

文章编号: 1001-6112(2007)03-0247-06

川西龙门山推覆构造特征及有利油气勘探区块预测

何 鲤¹, 刘莉萍¹, 罗 潇², 吕志洲¹, 王应容³

(1. 中国石油化工股份有限公司 西南分公司 勘探开发研究院, 成都 610081;

2. 中国石油天然气股份有限公司 西南油气田分公司 勘探开发研究院, 成都 610051;

3. 中国石油天然气股份有限公司 西南油气田分公司 川西北矿区, 四川 江油 621709)

摘要: 川西龙门山推覆构造带平面上可划分为 3 段, 北段属印支期褶皱, 中段属燕山期褶皱, 南段属喜山期褶皱; 纵向上可分为 3 层, 下层为印支期原地系统, 中层为燕山期推覆构造, 上层为喜山期推覆和滑移叠加构造。龙门山构造带经过多期次构造运动, 形变强烈, 因此, 封盖保存条件是成藏的关键因素。北段断层通天, 目的层裸露; 中段目的层裸露与掩盖参半; 南段地表出露中下侏罗统红层, 发育连续形变对破裂构造的封盖, 目的层埋深适中, 油气藏保存条件变好。据此认为龙门山南段的大邑、高家场—莲花山构造带是最有利地带, 可以找到大、中型油气田; 中段的磁丰场—子断褶皱带是有利地带, 可望找到中、小型油气田; 北段油气藏破坏, 局部地段可能发现小型残余稠油藏。进而提出在山前隐蔽带首钻大邑、重上鸭子河、探索金马、聚源的部署建议。

关键词: 构造特征; 大邑; 磁峰场断高; 鸭子河; 龙门山前缘; 川西

中图分类号: TE132.1

文献标识码: A

NAPPE STRUCTURE CHARACTERISTICS AND EXPLORATION POTENTIAL FORECAST IN LONGMENSAN, THE WEST OF SICHUAN PROVINCE

He Li¹, Liu Liping¹, Luo Xiao², Lü Zhizhou¹, Wang Yingrong³

(1. *Research Institute of Exploration and Production, Southwestern Branch Company, SINOPEC, Chengdu, Sichuan 610081, China;* 2. *Research Institute of Exploration and Development, Southwestern Oil and Gasfield Branch Company, PetroChina, Chengdu, Sichuan 610051, China;* 3. *Northwestern Camp in Sichuan, Southwestern Oil and Gasfield Branch Company, PetroChina, Jiangyou, Sichuan 621709, China*)

Abstract: The Longmenshan nappe structure in the west of Sichuan Province can be divided into three parts in plane: the Indosinian fold in the north, the Yanshanian fold in the middle and the Himalayan fold in the south. There are 3 layers vertically: the Indosinian autochthon at the bottom, the Yanshanian nappe structure in the middle and the Himalayan gliding nappe and superposition at the top. The Longmenshan structure has undergone multiple-epoch structural movements with strong deformation, thus its sealing conditions of preservation are the key factor to form reservoirs. In the north, faults are cut through and objective intervals are exposed, thus oil and gas reservoirs are destroyed. In the middle, objective intervals are exposed and sealed half-and-half and the preservation condition is general. In the south, the Middle and Lower Jurassic red bed, which is exposed to surface, develops continuous deformation resulting in seal to the fractured structure, thus the preservation condition has been improved. Hereby, it is concluded that the structural belt from Gaojiachang to Lianhuashan in the southern Longmenshan is the most favorable zone in which large and medium oil and gas fields may be discovered. The fault-fold zone in the middle is the favorable zone in which medium and small oil and gas fields may be found. Oil and gas reservoirs in the north have been destroyed in which small residual heavy oil and gas reservoirs may be discovered. In addition, Dayi, Yazihe, Jinma and Juyuan in the subtle area of the front of mountain should be paid more attention to.

