

新场气田上沙溪庙组的应力场特征

吴志均¹, 杨宇², 刘应楷³

(1. 成都理工大学能源学院, 四川成都 610059; 2. 西南石油局开发处, 四川成都 610081;
3. 西南石油局地质综合研究院, 四川成都 610081)

摘要: 新场气田位于四川盆地西部坳陷的中部。其构造展布方向, 形变强度等方面与两侧都有较明显的差别。从整体上看, 新场气田属弱形变区。印支期至燕山晚期, 新场气田长期处于 NS 向反扭和 EW 向挤压, 仅中喜马拉雅形变世代的 EW 向挤压应力场较为明显; 该构造属于弱形变强度的构造, 仅发育少数小断裂, 岩芯上应力场踪迹少; 其应力场特征是: 最大水平主应力的主体方向为 156° 左右, 最大主应力(σ_v)与最小主应力(σ_h)近于水平, 最大主应力稍大于岩层的垂直应力(σ_h)和岩石的破裂应力。

关键词: 应力场; 上沙溪庙组; 构造形变; 岩芯踪迹

第一作者简介: 吴志均, 男, 39岁, 高级工程师, 石油开发

中图分类号: P551 文献标识码: A

1 区域形变展布

新场气田位于 NEE 向孝泉背斜东半段, 或孝

泉-丰谷背斜带的中段。此背斜带横卧于盆地西部坳陷中部的枢纽段, 其北东为通江-梓潼中生代凹陷, 其南西为成都中-新生代凹陷(图1)。

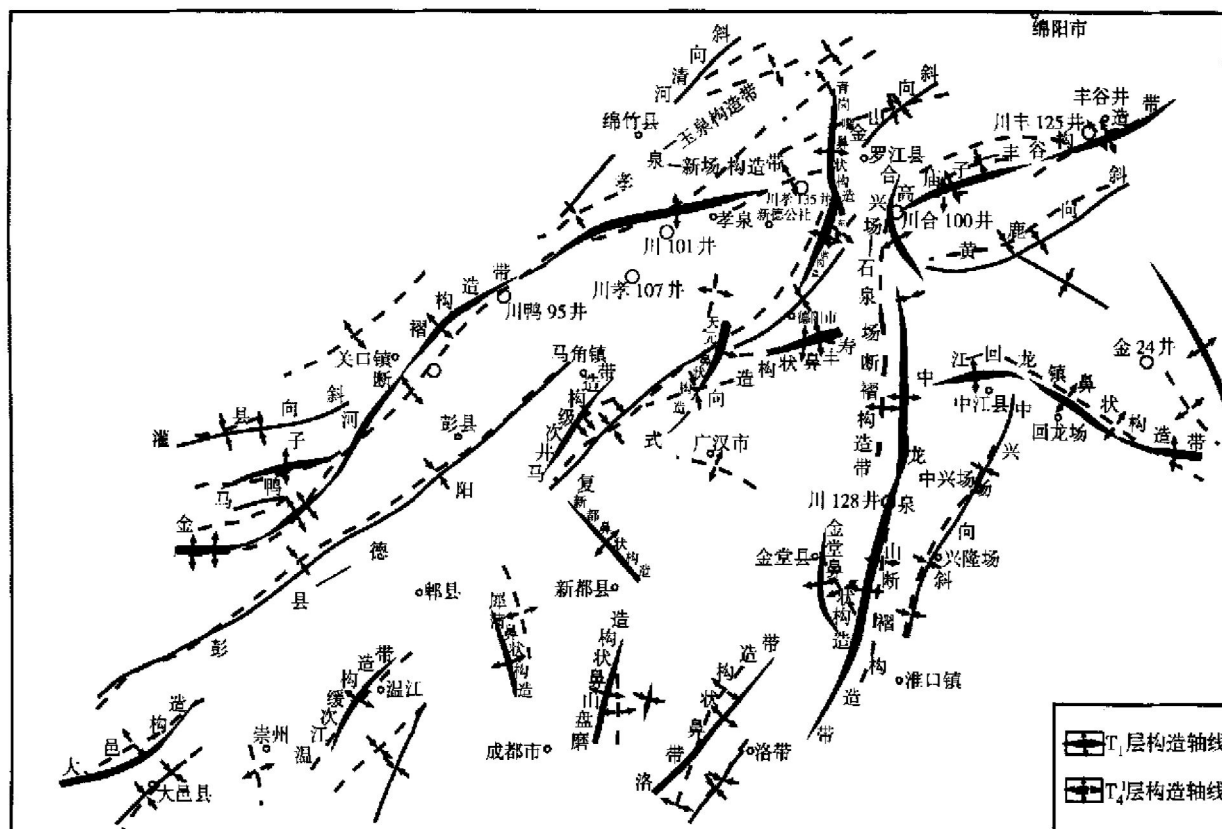


图1 四川盆地川西坳陷中段构造纲要示意图

Fig.1 Structural outline map of middle part of western sag of Sichuan basin

新场气田与周围相邻构造展布方位迥然不同, 东侧是 NS 向的石泉场- 合兴场(地表称白腊沟- 白马关)背斜带横跨在孝泉- 丰谷背斜带上; 其东南侧为 NNE 向的龙泉山背斜带; 西南侧为 NE 向的金马- 鸭子河背斜带; 南侧零星散布几个 NE 向低缓背斜, 如马井构造及天元鼻状构造; 北侧也有低缓的近 NS 向玉泉背斜等。

