

超临界 CO₂ 开发页岩气技术

王海柱 沈忠厚 李根生

(油气资源与探测国家重点实验室(中国石油大学(北京)),北京 102249)

摘要:页岩气藏具有低孔隙压力、低孔隙度、低渗透率和高含黏土等特点,开发难度较大。为了降低页岩气藏开发成本,提高页岩气经济技术可采储量,需要一种新的高效页岩气开发技术。通过分析页岩气成藏、页岩储层、页岩气和超临界 CO₂ 流体的特性,结合超临界 CO₂ 喷射破岩试验结果和 CO₂、CH₄ 与岩层吸附特性可知:超临界 CO₂ 喷射钻井能够在页岩层中获得较高的机械钻速,同时不会使页岩层产生黏土膨胀、水锁等效应;利用超临界 CO₂ 流体进行储层压裂改造,能使储层产生更多微小裂缝,有助于页岩气生产,最重要的是 CO₂ 与页岩的吸附强度高于 CH₄,CO₂ 能置换吸附在页岩上的 CH₄,在提高产量和生产速率的同时,实现 CO₂ 永久埋存。因此,超临界 CO₂ 开发页岩气无论从技术上和经济上均具有较大优势,将成为未来页岩气高效开发的新技术。

关键词:超临界 CO₂ 页岩气 页岩 CO₂ 埋存 可行性研究

中图分类号:TE242.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0890(2011)03-0030-06

Feasibility Analysis on Shale Gas Exploitation with Supercritical CO₂

Wang Haizhu Shen Zhonghou Li Gensheng

(State Key Laboratory of Petroleum Resource and Prospecting, China University of Petroleum (Beijing), Beijing, 102249, China)

Abstract: Shale gas reservoir has the characteristics of low pore pressure, low porosity, low permeability and high content of clay, so it is difficult to exploit. In order to decrease the development cost and increase the technical and economic recoverable reserves, a new and efficient technology is needed. The characteristics of shale gas reservoir, shale gas, reservoir formation and supercritical CO₂ are analyzed, the adsorption properties of CO₂, CH₄ with shale and rock broken result with supercritical CO₂ jet are also analyzed, and some conclusions have been gotten from the above analysis. It can obtain higher penetration rate in the shale formation with supercritical CO₂ jet, and the clay swelling and water lock effect will not occur, many micro-fractures would be form in the formation when the supercritical CO₂ is used to fracture, which of them is helpful to shale gas production; the most important is the CO₂ molecule has stronger adsorption ability with shale than that of CH₄ molecule, it can replace the CH₄ adsorbed on organic matter and tiny particles of clay mineral surface, then increase the output and production rate, at the same time the CO₂ is buried for ever. So shale gas exploitation with supercritical CO₂ has many advantages on technical and economic, believed that it can be the new and efficient technology in shale gas exploitation.

Key words: supercritical carbon dioxide; shale gas; shale; CO₂ sequestration; feasibility research

页岩气是一种生长在泥页岩层中的非常规天然气资源,同时以吸附和游离状态赋存于以泥岩和页岩为主的地层中。我国页岩气资源十分丰富,预计资源量可达 $100 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 约为常规天然气量的 2 倍,勘探开发潜力巨大。根据页岩气可采资源底数和开采潜力,页岩气可望成为继致密砂岩气和煤层气之后的第三种重要的非常规油气资源^[1-2]。

页岩气相对于常规天然气藏开发来说困难较大。首先,泥页岩类基质孔隙极不发育(浅层孔隙度可大于 10%, 2 300 m 以深地层孔隙度通常小于 10%), 多为微毛细管孔隙,属于渗透率极低的沉积

收稿日期:2010-11-02; **改回日期:**2010-11-21。

作者简介:王海柱(1981—),男,河北遵化人,2005 年毕业于西安石油大学石油工程专业,中国石油大学(北京)油气井工程在读博士研究生,主要从事超临界二氧化碳流体在石油工程中的应用的基础理论与技术研究。

