

文章编号: 0253- 9985(2005) 02- 0214- 06

川西坳陷的复合构造与油气关系

邓康龄, 余福林

(中国石化西南分公司, 四川成都 610081)

摘要: 川西坳陷受多期构造事件影响, 较普遍地存在同轴叠加型、横跨型和斜接型等复合构造。这些复合构造形成时间早, 有利于天然气在须家河组砂岩致密化之前适时运移、聚集成藏。构造的复合有利于形成破裂构造。这些破裂构造一是改善了储层的渗流条件, 提高了气井产能; 二是沟通了深层源岩与浅层储层, 形成远源型气藏。川西坳陷大断裂是在多期次构造事件中复合形成的, 造成了气藏的破坏。在远离大断裂面的区域, 因储层非均质性, 有可能残存有中、小型气藏。

关键词: 复合构造; 早期成藏; 低孔渗储层; 晚期改造; 川西坳陷

中图分类号: TE111. 2

文献标识码: A

Compound structures and hydrocarbons in western Sichuan depression

Deng Kangling, Yu Fulin

(Southwest Branch Company, SINOPEC, Chengdu, Sichuan)

Abstract: Compound structures, such as coaxial superimposed, cross-over and mitre types, are common in western Sichuan depression as a result of multistage tectonic events. They have been formed early, thus would have been favorable for timely migration and accumulation of gas prior to the tightening of Xujiahe Formation sandstones. Compounding of structures would be favorable for the formation of crush structures, which would have improved the percolating conditions of the reservoirs and productivity of gas wells, and would have established communication between deep source rocks and shallow reservoirs, leading to the formation of gas pools far from their sources. The large fracture in western Sichuan depression has been formed as a result of multistage tectonic events and has led to the destruction of gas pools. Medium and small gas pools might have been preserved in areas far from the large fracture, due to the inhomogeneity of the reservoirs.

Key words: compound structure, early reservoiring, low porosity and low permeability reservoir, later reconstruction, western Sichuan depression

位于松潘- 甘孜褶皱带东缘的龙门山, 是在印支期发生褶皱、冲断形成的造山带, 燕山期和喜马拉雅早、中期, 发生再次变形和冲断推覆。喜马拉雅晚期, 又叠加强烈隆升、冲断和滑覆等构造事件, 始形成现今巍峨龙门山^[1~ 4]。在龙门山形成过程中, 其东缘——四川盆地西部形成前陆盆地(今称川西坳陷)。前陆盆地除沉积相和沉积厚度的演变受龙门山的形成、发展控制外, 构造变形的强度、样式等也主要受其所左右。龙门山是经历多期次构

造事件改造叠加复合形成的。受其影响, 前陆盆地的局部构造也普遍是多次的构造复合。四川盆地北邻秦岭、大巴山造山带, 印支期以来, 这两个造山带多次向盆地挤压、走滑, 使盆地北部产生了变形。作为盆地一部分的川西坳陷也受到波及, 发生了变形。因此, 本区不仅较广泛发育同轴叠加型复合构造, 还发育横跨型和斜接型复合构造。由于历次地应力场传导深度不完全相同, 致使同一地区不同变形层出现了差异, 有的形成同层位的构造复合, 有

的则形成了不同层位的构造复合。

1 背斜复合

1.1 同轴叠加型

位于川西坳陷北部江油市区内的中坝背斜, 印支期构造事件中形成了断层褶皱, 构造高点出露须家河组三段(以下简称须三段), 翼部和倾伏端为须家河组四段(以下简称须四段)。以早侏罗世前须家河组二段(以下简称须二段)顶埋深图计算, 背斜呈北东-南西向, 闭合面积达 23 km^2 , 闭合度 395 m , 长轴 10.76 km , 短轴 2.85 km , 长短轴比值为 3.77 , 褶皱系数为 0.1386 , 西北翼地层倾角约 9° (图 1)。