从构造形变带分布特征观察^[1], 新场气田所在的盆地西部坳陷中段为弱变形区, 东西两侧为中等形变强度的形变带。若以四川盆地构造形变从强到弱的系列(推覆形变带- 断弯形变带- 断展形变带- 断突形变带- 断滑形变带)来看, 西南侧为断弯形变带(金马- 鸭子河构造带), 东侧及东南侧为断突形变带(石泉场- 合兴场构造带)及断展形变带(龙泉山构造带), 其间为广阔的断滑形变区。

应力场作用在构造上必然要留下踪迹, 而构造的踪迹是以构造形变和断裂分布来表现的。通过地震勘查可以查明这些构造的踪迹, 从而判断应力场特征。经过多次二维及三维地震勘查, 已经较高精度地查明新场气田不同深度的构造形态和断裂分布。总体构造走势为 NEE 向, 拱曲平缓, 南翼陡, 北翼缓; 浅层(K)和中深层(J)构造垂向变异不大, 但往深层(T_3)变异明显。据此, 可将其划分为上、下两个形变层。

上形变层由下白垩统和侏罗系构成, 由二维及三维地震的 T_K (K_1 底) T_0^1 (J_3p^2 下部) T_1 (J_3p 底) T_2 (J_3s 底)(图2) T_2^1 (J_2sA 层底) 及 T_4^1 (J_2q

底) 各地震反射层构造图显示其浅层及中深层的构造形变特征。其总体特征是孝泉构造的东半段, 轴向 65° , 拱曲高度 100~ 150 m, 轴部宽缓, 南翼陡($4^\circ 30'$), 北翼缓(2°), 垂向形态稳定, 均为向东倾没的鼻形。浅层无断裂, 三维地震在中深层查出一些长 1 000 m 左右, 断距小于 10 m, 呈 NNE 或近 NS 向, 东倾或西倾小断裂, 且有幅度 10 m 左右的次级高点。另外, 与东侧的白马关(东泰或青岗咀)构造之间, 在浅层有不明显的低鞍, 在中深层一些低鞍演变为近 NS 向的零星断裂。或者说白马关构造在中深层已演变为孝泉构造东倾没端的次高点。

下形变层由上三叠统须家河组构成, 与上形变层比较出现明显变异。第一, 构造格架不再是孝泉构造的东半段, 而是与孝泉构造高点同高度的另一个复合高点; 第二, 三维地震资料查明此复合高点轴部由 4 个 3 070 m 的低洼组成, 其南北两侧各出现两、三个 NE 向或 NS 向, 高 30~ 200 m 的突起; 第三, 构造南北两翼倾角增大, 南翼 $9^\circ \sim 14^\circ$, 北翼 $7^\circ \sim 9^\circ$; 第四, 南北两翼发育一些长 1 000~ 3 000 m, 北倾或南倾的东西向断裂, 同时发育一些略具等距性(4 000 m 左右), 长 4 000~ 5 000 m, 东倾或西倾的南北向断裂; 第五, 白马关构造已无踪影。

新场气田及邻近地区的各组段厚度规律性变化表明, 虽然它现今是孝泉背斜构造的东段, 但在印支晚期已是各具高点的短轴背斜, 燕山早期成为统一的鼻状构造, 燕山中期又分别成型为短轴背斜, 燕山晚期定型为统一的 NEE 向背斜, 此后至今其构造形态基本保持不变。

上述构造形变特征及形成演化经历说明新场气田长期处于四川盆地西部坳陷中段的微弱形变带, 在构造形变上遗留的踪迹是上下形变层均为南陡北缓低幅度 NE 向鼻状构造, 仅发育少数 NS 向小断裂。

2 岩芯形变踪迹

应力场作用于地层岩石上, 必然要在岩石上形成裂缝和擦痕。新场气田至今共对近 40 口井上沙溪庙组的砂层进行取芯, 取芯率均在 95% 以上。通过对其中 33 口井长约 750 m 的岩芯进行逐段详细观察、描述和照相(图3), 发现其中 14 口井的不同砂层岩芯具有非常发育的低角度至水平的层理缝或层理纹(隐蔽缝), 密度可达 6~ 80 条/m。

