

文章编号: 1001-6112(2011)04-0384-04

川西龙门山构造特征与油气关系

罗啸泉¹, 李书兵¹, 赵锡奎²

(1. 中国石化西南油气分公司勘探开发研究院, 成都 610081; 2. 成都理工大学, 成都 610081)

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, 构造变形强度西侧强、东侧弱的特征。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。龙门山构造带主要构造样式是推覆构造, 可划分成三种构造体系, 有利油气富集的构造样式是断展褶皱、断弯褶皱。

关键词: 构造样式; 构造演化; 龙门山; 四川盆地西部

中图分类号: TE121.2

文献标识码: A

Tectonic features and their relationship with petroleum in Longmen Mountain, western Sichuan Basin

Luo Xiaquan¹, Li Shubing¹, Zhao Xikui²

(1. Research Institute of Petroleum Exploration & Production, Southwest Petroleum Branch Company, SINOPEC, Chengdu, Sichuan 610081, China; 2. Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 610081, China)

Abstract: Tectonic deformation of the Longmen Mountain started during Indosinian, and developed during Yanshanian and Himalayan. The beginning time of deformation was later in the south and east than in the north and west. Deformation intensity was stronger in the west than in the east. At the end of late Triassic, due to the closing of the Qinling Ocean, lateral compression took place from north to south, resulting in the uplift of the Micang Mountain and the subduction of the Ganzi—Litang tectonic belt. Scissor compression is the main generation mechanism for the Longmen Mountain. The main tectonic style is nappe, which can be divided into 3 systems. Fault propagation and fault bend folds are favorable for petroleum accumulation.

Key words: tectonic style; tectonic evolution; Longmen Mountain; western Sichuan Basin

龙门山造山带位于青藏高原的东缘, 松潘—甘孜褶皱带与扬子板块结合部位(图 1), 北东与昆仑—秦岭东西向构造带斜向相接, 南西与康滇南北向构造带相连, 西与松潘—甘孜褶皱带相伴, 东与川西前陆盆地。龙门山造山带北起广元、南至天全, 长约 500 km, 宽约 30 km, 呈 NE—SW 向展布; 北西界为茂县—汶川断裂, 南东界为江油—都江堰断裂, 宽约 30~60 km; 依次由茂汶断裂、北川—映秀断裂、江油—都江堰断裂 3 条大致平行的冲断带构成。这 3 条龙门山主干逆冲断裂均走向 NE, 断层面倾向 NW, 在剖面上它们呈叠瓦状排列。龙门山自晚三叠世诺利克期以来经历多次逆冲推覆作用叠加而成, 表现为由西向东递进推移的背驮式断裂组合, 具典型的推覆构造特征^[1-3]。

1 龙门山造山带构造特征

龙门山逆冲推覆构造带呈北东走向, 东南以映秀—北川断裂带与川西前陆盆地相接, 北西侧与构造转换带相连。映秀—北川断裂带既是该构造带的东部边界断裂, 也是印支期盆—山的边界断裂, 同时它也是彭、灌杂岩推覆体逆冲推覆的主滑面。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的安县运动^[4], 并持续到喜山期。

1.1 龙门山造山带及前缘构造单元划分

按盆—山系统的研究思路, 以北川—映秀断裂带为界将盆—山系统分为造山带和川西前陆盆地 2 个构造单元。通过研究过龙门山构造剖面的特征, 结合深部地球物理资料, 基于盆—山系统内不

收稿日期: 2010-10-08; 修订日期: 2011-07-19。

作者简介: 罗啸泉(1963—), 男, 教授级高级工程师, 从事油气地质研究工作。E-mail: luoxiaoquan@163.com。

基金项目: 中国石化科技开发项目(P03030)资助。

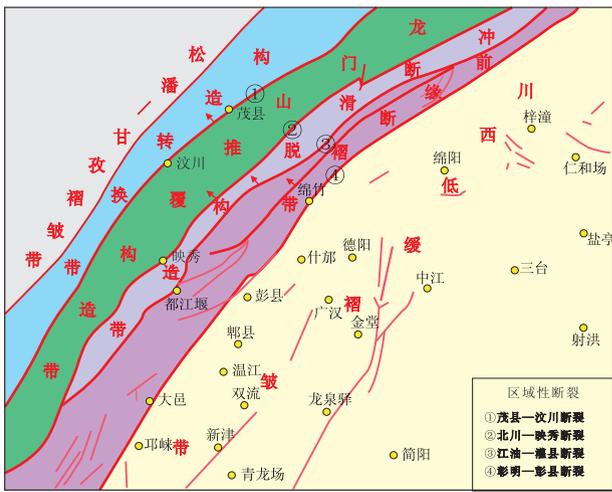


图 1 研究区构造位置

Fig. 1 Location of study area

表 1 龙门山构造带构造单元划分

Table 1 Tectonic units in Longmen Mountain

构造单元	次级构造单元	边界断裂
造山带	松潘—甘孜褶皱带	茂县—汶川断裂
	构造转换带	
川西前陆盆地	龙门山逆冲推覆带	北川—映秀断裂
	龙门山冲断滑覆带	江油—灌县断裂
	龙门山前断褶皱带	彰明—彭县断裂
	川西低缓褶皱带	

