

文章编号: 1009-6248(2004) 02-0075-05

四川盆地中西部地区上三叠统压力特征与油气运聚

高胜利¹, 姚文宏², 朱广社³

(1. 长庆油田公司勘探开发研究院, 陕西 西安 710021; 2. 中石化河南油田采油一厂, 河南 桐柏 744780; 3. 长庆油田公司第三采油厂地质研究所, 宁夏 银川 750006)

摘 要: 通过实测压力数据、泥岩声波压实研究、古压力恢复研究, 对川西、川中地区异常压力在纵向、横向上的分布特点的分析, 认为该区异常压力分布有明显的分区性; 同时, 依据异常压力的孕育史模型, 恢复本地区上三叠统古压力的形成与演化历史, 认为上三叠统过剩压力高峰出现过两次, 分别在晚侏罗世末和早第三纪末; 最后分析了该区异常压力与油气运聚的关系。

关键词: 四川盆地; 异常压力; 声波时差; 油气运聚

中图分类号: P618.130.1 **文献标识码:** A

1 现今地层压力分布特征

1.1 压力横向分布

表 1 为川西北各构造的压力系数统计表, 魏城、老关庙一带的压力系数最高, 依次为文兴场、柘坝场、九龙山和丰谷, 中坝和思依场最低。

表 1 川西北部各构造压力系数统计表

Tab. 1 Statistical chart of pressure coefficients of different structures in western Sichuan

构造 层位	中坝	丰谷	魏城	老关 庙	文兴 场	柘坝 场	思依 场	九龙 山
大安寨				1.978				
须 5 段							1.084	
须 4 段			2.114	1.775	1.909			
须 3 段						1.857	0.996	
须 2 段	1.12	1.58		2.11	1.935	1.788		1.675

根据 48 个实测压力点做出了四川盆地中西部地区上三叠统压力梯度图(图 1), 由图可见, 上三叠统内超压最明显的地区位于绵阳以东, 压力梯度

可达 2.0 MPa/100 m; 其次是四川西南部灌县和川北—川中北部的巴中—仪隆—元陀一带, 压力梯度为 1.8 MPa/100 m; 除龙门山前和龙泉地区外, 成都以南至仁寿地区为低压区, 这是由于该低压区断裂非常发育, 断裂导致泄压。

1.2 压力纵向分布

图 2 是分别做出的川西北、川西南和川中地区上三叠统实测地层压力随深度的纵向分布。

由图 2 可见, 四川西北部地区自 2 800 m 以下, 地层压力开始偏离静水压力线, 且迅速增高, 过剩压力幅度达 20 MPa; 3 700 m 以下地层压力升至 38 MPa; 再向下逐渐降低。四川西南部在 800~2 000 m, 地层压力一直保持 2~4 MPa 的低幅超压; 2 100 m 以下除个别点有明显超压外, 大部分点接近常压。四川中部地区在 2 000 m 以下, 大部分点呈现超压状态, 过剩压力随深度递增, 从 10 MPa 增至 35 MPa 左右。