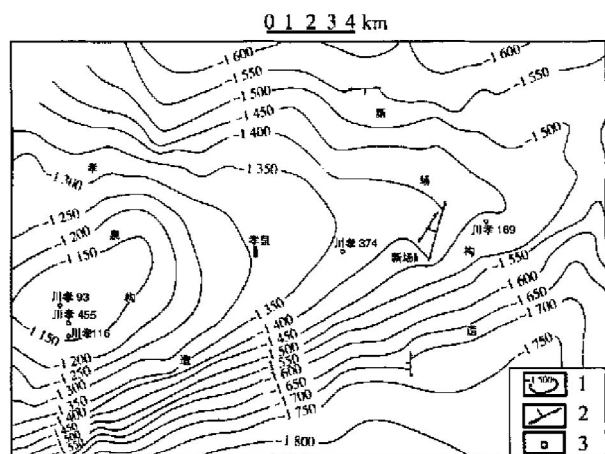


图2 孝泉- 新场地区 T_2 地震反射标准层构造图

Fig. 2 Structural map of seismic marker bed T_2

in Xiaoquan- Xinchang area

1—可靠等深线; 2—可靠逆断层; 3—钻井

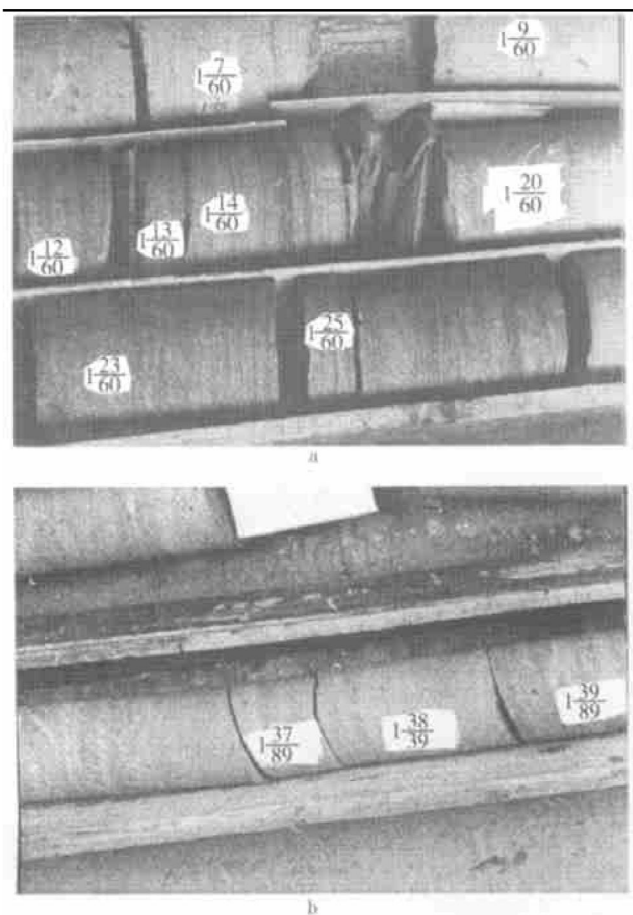


图3 岩芯裂缝照片

Fig. 3 Photos of core fractures

a—X851井 J_{s2}^3 砂层中的低角度层理缝, 部分开启;b—CX376井 J_{s2}^1 砂层的开启剪切缝;c—CX165-1井 J_{s2}^1 砂层下伏泥岩中剪切擦痕弯曲镜面

构造轴部的川孝129井、川孝370井、联101井及新804井的岩芯已成厚1~4 cm的饼状, 缝面平

直, 无充填, 云母片密集。这类层理缝主要分布在构造轴部或南翼的 J_{s2}^1 及 J_{s2}^4 层砂体中下部(图4)。已有研究成果表明它们不是应力作用形成的。

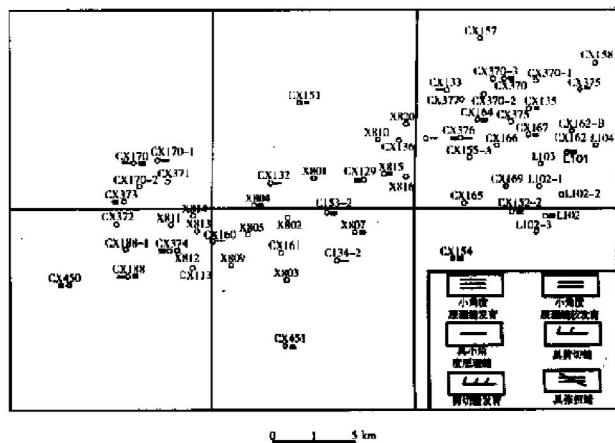


图4 新场气田上沙溪庙组岩芯
小角度层理缝及构造缝分布图

Fig. 4 Diagram showing distribution of low-angle bedding fissures and structural fractures in cores from the upper Shaximiao Fm in Xinchang gasfield