Key words: structural characteristics; Dayi and Cifengchang fault highs; Yazihe; the front of Longmenshan; the west of Sichuan

收稿日期: 2007-02-12; 修订日期: 2007-04-09。

作者简介: 何 鲤 (1939—), 男 (汉族), 重庆市人, 高级工程师, 主要从事石油地质与勘探研究。

1 推覆构造特征

川西龙门山宽 20~30 km,长 450 km。褶皱山脉的走向,大致沿着 45° 方位分布。从整条龙门山来看,在宝兴杂岩、彭灌、汶茂杂岩、平武轿子顶杂岩等老的基底之上,一些盖层所组成的中间隆起或背斜带呈明显的多字型排列。现今总的构造特征以冲断推覆为主。以青川、汶川断裂为界,其西称茂汶、汶川、陇东韧性剪切带^[1,2];其东至北川、映秀断裂带之间是龙门山后山带;北川、映秀断裂带以东至彭、灌断裂带之间称前山带;彭灌断裂带以东至彭县断裂带间称山前隐蔽带(图 1)^[1]。

根据变形差异可将推覆构造带进一步划分为 3 个相对独立的推覆体,由北而南为轿子顶推覆体、彭灌杂岩推覆体和宝兴杂岩推覆体^[3];地域上传统分为北、中、南 3 段,北段属印支构造带,中段属燕山构造带,南段属喜山构造带。北段下侏罗统白田坝组超覆印支期中、下三叠统及以前的褶皱地层(图 2);中段燕山期褶皱、中侏罗统千佛崖组超覆上三叠统(图 3);南段卷入喜山期褶皱,古近世大邑砾岩超覆中白垩统夹关组(图 4)。

龙门山推覆构造带在冲断隆升过程中伴随前陆盆地的形成。从前陆盆地的西部边界,由茂汶、

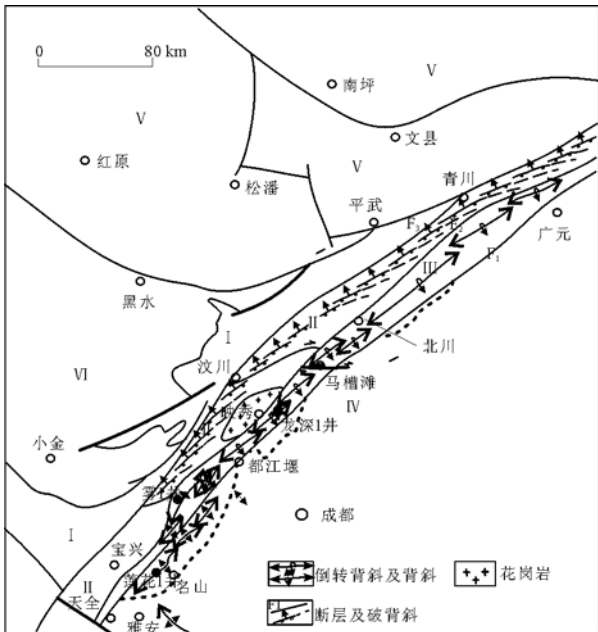


图 1 川西龙门山构造带分区^[1]

I. 茂汶、汶川、陇东韧性剪切带; II. 龙门山后山构造带; III. 龙门山前山构造带; IV. 龙门山前隐蔽带(川西前陆盆地); V. 松潘—甘孜褶皱带; VI. 金汤弧形构造带; F₁. 安县、灌县、双石断裂; F₂. 北川、映秀、小关子断裂; F₃. 茂汶、汶川、陇东断裂

Fig. 1 Tectonic subdivision of the Longmenshan structural belt in the west of Sichuan