根据以上分析可知, 四川西北地区过剩压力(超压的绝对值)最高; 四川中部地区特别是深处地

收稿日期: 2003-10-05; 修回日期: 2004-02-16

基金项目: 中国石油天然气总公司西南油气田分公司勘探开发研究院 2001-2002 资助课题

作者简介: 高胜利(1974-), 男, 陕西渭南人, 现在长庆油田公司勘探开发研究院天然气勘探室工作。

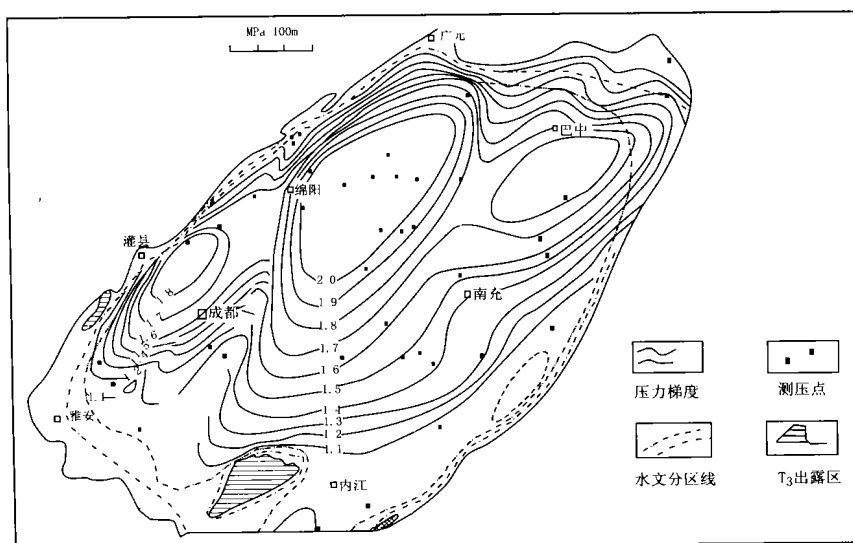


图1 四川盆地上三叠统压力梯度分布图

Fig. 1 Contour map of gradient of pressure of Upper Triassis in different areas of Sichuan basin

1. 本图根据 48 个实测压力点编制而成; 2. 水文地质分区引用的 1990 年杨家琦资料

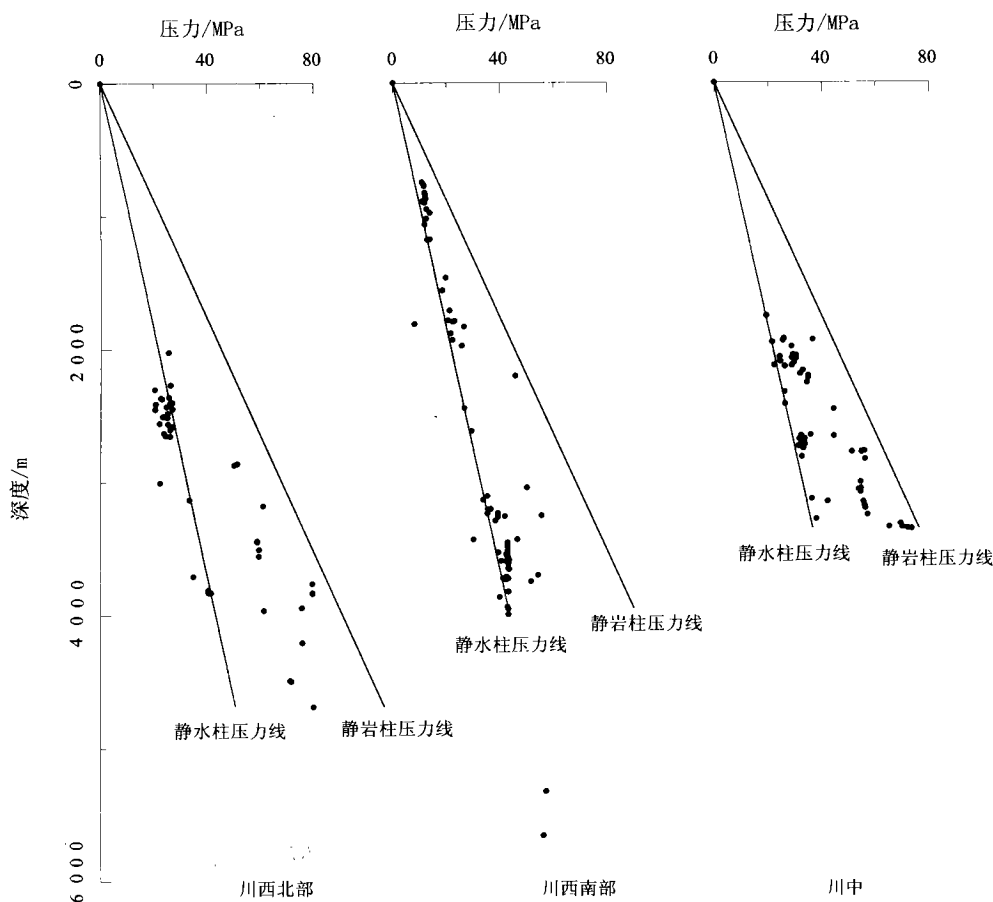


图2 四川盆地上三叠统不同地区实测压力分布图

Fig. 2 Distribution of test pressure of Upper Triassis in different areas of Sichuan basin

层的压力系数(超压的相对幅度)最高;而四川西南部的超压幅度明显小于前两者。上述不同地区的压力分布特征与该地区的断裂、裂缝的发育程度有密切关系,断裂、裂缝越发育,超压越不易被保存。

