

徐深气田开展天然气钻井的可行性分析

谷玉堂¹, 盖兆贺¹, 陈绍云¹, 于洪波², 陈琳琳¹

(1. 大庆钻探工程公司钻井工程技术研究院, 黑龙江 大庆 163413; 2. 大庆钻探工程公司钻井一公司, 黑龙江 大庆 163400)

摘要: 为了提高大庆地区深层钻井速度, 保护和发现储层, 依据 Mohr - Coulomb 准则, 引进非线性校正系数, 建立了大庆地区深井地层坍塌压力预测模型, 并从地质条件、气源井条件、安全性、经济性以及技术条件等几方面分析了徐深气田进行天然气钻井的可行性。优选徐东、徐中、丰乐、升平区块的泉二段至营城组中部(2700 ~ 4000 m)为天然气钻井井段。研究表明, 应用天然气钻井来提高大庆地区深层的钻井速度是完全可行的, 并有利于提高深层天然气勘探发现效率。

关键词: 天然气钻井; 钻井速度; 坍塌压力; 徐深气田

中图分类号: P634.5; TE242 文献标识码: A 文章编号: 1672-7428(2017)08-0059-04

Feasibility Analysis on Natural Gas Drilling in Xushen Gas Field/GU Yu-tang¹, GE Zhao-he¹, CHEN Shao-yun¹, YU Hong-bo², CHEN Lin-lin¹ (1. Drilling Engineering Technology Research Institute of Daqing Drilling & Exploration Engineering Corporation, Daqing Heilongjiang 163413, China; 2. No. 1 Drilling Company of Daqing Drilling & Exploration Engineering Corporation, Daqing Heilongjiang 163400, China)

Abstract: In order to improve deep drilling speed, protect and detect reservoir of Daqing, based on Mohr-Coulomb criterion and by the introduction of linear correction coefficient, the model of formation caving prediction for deep well was established. The feasibility analysis is made on the natural gas drilling in Xushen gas field about geological conditions, gas well conditions, safety, economy and technical conditions. The second section of Quantou formation to central Yingcheng formation (about 2700 ~ 4000m) of Xudong, Xuzhong, Fengle and Shengping blocks are determined by optimization as natural gas drilling sections. The results show that it is feasible to improve deep drilling speed by natural gas drilling, which is also beneficial to deep natural gas exploration in Daqing.

Key words: natural gas drilling; drilling speed; caving pressure; Xushen gas field

气体钻井技术系列(包括空气钻井、氮气钻井、天然气钻井、柴油机尾气钻井)由于其具有大幅度提高钻速、解决长段井漏问题、及时发现和有效保护储层,从而降低勘探开发综合成本等优点,正在成为我国勘探开发的主导技术之一^[1]。大庆油田的徐深21井、徐深302井的空气钻井试验表明,徐深气田深层可以应用气体钻井技术提高钻速,与常规提速技术相比,钻速可以提高5倍以上,提速效果有质的飞跃^[2]。但是,空气钻井钻开储层后,存在井下燃爆危险,钻进井段有限,提速整体效果受到限制。天然气钻井就是应用天然气作为循环介质的气体钻井技术,其优点是可用于储层钻进,不会与地层可燃物质发生井下燃爆。对徐深气田来说,应用天然气钻井可以显著地(和空气钻井相比)增加气体钻井

井段长度,最大限度地发挥气体钻井的提速优势,从而有效地缩短整个钻井周期。

1 国内天然气钻井技术概述

1.1 天然气钻井的优点

天然气钻井除具有气体钻井提速、防治井漏的优点外,主要可用于储层钻进,不会产生空气钻井的井下燃爆,保护储层,增大发现。

1.2 天然气钻井的不足和局限性

(1)需要气源井和气源输气管线使其应用受到一定程度的限制;(2)没有天然气回收循环利用技术手段条件下消耗天然气成本较高;(3)存在地面供气管线燃爆和着火危险;(4)如果环境温度低,输气管线可能冰堵。

收稿日期:2016-11-18; 修回日期:2017-05-31

作者简介:谷玉堂,男,汉族,1966年生,钻井工程专业,主要从事钻井工艺相关科研和现场管理工作,黑龙江省大庆市八百垅钻井研究院设计中心, guyutang@163.com。

1.3 国内天然气钻井实践情况

目前为止,国内共进行了32口天然气钻井实践,其中川庆钻探工程公司完成20口,其余为其它钻探公司完成。2000年以来国内开展的天然气钻

井基本情况见表1。从表1可以看出,平均机械钻速达到7.36 m/h,而同井段采用常规钻井方式机械钻速为2.58~3.16 m/h,提高了185.27%~132.91%。