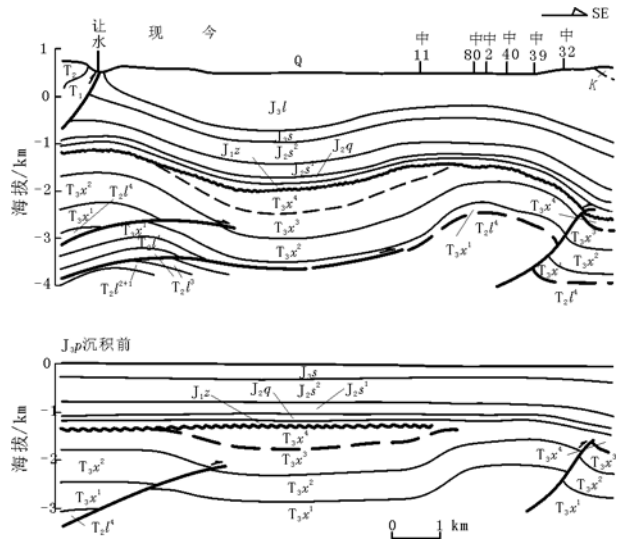


图 2 川西龙门山推覆构造北段印支期褶皱(江油让水—中坝构造演化剖面)

Fig. 2 Fold of Indo-Chinese epoch in the north of Longmenshan nappe structure in the west of Sichuan (profile from Rangshui, Jiangyou to Zhongba)

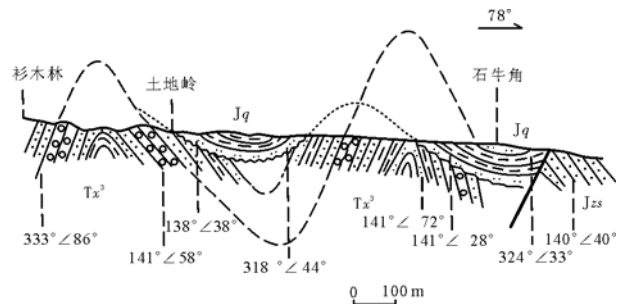


图 3 川西龙门山推覆构造中段中侏罗统千佛岩组与下伏须家河组间角度不整合(示燕山期褶皱)

Fig. 3 Angular unconformity of the Middle Jurassic Qianfoyan Formation and the Xujiahe Formation underlying in the center of Longmenshan nappe structure in the west of Sichuan(the Yanshanian fold)

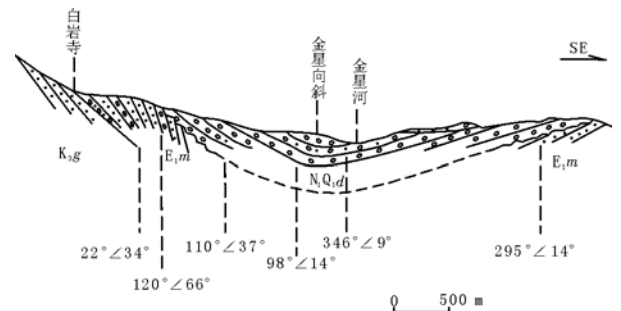


图 4 川西龙门山推覆构造南段金星向斜构造剖面(示喜山期褶皱)

Fig. 4 Structural section of the Jinxing downfold in the south of Longmenshan nappe structure in the west of Sichuan(the Himalayan fold)

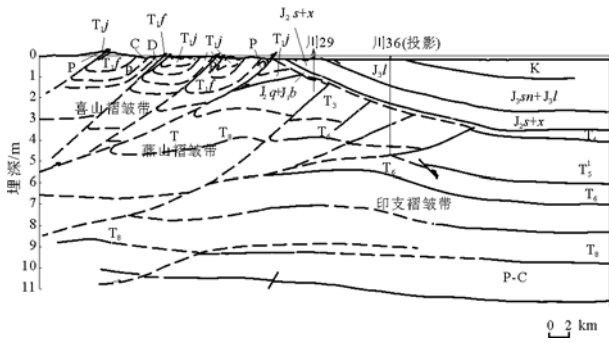


图 5 川西龙门山推覆构造 CX-NW-04-314 线地震地质综合解释剖面

T₄. 侏罗底界反射; T₅. 须二段顶界反射; T₆. 须家河组底界反射; T₈. 上、下二叠统界面反射; 地层代号采用通用地层系统

Fig. 5 Section of seismogeology integrated interpretation along line CX-NW-04-314 in the Longmenshan nappe structure in the west of Sichuan