2 由泥岩声波时差压实曲线反映出的地层压力特征

泥岩压实曲线研究是了解某一特定历史时期的岩石压实状况和间接计算地下流体压力的有效途

径,由此获得比较连续、系统的压力资料。

2.1 压实曲线正常段斜率、超压顶界所处深度和层位

从表 2 可知:在川西地区,正常段斜率小于川中;在川西,从南向北有递减的趋势;在川中,八角场、磨溪、安平、合川一线斜率相对川中其他地区较大;狮子场、罗度溪最小;川中其他地区斜率介于上两者之间。因为川西、川中地区沉积速率的明显差异,所以造成正常段斜率的明显不同,一般,沉积速率越大,正常段斜率越小。

表 2 四川盆地中西部泥岩压实曲线正常段斜率、超压顶界层位统计表

Tab. 2 statistical chart for slop of mudstone pressure normal curve and position of top of superpressure

井号	斜率	超压顶深/m	超压顶层位/m	井号	斜率	超压顶深/m	超压顶层位
思 1	1.001	1 635	蓬莱镇	磨 28	5.796 93	755	重 2 段
柘 1	2.161 64	1 770	遂宁组	金 17	3.176	1 050	重 3 段
关 6	2.948 48	1 650	遂宁组	金 49	2.402 1	1 130	重 3 段
邛西 2	3.988 76	1 700	遂宁组	合川 13	5.400 16	652	重 2 段
松华 2	2.080 98	1 925	沙溪庙	安平 1	4.285 6	788	重 2 段

在川西地区,异常段顶界处于 3 种可能层位:位于遂宁组底;位于蓬莱镇组顶部附近;位于沙溪庙上段附近。在川中地区,异常段顶界处于重 2 或重 3 段。

2.2 异常幅度

图 3 为四川盆地不同地区的泥岩声波压实曲线,异常压实深度段的形态基本存在两种形式:异常起伏较明显的随深度的增加而起伏;异常幅度小或几乎为垂直。

由不同地区的泥岩声波压实曲线(图 3)可得出:在川中地区,泥岩压实曲线有较明显的异常幅度;在川西的北部,泥岩压实曲线异常段上部有明显的异常幅度,在异常段的下部异常幅度不明显;在川西的南部,泥岩压实曲线的异常幅度不明显;川中的泥岩压实曲线异常幅度较川西北部的明显。

3 古压力的形成与演化

超压形成的根本原因是岩石排水不畅,但它形成之后,尤其当流体压力积聚到超过岩石的抗破碎强度时,它又会成为地下流体的潜在动力,为油气的运移、聚集提供动力,了解流体压力特别是超压的演化历史,对认识油气的运聚成藏过程有重要意义。

从异常压力的成因机制出发,依据一定的基本前提,得出异常压力的孕育史模型^[2]:

$$(\phi \cdot \beta_r + \beta_s) \cdot \frac{dp}{dt} = \frac{1}{\rho_f} \cdot \text{div} \left\{ \frac{k \cdot \rho_f}{\mu_f} [g \vec{radp} - \rho_f \cdot \vec{g}] \right\} + \beta_s \cdot \frac{ds}{dt} + \alpha_f \cdot \phi \frac{dT}{dt} + q_f$$

式中 β_s 和 β_r 分别为岩石和流体的压缩系数; ρ_f 和 μ_f 分别为流体的密度和动力学粘度; p 为流体压力; S 为上覆总负荷; α_f 为流体的热膨胀系数; T 为温度; q_f 单位体积内流体的体积增长率; t 为时间。式中左端表示沉积物通过控制体(元)时流体随时间的变化,右端 4 项分别表示孔隙流体流动、总负荷(压力)、温度和新生体源对压力形成的影响。它反映了流体压力随时间的变化,因此可用来计算流体压力,并恢复其演化历史。选定适合本地区的有关参数,在一定的初始条件和边界条件下,并受其他定界条件的制约,依据上式比较准确的计算出古流体压力。

