

川西新场气田上沙溪庙组(J_{2s})气藏 储集体特征及形成机理研究

叶军 朱彤 赵泽江

(中国新星石油公司西南石油局研究院, 成都 610081)

本文利用储层地球化学方法,对川西致密砂岩气藏——新场气田中侏罗统上沙溪庙组(J_{2s})气藏储层进行了研究。将储层内部非均质性形成的化学机理和机械物理作用与储层所经历的构造演化史、成岩史、烃类运移富集史联系起来进行了综合分析阐述,同时结合油气产能、气藏动态特征、岩石学静态研究等资料,将气藏内非均质的储集空间划分为4类储集体,并指出了最有利勘探、开发的储集体类型。

关键词 储层地化 致密砂岩 中侏罗统 储集体 新场气田

第一作者简介 叶军 女 43岁 高级工程师 石油地质

1 气藏概况

川西坳陷新场气田是西南石油局1992年油气勘探的重大突破性发现,其中侏罗统上沙溪庙组气藏是继上覆上侏罗统蓬莱镇组气藏投入大规模开发生产后即将投入规模化开采的重要浅层气藏。

气藏所属的新场构造是孝泉—青杠嘴构造隆起带上的一个局部构造,属孝泉构造向北东方向延伸的平缓鼻状隆起,总体表现为西高东低、南陡北缓(图1)。

沙溪庙组气藏埋深1500~2000m左右,环境为滨浅湖相与三角洲相交替沉积,储层砂体成毯状展布,厚度相当稳定。岩性以中—细粒岩屑长石砂岩为主,次为长石岩屑或长石石英以及岩屑石英砂岩。胶结物以方解石为主,少量泥质、硅质。储层平均孔隙度<12%,平均渗透率 $(0.08 \sim 0.2) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。总体上,上沙溪庙组气藏的储集岩为超低渗致密储层。

由气藏单井产能测试结果表明,在中侏罗统上沙溪庙气藏储层内部存在着显著的含气非均质性,表现在当岩性、产能、厚度及孔隙度相似条件下,产能悬殊较大。如表1所示,6、7、8井产层有效厚度、孔隙度相近,储集岩均为岩屑长石砂岩,但天然气产能却相差很大,而渗透率参数与产能大小却呈正相关。因此储集条件的差异性便通过渗透率值被

反映出来。在超低渗致密储层内部,寻找储渗性能良好的部位是获得较高天然气产能的关键。

2 储集体特征及分类

新场气田上沙溪庙组(J_{2s})气藏天然气产能主要受制于孔隙结构以及反映孔喉连通程度的表征参数——渗透率。渗透率大小对天然气的富集规模具有重要作用。各储集体在几何形态、大小、规模、物性参数,特别是渗透率值上不尽相同,其内部由微裂缝起主要孔隙连通作用,而特低渗透的砂岩或致密泥岩则在三度空间上形成储集体的封隔。J_{2s}气藏实质上是由储集砂体内部不同级别的储集体构成。

在综合研究气藏地质、物探、动态等宏观特征的基础上,将J_{2s}气藏储层划分出4种各具特征的储集体类型。

2.1 连通相对好的高渗透储集体

该类型储集体孔隙结构好,渗流网络发育,储集规模大,自然产能高,具有较好的经济开采价值,是现阶段新场气田上沙溪庙组气藏勘探开发的重点。这类储集体表现在地质特征上为砂岩长石含量高,一般>40%,微裂缝发育且连通,孔喉连通性好,孔喉半径>0.075 μm 的含量较高(>50%);试井动态特征表现为有效渗透率 $(0.1 \sim 1) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均 $0.22 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,测试产能 $(1.2 \sim 1) \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$,生产

