

川西孝泉构造侏罗系裂缝型气藏研究

郭学德*

(西南石油地质局)

内容提要 目前已在川西地区孝泉构造南东翼侏罗系沙溪庙、遂宁组中发现了裂缝型次生工业气藏。本文通过研究该气藏裂缝带分布特征,生、储、盖层情况及油气水组分特征,进一步认识了该气藏,为今后在该区勘探油气提供了方法和依据。

主题词 川西地区孝泉构造 侏罗纪 裂缝性油气藏 气藏 裂缝(岩石) 分布 生储盖组合 特征

孝泉构造位于四川绵竹、什邡和德阳三县接壤地区,面积约500km²(图1)。1980~1984年曾采用传统布井方式在该构造高点附近部署4口探井(37、93、94等井),主探上三叠统须家河组孔隙性气藏。当这批探井钻遇侏罗系陆相地层时,均未发现良好的油气显示。综合物探资料于1984年下半年在该构造南东翼陡带部位部署1口试探井(104井),钻至1536~1537.81m(遂宁组)发生强烈井喷,喷高达40多米,喷出物主要为天然气、泥浆及少量凝析油,通过求产获3万m³/d天然气产量。经同行分析,在该构造高点上未见工业气流,而在翼部见到,实为少

见,认为在此低孔渗性($\varphi=5\%\sim10\%$, $K=0.1\times10^{-3}\sim0.5\times10^{-3}\mu\text{m}^2$)致密砂体中获得工业性气流不可能是孔隙性气藏所为,而是裂缝型气藏所致。为查明气藏分布规律,在104井东侧不到100m处,又部署了第二口探井(106井),结果又获气5.17万m³/d。后在1985~1989五年里,沿着前两口井北东和南西方位,追索布井9口,又获不同的工业产量。而相应裂缝带两侧先后所布的6口探井,其产量就小得多了。在共计17口探井中,获1.37~5.26万m³/d天然气产量有6口探井,占总探井数的35.29%;0.1~0.66万m³/d产量的有8口,占47.06%;获<0.1万

近出发,考虑到裂缝的长期张开性特点,从多期充填情况可以证实,储集岩的致密性又有阻碍油的横向运移的可能。因此,确实可以得出一种推论,即大量生成的油是通过主断裂运移到储层,然后通过主断裂伴生的张性裂缝或裂隙再运移到孔隙之中。

根据岩石声发射特征,并配合其它地质或地球物理信息,对于运用断裂力学研究裂缝发育和评价裂缝性储层有着不可替代的有

利条件。上述方法通过在江汉盆地的实际应用,已取得了初步效果。

最后,衷心感谢江汉石油管理局戴世昭副局长、罗扬棣、韩定荣高级工程师的支持和帮助。

(外文参考文献4个,在此从略)

(修改回稿 1992-05-30)

* 618205,四川省绵竹县新市镇试油队。

m^3/d 产量的 2 口, 仅占 11.76%; 还有 1 口干井(图 2)。目前该构造上一共有 14 口探井(含须家河气藏井), 年输气量 1500 万 m^3 左

