

大牛地气田盒1段气层氮气泡沫钻水平井技术

何世明¹ 汤明¹ 邢景宝² 郑锋辉² 邓红琳² 周晓红³ 周怀光³

1.西南石油大学石油工程学院 2.中国石化华北分公司 3.中国石油塔里木油田公司

何世明等.大牛地气田盒1段气层氮气泡沫钻水平井技术.天然气工业,2010,30(10):49-52.

摘要 大牛地气田二叠系下石盒子组盒1段气层具有低孔隙度、低地层压力、特低渗透率、高基块毛细管力、强非均质性的特点,常规直井和水平井几乎不能实现自然建产,截止到2008年底探明储量动用率仅为8.42%。为了有效地动用该气层储量,针对盒1段气层开展了氮气泡沫欠平衡钻水平井的研究与现场试验。考虑到该气层的工程地质特征,首先优选了氮气泡沫基液配方;然后分析了该气层的产水情况和井壁稳定性,认为对盒1段储层实施氮气泡沫钻水平井是可行的;最后介绍了DP14井、DP19井和DP22井的现场试验情况 and 应用效果。DP14井、DP19井和DP22井在氮气泡沫水平段钻进过程中油气显示良好,且均实现了随钻点火;其中DP14井完井后,在油压为7.1 MPa,套压为9.3 MPa时,产气量为 $1.07 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,首次在盒1段气层实现了自然建产。现场试验表明:氮气泡沫欠平衡水平井能有效地动用该气层储量,为提高大牛地气田盒1段气层的探明储量动用率提供了新途径,也值得类似探区借鉴。

关键词 大牛地气田 二叠纪 气层 氮气泡沫 欠平衡钻水平井 鄂尔多斯盆地 储量动用

DOI:10.3787/j.issn.1000-0976.2010.10.012

大牛地气田构造位于鄂尔多斯盆地伊陕斜坡北部东段,是中国石化5大气源地之一。大牛地气田二叠系下石盒子组盒1段气层物性为低孔隙度、低地层压力、特低渗透率、高基块毛细管力、强非均质性,常规直井和水平井几乎不能实现自然建产。截止到2008年底,盒1段气层探明储量为 $1\,238.74 \times 10^8 \text{ m}^3$,未被动用储量为 $1\,109.19 \times 10^8 \text{ m}^3$,储量动用程度低,探明储量动用率仅为8.42%。为了提高该储层的探明储量动用率,实现中国石化华北分公司年产气 $30 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、稳产20年的目标,迫切需要动用盒1段气层。为此对其开展了氮气泡沫欠平衡钻水平井技术的研究与现场试验。

1 盒1段气层工程地质特征

大牛地气田盒1段气层为河流相辫状河道沉积,方向为北东—南西向或近南北向^[1]。储层孔隙类型为粒间孔,室内岩心测试孔隙度分布范围为4.0%~19.3%,平均孔隙度为8.37%,渗透率分布为0.101~53.6 mD,平均渗透率为0.484 mD;DST测试压力盒

1段气层中部压力系数为0.83~0.99,平均压力系数为0.89^[2-3]。盒1段储层为辫状河道沉积,砂体展布不均,层内非均质性较强,层内非均质性主要表现为层内渗透率非均质性。

2 循环介质的优选

为了尽可能地减小对储层的伤害,通过室内实验对潜在的伤害机理进行了评估。收集了盒1段气层的岩心资料进行了具体的储层伤害分析。

图1给出了盒1段气层岩心损害实验结果,从图1中可以确定出盒1段气层欠平衡水平井的最佳欠压值为3.4 MPa,即在盒1段气层实施欠平衡水平井的循环介质当量循环密度需小于 0.76 g/cm^3 ,满足该条件的循环介质只有氮气和氮气泡沫,但考虑到钻井时产生的振动影响、电磁随钻测量系统的可靠性要求以及钻头的冷却问题,决定选用可循环氮气泡沫作为循环介质,其当量循环密度为 $0.2 \sim 0.5 \text{ g/cm}^3$,满足了施工要求。

基金项目 国家科技重大专项专题“大牛地气田钻完井技术及储层压裂技术”(编号:2008ZX050450307)。

作者简介 何世明,1966年生,教授,博士;主要从事欠平衡钻井、井壁稳定、井控等方面的科研与教学工作。地址:(610500)四川省成都市新都区新都大道8号。电话:13981894760。E-mail:hesm-swpu@sohu.com