联系方式:(010)89732176, whz0001@126.com。

基金项目:国家重点基础研究发展规划(“973”计划)项目“深井复杂地层安全优质快速钻井基础研究”(编号:2010CB226704),国家自然科学基金重点项目“超临界二氧化碳在非常规油气藏中应用的基础研究”(编号:51034007)部分研究内容。

网络出版时间:2011-02-23T09:04:00。

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/11.1763.te.20110223.0904.001.html>。

岩,渗透率为 $(10^{-3} \sim 10^{-6}) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$;其次,页岩是由黏土物质硬化形成的微小颗粒集结而成,属于黏土岩的一种,含有大量黏土矿物,黏土遇水即发生膨胀,堵塞岩石孔隙喉道;再次,从国外开发经验来看,钻井完成后,凡有经济开采价值的页岩气藏,都存在大量天然裂缝,否则必须经过压裂等增产措施才能投产,且压裂投产井占到了 90% 以上,增加了开发成本^[3]。

1 页岩储层及页岩气特性

1.1 储层特性

页岩气藏是“自生自储”式气藏,运移距离极短。在生物化学生气阶段,天然气首先吸附在有机质和岩石颗粒表面,饱和后富余的天然气以游离相或溶解相进行运移;达到热裂解生气阶段,大量生烃导致压力升高,若页岩内部产生裂缝,则天然气以游离相为主向其中运移聚集,受周围致密页岩层遮挡,易形成工业性页岩气藏。

页岩的矿物成分较复杂,除高岭石、蒙脱石、伊利石等黏土矿物以外,还混杂石英、长石、云母等多种碎屑矿物和自生矿物,其黏土矿物含量较高,因此它被划为黏土岩的一种。页岩具有页状或薄片状层理,用硬物击打易裂成碎片,是黏土物质经压实作用、脱水作用、重结晶作用后形成,常见类型有黑色页岩、碳质页岩、油页岩、硅质页岩、铁质页岩等,页岩气主要产自黑色页岩和碳质页岩中^[4]。

页岩气储层与常规气储层的差异很大。页岩以小颗粒物质为主,一般以黏土和泥质为其最主要组分,其粒径较小,为 5~63 μm ,砂(粒径>63 μm)所占的组分相对较少。因具有粒径小的特点,页岩气储层的渗透率极低,与致密砂岩储层的渗透率相比,低 2~3 个数量级。同时,储层孔隙度也较低,通常小于 5%,孔隙半径也小,以微孔隙为主,其含气量较低。页岩气储层渗透率和孔隙度极低,决定了其开发必须采用适当的或者新的增产技术,才能实现商业开发。

1.2 页岩气特性

页岩气可以是生物成因、热裂解成因或混合成因,它主要以吸附状态存在于页岩的岩石颗粒和有机质表面,在孔隙发育的页岩层中还能以游离状态存在,在与石油伴生的盆地中,页岩气也能以溶解状

态存在于地层水和液态烃中。由于产层性质不同,吸附气和游离气的构成比例也非常不同,吸附气含量范围较宽,约 20%~85%^[3]。页岩气的主要成分是甲烷(CH₄),含量在 90% 左右,除此之外还有少量氮气、二氧化碳、重烃和惰性气体。CH₄ 的临界温度为 196.6 K,临界压力为 4.54 MPa,在储层埋深 1 500~3 000 m 的条件下,CH₄ 以超临界态存在。

在某种程度上来说,页岩气的解吸机理与煤层气的解吸机理是相同的^[5]。在页岩层中,页岩气在地层条件下主要以吸附状态赋存,页岩表面分子与 CH₄ 分子间的作用力属于范德华力,主要为物理吸附。页岩气的解吸是吸附的逆过程,处于运动状态的气体分子因温度、压力等条件的变化,导致动能增加而克服引力场,从页岩的内表面脱离成为游离相,发生解吸。