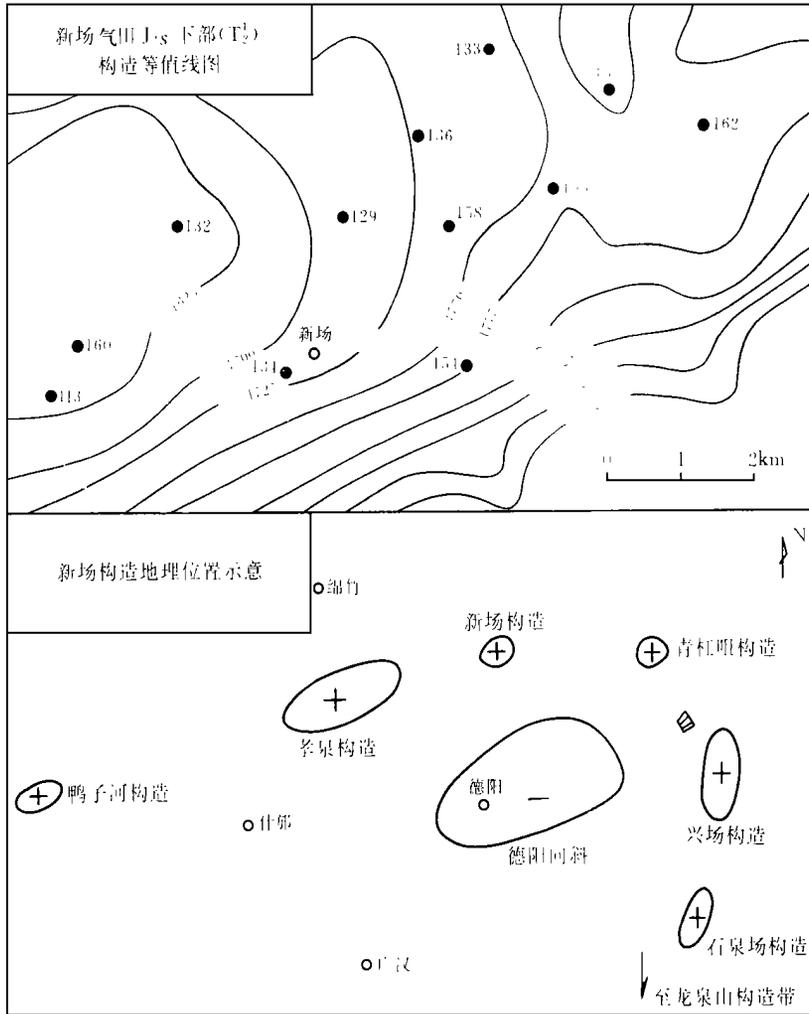


图 1 新场气田构造示意图

表 1 单井产能与产层厚度及储层孔渗性对比表

井 号	测试井段厚度 (m)	测井有效厚度 (m)	测试产能 (10 ⁴ m ³)	试井渗透率 (10 ⁻³ μm ²)	测井孔隙度 (%)
1	24.03	21	4.0158	0.3372	9.1~10.4
2	20.7	19.1	1.511	0.045	13
3	26.16	7.7	0.1792	0.013	9.2
4	21.2	3	少 量	0.003	11.0
5	44	11.2	4.9555	0.3	10.6~12.2
6	22.98	18	1.3058	0.4007	12.5
7	17.4	17	0.7316	0.145	9.08~10.34
8	20	16.5	0.0444	0.003	12.98