汶川断裂带向东逐渐迁移到广元、灌县断裂带判断, 具有前展式推覆的性质^[4,5]。龙门山在前展式推覆造山过程中, 首先变形的构造形迹必然位于前锋, 后续变形的构造形迹将向后延伸。据安县地区 CX-NW-04-314 线, 纵向上由下而上可分出 3 带, 下带属原地系统的印支褶皱带, 中带属推覆系统的燕山褶皱带, 上带属推覆与滑覆叠加的喜山褶皱带(图 5)。

依据何在呢? 从剖面结构可知, 位于推覆构造之下的褶皱最老。而推覆构造带的一部分位于燕山期沉积的侏罗系红层之下, 一部分推覆于红层之上, 显然以逆掩在红层之上的构造带最新, 这样从纵向上可分出 3 带。结合区域构造期次分析(图 2~4), 把 3 带判定为印支、燕山、喜山期褶皱。在黄连桥—北川—邓家渡一带的推覆体内, 由喜山期多次右旋走滑运动导致推覆体向东北滑覆, 被分别命名为四清池滑覆体、甘竹埡向斜滑覆体和唐王寨向斜滑覆体(图 6)。

龙门山褶皱推覆始于印支期, 止于喜山期, 平面上老的在前, 新的在后, 纵向上自然是新的构造在上, 老的在下, 组成由老至新垒叠式的构造。就油气保存条件而论, 以原地系统的印支期构造最佳。

北段与中段大致以马槽滩横断层为界, 中段与南段的分界大致在灌县与耿达以南。

1.1 北段

1.1.1 推覆体平面分布

北段的香水断裂是龙门山前山带与盆地的分界断层, 在纵向上是由北西向南东逆冲的 2~3 条逆断层组成的断裂带。据研究, 该断裂至少早于中三叠世, 具有同生正断层性质; 晚三叠世末期的印

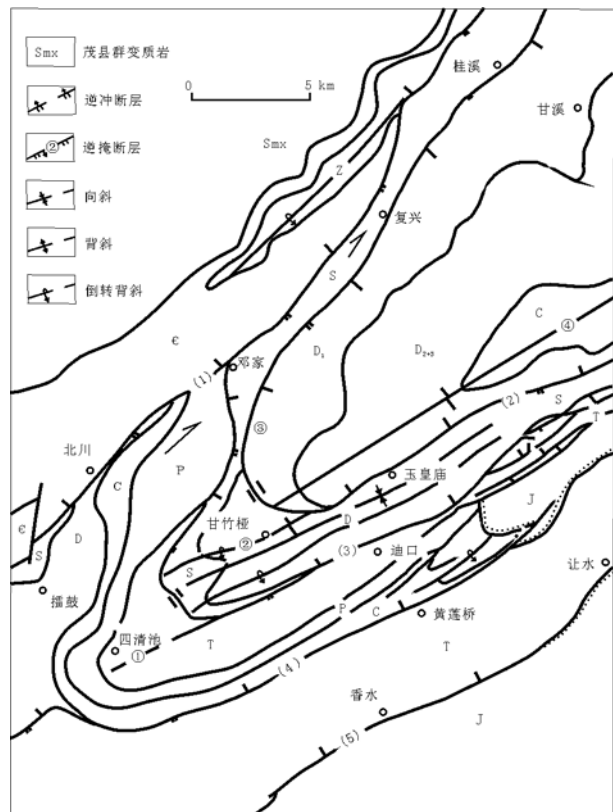


图 6 川西黄连桥—北川—邓家渡滑覆体

- ① 四清池滑覆体; ② 甘竹埡向斜滑覆体;
- ③ 邓家渡向斜滑覆体; ④ 唐王寨向斜滑覆体;
- (1) 北川断层; (2) 甘竹埡断层; (3) 通口断层;
- (4) 黄连桥断层; (5) 让水断层