吸附气含量与总有机碳含量(TOC)密切相关(见图 1),因为有机质是吸附气的核心载体,有机碳含量的高低会导致吸附气含量发生数量级的变化。同时黏土矿物质量分数也对吸附气含量有一定影响(见图 2),一般黏土(粒径小于 5 μm)和泥质(粒径为 5~63 μm)的粒径均较小,具有较大的比表面积,

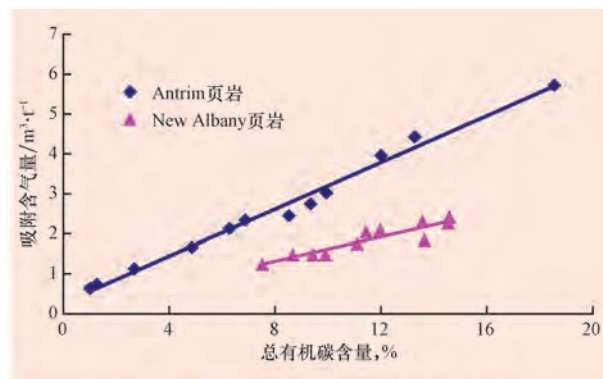


图1 吸附气含量与总有机碳含量关系
Fig.1 Relationship between gas content and TOC

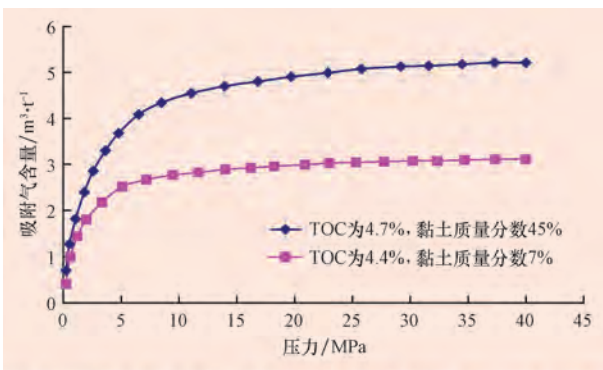


图2 不同黏土质量分数下的吸附气含量与压力的关系
Fig.2 Relationship between gas content and pressure in different clay content

因此对烃类具有极强的吸附作用。在有机碳含量接近和压力相同的情况下,黏土质量分数高的页岩所吸附的气体量要比黏土质量分数低的页岩高,而且随着压力的增大,差距也随之增大(见图2)。此外,温度和压力对吸附气含量也有一定影响^[8]。一般来讲,总有机碳含量和黏土矿物质量分数较高的岩层均具有较高的开发价值。

2 页岩气开发特点

页岩储层的渗透率低,气流的阻力比传统天然气储层大得多,因此其生产的速度和效率均较低。页岩气往往以逐步释放的形式产出,首先排出的是裂缝中的游离气,然后是附在裂缝面上的吸附气,最后逸出的是页岩基质中的吸收气。游离气快速释放,吸附气的产出具有速度慢、产量低的特点,而吸收气则以非常稳定而又极其缓慢的速度排出。因此,页岩气井具有很长的生产寿命,最高可达30 a^[3]。

由于20%~85%的页岩气是以吸附状态赋存于气藏中,因此气体的解吸作用是页岩气产出的重要机理。生产中通过排出页岩中的地下水来降低地层原始压力,促使气体解吸过程发生。解吸的气体通过扩散作用进入裂缝系统,然后在地层压差的驱动下,经裂缝网络流向井筒。一般来讲天然裂缝系统的发育程度直接影响页岩气开采效益。世界页岩气资源很丰富,但尚未得到广泛的勘探开发,根本原因在于致密页岩的渗透率一般很小,仅有少数天然裂缝十分发育的页岩气井可直接投入生产,其余90%以上的页岩气井需要采取压裂等增产措施沟通其天然裂缝,提高井筒附近储层的导流能力。

