优选

#### 3.1.1 常规钻具组合

$\text{Ø}311.1 \text{ mm}$  钻头 +  $\text{Ø}159 \text{ mm}$  无磁钻铤 +  $\text{Ø}159 \text{ mm}$  钻铤 +  $\text{Ø}127 \text{ mm}$  钻杆 + 方钻杆。

#### 3.1.2 优选后的钻具组合

$\text{Ø}311.1 \text{ mm}$  钻头 +  $\text{Ø}172 \text{ mm}$  螺杆钻具 +  $\text{Ø}159 \text{ mm}$  无磁钻铤 +  $\text{Ø}159 \text{ mm}$  钻铤 +  $\text{Ø}127 \text{ mm}$  钻杆 + 方钻杆。

优选钻具的优点:(1)随钻测斜,减少测斜时间;(2)发挥复合钻进优势,提高机械钻速;(3)可以随时根据井斜变化趋势进行纠斜,防止井斜超标,避免使用常规钻具组合时进行纠斜的起下钻时间。

### 3.2 二开钻具组合优选

#### 3.2.1 煤层埋深 $>800 \text{ m}$ 的井

可以使用“四合一”钻具组合: $\text{Ø}215.9 \text{ mm}$  钻头 +  $\text{Ø}172 \text{ mm}$  螺杆钻具 +  $\text{Ø}165 \text{ mm}$  短钻铤 +  $\text{Ø}212 \text{ mm}$  稳定器 +  $\text{Ø}165 \text{ mm}$  无磁钻铤 +  $\text{Ø}159 \text{ mm}$  钻铤 +  $\text{Ø}127 \text{ mm}$  钻杆 + 方钻杆。

优点:(1)造斜段和稳斜段一种钻具组合,减少起下钻时间;(2)由于受稳定器的影响,所以在稳斜段钻进过程中井斜和方位漂移少,井身质量控制好。其缺点是在螺杆后面加了稳定器,造成这种钻具组合的造斜率偏低,一般小于 $0.15^\circ/\text{m}$ ,对于煤层埋深较浅的井不适用。因此,对于煤层埋深浅的井也设计了相应的钻具组合。

### 3.2.2 煤层埋深 < 800 m 的井

造斜段和稳斜段分别选用不同的钻具组合。

(1) 造斜段钻具组合:  $\varnothing 215.9$  mm 钻头 +  $\varnothing 172$  mm 螺杆钻具 +  $\varnothing 165$  mm 无磁钻铤 +  $\varnothing 159$  mm 钻铤 +  $\varnothing 127$  mm 钻杆 + 方钻杆。

(2) 稳斜段钻具组合:  $\varnothing 215.9$  mm 钻头 +  $\varnothing 172$  mm 螺杆钻具 + ( $\varnothing 165$  mm 短钻铤 + )  $\varnothing 212$  mm 稳定器 +  $\varnothing 159$  mm 无磁钻铤 +  $\varnothing 159$  mm 钻铤 +  $\varnothing 127$  mm 钻杆 + 方钻杆。

这种钻具组合方式虽然增加了一趟起下钻,但可减少稳斜钻的滑动钻进,避免“狗腿”度超标,充分发挥复合钻进的优点,现场使用效果相当好。

## 4 钻井液性能及施工工艺

### 4.1 钻井液性能<sup>[4]</sup>

根据保德区块地层条件,提出了一套适合保德区块定向井施工的钻井液体系。

钻井液配方:  $40 \sim 45$  kg/m<sup>3</sup> 钠质土粉 + 0.1% ~ 0.2% NaOH + 0.2% K - PAM + 0.5% HV - CMC。

K - PAM: 聚丙烯酸钾,主要作用是加快岩屑沉淀,兼有降失水和润滑的作用。HV - CMC: 羧甲基纤维素钠,主要作用是增加泥浆粘度,利于携带岩屑,降低滤失量,维持井壁稳定。

性能指标: 粘度  $30 \sim 35$  s, 密度  $1.02 \sim 1.05$  g/cm<sup>3</sup>, 失水量 < 8 mL, 泥饼厚度 < 1.0 mm。

### 4.2 施工工艺

根据优选的钻头和钻具组合,优选了以下施工工艺<sup>[1-6]</sup>。

(1) 为了保证井身质量,要求定向时控制滑动钻进和复合钻进的比例。刚开始定向时可以减少滑动钻进的长度,避免“狗腿”度超标。待造斜率确认后,在满足造斜率的前提下尽可能采用复合钻进。

(2) 在复合钻进时易采用低钻压、低转速,给压稳定,防止憋坏螺杆,根据进尺快慢随时调整钻井参数。

(3) 在遇到研磨性强的或硬的砂泥岩时,降低转速以延长钻头寿命。

(4) 遇到地层变化或夹层时调整转速和钻压以保持最佳的钻头效能。

(5) 使用优质钻井液,振动筛使用时间 100%,控制好固相含量,使用钻杆滤网,延长螺杆的使用寿命。

## 5 实施效果

为了检验优选的钻头和钻具组合、钻井液配方以及施工工艺的使用效果,在保德区块挑选了 5 支钻井队进行研究成果的现场试验。表 3 统计了这 5 支钻井队在使用研究成果前后的机械钻速和钻井周期。通过保德区块 2011 年完钻井的数据统计,平均机械钻速提高了 23.37%,平均完钻周期缩短了 27.1%。现场实施效果表明,研究的丛式井钻井技术可以有效提高机械钻速,缩短钻井周期,可以大规模推广使用。

表 3 机械钻速和钻井周期对比

井号	机械钻速/(m·h <sup>-1</sup> )	钻井周期/d
保 1-19 向 1	10.26	6
保 3-02 向 2	13.90	7
优化前 保 1-09 向 5	22.22	5
保 2-18 向 2	16.36	7
保 5-01 向 4	22.45	4
保 1-01 向 3	20.53	4
保 3-02 向 4	16.83	6
优化后 保 2-06 向 5	29.24	3
保 5-13 向 3	17.94	5
保 4-06 向 2	32.69	3

## 6 结论及建议

(1) 保德区块的地层为软 ~ 中硬地层,通过钻头选型研究,认为 PDC 钻头适合保德区块地层;

(2) 现场试验表明,螺杆 + PDC 复合钻井技术是适合保德区块的一种钻井技术,应该大力推广使用;

(3) 同时要督促钻井队做好泥浆体系的优化和维护工作,控制泥浆固相含量,延长螺杆使用寿命,充分发挥复合钻进的优点;

(4) 鉴于目前各钻井队使用的钻头质量参差不齐,建议由甲方指定钻头厂商,统一规范各个钻井队的钻头。

## 参考文献:

- [1] 路学忠,等. 定向井(丛式井)的设计与施工技术要点[J]. 探矿工程, 2001, (S1).
- [2] 王西民. 煤层气丛式井钻进工艺[J]. 煤炭技术, 2009, (2).
- [3] 李培佳,冯志明,李红,等. 浅层丛式井钻井工艺[J]. 钻采工艺, 2004, (2).
- [4] 毛志新,杨峰,鲜保安. 保德区块煤层气定向井黏附卡钻的分析与预防[J]. 石油钻采工艺, 2011, 33(3).
- [5] 张富成,王卫忠,扈东勇,等. 苏里格气田丛式井钻井技术及应用[J]. 石油钻采工艺, 2009, 31(4).
- [6] 周健,王卫忠,赵润琦. 苏里格气田苏 14 区块丛式井钻井技术[J]. 石油天然气学报(江汉石油学院学报), 2009, 31(1).