

川西地区燕山期的发展演化及油气勘探

陶 海

(地质矿产部第十一普查勘探大队, 四川绵阳 621000)

燕山期是川西上三叠统源岩生烃高峰期, 该期的构造演化对油气聚集有着重要意义。根据构造背景和沉积特点, 燕山期川西的构造演化可分为隆拗发展、挤压褶皱、萎缩沉降三个阶段。其中隆升活动对川西气藏的分布有着重要影响。根据现今构造展布及燕山期的演化特点, 可将川西划分为东部龙泉山断褶带、南部隆升断褶区、西部龙门山前陡坡断褶带和中部凹陷区四个区带。其中, 燕山期存在的隆起或斜坡及与断褶区、带的叠合部位, 是油气的有利勘探区。

关键词 川西 燕山期 发展演化 油气勘探

作者简介 陶海 男 35岁 工程师 石油与天然气地质

川西在地貌上指四川盆地西部龙门山和龙泉山之间第四系覆盖的地区。北至安县、绵阳, 南达峨嵋、乐山, 面积约 $2.4 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。该区油气资源丰富, 主要烃源层为上三叠统须家河组三段、五段, 其暗色含煤泥页岩厚逾千米, 有机碳含量高达 $1.2 \sim 5.6\%$, 生气强度 $> 20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 。目前已分别在须家河组及侏罗系发现了合兴场、平落坝、孝泉等气田, 展示了良好的勘探前景。

已有研究表明, 川西上三叠统烃源岩在燕山期处于生气高峰(伍大茂, 1989), 这个时期发生的各种地质作用对油气的运移和聚集影响极大。因此, 系统深入地研究川西在燕山期的发展演化和各种地质作用, 对该区的油气勘探有重要意义。

1 地层及展布特点

根据钻井及区域地层资料(四川省区域地层表编写组, 1978), 川西燕山期沉积的综合剖面为:

上覆层 上第三系

~~~~~ 不 整 合 ~~~~~

下第三系 棕红色粉砂岩及泥岩。仅分布于芦山、名山及其以西天全等地区。

388~690m

————— 整 合 —————

白垩系

上 统 灌口组( $K_{2g}$ ): 棕红色砂岩、泥岩夹石膏, 靠山缘有巨厚的底砾岩, 主要残存于西南地区。

$> 290\text{m}$

夹关组( $K_{2j}$ ) 棕红色砂岩、泥岩夹泥灰岩、石膏和钙芒硝, 西侧有较厚的底砾岩。向东北逐渐变薄, 至德阳、罗江一带完全被剥蚀。

200~1280m

----- 平 行 不 整 合 -----

下 统 天马山组( $K_{1t}$ ):棕红色泥岩、岩屑砂岩夹砾岩。往西南方向变薄,至蒲江、彭山以南完全消失。

本区北缘有剑门关组( $K_{1j}$ )零星分布,层位与天马山组相当。

70~500m

----- 平 行 不 整 合 -----

侏罗系

上 统 蓬莱镇组( $J_{3p}$ ):棕褐、棕色泥岩与岩屑砂岩互层,局部夹砾岩。

750~1300m

遂宁组( $J_{3h}$ ):棕红色泥岩夹粉,细岩屑砂岩。

中 统 沙溪庙组( $J_{2s}$ ):浅灰、灰绿色岩屑石英砂岩,长石岩屑砂岩与棕、紫棕色泥岩互层。

700~1200m

----- 平 行 不 整 合 -----

千佛崖组( $J_{2q}$ ):杂色(棕褐、灰绿、灰黑色)泥岩夹岩屑石英砂岩,边缘有底砾岩呈裙带状分布。

20~120m

----- 平 行 不 整 合 -----