Fig. 6 Huanglianqiao-Beichuan-Dengjiadu decollement nappe in the west of Sichuan

支运动使得断层性质发生反转, 成为大量地应力的释放带。香水断层以西, 在印支运动中形成叠瓦状逆冲的菱形构造带, 即轿子顶推覆体; 香水断层以东是燕山期侏罗系红层发育的平缓断褶带。

从图 5 断层错断的岩体判断, 北段的断层可分为 3 类: 1) 通天断裂, 即错断侏罗系沉积盖层断至地表的断层; 2) 消失在中上侏罗统遂宁和蓬莱镇组砂泥岩中的断层; 3) 消失在侏罗系白田坝组沉积前的断层。显然第一类属喜山期断层, 第二类属燕山期断层, 第三类属印支期断层。断层期次也印证了 3 期不同的构造运动。对走滑变形带变质矿物白云母的 Ar-Ar 同位素测获 (131.0 ± 0.5) Ma 和 (119.4 ± 1.1) Ma, 表明左旋走滑发生在燕山期, 也可能持续到古近世。

1.1.2 推覆体特征

推覆体是由一些大致平行的逆冲断层组成的。这些逆断层属于推覆构造体系中主干断层的分支断层。每一条分支逆冲断层的上盘, 存在一个由三叠系组成的褶曲, 受分支断层切割仅剩褶曲的一半

(或一半多)。据对逆冲推覆与褶曲相伴性的研究,这个褶曲的形成大体经历了如下过程:三叠系中期发生彼此大体平行的若干剪切破裂;随后形成断展褶曲或断弯褶曲;再后来继续受挤压,形成叠瓦状逆冲推覆构造带;其后遭受风化侵蚀,上三叠统被大量剥蚀,分支逆冲断层上盘的褶曲,上三叠统多被侵蚀殆尽,甚至中三叠统也受到了不同程度的剥蚀。早侏罗世中期之后,本区再次接受以龙门山区为主要陆源的碎屑沉积。这无疑会波及到三叠系再次形变,发生构造叠加。但这次构造变形强度较弱,远不能与印支晚幕构造运动强度相比。其后本区继续受力(燕山、喜山期),这些分支逆冲断层形成叠瓦状推覆构造,油气藏上覆盖层(上三叠统)被剥蚀,分支逆断层出露地表,油气藏被破坏殆尽。这就是今天在推覆带北段的钻井中只见油气显示而无工业油气井发现的原因。

1.2 中段

1.2.1 推覆构造

龙门山中段的冲断带是彭—灌杂岩推覆体的前锋,它是由白水河、映秀断裂与汉旺、关口断裂所围限的地质体。主要由泥盆系、石炭系、二叠系和中、下三叠统的碳酸盐岩构成,推覆体内部褶皱、断裂发育且断裂主要发育于推覆体的前部,为一系列走向北东的逆冲断层。总体上,中、后部变形强烈,褶皱类型多样,且有一系列次级逆冲断裂呈叠瓦状排列,故多为破背斜。在平面上多具分支复合现象,在断裂带附近牵引构造发育,并且劈理化强烈。断裂的走向与构造带的边界断裂:汶川断裂带和映秀—北川断裂带以低角度斜交,断裂面或糜棱岩的片理倾向北西,整体构造呈叠瓦状样式。在推覆构造的叠瓦状断裂带附近,构造变形较为强烈,发育一系列褶皱和次级逆冲断裂及劈理化带,单个规模较小,分布较狭窄。而远离推覆构造带,构造变形较弱,构造样式也有明显差异,主要发育一些开阔的背斜、向斜构造,断裂不甚发育。彭灌推覆构造带的下伏岩系主要为须家河组二、三段及海相碳酸盐岩地层。地震勘探发现在地腹存在印支期的古构造,是龙门山区寻找油气藏的重点所在。

