

松辽盆地北部深层天然气勘探钻井完井保护技术^{*}

王玉华¹ 孔凡军² 宋瑞宏³ 宋广顺³

(1. 大庆油田有限责任公司 2. 大庆油田有限责任公司勘探分公司 3. 大庆石油管理局钻探集团钻井工程技术研究院)

王玉华等. 松辽盆地北部深层天然气勘探钻井完井保护技术. 天然气工业, 2006, 26(6): 81-82.

摘 要 通过对松辽盆地深层勘探钻井完井技术的简要回顾, 指出保护储层的钻井、完井技术所经历的“采用优质钻井完井液体系, 实现对储层的保护; 使用低密度钻井液提高钻井速度, 近平衡钻井对储层的发现与保护和采用欠平衡钻井工艺技术, 发现与保护储层”3 个阶段分别满足深层勘探就钻井完井过程中保护储层的技术要求。针对深层储层物性和钻井技术条件, 研究了储层潜在损害方式和损害程度, 分析了各个阶段钻井完井过程中保护技术的作用原理、应用情况与取得的效果。实践表明, 保护储层应以勘探发现程度需求为依据, 兼顾资料需求和勘探钻井投资, 选择相应的保护储层类别。建议加强松辽盆地北部深层天然气勘探钻井、完井过程对储层的保护, 探索进一步开展充气、泡沫、雾化、空气等气体钻井技术的研究与应用, 使储层发现与保护技术得到一个质的飞跃。

主题词 松辽盆地 北 深层 钻井 完井 储集层 保护 技术

松辽盆地北部深层系指白垩系下统泉头组二段以下地层, 主要勘探领域徐家围子断陷面积 4300 km², 储层类型有致密砂岩、砂砾岩、火山岩、花岗岩及变质岩风化壳五大类储层, 断陷区内部的营一段火山岩、断陷区边部的营四段砾岩是徐家围子断陷重要储层。随着深层天然气勘探的不断深入, 推动着钻井完井技术的不断进步和发展, 特别是欠平衡钻井(卫深 5 井)和近平衡钻井(徐深 1 井)在产能上的突破, 为徐家围子断陷探明 1000 × 10⁸ m³ 天然气储量, 保护储层的钻井完井技术起到了十分重要的作用。

一、保护储层技术的回顾

松辽盆地北部深层勘探是从 1966 年松基 6 井开始, 随着勘探的深入与发展, 以储层发现与保护为重点的钻井完井技术发展, 经历了 3 个主要发展阶段。第一阶段: 使用优质钻井液体系保护储层阶段。第二阶段: 使用低密度钻井液提高钻井速度、近平衡钻井保护储层阶段。第三阶段: 使用水包油钻井液的欠平衡钻井阶段。每个阶段保护储层技术的应用, 都是一次勘探钻井技术的进步和保护储层的深入, 推动了深层天然气的勘探进程。

^{*} 本文系大庆油田探区天然气勘探项目。

作者简介: 王玉华, 1963 年生, 高级工程师, 博士研究生; 1986 年毕业于成都理工大学; 从事石油天然气勘探研究和管理工作, 现任大庆油田有限责任公司副总工程师。地址: (163453) 黑龙江省大庆市让胡路区昆仑大街 27 号甲勘探分公司。电话: (0459) 5986428。E-mail: wangyuhua @pertochina.com.cn

二、保护储层的钻井完井技术

1. 储层损害潜在分析

储层特征: 火山岩储层岩石, 一般孔隙度为 2.96% ~ 10%, 水平渗透率为 0.04 × 10⁻³ ~ 0.17 × 10⁻³ μm², 垂直渗透率为 0.018 × 10⁻³ μm²。碎屑岩储层岩石, 一般孔隙度为 0.8% ~ 6.6%, 平均 3.4%, 渗透率为 0.04 × 10⁻³ ~ 1.93 × 10⁻³ μm²。

储层温度、压力: 地温梯度在 4.07 ~ 4.19 / 100 m 之间; 地层压力系数在 1.00 ~ 1.14 之间; 地层破裂压力系数在 1.40 ~ 1.95 之间。

储层 3 种损害方式及对策。 漏失性损害, 漏失性损害是指在钻井完井过程中, 由于发生井漏对储层造成的损害。消除漏失性损害的主要对策是降低钻井压差, 实现负压钻井, 提高钻井液封堵性等工艺措施加以解决。裂缝性损害, 在常规钻井条件下, 经研究结果表明, 裂缝性储层渗透性综合损害在 31.07% ~ 97.47%, 其中液相损害在 11.90% ~ 36.45%, 固相损害在 0.08% ~ 85.57%。损害后的渗透率恢复值在 2.52% ~ 15.88%, 固相侵入深度在 5.2 ~ 10.6 cm, 渗透性损害十分严重。降低裂缝性损害的主要途径是提高滤液抑制性、降低钻井压差; 对于裂缝大于 50 μm 的储层, 采用屏蔽暂堵技术, 减