下 统 白田坝组( $J_{1b}$ ):杂色(灰黑、棕褐、灰绿色)泥岩,岩屑砂岩夹煤层(线),底见石英砾岩,向东至合兴场,龙泉山一带灰黑、棕褐色泥岩夹灰岩,称自流井组。

>10~280m

----- 平 行 不 整 合 -----

下伏层 上三叠统须家河组( $T_{3x}$ )

与邻区地层对比如表 1。

表 1 川西及邻区侏罗系一下第三系对比简表

| 地 层 |    | 川 西       | 川 西 北 | 川 中                          |
|-----|----|-----------|-------|------------------------------|
| 系   | 统  |           |       |                              |
| 第三系 |    | 下第三系      |       |                              |
|     | 上统 | 灌口组       |       |                              |
|     |    | 夹关组       |       |                              |
| 白垩系 | 下统 | 天马山组      | 剑门关组  | 天马山组                         |
|     |    | 蓬莱镇组      | 莲花口组  | 蓬莱镇组                         |
| 侏罗系 | 上统 | 遂 宁 组     |       |                              |
|     |    | 上 沙 溪 庙 组 |       |                              |
|     | 中统 | 下 沙 溪 庙 组 |       |                              |
|     |    | 千 佛 岩 组   |       |                              |
|     | 下统 | 白 田 坝 组   | 自流井组  | 大安寨段<br>马鞍山段<br>东岳庙段<br>珍珠冲段 |
| 三叠系 | 上统 | 须 家 河 组   |       |                              |

川西燕山期的沉积有以下特点:(1)靠龙门山缘以砂砾岩为主,向盆内方向逐渐变细,在合兴场、龙泉山一带侏罗系则主要为泥质岩(图1)。(2)剖面上自下而上砂岩成熟度降低。以

川孝 37 井为例:中、下侏罗统为浅灰、灰绿色岩屑石英砂岩,石英含量一般 $>75\%$ ,分选、磨圆较好,成熟度较高;而上侏罗统一白垩系则以褐灰或棕红色岩屑砂岩为主,石英含量一般 $<60\%$ ,岩屑含量 $>50\%$ ,局部高达 90%以上,分选、磨圆差,成熟度低(图 2)。

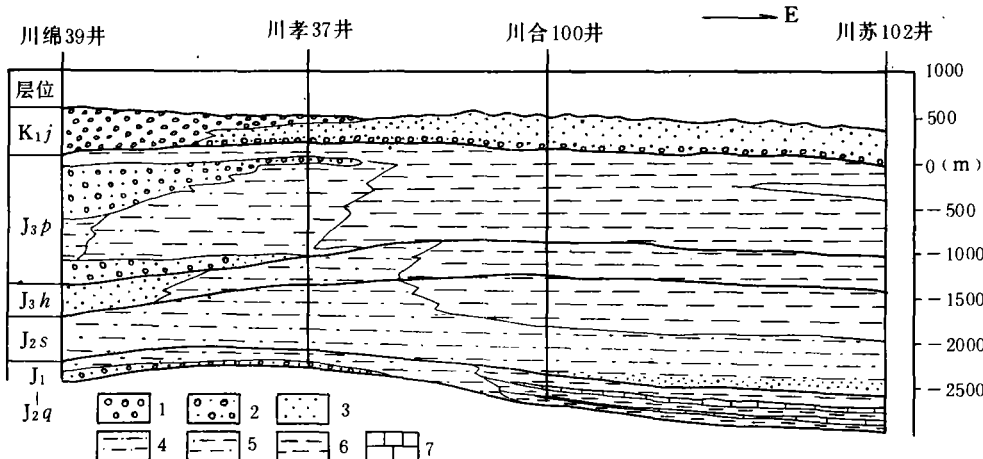


图 1 川西绵竹—合兴场—苏合场构造燕山期沉积剖面图

1. 砾岩; 2. 砂砾岩; (3) 砂岩; 4. 砂泥岩互层; 5. 泥岩夹砂岩; 6. 泥岩; 7. 灰岩