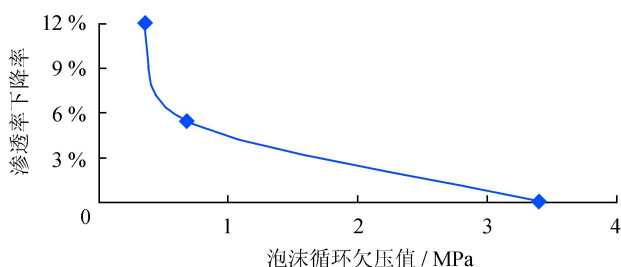


图1 盒1段气层岩心损害实验结果图

3 氮气泡沫配方

通过理论分析和室内实验研究优选出适用于盒1段气层的可循环氮气泡沫基液配方为:0.5%~1%发泡剂+0.2%~0.5%稳泡剂+0.5%~1%井壁稳定剂+0.5%~1%防水锁剂+辅助剂。其性能指标为:密度为 1 g/cm^3 ;塑性黏度为 $10\sim 20\text{ mPa}\cdot\text{s}$;屈服值为 $5\sim 12\text{ Pa}$;发泡体积为 $350\sim 560\text{ mL}$;半衰期为 200 min 。该体系具有良好的抗盐性能、耐温性和循环性,但耐油性较弱^[4-6]。

4 氮气泡沫钻水平井可行性分析

4.1 地层出水分析

大牛地气田盒1段气藏为无底水,无边水,无气水边界的气驱气藏。根据开采和勘探历史证明无明显地层水存在。

表1给出了盒1段气层部分生产井的试气结果,

从结果中可以明显地看出,盒1段储层的绝大部分井不产水,只要少部分井微量产水,微产水量不会对氮气泡沫欠平衡施工造成影响。

表1 盒1段部分井试气简表 m^3/d

井号	产量			井号	产量		
	气	油	水		气	油	水
大1	15 543	0.450	2.700	大37	3 438	0	3.230
大2	3 698	0	0	大39	2 653	0	0
大3	14 999	0.858	0.040	大40	1 916	0	0
大10	9 503	0	0	大43	1 029	0	0
大23	5 782	0.030	0	大50	11 218	0.120	0
大24	7 559	0.020	0	大56	372.46	0	0
大25	5 412	0.017	0	大59	13 550	0.017	0.420
大33	4 499	0	1.230	大66	12 735	0	0

4.2 井壁稳定性分析

4.2.1 砂岩井壁稳定

为了研究盒1段气层欠平衡水平井在砂岩内钻进时的井壁稳定性问题,对盒1段气层直井横向取心后,进行了岩石力学实验。

表2给出了盒1段气层岩心强度室内实验结果,从表2中可以看出在围压为 10 MPa 时,岩石的平均抗压强度为 116.8 MPa ,而通过模拟计算在氮气介质下的井内最大应力为 93.95 MPa ,因而不会出现井壁失稳^[7]。

表2 盒1段气层岩心强度室内实验结果表

井号	井深/m	岩性	围压/MPa	抗压强度/MPa	强度参数	
					内聚力/MPa	内摩擦角/(°)
大66	2 668.50	石英砂岩	0~10	81.53~114.62	20.71	28.53
大61	2 715.00~2 726.00			58.95~123.76	20.12	41.58
大59	2 627.00~2 635.00			49.93~125.21	19.34	50.89
大37	2 723.00~2 735.00			54.60~100.80	22.45	39.23

4.2.2 泥岩井壁稳定

盒1段气层总体上砂体展布稳定,但其砂体内局部仍发育有薄的泥岩夹层或泥质条带。为了研究在氮气泡沫欠平衡工况下钻遇泥岩的井壁稳定性问题^[8],对盒1段气层的泥岩稳定性进行了研究。

图2给出了盒1段气层泥岩浸泡前(左)和浸泡后(右)井壁稳定判断图。从图2中可以明显看出:钻井液浸泡前井壁稳定,只有局部有轻微剥落掉块;钻井液浸泡后井壁稳定性下降,井壁开始出现大范围垮塌失稳。

因此,泡沫钻井液钻遇泥岩或泥质条带存在失稳风险。

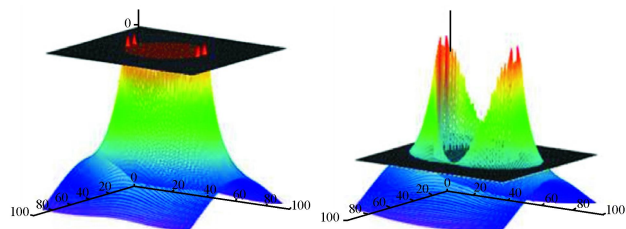


图2 泥岩浸泡前(左)和浸泡后(右)井壁稳定判断图

5 现场试验

2009 年先后针对大牛地气田的盒 1 段气层在 DP14 井、DP19 井和 DP22 井开展了氮气泡沫欠平衡钻水平井的现场试验,在储层保护、油气发现、自然建产和提高钻井速度方面取得了显著效果,表 3 给出了盒 1 段气层氮气泡沫欠平衡水平井实施情况。

