

适用低孔低渗煤层气储层的抑制性低伤害钻井液

蔡记华, 王济君, 袁野

中国地质大学(武汉)工程学院, 湖北 武汉, 430074

低含气饱和度、低孔隙度(一般在 $2\sim 10\%$)、低渗透率(一般在 $0.1\sim 0.001\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$)和低储层压力[一般在 $(0.87\sim 1.0\text{ MPa})/100\text{m}$]是我国煤层气藏的主要特点(叶建平等, 1999; 杨陆武等, 2002&2012; 鲜保安等, 2007; 饶孟余等, 2007)。而在此过程中钻井液对煤层气的储层损害主要归结为以下几个方面: ①钻井液中固相颗粒对煤层的损害; ②煤与钻井液中的聚合物相互作用产生的堵塞; ③煤基质吸附膨胀造成的损害; ④敏感性伤害(水敏、碱敏); ⑤应力敏感性; ⑥水锁(贾军、唐培琴, 1995; 崔迎春, 1998; 赵庆波等, 1999; 叶建平等, 1999; 李前贵等, 2002; 杨胜来等, 2006; 赖晓晴等, 2009; 孟召平等, 2012)。近年来业内提出的煤层气储层保护钻井液技术包括: ①低密度、低粘度、低切力和低碱值的低固相或无固相钻井液(崔迎春, 1998); ②欠平衡或近平衡钻井(杨陆武等, 2002; 鲜保安等, 2007; 叶建平, 2011); ③可降解钻井液技术(Jihua Cai, et al, 2009; 蔡记华等, 2010, 2011); ④屏蔽暂堵技术(崔迎春, 1998; 蔡记华等, 2011; 符党替等, 2011)。

在前期研究基础上, 我们基于可降解钻井液技术、活度平衡原理和纳米材料技术, 提出由盐、增粘剂、降滤失剂、纳米架桥材料等组成的适应低孔低渗煤层气储层抑制性低伤害钻井液的技术思路。其中, 无机盐和有机盐可以用来调节钻井液矿化度。当钻井液矿化度接近甚至大于地层水的矿化度时, 可有效抑制煤基质吸附膨胀; 采用可生物降解的聚合物作为增粘剂; 另外, 我国的煤层气储层普遍具有低渗透率的特点, 煤储层孔喉直径多分布在 $0\sim 0.1\mu\text{m}$ (即 $0\sim 100\text{nm}$)之间(叶建平等, 1998; 许浩等, 2005; 王明寿等, 2006)。我们利用全自动比表面积及孔隙度分析仪对晋城 3#煤层的代表性煤样进行分析, 发现其孔隙直径分布在 $2\sim 200\text{nm}$ 之间。而目前广泛使用的架桥剂如超细碳酸钙的尺寸(如 800 目 CaCO_3 粒径为 $19\mu\text{m}$)无法在煤储层孔喉处架

桥从而形成薄而致密的泥饼, 而纳米级架桥材料(如纳米碳酸钙, 粒径 $30\sim 80\text{nm}$)则可望实现这一目的。另外, 笔者在针对具有类似低孔低渗特点的泥页岩(孔隙直径 $10\sim 30\text{nm}$)进行研究后发现: 纳米二氧化硅材料(粒径 $5\sim 22\text{nm}$)可有效封堵 Atoka 泥页岩孔喉(Jihua Cai et al, 2012)。

通过大量的室内实验, 我们主要取得如下成果: ①研究了盐溶液对煤岩物理力学性质的影响规律, 发现 HCOONa 和 HCOOK 对煤岩抑制性较好, 其最优加量均为 10% (如图 1 所示); ②遴选出粒径在 $30\sim 80\text{nm}$ 的纳米碳酸钙材料, 并使用 XC 生物聚合物和表面活性剂等降低它在水溶液中分散的粒径大小; ③获取纳米碳酸钙钻井液配方, 得出了 JBR 生物酶降解纳米碳酸钙钻井液的最优条件; ④煤岩气体渗透率测试结果表明: 煤岩在纳米碳酸钙钻井液污染后, 其气体渗透率只有初始气体渗透率的 44% , 经过 JBR 生物酶降解后, 煤岩气体渗透率恢复值为 78% , 而经过酸解后气体则能提高到初始渗透率的 128% (如图 2 所示)。该研究成果将为低渗低孔煤层气藏的勘探开发提供重要的理论和技术基础。

