

文章编号:1673-5005(2009)05-0030-06

## 龙门山构造转换带对油气成藏的控制作用

张永刚<sup>1,2,3</sup>, 汤良杰<sup>1,2</sup>, 金文正<sup>4,5</sup>, 万桂梅<sup>1,2</sup>, 吕志洲<sup>6</sup>

(1. 中国石油大学 盆地与油藏研究中心, 北京 102249; 2. 中国石油大学 油气资源与探测国家重点实验室, 北京 102249;

3. 中石化 科技部, 北京 100086; 4. 中国地质大学 能源学院, 北京 100083;

5. 中国地质大学 海相储层演化与油气富集机理教育部重点实验室, 北京 100083;

6. 中石化 西南油气分公司, 四川 成都 610081)

**摘要:** 龙门山冲断带前缘地区发育大量油气田或含油气构造, 主要分布在安县构造转换带和灌县构造转换带, 通过野外地质调查和典型地震资料解析, 结合沉积相分布特征, 研究其构造带对油气成藏的控制作用。结果表明, 安县构造转换带和灌县构造转换带具有较好的陆相碎屑岩储集层展布特征, 并且具有较为有利的构造圈闭, 即中浅部发育冲起构造型圈闭, 深部发育与滑脱层相关的双重构造圈闭, 因此安县构造转换带和灌县构造转换带具有较好的油气勘探前景。

**关键词:** 构造转换带; 双重构造; 逆冲断裂带; 冲起构造; 龙门山冲断带

**中图分类号:** TE 122.3

**文献标识码:** A

## Control of transfer zones on hydrocarbon accumulation in Longmen Mountains thrust belt

ZHANG Yong-gang<sup>1,2,3</sup>, TANG Liang-jie<sup>1,2</sup>, JIN Wen-zheng<sup>4,5</sup>, WAN Gui-mei<sup>1,2</sup>, LÜ Zhi-zhou<sup>6</sup>

(1. Basin and Reservoir Research Center in China University of Petroleum, Beijing 102249, China;

2. State Key Laboratory of Petroleum Resource and Prospecting in China University of Petroleum, Beijing 102249, China;

3. Science and Technology Institute, SINOPEC, Beijing 100086, China;

4. School of Energy Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

5. Key Laboratory of Marine Reservoir Evolution and Hydrocarbon Accumulation Mechanism,

Ministry of Education, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

6. Southwest Branch Company, SINOPEC, Chengdu 610081, China)

**Abstract:** Many oil and gas fields or traps developed in the frontal area of Longmen Mountains thrust belt by hydrocarbon exploration, and they mainly locate in Anxian transfer zones and Guanxian transfer zones. By analyzing the sedimentary and tectonic characters of the transfer zones, the control effects of the transfer zones on hydrocarbon accumulation were studied. The results show that the two special areas have favorable terrestrial clastic reservoirs and some preferred structural traps, such as pop-up traps in shallow-middle depth and some duplex traps in deep. The transfer zones have profitable hydrocarbon exploration.

**Key words:** transfer zone; duplex structure; thrust belt; pop-up; Longmen Mountains thrust belt

构造转换带由 Dahlstrom 在研究挤压变形中褶皱和逆冲断层的几何形态时首次提出<sup>[1]</sup>。当逆冲

断层带沿走向变化时, 一条主逆冲断层通过其他型式的构造传递到另一条主逆冲断层<sup>[2]</sup>。在构造转

收稿日期: 2009-02-10

基金项目: 国家自然科学基金项目(40672143, 40472107, 40172076); 国家“973”项目(2005CB422107, G1999043305); 石油天然气成藏机理教育部重点实验室开放基金项目(2003-03); 中石化西南分油气公司项目(CJ-51-0602)