右, 供地方工业用气及生活用气, 获较好社会效益。

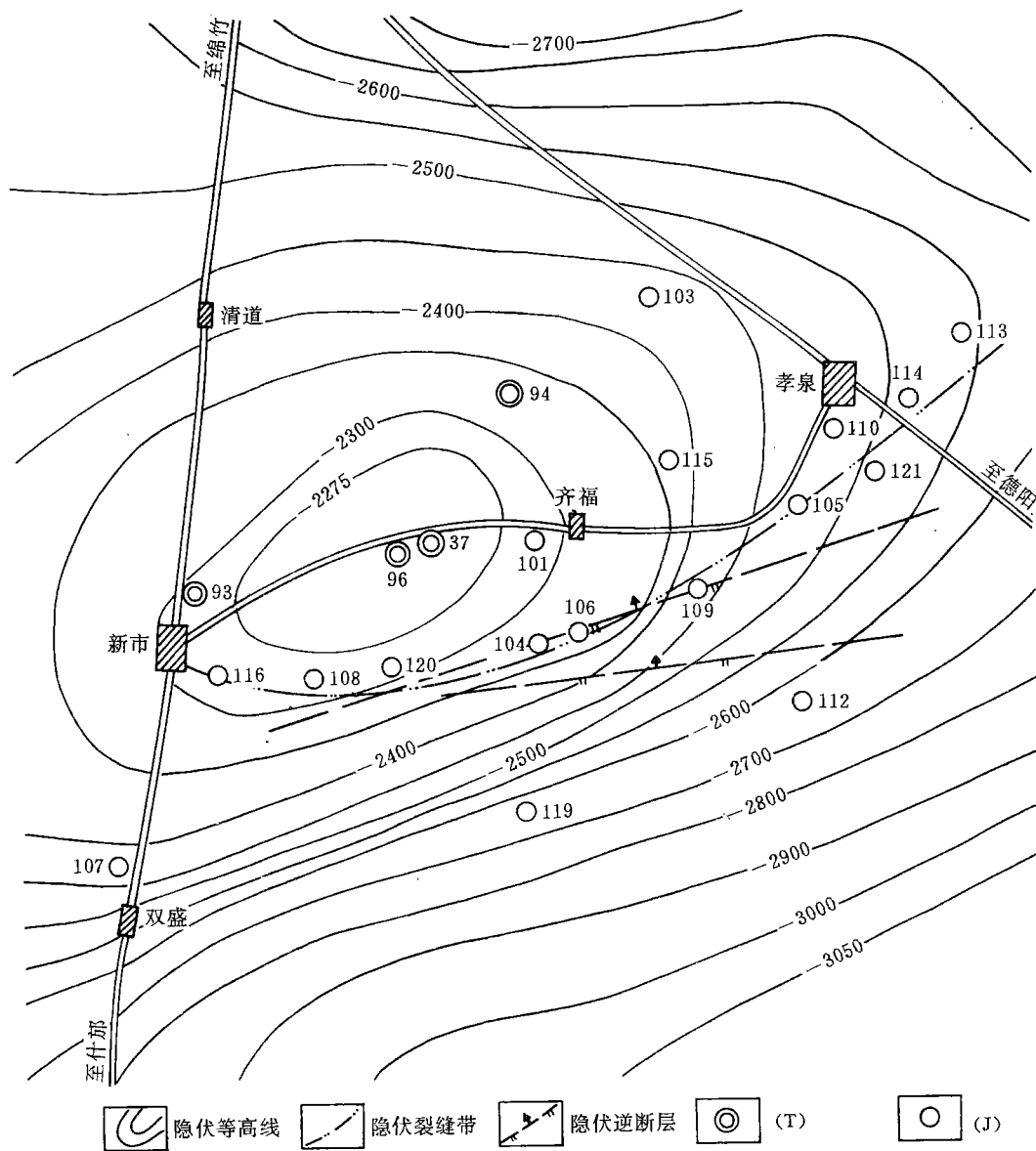


图 1 川西孝泉构造井位图

气藏裂缝带分布特征

通过追索布井钻探证实, 该气藏为裂缝

型运移储集次生气藏。裂缝发育带大致沿着翼部等高线方位呈北东南西向弧形展布(图 1), 延伸长约 14km、宽约 2km, 面积约 30 km^2 。

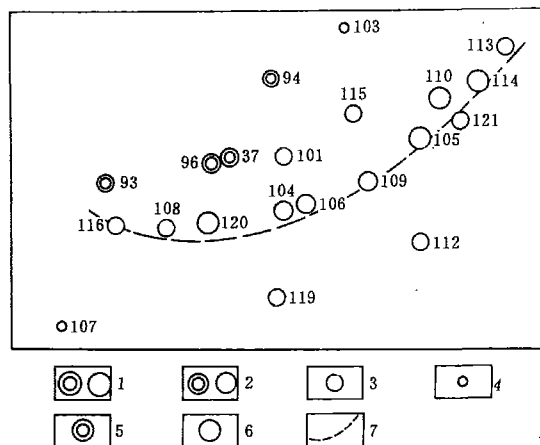


图 2 孝泉构造各井产量示意图

1. $1 \sim 5.26 \text{ m}^3/\text{d}$; 2. $0.1 \sim 1 \text{ m}^3/\text{d}$; 3. $< 0.1 \text{ m}^3/\text{d}$; 4. 干井; 5. 三叠系探井; 6. 侏罗系探井; 7. 隐伏裂缝带