参 考 文 献 / References

- 蔡记华, 刘浩, 陈宇等. 煤层气水平井可降解钻井液体系研究[J]. 煤炭学报, 2011, 36(10):1683-1688.
- 蔡记华, 乌效鸣, 谷穗等. 煤层气水平井可生物降解钻井液流变性研究[J]. 西南石油大学学报(自然科学版), 2010, 32(5):126-130.
- 崔迎春. 煤层气储层钻井过程中的地层损害及保护[J]. 探矿工程, 1998, 21(4): 50-52.
- 符党替, 崔迎春, 王成彪. 煤层气井储层保护钻井工艺[J]. 煤田地质与勘探, 2001, 29(3): 62-64.
- 贾军, 唐培琴. 钻井液对煤层气储层渗透性的损害[J]. 钻井液与完井液, 1995, 12(6): 16.
- 赖晓晴, 楼一珊, 屈沉治等. 我国煤层气开发钻井液技术应用现状与发展

思路[J]. 石油天然气学报(江汉石油学院学报), 2009, 31(5): 326-328.

李前贵,康毅力,徐兴华等. 煤岩孔隙结构特征及其对储层损害的影响[J]. 西南石油学院院报, 2002, 24(3):14.

孟召平, 侯泉林. 煤储层应力敏感性及其影响因素的试验分析[J]. 煤炭学报, 2012, 37(3):430-437.

饶孟余, 杨陆武, 张遂安等. 煤层气多分支水平井钻井关键技术研究[J]. 天然气工业, 2007, 27(7):52-55.

王明寿, 汤达祯, 魏永佩等. 沁水盆地北端煤层气储层特征及富集机制[J]. 石油实验地质, 2006, 28(5): 440-444.

鲜保安, 孙平, 李延祥等. 煤层气水平井欠平衡钻井技术应用研究[C]. 煤层气勘探开发理论与实践论文集, 2007, 230-234.

许浩, 张尚虎, 冷雪等. 沁水盆地煤储层孔隙系统模型与物性分析[J]. 科学通报, 2005, 50(增刊): 45-50.

杨陆武, 孙茂远, 胡爱梅等. 适合中国煤层气藏特点的开发技术[J]. 石油学报, 2002, 23(4): 46-50.

杨陆武. 启动双引擎, 发展煤层气[C]. 煤层气学术研讨会, 2012.

杨胜来, 杨思松, 高旺来. 应力敏感及液锁对煤层气储层伤害程度实验研究[J]. 天然气工业, 2006, 26(3): 90-92.

叶建平, 秦勇, 林大扬主编. 中国煤层气资源[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 1998.

叶建平, 史保生, 张春才. 中国煤储层渗透性及其主要影响因素[J]. 煤炭学报, 1999, 24(2):118-122.

叶建平. 我国煤层气产业发展报告[C]. 煤层气学术研讨会, 2011.

赵庆波, 李五忠, 孙斌等著. 煤层气地质与勘探技术[M]. 北京: 石油工业出版社, 1999.

Jihua Cai, Martin E, Chenevert, Mukul M. Sharma, et al. Decreasing water invasion into Atoka shale using nonmodified silica nanoparticles[J]. SPE Drilling & Completion, 2012, 27(1): 103-112.

Jihua Cai, Xiaoming Wu, Sui Gu. Research on environmentally safe temporarily plugging drilling fluid in water well drilling [C], SPE 122437, 2009.

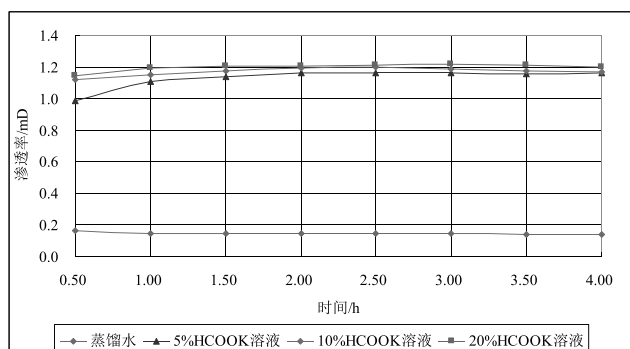


图1 盐溶液对煤岩气体渗透率的影响

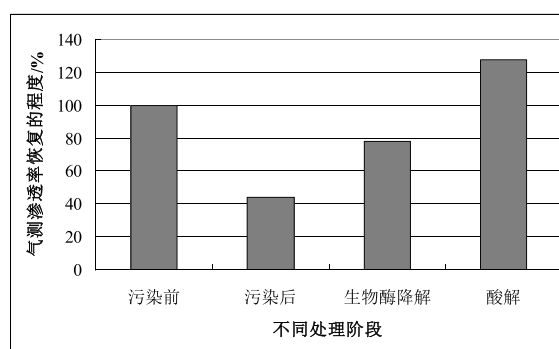


图2 不同处理阶段煤岩气测渗透率的变化情况