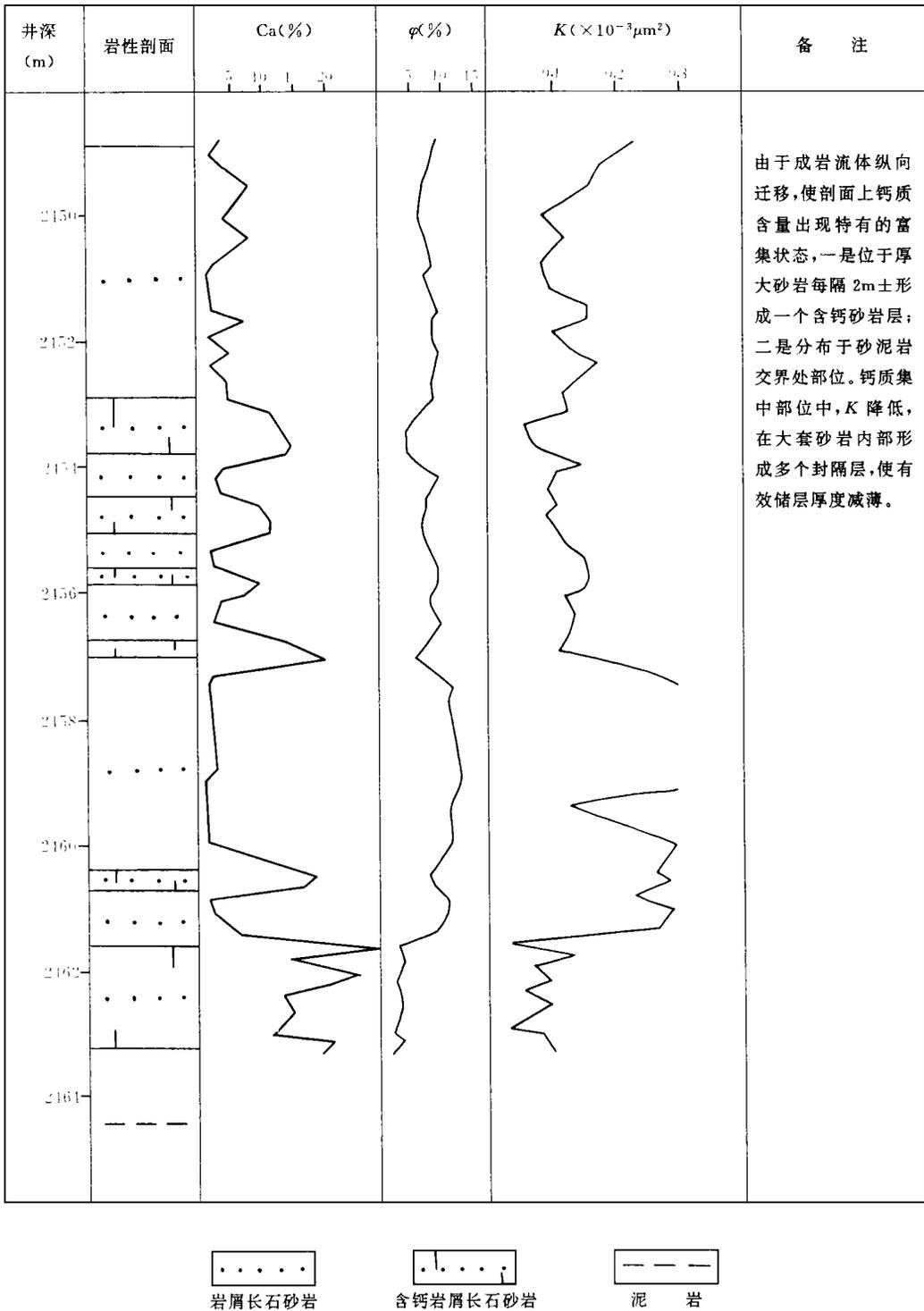


图 2 新场气田 × 井 J_{2s} 岩性物性纵剖面图

隙度值变化不大,但渗透率却明显降低。

由新场气田中侏罗统上沙溪庙组的成岩序列研究表明,在漫长的成岩演变过程中,上沙溪庙组储层长石砂岩曾经历了成岩早期溶蚀和成岩晚期溶蚀的

作用,早期溶蚀的孔隙又被晚期溶蚀的物质填充,所以对储层聚气起作用的是最晚期形成的溶孔。

3.2 储集体形成时期及流体介质条件分析

新场气田 J_{2s} 储集体的形成是地史中沉积、成

岩、构造、温度、压力、流体等各种地质作用及有机与无机地球化学多因素综合作用的最终结果。对气藏经历的构造史和烃源岩生排烃史以及储层成岩历史进行综合分析研究后得到储集体形成中各种因素的匹配关系(表2)。正是因为地史时期中诸因素的有利配置,使 J_{2s} 致密储层中形成了相对高孔渗的储集体。

燕山运动中期(J_{3p} 末),新场上沙溪庙组最大埋深已 1800m,由于储层自身岩石学特征的软弱性,在上覆负载的压力作用下,其经历了强烈的压实作用,岩石开始致密,随着埋深增加致密化程度不断加强,至燕山运动晚期,须家河组源岩进入生烃高峰并发生大规模运移,上沙溪庙组储层在尚未完全致密的背景下,接受了烃类气体的进入,孔隙水因烃类及非烃类酸性气体的进入由碱性转变为酸性。这种酸性介质流体对以长石为代表的稳定组分产生强烈的溶蚀作用,从而形成了溶蚀孔隙为主的储气空

间。随着溶蚀物质发生程度不同的迁移和化学沉积作用,各种不同规模和不同品质的储集体得以形成。目前,气藏产生的天然气贫 CO_2 和 H_2S (前者 0.02% ~ 0.5%, 后者 0.05% ~ 0.24%), 从一个侧面揭示了由于酸性溶蚀使天然气中酸性气体遭受贫化的事实。