为了提高开采效率、降低开采成本,需要采取特殊的钻井与完井方法。目前多采用水平井或斜井开采,斜井钻进是开发透镜状气藏的最佳方法,而水平井将成为开发边缘海相砂岩和海相席状砂岩的最佳方法。水力压裂是页岩气增产的重要措施,目前以清水压裂为主,支撑剂较凝胶压裂少90%,为了防止储层中的黏土膨胀,需要在清水中加入一定量的防膨剂和其他的表面活性剂等药品,在水这种低黏度流体的作用下,更容易产生复杂的裂缝网络,有助于生产。然而这些开发方法及增产措施都离不开水,这对于黏土含量较高的页岩储藏来说是致命的,即便加入防膨剂等处理剂也会对储层造成不可逆的伤害。

3 超临界 CO₂ 开发页岩气的优势

CO₂ 临界点比较低,临界温度约为 31.04 °C,临界压力约为 7.38 MPa(见图3),一般井下 750 m 就能够达到临界点,因此,钻井过程中井筒中的 CO₂ 很容易达到超临界态。

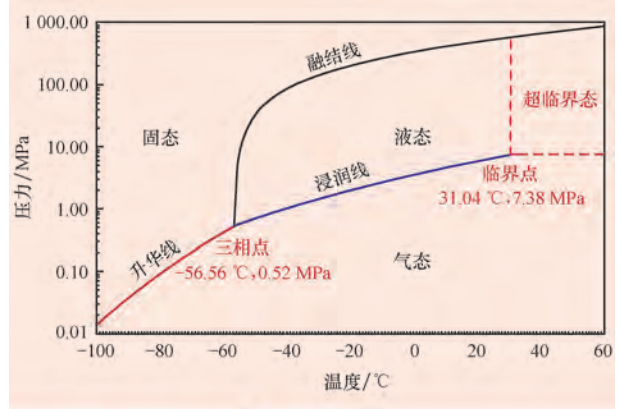


图3 CO₂相态

Fig.3 Phase diagram of carbon dioxide

超临界流体既不同于气体,也不同于液体,具有许多独特的物理化学性质。超临界 CO₂ 具有接近于液体的密度,同时,其黏度与气体接近,扩散系数比液体大,具有良好的传质性能。另外,超临界 CO₂ 的表面张力为零,因此它们可以进入到任何大于超临界 CO₂ 分子的空间。在临界温度以下,不断压缩 CO₂ 气体会会有液相出现,然而压缩超临界 CO₂ 仅仅导致其密度的增加,不会形成液相。在临界点附近,CO₂ 流体的性质有突变性和可调性,即压力和温度的微小变化会显著影响 CO₂ 流体的性质,如密度、黏度、扩散系数和溶剂化能力等^[5-6]。因此,它在页岩气开发方面存在诸多优势。

3.1 技术优势

3.1.1 提高钻井速度,缩短建井周期

页岩虽然硬度不大,但在钻进过程中容易出现缩径、卡钻等一系列问题。超临界 CO₂ 射流能够破碎页岩、大理岩及花岗岩,其破岩门限压力比水射流要小得多,并且超临界 CO₂ 喷射钻井能够达到较高的机械钻速。Kolle 和 Marvin 的研究结果表明,在大理岩样中超临界 CO₂ 射流破岩的门限压力为水射流破岩门限压力的 2/3,在页岩中为 1/2 或更小。此外,页岩小尺寸喷射辅助钻井试验结果表明,在曼柯斯页岩中超临界 CO₂ 喷射钻井的速度是水射流钻井速度的 3.3 倍,破岩所需比能(SE, specific en-

ergy) 仅为水射流钻井时的 20%^[8]。图 4 为花岗岩和曼柯斯页岩水射流和超临界 CO₂ 射流破岩断面对比图。从图 4 可以发现,利用水射流破岩时,射流经过区域留下小的沟槽,且轮廓较为清晰,岩石破碎体积较小。而利用超临界 CO₂ 喷射破岩时,射流经过区域留下大面积的坑道,射流切割轮廓不明显,岩石破碎体积较大,且为大面积崩落。