四川盆地香三段被认为是最重要的烃源岩,研究它的异常压力的孕育和演化历史,有助于油气排出时间、强度、方式等问题的解决。图 4 为单井香三段过剩压力演化恢复结果。

依据恢复结果,角 13、关基井、台 18、营 22、磨 27 井香三段的过剩压力演化几乎是同步的,一般开始于下沙溪庙组沉积末,到蓬莱镇组沉积末出现

第一个高峰值, 之后, 过剩压力有所减小; 从白垩纪开始到早第三纪, 地层压力又呈缓慢增加的趋势,

到早第三纪末, 过剩压力达到最高值。因此, 地质演化历史上, 上三叠统过剩压力高峰出现过两次, 分

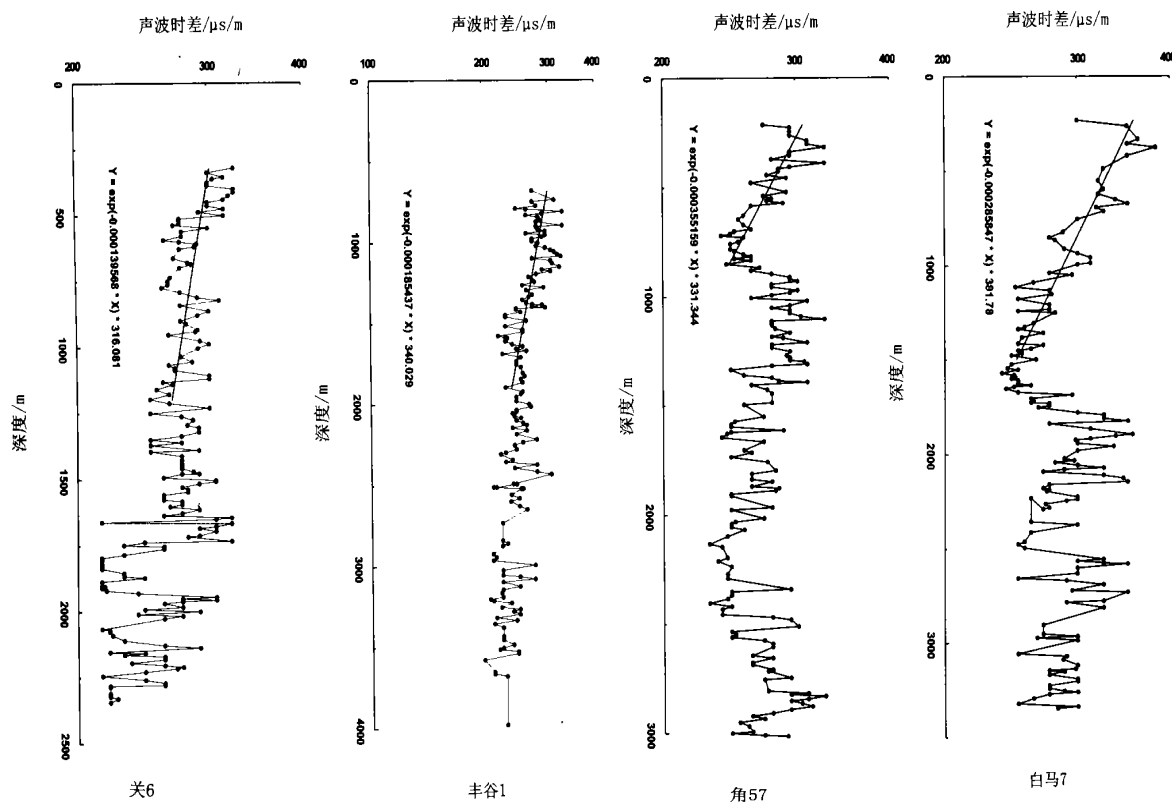


图3 泥岩声波时差随深度变化关系图

Fig. 3 Diagram of acoustic time of mudstone vs depth in different areas

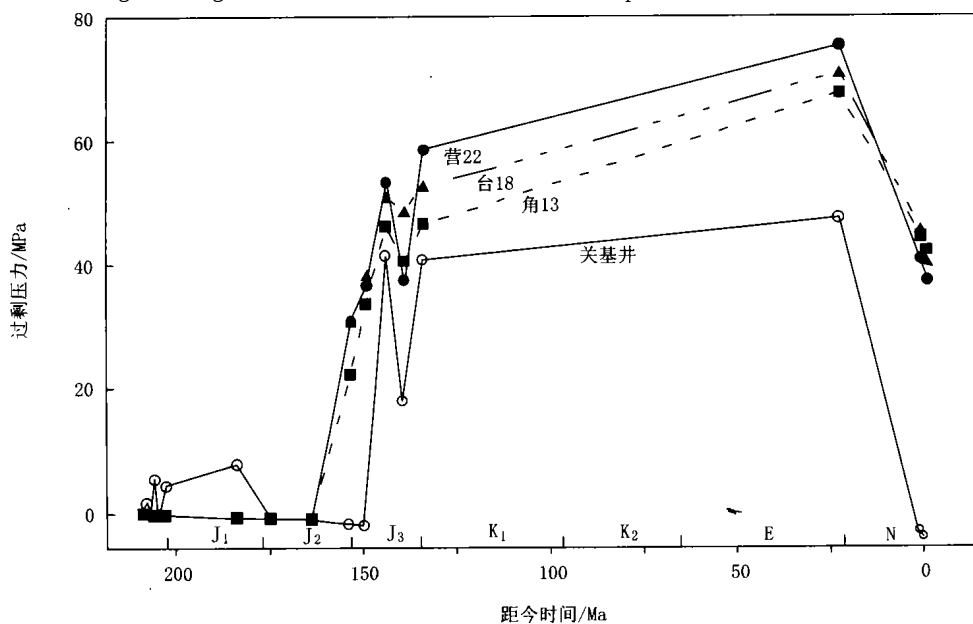


图4 四川盆地上三叠统单井古压力演化史图

Fig. 4 Curves of the overpressure evolution history of Upper Triassic in Sichuan basin

别在晚侏罗世末和早第三纪末, 在这两个时期, 地层的超压幅度相对于其前、后时期最高。结合该区的地质构造演化背景, 地层埋深在早第三纪末处于最大埋深状态, 晚第三纪后, 由于喜山运动造成的台升, 埋藏变浅, 中、晚侏罗世末以来, 地层台升幅度不大, 基本不影响香三段的生烃, 晚第三纪至今, 因地层变浅, 生烃作用减缓或终止。

4 地层压力与油气聚集

四川盆地的勘探实践表明, 常压-异常中压地区(压力系数 1.07~1.4)是寻找大中型气藏的有利地区, 如中坝、平落坝气藏; 异常中压偏高值-异常高压偏低值的地区(压力系数 1.4~1.7), 是寻找中小气田的目标区, 如梓潼地区的气藏。总之, 在四川盆地中西部, 异常超压与油气有直接的关系^[3,4], 表现为:

(1) 油气较多地聚集在紧临超压层段的低压力层段里。主要生烃的须三段表现为欠压实的超高压带, 须五段也类似; 区域主要储层须二段为常压带, 须四段也类似。

(2) 成烃增压导致的异常高压区, 也是油气的有利聚集区。如高产、稳产的魏 1 井气藏、川西孝泉—合兴场侏罗系气层普遍具有高的异常地层压力

(J_{3p} 除外), 研究发现, 目前所表现出的异常地层压力是由烃类气化体积膨胀所产生的, 高压现象与气分布之间具有极好的正相关性。

(3) 异常超压表明, 该地区有较好的盖层, 是寻找油气藏的有利地区。在四川盆地这样受构造改造作用较强烈的地区, 异常超压带能形成对油气的压力封闭。

(4) 烃源岩的大量生烃在中、晚侏罗世到早第三纪末, 形成的有效圈闭若配置得当则有利于形成大型气藏。

参考文献:

- [1] 王震亮. 盆地流体动力学及油气运移研究进展 [J]. 石油实验地质, 2002, 24 (2) .
- [2] 王震亮. 沉积盆地地下古水动力场恢复 [J]. 西北大学学报, 1997, 27, (2) .
