川中地区须家河组天然气成藏机制研究 *

蒋裕强[1]　郭贵安[2]　陈义才[3]　李子荣[2]　卢正东[2]
(1. 西南石油大学　2. 中国石油西南油气田公司　3. 成都理工大学)

蒋裕强等. 川中地区须家河组天然气成藏机制研究. 天然气工业,2006,26(11):1-3.

摘　要　以天然气形成时期研究、天然气地球化学特征分析及运移地质条件分析为基础,对川中地区上三叠统须家河组天然气成藏机制进行了系统研究。研究认为川中地区须家河组气藏为 2 期气相充注,在燕山末期—喜山期构造抬升过程中,储层水溶气脱溶可能性小、残余气相的卸压膨胀具有一定贡献;虽然须家河组砂岩厚度大、分布广,但储层强烈的非均质性以及较平缓的区域地层,限制了油气进行长距离运移;天然气及凝析油等地球化学特征表现为近距离运聚成藏特点。从而为川中地区须家河组构造—岩性气藏的勘探提供了新的依据。

主题词　天然气　气藏形成　气相充注　近距离运聚　晚三叠世　四川盆地　中部

研究区位于四川盆地中部,构造位置隶属于四川盆地川中古隆中斜平缓构造带的中北部(图 1)地理位置东与华蓥山为界,西至安岳—中江一线,南达

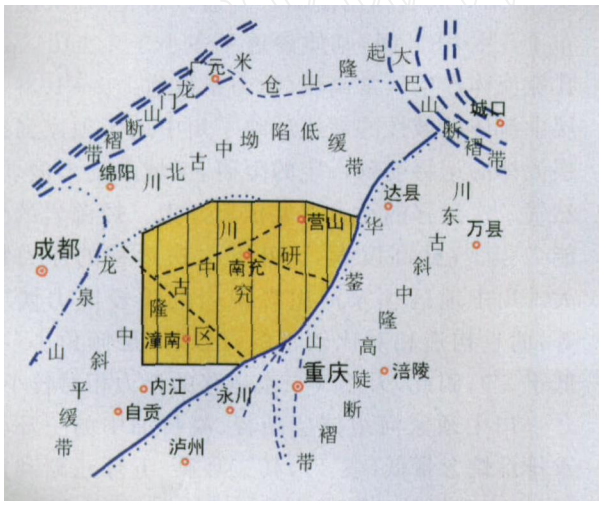


图 1　研究区位置图

铜梁,北至营山—阆中一线。川中地区对须家河组(川中油气矿生产上习惯称香溪群,或称香溪组。)的勘探历经 50 多年,约 300 口井钻揭须家河组地层,有 130 余口井在须家河组完钻,完钻层位大多为须三段或须一段,少部分井为须六段或须五段。钻探工作集中在遂南、八角场、磨溪、南充、龙女寺、潼南等构造,主要获得了八角场须四段气田、充西—莲池须四段气藏及零星分布的工业油气井 61 口,主要产层为须四段、须二段。2005 年在广安地区部分井须六段获得高产气流,但须二段、须四段勘探效果较差。前人对四川盆地须家河组天然气成藏机制的认识主要集中在川西地区,部分文献涉及川西—川中地区[1-6]。针对川中地区须家河组天然气勘探的现状,开展对川中地区上三叠统天然气形成机制的再认识,将丰富四川盆地上三叠统天然气形成理论,对勘探部署提供可借鉴的依据。

一、2 期气相充注及残余气相的卸压膨胀

1. 2 期气相充注

油气源对比证实,川中地区须家河组的油气主要来自须家河组本身的烃源岩。在侏罗纪末期,川中地区大部分须家河组烃源岩有机质进入低成熟阶段。在压实作用下,早期低成熟的油气排烃到邻近的储层中。由于此时储层埋藏深度一般在 3000～4000 m 之间,储层原生孔隙相对发育,储层中一部分低熟油气受毛细管力作用而被吸附在运载层中,另一部分则在浮力作用下充注到早期的构造圈闭。圈闭中第 1 期油气大量充注形成的流体包裹体均一温度一般在 80～100 ℃之间。随着上覆地层的不断沉积,须家河组烃源岩有机质逐渐演化到成熟和高成熟阶段,源岩中有机质不断向气态烃、凝析油裂解导致孔隙流体形成异常高压。与此同时,须家河组

