

文章编号: 1009-3850(2016)04-0071-06

# 龙门山构造变形与油气关系探讨

罗啸泉, 郭卫星, 吕志洲

(中国石化西南油气分公司勘探开发研究院, 四川 成都 610041)

**摘要:** 龙门山构造变形始于印支期, 经历燕山期和喜山期多次递进变形, 构造变形时期具有由北向南、由西向东逐渐变晚和构造变形强度西侧强、东侧弱的特点。龙门山冲断带具有南北分段、东西分带和纵向分层的差异变形特征。龙门山逆冲推覆带构造变形强烈, 油气保存条件差。山前断褶带主要发育断弯背斜、断展背斜和断挡背斜等, 变形适中, 油气保存条件好, 龙门山山前断褶皱带有利于油气富集, 形成构造油气藏。

**关键词:** 四川盆地西部; 龙门山; 构造变形; 构造样式; 油气关系

中图分类号: P618.130.2

文献标识码: A

晚三叠世晚期, 受古特提斯海关闭影响, 甘孜-阿坝地区由盆地相的复理石沉积, 逐渐演变为强烈褶皱、岩浆侵入与区域变质, 并向东挤压、逆冲, 形成龙门山逆冲推覆构造带。在大陆边缘沉积基础上, 受印支运动作用, 龙门山逆冲推覆构造带开始冲断隆升, 成为川西前陆盆地的物源区, 在其东侧形成川西前陆盆地<sup>[1-3]</sup>。龙门山构造带由NW不断向SE方向挤压、逆冲, 使川西前陆盆地沉积与沉降中心逐渐向SE方向退缩, 沉积相序为由海陆交互相至陆相的退覆沉积<sup>[4]</sup>。

## 1 龙门山构造特征

### 1.1 龙门山形成时期

龙门山逆冲推覆构造带初始冲断隆升始于须家河组三段沉积后须四段沉积以前的安县运动<sup>[5]</sup>。通过对龙门山构造带的沉积响应研究表明, 该构造带形成于印支中期, 始于盆地须家河组三段沉积之后、须家河组四段沉积以前。

在大陆边缘沉积基础上, 受印支运动作用, 龙门山逆冲推覆构造带开始冲断隆升, 成为川西前陆盆地的物源区, 在其东侧形成川西前陆盆地。印支运动由龙门山北段向南段传递, 变形强度由北向南

逐渐减弱。

须家河组第三段沉积末期, 龙门山逆冲推覆构造带开始冲断隆升, 使先前属于盆地基底的古生代—中三叠世地层和早期沉积的须家河组遭受褶皱变形和冲断隆升, 成为新的前陆盆地物源区。同时, 在前陆盆地的西部边缘处造成须四段与下伏地层间的不整合接触关系。龙门山前须四段发育大量的冲积扇砾岩, 就是对这一冲断隆升事件的沉积响应。龙门山构造带由NW不断向SE方向挤压、逆冲, 使川西前陆盆地沉积与沉降中心逐渐向SE方向退缩。沉积相序为由海陆交互相至陆相的退覆沉积。物源主要来自西侧的龙门山推覆构造带, 以及北部米仓山。

### 1.2 龙门山构造带划分

#### 1.2.1 北段

在北段, 北川断裂以西出露基底岩块, 为一套浅变质变形强烈的古生界所围绕的轿子顶复背斜。越过分界性的北川断裂后, 最醒目的构造是由扬子地台相古生界组成的唐王寨向斜, 向斜两翼构造极其复杂, 呈现为叠瓦状冲断褶皱形态。龙门山北段地区, 从地表和地震资料均可见到侏罗系底或须四段底界与下伏地层呈不整合接触关系。过渡到盆

收稿日期: 2014-10-23; 改回日期: 2014-12-27

作者简介: 罗啸泉(1963-) 男, 硕士, 教授级高工, 长期从事油气地质研究。E-mail: 2004kts@21cn.com

资助项目: 国家重大专项(2008ZX05002-004-001) 部分成果

内是梓潼向斜,向斜内保留了巨厚的下白垩统地层,是盆地内下白垩统最厚的地带,但缺失或未沉积上白垩统至第三系的沉积。早白垩世龙门山北段具有明显的山前拗陷的特点。北段复杂的构造面貌可区分出3种不同类型并形成于不同期次的构造成分。