- [3] 王红, 秦成明, 等. 四川盆地二叠统、上三叠统水动力场与天然气保存 [J]. 石油勘探与开发, 1997, 24 (5) .
- [4] 罗起后, 王世谦, 等. 川中、川西地区上三叠统天然气富集条件与分布规律研究 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1997.

Pressure features of Upper Triassic series of middle-west Sichuan basin and the assemble of oil and nature gas

GAO Sheng-li¹, YAO Wen-hong², ZHU Guang-she³

(1. Changqing Oil field exploitation research institute, China petrol, Xi'an 710021, China;

2. Hengan Oil field, No. 1 Petroleum production factory, China petro-chemical, Tongbai 744780, China;

3. Changqing Oil field company, No. 3 petroleum production factory, geology research institute, China petrol, Yinchuan 750006, China)

Abstract: Based on the study of the test pressure data, the acoustic time and the reconstruction of paleo-formation pressure, through the study of abnormal pressure in the middle and western Sichuan basin, it's shown that the distribution of stratum pressure differs greatly in different zones; the evolution history of paleo-formation pressure has been restored according to the models of the evolution history of pressure, and it shows that there were two high pressure arouse, the first arouse in later Jurassic and the second in earlier Triassic, analyzing the relations between the excessive pressure distribution and the petroleum migration.

Key words: Sichuan basin; abnormal pressure; acoustic time; petroleum migration