

桥口地区沙三组 3-4 亚段次生孔隙研究

肖 玲¹, 田景春¹, 魏钦廉¹, 张春生²

(1. 成都理工大学 油气藏地质及开发工程国家重点实验室, 成都 610059;

2. 长江大学 地球科学学院, 湖北 荆州 434102)

摘 要: 桥口地区沙三组 3-4 亚段储层为低孔低渗致密层, 次生孔隙类型为粒间溶孔、伸长状孔隙、充填后剩余的粒间孔隙、粒内溶孔、晶内溶蚀孔隙; 其中溶蚀粒间孔隙和溶蚀粒内孔隙是最主要的次生孔隙类型; 次生孔隙的孔径一般为 $2 \sim 25 \mu\text{m}$ 。纵向上, 沙三组 3-4 亚段发育 3 个次生孔隙发育带; 平面上, 次生孔隙在中央隆起带的翼部、靠近东部物源区的水下扇的扇中-扇根和轴向重力流水道较为发育; 次生孔隙发育的形成机理是干酪根脱羧及粘土矿物脱水形成的酸性孔隙水溶解长石等铝硅酸盐矿物和异常高压保存下来的次生孔隙经热循环对流局部改造形成。

关键词: 桥口地区; 热循环对流; 次生孔隙; 测井

中图分类号: P618.130.21 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2007)04-0299-04

0 引言

施密特与麦克唐纳在上世纪 70 年代提出次生孔隙概念。随着地质理论不断发展, 在对原生孔隙油气藏认识的基础上, 国内外发现了众多的次生孔隙油气藏, 次生孔隙在油气勘探中的重要性日益引起人们的重视。近年来, 油气勘探逐渐向深层领域发展, 对次生孔隙的成因及其分布研究成为油气储集层研究的重要课题^[1,2]。

次生孔隙在碎屑岩储层中占有很大的比例, 它的发育状况在一定程度上控制油气的聚集^[3]。东濮凹陷桥口地区沙三组 3-4 亚段气层是该区主力油气层之一, 具有埋藏深、储集物性差和存在异常高压等特点。加强该层位的次生孔隙成因机制及其分布规律研究, 对于有利次生孔隙带预测及油气勘探具有重要的意义。

1 储集层特征

桥口构造位于东濮凹陷黄河南中央隆起带北

端, 是受兰聊断裂和黄河断裂控制形成的继承性背斜构造。该构造北与文留构造南端的河岸刘庄地区隔河相邻, 南与新霍构造相连, 东临葛岗集生油洼陷及白庙地区, 西为黄河断裂系, 勘探面积约 120 km^2 。研究层段位于下第三系沙河街组沙三段中下部。埋深大部分超过 3500 m 。储层物性差, 沙三段 3-4 亚段储层为低孔低渗致密层, 孔隙度 $6\% \sim 24\%$, 渗透率 $1 \times 10^{-3} \sim 230 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

1.1 砂岩成分及结构特征

通过岩心观察, 桥口地区沙三组 3-4 砂岩碎屑成分中石英平均含量为 $59.1\% \sim 77.0\%$, 长石为 $14.6\% \sim 37.2\%$, 岩屑为 $3.5\% \sim 16.5\%$, 以长石质石英砂岩、长石岩屑质石英砂岩和长石砂岩为主。

砂岩填隙物含量为 $9.5\% \sim 11.2\%$, 主要包括碳酸盐矿物、粘土矿物和少量石盐、黄铁矿等。碳酸盐矿物含量占 $5\% \sim 10.5\%$, 以细晶含铁方解石和含铁白云石为主, 局部可见菱铁矿, 以交代碎屑颗粒和局部充填粒间孔隙形式产出。粘土矿物含量 $2\% \sim 3.2\%$, 据 X-衍射分析, 高岭石占 $5\% \sim 10\%$, 伊利石 $52\% \sim 63\%$, 绿泥石 $32\% \sim 45\%$ 。这些矿物晶体小, 比表面大, 严重阻碍流体的渗滤, 是导致砂岩渗透率降低的一个主要因素。