推覆体在平面上,以白水河—映秀断裂与汉旺、灌县断裂为界又分出 3 块褶断带,野外地质调查发现该带宽 5~15 km。根据褶断特征和背斜形态又可分出破背斜带、半背斜带和完整背斜带。破背斜带与半背斜带属喜山期构造带,变形强烈,圈闭保存条件差,毫无油气意义。位于推覆构造带前锋的完整背斜带,卷入燕山期褶皱,与油气成藏运移

同步^[6],在变形适宜的构造部位可望有油气发现。

1.2.2 断展褶皱带

断展褶皱带位于推覆构造带前锋,油气前景好。彭灌断裂带之东到关口断裂之间为断展、断弯褶皱带,该带宽约 4 km,长约 20~30 km,背斜平面形态呈梳状,两翼基本匀称,构成复式褶皱样式。在白鹿场地段发现须家河组二段雷口坡组顶的潜伏构造,这条构造带属于推覆构造带前锋,具断展褶皱性质,油气意义比叠瓦状推覆构造带要大一些,川鸭 126 井在沙溪庙组钻遇天然气流就是一例。

关口断裂到彭县断裂之间,地表为侏罗、白垩系超覆形成的单斜地层,即山前隐蔽带。地震勘探发现徐家场、鸭子河、云西、金马潜伏构造。这条构造带向西南延至怀远、万家、大观、石板滩一带。地表盖层越来越新,从白垩系的夹关、灌口至第三系的大邑砾岩都有分布,盖层条件变好,油气保存比较有利,大邑 1 井钻获高产工业气流就在这条构造带之上。

1.3 南段

过灌县以南,受金汤弧形构造带影响,石板滩、油炸坨、雾中山、高家场(火井)、三和场、张家场、莲花山背斜均以雁行排列的形式向南延伸。龙门山构造南段喜山运动第四幕与第五幕之间的四川运动,导致早更新世的大邑砾岩与下伏层普遍呈假整合(或平行不整合)接触;又与下伏层同时形成平缓或强烈的褶皱,且上下形态一致,因此,龙门山南段应属喜山期构造。第三系名山组和芦山组分布在龙门山构造南段的東西两侧,且上下构造形态又基本一致,证明第三系卷入龙门山系南段的褶皱运动。从形成序次分析,叠瓦状冲断构造带(脆性构造带)、推覆构造带到断展褶皱带均是龙门山构造从印支、燕山到喜山期推覆的结果。喜山期的构造运动以走滑与扭动为主,在印支、燕山期推覆构造的基础上,幅度加强,烈度加剧,变形强度十分剧烈。从北段到南段分布普遍的飞来峰在其滑动过程中卷入下伏地层,出现复杂的构造样式。

2 大中型气田成藏主控因素

研究认为,在龙门山逆冲推覆带之下隐藏着巨厚的须家河组海陆交互沉积物,是令人向往的油气领域(图 7)。那么,北、中、南段的油、气前景如何呢?

2.1 北段

大量钻井和地表沥青、油苗显示表明,油气藏已遭强烈氧化,但在推覆构造带之下隐藏着圈闭优良的印支期古构造,如中坝气田。中坝气田油气成

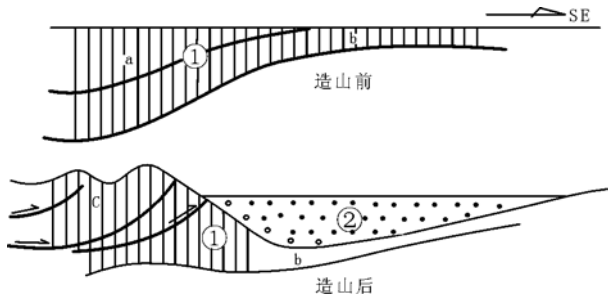


图7 川西龙门山构造推覆模式

①造山前第一旋回层沉积;②造山后第二旋回层沉积;
a. 大陆边缘海沉积层;b. 克拉通盖层;c. 造山带

Fig.7 Nappe pattern of the Longmenshan structure, the west of Sichuan

藏的关键:一是印支期古构造,油气有先期聚集条件;二是与推覆构造带之间有深拗陷相隔,圈闭有效。凡圈闭直接与推覆构造带相接的老坪坝、让水、重华、青林口等构造,钻井证实油气成果均差。卷入燕山期褶皱的中、浅层沙溪庙组因油气藏破坏,可有部分稠油残留。