同构造部位变形方式和变形特征差异,将龙门山造山带—川西前陆盆地系统进一步细分为 5 个次级构造单元(表 1)。以映秀—北川断裂带为界,可将龙门山构造带划分为造山带和前陆盆地两大构造带;东侧的前陆盆地构造带又可以江油—灌县断裂带为界,划分为龙门山冲断滑覆带,江油—都江堰断裂至彰明—彭县断裂之间称为龙门山前断褶皱带,以东为川西低缓褶皱带。对于龙门山构造带,习惯上又分成北、中、南三段,北段与中段以棉竹马槽横断层为界,耿达以南为龙门山南段^[5]。

1.2 龙门山构造特征

龙门山造山带—川西前陆盆地系统构造特征为:松潘—甘孜褶皱带形成于印支晚期,以北西向构造为特征,伴随有印支期区域动力变质作用、岩浆侵入;燕山期有明显的区域热动力变质作用、岩浆作用和由北向南的逆冲推覆的叠加。构造转换带形成于燕山期并持续到古近纪,以左旋走滑变形为特征,使松潘—甘孜褶皱带内的北西向构造向北东东和北东向偏转。龙门山逆冲推覆构造带形成于须家河组三段沉积结束后,以北西向逆冲推覆为

主,呈现基底卷入冲断构造样式,主要表现为挤压断块、紧密褶皱、斜歪—倒转褶皱。前陆冲断滑脱构造带主要以由北西向南东的逆冲推覆、与滑脱拆离作用相关的褶皱变形和滑覆作用为特征,其中滑覆—构造叠置亚带呈现盖层滑脱—褶皱构造样式,在龙门山北段主要发育冲断叠瓦扇;龙门山中北段主要发育叠瓦状冲断系;中南段则以飞来峰和双重构造(在推覆—滑脱体上叠置滑脱构造—飞来峰构造)为特点,断弯褶皱及断展褶皱广泛发育;冲断滑脱构造亚带以不对称斜歪背斜构造为主要构造形迹,呈现反向冲断和突起构造样式。前陆褶皱带的主体构造形迹以密集成群、并向西南斜列的斜歪水平褶皱为主,少量倾向 NW 的脆性逆冲断层,变形叠加明显,主要构造样式为平缓褶皱及断滑褶皱。

1.3 边界断裂带特征

映秀—北川断裂带前人称为龙门山中央断裂带,并以此作为盆—山的分界线,它是一条长期活动的断裂,其早期具有左旋压扭的特征,后期为右旋压扭,晚期表现为冲断^[6]。按照地表地质特征可将其分为南北两段:中北段称为北川—映秀断裂带;南段称为小关子断裂带。北川—映秀断裂是一条韧性—脆性断裂,又称为龙门山中央断裂,它北起广元青川,往南经北川、映秀等地,并以此作为盆—山的分界线。它切割地层为前震旦系、震旦系、古生界和三叠系,表现为北西盘的变质岩系逆冲在古生界和中生界未变质的沉积岩之上,断层面倾角 60°~70°。5.12 汶川大地震就发生在映秀—北川断裂带上,表明它是一条长期活动的断裂^[7]。江油—灌县断裂是一条倾向北西的脆性断裂,往北与青林口潜伏断裂相连,又称为龙门山前断裂;断层面倾角约 50°,往深部断层面变缓。断层面上盘属于推覆构造带,地表构造复杂,褶皱紧闭,倒转褶曲与叠瓦状冲断层发育,而下盘构造比较宽缓。

1.3.1 断裂带宏观特征

断裂带在平面上连续性较好,大部分地段组成较单一,主断层清楚。单个断层呈北东—北东东向舒缓波状延伸,有些地段则由数条逆冲断裂分而复合构成复杂的逆冲断裂带。在不同地段切割不同时代地层,被切割地层呈透镜状、楔形或菱形断片产出。主滑面总体倾向北西,倾角在不同地段各异,一般 40°~70°左右。在北段,断裂带上盘为茂县群为主的浅变质岩系,断裂带下盘为未变质的沉积岩系。在中段,断裂带上盘为彭灌杂岩体或元古界黄水河群变质岩,下盘为上三叠统,震旦系火山岩呈大小不等的透镜体断续夹持于断裂带间。