第三纪发生的喜山运动,使正在进气、同时储层因溶蚀作用的发生而进行储集空间再分配的上沙溪庙组经历了强烈的构造挤压。在区域挤压应力场作用下,储层向超致密化转化,孔隙进一步缩小,已充气的储集体内部形成孔隙流体异常高压,孔隙水与岩石组分的作用达到平衡,地层中形成了含气性及流体压力分布极不均一的现今面貌。

可见,上沙溪庙组天然气在富集成藏过程中,进气、溶蚀、致密、超压基本上是同时进行的,各种过程相互作用相互促进又相互制约,这一过程即 J_{2s} 成藏过程或储集体形成过程,其发生时期是在燕山中

表2 J_{2s} 储集体形成的综合因素概表

系	统	组	构造运动①	与构造史匹配的 生排烃史	J_{2s} 储层致密化史	水介质条件
第四系				新场构造最后 定型,气藏特征 呈现目前状况 (致密超压,非 均质)	储层超致密,内 部形成储集体	水溶液与无机 矿物作用达到 平衡,溶蚀作用 基本完成,水溶 液中性-弱酸 性。
第三系	上新统		喜山早幕			
	始新统					
	古新统	缺失				
白垩系	上统			烃源岩生烃进 入高峰并发生 大规模运移。	中等致密,成岩 缝发育,储集空 间再分配	孔隙水呈酸性 $pH < 7$
	下统	剑门关组	燕山晚幕			
		蓬莱镇组	燕山中幕			斜长石发生溶 蚀, Ca 质相对 富集
	上统	遂宁组				
侏罗系		上沙溪庙组				
	中统	下沙溪庙组				
		千佛崖组	燕山早幕	须家河组烃源 岩开始排烃		
	下统	白田坝组				
	上统	须家河组	印支运动			
三叠系						
	中统					

① 安凤山等. 四川盆地西部碎屑岩领域天然气富集规律及大中型气田预测与评价. “八五”国家重点攻关项目报告, 1995

晚期到喜山早、中期(即 J₃ 末到 E)。

由于上沙溪庙储集体形成时期是在燕山晚期岩石中等致密时, 其时孔隙水状态, 一是分布极不均匀, 二是数量有限, 这就注定了充气后的孔隙酸性介质流体对长石及其它不稳定组分的溶蚀作用也极不均匀, 且充气排液的程度(流量、迁移距离)也不可能很高, 故上沙溪庙气藏中良好储集体分布范围及数量是有限的。

3.3 良好的储集体形成的基础条件

既然储集体形成的关键是以长石为代表的不稳

定组分化学溶蚀及物质的机械迁移, 那么储集体的形成则要求岩石矿物组成中有较高的长石含量, 有酸性孔隙流体存在, 有供流体物质迁移的通道, 这些是构成上沙溪庙组气藏中形成良好储集体的基础条件。