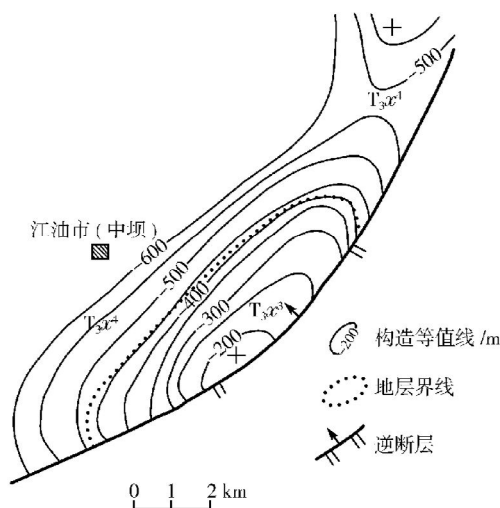


图 1 中坝地区侏罗纪前须家河组二段顶面古构造图
Fig. 1 Pre-Jurassic palaeostructural map (top of the 2nd member of Xujiahe Fm) in Zhongba area

中坝地区在侏罗纪一早白垩世接受了陆源碎屑沉积, 据邻区资料推测, 其厚度逾 5000 m 。受燕山期和喜马拉雅期来自龙门山多期次构造事件影响, 中坝地区再次发生变形, 使侏罗系以上地层生成褶皱和逆冲断层。新形成的背斜轴线仍呈北东-南西向, 北西翼地层倾角 9° , 南东翼倾角 13° (图 2)。侏罗系背斜同轴叠加在印支期背斜上(轴线略西移), 使印支期褶皱得到加强, 以须二段顶面构造为例, 西北翼地层倾角达 20° , 南东翼倾角约为 28° 。印支期褶皱成为重接复合型构造。此类型的构造在本区分布较普遍, 如大邑背斜、洛带背斜等。

1.2 横跨型

罗江县合兴场地区, 在喜马拉雅早期受特提斯海关闭的影响, 形成近南北轴向的须家河组和

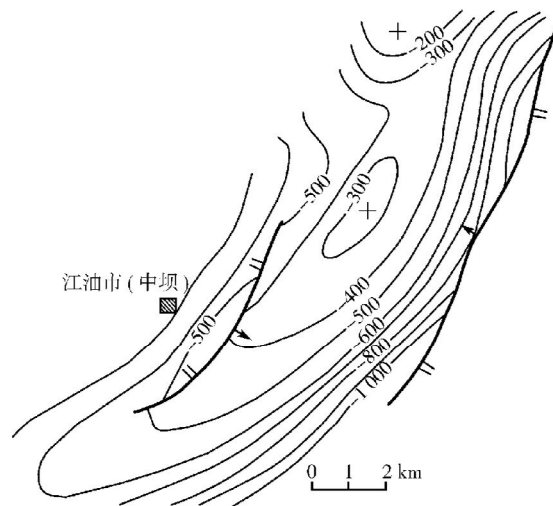


图 2 中坝地区中侏罗统沙溪庙组顶面构造图
Fig. 2 Structural map on top of Middle Jurassic Shaximiao Fm in Zhongba area

侏罗系背斜(图 3)。喜马拉雅晚期, 受秦岭、大巴山向盆内的挤压作用, 合兴场地区白垩系和侏罗系上部形成了北西西-南东东向的背斜(图 3)^[4]。先后两期不同深度和方向的地应力作用于合兴场地区, 在蓬莱镇组中形成了既有近南北向又有北西向的两组构造轴向的横跨型复合背斜。但北西向褶曲未波及至须家河组, 使深、浅两变形层(下白垩统、上三叠统须家河组)的构造, 成为空间上横跨型复合构造(或称构造不整合)。