作者简介: 张永刚(1962-), 男(汉族), 江苏徐州人, 教授级高工, 博士研究生, 主要从事盆地分析和石油地质研究。

换带,常见到大型走滑断裂,或者其两侧的褶皱及断裂发生错断<sup>[3-5]</sup>,构造转换带具有一定宽度和长度,能够在构造变形过程中起到调节两端构造块体的变形或位移的差异。构造转换带所经受的多重构造应力可以控制储集砂体的发育<sup>[6]</sup>,有助于改善储层的储集性能,形成有利的油气运移通道<sup>[7]</sup>,是油气勘探的有利构造<sup>[8]</sup>。在龙门山冲断带前缘地区发现了大量油气田或者含油气构造,平面上主要分布在安县构造转换带和灌县构造转换带<sup>[9]</sup>,笔者通过对构造圈闭以及沉积特征进行分析,研究构造转换带对油气成藏的控制作用。

1 区域地质背景

龙门山冲断带位于扬子地台和松潘—甘孜地槽褶皱系的分界线上<sup>[10]</sup>,北自广元南抵宝兴,全长 400 多公里,宽约 30 km,主要为一条 NE-SW 向的推覆与滑覆叠合的大型构造带。罗志立称龙门山区为“中国型(C 型)冲断带”<sup>[11]</sup>;刘树根等将中国西部盆山系统盆山间耦合关系的动力学模式称为 C(陆内)型俯冲<sup>[12-13]</sup>。川西和龙门山地区显生宙以来主要经历了两次重大的陆陆碰撞事件,即三叠纪晚期羌塘陆块与扬子板块的碰撞和早新生代时期的印藏碰撞<sup>[14-17]</sup>,这两次碰撞在川西和龙门山地区造成了两次强烈的褶皱—逆冲构造作用和地壳缩短变形,同时也产生了两期前陆盆地和前陆褶皱冲断带。

龙门山冲断带构造复杂,变形强烈,整体上由一系列运动方向为北西向南东逆冲推覆于扬子克拉通之上的岩片和推覆体组成<sup>[18-21]</sup>,根据构造变形特征可将龙门山冲断带划分为 5 个构造带:青川—茂汶断裂以西为松潘—甘孜构造带;青川—茂汶断裂与北川—映秀断裂之间为韧性变形带,并发育典型的劈理化现象<sup>[22-23]</sup>;北川—映秀断裂与马角坝—通济场—双石断裂之间为基底卷入冲断带;马角坝—通济场—双石断裂与广元—关口—大邑断裂之间为前缘—褶皱冲断带;广元—关口—大邑断裂以东为前陆拗陷带。

龙门山地处四川盆地西部,发育的中三叠世—侏罗纪地层最全,研究区内上三叠统广泛出露,最厚可达 4.254 km,但一般发育都不完整,大部分地区缺失晚三叠世早期地层。三叠系以前的地层可以作为基底,三叠系以后的主要沉积地层自下而上包括:侏罗系、白垩系、古近系、新近系和第四系<sup>[24-25]</sup>(表 1,据中石化西南油气分公司,2006)。

表 1 龙门山冲断带地区三叠系—侏罗系地层单元与邻区对比

Table 1 Contrast of Triassic and Jurassic strata in Longmen Mountains thrust belt and its adjacent areas

| 时代  | 会理地区 | 昭觉地区 | 龙门山前缘(研究区) | 川中、川北、川东地区 | 川南、黔北地区 |
|-----|------|------|------------|------------|---------|
| 白垩系 | 下统   | 缺失   | 缺失         | 七曲寺组       | 缺失      |
|     | 上统   | 缺失   | 缺失         | 白龙江组       | 缺失      |
| 侏罗系 | 上统   | 飞天组  | 天马山组       | 苍溪组        | 缺失      |
|     | 中统   | 官沟组  | 蓬莱镇组       | 蓬莱镇组       | 蓬莱镇组    |
|     | 中统   | 牛渡组  | 蓬莱镇组       | 蓬莱镇组       | 蓬莱镇组    |
|     | 下统   | 新村组  | 沙溪庙组       | 上沙溪庙组      | 上沙溪庙组   |
| 三叠系 | 上统   | 白果组  | 须家河组       | 须家河组       | 须家河组    |
|     | 中统   | 二叠   | 须家河组       | 须家河组       | 须家河组    |
|     | 中统   | 二叠   | 须家河组       | 须家河组       | 须家河组    |
|     | 中统   | 二叠   | 须家河组       | 须家河组       | 须家河组    |

