

沁南潘河煤层气田空气钻井和固井技术

孙建平 张健 王建中

中联煤层气有限责任公司

孙建平等. 沁南潘河煤层气田空气钻井和固井技术. 天然气工业, 2011, 31(5): 24-27.

摘要 沁水盆地南部潘庄区块位于沁水盆地东南缘, 该区总体为单斜构造, 倾向西北, 煤层稳定、埋藏浅且渗透性较好, 大量区域地质调查资料和煤田勘探成果表明, 区内断层稀少, 以发育次级褶皱为主。该区钻井类型主要为钻井液钻井(煤层段清水钻进)和空气钻井。通过对比分析空气钻井、水钻井井身质量与时效平均值可知: ①空气钻井在井身质量方面略优于水钻井, 但相差不大, 均达到设计及规范要求; ②空气钻井在时效方面比水钻井效率高, 其机械钻速是水钻井机械钻速的3倍多, 因此, 空气钻井周期短, 综合经济效益较好。而微珠低密度固井技术采用优质微珠为减轻材料, 水泥浆密度为 1.60 g/cm^3 , 抗压强度在 15 MPa 以上, 满足了在确保固井强度的基础上减轻水泥浆正压差对储层污染的要求。采用上述技术使潘河煤层气田示范工程固井合格率达到 100% , 其中优良率为 84% 。

关键词 沁水盆地 南部 潘河煤层气田 空气钻井 固井 合格率 优良率

DOI: 10.3787/j.issn.1000-0976.2011.05.006

沁水盆地南部(以下简称沁南)潘庄区块位于沁水盆地东南缘, 该区总体为单斜构造, 倾向西北, 煤层稳定、埋藏浅且渗透性较好。大量区域地质调查资料和煤田勘探表明^[1-2], 区内断层稀少, 以发育次级褶皱为主。

针对该区地质构造特点, 钻井采用 T685WS、T130XD 顶驱车载钻机、THZ-2000 钻机、ZJ20/1350DB 钻机等。钻井类型有两种: 钻井液钻井(煤层段清水钻进)和空气钻井。其中, 采用 T685WS、T130XD 顶驱车载钻机钻井因对煤层污染小、钻井效率高、成本低, 克服了丘陵地区设备搬迁困难等问题, 非常适合煤层气井的开发, 潘河煤层气田是国内首次大规模采用空气钻井的煤层气田。

固井质量的好坏直接关系到井的寿命和后续作业能否顺利地进行^[3]。沁南潘河示范工程项目采用微珠低密度固井技术, 合格率达到 100% , 其中优良率为 84% , 很好地完成了固井任务。

1 示范区钻井工艺

潘河示范工程主要采用空气(空气泡沫)、清水、无

固相聚合物作为钻井循环介质钻煤层气井, 实现欠平衡和近平衡钻井, 以利于防止对煤储层造成污染。

1.1 空气、空气泡沫钻井

空气、空气泡沫钻井是以空气或空气泡沫作为循环介质, 采用潜孔锤冲击钻进工艺技术进行钻井^[4-5], 其工艺流程如图1所示。在潘河示范工程采用空气、空气泡沫钻井数约占总井数的 60% 。

