

文章编号: 0253-2697(2009)01-0033-05

三塘湖盆地侏罗系油藏中溶蚀对异常低压的控制作用

张君峰¹ 贾承造¹ 许浩² 汤达祯² 杨芳² 刘艳红³

(1. 中国石油勘探开发研究院 北京 100083; 2. 中国地质大学能源学院 北京 100083;

3. 中国石油勘探开发研究院杭州地质研究院 浙江杭州 310023)

摘要: 应用岩心、薄片、扫描电镜、储层物性和黏土矿物X衍射等资料,研究了三塘湖盆地侏罗系储集层的岩石学特征,发现中下侏罗统低压油藏中长石大量被溶蚀,高岭石非常发育,占全岩的3%~16%,平均为9.6%。研究表明,长石溶蚀过程中,伴随着高岭石的形成,地层水被消耗,孔隙中流体含量降低,储层孔隙体积增加了约1%,孔隙流体压力平均降低了2 MPa,说明长石溶蚀作用是中下侏罗统油藏压力降低的重要影响因素。

关键词: 三塘湖盆地; 侏罗系; 异常低压; 高岭石; 成岩作用; 溶蚀作用

中图分类号: TE112.23

文献标识码: A

Controlling function of feldspar dissolution for abnormal low-pressure in Jurassic reservoir of Santanghu Basin

ZHANG Junfeng¹ JIA Chengzao¹ XU Hao² TANG Dazhen² YANG Fang² LIU Yanhong³

(1. PetroChina Exploration and Development Research Institute, Beijing 100083, China;

2. School of Energy Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

3. Hangzhou Geological Institute, PetroChina Exploration and Development Research Institute, Hangzhou 310023, China)

Abstract: The data from core, slice, SEM and XRD were used to study the characteristics of the Jurassic reservoirs in Santanghu Basin. In the Lower-Middle Jurassic low-pressure reservoir, lots of feldspars were dissolved, the content of kaolinite is from 3% to 16%, and the average value is 9.6%. During the formation of kaolinite, the formation water was abundantly consumed, and fluid content in pores decreased. The porous space increased by 1%, and the average value of fluid pressure almost decreases by 2 MPa during feldspar dissolution. So, feldspar dissolution is the most important factor for declining of the reservoir pressure in the Lower-Middle Jurassic reservoir of Santanghu Basin.

Key words: Santanghu Basin; Jurassic; abnormal low-pressure; kaolinite; diagenesis; dissolution

三塘湖盆地位于新疆东北部,与蒙古接壤,南邻北天山,北抵阿尔泰山,为两山所夹持的山间盆地,面积为23 000 km²。经过十多年的勘探,侏罗系储层中地质储量可观,但由于油藏压力低,地层产水量少,储层非均质性严重,试油、试采效果不理想,给油田的勘探开发带来很大困难。侏罗系油藏所表现出的这种低压缺水的现象与其成岩作用有着密切的联系,因此,深入开展侏罗系储层成岩作用研究对于揭示低压油藏的形成机制以及指导油藏的勘探开发有着重要的意义。

1 侏罗系储层基本特征

三塘湖盆地是在晚古生代褶皱基底上发展起来的中新生代盆地^[1-2],由4个凸起和5个凹陷组成

(图1)。侏罗系储层包括:下侏罗统三工河组一八道湾组(J_{1s}+b)的滨湖相—河流沼泽相沉积;中侏罗统西山窑组(J_{2x})的滨浅湖相—河流沼泽相含煤碎屑岩沉积,头屯河组(J_{2t})的河流相、冲积扇相粗碎屑沉积以及上侏罗统齐古组(J_{3q})的河流相粗碎屑沉积。低压油藏主要发育在八道湾组和西山窑组中,八道湾组储集岩性以细砂岩和粉砂岩为主,孔隙度一般为14%~18%,渗透率一般为 $(20\sim 37)\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ 。西山窑组储层主要以三角洲平原分流河道砂体为主,储集岩性主要为中粗粒岩屑砂岩,平均孔隙度为11%,渗透率一般小于 $1\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$,仅有少数可达到 $(2\sim 4)\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ 。低压油藏的储集层基本上都属于低孔低渗透层。

基金项目: 国家青年科学基金(40802027)和中国石油天然气股份有限公司“风险创新基金”(0706d01040102)联合资助。

作者简介: 张君峰,男,1971年9月生,1994年毕业于中国地质大学(武汉),现为中国石油勘探开发研究院高级工程师,主要从事石油天然气成藏机理研究。E-mail: zhangjunfeng@petrochina.com.cn