2 构造转换带与油气田分布

油气勘探实践表明,龙门山冲断带前缘地区是油气勘探的有利场所,目前已经发现大量油气田或含油气构造,其中安县构造转换带和灌县构造转换带是油气聚集的主要区域。对已发现的油气构造统计分析结果表明:

(1)平面上具成排成带性展布。自西向东,这些油气田或含油气构造主要分布于马角坝—通济场—双石断裂带与广元—关口—大邑断裂带之间的前缘褶皱冲断带内,在广元—关口—大邑断裂以东地区也发现一些重要的油气田,如中坝构造和文星场构造等等。自北向南,油气田主要分布在构造转换带中,如安县构造转换带。

(2)在剖面上,这些油气田的主要勘探目的是陆相地层,即上三叠统的须家河组,如须家河组二段和四段等等,少部分并完钻层位是白垩系和海相地层,如雷口坡组和马鞍塘组等。

3 构造转换带对沉积的控制作用

构造转换带常位于山间河流进入盆地的入口处,主水系通常利用此横向转换带相对较低的地形作为通道携带碎屑物质注入盆地,并沿陡坡发育扇三角洲。如鄂尔多斯西缘上侏罗统芬芳河组砂砾岩体山麓堆积,为逆冲断层带控制的芬芳河组砂砾岩体,其最大沉积厚度对应于正义关走滑断层传递带,表明了转换带对山前拗陷中砂体分布的控制作用<sup>[26]</sup>。

龙门山冲断带经历了多期复杂的构造演化<sup>[27]</sup>,整体上经历了印支期的初始构造变形期、燕山期和喜马拉雅中期的推覆构造期,以及喜马拉雅晚期的

滑覆构造变形期<sup>[19, 28-30]</sup>, 强烈的印支运动结束了该地区长期以来大规模海域分布的历史, 使四川盆地进入陆相沉积盆地发展演化阶段, 此后龙门山冲断带成为四川盆地西部重要的物源区, 使得研究区沉积了大量上三叠统侏罗系地层, 强烈的构造运动使

### 3.1 上三叠统须家河组(以须家河组二段( $T_3x^2$ )为例)

在四川盆地西部龙门山冲断带地区广泛发育上三叠统须家河组, 其中须家河组二段储层具有良好的储集物性, 成为目前油气勘探的主要目的层之一。在该段发生沉积时, 四川盆地基本上属于滨海陆相沉积, 西侧的龙门山冲断带与北部的米仓山、大巴山已经隆起成山, 安县构造转换带和灌县构造转换带已经基本成形, 并且成为陆缘碎屑物质进入四川盆地的主要通道之一, 在这两个构造转换带区域形成多个河道砂体或冲积扇, 形成三角洲前缘相沉积, 须家河组二段在平面上具有西厚东薄的特征, 其最大厚度分布在安县构造转换带和灌县构造转换地区(图1)。

### 3.2 侏罗系(以中侏罗沙溪庙组( $J_2s$ )为例)

晚三叠世以后, 四川盆地西部完全转化为陆内坳陷盆地, 沉积了大量的砾岩、砂砾岩(如中侏罗世早期的千佛崖组)等。在中侏罗世沙溪庙组沉积时期, 区域性的构造抬升和剥蚀使得该时期的沉积环境以河流相或三角洲相为主, 缺少大面积的较长时间的湖相沉积, 沉积的砂泥岩在研究区内的分布较为广泛, 沉积厚度大、粒度粗, 沉积中心主要分布于物源山地前缘, 其中安县构造转换带、灌县构造转换带为三角洲相沉积, 由于多期构造变形, 该构造转换带已经成为古构造隆起的连接部位, 成为陆源碎屑沉积物的主要聚集地(图1)。