## 2 燕山期的发展演化

印支中、晚期,由于龙门山褶皱隆起,川西成为山前拗陷,四川盆地自此进入陆相沉积发展阶段。川西燕山期的发展演化,也明显受到龙门山构造活动的制约。

根据构造背景和沉积特点,川西燕山期的发展演化,大致可分为三个阶段(表 2)。

### 2.1 隆拗发展阶段( $J_1-J_{2s}$ )

侏罗纪早、中期,四川盆地沉积环境相对稳定,形成的岩石如千佛崖组的石英砂岩、沙溪庙组的岩屑石英砂岩都有较高的成熟度;东岳庙组、大安寨组灰岩、下沙溪庙组叶肢介页岩等,岩性稳定,区域上可以追踪对比,是较为稳定的构造背景下的产物。这个时期的构造运动,更多地表现为整体升降性质,形成白田坝组与千佛崖组、千佛崖组与沙溪庙组之间的平行不整合。

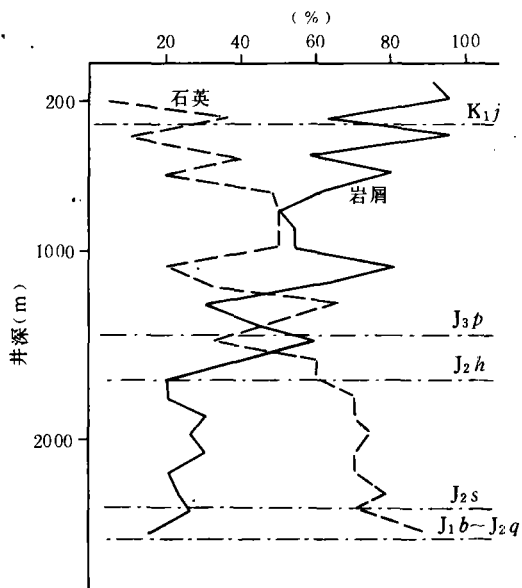


图 2 川孝 37 井侏罗系—白垩系砂岩石英、岩屑百分含量图

这时,在整体升降的背景下,川西在蒲江和绵竹—孝泉地区出现了两个近东西向的隆起(图3、4)。从而形成东西向隆拗的构造格局。

表2 川西燕山期发展演化史

| I | 沉降萎缩阶段 | K <sub>2</sub> —E | 平行不整合 |      |                                               |         |
|---|--------|-------------------|-------|------|-----------------------------------------------|---------|
| I | 挤压褶皱阶段 | K <sub>1</sub>    | 平行不整合 | 挤压作用 | 受龙门山和川中地块上隆挤压,形成北东向拗陷,并有明显的褶皱作用,川西大部分背斜构造已具雏形 | 砂岩成熟度低  |
|   |        | J <sub>3p</sub>   | 平行不整合 |      |                                               |         |
|   |        | J <sub>3h</sub>   | 平行不整合 |      |                                               |         |
| I | 隆起发展阶段 | J <sub>2s</sub>   | 平行不整合 | 升降运动 | 形成东西向隆拗格局。沿龙泉山断裂一带局部有背斜隆起形成                   | 砂岩成熟度较高 |
|   |        | J <sub>2q</sub>   | 平行不整合 |      |                                               |         |
|   |        | J <sub>1d</sub>   | 平行不整合 |      |                                               |         |

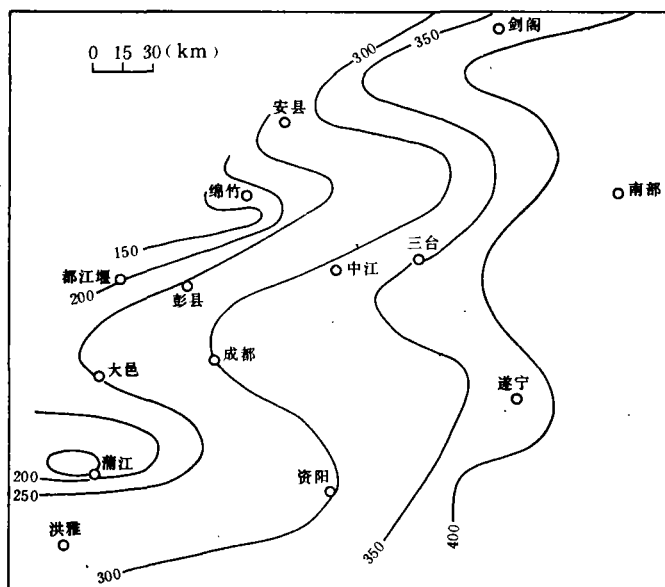


图3 四川盆地西部下侏罗统一中侏罗统千佛岩组等厚度