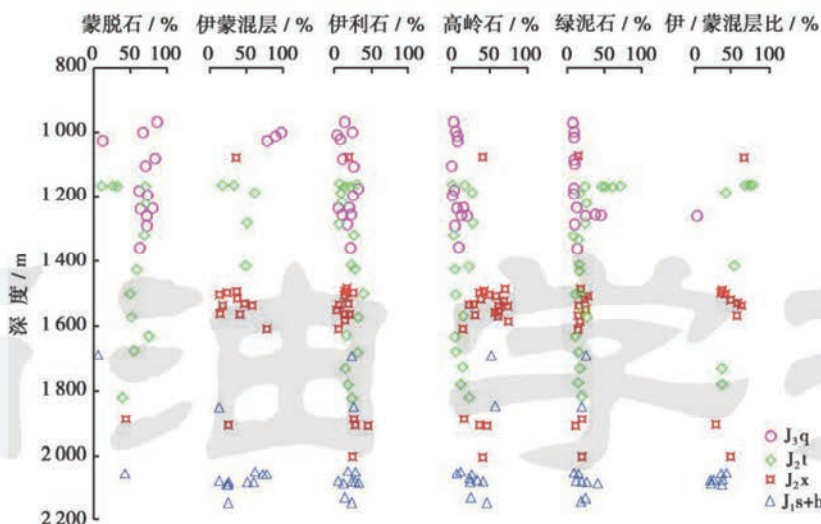


图 4 三塘湖盆地侏罗系黏土矿物含量纵向分布

Fig. 4 Longitudinal distribution of clay minerals content in Jurassic of Santanghu Basin

成熟度和成分成熟度都较低, 岩屑含量很高, 且主要为塑性较强的凝灰岩岩屑, 因此抗压能力很弱, 受机械压实作用的影响很强, 侏罗系储层物性降到最低。到了晚白垩世, 伴随着构造运动的发生, 下部地层的油气大规模涌入侏罗系地层, 受烃类中有机酸的作用, 储层中

长石开始缓慢的溶解形成高岭石, 这一作用使储层中溶蚀孔隙形成, 储集空间得到改善[图 5(c) 和图 5(d)]。铸体薄片观察发现, 在中下侏罗统凝灰质不等粒砂岩中, 长石岩屑边部容易发生溶蚀现象, 在颗粒周围形成典型的缝状粒间溶蚀孔隙(图 6)。

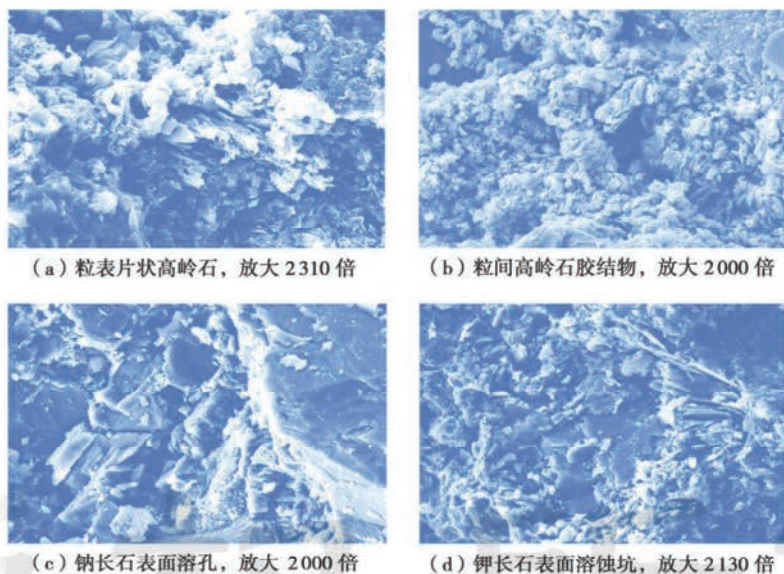


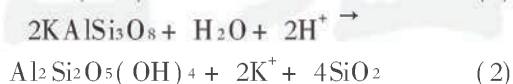
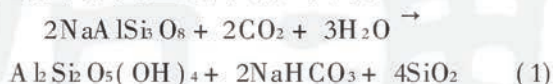
图 5 侏罗系储层黏土矿物扫描电镜镜下特征

Fig. 5 Clay minerals characteristics under SEM in Jurassic of Santanghu Basin

图 6 三塘湖盆地西山窑组缝状溶蚀孔隙($\times 400$)Fig. 6 Dissolution fractures of Xishanyao Formation in Santanghu Basin($\times 400$)

4 对储层流体场的影响

地层流体作为沉积物物理化学反应的主要介质,在沉积成岩过程中起重要的作用^[6-7],同时自生矿物的生成和消耗又使得地层中流体的性质和量发生变化。根据长石溶蚀作用的反应方程式(1)和式(2),三塘湖盆地侏罗系储层中有机酸在溶解长石的过程中需要消耗大量地层水,同时生成高岭石等矿物^[8]。