### (1) 印支期的叠瓦状构造及其相关褶皱

为台阶状断层及须四段-白田坝不整合面所限制的范围内,控制着印支期推覆前缘的断弯褶皱及断展褶皱,如中坝、莲花寺、安县及其延伸至南西向的绵竹地区,以及叠瓦带后方表层被后期推覆构造破坏而深部保留的印支期形成的可能断弯褶皱。

### (2) 燕山期台阶状断层前缘的断弯褶皱

从安县地区地震资料上可以清晰地看到燕山期断弯褶皱的存在。台阶状断层自古生界内向上爬升至中上三叠统内并形成断坪,在转折部位形成此类褶皱。与此台阶状断层相协调的是侏罗系的构造形变(图1)。在中坝、武都地区,侏罗系背向斜与印支期构造不协调的现象更为清楚(海棠铺构造剖面)。将侏罗系构造层作层拉平处理,可见尽管印支期构造不同部位高低有所改变,但叠瓦状断层及相关褶皱的形变总体面貌却无很大差异。

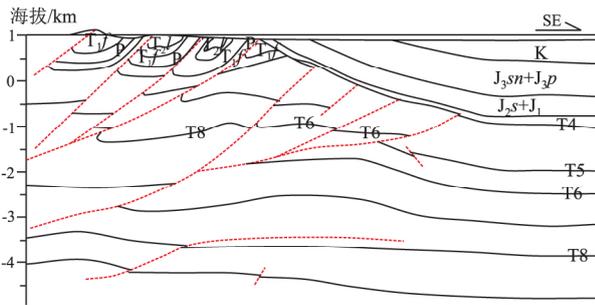


图1 安县地区314线地震地质解释剖面

Fig. 1 Seismic-geological profile through the 314 line in the Anxian region

总体上看,燕山期台阶状断层继续向盆地发生构造侵位,并形成宽缓的大型断弯褶皱。这种褶皱包容了印支期的叠瓦状构造,因而在印支期叠瓦状构造发育的地段表现不明显,在侏罗系内因受后期构造运动改造破坏。目前保留较全的是大康-海棠铺-倒流河一带的背斜带及西侧的向斜带。

### (3) 喜山期再次活动的逆冲断层

目前盆地边缘的香水断层、武都断层等为其代表。这些断层均有很大断距,使古生界及下、中三叠统等海相地层直接逆冲于侏罗系蓬莱镇组之上,对印支期和燕山期的构造表现出强烈的改造破坏

作用<sup>[6]</sup>。以香水断层为例,在香水至安县之间是断距最大的地带,这里燕山期的背斜仅地腹断层下盘有完整构造形态。浅部侏罗系内仅在断层下盘保留一半的背斜形态,断层上盘背斜形态则完全被破坏掉。断层向北延伸至海棠铺一带,断距逐渐变小,平面上构造格局表现为自大康一带的鼻状构造,到武都断层切割向斜,再到海棠铺尚完整的背斜圈闭,以及西侧的向斜才逐渐显现出来。

### 1.2.2 中段

九顶山杂岩体与彭县向斜之间的狭窄地带。临近造山带一侧古生界至中下三叠统地层保留很少,仅零星分布于断片中。大多为杂岩直接逆冲于上三叠统之上,上三叠统在中段前缘分布很广。

中段中下三叠统地层保留厚度较北段减薄。龙门山中段前缘地表主要为中侏罗统与下伏须家河组四段或五段呈微角度不整合接触,冲断带内地表出露须家河组三段。这说明印支期晚幕构造运动虽然波及到本区,但没有造成强烈构造变形。往盆地方向的前缘鸭子河地区的地震剖面上,可以看到T4(侏罗系底部反射标准层)对须家河上部削蚀,侏罗系表现为逐层上超,在印支期,龙门山中段形成一隆起带。与梓潼向斜相比,彭县向斜内下白垩统大为减薄,上白垩统厚度增加,构成几套砾岩沉积,具山前磨拉石建造特征,表明晚白垩世山前拗陷自北向南发生迁移。

综合分析地面、地震及钻井资料,可将中段的构造区分出两种不同的类型:

#### (1) 上推覆席及飞来峰群

龙门山中段一个重要构造特色是飞来峰发育。飞来峰由古生界及中下三叠统的地层组成,其内幕构造十分复杂。飞来峰覆盖于盆地边缘上三叠统至侏罗系不同层位之上。这是一组最表层的构造层次,对于下覆的构造有明显的改造及破坏现象,是最晚期的构造形变,属于喜山期的产物。