表 3 盒 1 段气层氮气泡沫欠平衡水平井实施情况表

项 目	DP14 井	DP19 井	DP22 井
水平段井眼尺寸/mm	215.90	152.40	215.90
进尺/m	1 247.88	1 200.00	1 500.00
当量循环密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	0.001 2/0.2	0.2~0.5	0.2~0.5
点火情况	随钻点火	随钻点火	随钻点火

5.1 DP14 井应用情况

DP14 井在随钻过程中均能点火,且火焰高度为 5~6 m。在最后一趟钻钻至 4 147.03 m 时出现埋钻具事故,在处理事故放喷中,放喷口有基液夹带大块泥岩喷出,事故原因为钻遇盒 1 段底部泥岩,出现泥岩垮塌埋钻。完钻后进行筛管完井投产,在油压为 7.1 MPa;套压为 9.3 MPa 时,产气量为 $1.07 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,实现了盒 1 段储层的欠平衡直接建产^[9]。图 3 给出了 DP14 井氮气泡沫欠平衡水平段实钻轨迹,图 4 给出了 DP14 井随钻点火情况。

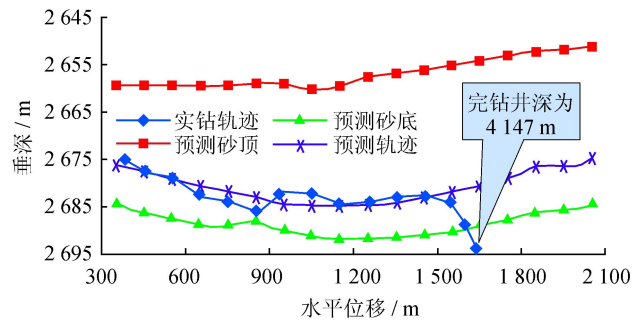


图 3 DP14 井实钻轨迹图

5.2 DP19 井应用情况

DP19 井采用氮气泡沫欠平衡钻水平井技术,实现了随钻点火,火焰高达 3~5 m。在欠平衡水平段的钻井过程中由于两次钻遇大段泥岩,进行了两次后退悬空下切侧钻绕泥,导致氮气泡沫欠平衡实钻进尺超过 1 500 m,在整个欠平衡水平段钻井过程中没有出现井壁失稳。图 5 给出了 DP19 井氮气泡沫欠平衡水平段实钻轨迹,图 6 给出了 DP19 井随钻点火情况。



图 4 DP14 井随钻火焰图

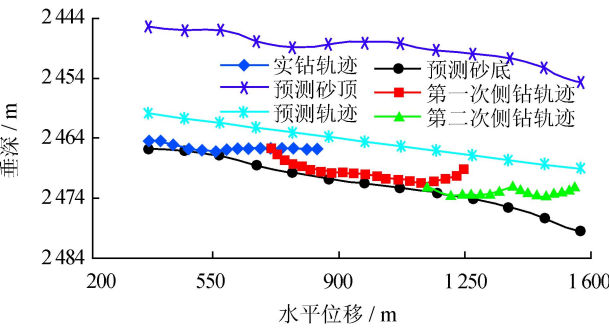


图 5 DP19 井实钻轨迹图



图 6 DP19 井随钻点火火焰图

5.3 DP22 井应用情况

DP22 井在水平段的氮气泡沫欠平衡钻进过程当实现了随钻点火,火焰高 4~6 m,后效火焰高 9~11 m,油气显示非常活跃。DP22 井在井深 3 727~3 906 m 井段伽马值偏高,判断为钻遇泥岩夹层,后退至 3 470 m 处进行悬空下切侧钻,后钻至井深 4 442 m 处完钻,由于后退下切侧钻导致氮气泡沫实钻进尺超过 1 900 m。在最后一趟钻起钻过程中出现了卡钻事故。

事故原因为沉沙卡钻,最后一趟钻总进尺为 281.54 m,平均机械钻速为 11.04 m/h,在钻井过程中伽马值偏高,同时出口处没有岩屑返出。图 7 给出了 DP22 井氮气泡沫欠平衡水平段实钻轨迹。