*本文得到四川省重点学科建设项目(SZD0414)的协助。参加撰写本文的作者还有西南油气田分公司的陈昌。

作者简介:蒋裕强,1963 年生,副教授;1985 年毕业于西南石油学院勘探系;长期从事油气地质教学和科研工作。地址:(610500)四川省成都市新都区西南石油大学。电话:(028)83013171。E-mail:3055xnsyjyq@sina.com.cn

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

储层在压实作用下原生孔隙也不断降低,次生孔隙逐渐增加,储层物性相对变差。到白垩纪后期,须家河组埋藏深度达到 5000～6000 m,源岩中异常高压的孔隙流体通过微裂缝间歇性向就近储层排烃。由于烃源岩与邻近储层之间的地层温度、压力差异较小,特别是在储层相对致密的地区,烃源岩发生超压往往伴随储层超压,水溶气排烃到储层时,从孔隙水中脱出的天然气相对较少。加之川中地区须家河组地层在区域上比较平缓,水溶气在储层中横向运移的地层温度、压力变化也相对较小,在构造沉降阶段水溶气对天然气聚集成藏的贡献小。扩散作用主要发生在纵向上,储层中天然气扩散作用对二次运移和聚集的影响也较小。因此在早第三纪前的构造沉降过程中,天然气运聚相态主要是游离烃相。

2. 残余气相的卸压膨胀

白垩纪末期,川中地区须家河组上覆地层开始抬升剥蚀,上覆负荷的降低有利于源岩中异常高压流体通过微裂缝向外排烃。白垩纪末期—早第三纪初期是须家河组油气的第 2 次充注期。这一期充注形成的流体包裹体均一温度一般在 130～150 ℃之间。

早第三纪中、后期,随着地层抬升幅度不断增加,地层累积剥蚀厚度一般达到 2000～2500 m,须家河组的古地温降低了 40～50 ℃,使烃源岩有机质的进一步生烃作用受到阻碍(图 2),源岩孔隙流体丧失异常高压的增压机制,排烃作用受到限制;储层孔

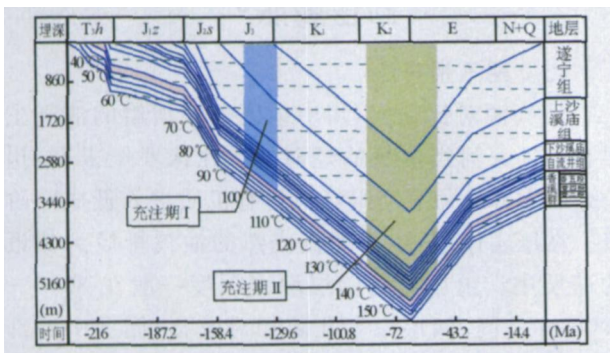


图 2　须四段储层埋藏史、古地温史与油气充注期次
(以八角场构造角 51 井为例)

隙水中溶解的天然气发生相态转变,同时早期气相运移过程吸附的天然气将产生卸压膨胀作用,储层孔隙水中溶解饱和的天然气也将会分离出来形成游离相的天然气[7-8]。根据估算,在地层抬升剥蚀过程中,川中地区须家河组储层孔隙水溶解气脱溶的天然气可以使气相饱和度增加 3 %～4 %;当临界含气饱和度为 10 %时,卸压膨胀作用使气相饱和度增加 7 %～8 %。当储层中游离相天然气饱和度超过临界含气饱和度时,多余的天然气在浮力作用下向低势区运移。川中地区在早第三纪初期和中期的构造抬升幅度大,是水溶脱气和卸压膨胀的有利时期。由于储层普遍比较致密,我们认为在构造抬升过程中单纯依靠孔隙水溶气的脱溶发生气相二次运移的可能比较小。