1.3 斜接型

位于德阳市境内的孝泉-新场背斜, 侏罗系构造呈北东东-南西西向(图 4)。据黎邦荣等^[5]研究, 侏罗系背斜形成于燕山中期。须二段顶面构造, 整体上虽是北东东向, 但孝泉西和新场两侧出现了北东-南西向的褶曲和逆冲断层(图 5)。此构造线与上述中坝印支期褶皱方向相同, 因此, 应属印支期形成的。由此可见, 孝泉-新场地区, 在印支期形成北东-南西向褶曲和断层之上, 上叠了燕山期形成的北东东-南西西向背斜, 构成了斜接型复合构造。图 5 所示, 印支期北东向构造被燕山期北东东向构造所包容。因此, 亦可称包容型复合构造。

2 断裂复合

川西坳陷中生界发育一些断距大(大于 1000 m)、延伸长(大于 50 km)的断裂。这些断裂活动时间长, 对构造变形和某一时期的沉积相、地层厚度具有控制作用。断面倾角在中、浅层较陡,

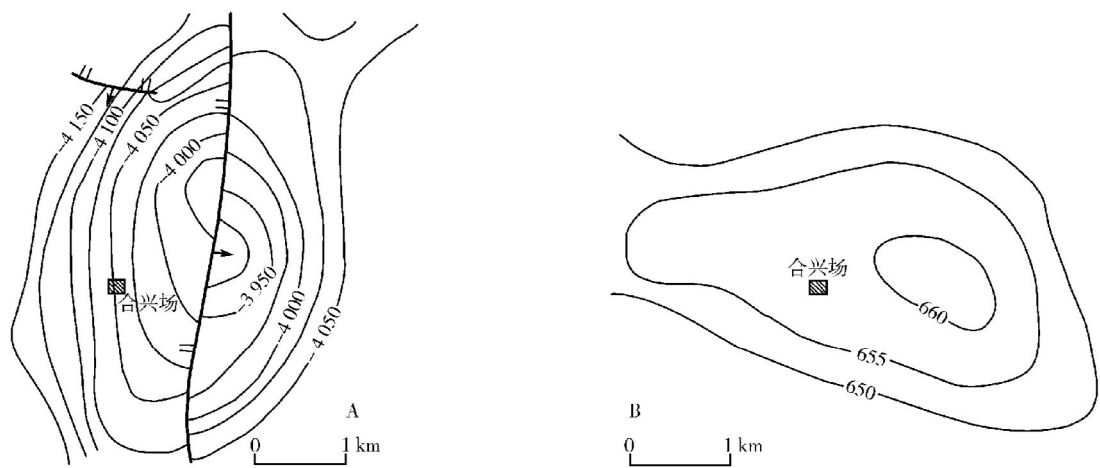


图 3 合兴场地区构造等高线图
Fig. 3 Contour map in Hexingchang area
A—须家河组二段顶; B—下白垩统月亮崖砂岩底面

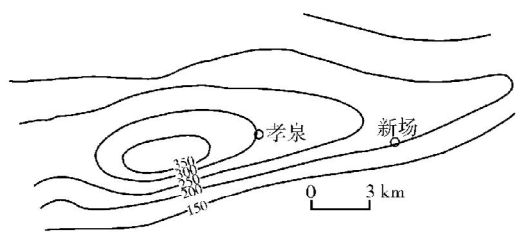


图 4 孝泉-新场地区侏罗系顶面构造等高线图
Fig. 4 Contour map on top of Jurassic in
Xiaoquar Xinchang area

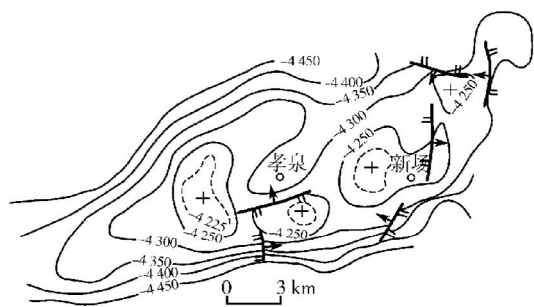


图 5 孝泉-新场地区上三叠统须家河组二段顶面构造图
Fig. 5 Structural map on top of the Upper Tertiary
2nd member of Xujiache Fm in Xiaoquar Xinchang area