表1 2000年以来国内开展的天然气钻井的基本数据

序号	井号	井眼尺寸/mm	井段/m	进尺/m	机械钻速/(m·h ⁻¹)	注入速率/(m ³ ·min ⁻¹)
1	陕242	152.4	3033.00~3190.00	157.00	11.77	28~58.4
2	苏35-18	152.4	3230.00~3335.00	105.00	18.00	35~60
3	苏39-14-1	152.4	1309.00~2092.00	783.70	20.87	35~45,45~60
4	苏39-14-4	152.4	2170.00~3262.00	1092.00	11.64	50~200
5	井浅2	152.4	1238.00~1532.00	294.00	4.98	40~60
6	麻浅1	152.4	799.00~1290.00	491.00	4.56	57~60
7	平落19	152.4	3696.00~3760.00	64.71	7.23	52~61
8	白浅111H	152.4	1103.10~1325.00	221.90	9.76	42.3~63.6
9	中75井	104.8	2390.00~2500.50	110.50	4.87	50~51.6
10	包浅4	152.4	1630.00~1960.00	330.00	8.13	50
11	白浅120H	152.4	1046.00~1103.00	57.00	5.31	50~60
12	邛浅2井	152.4	2078.50~2183.00	104.50	8.25	50~60
13	包浅1	152.4	1391.00~1902.00	511.00	7.54	57~60
14	包浅4-X4	152.4	1848.00~2430.00	582.00	4.35	52~61
15	包浅202	152.4	1241.00~1770.00	530.00	6.12	57~60
16	包浅4-X2	152.4	1824.00~2188.00	364.00	5.68	49~50
平均					7.36	

1.4 天然气钻井工艺流程

气源井的天然气引进到钻井井场后,通过专用增压设备增压,达到气举压力后,进行气举替换钻井液作业。气举完成后,便开始天然气钻进作业。循

环出的天然气及携带的岩屑一同到排污燃烧口,天然气被燃烧。天然气钻进井段钻进完成后,进行压井作业,压井后采用普通钻井液一直到完钻,如图1所示。

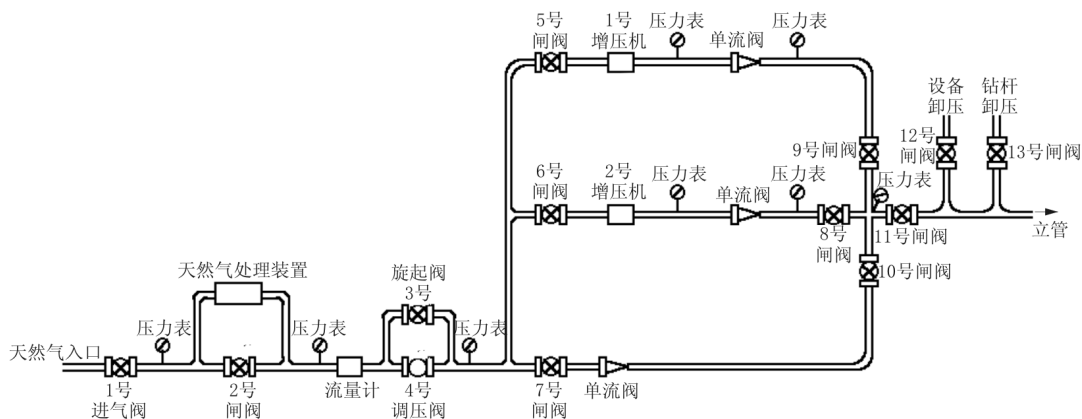


图1 天然气钻井注入工艺流程

2 天然气钻井的可行性分析

2.1 天然气钻井的限定条件

- (1) 地层固结较好,井壁稳定。
- (2) 非高压地层,地层压力梯度一般不超过1.05 MPa/100 m。

(3) 附近有天然气气源,能满足所钻井眼尺寸的供气量。

(4) 地层不产油水或产微量油水。

(5) 所钻储层不含硫化氢或硫化氢含量 < 20 mg/m³。

(6) 预测产量一般不超过 50 × 10⁴ m³/d。

2.2 井壁稳定性分析

依据 Mohr - Coulomb 准则, 引进非线性校正系数 η , 则地层坍塌压力预测模型为:

$$P_b = \frac{\eta(3\sigma_H - \sigma_h) - 2cK + \alpha P_p(K^2 - 1)}{(K^2 + \eta)H} \times 100 \quad (1)$$

式中: P_b ——地层坍塌压力当量密度, g/cm^3 ; η ——非线性修正系数, 取 1; σ_H ——水平最大主应力, MPa; σ_h ——水平最小主应力, MPa; c ——岩石粘聚力, kPa; K ——塑性系数, 取 1; α ——岩石内摩擦角, ($^\circ$); P_p ——地层孔隙压力当量密度, g/cm^3 ; H ——井深, m。