同时,溶蚀增孔作用已经得到众多学者研究的证实^[9-11],赵国泉等研究认为^[12],斜长石溶蚀前后不会导致孔隙度发生太大变化,而钾长石的溶蚀是储层次生孔隙形成和孔隙度增大的主要原因。通过X衍射分析,三塘湖盆地中下侏罗统地层中斜长石和钾长石的含量比约为2:1,说明在长石溶蚀过程中,虽然都消耗了地层水,但只有钾长石溶蚀反应使地层中总的孔隙空间增大。同时,由于地层水的消耗,孔隙中流体含量降低。因此,溶蚀作用使三塘湖盆地侏罗系储层中孔隙空间变大,而流体体积减小,导致孔隙流体压力降低,说明高岭石的形成是西山窑组和下侏罗统油藏中压力降低的重要影响因素。

研究表明,三塘湖盆地侏罗系储层中长石的溶蚀作用使储层孔隙体积增大,从镜下观察发现溶孔的面孔率一般小于1.0%,同时考虑到现今储层孔隙度很小,因此,可以判断溶蚀作用发生期储层孔隙体积的增加量约为1%,相当于孔隙流体体积平均减小了约1%。

根据帕斯卡定律,液体体积随压力的变化规律可表示为:

$$V = V_0[1 - \beta_f(p - p_0)] \quad (3)$$

式中: p_0 为原始液体压力,MPa; V_0 为压力为 p_0 时的液体体积, m^3 ; p 为变化后液体的压力,MPa; V 为变化后液体的体积, m^3 ; β_f 为液体的压缩系数, MPa^{-1} 。

为了便于计算,假设孔隙中流体均为地层水,因此,取地层水的压缩系数 β_f 为 $0.5 \times 10^{-3} \text{MPa}^{-1}$,根据式(3),计算出第二期溶蚀作用使得孔隙流体压力平均降低了2MPa。

5 结论

三塘湖盆地侏罗系储层总体以低成分成熟度、低结构成熟度、高塑性成分、低孔隙度、低渗透为显著特征,储层高岭石非常发育,占全岩的3%~16%,平均

为9.6%。研究表明,该地区高岭石发育与有机酸对长石的溶蚀作用密切相关。不断的埋深使得抗压强度较低的储层高度致密化,随着成藏期溶蚀作用的发生,尤其是钾长石的溶蚀使得侏罗系储层中孔隙空间变大,同时,矿物转化过程中部分地层水被消耗,使得相对增大的储集空间中,流体总量减少,从而导致侏罗系油藏压力降低,因此,溶蚀作用是三塘湖盆地侏罗系异常低压枯水油藏形成的重要影响因素。

参考文献

- [1] 孙自明,熊保贤,李永林,等.三塘湖盆地构造特征与有利勘探方向[J].石油实验地质,2001,23(1):23-26.
Sun Ziming, Xiong Baoxian, Li Yonglin, et al. Structural characteristics and favorable belt for hydrocarbon exploration in Santanghu Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2001, 23(1): 23-26.
- [2] 郝建荣,柳益群,冯乔,等.新疆三塘湖盆地构造-热史研究[J].西北大学学报:自然科学版,2006,36(2):290-294.
Hao Jianrong, Liu Yiqun, Feng Qiao, et al. The tectonic-thermal evolution of the Santanghu Basin[J]. Journal of Northwest University: Natural Science Edition, 2006, 36(2): 290-294.
- [3] Surdam R C, Crossey L J, SvenHagen E, et al. Organic-inorganic interactions and sandstone diagenesis[J]. AAPG Bulletin, 1989, 73(1): 1-23.
- [4] 李汉国,张晓鹏,钟玉梅.长石砂岩次生溶孔的形成机理[J].石油与天然气地质,2005,26(2):220-223.
Li Wenguo, Zhang Xiaopeng, Zhong Yumei. Formation mechanism of secondary dissolved pores in arcose[J]. Oil & Gas Geology, 2005, 26(2): 220-223.
- [5] 姚光庆,孙尚如.煤系粗粒低渗储层自生粘土矿物特征及其对储层特性的影响——以焉耆盆地侏罗系三工河组油层为例[J].石油与天然气地质,2003,24(1):65-69.
Yao Guangqing, Sun Shangru. Characteristics of authigenic clay minerals in coarse-grained and low permeability reservoirs in coal measures and its effect on reservoir property: An example of oil reservoir in Jurassic Sangonghe Formation in Yanqi Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2003, 24(1): 65-69.
- [6] 曹剑,张义杰,胡文瑄,等.油气储层自生高岭石发育特点及其对物性的影响[J].矿物学报,2005,25(4):367-373.
Cao Jian, Zhang Yijie, Hu Wenxuan, et al. Developing characteristics of kaolinite in central Jungar Basin and their effect on the reservoir quality[J]. Acta Mineralogica Sinica, 2005, 25(4): 367-373.
- [7] Marchand A M E, Smalley P C, Haszeldine R S, et al. Note on the importance of hydrocarbon fill for reservoir quality prediction in sandstones[J]. AAPG Bulletin, 2002, 86(9): 1561-1571.
- [8] 张善文.成岩过程中的“耗水作用”及其石油地质意义[J].沉积学报,2007,25(5):701-707.
Zhang Shanwen. "Water consumption" in diagenetic stage and its petroleum geological significance[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2007, 25(5): 701-707.