3 000 m 以下变缓,消失在三叠系膏盐层或古生界泥质岩层中。

2.1 关口断裂

关口断裂亦称香水-灌县(都江堰)大断裂或龙门山前缘断裂,是龙门山逆冲推覆-滑覆构造带与四川盆地川西拗陷的分界。断裂呈北东-南西走向,断面倾向北西,地表倾角 60°~70°,北西盘

的三叠系和古生界逆冲在侏罗系或白垩系之上。上升盘地表发育推覆构造和滑覆构造(部分形成飞来峰);下降盘则为平缓的背斜或半背斜(断高),并发育少量逆冲断层。据地震勘探成果,断层面上陡下缓,呈一犁式。断距浅层小向中深部加大(200~1 800 m)。该断裂在有的地区由 2~3 条逆冲断层组成断裂带(江油地区),有的地区又成为隐伏断裂(彭县磁峰-都江堰市蒲阳)。

关口断裂是一形成时间早、活动时间长的大断裂。断层两盘发育的地层明显存在差异。中三叠统天井山组在北西盘江油黄连桥厚 428 m,紧邻的南东盘厚度仅 63.5 m;上三叠统马鞍塘组下部石灰岩段,在北西盘黄连桥厚度为 63.5 m,南东盘则普遍缺失。以上说明:印支早期关口断裂为一正断层,北西盘下降、南东盘上升。此正断层一直持续至晚三叠世中期。晚三叠世晚期,受印支构造事件影响,松潘-甘孜地区由张性盆地环境转变为造山带,关口断裂由正断层反转成逆冲断层,断裂两盘的地层厚度随之发生变化,北西盘须家河组遭受剥蚀(表 1)。印支晚期发育的逆冲断层,利用了早期的正断层面,反转形成了重接型复合构造。

表 1 彭州(县)市磁峰场与鸭子河地区须家河组厚度对比表
Table 1 Correlation of thicknesses of Xujiache Fm in
Cifengchang and Yazihe areas in Pengzhou

地 区	厚度/m			
	须二段	须三段	须四段	须五段
关口断裂上盘磁峰场地区	未出露	> 1 751.7	791.0	被剥蚀
关口断裂下 隆丰 1 井	497	1 062.5	955.5	629.5
盘鸭子河地区 川鸭 92 井	479	1 058.6	827.5	630.5

中侏罗世中期下沙溪庙组沉积之后,受龙门山区隆升作用的影响,关口断裂再次活动。江油市柏胜-青林口地区,上沙溪庙组厚度有明显差异,关口断裂北西盘厚度 611 m,南东盘厚度达 1 539 m,即下降盘厚度是上升盘厚度的 2.5 倍。反映燕山中期构造事件,利用了印支晚期逆断层面再次逆冲,造成断裂两盘上沙溪庙组厚度的巨大反差。这两次逆冲断裂面彼此重合,组成了同性质的重接型复合构造。

2.2 龙泉山断裂

龙泉山断裂是川西坳陷东部的边界断层,是成都平原的东界,控制第四纪沉积。该断层发育于龙泉山背斜西翼,断层面东倾,倾角 $35^{\circ} \sim 62^{\circ}$ 。该断层上盘主要为上侏罗统蓬莱镇组,下盘为白垩系灌口组,地层断距约 400 m。泉参井在井深 2 672 m 处钻遇此断层,雷口坡组(T_{1l})四段逆冲在须家河组五段(T_{3x}^5)之上,断距达 1 400 m。平面上,断层线长达 120 km,走向北北东-南南西,至金堂-中江县永太为隐伏断裂。龙泉山逆冲断层地表至深部,断层面倾角由陡变缓,最后消失于雷口坡组内。龙泉山背斜东翼存在一条逆断层,与龙泉山大断层组成反冲断层组合,但东翼断层断距较小(图 6)。龙泉山断裂与龙门山主干逆冲断裂倾向相反,在构造组合上,应属于龙门山山前带的反冲逆断层。