利用该模型, 考虑分层地应力, 以徐深 302 井的测井、录井数据为基础, 绘制的坍塌压力曲线见图 2。

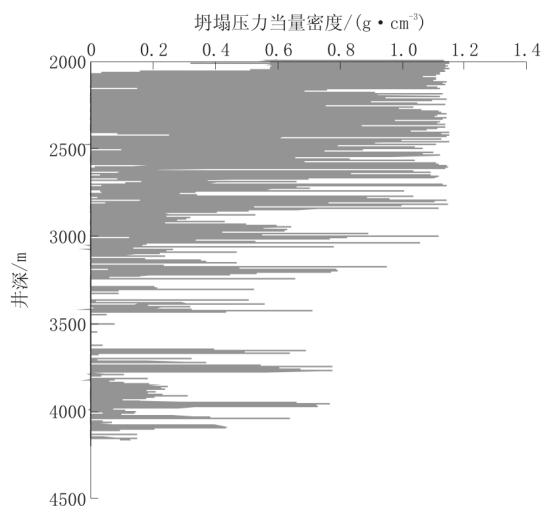


图2 天然气钻井坍塌压力曲线

常温、常压下天然气的密度一般为 $0.75 \sim 0.8 \text{ kg/m}^3$, 由图 2 可见, 徐深气田 2500 m 以深地层井壁稳定性较好(坍塌压力当量密度基本低于 0.75 g/cm^3), 3000 m 以深地层井壁稳定性优于上部地层, 徐深 21、徐深 302 井的实钻情况说明, 徐中、徐东区块在 2300 ~ 3000 m 井段进行气体钻井不存在井壁失稳情况。因此, 理论计算和实钻情况都说明徐深气田泉一段以下进行气体钻井不会出现井眼坍塌问题^[3]。

在保证井壁稳定的情况下, 天然气钻井的层位选择主要考虑的是地层不含水。为掌握徐深气田钻井地层可能出水的分布情况, 对满足气源井条件的已钻井测井和录井解释结果进行了详细的统计分

析, 从统计结果来看, 徐东区块、安达附近的升平区块, 徐中区块、丰乐区块的泉二—营城组中部(2700 ~ 4000 m), 水层少, 干层与差气层相间, 适合天然气钻井。

2.3 施工安全性分析

徐深气田深层自上而下揭示的地层为泉头组二、一段, 登娄库组四、三、二段, 营城组及沙河子组。

2.3.1 孔隙特征

火山岩储层, 以凝灰岩为主, 孔隙类型以溶孔 + 微孔型为主, 裂缝不发育, 岩心孔隙度为 $2.96\% \sim 10\%$, 水平渗透率为 $(0.04 \sim 0.17) \times 10^{-3} \text{ m}^2$, 垂直渗透率平均为 $0.018 \times 10^{-3} \text{ m}^2$, 属于低孔、特低渗储层。

砾岩储层主要发育于营城组的营四段, 砾石成分以中—酸性火成岩为主。孔隙度一般 $0.8\% \sim 6.6\%$, 平均为 3.4% , 渗透率一般为 $(0.04 \sim 1.93) \times 10^{-3} \text{ } \mu\text{m}^2$ 。

2.3.2 温度和压力

徐深气田地温梯度在 $4.00 \sim 4.20 \text{ }^\circ\text{C}/100 \text{ m}$ 左右。地层压力梯度在 $0.85 \sim 1.14 \text{ MPa}/100 \text{ m}$, 较多集中在 $0.95 \sim 1.06 \text{ MPa}/100 \text{ m}$ 。综上所述, 徐深气田地层压力梯度大多符合天然气钻井限定条件“压力梯度不超过 $1.05 \text{ MPa}/100 \text{ m}$ ”的要求, 虽然少数层系压力梯度略高, 在 $1.10 \text{ MPa}/100 \text{ m}$ 左右, 但孔隙压力和渗透率较低, 井口压力能够保证在可控范围内。同时大庆油田已累计开展空气钻井 23 口, 其中 15 口井均点火成功, 旋转防喷器、排砂管线、燃烧管线、防火止回阀、自动点火装置等设备保证了地面安全, 因此适合开展气体钻井。

2.4 气源井分析

应用 angel 公式, 考虑气压和温度的影响, 计算出 $\varnothing 215.9 \text{ mm}$ 井眼天然气钻井需要的气源井产气量为 $15.84 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。徐深气田目前共有 48 口井产气量达到要求, 且这些井油压在 10 MPa 以上, 可考虑不用增压机。