据张冠群(1989)研究,侏罗纪早期,四川盆地内部的构造活动主要表现为局部的差异升降作用。在川中、川东一带形成了成群的同生褶皱。川西除前述形成的两个局部隆起外,沿龙泉山断裂一带也有局部背斜隆起出现。据合兴场构造钻井资料,沿背斜轴部100井、127井、123井大安寨灰岩、下沙溪庙组底部“关口砂岩”特征明显,可以对比,而夹于其间的千佛崖组厚度则差异悬殊:构造两端的100井、123井千佛崖组分别厚111.5m、96m,而位于其间的127井仅厚8.5m(图5)。这表明在千佛崖组沉积之后,形成了局部的背斜隆起并遭受剥蚀所致(图6)。

值得注意的是,沿龙泉山断裂一带是侏罗纪早、中期岩相变化最为显著的地带,一些较

为稳定的沉积如自流井组、东岳庙组、大安寨组灰岩、下沙溪庙组叶肢介页岩均止于合兴场—龙泉山一带。这种现象不是偶然的巧合,它说明了在这个时期,沿龙泉山断裂一带存在着一种控制沉积展布的古地理界线,使川西成为与邻区相区别的沉积单元。这个界线的形成,可能与龙泉山断裂的构造活动有关。

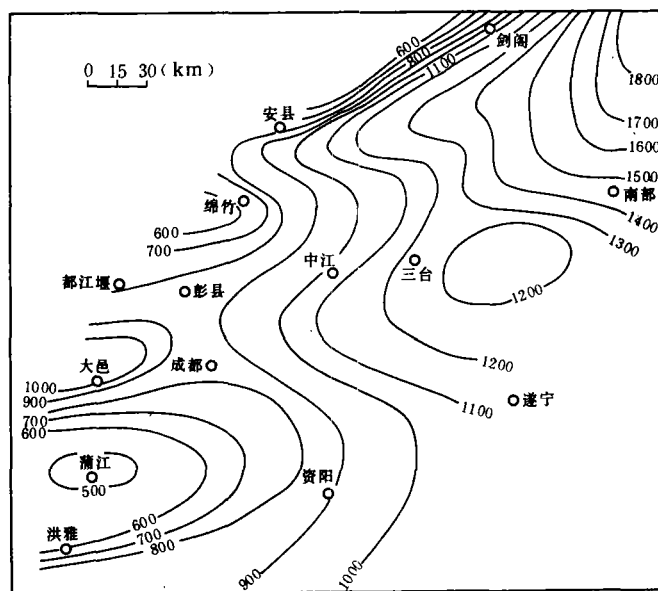


图4 四川盆地西部中侏罗统沙溪庙组等厚度

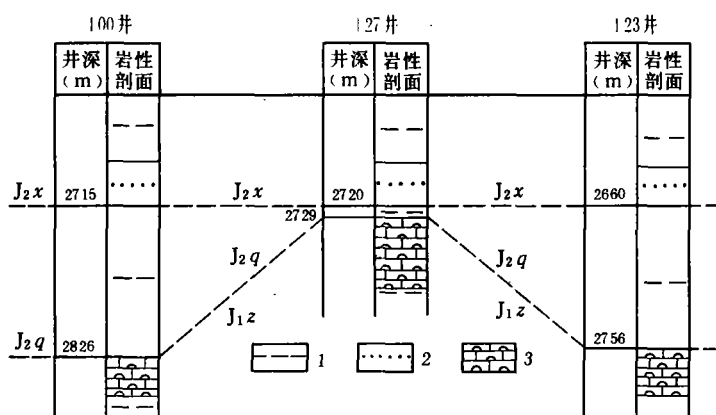


图5 合兴场构造千佛崖组地层对比图

1. 泥岩; 2. 砂岩; 3. 介屑灰岩

## 2.2 挤压褶皱阶段( $J_3n-K_1$ )

侏罗纪晚期至早白垩世,盆地的构造背景有了显著变化:川东褶皱拱起,龙门山发生了新的推挤和上升(郭正吾等,1988),地壳运动相当活跃。形成的一套以砂砾岩为主的沉积,岩屑含量高、分选磨圆差,成熟度较低,是不稳定构造环境下的典型产物。显然,这时盆地的构造背景已转变为挤压性质。川西在局部地区(如熊坡,龙泉山背斜)可以见到上、下白垩统之间存在角度不整合。据此推测,川西大部分背斜构造在此时已具雏形。

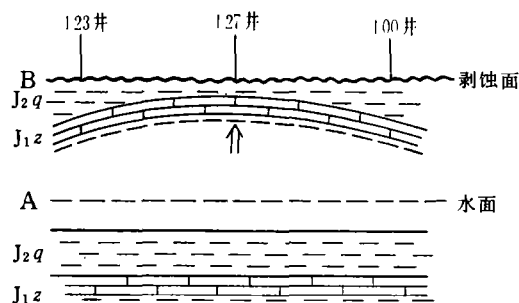


图6 合兴场构造燕山早期背斜形成示意图

A. 千佛崖组形成时期; B. 上隆剥蚀

烈氧化的沉积环境,显示了河湖的最后涸竭。

川西由于受到龙门山自西向东的推挤,并受阻于川中地块。因此,不但在龙门山前形成深凹陷,堆积了巨厚的砂砾岩(如广元、剑阁一带),而且,在靠川中地块一侧的金堂、梓潼一带,也形成了深凹陷(图7)。这些凹陷均呈北东向展布,与早期东西向隆拗的格局有明显区别。

## 2.3 萎缩沉降阶段( $K_2-E$ )

早白垩世之后,四川盆地大部分地区结束了沉积的历史。川西则继续沉降,接受了夹关组至下第三系的沉积,但沉积范围显著减小,并自东北向西南退缩,下第三系仅限于南部芦山、名山一带。该期沉积地层中夹有较多的石膏和钙芒硝层,反映了强

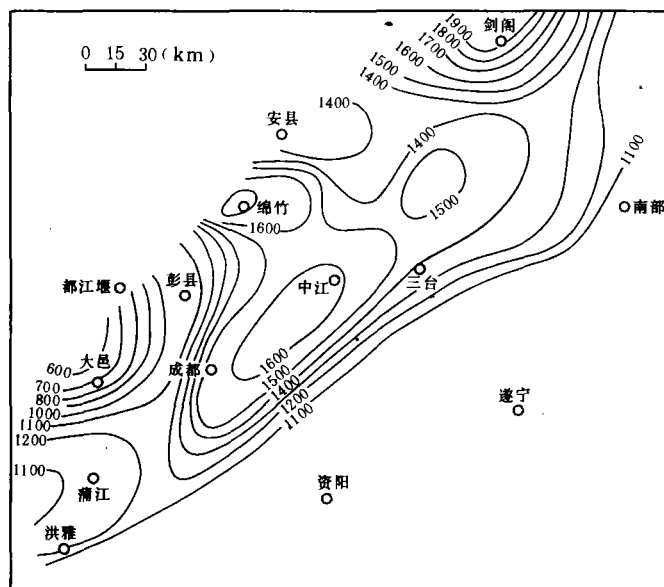


图7 四川盆地西部上侏罗统等厚图

下第三系与白垩系为连续沉积,这个时期没有大的构造变动。这种情形一直持续到早第三纪末,随后的喜山运动,使四川盆地发生强烈的构造形变,形成现今的构造面貌<sup>①</sup>。