2.2 中段

掩伏在彭灌杂岩推覆体之下的大园包、白鹿顶、磁峰场构造,因位于前陆盆地条形生烃拗陷高值区,有机质类型以Ⅲ类干酪根为主,烃源岩生气量比较丰富^[7];雷口坡组三段海相碳酸盐岩藻滩储层和须家河组二段海陆交互相三角洲砂岩储层十分发育,储集条件好。龙门山构造带经过多期次的构造推覆活动,形变强烈,因此,其油气成藏的关键是封盖保存条件。然而,对于龙深1井所钻的大园包构造,一系列通天的推覆断层片有可能是油气逸散的通道。钻井过程中钻遇7条断层均发生井漏,该井发现24个漏失层,累计漏失1.2~1.3 g/cm³泥浆2 729 m³以上。

龙门山构造带北、中段,以找寻油气为目的的勘探工作已进行不少,但进展甚微,归纳油气勘探不理想的原因大致有:1)构造高点位移。由于圈闭不落实与推覆断片的关系不清^[8,9],野外地质构造样式调查发现,龙门山北、中段前山带及山前带紧接断裂下盘普遍发育一斜歪向斜,轴面与断层面倾向一致。因而,推测断裂带之下必有拖曳向斜存在,构造高点可能位移,导致靶点陷入地震陷阱。2)油气逸散。推覆构造的破坏作用及其对保存条件的影响研究得不深入,从安县、灌县、双石断层两盘中侏罗统沙溪庙组厚度分析,上盘厚100~300 m、下盘厚800~1 000 m,说明油气成藏运移时的燕山中期这条断层重新活动,油气逸散。

2.3 南段

龙门山南段油气保存条件比中、北段相对较好,可望进一步发现油气藏。勘探证实,油气意义较大的是冲断褶皱带与断展褶皱带。在高家场背斜火2,3井获得了日产原油22~57 m³,最高达120 m³的工业油流;在平落坝获得天然气探明储量100×10⁸ m³;在邛西获得天然气探明储量250×10⁸ m³。2006年又在莲花山构造钻获日产逾10×10⁴ m³的天然气工业产能,大邑1井又钻获高产工业气流,大大提高了人们在龙门山南段寻找油气的兴趣。

通过前面的构造特征与油气显示系统分析可知,龙门山构造带形成油气藏应具备以下条件^[6]:1)良好的生油气岩与适宜的有机质成熟度相匹配,以及具有高充注条件的须家河、雷口坡组含油气系统;2)龙门山构造带须家河组、雷口坡组各沉积层序之间多为不整合,与不整合面有关的各类大中型圈闭易于富集形成大中型气田;3)在中(古)生代碳酸盐气源岩分布区内,适时隆起、古斜坡区的各类型圈闭易于形成大中型气田;4)具有多期成藏与晚期成藏条件的大中型圈闭易于形成大中型气田。

中、南段具有多期成藏与晚期成藏的地质条件^[10,11],封盖保存条件变好。最理想的组合是,大型断裂带在其圈闭外缘,有利于提高有机质的成熟度,又对油气富集、保存有利;构造内部有小断裂和裂隙沟通,又不破坏上覆封盖层对油气藏的保护。较好的区域构造和区域沉积环境可以提供良好的运移和储集条件,大邑构造就具备了上述条件。

3 有利油气勘探区块预测

20世纪60—70年代,四川石油管理局(中国石油天然气股份有限公司西南油气田分公司)、西南石油地质局(中国石油化工股份有限公司西南分公司)的50余口勘探井多集中在北段,中、南段至今勘探程度仍很低。对于龙门山构造带,根据天然气成藏的主控因素分析,封盖保存条件是第一位的,因而选择圈闭较完整、埋深适宜、具有连续形变对破裂封盖的部位布钻,可望获得油气新突破。