2.5 经济性分析

对气体钻井系列的 3 大种类: 空气钻井、氮气钻井、天然气钻井的设备成本投入进行对比, 钻进井段 800 m, 机械钻速 8 m/h , 天然气消耗按 75 万 m^3 计算, 钻进时间 6 d, 待机时间 6 d。天然气源头与要施工井的距离对安装管线成本有影响, 根据大庆井位部署和井网密度得知, 输气管线成本基本低于 10 万

元。投入费用按租用设备计算,则天然气钻井的设备成本投入比空气钻井降低21%,比氮气钻井降低58%^[4]。

2.6 小结

综上所述,认为在徐深气田深层利用天然气作为介质进行钻井是可行的:首先从地质条件看,徐深气田有适合气体钻井地层;井壁稳定、气源丰富、地层压力系数低、水层少及不含H₂S;从安全看,只要论证及准备工作充分,按标准规范操作,可以保证安全性;从经济对比看,在使用增压机条件下,天然气钻井相比空气钻井投入高一些,但天然气钻井井段可延长,综合效益好。如果不用增压机,则投入成本可降低21%。从技术看大庆油田已购买了全套空气、氮气钻井设备,进行了23口气体钻井现场试验,积累了一定的经验,为实施天然气钻井奠定了良好的技术基础^[5-8]。

因此,建议在徐深气田开展天然气钻井试验。

3 结论与建议

(1)大庆徐深气田从地质条件、气源井条件、安全性、经济性以及技术条件几方面均具备了开展天然气钻井的可行性。应用天然气钻井将大幅度提高徐深气田深层机械钻速,显著缩短深井钻井周期,加

快勘探开发进程。建议在徐深气田开展天然气钻井技术的现场试验,扩大气体钻井的应用规模。

(2)天然气钻井由于地面工艺简单,可用于储层钻进,增加应用层位和井段。若解决天然气钻井的天然气回收问题,进一步降低天然气钻井成本,将比空气和氮气钻井具有更广阔的应用前景,建议开展天然气钻井回收利用技术的研究。

参考文献:

- [1] 黄仁山,刘玉华.地矿系统石油天然气钻井技术发展展望[J].探矿工程,1999,(S1):265-269.
 - [2] 陈绍云,邢琛,孙妍.提高庆深气田气体钻井效率技术研究[J].石油钻采工艺,2014,36(1):22-25.
 - [3] 吴纪修,张永勤,梁健,等.羌塘盆地天然气水合物钻探试验井工程井壁稳定性分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(6):8-13.
 - [4] 翟洪军,王洪英.气体钻井计算模型及应用软件的编制[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2007,28(1):47-49.
 - [5] 陈鑫,陈绍云,王楚.扭力冲击器在宋深9H侧钻小井眼水平井中的应用[J].石油钻采工艺,2014,36(6):32-35.
 - [6] 姜妮美.大庆油田气体钻井井径扩大原因[J].大庆石油地质与开发,2015,(3):91-94.
 - [7] 刘永贵,罗桂秋,宋瑞宏,等.影响徐家围子深探井钻井速度的因素分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2006,33(7):56-58.
 - [8] 司光,黄伟和,刘海,等.人工材料价格对天然气钻井投资的影响[J].天然气工业,2015,32(7):87-89.
-
- (上接第58页)
- (4)本孔证实了使用双弯纠斜之后,采用合适长度的导向可以实现逐级扩孔,但是后期下套管时曾遇阻,磨孔后才顺利下入。双弯纠斜在拐点处很容易形成台阶,虽然普通钻具可以上下通畅,但是直径较大的套管会卡住,扩孔时要注意在拐点处反复磨孔,使孔壁尽量平滑。
- 参考文献:**
- [1] 董润平,胡忠义.煤矿瓦斯抽排立眼套管安设及水泥固井工艺探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(2):56-58.
 - [2] 吕利强.大口径注氮孔施工工艺[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(6):36-38.
 - [3] 李文明,陈绍云,刘永贵.优快钻井配套技术在希50-54井应用实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(6):4-6,12.
 - [4] 乌效鸣,胡郁乐,贺冰新,等.钻井液与岩土工程浆液[M].湖北武汉:中国地质大学出版社,2002.
 - [5] MT/T 1076—2008,煤炭地质钻探规程[S].
 - [6] 吴翔,杨凯华,蒋国盛.定向钻进原理与应用[M].湖北武汉:中国地质大学出版社,2006.
 - [7] 石晓兵,李黔,施太和,等.双弯螺杆降斜时的钻柱强度分析[J].石油钻采工艺,2001,23(4):7-10.
 - [8] 苏义脑,陈祖锡,唐雪平,等.5LZ95×7.0同体双弯螺杆钻具研制[J].石油钻采工艺,2000,22(2):7-11.