## 4 构造转换带对构造圈闭的控制作用

### 4.1 构造转换带构造变形特征

(1) 安县构造转换带位于轿子顶推覆体和九顶山推覆体之间, 地表出露中下三叠统飞仙关组( $T_1f$ )、嘉陵江组( $T_2j$ )和雷口坡组( $T_2l$ ), 在靠近北川—映秀断裂下盘的区域, 出露地层主要为二叠系, 在构造转换带的南北两端和北川—映秀断裂的上盘, 部分区域

龙门山冲断带地区的大部分侏罗系与下伏地层呈角度不整合接触。安县构造转换带与灌县构造转换带也就是在印支期以来的强烈构造变形中形成<sup>[9]</sup>, 所以在此主要分析印支期以来地层(上三叠统须家河组以来的陆相地层)展布及其特征。

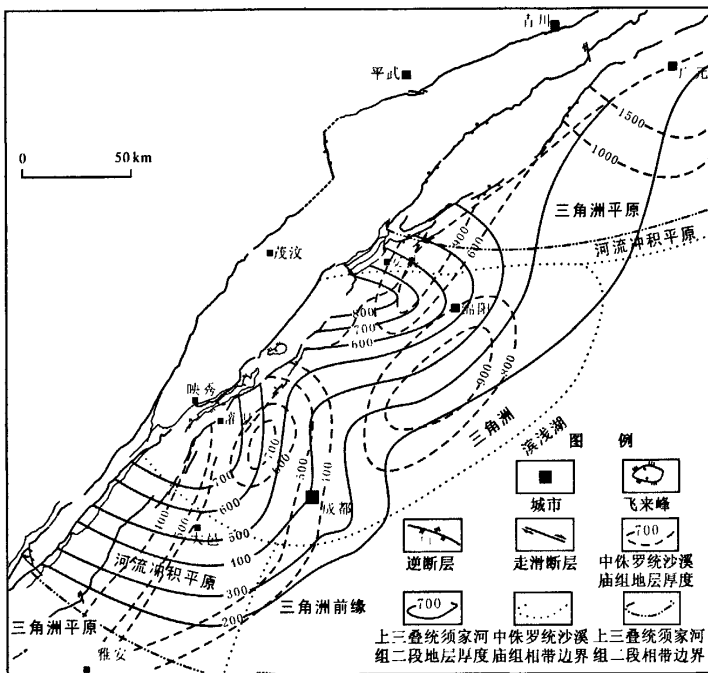


图1 川西须家河组二段以及中侏罗统遂宁组厚度及相带展布

Fig.1 Thickness and facies of  $T_3x^2$  and  $J_2sn$  in west Sichuan area

出露泥盆系和石炭系。安县构造转换带构造复杂, 发育大量逆冲断层, 断层之间的地层在强烈挤压作用下形成倒转向斜, 在滑脱断层(中三叠统雷口坡组膏岩层)之上, 由于构造挤压应力向东南方向逐渐减弱以及滑脱层的影响, 使滑脱断层向东南方向逐渐平缓, 其上盘形成一系列正向和反向逆冲断层, 形成冲起构造, 南部发育反冲推覆断层, 滑脱断层与南部反冲推覆断层形成三角带, 底部石炭—奥陶系内部形成双重构造(图2), 该双重构造的形成能够很好地调节龙门山北段和龙门山中段间的非均匀性构造挤压应力, 向盆地方向, 由于构造挤压应力的减弱, 地层趋于平缓。