1.2 次生孔隙的形成、分布

收稿日期: 2007-01-19; 改回日期: 2007-04-18

作者简介: 肖玲(1981-), 女, 江苏如皋人, 博士研究生, 研究方向为储层沉积学。

带。沉积盆地中流体的流动主要有3种类型^[1]:一是由重力作用引起的大气降水下降流,二是由压实作用、粘土矿物的脱水作用及流体的热膨胀作用引起的地层流体的上升,三是流体的热循环对流。

成熟阶段次生孔隙的形成机理主要是有机酸及二氧化碳酸水的溶解。在埋藏成岩过程中,有机质的演化是产生酸性流体的一个重要来源。烃源岩中的有机质向烃类转化过程中会释放出大量 CO_2 ,使孔隙流体呈酸性^[4]。在油气大量生成时期,泥岩中的干酪根在80~120℃热作用下会脱去含氧官能团,从而形成大量的有机酸,这些有机酸易与 Al^{3+} 形成络合物,增加了 Al^{3+} 的活度,促进铝硅酸盐的溶解,也促进方解石的溶解。但在该阶段的晚期(B期)由于有机质成烃能力减弱,产生的有机酸有所减少,因此溶解和溶蚀作用都有所减弱,次生孔隙数量较早期少很多。成熟A阶段产生的次生孔隙对应于第一次生孔隙发育带,成熟B阶段产生的次生孔隙对应于第二次生孔隙发育带。过成熟阶段的次生孔隙对应于第三次生孔隙发育带,它是前阶段继承下来的次生孔隙在异常高压控制下经局部范围热循环对流改造而成(图1)。

根据埋藏压实曲线和粘土矿物分布特征,东濮凹陷在3500 m以下不会发生大规模的压实作用和粘土矿物脱水,不可能为上升流提供大量的流体来源^[5]。然而,在桥24井4359 m的3-4亚段层位中仍存在次生孔隙发育带,溶蚀作用也很强烈,表明仍有大量的流体源源不断地把溶解的物质携带走。流体的热对流循环可以很好地解释这种现象。

桥口地区沙三组3-4亚段岩性致密、压力异常(压力系数>1.5)和上倾方向封闭性断层存在,限制了热循环对流流体的大范围运移。因此深部次生孔隙发育带分布具有局部性特点。这种热循环对流通称为贝纳德-雷利热循环对流,即热流沿储层的底部向上流动,在上倾部位急转向上垂流直至储

层顶部,流体再沿储层顶界向下流动,并在下倾部位急转向下垂流至储层底部,如此往复。主要驱动力来自底部热流与顶部冷流之间存在的微小密度差。

方解石具有反向溶解性,而石英具有正向溶解性,因此循环流体将石英从热源带迁移到冷域,而方解石则从冷域迁移至热域。但是方解石的溶解度不仅只取决于温度,而是受多种因素的影响。该阶段有机酸脱羧产生高的 P_{CO_2} ,而高 P_{CO_2} 引起溶液pH值的降低可使方解石的溶解度由反向转为正向^[5]。所以,桥口地区碳酸盐矿物经溶解后由下部向上部运移(图3),下部形成次生孔隙,上部形成致密胶结带。

钾长石及斜长石的钙质组分在热域不稳定。因此,该矿物相在热域就会不断地溶解,并以某一恒定速度补充到流体中,直到饱和状态为止。热循环对流使溶解物质向上迁移,并在冷域以钠长石和含钙粘土矿物的形式从流体中沉淀出来。因此在储层的下倾部位长石颗粒被溶解,形成次生孔隙。

该阶段酸性主要为 CO_2 控制,由于 CO_2 作为溶解介质对碳酸盐和长石的溶解能力有限^[6],热循环对流产生的次生孔隙数量也有限。但是异常高压使流体压力超过静水压力,降低砂岩中的有效应力,抑制了储层的机械压实和石英次生加大等成岩作用,而对继承下来的剩余次生孔隙起到保护作用。

3 结论

(1) 桥口地区沙三组3-4亚段纵向上具有3个明显的次生孔隙发育带,平面上,次生孔隙与构造和沉积相关系密切,在构造翼部、靠近东部物源区的水下扇的扇中-扇根和轴向重力流水道较为发育。