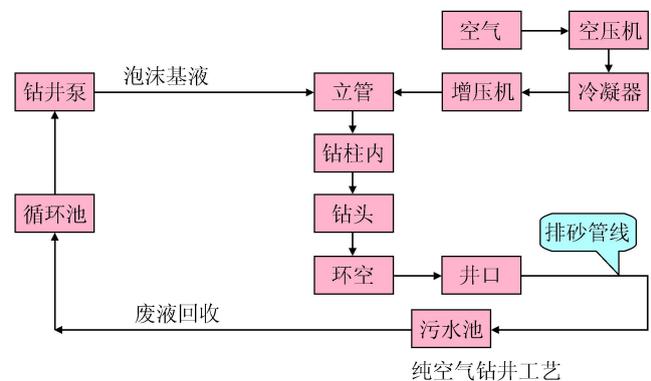


图1 空气、空气泡沫钻井工艺流程图

基金项目 国家发展和改革委员会国家高技术发展专项“沁南煤层气开发利用高技术产业化示范工程”(编号: 高技[2004] 2395)。

作者简介 孙建平, 1971年生, 高级工程师, 长期从事煤层气钻井工程研究工作。地址: (100011)北京市东城区安外大街甲88号。电话: (010)64298883。E-mail: sunjp@chinaacbm.com

1.2 清水钻井

为了有效保护煤层不被污染,提高钻进效率,在潘河示范工程也采用了以清水作为循环介质进行多口煤层气井的钻井施工,循环介质性能见表1(以PH73-04井为例)。

1.3 其他钻井液组合方式钻井

1.3.1 空气、空气泡沫+清水

示范区内部分井在出水点以上地层利用高压空气和泡沫剂作为循环介质,有效提高了钻进效率。随着井内出水量不断增大,采用清水作为循环介质钻进,圆满完成了施工任务。

1.3.2 空气、空气泡沫+无固相聚合物

采用空气钻进和常规钻进技术相结合,利用高压空气、泡沫剂和无固相聚合物作为循环介质,在钻进过

程中根据不同地层和要求选用合理的循环介质施工,有效地保护了煤层不被污染,并提高了钻进效率。

1.3.3 无固相聚合物+清水

采用常规钻进技术,利用无固相聚合物与清水作为循环介质钻进施工。第一次开钻钻井采用聚合物钻井液,抑制了上部流沙及卵石层坍塌掉块,保证了第一次开钻钻井的顺利进行;第二次开钻采用清水钻井液,用于非煤系地层及煤系地层钻进,防止了煤系地层的污染。循环介质性能见表2(以PH1-002井为例)。

1.3.4 空气、空气泡沫+无固相聚合物+清水

采用空气钻进和常规钻进技术相结合,使用空气、无固相聚合物和清水作为循环介质钻进施工。煤层段采用清水作为循环介质,有效保护煤层不被污染。循环介质性能见表3(以PH74-08井为例)。

表1 清水钻井钻井循环介质性能表

开钻程序	井段/m	钻井液	密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	条件黏度/s	含砂量	pH值
第一次开钻	0~40.1	清水	1.01	26	0.1%~0.5%	7
第二次开钻	40.1~496.0	清水	1.01~1.03	26~29	0.1%~0.3%	7

表2 常规钻进技术钻井循环介质性能表

开钻程序	井段/m	钻井液	密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	条件黏度/s	含砂量	pH值
第一次开钻	0~36.0	聚合物	1.06~1.10	42	0.1%	8
第二次开钻	36.0~369.0	清水	1.01~1.02	26	0.1%	7
	369.0~498.0	清水	1.01	26	0.1%	7

表3 空气钻进和常规钻进技术结合钻井循环介质性能表

开钻程序	井段/m	钻井液	密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	条件黏度/s	含砂量	pH值
第一次开钻	0~32.0	空气	/	/	/	/
第二次开钻	32.0~349.1	聚合物	1.07~1.08	19~20	0.1%	8
	349.1~453.0	清水	1.01~1.03	16~17	0.1%	8

2 井身质量与时效分析

从空气钻井与水钻井身质量与时效平均值对比(表4)分析可知:①在井身质量方面,空气钻井比水钻要稍好一些,但相差不大,均达到设计及规范要求;②在时效方面,空气钻井比水钻效率要高得多,空气钻井机械钻速是水钻机械钻速的3倍多,空气钻井周期短,综合经济效益高。

3 气测录井

气测录井能够有效监测煤层气及其含气层,具有随钻连续测量、连续作业、自动记录、连续分析所含气体含量及组分的特点,不受电性、岩性、物性及井温等多因素的影响^[6]。根据PH1-009井气测录井结果,主要得到以下结论:

1)气异常显示分析:综合分析录井资料,该井在

表4 空气钻井、水钻井井身质量与时效平均值对比表

钻井工艺	完钻 深度/m	钻井 周期/d	完井 周期/d	建井 周期/d	机械钻速/ $m \cdot h^{-1}$	钻井月速/ $m \cdot 台月^{-1}$	最大 井斜	最大全角 变化率	井底水平 位移/m	全井井眼 扩大率	煤层井径 扩大率
空气钻井	464.89	3.92	11.36	12.06	15.55	1 495.66	1.54°	0.47°/25 m	5.587	2.91%	6.10%
水钻井	475.79	11.63	16.56	19.95	5.06	1 004.47	1.81°	0.63°/25 m	6.140	6.39%	6.09%

51.00~182.00 m 含微量烃类气体,全烃最大值为 0.31%,主要成分为 CH_4 ,占烃组分的 100%;183.00 m 见气异常显示。钻进至煤系地层之后,各煤层(煤线)都有气测异常显示,其中 3 号目的层、15 号目的层气测异常显示较好,为煤层气气层。3 号目的层顶板基本不含气,底板泥岩中含有烃类气体,全烃最大值为 5.69%,主要成分 CH_4 ,占烃组分的 100%;15 号目的层顶板基本不含气,底板泥岩中含有烃类气体,全烃最大值为 14.58%,主要成分 CH_4 ,占烃组分的 100%。

2)气层评价:气测录井测定煤层气层 2 层,贫气层 19 层(砂体含气层、灰岩及黑色泥岩含气层)。下二叠统山西组 251.17~257.09 m 煤层段(3[#]煤层)气异常显示明显,具有一定厚度(5.84 m),可钻性好,具有可采性,为该井主要煤层气层之一。上石炭统太原组 341.33~344.12 m 煤层段(15[#]煤层)气异常显示明显,煤层厚度为 2.72 m,可钻性好,具有可采性,也是该井主要煤层气层。

4 微珠低密度固井

4.1 表层套管固井

表层套管固井采用 425[#]水泥,水泥浆平均密度为 $1.75 g/cm^3$ 。

4.2 生产套管固井

为减少水泥浆正压差对产层的污染,保证水泥环的强度,要求水泥浆密度控制在 $1.60 g/cm^3 \pm 0.05 g/cm^3$,抗压强度达到 12 MPa 以上(38 °C,常压,48 h 养护),同时控制水泥浆失水在 150 mL 以下(38 °C,7 MPa)。实验表明,水泥浆密度低于 $1.50 g/cm^3$,后期强度必然偏低,且失水难以控制,同时加入大量外加剂不仅增加了成本,滤液更加大了对产层的污染。

本项目采用 G 级(高抗)油井水泥,减轻材料为优质微珠。水泥浆配方如下:G 级水泥+100%微珠+水 120%+减阻剂 ws 0.3%+低温降失水剂 TW200s 1.5%。速凝剂采用 $CaCl_2$,水泥浆密度 $1.60 g/cm^3$,抗压强度 15 MPa 以上(38 °C,常压,48 h 养护),稠化时间小于 100 min/40 °C·10 MPa,失水 120 mL/常温·7 MPa。

4.3 固井质量分析

空气钻后期由于地层出水,往往采用泡沫钻进,需要加入大量有机物类稳泡剂^[7]。稳泡剂吸附在井壁四周,与细小岩屑形成虚假滤饼,简单的循环洗井很难去除,泥饼与水泥浆不兼容,使井壁与水泥胶结强度不够,导致测井声幅值偏高,平均为 15%~20%,一度使项目初期固井质量陷入困境。