(2) 灌县构造转换带位于宝兴推覆体和九顶山推覆体之间, 地表出露地层主要为泥盆系、石炭系、三叠系和侏罗系以及前震旦系。灌县构造转换带发育大量逆冲断裂和褶皱构造, 以及与冲断带斜交或直交的走滑断裂, 早期断裂和褶皱在后期改造变形中破坏严重, 发育飞来峰构造。与安县构造转换带相似, 深部同样发育典型双重构造, 能够在 SW-NE 方向上很好

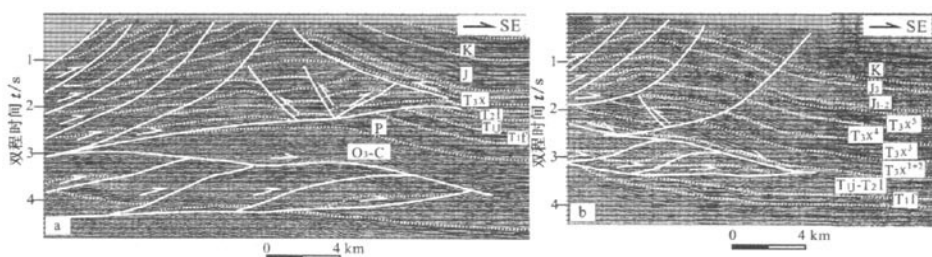


图2 构造转换带中典型地震剖面解释成果(据文献[24],修改)

Fig.2 Explanation of typical seismic profiles in transfer zone

地调节来自北西方向的非均匀构造挤压应力,该双重构造位于关口断裂的下方,双重构造的顶板滑脱层和底板滑脱层位于中下三叠统的嘉陵江组和雷口坡组之中。

#### 4.2 构造圈闭特征

在具有构造转换带的挤压变形地区,较为强烈的构造活动使深部地层形成了大量有利于油气运移的断裂体系,沉积期多条横向展布的水系,使浅部地层能够形成较好的储集层或油气输导层,这常常是油气流体运移的优势通道和指向,这些良好的成藏地质条件使构造转换带能够成为邻近生烃凹陷的油气运移指向地带。龙门山冲断构造转换带区域发育大量有利的构造型油气圈闭:①冲起构造构造圈闭,该类型圈闭主要位于区域滑脱层(中三叠统雷口坡组或者奥陶系)之上,形成深度较浅,油气可以沿逆冲断裂向上运移至冲起构造内部聚集成藏;②双重构造圈闭,双重构造通常对油气成藏具有积极性作用<sup>[8,31-32]</sup>,双重构造发育过程中所形成的断裂可以成为沟通油源与圈闭的通道,裂缝可以改善储层的储集物性,同时为油气的运移提供驱动力。地震剖面解释成果表明,在安县构造转换带和灌县构造转换带的深部都发育典型的双重构造,并且其顶部地层形成隆起(图2),主要由深部海相地层(如中三叠统雷口坡组等)组构成,主要分布于马角坝—通济场—双石断裂带与广元—关口—大邑断裂带之间。此外,叠瓦冲断带内部也可能发育较有利的背斜—断层圈闭。

## 5 结论

(1)已发现的油气田主要分布于安县构造转换带和灌县构造转换带中,并且分布于马角坝—通济场—双石断裂带与广元—关口—大邑断裂带之间的前缘褶皱冲断带内。这些油气田的主要勘探目的是陆相地层,少部分井完钻层位是白垩系和海相地层。

(2)安县构造转换带和灌县构造转换带是陆缘碎屑物质进入四川盆地的主要通道之一,在这两个构造转换带区域形成多个河道砂体或冲积扇,形成三角洲前缘相或者三角洲相沉积,具有较有利的陆相碎屑岩储集层。

(3)安县构造转换带和灌县构造转换带具有较为有利的构造圈闭,即中浅部发育冲起构造型构造圈闭,深部发育与滑脱层相关的双重构造圈闭。

(4)安县构造转换带和灌县构造转换带具有较好的油气勘探前景,比如深部双重构造顶部的地层凸起带可能形成有利的油气圈闭,深部海相地层可以作为下一步油气勘探目标,如二叠系、嘉陵江组、雷口坡组等。