有关飞来峰的成因有推覆和滑覆两种不同的认识<sup>[7]</sup>,但无论怎样,从平衡剖面的观点出发,将这些飞来峰回归至原始位置,势必将目前盆缘的九顶山杂岩体大大向后推移。目前中段地区没有明显的印支期形变表现,并不意味着中段地区印支期没有大的印支期推覆构造作用,而是由于后期构造运动的强烈改造和侵位,很大程度上破坏和改造了印支期的构造形变,使现今并无明显的保留。或许飞来峰内幕若干形变成分是属于印支期的。

中段上推覆席底界断层是通济场断层,其造成

了须二段上部甚至整个须三段大套地层重复。断层上盘底部形成强烈破碎带,在锦江口,该断裂带变形最强烈。在地面露头上见有属前古生界的花岗岩块夹杂在上三叠统断片之中。断层的上下盘均由上三叠统须家河组三段( $T_3x^3$ )和二段( $T_3x^2$ )地层组成。须家河组三段为一套深灰色、黑灰色泥岩、粉砂岩、泥灰岩与深灰色薄-中层中细粒岩屑石英砂岩呈不等厚互层,局部夹泥砾岩及煤线。其间夹有一宽约200m的岩浆岩体(英云闪长岩 $\gamma_0$ ),以构造夹片形式产于断裂带中,据同位素年龄测定,表明为晋宁—澄江期( $^{207}\text{Pb}-^{206}\text{Pb}$ 法年龄761Ma)的花岗岩。在岩体两侧的地层中发育斜卧、斜歪褶皱及一系列次级逆冲断层。岩体的上盘还存在宽约数十米的断裂破碎带,夹于其内的岩片破碎强烈,可定名为断层角砾岩,内部还发育一系列次级滑动面。在岩体下盘的地层中发育次级叠瓦状滑动面。

在白水河地区的宝山温泉井,也见到震旦系苏雄组的岩块夹杂在上三叠统之中。这些岩块应属早期构造形变中,古生界逆冲于小塘子组、须家河组之上的产物,位于当时盆地边缘。但晚期通济场断层活动,造成这些岩块大规模向盆地方向迁移,早期的边界断层被改造的面目全非,表现出不同的产状,足见后期构造改造破坏作用的强烈。

(2) 下推覆席与台阶状断层相关的褶皱

地震勘探已经查明,在表层构造掩覆之下发育有一套与上推覆席构造面貌有极大差异的褶皱构造,多呈现出较完整的背斜形态,形成与台阶状断层的初始活动密切相关。有的属于台阶状断层及其相派生的逆冲断层控制的断弯褶皱,如大园包构造;

有的可能是台阶状断层前端的断展褶皱,如白鹿场构造。后期的构造活动对这些褶皱有明显的改造,如大园包背斜被后期的断层自须二段背斜近轴部穿过,致使须二段不能构成完整圈闭。

另一重要构造表现是,现存的局部构造之间不存在完整的向斜区域。地震资料上出现的较多的反射层存在,往往需要解释出若干反向断层,从而出现断层三角带变形情况。结合地面地质调查,在多次活动的冲断带,多呈现后方叠瓦片整体向前逆冲,首先破坏了向斜的完整性,使后方的断片及其相关褶皱叠覆于前方褶皱的背斜翼部,而且也最容易出现反向冲断构造三角变形特征。这种构造变形替代了局部三角变形带可能促使部分断层逆冲于背斜轴部,从而造成地腹与地表构造不协调,并出现构造轴部上部地层异常加厚现象。

1.2.3 南段

冲断带西北侧为出露基底变质岩系的宝兴杂岩体,其西侧围绕杂岩体的是变质的古生代岩系;东南侧出露台地相古生界及中下三叠统,零星、狭窄地分布于杂岩体边缘。前山地带主要由若干个出露侏罗系或上三叠统的背斜(如雾中山、高家场、三合场、张家场、莲花山、水口场、平落坝、石板滩等)和较宽缓的向斜带组成,背斜均以雁行排列的形式往南延伸。向斜内多分布新生界和白垩系。过渡至盆地内为名山向斜,是盆地内古近系以上地层最发育的地区。