(2) 该区第一、二次生孔隙发育带成因主要是干酪根脱羧及粘土矿物脱水形成的酸性孔隙水溶解长石等铝硅酸盐矿物。

(3) 该区第三个次生孔隙发育带是异常高压保存下来的剩余次生孔隙经热循环对流局部改造造成。其酸性物质来源于有机酸脱羧产生的 CO_2 。

参考文献:

- [1] Bjørlykke K. Formation of secondary porosity: How important is it? [M] // In: McDonald D A, Surdam R C. Clastic dia-

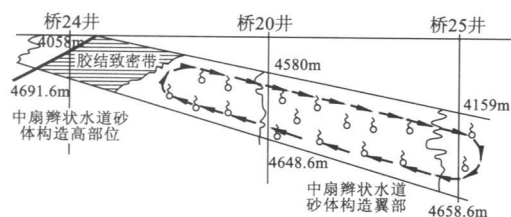


图3 Es_3^{4-4} 亚段热循环对流图

Fig. 3 Plot showing the heat recycling in Es_3^{4-4} subsector

genesis. AAPG Memior, 1984, 37: 277-286.

[2] 陈丽华, 赵澄林, 纪友亮, 等. 碎屑岩天然气储集层次生孔隙的三种成因机理[J]. 石油勘探与开发, 1999, 26(5): 77-79.

[3] 赵追, 孙冲, 张本书. 碎屑岩储层次生孔隙形成机制及其勘探意义[J]. 河南石油, 2001, 15(2): 11-12.

[4] 沃马克, 施密特(陈荷立译). 砂岩成岩过程中的次生储集孔隙[M]. 北京: 石油工业出版社, 1979. 1-59.

[5] 纪友亮, 赵澄林, 刘孟慧. 东濮凹陷地层流体的热循环对流与成岩圈闭的形成[J]. 石油实验地质, 1995, 17(1): 8-13.

[6] 黄思静, 侯中健. 地下孔隙率和渗透率在空间和时间上的变化及影响因素[J]. 沉积学报, 2001, 19(2): 225-226.

STUDY ON THE SECONDARY PORES IN E_{3-4} RESERVOIR IN QIAOKOU AREA

XIAO Ling¹, TIAN Jing-chun¹, WEI Qian-lian¹, ZHANG Chun-sheng²

(1. State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China; 2. Geoscience Institute, Yangtze university, Jingzhou 434102, Hubei, China)

Abstract: The E_{3-4} reservoir is the low porosity and low permeability tight reservoir in Qiaokou Area. The types of secondary pore include intergranular dissolved, extended shape, intergranular, intragranular dissolved and intercrystal dissolution pores. The pore size of the secondary pores is 2-25 μ m. The intergranular dissolved pores and intragranular dissolved pores are the most important types in all the secondary pores. The E_{3-4} reservoir has three secondary pore zone in vertical. In the plane, the secondary pores develop in the alar part of center mole track, the root fan-middle fan of sub-marine fan near the east provenance and the axial gravity flow channel. The secondary pore are generated as a result of aluminosilicate dissolution caused by acid water from decarboxylation of kerogen and dehydration of clay minerals and the part rebuild of heat recycle control flow through overpressure.

Key Words: Qiaokou; secondary pore; heat recycle control flow; well logging

(上接第 293 页)

DUE DILIGENCE ABC OF MINERAL EXPLORATION PROJECT

FENG Jian-zhong XU Jing

(Beijing Representative Office of East Asia Minerals Corp., Beijing 100006, China)

Abstract: Exploration of geology for mineral resources is an activity with high investment, high risk and high profit. How to bring in economical and high quality exploration license is the prerequisite of mineral exploration, as well as the foundation of enterprises development. The efficient, speedy and exact due diligence is the upmost for development of project. Exploration licenses are divided into three sources and four types. Based on reviewing of four types exploration projects, the contents, guide line and working procedure of due diligence are discussed. The whole due diligence can be separated into three stages, that is preliminary due diligence, general due diligence and detailed due diligence. On the basis of above mentioned research, the time schedule and working details of each due diligence stage, mapping, sampling space and method are discussed. In addition, the work ammount and cost in ganeral due diligence, as well as the key in detailed due diligence are probed into.

Key Words: preliminary due diligence; general due diligence; detailed due diligence; guide line; working procedure