据统计(郭东晓, 1997), 构成上沙溪庙组气藏工业气层的储集体, 其长石含量一般 > 30%, 且长石含量与孔隙度略呈正相关(图 3)。

天然气大量运移与晚期溶蚀作用的匹配, 决定了酸性孔隙流体条件充分。

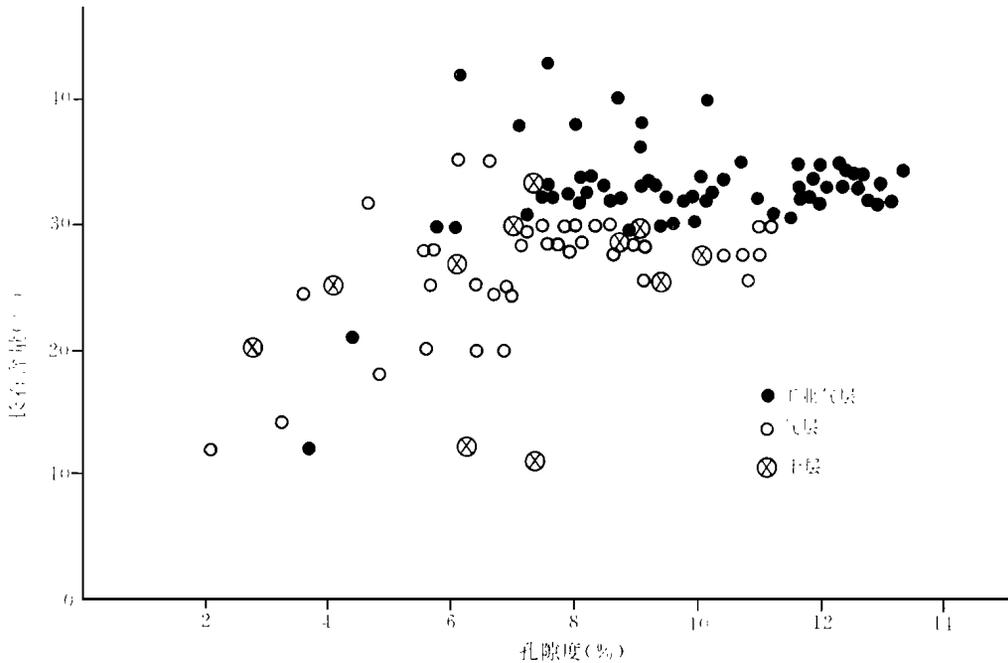


图3 新场 J_{2s} 气层孔隙度与长石含量关系图

可供流体物质迁移的通道是诸因素中最为重要的条件。这要求储层一方面在经历成岩压实作用后需保留一定数量的残留原生孔, 另一方面更要求有一定规模的喉道把这些孔隙连通, 即是说, 要形成现今以溶蚀孔隙为主, 以成岩物质迁移沉演形成三度空间封隔的储集体, 必须要求砂岩内部存在一个原始的即便是不太发育的渗滤连通网络, 在此基础上, 天然气充气和流体对储层进行溶蚀改造才有可能。利用激光扫描电镜研究 J_{2s} 储层的微裂缝发育特征(据王信, 1997)证实, 产气层微裂缝发育, 缝宽一般 0.17 ~ 70 μm, 多数 < 10 μm, 长度不等, 形状弯曲或挠曲, 多数分布于粒缘或粒间, 少量穿过颗粒, 这些微裂缝多为溶缝及高压缝, 是在成岩过程中形成的, 属成岩缝。电镜下可见到微裂缝与孔隙喉道及溶蚀孔之间组合成一个复杂的渗滤网系统。

3.4 储集体评价的核心参数——渗透率

由于新场气田上沙溪庙组气藏的特征是一个以大套砂岩内部单个储集体纵横向上相互叠置构成的气藏, 而储集体的形成机理又决定了孔隙度的高低不足以对其含气性及产能预测作出评价。因此决定储集体能否产出中高产天然气的岩石物性应当是孔隙结构, 而表明这一特征的重要参数是渗透率, 尤其是试井过程中的动态渗透率。

a、b 样品分别取自 J_{2s} 气藏两个不同的储集体, 尽管两个样品的孔隙度测定值仅相差了 1.76%, 但是由于孔隙结构上的差异, a 样品的渗透率却比 b 样品的高 5 倍, 从而造成 a 储集体产能 > 1 × 10⁴ m³/d, 为中高产气层; b 储集体产能 8200 m³/d, 为低产气层(图 4)。