小固相损害;采用欠平衡钻井技术,消除所有因钻井压差引起的损害。孔隙性损害,在常规钻井条件下,随着储层渗透率的降低,渗透性损害程度增大,钻井液滤液侵入深度在1.10 m以上,最大为1.67 m,损害深度较深。降低常规钻井条件下孔隙性损害的途径是提高滤液抑制性、降低钻井压差,采用欠平衡钻井工艺,是保护储气层最为有效的途径。

2. 保护储层的钻井完井技术

(1)采用优质钻井完井液体系,实现对储层的保护
松北深层勘探使用的4种钻井液体系的损害模拟评价结果见表1。表1数据说明,油包水钻井液、水包油钻井液、有机硅钻井液对储层的渗透性损害较小,并降低了钻井压差,提高了对储层的综合保护效果。

表1 不同钻井液体系对储层模拟损害实验数据

钻井液类型	初始气体渗透率 ($10^{-3}\mu\text{m}^2$)	渗透率恢复值 (%)	平均恢复率 (%)	钻井液密度 (g/cm^3)
两性离子	0.265~0.402	48.42~52.45	50.57	1.18~1.23
	0.8154~1.041	50.19~62.55	55.07	
油包水	0.265~0.402	71.24~81.78	76.51	1.05~1.15
	0.8154~1.041	74.75~87.33	80.94	
水包油	0.265~0.402	61.52~74.12	66.52	0.90~1.05
	0.8154~1.041	71.43~86.50	78.36	
有机硅	0.265~0.402	58.42~69.35	63.89	1.05~1.18
	0.8154~1.041	68.14~81.58	74.86	

(2)使用低密度钻井液、提高钻井速度,近平衡钻井对储层的发现与保护

1)钻井液密度与储层发现与保护的关系研究。
钻井压差与钻井速度的关系。钻井速度随着钻井压差的降低而增加,随着负压差的增加而显著增加。降低钻井压差是提高钻井速度最为有效的途径。
钻井液密度与发现储层的关系。在葡深1井进行的气测后效值与钻井液密度关系试验结果表明,密度为 $1.15\text{ g}/\text{cm}^3$,后效为0.2%;密度为 $1.13\text{ g}/\text{cm}^3$,后效为7%,证实了钻井液密度相差0.02对气测就有较大的影响,降低钻井液的密度有利于气层的发现。
钻井压差与保护储层损害的关系。实验数据表明,在其它条件不变情况下,随着损害压差的增大,损害深度增加。外推至1600 h,5.0 MPa压差的损害深度比1.0 MPa的损害深度增加27~31 cm,比3.0 MPa的损害深度增加9~12 cm,由此可见近平衡钻井对减少钻井液损害深度是十分必要的。

2)近平衡钻井技术的应用效果。2000年以来,松北深层勘探共实施近平衡井12口。徐深1井第三次开钻采用油包水钻井液近平衡钻井,当钻至井深3347.64 m时,含气显示厚度大,全烃含量高,进行钻杆中途测试,用 $\varnothing 24\text{ mm}$ 孔板求产,获日产 68324 m^3 的工业气流。测井解释累计含气层厚度444.4 m,其

中营城组火山岩气层厚度达400.4 m;完井在3592.0~3624.0 m之间两段进行压裂施工,用 $\varnothing 14.29\text{ mm}$ 油嘴、 $\varnothing 76.2\text{ mm}$ 孔板试气,日产气 $53.01\times 10^4\text{ m}^3$,折算无阻流量 $118\times 10^4\text{ m}^3$ 。该井成果的获得是松北深层天然气勘探的一个重大新突破。

(3)采用欠平衡钻井工艺技术,发现与保护储层

1)及时发现储气层,及时对产层进行随钻测试评价,缩短勘探进程。卫深5井于3089 m走欠平衡循环管线,点火成功。在以后的钻进过程中,基本上处于燃烧状态,在钻进3182 m处,进行原钻具中途测试, $\varnothing 5\text{ mm}$ 油嘴日产气 $8\times 10^4\text{ m}^3$ 。

2)采用水包油钻井液在13口第3次开钻井段欠平衡钻进过程中,钻井液密度控制在 $0.90\sim 0.94\text{ g}/\text{cm}^3$ 之间,有效地保护了储气层。

3. 保护储层的水泥浆体系

DSHJ 降失水剂具有防气窜、胶凝强度高、水泥石动态力学性能好等优点。自2000年以来,在松北井深小于4000 m的生产套管固井中推广使用,提高了固井质量和保护储层效果。DHL 水泥浆体系具有稠化胶凝曲线成直角、渗透率低、防气窜等特点。该水泥浆体系在松北井深大于4000 m的生产套管固井中推广使用,满足了180 高温深井固井需求。

三、结论与建议

(1)松辽盆地北部深层天然气勘探以及钻井工艺技术与研究应用的实践表明,钻井完井保护技术可分为两类,即:A类——欠平衡钻井技术;B类——近平衡钻井技术。此两类保护技术都能够起到发现和保护储层的作用,并取得了较好的勘探成果,成为松北深层勘探的关键钻井技术。