远离裂缝带两侧探井, 油气显示均不佳, 如 103 井离裂缝带较远, 结果是干井。由此看出储层裂缝在横向上极不稳定。同样是在裂缝带上的产气井, 位于裂缝带中部地段的产量较高; 而处于裂缝带两端收敛地带的气井, 产量一般较低(图 2)。

能够形成气藏系中侏罗统沙溪庙组为主的大套砂体产生的破裂及断裂所致, 部分井断裂延至遂宁组(104、105 等井)。气藏深度一般 $1500 \sim 2000 \text{ m}$, 该套砂体在其它地区未见工业性气流。本区储层均处超高压状态(表 1), 为下伏地层通过断层裂缝向上运移而成的次生气藏, 其天然气运移方式是: 断层运移 $\rightarrow$ 裂缝运移 $\rightarrow$ 裂隙运移 $\rightarrow$ 裂隙孔隙运移 $\rightarrow$ 孔隙运移。

据钻探资料证实, 裂缝带两侧储层构造等高线顶界深度无异常变化。说明逆断层两盘地层相对位移不大, 闭合也不紧, 为气流运移沟通了输送孔道, 裂缝延伸到沙溪庙、遂宁组而尖灭。

气藏储、盖层研究

(1) 储层裂缝形成时代主要在燕山期, 印

支运动时侏罗系沉积物尚未进入到真正的成岩作用。此时的岩层塑性较强、脆性较弱, 即印支运动晚期及燕山运动早期, 该区地壳虽有所抬升, 但不可能造成大规模断裂的出现; 到燕山运动晚期, 这套地层已完全紧缩成岩, 此时岩性脆性增强、塑性减弱, 地壳上升也达到一定幅度, 大套砂体岩层抗应变弹性已达最高限度, 极易形成断裂; 而后的喜山运动直到目前, 该区上升下降幅度不大, 形成湖泊、河流交替沉积, 无大规模造山运动, 不可能使下伏地层产生大规模断裂构造, 所以储层断裂的形成与喜山运动无直接关系。

储层段以大套砂岩体为主, 砂质占 70% 左右, 间夹紫棕色泥岩, 砂、泥岩呈互层状出现。遂宁组砂质含量稍偏低, 砂岩、泥岩各占一半。岩性以粉砂岩为主, 次为细砂岩, 钙质胶结, 致密性脆, 故为形成断层、裂缝创造了有利条件。据物性分析, 储层孔渗性极低 ($\varphi = 5\% \sim 10\%$, $K = 0.1 \times 10^{-3} \sim 0.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$), 导致气流横向运移相当困难, 不属裂缝带区不可能形成工业性气藏。而在裂缝带区, 气流运移孔道完全由裂缝带所控制。储盖层及物性特征见图 3。

据试油资料证实, 裂缝带中部, 裂缝延至遂宁组较为普遍且产量也较高(如 104、109、105 等井); 两端地带延至沙溪庙组较突出且产量相对偏低(如 108、116、113、114 等井)。这与中部地带承受地壳内应力大有关, 加之气和油的性质不一样, 前者有向裂缝顶端窜的特点。此应是导致裂缝带中部产量偏高的主要原因。

(2) 盖层研究发现, 储层之上覆地层为蓬莱镇及剑门关组, 厚约 1400 m 。这两套盖层经钻探证实, 虽有断断续续的微量气显示, 但非裂缝上窜气所致, 而是原生的自生自储气。说明纵向上是不贯通的。从岩性上看, 两套盖层以棕红、紫红色泥岩为主, 中夹砂泥岩, 厚度较厚, 是较理想的盖层。两套盖层又分属不同时代, 可以看出侏罗纪晚期经历一短暂的上升剥蚀运动后, 又继续下降呈假整合沉积白

表 1 油气水对比表(原油为凝析油)