二、近距离聚集成藏

川中地区须家河组与下伏中三叠统和上覆侏罗系地层之间虽然存在不整合面,不整合面上、下之间地层岩性主要为泥岩、膏盐岩。因此,不整合面对须家河组天然气二次运移的输导作用较小。须家河组的砂岩厚度大、分布广,并且与烃源岩呈互层式接触,是天然气二次运移的主要输导层。川中地区硬性基底、区域构造稳定、沉积盖层受到的区域构造应力较弱,断层和裂缝相对不发育,断层和裂缝对油气运聚作用受到一定限制。

川中地区须家河组砂岩在埋藏过程中,由于压实、胶结等成岩作用使储层普遍致密化,孔隙度多分布于 5 %～8 %间,基质渗透率多小于 1 ×10^{-3} μm^2,孔隙流体产生异常高压(压力系数达 1.1～1.3)。储层中流体区域性的超压反映了川中地区须家河组储层流体的运移受到一定的阻碍,区域水动力微弱,天然气二次运移的动力主要依靠浮力。烃源岩的生烃能力强、气柱高度大,天然气二次运移的浮力也就大。川中地区须家河组烃源岩的生烃能力属于中等,而且构造相对比较平缓,区域地层倾角小(一般低于 2°),因此,天然气二次运移的浮力相对较小。

川中须家河组储层沥青、凝析油中的三环萜和重排甾烷含量低(表 1),其三环萜/五环三萜和重排甾烷/规则甾烷比值分别在 0.14～0.31 之间和 0.02～0.33 之间,与相邻烃源岩的特征大致相似。表明油气的聚集可能以短距运移、聚集为主要特征。

除八角场构造须家河组主要为相分馏作用形成的残余油以外,川中地区其余构造须家河组天然气浓缩烃和凝析油表现为存在早期相分馏作用和受烃源岩油气生成作用控制(图 3),表明油气以短距离气相充注为主,这与储层的致密化作用有密切联系。

三、结　论

(1)川中地区须家河组气藏主要受构造和储层物性控制,局部地区与裂缝有关。天然气初次运移和二次运移以气相为主,水溶脱气和分子扩散的影响较小。

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 1　川中须家河组生物标志化合物参数表

井号	层位	样品	井深 (m)	重排甾烷 / 规则甾烷	$C_{29}\frac{20S}{20S+20R}$	$C_{29}\frac{\alpha\beta\beta}{\alpha\alpha\alpha+\alpha\beta\beta}$	三环萜 / 五环萜	γ—蜡烷 / C_{31} 藿烷	$\frac{Ts}{Tm}$	$\frac{C_{31}\text{重排藿烷}}{C_{29}\ Ts}$
充深 2	须四	砂岩	2236.1	0.02	0.42	0.36	0.16	0.42	0.64	0.51
			2243.7	0.07	0.42	0.39	0.17	0.74	0.7	0.43
			2248.5	0.11	0.46	0.36	0.16	0.48	0.75	0.38
			2255.5	0.24	0.45	0.39	0.18	0.34	0.81	0.67
	须二		2425.4	0.13	0.49	0.48	0.26	0.29	0.58	0.81
			2422.7	0.16	0.47	0.42	0.31	0.50	0.61	0.73
西 51	须二	泥岩	2550.0	0.08	0.46	0.34	0.14	0.95	0.91	
			2557.9	0.11	0.44	0.34	0.15			
	须三		2542.2	0.07	0.46	0.27	0.15	0.59	0.64	0.73
			2545.1	0.01	0.42	0.24	0.03	0.51	0.31	0.07
充深 2	须四	泥岩	2238.2	0.11	0.44	0.35	0.21	0.64	0.67	0.72
角 41 - 0	须三	泥岩	3128.5	0.31	0.43	0.30	0.14	0.44	0.87	0.83
金 2	须四	油	3165.3	0.33	0.41	0.39	0.19	0.47	0.67	0.75