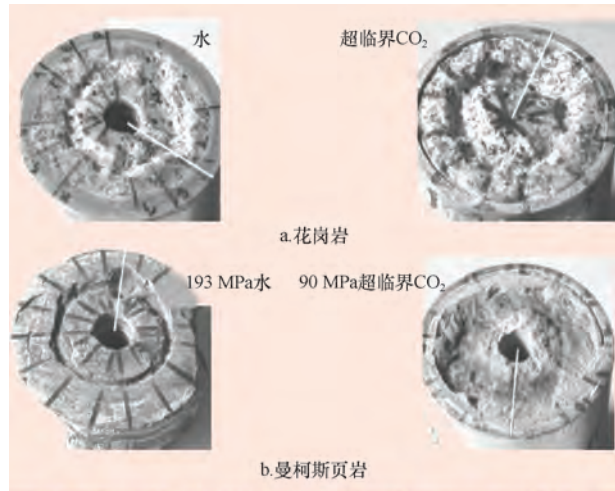


图 4 不同岩石水射流和超临界 CO₂ 射流破岩试验结果
Fig. 4 Jet erosion test results in Mancos Shale and Sierra White Granite with water and SC-CO₂

图 5 为利用功率 100 kW、直径 50 mm 的钻井设备进行不同介质喷射钻井的钻井速度对比,对比介质为水和超临界 CO₂,所钻岩石为曼柯斯页岩。在压力低于 124 MPa 的时候,水力射流不能破岩,而超临界 CO₂ 喷射破岩的有效压力却低至 55 MPa^[7]。

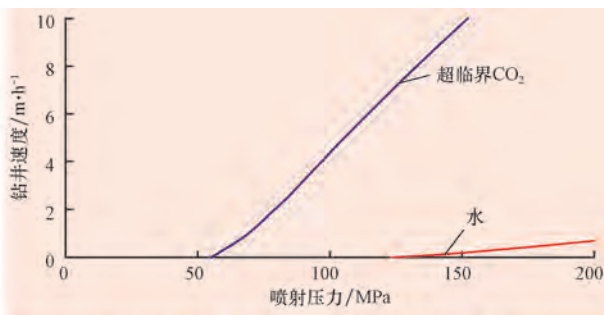


图 5 不同介质喷射钻井对比试验结果
Fig. 5 Jet erosion drilling rates comparison in hard shale with different fluids

最重要的是,超临界 CO₂ 流体中不含水,在提高钻井速度的同时,降低了缩径、卡钻等风险,增加了纯钻时间。

3.1.2 超临界 CO₂ 强化采气,提高产量及采收率

页岩气在储层中的吸附气含量达到 20%~85%,决定了其单井产量低、采收率低、生产周期长

的开发特点。利用超临界 CO₂ 开采页岩气,可望解决这些问题。

首先,超临界 CO₂ 黏度较低,扩散系数较大,最重要的是表面张力为零。因此,它在储层孔隙中非常容易流动,而且能够进入到任何大于其分子的空间,在外力作用下,能够有效驱替微小孔隙和裂缝中的游离态 CH₄。其次,CO₂ 分子与页岩的吸附能力强于 CH₄ 分子与页岩的吸附能力。因此,它能够与吸附在孔隙有机质、微小黏土颗粒等矿物表面的 CH₄ 分子发生置换,将吸附态的 CH₄ 分子变为游离态,经过孔隙裂缝运移到井筒中被开采出来,使气井投产后很长一段时间后保持较高产量,缩短生产周期^[9]。再次,超临界 CO₂ 流体密度大,有很强的溶剂化能力,能够溶解近井地带的重油组分和其他污染物,减小近井地带油气的流动阻力。

3.1.3 满足高含黏土矿物页岩气藏开发需要

页岩层黏土矿物含量较高,一般为 30%~50%,有的甚至高达 65%,这一特点使得页岩多具有水敏性,水进入储层后可使其黏土矿物(特别是蒙脱石)膨胀,从而堵塞孔缝;同时,页岩孔隙度和渗透率极低,均属于微裂缝和微孔道,储层一旦伤害便不可逆转。