井号	产层 层位	产层段井深 (m)	原油性质				天然气组分(体积%)								水的性质(mg/L)					地层 压力 (MPa)			
			颜色	透明度	相对 密度	粘度 (mPa·s)	初馏点 (°C)	干点 (°C)	甲烷	乙烷	丙烷	异丁烷	正丁烷	异戊烷	正戊烷	相对 密度	粘度 (mPa·s)	K ⁺	Na ⁺		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Cl ⁻
116	遂宁组	1563.4~1571.5						91.79	4.0	1.187	0.29270	30120	0.1145	0.075	0.6032	0.0106						26.00	
105	遂宁组	1551.48~1557.56	浅黄色	半透明	0.769	0.58	60	221	94.32	2.62	0.57	0.09	0.08	0.02	0.01	0.5848	0.0107					25.00	
109	遂宁组(Jc ³)	1764~1770.7	浅红色	透明	0.7708	0.65	64	297	92.50	5.47	0.42	0.06	0.06	0.02	0.02	0.5951	0.0106					37.00	
120		1947~2008.00	无色	透明	0.7459	0.63	40	288	94.77	3.424	0.650	0.138	0.139	0.059	0.042	0.584						34.00	
106	沙溪庙组	1905~1922.5	无色	透明	0.7853	0.73	88	264	96.29	2.75	0.55	0.084	0.076	0.047	0.036	0.581	0.0107					18.7	
110		1848.4~1856.5	浅黄色	半透明	0.7766	0.67	69.5	326.5	93.50	4.00	0.25	0.04	0.01	0.01	0.01	0.5892	0.0166					36.00	
114	须家河组	2035~2070.7	深黄色	透明	0.7741	0.66	79	226.5	87.96	1.68	0.22	0.12	0.13	0.02	0.01	0.6072	0.011					35.00	
101		1815.02~2502.8						84.8	3.48	0.42	0.07	0.05	0.02	0.01	0.6043	0.0109	82.98	17620.15	3911.79	434.0043	35511.002	30.23	
93	须家河组	3784.98~3838.98	无色	透明	0.779	0.62	55	322	90.99	5.07	0.78	0.26	0.27	0.05	微量	0.6059	0.0106	415.05	2225.7	7124.93	664.72	50195.27	66.00
91		3412~3641.00	无色	透明	0.7831	0.70	65	313	92.50	6.10	0.48	0.09	0.09			0.5961	0.0106	153.7152	24161.4645	10050.376	864.84	60576.3407	61.2
37	须家河组(Tax)	3332.2~3383.00	无色	透明	0.7455	0.55	68	199	85.83	5.99	1.32	0.25	0.24			0.6245	0.0107					3588.9	

说明:1.表中凡空格处系未取到样品或分析无结果;2.钻探侏罗系的井,尤其产能高的井,均系固井质量不高环空窜气严重,故不能求得稳定地层压力;3.表内的地层压力,均采用不稳定试井法压力恢复曲线而推算出,个别井因测压仪器故障,无法推出真实压力。

地 层	深度 (m)	厚度 (m)	盖 层	剖 面	φ (%)	S_w (%)	S_m (%)	K^* ($\times 10^{-3}$ μm^2)	K^{**} ($\times 10^{-3}$ μm^2)
Q	68	68	盖 层						
Kj	240	172							
Jc ⁴	1500	1260							
Jc ³	1800	300	储 层		2 12	20 80	15 50	0.1 5	3.37 10.72
Jc ²⁺¹	2017	217			2 25	30 80	5 40	0.3 0.8	0.70 0.145

图 3 储、盖层及物性特征

 φ 为岩层孔隙度; S_w 为含水饱和度; S_m 为含泥饱和度; K^* 为测井渗透率; K^{**} 为参数计算渗透率

系下统剑门关组(K_j)。根据剑门关组在该地区厚度仅 150m 左右(最厚 550m),其上覆地层为第四系,说明在白垩系中晚期至第三系应有一个大规模的造山运动(燕山中晚期运动),致使剑门关组之上覆的各组地层缺失。喜山运动该区又下降沉积 50~100m 厚的粘土层,其后上升成为第四系广泛的河流湖泊相沉积,形成目前地表附近为砂砾层等特征。

油气水组分特征及气源探讨

为证实侏罗系裂缝型气藏气源来自何层,现将侏罗系部分井的油气水组分及压力情况与下伏上三叠统部分井作一对比(表 1)。从表 1 可以看出,不论是侏罗系还是三叠系气藏,油气水组分性质均大同小异、较为吻合,地压梯度均属超高压,可以看出侏罗系裂缝型气藏气源均来源于下侏罗统及上三叠统,尤其 101 井储层水的化学性质(产层为侏罗系)与 93、94 等井(产层为三叠系)水的化学性质相吻合,Cl⁻ 含量 35511mg/L。这是侏罗纪陆相地层所不具有的特征。又据气组分不含硫化氢(H₂S)气体,说明断裂向下只延伸到上三叠统须家河、小塘子、马鞍塘等组,未穿过雷口坡及嘉陵江组碳酸盐地层。