- [9] 邹华耀,郝芳,张伯桥,等.库车山前逆冲带超压流体主排放通道对油气成藏的控制[J].石油学报,2005,26(2):11-14.
Zou Huayao, Hao Fang, Zhang Boqiao, et al. Control of main expelling pathway for overpressure fluid on gas migration and accumulation in Kelasu Thrust Belt of Kuche Depression[J]. Acta Petrolei Sinica, 2005, 26(2): 11-14.
- [10] 王琪,嵇喜淮,陈国俊,等.鄂尔多斯西部长6砂岩成岩演化与优质储层[J].石油学报,2005,26(5):17-23.
Wang Qi, Zhuo Xizhun, Chen Guojun, et al. Diagenetic evolution and high-quality reservoir in Chang 6 sandstone in the western Ordos Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2005, 26(5): 17-23.
- [11] 杨晓萍,赵文智,邹才能,等.低渗透储层成因机理及优质储层形成与分布[J].石油学报,2007,28(4):57-61.
Yang Xiaoping, Zhao Wenzhi, Zou Caineng, et al. Origin of low-permeability reservoir and distribution of favorable reservoir[J]. Acta Petrolei Sinica, 2007, 28(4): 57-61.
- [12] 赵国泉,李凯明,赵海玲,等.鄂尔多斯盆地上古生界天然气储集层长石的溶蚀与次生孔隙的形成[J].石油勘探与开发,2005,32(1):53-55.
Zhao Guoquan, Li Kaiming, Zhao Hailing, et al. Feldspar corrosion and secondary pore formation in the Upper Paleozoic gas reservoir, Ordos Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2005, 32(1): 53-55.

(收稿日期 2008-03-04 改回日期 2008-08-20 编辑 熊英)

中国石油学会成功举办 “2008年全国石油石化企业节能减排技术交流会暨展览”

由中国石油学会主办,中国石油天然气集团公司、中国石油化工集团公司和中国海洋石油总公司协办的“2008年全国石油石化企业节能减排技术交流会暨展览”,于2008年11月18—20日在北京国际会议中心隆重举行。这次会展的主题是:“技术推广交流,促进节能减排”。中国科协书记处书记宋南平,中国石油天然气集团公司副总经理廖永远,中国石油化工股份有限公司高级副总裁王志刚,国家科技部高新技术发展及产业化司副司长张志宏,国家环境保护部污染物排放总量控制司副司长刘炳江,国家能源专家咨询委员会主任徐锭明,中国石油学会理事长贾承造、副理事长王道富、何庆华等有关领导专家为展览剪彩并出席会议开幕式,全国各石油石化及相关单位300多名代表参加了会议。

廖永远、宋南平、王志刚等领导在会上致辞,对中国石油学会紧紧抓住节能减排这个国家、社会和企业发展中的重大问题,以会展的形式,积极促进石油石化这一能源生产支柱产业,同时也是能源消耗大户和环境保护重点行业,进一步通过技术推广交流,促进节能减排,表示了充分肯定和赞扬,指出会展有重要实际意义和影响。

在大会上,张志宏、刘炳江、徐锭明等分别作了专题报告。中国石油和中国石化两大集团公司,以及大庆油田、胜利油田、辽河油田、辽阳石化公司、镇海炼化公司、中海石油(中国)有限公司湛江分公司和深圳分公司等典型企业在大会介绍了近年来节能减排工作先进典型经验与技术成果。

会议分4个分会场,共有近100篇论文进行了发言交流,内容包括石油石化各领域中节能减排的各种先进管理经验、制度和办法,节能降耗和减少排放的有效利用与处理技术,新产品与设备研发与应用等等。会展设有1500m²的成果与技术展览区,为体现会展节能环保理念,展览采用展板式。三大石油公司总部,以及近40家油田、炼化公司和有关展商展出了丰硕的技术成果。

各省市自治区石油学会对会展的顺利成功举行给予了大力支持和协助。会展得到了新华社等新闻媒体的关注,有近十家媒体记者到会采访并进行了会后报道。

(张占峰 供稿)