超临界 CO₂ 流体不含固相颗粒,也不含水,钻井过程中不会对储层造成任何污染,还能改善近井地带的油气渗流通道。同时,利用超临界 CO₂ 流体进行储层喷射压裂改造时,其低黏特性能够使储层产生诸多微裂缝,从而最大限度地沟通天然裂缝,进一步提高裂缝的导流能力,达到增产和提高采收率的目的^[10-11]。

3.2 经济优势

由于页岩气开发难度较大,单井产量和采收率低,投资回收期较长,因此要严格控制开发成本。通常经济优势和技术优势是一致的,因此超临界 CO₂ 流体开发页岩气具有较强的经济优势。

首先,超临界 CO₂ 钻井钻速快,破岩门限压力低。这样不仅大大缩短了钻井周期,而且对设备的压力要求也大大降低,从而降低了钻井设备功率,减少了能源耗费,因此可以大大降低开发初期的钻井成本。其次,超临界 CO₂ 对储层没有任何污染,钻开储层时不但不会增大表皮系数,反而会使其下降,投产前无需对近井地带进行改造,节约了费用。同

时在利用超临界 CO₂ 强化采气时,由于超临界 CO₂ 具有低黏、高扩散系数、零表面张力特性,以及比 CH₄ 气体更强的岩石吸附能力,使得超临界 CO₂ 流体能够进入任何大于其分子的空间,有助于 CH₄ 气体的置换,从而提高页岩气的采收率和单井产量,降低单位成本,缩短投资回收期,降低投资风险^[12-13]。此外,超临界 CO₂ 钻井液适应性广,与常规水基或油基钻井液相比,它容易回收利用,对环境无污染,节约了钻井液和环境治理费用。

随着全球气候的日益恶化,节能减排的呼声越来越高,碳交易也在逐步推进,虽然当前我国碳交易受到经济、技术等条件的制约发展缓慢,但随着经济、社会、科技的快速发展,碳交易已是大势所趋。不仅可以利用 CO₂ 进行强化采气,换得清洁能源,而且还可以将大量 CO₂ 注入储层,实现永久封存,并从碳排放较多的企业或国家获取碳收益,从而进一步降低页岩气开发成本。

4 CO₂ 埋存的可行性分析

近一个世纪以来,全球大气中 CO₂ 质量浓度增加了近 150 mg/m³,现在仍以每年 3.24 mg/m³ 的平均速度上升。因此,全球气候变暖和温室效应是各国可持续发展面临的共同挑战,能否将来自地层化石燃料燃烧产生的 CO₂ 放回原处以减少对地球环境的影响?为此,人们在寻求成本低且有效的方案来减少 CO₂ 排放的同时,对 CO₂ 的封存方法及技术进行了积极的探索。

对于页岩气藏,绝大部分的黏土矿物组成及大量的原生孔和微裂隙为天然气的驻留提供了巨大的比表面和空间,将 CO₂ 注入气藏进行强化采气时,在 CO₂ 强于 CH₄ 的岩石吸附能力的情况下,CO₂ 分子占据了原有的 CH₄ 分子空间,将吸附态的 CH₄ 分子变为游离态,通过孔隙喉道流入井筒被开采出来,而 CO₂ 分子则以更强大的吸附力被束缚在页岩表面或驻留在储层孔隙中。同时,页岩气藏比较致密,渗透率极低,驻留的 CO₂ 不易泄漏,较其他油气藏来说具有更好的 CO₂ 埋存条件。