川西盆地侏罗纪陆相地层中找到裂缝型工业气藏,为今后该区油气勘探指出了新领域。据钻探试油资料,侏罗纪陆相地层岩性物性多变,在横向上具不均一性,不具广泛的层状特征,属非常规储层。

鉴此,提示我们今后在川西要做到既重视孔隙性油气藏,又不放过裂缝性油气藏,二者并重并举,努力扩大勘探领域,力争有更大的突破。

(修改回稿 1992-03-11)

欢迎订阅《中国海上油气(地质)》

《中国海上油气(地质)》是海洋石油科学技术综合性刊物。由中国海洋石油总公司主办。国内外公开发行。

本刊主要刊载海洋石油地质、地球物理勘探、油气测试、油气田开发、油藏工程和计算机应用等方面的科研成果和学术论文,介绍海洋油气勘探新技术、新方法的研究和应用,报道海上勘探开发的研究动向和进展。本刊为双月刊,逢双月 25 日出版,自办发行,现开始办理 1994 年征订业务。每册定价 3 元(含邮资),全年订价 18 元。欢迎有关单位及个人订阅。欲订阅 1993 年期刊者,请与本刊编辑部联系,函索订单即寄。编辑部地址:河北省新城县海洋石油勘探开发研究中心;邮政编码:074000;电话:(01)4662187-318、485。

Guo Xuede; Study on Jurassic Fractured Gas Reservoir of Xiaoquan Structure in West Sichuan, NGI 13(6), 1993: 22~26

The fractured secondary gas reservoir in Jurassic Shaximiao and Suining formations in the south-east wing of Xiaoquan structure in West Sichuan has been found out at present. The characteristics of the gas reservoir are further cognized by studying the fracture zone distribution, the source-reservoir-caprock conditions and the oil-gas-water constitution to provide the method and basis for exploring oil and gas in the area in the future.

Subject Headings: West Sichuan area, fractured gas reservoir, Jurassic, characteristic study.

Zhong Dakang; Evaluation on the Factors Influencing Physical Properties of Sandstone Reservoir of E_3-4^2 Lower Section in Langgu Sag in Jizhong Depression, NGI 13(6), 1993: 27~30

In the light of study on petrology characteristics, the various factors influencing the physical properties of sandstone reservoir of E_3-4^2 Lower section in Langgu sag in Jizhong depression are discussed in both aspects of depositional conditions and diagenesis, and the factors are quantitatively ordered by grey correlation method according to the influence grade of the various factors, which shows that the main factor influencing reservoir physical properties is depositional conditions and the secondary is diagenesis; the main factors influencing porosity are cementing material content, matrix content and mean grain size; the permeability is lightly influenced by sorting coefficient, matrix content and cementing material content.

Subject Headings: the central part of Hebei, Lower Tertiary, sandstone, reservoir physical properties, influence factor, evaluation.

Xiao Cizun, Luo Jihong, Xiao Mei and Cai Yongxiang; Forecasting the Porosity of Carbonate Reservoir by Neural Net Technique, NGI 13(6), 1993: 31~35

The relation between carbonate rock logging information and core analysis porosity is studied by neural net technique to forecast reservoir porosity in this paper. Through practising at the well coring in Chishui area, Guizhou, the satisfactory result is obtained in the condition of wanting statistics regulation.

Subject Headings: neural net, logging, carbonate rock, reservoir, porosity, forecast.

Zhang Rongyi and Pu Jiaqi; Discriminating the Pore Types of Carbonate Reservoir in Carboniferous in East Sichuan, NGI 13(6), 1993: 35~41

Based on the pore types of carbonate core in Carboniferous in East Sichuan, combining the logging curve characters of the various pore types, a method for discriminating the pore types of the carbonate reservoir is carried out, which is help to raise logging coincidence rate of quantitatively discriminating gas and water layers and quantitatively interpreting the accuracy.

Subject Headings: East Sichuan, Carboniferous, reservoir, pore types, curve character, discrimination method.