据地面地质调查结合地震解释成果,南段前山带褶皱,白垩系、新近系均参与其中,构成统一的形变系统,应属于喜山期及其以后的构造运动产物。

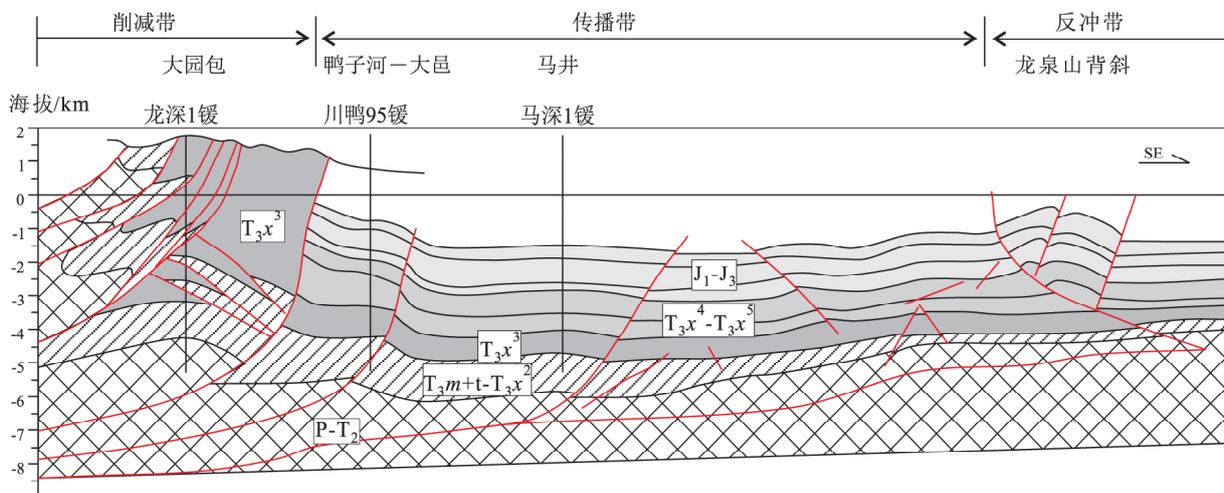


图2 龙门山中段构造地质剖面

Fig. 2 Structural-geological section across the central part of the Longmen Mountains



层与通济场断层之间主要出露须三段,局部分布有中下侏罗统,逆冲断层、反冲断层发育;关口断层以东发育平缓的断层相关褶皱,主要为断弯褶皱。

### 2.1.3 南段

构造样式为断展褶皱和断弯褶皱。龙门山南段白垩系、侏罗系分布范围最大,地层新。本区通济场断层下盘分布有上侏罗统,上盘出露须家河组。受燕山运动、喜山运动作用影响较强,新近系大邑砾岩卷入褶皱。冲断构造向川西坳陷一侧发生转化,滑脱断层出现分支或向上逆冲,形成了断展褶皱和断弯褶皱,例如平落坝构造是断展背斜,大邑构造为断弯背斜。

### 2.2 构造形变与油气保存条件

勘探成果揭示,龙门山逆冲推覆带构造形变强烈,油气保存条件差。LS1井位于龙门山中段逆冲推覆带大园包构造,完钻井深7180m,层位是下三叠统嘉陵江组下部。通过钻井和地震资料的解释,所钻地层可以分成两大系统,即须三段泥岩滑脱面之上的冲断系统,以及之下的原地系统(图2)。

#### 2.2.1 冲断系统

冲断层发育,发育一系列叠瓦状逆冲断层。在钻井过程中,断层处出现明显的泥浆漏失。岩心观察裂缝发育,发育的冲断层可能为流体运移的通道。主滑脱面之上的地层多次重复,须家河组钻前预测的厚度4105m,实钻厚度为4964m,造成须家河组厚度比钻前预测的厚度增加859m。LS1井钻井过程中共出现了28次井漏,主要集中在冲断系统须家河组中,占24次,最多漏失泥浆939.7m<sup>3</sup>,反映油气保存条件很差。

#### 2.2.2 原地系统

原地系统指主滑脱面以下的地层,形变强度明显弱于冲断系统变形强度,只发育一些规模较小的断层,与冲断系统不属于同一构造层次。冲断系统属于浅层次构造,变形较强,形成较晚,为挤压变形;而原地系统则属于深层次,构造变形弱,以张性变形为主。