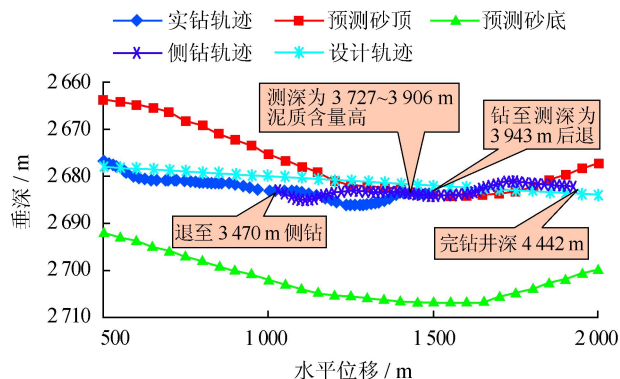


图 7 DP22 井实钻轨迹图

6 取得的主要成果

DP14 井、DP19 井和 DP22 井氮气泡沫欠平衡钻水平井的成功实施为提高大牛地气田盒 1 段气层的探明储量动用率提供了新途径,对提高大牛地气田勘探开发效益和加快大牛地气田勘探开发进程具有重要意义。

1)在钻遇泥岩时应用后退悬空下切侧钻技术,能有效地保证氮气泡沫欠平衡钻井在钻遇泥岩时的井壁稳定。

2)DP14 井、DP19 井和 DP22 井氮气泡沫水平段在控速钻进条件下,机械钻速分别为:5.86 m/h、3.79 m/h 和 10.28 m/h,3 口井氮气泡沫水平段平均机械钻速为 5.90 m/h,较常规水平井平均机械钻速提高了 118%。

3)DP14 井、DP19 井和 DP22 井在氮气泡沫水平段钻进过程中油气显示良好,且均实现了随钻点火。

4)DP14 井完井后,在油压为 7.1 MPa,套压为 9.3 MPa 时,产气量为 $1.07 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,首次在盒 1 段气层实现了自然建产。

7 结论与建议

1)盒 1 段气层砂体钻遇率高,但是有效储层钻遇率低。DP14 井砂体钻遇率为 100%;DP19 井砂体钻遇率为 99.54%。DP14 井有油气显示层段钻遇率为 65.36%;DP19 井具有全烃显示的层段仅为 21.08%。因此,在氮气泡沫水平井实施前应做好储层的精细描述,以达到预期的地质目的。

2)钻前进行经济可行性分析和钻井工程风险评估。在能达到地质目的和经济可行性的基础上实施氮气泡沫钻水平井。

3)在氮气泡沫水平井钻井过程中,需严格控速钻进,前期控速是为了保证井眼的规则和光滑,避免在前期出现大的狗腿,为长水平段的施工打下基础;后期控速是为了避免井下复杂情况的出现。

4)制订适合盒 1 段气层的氮气泡沫钻水平井操作规程,在盒 1 段气层欠平衡钻水平井过程中严格按照操作规程实施。

参 考 文 献

- [1] 常兴浩,王延宾,韩德馨.大牛地气田下石盒子组储层特征[J].天然气工业,2004,24(11):19-21.
- [2] 邹建波.大牛地气藏低速渗流特征实验与单井数值模拟研究[D].成都:西南石油大学,2007.
- [3] 郝蜀民,惠宽洋,李良,等.鄂尔多斯盆地大牛地大型低渗气田成藏特征及其勘探开发技术[J].石油与天然气地质,2006,27(6):762-768.
- [4] 鄢捷年.钻井液工艺学[M].东营:石油大学出版社,2001.
- [5] 赵仁保,岳湘安,柯文奇,等.氮气泡沫体系稳定性的影响因素研究[J].石油学报,2009,30(1):84-87,91.
- [6] 杨景利,薛玉志,张斌,等.可循环氮气泡沫钻井液技术[J].钻井液与完井液,2007,24(6):17-21.
- [7] 汤明,何世明,邢景宝,等.大牛地气田欠平衡水平井井壁稳定性分析[J].石油钻采工艺,2010,32(3):37-39.
- [8] 刘向君,罗平亚.泥岩地层井壁稳定性研究[J].天然气工业,1997,17(1):45-48.
- [9] 汤明,何世明,邢景宝,等.大牛地气田 DP14 水平井氮气泡沫钻井实践与认识[J].天然气工业,2010,30(3):74-76.

(收稿日期 2010-07-29 编辑 钟水清)