#### 参考文献:

- [1] DAHLSTROM C D A. Balanced cross sections[J]. Canadian Journal of Earth Science, 1969,6:743-757.
- [2] ANTONIO Ravaglia, CLAUDIO Turrini, SILVIO Seno. Mechanical stratigraphy as a factor controlling the development of a sandbox transfer zone; a three-dimensional analysis[J]. Journal of Structural Geology, 2004,26(12): 2269-2283.
- [3] JOACHIM Place, YVES Géraud, MARC Diraison, et al. North-south transfer zones and paleo-morphological reconstruction of the Xylokaastro area (Corinth Gulf, Greece) [J]. Tectonophysics, 2007,440(1-4):121-139.
- [4] ALBERTO Castellarin, GIAN Battista Vai, LUIGI Cantelli. The Alpine evolution of the southern Alps around the Giudicarie faults; a late Cretaceous to early Eocene transfer zone[J]. Tectonophysics, 2006,414(1-4):203-223.
- [5] GIACOMO Corti. Centrifuge modelling of the influence of crustal fabrics on the development of transfer zones; insights into the mechanics of continental rifting architecture [J]. Tectonophysics, 2004,384(1-4):191-208.
- [6] COSKUN B. Oil and gas fields-transfer zone relationships, Thrace basin, NW Turkey[J]. Marine and Petroleum Ge-