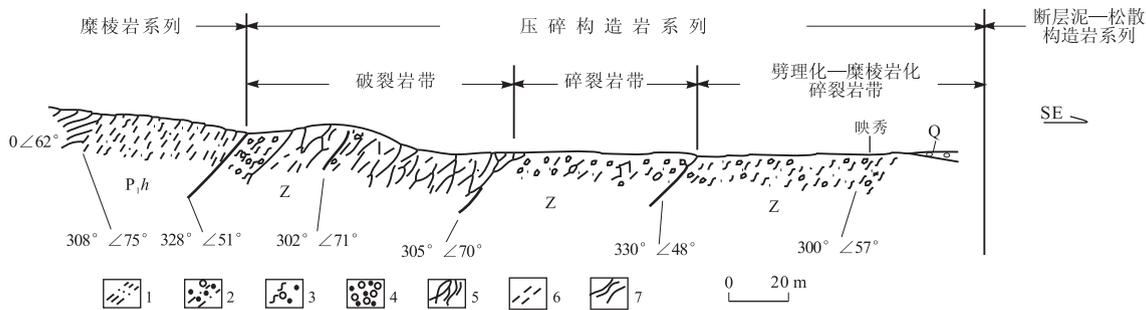


图 2 龙门山中段北川—映秀断裂带地质剖面

1. 糜棱岩, 2. 糜棱岩化碎裂岩, 3. 劈理化碎粒岩, 4. 碎裂岩, 5. 破裂岩, 6. 断层泥, 7. 片岩

Fig. 2 Geologic profile of Beichuan—Yingxiu fault belt, middle Longmen Mountain

1.3.2 断裂带内部构造特征

由于断裂带宽度在各段差异较大,故构造岩在断裂带中的宽度和性质也极不均匀。在龙门山中段彭县白水河地区断裂带较密集,影响宽度大,构造变形特征清楚,构造岩类型俱全,断裂上盘以韧性变形为主,在断裂带下盘和带内构造夹片中以脆性变形为主,形成 3 个性质明显不同的构造岩带(图 2)。活动期次为 3 期,前 2 期为逆冲,第 3 期为左行平移;第 1 期主压应力轴方位为 340° ,第 2 期为 300° ,第 3 期为北东 14° 左右。

2 龙门山构造演化特征

2.1 龙门山形成动力机制

总结川西地区印支晚期以来的构造格局和演化模式,可将龙门山形成动力机制概括为“剪刀式剪压与楔形挤出构造理论”。其具体内涵为: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川西地区构造变形的动力(图 3)。从深部地球物理资料

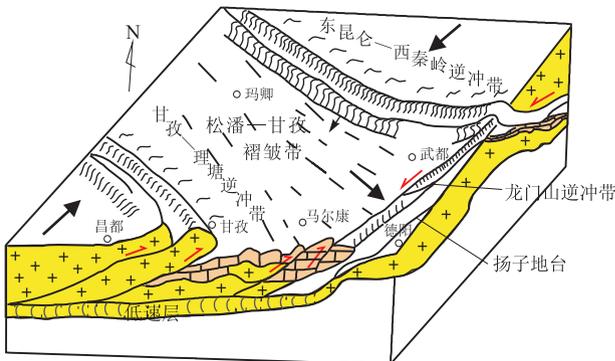


图 3 剪刀式推挤模式

NE 方向箭头表示来自于秦岭的单向挤压;SE 方向箭头表示造山带向盆地的挤出方向;红色单箭头指示剪切方向

Fig. 3 Model of scissor compression

推断,在现今的逆冲推覆构造带及其西侧,基底卷入程度高,中地壳以上在挤压作用下变形,靠近主要俯冲带和区域断裂附近可能发生动力变质,松潘—甘孜三角构造区主要是北西西向的褶皱,而靠近 2 大边界则明显受秦岭构造域和甘孜—理塘构造带的制约。由于剪刀式的剪压和西部收敛、东部发散的边界条件制约,被挤压的物质必然在东部寻找出路,而东部有川中硬性的基底存在,起到阻止被挤压的物质向东位移的作用,因此导致龙门山构造转换带和逆冲推覆带的形成。

2.2 龙门山造山带构造演化

印支期龙门山的变形序列和变形域是自北而南、自西而东递进发展的,一次比一次增强,波及范围扩大。须家河组上亚组与下亚组之间的接触关系,由明显的角度不整合向南逐渐变为连续过渡,并且上亚组的沉积中心向南迁移;侏罗系与三叠系之间的关系,也自北而南由角度不整合演变为连续过渡关系。中、北段普遍有减薄或缺顶($T_{3,x}$)、少底(J_{1-2})现象;地震资料揭示龙门山北段三叠系海相及以下地层褶、断构造强烈复杂,而南段则平缓简单。相反,北段不整合面以下的中、下侏罗统盖层的褶皱相对平缓,南段的褶皱相对强烈复杂^[8]。