### 3 与源岩演化的关系

据伍大茂对川合100井古地温研究成果(表3),川西上三叠统须家河组的生烃门限深度为800~1000m,相应的高成熟、过成熟埋深分别为2100m、3200m左右。因此,川西须三段( $T_3x^3$ )源岩在侏罗纪早期就基本上已进入生烃门限深度,侏罗纪中晚期,在凹陷中心一带已进入过成熟阶段,须四—须五段( $T_3x^4$ — $T_3x^5$ )源岩生烃时间稍晚,大致在沙溪庙组未也逐渐进入生烃阶段,侏罗纪未至白垩纪则进入高成熟—过成熟阶段。因此,整个燕山期沉积形成过程,也是下伏上三叠统源岩烃类从生成到过成熟的发展过程,这个时期形成的隆起和局部背斜圈闭,已具备捕集油气的能力。从川西已发现的气田(如孝泉、大兴西、平落坝气田)看,均位于燕山期隆起带上,更说明了燕山期形成的隆起对油气聚集有重要作用。

表3 川合100井上三叠统爆裂法测定和 $R^0$ 计算古地温\*

| 现代地温(据测井资料)        |            | 爆裂法测定方解石包裹体古地温        |            | $R^0 = 0.435e^{0.00683T}$ |            |
|--------------------|------------|-----------------------|------------|---------------------------|------------|
| 层 位                | 梯度(℃/100m) | 层 位                   | 梯度(℃/100m) | 层 位                       | 梯度(℃/100m) |
| $T_3x^5$ 上部        | 1.88       | $T_3x^{4+5}$          | 5.44       | $T_3x^5-T_3x^4$ 上         | 5.42       |
| $T_3x^5-T_3x^3$ 上部 | 1.76       | $T_3x^3-T_3x^2$       | 13.00      | $T_3x^4-T_3x^3$ 上部        | 6.25       |
|                    |            |                       |            | $T_3x^3-T_3x^2$ 上         | 9.10       |
|                    |            | $T_3x^2$ 大部- $T_{2m}$ | 6.25       | $T_3x^2$ 下- $T_{2m}$      | 3.50       |

\*据伍大茂,1989

### 4 构造区划与油气勘探

#### 4.1 构造区划

根据现今构造形迹展布,结合燕山期的发展演化特点,将川西分为东部龙泉山断褶带、南部隆升断褶区、西部龙门山前陡坡断褶带和中部凹陷区四个区块(图8),各区块的特征综合为表4。

#### 4.2 油气勘探前景

川西属致密砂岩气藏领域,勘探时应注意:生烃高峰期存在的隆起或斜坡带、疏导条件好、有较好的保存条件。

(1)东部龙泉山断褶带 存在龙泉山及磨盘山-盐井沟两排褶皱构造,受基底断裂控制而呈北东向展布。中段褶皱强烈,保存条件差;北段(大致新都、金堂县以北)褶皱强度适中,保存条件好,燕山早期位于绵竹-孝泉隆起东缘,是勘探的有利地区。目前已发现合兴场等气田,预计还将有新的发现;南段(大致彭山以南)位于燕山期蒲江隆起东缘,但褶皱较强烈,保

① 王胜等.四川盆地西部油气地质条件与找气(油)方向,1986,