(2)钻井完井保护技术应用类别应兼顾勘探目的的实现、资料的需求以及勘探投资承受能力进行选择,建议重点发现井选择应用A类保护技术;一般预探井和评价井选择应用B类保护技术。

(3)加强松辽盆地北部深层天然气勘探钻井完井过程对储层的保护,探索进一步开展充气、泡沫、雾化、空气等气体钻井技术的研究与应用,使储层发现与保护技术得到一个质的飞跃。

参 考 文 献

[1] 孔凡军,等. 松辽盆地北部深层天然气勘探钻井技术[J]. 中国石油勘探,2004,34 :38-42.
[2] 宋瑞宏,等. 大庆油田深探井钻井液体系应用现状[J]. 钻井液与完井液,2002,19 :38-41.
[3] 沈宗约,等. 大庆油田钻井过程油气层保护研究及应用[M]. 北京:石油工业出版社,1999.

(收稿日期 2006-01-13 编辑 钟水清)

Tel : 86-817-2642 337 E-mail : swpikyc @126.com

ANALYSIS OF DEVIATION CONTROL TECHNOLOGY APPLIED ON WELL BAPAN 1

Xu Zhixiong^{1,3}, Di Qinfeng², Yang Jin³ (¹ China University of Petroleum ·Beijing; ² Shanghai University; ³ PetroChina Tarim Oilfield Company). *NATURAL GAS IND.* v. 26, no. 6, pp. 78-80, 06/25/2006. (ISSN 1000 - 0976; **In Chinese**)

ABSTRACT: The deviation-controlled fast drilling in high-dip mountain front structure formations is one of the most difficult problems met in Tarim oilfield, and this has greatly restricted the exploration and development speed. Based on the practice in Well Bapan 1, the mechanism and control command of PowerV, a kind of automatic vertical drilling system, have been described in this paper. And the key problems necessary to be known and its effects have also been analyzed. The results show the pendulum BHA used in Tarim oilfield can be further optimized, the pendulum-PDM compound drill string integrates the advantages of both powerful pendulum BHA and the compound drilling technology, it's a preferable combination among all pendulum BHA's. For drill collars between double stabilizers, under the condition within the allowable strength, the smaller the OD, the better.

SUBJECT HEADINGS: drilling, deviation controlled fast drilling, vertical drilling system, composite drilling, high dip structure, Well Bapan 1

Xu Zhixiong (senior engineer), born in 1969, graduated in drilling from Southwest Petroleum University in 1992. He is now deputy director of Drilling Department of Exploration Division of Tarim Oilfield Company, and meantime he is studying for an M. Sc. degree.

Add: Shanghai University, No. 99, Shangda Rd., Baoshan District, Shanghai 6613199, P. R. China

Cell phone: 13909963682 **E-mail:** qinfengd@sina.com

RESERVOIR PROTECTION TECHNOLOGY APPLIED DURING DRILLING AND COMPLETION OPERATIONS IN DEEP GAS EXPLORATION ACTIVITIES IN NORTH SONGLIAO BASIN

Wang Yuhua¹, Kong Fanjun², Song Ruihong³, Song Guangshun³ (¹ PetroChina Daqing Oilfield Co., Ltd.; ² Exploration Branch of PetroChina Daqing Oilfield Co., Ltd.; ³ Drilling Engineering Technology Research Institute of Drilling Group of Daqing Petroleum Administration). *NATURAL GAS IND.* v. 26, no. 6, pp. 81-82, 06/25/2006. (ISSN 1000 - 0976; **In Chinese**)

ABSTRACT: Through a brief review of the drilling and completion technologies used in deep exploration wells in the Songliao Basin, the evolution of the reservoir protection technology can be classified into 3 stages, at the first stage low-density drilling fluid is used to increase drilling speed, at the second stage the near-balance drilling technology is used to discover reservoirs, and at the third stage the underbalanced drilling technology is used to protect and discover reservoirs. Based on the physical properties of the deep reservoirs and the drilling technology status, the potential reservoir damage modes and the damage levels are studied, the working principles and application results of the 3-stage reservoir protection technologies are analyzed. It concludes that the determination of proper reservoir protection measures shall be based on exploration discovery requirements, and shall take into consideration the data acquisition requirements and exploration drilling investment. Greater efforts are recommended to strengthen reservoir protection during drilling and completion operations during deep gas exploration in north Songliao Basin, and to probe for technical development and application of aerated drilling, foam drilling, mist drilling, and air drilling, etc., to bring up the reservoir discovery and protection technology to a new level.

SUBJECT HEADINGS: Songliao Basin, north, deep wells, drilling, completion, reservoir, protection technology

Wang Yuhua (senior engineer), born in 1963, graduated from Chengdu University of Technology. Now he is now vice general engineer of Daqing Oilfield Co., Ltd., engaged in research on natural gas exploration technology and management work, and meanwhile he is studying for a Ph. D degree.

Add: Exploration Branch, PetroChina Daqing Oilfield Co., Ltd., No. 27 A, Kunlun Street, Ranghu Rd., Daqing City, Heilongjiang Province 163453, P. R. China