燕山期,造山带内由北向南的单向推挤,造山带由北西向南东挤出,引起了造山带的左旋走滑和由北西向南东的逆冲推覆,使盆地具有前陆盆地和走滑盆地的双重特征。由北西向南东的逆冲作用,控制了松潘—甘孜褶皱带、龙门山逆冲推覆构造带、前陆滑覆—滑脱构造亚带的幕式冲断隆升;造山带的左旋走滑,控制了盆地内砾质楔沿平行于造山带走向的方向,发生由北东向南西的侧向迁移和与造山带斜交的北东东向隆拗相间的构造格局的形成。

喜山中—晚期,青藏高原东缘向东挤出,导致了

盆地内已形成的构造带由北西向南东的冲断隆升、大邑砾岩的褶皱变形和大规模飞来峰群的形成。

因此,龙门山构造带历经古生代碳酸盐台地阶段,晚三叠世陆缘海—前陆盆地阶段,侏罗纪—古近纪山前拗陷盆地的盆缘阶段。构造变形始于印支期强烈变形期,经燕山期的台阶状断层发育期,喜马拉雅早期和中期褶皱—冲断推覆构造发育期,喜马拉雅晚期滑覆构造形成期等,多期次的构造运动复合叠加而形成现今构造面貌。

2.3 龙门山主要构造样式

龙门山逆冲推覆带具有多种构造样式,主要构造样式是推覆构造,可划分成3种构造体系:1)印支期叠瓦状逆冲推覆构造;2)燕山期台阶状断层发育,形成双重构造;3)喜山期逆冲推覆—滑覆构造。逆冲推覆带内部逆冲断层很发育,主要发育飞来峰、双重构造、叠瓦冲断构造和三角带构造。

龙深1井位于龙门山中段逆冲推覆带大圆包构造,完钻井深7 180 m,层位是下三叠统嘉陵江组下部。该井钻探揭示,逆冲推覆带三叠系雷口坡组、嘉陵江组膏盐岩滑脱面之上的冲断系统十分复杂,发育一系列叠瓦状逆冲断层^[9]。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4 105 m,实钻厚度为4 964 m),造成须家河组厚度比钻前预测的厚度显著增加。龙深1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939.7 m³,反映油气保存条件很差。

龙门山前断褶皱带是龙门山前缘勘探效果最好的地区,发现了中坝、平落坝、邛西和大邑等大中型气田^[10-11]。龙门山前缘断褶皱带北窄南宽,反映龙门山自北向南形变由强减弱,北段为叠瓦状前展式构造样式,到中段则为后展式,到南段发育高家场、三合场—水口场、邛西—平落坝背斜带,并有向斜相隔。

该构造带的地层接触关系反映,发生于印支晚期(须家河组沉积后千佛岩组沉积以前)的逆冲推覆,使得须家河组发生了倾斜,从而造成了侏罗系与下伏须家河组间的角度不整合—平行不整合接触关系。前缘断褶皱带内卷入的最新变形地层为白垩系。从区域上看,古近系名山组与下伏白垩系间仅存在一平行不整合面,没有明显的角度不整合;龙门山的中南段和南段存在大邑砾岩与下伏地层间区域性的角度不整合接触关系。由此可见,该构造亚带形成于名山组沉积之后、大邑砾岩沉积之

前,属于喜山期变形的产物。

在江油—灌县断裂附近,主要发育断弯褶皱、断展褶皱和断挡背斜等。勘探实践表明,断展褶皱、断弯褶皱一般是有利油气的构造样式。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;褶皱系数0.18,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,褶皱系数0.14,形变适中,油气保存条件好,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。龙门山构造带主要构造样式是推覆构造;有利油气富集的构造样式是断展褶皱、断弯褶皱。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 马永旺,杨尽. 龙门山中段推覆构造的变形特征[J]. 成都理工大学学报, 2001, 28(3): 236—240.
- [3] 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.
- [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] 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.
- [6] 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): 1072—1080.
- [7] 蔡学林,曹家敏,朱介寿,等. 龙门山岩石圈地壳三维结构及汶川大地震成因浅析[J]. 成都理工大学学报, 2008, 35(4): 357—365.
- [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,李书兵,何秀彬,等. 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.
- [10] 何鲤,刘莉萍,罗潇,等. 川西龙门山推覆构造特征及有利油气勘探区块预测[J]. 石油实验地质, 2007, 29(3): 247—252.
- [11] 杨克明. 川西拗陷须家河组天然气成藏模式探讨[J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(6): 786—792.