存条件稍差,应注意对龙泉山东侧至简阳一带的勘探。

另外,龙泉山断褶带位于早、中侏罗世岩相变化带上,须家河组在该带也有显著的厚度变化,应注意岩性气藏的勘探。

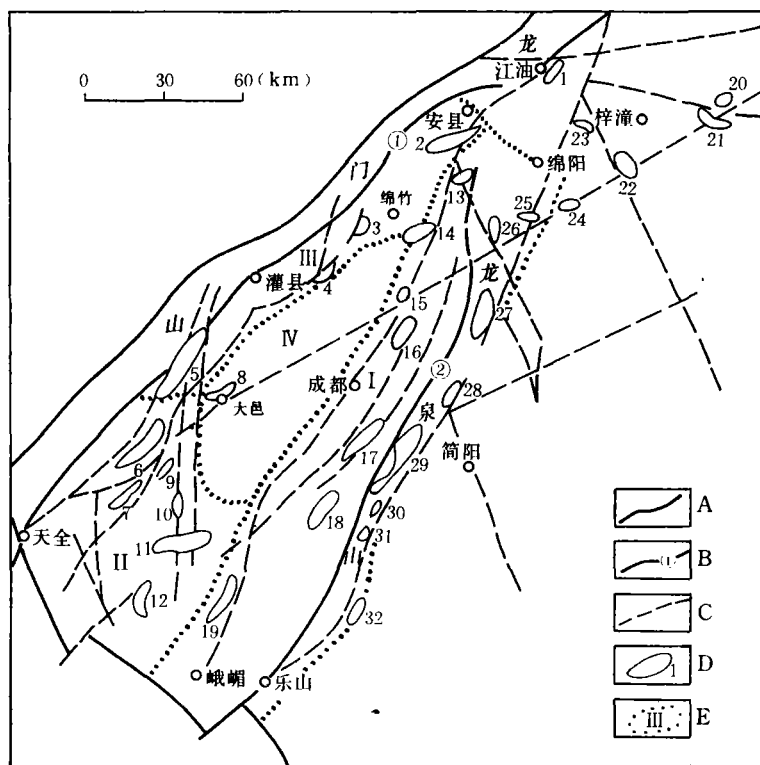


图8 川西拗陷构造分区略图

A. 岩石圈断裂; 龙门山断裂; B. 地壳断裂; ①彭县断裂, ②龙泉山断裂; C. 卫片解译潜伏基底断裂; D. 背斜构造及编号;

- |            |            |            |            |            |            |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1. 中坝构造;   | 2. 五显庙构造;  | 3. 绵竹构造;   | 4. 鸭子河构造;  | 5. 雾中山构造;  | 6. 高家场构造;  |
| 7. 三和场构造;  | 8. 大邑构造;   | 9. 平落坝构造;  | 10. 大兴西构造; | 11. 蒲江构造;  | 12. 汉王场构造; |
| 13. 玉泉构造;  | 14. 孝泉构造;  | 15. 广汉构造;  | 16. 磨盘山构造; | 17. 苏码头构造; | 18. 盐井沟构造; |
| 19. 三苏场构造; | 20. 柘坝场构造; | 21. 文兴场构造; | 22. 老关庙构造; | 23. 魏城构造;  | 24. 丰谷镇构造; |
| 25. 玉皇庙构造; | 26. 合兴场构造; | 27. 石泉场构造; | 28. 敬神庙构造; | 29. 五龙场构造; | 30. 谦和场构造; |
| 31. 油罐坝构造; | 32. 仁寿构造;  |            |            |            |            |

E. 构造分区: I. 东部龙泉山断褶带, II. 南部隆升断褶区, III. 西部龙门山前陡坡断褶带, IV. 中部凹陷区

(2)南部隆升断褶区 该区自燕山期以来基本处于隆起位置,是油气区域运移的指向带。这里基底断裂发育,褶皱强度大,疏导条件好,是油气的有利聚集带。该区目前已发现大兴西、平落南等气田,显示了良好的勘探前景。

(3)西部陡坡断褶带 该区在燕山期处于龙门山前缘斜坡位置,受彭蒲断裂切割和后期龙门山的逆掩推覆,地质情况较复杂。从目前资料看,绵竹、鸭子河、孝泉地区在燕山早期为一隆起,南侧紧邻上三叠统生烃凹陷,具优先捕集油气的有利条件。孝泉、鸭子河构造都应积

极勘探。

表4 川西拗陷构造区划表

| 代号  | 构造分区名称      |            | 平面位置                      | 构造特征                                                                                                                          | 燕山期演化特点                       | 面积(km <sup>2</sup> ) |
|-----|-------------|------------|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------|