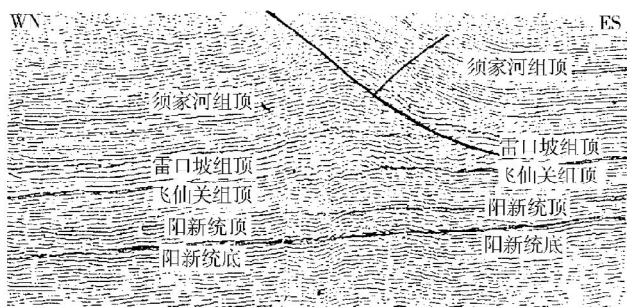


图 6 龙泉山背斜和逆冲断层地震剖面

Fig. 6 Seismic section of Longquanshan anticline and thrust (after Geologic Survey Department of Sichuan Petroleum Administration Bureau)

据研究,龙泉山断裂与龙泉山背斜主要生成时期为喜马拉雅中期^[2]。截至 1988 年,曾记录到龙泉地区大小地震活动 36 次,其中 4.0~5.9 级地震 5 次。1967 年 1 月 24 日借田地震,震级为 5.5,震源深度为 4~5 km。上述两条断裂相交处,

因地震活动在地表产生北东 30° 的张裂缝*,表明龙泉山断裂是现今仍在活动的复合型构造。

3 复合构造与油气关系

3.1 利于早期成藏

川西坳陷碎屑岩气藏的储层物性普遍较低。据 17 口井岩心样品统计,上三叠统主力气层须二段砂岩孔隙度平均值为 4.04%,渗透率平均值 $0.102 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,毛管饱和中值压力(P_c^{50})平均值为 11.995 MPa,对应喉道半径平均值为 $0.0625 \mu\text{m}$ ^[6]。川西坳陷中段埋藏深度最大,普遍在 4 600 m 以下,储层物性更低。以合兴场须二段砂岩为例,经 160 块样品分析,储层的平均孔隙度仅为 1.88%,平均渗透率仅为 $0.063 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。据研究,本区从始新世至今,已剥蚀上覆地层厚度达 2 000 m^[2]。由此可见,在须家河组深埋地腹达 200 Ma 的漫长地史时期,砂岩逐渐被致密化,以致有相当部分砂岩的孔渗性变得很低,天然气不能在其中流动。在如此物性条件下,势必要求砂岩致密化之前,天然气早期成藏^[7]。通过本区上三叠统烃源岩热演化史研究,须家河组自下而上生烃高峰期在印支晚期-燕山期^[8]。中坝、新场地区印支期已形成背斜雏形,此时须二段砂岩埋藏深度不大、埋藏时间较短,砂岩物性好,有利于生成的天然气适时运移、富集成藏,形成了中坝、新场须二气藏。

3.2 改善储层渗流条件

早期形成气藏之后,长期持续深埋地腹,砂岩普遍致密化,天然气在其中渗流艰难,尚无破裂构造存在,天然气产出困难,勘探井将成为低产气井甚至干井(如 CH138, 140, 148 等井, L150 井)。据实验分析,一条微裂缝的渗透率,通常高出致密砂岩基质渗透率的 1~3 个数量级,可见裂缝对改善川西致密砂岩渗透条件的重大作用。断裂附近常发育裂缝网络,这将极大地改善低孔渗储层的渗流条件,提高气井产能。新场地区在逆冲断裂附近的 X851 井,须二段砂岩产天然气,无阻流量为 $151 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

在水平挤压应力作用下,一个地区首先形成剪切破裂,尔后持续受力,岩层在变形弯曲形成背斜的过程中,于背斜轴部追踪先存的两组剪切破裂面形成二次纵张缝。这些纵张裂缝极大地改善了致密砂岩的渗透条件,有利于油气渗流。中坝、平落坝、合兴场等须二气藏的高产气井,也多位于