在江油-灌县断裂带以东,主要发育断弯背斜、断展背斜和断挡背斜等。勘探实践表明,断展褶皱、断弯褶皱一般是有利油气富集的构造样式<sup>[10-11]</sup>。如中坝断展背斜,侏罗系、须家河组盖层齐全,断层发育在背斜翼部,未断到侏罗系盖层,形

变适中,两侧有向斜相隔,油气保存条件好,发现了须二段和雷三段中型气藏。大邑断弯背斜,侏罗系、须家河组盖层齐全,油气保存条件较好,在须家河组找到了中型气藏。

## 3 结论

晚三叠世末期,随着秦岭洋的关闭,导致由北向南的侧向挤压,使得米仓山构造带开始隆升,与甘孜-理塘构造带俯冲加剧,剪刀式的挤压作用是龙门山形成的动力机制。龙门山构造变形始于印支期,经历燕山期和喜山期多次递进变形,构造变形时期具有由北向南、由西向东逐渐变晚;构造变形强度西侧强,东侧弱的特征。有利油气富集的构造样式是断层相关褶皱。龙门山逆冲推覆带构造形变强烈,油气保存条件差。山前断褶带主要发育断弯背斜、断展背斜和断挡背斜等,变形适中,油气保存条件好。勘探实践表明,断展褶皱、断弯褶皱是有利油气富集的构造样式。

### 参考文献:

- [1] 邓康龄. 龙门山构造带印支期构造递进变形与变形时序[J]. 石油与天然气地质, 2007, 28(4): 485-490.
- [2] 贾承造. 中国中西部前陆冲断带构造特征与天然气富集规律[J]. 石油勘探与开发, 2005, 32(4): 9-15.
- [3] 李智武, 刘树根, 陈洪德, 等. 龙门山冲断带分段-分带性构造格局及其差异变形特征[J]. 成都理工大学学报, 2008, 35(4): 440-454.
- [4] 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.
- [5] 刘树根, 罗志立, 赵锡奎, 等. 龙门山造山带—川西前陆盆地系统形成的动力学模式及模拟研究[J]. 石油实验地质, 2003, 25(5): 432-438.
- [6] 刘志成, 季建清, 涂继耀, 等. 龙门山断裂带变形特征[J]. 地质科学, 2013, 48(2): 515-531.
- [7] 安凤山, 王信, 叶军. 川西坳陷中段须家河组天然气勘探开发战略研讨[J]. 天然气工业, 2005, 25(5): 1-5.
- [8] 杨克明, 朱彤, 何鲤. 龙门山逆冲推覆带构造特征及勘探潜力分析[J]. 石油实验地质, 2003, 25(6): 685-694.
- [9] 罗啸泉, 唐桂宾. 龙门山中段前缘须家河组裂缝特征与油气的关系[J]. 沉积与特提斯地质, 2008, 28(3): 96-100.
- [10] 罗啸泉, 李书兵, 赵锡奎. 川西龙门山构造特征与油气关系[J]. 石油实验地质, 2011, 33(4): 384-387.
- [11] 罗啸泉, 李书兵, 何秀彬. 川西龙门山油气保存条件探讨[J]. 石油实验地质, 2010, 32(1): 10-14.

## **An approach to the structural deformation and hydrocarbon accumulation in the Longmen Mountains , western Sichuan**

LUO Xiao-quan , GUO Wei-xing , LU Zhi-zhou

( *Research Institute of Petroleum Exploration and Development , Southwestern Branch , SINOPEC , Chengdu 610041 , Sichuan , China* )

**Abstract:** The structural deformation of the Longmen Mountains , western Sichuan was initiated during the Indosinian , and underwent the polyphase progressive deformation from the Yanshanian to the Himalayan. These deformational processes became progressively younger in age from north to south and from west to east. The Longmenshan thrust fault zone is characterized by N-S stepping , E-W zoning and longitudinal layering. The highly deformation in the overthrust fault zone led to the poor preservation of oil and gas. The fault-fold zones in the frontal parts of the Longmen Mountains are considered to be favourable for the hydrocarbon accumulation and the formation of the structural oil pools because of the moderately deformational conditions.

**Key words:** western Sichuan Basin; Longmen Mountains; structural deformation; structural patterns; hydrocarbon