| I   | 东部龙泉山断褶带    | 龙泉山北斜带     | 大致为绵竹、成都、双流一线以东至龙泉山的长条形地区 | 1. 基底断裂发育。<br>2. 褶皱较强烈。沿龙泉山断裂上方强烈褶皱隆起成山,以磨盘山、苏码头、盐井沟等背斜组成次一级构造带。褶皱强度均由中部向两端逐渐减弱。<br>3. 基底断裂与背斜构造均呈北东向展布。金堂县以北沿龙泉山断裂构造轴向转为南北向。 | 局部隆起或斜坡                       | 10000                |
|     |             | 磨盘山-盐井沟背斜带 |                           |                                                                                                                               |                               |                      |
| II  | 南部隆升断褶区     |            | 蒲江、洪雅以西的地区                | 1. 基底断裂发育,南北向或北东向展布。2. 褶皱强烈,背斜构造展布受基底断裂控制。                                                                                    | 隆起或斜坡,主要受龙门山和南部古陆抬升影响。末期为沉降区。 | 6000                 |
| III | 西部龙门山前陡坡断褶带 |            | 安县、彭县、灌县靠龙门山一带            | 被彭灌大断裂切割,并受龙门山逆掩推覆。侏罗系以上地层为单斜,须家河组地层褶皱较强烈,形成的背斜或抬升剥蚀(如雾中山构造)或深埋地腹(如鸭子河、绵竹等构造)。                                                | 陡斜坡,主要受龙门山抬升影响。               | 4000                 |
| IV  | 中部凹陷区       |            | 大邑、温江一带                   | 基底断裂不发育,褶皱微弱                                                                                                                  | 沉降区                           | 4000                 |

(4)中部凹陷区 该区自印支以来均位于沉降中心位置,气源丰富,但由于基底断裂不发育,褶皱微弱,油气难以大规模聚集。区内可能存在隐伏构造圈闭,因深埋地腹,在现有技术条件下,难以勘探。

在成文过程中得到龚文贵工程师帮助,符晓高级工程师提供了川西基底断裂的卫片解译资料,一并致谢!

(收稿日期:1990年12月24日)