另外, 还在川孝170井、川孝168、川孝376、川孝154、川孝165-1等井中见到构造缝(图3)。川孝376井 J_{s2}^1 砂层中下部有15条, 倾角 15° 左右, 与层理夹角 2° 左右的剪切缝, 裂面平直, 具台阶, 无充填, 密度2~5条/m, 下伏泥岩中有擦痕面。川孝170井 J_{s2}^{3-1} 砂层中下部的层理不发育, 但有3~6条剪切缝, 裂面平直, 具台阶, 倾角 $15^\circ \sim 21^\circ$, 无充填, 密度1~2条/m, 下伏泥岩有具阶步的擦痕面。川孝154井 J_{s2}^{3-2} 砂层中有一条倾角 43° , 平直粗糙, 无充填的扭张缝。川孝168井下沙溪庙组粉砂岩中有5条, 倾角 $34^\circ \sim 45^\circ$ 的扭张缝, 密度2条/m, 裂面呈不规则波状, 被它形白色方解石充填, 缝宽1 mm左右, 裂面有具阶步的微细擦痕, 下伏泥岩中有波状滑动镜面。

以上情况表明应力场在岩芯上的踪迹稀少, 川孝170井及川孝376井的剪切缝说明新场气田轴部存在微弱的层间滑动和剪切作用。川孝168井及川孝154井的少数扭张缝仅能说明存在挤压应力。新场气田构造缝极不发育, 与构造平缓 and 现今最大水平主应力值低是完全一致的。

3 应力场特征

新场构造与相邻构造展布方位的差异表明新

场气田的局部应力场与区域应力场不同。新场气田构造形变、断裂分布和岩芯裂缝的应力场踪迹显示,从印支期至燕山晚期长期处于SN向反扭和EW向挤压,但根据孝泉-新场构造形态及断裂特征判断,仅中喜马拉雅形变世代的EW向挤压应力场较为明显。新场气田部分井的地层倾角测井应力场方向测量结果表明,现今最大水平主应力方向为 $150^{\circ}\sim 169^{\circ}$,主体方向为 156° 左右。这样地层倾角测井证实最大水平主应力主体方向与构造受力方向一致。

新场气田构造的区域拱曲幅度小,以邻近的最深向斜计算仅700~960 m,南北两翼的平均倾角只有 $2^{\circ}\sim 3^{\circ}$,属于弱形变强度的构造。结合岩芯的应力场踪迹少和构造上仅发育少数小断裂判断,最大主应力(σ_v)与最小主应力(σ_h)近于水平,

最大主应力稍大于岩层的垂直应力(σ_H)和岩石的破裂压力,即 $\sigma_h < \sigma_H < \sigma_v$ 。岩芯应力和水力压裂测量结果也证实这一结论。

综上所述,新场气田上沙溪庙组应力场的特征是:从印支期至燕山晚期长期处于NS向反扭和EW向挤压,仅中喜马拉雅形变世代的EW向挤压应力场较为明显;该构造属于弱形变强度的构造,仅发育少数小断裂,最大水平主应力的主体方向为 156° 左右,最大主应力(σ_v)与最小主应力(σ_h)近于水平,最大主应力稍大于岩层的垂直应力(σ_H)和岩石的破裂压力。这一结论与应力场实测结果吻合程度好。

参 考 文 献

- 1 邓康龄. 四川盆地形成与演化[M]. 北京:地质出版社,1996

CHARACTERISTICS OF STRESS FIELD IN UPPER SHAXIMIAO FORMATION, XINCHANG GASFIELD

Wu Zhijun¹ Yang Yu² Liu Yingkai³

(1. Energy College, Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan; 2. Development Dep. Of Southwest petroleum Bureau, Chengdu, Sichuan; 3. Geological Research Institute of Southwest Petroleum Bureau, Chengdu, Sichuan)

Abstract: The directional distribution and deformation intensity of structures in Xinchang gasfield, located in the center of western sag in Sichuan basin, have been found to be largely different from those on both sides. As a whole, Xinchang gasfield is in the weak deformation area, it might have been reversely twisted in NS direction and compressed in WE direction during Indosinian to later Yanshan movements, and only the EW direction compressional stress field that occurred during the middle Himalayan deformation stage is relatively evident. The structure is of weak deformation type with only a few little faults, and rarely with stress fields traces in cores. The characteristics of stress field are as follows: the main direction of largest horizontal stress is about 150° , the largest and smallest principal stresses (σ_v and σ_h) are both nearly horizontal, and the largest principal stress is slightly larger than the vertical stress (σ_H) of rock strata and fracturing stress of rock.

Key words: stress field; upper Shaximiao Fm; structural deformation; traces in core