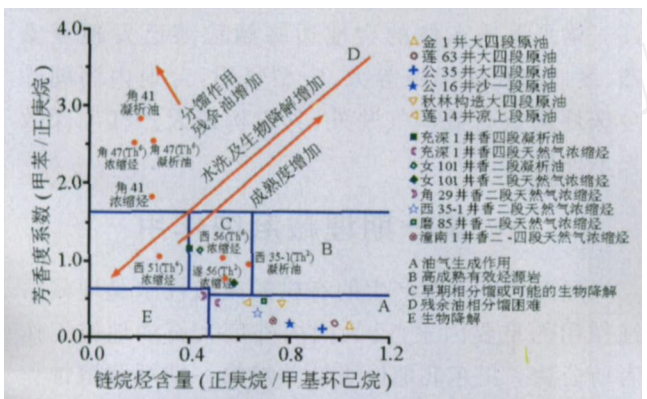


图 3　根据浓缩烃和凝析油轻烃指纹特征判断油的分馏效应

(2) 天然气成藏机理可以概括为烃源岩通过压实、微裂缝排烃的天然气(含凝析油) 主要受浮力作用的近距离气相运聚。

(3) 天然气从烃源岩向圈闭运聚成藏过程中具有多期多阶的成藏特征,其中侏罗纪末期、白垩纪末期和早第三纪末期是成藏的关键时期。在燕山末期—喜山期构造抬升过程中,储层水溶气脱溶和残余气相的卸压膨胀具有一定贡献,但有限。

成本中参阅的内部资料: ❶蒋裕强、陈义才等《川中地区上三叠统香溪群油气富集规律研究及勘探目标选择》部分成果(内部科研报告 2005 年 6 月)。

参　考　文　献

[1] 符晓,舒文培,易荣龙,等. 四川盆地西部天然气资源与勘探开发[M]. 武汉:中国地质大学出版社,2001.

[2] 王金琪. 早聚晚藏 ——川西坳陷天然气基本特征[J]. 天然气工业,2001,21(1).

[3] 李耀华. 四川盆地中西部上三叠统天然气有利勘探区带[J]. 天然气工业,2003,23(增刊).

[4] 李宗银,李耀华,等. 川中—川西地区上三叠统天然气成藏主控因素[J]. 天然气勘探与开发,2005,28(1).

[5] 王允诚,等. 川西坳陷上三叠统须家河组的天然气成藏模式和盖层封闭机理[J]. 成都地质学院学报,1991(5).

[6] 罗启后,王世谦. 四川盆地中西部三叠系重点含气层天然气富集条件研究[J]. 天然气工业,1996(增刊).

[7] 安凤山. 天然气成矿系统分析与讨论 ——以川西坳陷致密砂岩领域为例[C]//石油天然气地质文集,第 6 集,天然气远景评价. 地质矿产部石油地质研究所编. 北京:地质出版社,1997.

[8] 黎邦荣,叶军. 试论川西坳陷致密砂岩的水溶脱气圈闭 ——以孝泉—新场—合兴场气田为例[C]//石油天然气地质文集,第 8 集,"九五"油气研究进展之一,王庭斌主编. 北京:地质出版社,1997.