### 参 考 文 献

- 1 四川省区域地层表编写组. 西南地区区域地层表四川省分册,北京:地质出版社,1978
- 2 张冠群. 天府运动——控制四川盆地二、三叠系气藏的一个地质信息. 石油实验地质,1989,11(1)
- 3 郭正吾等. 上扬子地区深部地质-地球物理工作的进展. 岩石圈研究基本问题和方法,北京:冶金工业出版社,1988, 146~148

## **YENSHANIAN OIL/GAS GENERATION AND EVOLUTION IN WEST SICHUAN AND ITS OIL/GAS EXPLORATION PROSPECTS**

Tao Hai

(No. 11 Petroleum Prospecting Party, MGMR)

### **Abstract**

Since the Yenshanian movement is a peak stage for oil/gas generation of the Triassic source rocks in west Sichuan, the tectonic evolution in this stage would be significant for oil/gas accumulation in the area. On the basis of tectonic settings and sedimentary characters, the tectonic evolution in west Sichuan can be divided into three developing stages of upliftings and depressions, compressional foldings and shrinking subsidence, among which the upliftings play a significant part in the distribution of gas pools in west Sichuan. The west Sichuan Area then can be grouped by different structural belts of the Longquanshan fault-folded belt in east, the uplifting fault-folded belt in south, the steep-slope fault-folded belt in front of the Longmenshan in west and the depressional zone in the central part based on the present-day tectonic framework and the characters of the Yenshanian tectonic evolution. The superimposed areas between the upliftings or slope and the fault-folded belts mentioned above developed in the Yenshanian Period are most promising prospects for oil/gas exploration.