- ology, 1997, 14(4): 401-416.
- [7] 王纪祥, 陈发景, 李趁义. 山东惠民凹陷伸展构造及调节带特征[J]. 现代地质, 2003, 17(2): 203-208.  
WANG Ji-xiang, CHEN Fa-jing, LI Chen-yi. Character of the extensional structures and accommodation zones in the Huimin depression, Shandong Province[J]. Geoscience, 2003, 17(2): 203-208.
  - [8] 向奎. 塔里木盆地西南边缘压扭构造体系及其石油地质意义[J]. 古地理学报, 2006, 8(2): 233-240.  
XIANG Kui. Transpressional structural systems and their petroleum geological significance in southwestern margin of Tarim Basin[J]. Journal of Palaeogeography, 2006, 8(2): 233-240.
  - [9] JIN Wen-zheng, TANG Liang-jie, YANG Ke-ming, et al. Transfer zones of Longmen Mountain thrust belt, SW China[J]. Geosciences Journal, 2009, 13(1): 1-14.
  - [10] CHEN She-fa, WILSON C J L. Emplacement of the Longmen Shan thrust-nappe belt along the eastern margin of the Tibetan Plateau[J]. Journal of Structural Geology, 1996, 18(4): 413-430.
  - [11] 罗志立. 龙门山造山带岩石圈演化的动力学模式[J]. 成都地质学院学报, 1991, 18(1): 1-7.  
LUO Zhi-li. The dynamical of the lithospheric evolution in Longmenshan orogenic belt[J]. Journal of Chengdu College of Geology, 1991, 18(1): 1-7.
  - [12] 刘树根, 徐国盛, 李巨初, 等. 龙门山造山带——川西前陆盆地系统的成山成盆成藏动力学[J]. 成都理工大学学报: 自然科学版, 2003, 30(6): 559-566.  
LIU Shu-gen, XU Guo-sheng, LI Ju-chu, et al. A study on the dynamics of mountain-building, basin-formation and natural gas pool formation in the system of Longmen Mountains and west Sichuan foreland basin, China[J]. Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition), 2003, 30(6): 559-566.
  - [13] 刘树根, 罗志立, 赵锡奎, 等. 中国西部盆山系统的耦合关系及其动力学模式——以龙门山造山带—川西前陆盆地系统为例[J]. 地质学报, 2003, 77(2): 177-186.  
LIU Shu-gen, LUO Zhi-li, ZHAO Xi-kui, et al. Coupling relationships of sedimentary basin-orogenic belt systems and their dynamic models in west China—a case study of the Longmenshan orogenic belt-west Sichuan foreland basin system[J]. Acta Geologica Sinica, 2003, 77(2): 177-186.
  - [14] JIA Dong, WEI Guo-qi, CHEN Zhu-xin, et al. Longmen Shan fold-thrust belt and its relation to the western Sichuan Basin in central China: new insights from hydrocarbon exploration[J]. AAPG Bulletin, 2006, 90(9): 1425-1447.
  - [15] MENG Qing-ren, HU Jian-min, WANG Er-qi, et al. Late Cenozoic denudation by large-magnitude landslides in the eastern edge of Tibetan Plateau[J]. Earth and Planetary Science Letters, 2006, 243(1/2): 252-267.
  - [16] REIDA A J, WILSON C J L, LIU Shun. Structural evidence for the Permo-Triassic tectonic evolution of the Yidun Arc, eastern Tibetan Plateau[J]. Journal of Structural Geology, 2005, 27(1): 119-137.
  - [17] JASON R A, LO Ching-hua, THOMPSON G M, et al. Emeishan Basalt Ar-Ar overprint ages define several tectonic events that affected the western Yangtze platform in the Mesozoic and Cenozoic[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2004, 23: 163-178.
  - [18] 胡新伟, 邓江红. 龙门山中段推覆构造带构造特征[J]. 成都理工学院学报, 1996, 23(3): 101-106.  
HU Xin-wei, DENG Jiang-hong. Structural features of the nappe tectonic belt in the middle Longmen Mountains[J]. Journal of Chengdu University of Technology, 1996, 23(3): 101-106.
  - [19] 吴山, 赵兵, 苟宗海, 等. 龙门山中—南段构造格局及其形成演化[J]. 矿物岩石, 1999, 19(3): 82-85.  
WU Shan, ZHAO Bing, GOU Zong-hai, et al. The structural framework and its evolution in the middle south section of Longmen Mountains[J]. Journal of mineralogy and petrology, 1999, 19(3): 82-85.
  - [20] 陶晓风. 龙门山南段推覆构造与前陆盆地演化[J]. 成都理工学院学报, 1999, 2(1): 73-77.  
TAO Xiao-feng. Evolution of nappe tectonic and foreland basin in the southern section of Longmen Mountains[J]. Journal of Chengdu University of Technology, 1999, 2(1): 73-77.
  - [21] 于苏俊. 龙门山北段推覆构造的几何特征及应变分析[J]. 矿物岩石, 2000, 20(4): 67-74.  
YU Su-jun. Geometrical characteristics and strain analysis of nappe structures in the northern section of Longmenshan[J]. Journal of Mineralogy and Petrology, 2000, 20(4): 67-74.
  - [22] WORLEY B A, WILSON C J L. Deformation partitioning and foliation reactivation during transpressional orogenesis, an example from the Central Longmenshan, China[J]. Journal of Structural Geology, 1996, 18(4): 395-411.
  - [23] WORLEY B, POWELL R, WILSON C J L. Crenulation cleavage formation: evolving diffusion, deformation and equilibration mechanisms with metamorphic grade[J]. Journal of Structural Geology, 1997, 19(8): 1121-1135.
  - [24] 金文正, 汤良杰, 杨克明, 等. 川西龙门山褶皱冲断带分带性变形特征[J]. 地质学报, 2007, 81(8): 1073-