(收稿日期　2006-07-12　编辑　黄君权)

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

ABSTRACTS AND AUTHORS

MECHANISM OF GAS RESERVOIRING IN XUJIAHE FORMATION IN CENTRAL SICHUAN BASIN

Jiang Yuqiang[1], Guo Guˊan[2], Chen Yicai[3], Li Zirong[2], Lu Zhengdong[2] ([1] Southwest Petroleum University; [2] PetroChina Southwest Oil & Gasfield Company; [3] Chengdu University of Technology). *NATUR. GAS IND.* v. 26, no. 11, pp. 1-3, 11/25/2006. (ISSN 1000-0976; **In Chinese)**

ABSTRACT: Based on the timing of natural gas generation, and the analysis of geochemical behaviors and geologic conditions of gas migration, the mechanism of gas reservoiring is systematically studied in the Upper Tertiary Xujiahe Formation in Central Sichuan Basin. It is believed that the gas reservoirs in the Xujiahe Formation in Central Sichuan Basin have experienced two stages of gas charging. During tectonic uplifting in the late Yanshan-Himalayan period, the possibility of degasification was low for formation water with solution gas, but expansion of residual gas from pressure relief have contributed to gas charging to a certain extent. Long distance migration of hydrocarbons was prevented by the strong heterogeneity of the reservoirs and the relatively low relief of the stratigraphy, though the Xujiahe Formation sandstone is thick and widely distributed. Based on the geochemical behaviors of natural gas and gas condensate, gas reservoiring is characterized by short distance migration and accumulation of hydrocarbons. This paper provides a new basis for exploration of the structural-lithologic gas reservoirs in the Xujiahe Formation in Central Sichuan Basin.

SUBJECT HEADINGS: natural gas, gas charging in two stages, short distance migration and accumulation, Xujiahe Formation, Central Sichuan Basin

Jiang Yuqiang (adjunct professor), born in 1963, graduated from the former Southwest Petroleum Institute in 1985 and has long been engaged in teaching and research of petroleum geology.

Add: Southwest Petroleum University, Xindu District, Chengdu, Sichuan Province 610500, P. R. China

Tel: 86-28-8301 3171 **E-mail:** 3055xnsyjyq@sina.com.cn

BURIAL DISSOLUTIION OF FEIXIANGUAN FORMATION RESERVOIRS IN NORTHEAST SICHUAN BASIN

Zeng Wei[1], Huang Xianping[2], Yang Yu[2], Wang Xingzhi[1] ([1] Southwest Petroleum University; [2] PetroChina Southwest Oil & Gasfield Company). *NATUR. GAS IND.* v. 26, no. 11, pp. 4-6, 11/25/2006. (ISSN 1000-0976; **In Chinese)**

ABSTRACT: Based on the depositional features, pore types, and geochemical behaviors of pore filler, two stages of burial dissolution are identified in the Feixianguan Formation reservoirs in Northeast Sichuan Basin. The first stage was related with the organic acid generated by the mature Upper Permian source rocks of trough facies, while the second stage was related with the H_2S generated from thermochemical sulfate reduction reaction. The dissolution mainly occurred in the oolitic beach facies at platform margin, while it was weak in the lagoon and point bar facies in platform interior. Analysis shows that the platform margin is favorable for gas exploration, in contrast to the unfavorable platform interior.

SUBJECT HEADINGS: Sichuan Basin, northeast, Feixianguan Formation, reservoir, dissolution

Zeng Wei (adjunct professor), born in 1963, holds a Ph. D degree and is mainly engaged in research of petroleum geology.

Add: Southwest Petroleum University, Xindu District, Chengdu, Sichuan Province 610500, P. R. China

Tel: 86-28-8303 3069 **E-mail:** zengyunxian@petrochina.com.cn

DISCUSSION ON GEODYNAMIC EVOLUTION AND OIL/GAS PROSPECT OF THE SICHUAN BASIN

Mao Qiong[1,2], Zou Guangfu[3], Zhang Hongmao[2], Jin Hui[2], Huang Haibo[2] ([1] China University of Geosciences ·Beijing; [2] PetroChina Huabei Oilfield Company; [3] Chengdu Research Institute of Geology and Mineral Resources). *NATUR. GAS IND.* v. 26, no. 11, pp. 7-10, 11/25/2006. (ISSN 1000-0976; **In Chi-**

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net