* 李永昭. 成都地区第四纪构造及构造运动. 中国东部地区新构造运动学术讨论会摘要汇编. 1988

背斜轴部(有些井同时还靠近断裂)。

川西坳陷三叠系地下水可分为两种类型,一种是含有硫酸根的盐水,另一种是不含硫酸根的盐水。前者分布于中、下三叠统,与碳酸盐岩层中的大量硬石膏被溶蚀有关,如安县川 36 井、江油市中坝中 3 井,硫酸根离子的含量高达 712~1 090 mg/L。上三叠统主要由砂、泥岩互层夹煤层组成,地层水中普遍不含硫酸根,即便是四川盆地中部,须二段的下伏泥岩层很薄(小于 20 m),中三叠统地层水中所含硫酸盐,也未能进入须二段砂岩层。这充分说明了须二段下伏泥岩层封盖性好,阻止了中、下三叠统中含硫酸根离子的地下水向上渗流进入须二段。川西坳陷须二段下伏泥质岩厚度

远大于川中地区(累计厚度为 75.5~375.5 m),更能阻止中、下三叠统的地下水进入须二段。川西坳陷一次构造事件形成的背斜,如老关庙背斜、文兴场背斜,须二段砂岩含水层中也不含有硫酸根离子(表 2),说明须二段下伏泥质岩能够封盖中、下三叠统中的流体,阻止其向上渗流进入须二段。但是,一些多期次构造事件形成的复合构造,特别是横跨型和斜接型复合构造的须二段砂岩含水层中往往含有硫酸根,反映了这些构造有较发育的破裂构造,使中、下三叠统含硫酸根离子的地下水,沿着这些破裂面向上渗流,进入须二段砂岩孔隙层,并与其原生水发生混合,形成现今地下水。

勘探实践表明,通常情况下破裂构造的发育

表 2 川西坳陷构造类型与地下水的组分表

Table 2 Structural types and components of ground water in western Sichuan depression

构造名称	层位	构造闭合度/m	构造类型	井号	层位	井深/m	矿化度/ g·L ⁻¹	硫酸根含量/ (mg·L ⁻¹)	钡离子+锶 离子/(mg·L ⁻¹)
新场构造七 郎庙高点	T _{3x} ² 顶	95	斜接型	CX565	T _{3x} ²	5 145~ 5 175	119.7	33	0
合兴场	T _{3x} ² 顶	75	横跨型	CH100	T _{3x} ²	4 692.59~ 4 712.4	39.2	327.5	0
老关庙	T _{3x} ² 顶	140		关 8	T _{3x} ²	4 237.82~ 4 173.47	180.0	0	4 131
文兴场	T _{3x} ² 顶	130		文 7	T _{3x} ²	4 560~ 4 223.72	156.6	0	5 025
中坝	T _{3x} ² 顶	395	重接型	文 3	T _{3l} ²	3 460	92.6	712	0

主要与岩性及背斜的褶皱强度有关。褶皱强度在某种程度上也可用构造闭合度反映。但由表 2 所示,破裂构造较发育的七郎庙高点、合兴场背斜须二段顶面构造闭合度比破裂构造不发育的老关庙、文兴场背斜还要低,因此不能用常规褶皱强度说明新场背斜、合兴场背斜破裂构造的发育程度。上述 4 个背斜的须二段主要为砂岩夹少量泥岩,下伏小塘子组和马鞍塘组主要为砂、泥岩互层组成,岩性差异不大,因此,破裂构造的发育程度亦不能用岩性的不同来说明。