- 1080.
- JIN Wen-zheng, TANG Liang-jie, YANG Ke-ming, et al. Deformation and zonation of the Longmenshan fold and thrust zone in the western Sichuan Basin[J]. Acta Geologica Sinica, 2007,81(8):1073-1080.
- [25] 金文正, 汤良杰, 杨克明, 等. 龙门山冲断带构造特征研究进展及存在问题探讨[J]. 地质论评, 2008, 54(1):37-46.
- JIN Wen-zheng, TANG Liang-jie, YANG Ke-ming, et al. Progress and problem of study on characters of the Longmen Mountain thrust belt[J]. Geological Review, 2008, 54(1):37-46.
- [26] 陈发景, 贾庆素, 张洪年. 传递带及其在砂体发育中的作用[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(2):144-148.
- CHEN Fa-jing, JIA Qing-su, ZHANG Hong-nian. Transfer zone and its relation with distribution of sand bodies[J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(2):144-148.
- [27] 李月, 周瑶琪, 颜世永, 等. 龙门山造山带构造演化模式的建立[J]. 中国石油大学学报:自然科学版, 2008, 32(2):12-16.
- LI Yue, ZHOU Yao-qi, YAN Shi-yong, et al. Establishment of tectonic evolution pattern of Longmenshan Orogen[J]. Journal of China University of Petroleum(Edition of Natural Science), 2008, 32(2):12-16.
- [28] 王金琪. 龙门山构造演化与山前带油气关系[J]. 地球学报, 1994(3/4):167-179.
- WANG Jin-qi. Relationship between tectonic evolution and the foreland hydrocarbon in the Longmen Mountains[J]. Acta Geoscientia Sinica, 1994(3/4):167-179.
- [29] 王金琪. 龙门山印支运动主幕辨析——再论安县构造运动[J]. 四川地质学报, 2003, 23(2):65-69.
- WANG Jin-qi. Recognition on the main episode of indochina movement in the Longmen Mountains—a re-review on the Anxian tectonic movement[J]. Acta Geologica Sichuan, 2003, 23(2):65-69.
- [30] 王金琪. 四川盆地找油方向探讨[J]. 天然气工业, 2004, 24(4):15-18.
- WANG Jin-qi. Discussion on prospecting for oil in Sichuan Basin[J]. Natural Gas Industry, 2004, 24(4):15-18.
- [31] HARDING T P. Petroleum traps associated with wrench faults[J]. AAPG Bulletin, 1974, 58(7):1290-1304.
- [32] 王红漫, 温志新, 梁运基, 等. 扭动构造与油气聚集[J]. 河南石油, 1998, 12(3):5-9.
- WANG Hong-man, WEN Zhi-xin, LIANG Yun-ji, et al. Torsion structure and oil and gas accumulation[J]. Henan Petroleum, 1998, 12(3):5-9.

(编辑 徐会永)

## 下期要目

- |       |                                       |
|-------|---------------------------------------|
| 鄢继华,等 | 试验模拟研究湖平面变化对扇三角洲的影响                   |
| 时丕同,等 | 泥岩涂抹长度定量计算及应用                         |
| 卢义玉,等 | 缩放型喷嘴产生的空化射流流场数值模拟                    |
| 李 昊,等 | 高压气井压井筒温度场预测与影响因素分析                   |
| 侯 健,等 | 稠油油藏不同热采开发方式经济技术界限                    |
| 徐宝昌,等 | 一种基于综合目标函数的神经网络学习算法                   |
| 张海峰,等 | 一种高效电火花脉冲电源的研究                        |
| 韩 冬,等 | 表面活性剂对水湿砂岩渗吸规律和采收率的影响                 |
| 徐赋海,等 | 甜菜碱类变粘分流酸流变性的影响因素                     |
| 罗立文,等 | 高效无机阻燃剂聚磷酸铵的合成                        |
| 王 雨,等 | 双子烷基苯磺酸盐在水溶液中的聚集形态                    |
| 胡松青,等 | 抗 CO <sub>2</sub> 腐蚀咪唑啉衍生物缓蚀性能的密度泛函理论 |
| 闫 伟,等 | 带有随机汇率因素的三因子期货价格的研究                   |
| 艾迪飞,等 | 多参考速度自适应横向变速深度延拓算子探讨                  |
| 赵 林,等 | 未开发油田价值评估和投资时机选择模型的构建及应用              |