对比分析发现,加入稳泡剂的井在完钻后必须带三牙轮钻头划眼、通井,对井底到煤层以上 100 m 要反复划眼通井,以确保清除稳泡剂,固井质量从此明显好转,声幅值平均都在 5%左右,优质率明显提高。

煤层易碎、易垮是煤层气钻井的关键难题,也是影响固井质量的最大因素。从潘庄地区的固井实践发现,规则的井眼是保证固井质量的关键。测井数据显示,有的煤顶井径达 470 mm,大井眼边缘的钻井液无法被水泥浆有效顶替,同时在水泥浆候凝阶段,钻井液与水泥浆发生置换,水泥浆被钻井液稀释,钻井液密度($1.03 g/cm^3$)比水泥浆($1.60 g/cm^3$)低,钻井液具有上窜的趋势。以煤顶平均井径数值 380 mm 为例,环空容积是正常井段的 4 倍以上,极易导致“大肚子”井段及附近井段水泥浆遭到稀释、破坏,造成第一界面声幅值偏高、第二界面胶结不好。同时,井壁的不稳定还增加了固井施工的风险。

潘庄地区漏失井属于压差型渗漏,漏失位置一般在 200 m 以上,此类漏失不会影响水泥返高,固完井 8 h 后漏失层水泥浆已经终凝,漏失层已被堵住,应及时从环空灌浆。对于少数下部漏失的井,采用了加大水泥浆附加量的方法。水泥浆是最好的堵漏剂,在施工过程中降低注水泥塞及替浆的排量(控制在 $0.4 \sim 0.5 m^3/min$),以阻塞方式顶替,降低对漏失层的摩阻和激动压力,减少水泥浆漏失。该方法成功解决了一些井严重漏失的问题,有效地提高了固井质量。

5 认识及建议

通过沁南潘河煤层气示范工程的开发试验,根据煤层气储层特征、产出机理等方面与常规天然气储层

的差异,研究开发出了一整套适合煤层气开发的直井空气(泡沫)钻井、地质录井、微珠低密度固井等工艺技术,为经济有效地开发煤层气起到了巨大的推动作用。综合上述研究成果,对煤层气钻完井技术的发展有以下几点认识和建议:

1)煤储层伤害是影响煤层气勘探开发成功率的决定性因素之一,我国煤层低压、低渗透,钻井完井作业过程中对煤层造成的伤害比常规储层更为严重,因此,储层保护是我国煤层气开发钻探工艺技术的核心工作。

2)空气钻井在井身质量方面比水钻井稍好一些,但相差不大;空气钻井在时效方面比水钻井效率高,其机械钻速是水钻机械钻速的3倍多,因此空气钻井周期短,综合经济效益好。

3)微珠低密度水泥浆固井降低了环空液柱压力,能有效防止固井过程中水泥浆漏失,减轻固井液对煤层的伤害,是一种适用于煤层气田的有效固井方式。

参 考 文 献

- [1] 宋岩,张新民.煤层气成藏机制及经济开采理论基础[M].北京:科学出版社,2005.
- [2] 翟光明,何文渊.中国煤层气赋存特点与勘探方向[J].天然气工业,2010,30(11):1-3.
- [3] 齐奉中,刘爱平.煤层气井固井技术研究与实践[J].天然气工业,2001,21(1):75-78.
- [4] 黄洪春,卢红.用空气钻井开发晋城煤层气技术研究[J].煤田地质与勘探,2003,31(4):61-64.
- [5] 王彦祺.提高煤层气井钻井效率的工艺技术[J].天然气工业,2010,30(6):64-66.
- [6] 林洪德,邢立杰.煤层气井空气钻井条件下地质录井面临的新问题及解决方法[J].中国煤炭地质,2009,21(增刊1):44-48.
- [7] 屈平,申瑞臣.煤层气钻井井壁稳定机理及钻井液密度窗口的确定[J].天然气工业,2010,30(10):64-68.

(收稿日期 2011-03-11 编辑 赵 勤)