就破裂构造而言,上述 4 个背斜均发育有逆冲断层,其中特别是文兴场和老关庙背斜发育的逆断层,断距较大、延伸也较长。以文兴场背斜北西翼断裂为例,断层面倾向南西,倾角 48°,断距 50~130 m,延伸长 20 km,向上消失于须家河组三段、四段,向下消失于雷口坡组和嘉陵江组(T_{1j})。孝泉-新场背斜和合兴场背斜虽也发育一些逆冲断层,但断距和断层延伸长度均小于文兴场,特别是孝泉-新场背斜,仅发育一些小型断裂。文兴场背斜和老关庙背斜的须二段地下水不含硫酸根离子,而孝泉-新场背斜和合兴场背斜同层位含硫酸根离子。

由此可知,破裂构造的发育程度与逆冲断裂也没有必然联系。破裂构造较发育的孝泉-新场背斜、合兴场背斜都是复合构造,前、后两期受地应力的方向是不同的,它们之间存在夹角。因此,在川西坳陷中,破裂构造的发育程度应与构造复合有关。不难理解,晚期不同向的地应力作用于早期构造变形带,除产生新的破裂构造外,还利用了早期压性或压扭性破裂面,使其成为张性或张扭性破裂面。张性或张扭性破裂面,有利于下伏地层中的流体向上渗流,进入须二段。复合构造中地下水含硫酸根离子不限于须二段。CH94 井在须四段地下水中也含有硫酸根离子(23.87 mg/L)。因此,复合构造是造成流体垂向渗流的主要原因。

新场侏罗系中、上统气藏,烃源岩是下伏的上三叠统须家河组上千米厚的暗色泥质岩。所生成的丰富天然气(大于 120 × 10⁸ m³/km²)通过上述发育的破裂构造面,向上运移至沙溪庙组和蓬莱镇组,形成了远源型的大型天然气藏。这些破裂构造是其成藏的重要条件之一^[9]。

新场背斜和合兴场背斜在形成过程中地应力强度虽然不大、褶皱幅度较低,不能同川西坳陷的

中坝背斜和平落坝背斜相比(后者构造闭合度为390 m), 但新场背斜、合兴场背斜属于斜交型和横跨型复合构造, 破裂构造发育^[10], 有效地改善了须二段低孔、渗储层, 故出现了上述高产气井。

3.3 大断裂的破坏作用

本区大断裂是在多期次构造事件中形成的复合构造。它们对油气影响, 特别是气藏的破坏作用不可低估。这是因为这些大断裂的活动时间长, 有的至今仍在活动; 它们的断距大, 断层直达地表或接近地表, 成为深部天然气向上渗流溢出地表的通道。

关口断裂是一个始于中三叠世直至现在仍在活动的大断裂, 断裂直达地表或接近地表, 在断裂的下盘许多地区存在半背斜(如青林口、双河、让水等)和鼻状背斜(如老坪坝、绵竹等), 经过广泛的勘探, 无一口工业气井。这些地区并非无生、储油条件, 其岩性、岩相和含油气组合, 与毗邻气田(中坝气田、孝泉-新场气田)完全可作对比, 一些勘探井还含有少量残余油气。这充分说明了关口断裂造成了沿断裂带油气藏的破坏。

龙泉山背斜轴部出露了上沙溪庙组(J_2s), 以遂宁组(J_3s)扇子山砂岩底面构造计算, 闭合面积达234 km², 闭合度650 m。四川石油管理局在本构造带上勘探, 打深井5口, 最深的井钻至下寒武统, 因受龙泉山断裂的破坏, 探井均未获工业气流。但本构造上油气苗显示很普遍, 许多盐井中有天然气溢出, 其成分为干气。据此, 1986年至1993年, 又曾在三大湾高点上打浅井20口, 平均井深350 m, 获气井6口, 建成日产天然气3 000 m³的产能。产气层为沙溪庙组粉-细砂岩、泥质粉砂岩、砂质泥岩, 平均孔隙度值为3.21%, 平均渗透率值为 $0.149 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 属低孔渗储层。以上说明龙泉山背斜主气藏已遭龙泉山断裂破坏, 由于低孔渗储层的非均质性, 远离沟通地表的大断裂带, 仍可能残存一些小型气藏。