5 结论与建议

1) 泥页岩类基质孔隙极不发育,渗透率和孔隙度极低,同时储层中含有大量黏土矿物,遇水即发生膨胀,堵塞地层,因此对钻采技术提出了更高的要求。

2) 超临界 CO₂ 流体具有低黏、高扩散性、高密度等特点,使得超临界 CO₂ 钻井具有破岩门限压力低、破岩速度快等优势。对于典型的难钻页岩层来说,能够大大缩短钻井周期,降低钻井费用;同时对页岩来说,CO₂ 分子比 CH₄ 分子具有更强的吸附能力,可进行 CO₂ 强化采气。因此,超临界 CO₂ 开发页岩气技术有望成为页岩气增产的新技术。

3) CO₂ 在开发页岩气过程中能够被永久封存于储层中,同时还能从碳排放较多的企业或国家获取碳收益,在保护环境的同时进一步降低页岩气开发成本。

4) 建议积极开展超临界 CO₂ 钻井、压裂理论研究和配套工具的研制工作,对 CO₂、CH₄ 与页岩的吸附能力进行室内试验研究,为其尽早成为开发页岩气的现实技术奠定基础。

参 考 文 献

- [1] 赵群,王红岩,刘人和,等.世界页岩气发展现状及我国勘探前景[J].天然气技术,2008,2(3):11-14.
Zhao Qun, Wang Hongyan, Liu Renhe, et al. Global development and China's exploration for shale gas[J]. Natural Gas Technology, 2008, 2(3): 11-14.
- [2] 李新景,胡素云,程克明.北美裂缝性页岩气勘探开发的启示[J].石油勘探与开发,2007,34(4):392-400.
Li Xinjing, Hu Suyun, Cheng Keming. Suggestions from the development of fractured shale gas in North America [J]. Petroleum Exploration and Development, 2007, 34(4): 392-400.
- [3] 江怀友,宋新民,安晓璇,等.世界页岩气资源与勘探开发技术综述[J].天然气技术,2008,2(6):26-30.
Jiang Huaiyou, Song Xinmin, An Xiaoxuan, et al. Global shale gas resources and its E&P technologies[J]. Natural Gas Technology, 2008, 2(6): 26-30.
- [4] 张利萍,潘仁芳.页岩气的主要成藏要素与气储改造[J].中国石油勘探,2009,14(3):20-23.
Zhang Liping, Pan Renfang. Major accumulation factors and storage reconstruction of shale gas reservoir[J]. China Petroleum Exploration, 2009, 14(3): 20-23.
- [5] 李建忠,董大忠,陈更生,等.中国页岩气资源前景与战略地位[J].天然气工业,2009,29(5):11-16.
Li Jianzhong, Dong Dazhong, Chen Gengsheng, et al. Prospects and strategic position of shale gas resources in China[J]. Nature Gas Industry, 2009, 29(5): 11-16.
- [6] 徐世林,包书景.鄂尔多斯盆地三叠系延长组页岩气形成条件及有利发育区预测[J].天然气地球科学,2009,20(3):460-466.
Xu Shilin, Bao Shujing. Preliminary analysis of shale gas resource potential and favorable areas in Ordos Basin[J]. Natural Gas Geoscience, 2009, 20(3): 460-466.
- [7] Kolle J J. Coiled-tubing drilling with supercritical carbon dioxide[R]. SPE 65534, 2000.