其中 b 储集体的特征属前述机理分析 3.1 中溶

蚀改造的第三种结果。

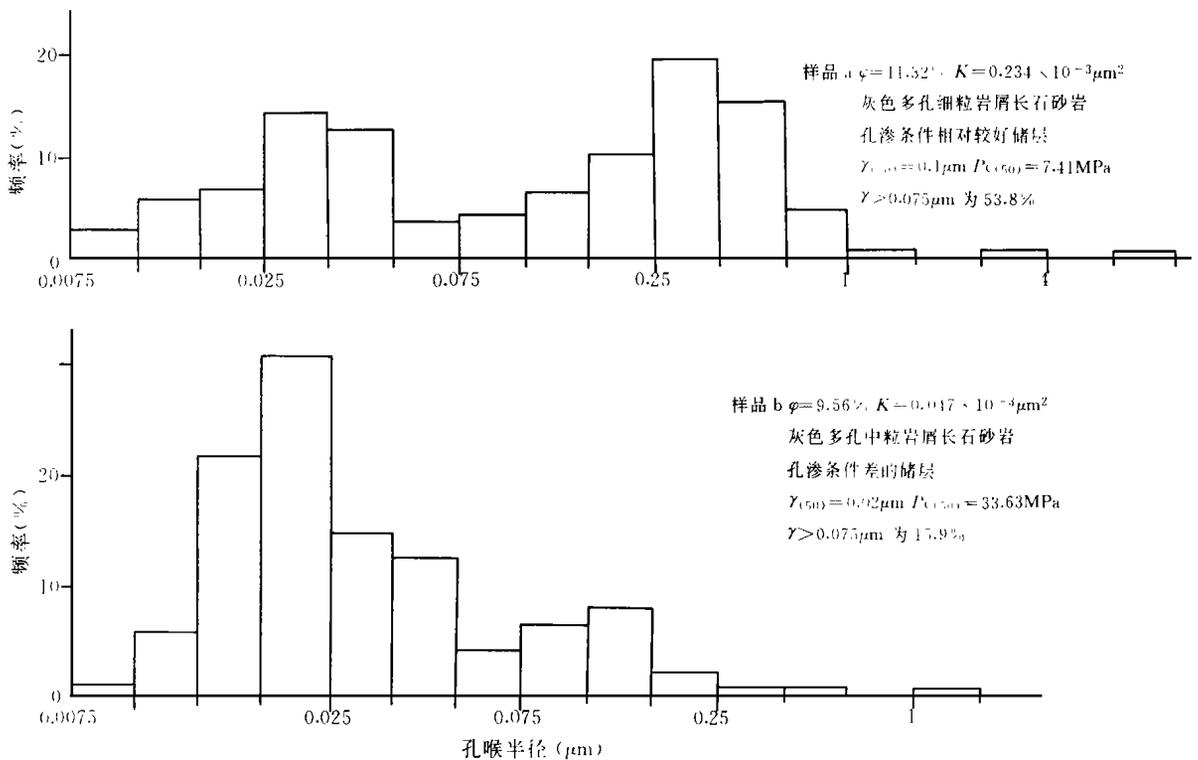


图4 储层孔喉结构差异比较图

4 结论

(1) 新场气田中侏罗统上沙溪庙组气藏属超致密、超高压气藏,由储集物性、规模大小、天然气产出性能完全不同的4类储集体构成。

(2) 最具有勘探、开发前景的类型是连通相对好的高渗透储集体和低渗储集体两类储集体,前者在自然产出状态下可获具有工业经济价值的天然气产量,后者在经优化钻井工艺和采取措施后也可获得理想的工业产能。

(3) 孔隙流体对砂岩中长石等不稳定组分(包括碳酸盐和岩屑)的酸性溶蚀作用是储集体形成的主要化学机理,被溶蚀物质的迁移程度(迁移量,迁移距离)是决定储集体规模的主要物理因素。

(4) 上沙溪庙组气藏储集体的形成过程即是上沙溪庙组气藏的成藏过程。发生时期主要是燕山中晚期到喜山早、中期(即 J_3 末到 E)。

(5) 成藏时期岩石致密化程度决定砂岩中残余孔隙水有限,成岩矿物转化水及烃类运移水可以作

为水溶液的一种补充。分布不均和数量有限的孔隙水是储集体规模不会很大,良好储集体发现难度高的主要原因。

(6) 上沙溪庙组砂岩尽管处于致密—超致密化背景之中,但形成良好储集体的必备基础条件仍然存在。

(7) 评价储集体品质的关键物性参数是渗透率。

本文在撰写过程中部分引用了西南石油局新场气田整体描述项目资料,储集体类型划分得到王胜教授指导,构造演化史参考了安凤山教授的研究成果,在此一并致以诚挚感谢。

参 考 文 献

- 1 梅博文主译. 储层地球化学. 西安: 西北大学出版社, 1992
- 2 朱国华等. 成岩作用. 中国地质学会编. 北京: 石油工业出版社, 1986
- 3 刘宝君主编. 沉积岩石学. 北京: 地质出版社, 1980

(收稿日期: 1998年2月20日)

A STUDY OF GAS RESERVIORS OF UPPER SHAXIMIAO FORMATION (J_{2s}) AND ITS ORIGIN IN XINCHANG GAS FIELD, WEST SICHUAN

Ye Jun Zhu Tong Zhao Zejiang

(*Research Institute of Petroleum, Southwest Bureau of Petroleum Geology, Chengdu 610081*)

Abstract

By means of reservoir geochemistry, the tight sandstone reservoirs of the Middle Jurassic Shaximiao formation (J_{2s}) in Xinchang gas field, West Sichuan were studied. The chemical mechanism and physical action for formation of internal anisotropy of reservoirs were synthetically analysed with the history of tectonic evolution, diagenesis and hydrocarbon migration and accumulation the reservoir underwent. Meanwhile, 4 types of reservoirs were classified according to hydrocarbon producing potential, dynamic character of gas pool and petrologic data, and the most favourable zones for exploration and development were pointed out.