本文引用了中国石化西南分公司和中国石油西南油气田所属单位的一些资料, 在此表示感谢。本文为纪念关士聪院士逝世一周年而作。

参 考 文 献

- 1 刘和甫, 梁慧社, 蔡立国, 等. 川西龙门山冲断系构造样式与前陆盆地演化[J]. 地质学报, 1994, 68(2): 110~118
Liu Hefu, Liang Huishe, Cai Ligu, et al. Structural styles of the Longmerr

shan thrust belt and evolution of the foreland basin in western Sichuan province, China[J]. Acta Geologica Sinica, 1994, 68(2): 110~118

- 2 郭正吾, 邓康龄等. 四川盆地形成与演化[M]. 北京: 地质出版社, 1996
Guo Zhengwu, Deng Kangling, et al. Formation and evolution of Sichuan basin[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1996
- 3 马永旺, 刘顺. 龙门山彭灌地区大鱼洞-九甸坪-龙溪滑覆体的变形特征及形成[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2003, 30(5): 462~467
Ma Yongwang, Liu Shun. Tectonic deformation feature and formation mechanism of the Dayudong-Jiudianping-Longxi gliding nappe in the Peng-Guan area, western Sichuan[J]. Journal of Chengdu University of Technology (Science Technology Edition), 2003, 30(5): 462~467
- 4 邓康龄. 川西坳陷中段构造与演化[A]. 见: 杨克明, 徐进. 川西坳陷致密碎屑岩领域天然气成藏理论与勘探开发方法技术[C]. 北京: 地质出版社, 2004. 63~72
Deng Kangling. Evolution and structures in middle section of western Sichuan depression[A]. In: Yang Keming, Xu Jin. Reservoiring Theory and Methods and Technologies of Natural Gas Exploration and Development in Tight Clastic Rocks in Western Sichuan Depression[C]. Beijing: Geological Publishing House, 2004. 63~72
- 5 黎邦荣, 黎从军, 徐炳高. 古构造对新场气田沙溪庙气藏的奠基作用[J]. 石油与天然气地质, 1998, 19(4): 346~350
Li Bangrong, Li Congjun, Xu Binggao. Laying a foundation for Shaximiao gas pools in Xinchang gasfield by paleostructures[J]. Oil & Gas Geology, 1998, 19(4): 346~350
- 6 王允诚, 朱永铭. 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, 18(4): 92~105
Wang Yuncheng, Zhu Yongming. A genetic model of the gas pools of Xujiahe Formation Upper Triassic in the west Sichuan depression of Sichuan basin[J]. Journal of Chengdu College of Geology, 1991, 18(4): 92~105
- 7 杨克明. 川西坳陷油气资源现状及勘探潜力[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(4): 322~326, 331
Yang Keming. Status of oil & gas resources and prospecting potential in western Sichuan depression[J]. Oil & Gas Geology, 2003, 24(4): 324~326, 331
- 8 邓康龄. 四川盆地天然气形成时期分析[A]. 见: 谢秋元. 石油与天然气地质文集(第6集)[C]. 北京: 地质出版社, 1997. 71~77
Deng Kangling. Analysis of gas generating period in Sichuan basin[A]. In: Xie Qiuyuan. Selections of Oil and Gas Geology (Part VI)[C]. Beijing: Geological Publishing House, 1997. 71~77
- 9 邓康龄. 成都平原侏罗系气藏形成机理[J]. 天然气工业, 1999, 19(增刊): 12~17
Deng Kangling. Formation mechanism of Jurassic gas reservoirs in Chengdu plain[J]. Natural Gas Industry, 1999, 19(Supplement): 12~17
- 10 吴志均, 杨宇, 刘应楷. 新场气田上沙溪庙组的应力场特征[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(2): 136~139
Wu Zhijun, Yang Yu, Liu Yingkai. Characteristics of stress field in Upper Shaximiao Formation, Xinchang gasfield[J]. Oil & Gas Geology, 2003, 24(2): 136~139