- [8] 沈忠厚,王海柱,李根生.超临界 CO₂ 连续油管钻井可行性分析[J].石油勘探与开发,2010,37(6):743-747.
Shen Zhonghou, Wang Haizhu, Li Gensheng. Feasibility analysis of coiled tubing drilling with supercritical carbon dioxide [J]. Petroleum Exploration and Development, 2010, 37(6): 743-747.
- [9] 王新亮,狄勤丰,张任良,等.疏水纳米颗粒在岩心表面的吸附特性试验研究[J].石油钻探技术,2010,38(2):10-13.
Wang Xinliang, Di Qinfeng, Zhang Renliang, et al. Experimental investigations on adsorptive characteristics of hydrophobic nanoparticles on core surfaces [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2010, 38(2): 10-13.
- [10] Al-Adwani Faisal, Langlinais Julius P, Hughes Richard. Modeling of an underbalanced drilling operation utilizing supercritical carbon dioxide[R]. SPE 114050, 2008.
- [11] Gupta A P, Gupta A, Langlinais J. Feasibility of supercritical carbon dioxide as a drilling fluid for deep underbalanced drilling operation [R]. SPE 96992, 2005.
- [12] 贾虎,王瑞英,杨洪波,等.低渗砂岩储层正压射孔中水锁损害试验研究[J].石油钻探技术,2010,38(2):76-79.
Jia Hu, Wang Ruiying, Yang Hongbo, et al. Experimental study of water-block from overbalance perforation in low-permeable sandstone [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2010, 38(2): 76-79.
- [13] 蔚宝华,邓金根,闫伟.层理性泥页岩地层井壁坍塌控制方法研究[J].石油钻探技术,2010,38(1):56-59.
Yu Baohua, Deng Jingen, Yan Wei. Borehole sloughing control in shale formations [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2010, 38(1): 56-59.

欢迎订阅 2011 年《石油钻探技术》

《石油钻探技术》创刊于 1973 年,是由中国石油化工集团公司主管、中国石化集团石油工程技术研究院主办的科技期刊,是全国中文核心期刊和历年中国科技论文统计源刊,被美国《石油文摘》、《中国石油文摘》和《中国地质文摘》等大量摘录。国内连续出版物号:CN11-1763/TE,国际连续出版物号:ISSN1001-0890。

《石油钻探技术》主要报道国内石油工程(包括钻井、钻井液、固井、完井、开采等专业)以及钻采机械设备与自动化方面的科技进展和现场经验,适当介绍国外石油工程技术发展的水平和动向。2011 年,本刊栏目调整为:专家视点、钻井完井、油气开采、钻采机械、现场交流、科技简讯。适合于广大石油工程技术人员、石油类高等院校师生和油田企业经营管理者阅读。

《石油钻探技术》为双月刊,大 16 开版本,逢单月末出版。2011 年每期定价 15 元(含邮寄费),全年 6 期共 90 元。自办发行,邮汇与信汇均可。欢迎有关单位和个人及时订阅,可破季订阅。订阅办法:

1. 登录本刊网站(www. syzt. com. cn)下载期刊订阅单,认真填写订阅单及汇款单,切勿潦草,以免因地址不详而无法邮寄。

2. 银行汇款:工行北京市海淀支行,帐号 0200049629200702219,户名“中国石油化工股份有限公司石油工程技术研究院”,开户行代码:102100004960,并注明“期刊”字样。

3. 邮局汇款:北京市朝阳区北辰东路 8 号北辰时代大厦 710 室,邮编 100101,收款人:刘文臣。

联系电话:010-84988356,84988317;传真:010-84988316;E-mail:syzt@vip. 163. com。

《石油钻探技术》期刊实施优先数字出版

“优先数字出版”是指文章在正式印刷出版前,以数字出版方式提前出版印刷版期刊内容,在网络上优先发表的正式出版形式,通常比印刷出版提前数周或几个月。“优先数字出版”改变了学术期刊传统纸质印刷版滞后的局面,对于加速知识传播,促进科技创新、推广应用和期刊自身发展具有重要意义。

近年来,国际上学术期刊优先数字出版发展迅速,已经得到期刊界认可并纷纷采用。如 Science 的 Express, Nature 的 AOP(Advance Online Publication)等。国内“中国知网”[由新闻出版总署批准的中国学术期刊(光盘版)电子杂志社主办,互联网出版许可证号:新出网证(京)字 008 号]推出了学术期刊优先数字出版平台。

为加速优质稿件发表速度与传播速度,促进学术成果在国内外学术界的认可、传播和利用,《石油钻探技术》编辑部与“中国知网”合作,每期将优选 5~10 篇稿件,实施优先数字出版。对于优先出版的稿件,作者需签署优先数字出版授权书。

欢迎广大读者作者踊跃投稿!