3.1 磁峰场、子断展褶皱带是有利地带

龙门山构造带中段,关口断层上盘牵引背斜形成的断展褶皱带是油气聚集的有利地带。该带位于推覆构造带前锋,出露2 000~3 000余m的须家河组三段—蓬花口组地层,可对主要目的层须二段、小塘子组砂岩储层、雷三段藻滩型储层构成良好的封盖。草1井有油砂发现,证明该区烃源岩演化仍停留在油窗阶段,因而此区与南段一样,除发

现气田外,还有发现油藏的可能性。而雷三段与金河剖面的藻滩带同处一条隆起上,所以有发现中坝型“雷三”气藏的可能性。布钻适当,在 3 500~5 000 m 深度范围可钻穿目的层。

3.2 高家场、莲花山构造带是最有利地带

南段的莲花山、布家场、水口庙、油榨坨、石板滩、大邑是最有利地带。该带东西须三段泥质岩由 500~1 000 m 突变为 1 500~1 800 m,突变带造成煤系与砂岩的横向接触,上覆沙溪庙组超覆在须家河组煤系之上,是陆相地层的减薄带。也就是说,燕山期的隆起带是油气运移的指向带,大邑 1 井钻获日产 40×10⁴ m³ 以上(无阻)高产工业气流,火 2,3 井钻获原油就是佐证。

3.3 扩展大邑,重上鸭子河,探索金马、聚源地区

从对大邑、鸭子河构造的钻井分析,大邑构造的大邑 1 井获得油气突破,急需扩大战果。川鸭 92 井油气成果较丰,但油气富集规律不清,特别是构造圈闭不落实、高点位置不准确,在物探搞清构造的前提下,可重上鸭子河。

金马、聚源构造因在前陆盆地条形生烃高值区、靠近逆掩断裂带的一侧,又在生烃拗陷中心部位,油气在垂向压力驱动下侧向运移到隆起带,油气富集规律值得深入研究。

致谢:在课题研究及本文成文过程中,得到中国石油化工股份有限公司西南分公司勘探开发研究院原总工程师、教授级高级工程师王胜的帮助和指导,得到中国石油化工股份有限公司西南分公司勘探开发研究院总工程师、教授级高级工程师李书

兵、教授级高级工程师殷建棠、中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院教授级高级工程师冯福阁、中国石油天然气股份有限公司西南油气田分公司川西北矿区教授级高级工程师兰贵的协作并提供资料和成果,承中国石油化工股份有限公司西南分公司勘探开发研究院绘图工程师罗启蒙清绘部分插图,在此一并致谢!

参考文献:

- 1 刘树根. 龙门山冲断带与川西前陆盆地形成演化[M]. 成都: 成都科技大学出版社,1993
- 2 李 勇. 龙门山逆冲推覆作用的地层识别[J]. 成都理工学院学报,1995,22(2):1~10
- 3 刘和甫. 川西龙门山冲断系构造样式与前陆盆地演化[J]. 地质学报,1994,68(2):101~117
- 4 郭正吾,邓康龄,韩永辉等. 四川盆地形成与演化[M]. 北京: 地质出版社,1996
- 5 李书兵,何 鲤,柳梅青等. 四川盆地晚三叠世以来陆相盆地演化史[J]. 天然气工业,1999,19(增刊):18~23
- 6 王庭斌. 中国大中型气田成藏的主控因素及勘探领域[J]. 石油与天然气地质,2005,26(5):573~574
- 7 李汉国. 煤层气与油型气的关系及物质平衡法生气量计算[J]. 天然气工业,1984,4(2):6~12
- 8 罗啸泉,郭东晓,周文姬. 论龙门山中段前缘油气成藏条件[J]. 岩相古地理,1999,19(2):52~66
- 9 何 鲤,曾庆庸,兰 贵等. 川西拗陷南段香溪群的天然气成藏模式及勘探目标[J]. 天然气工业,1992,12(2):13~19
- 10 杨克明,朱 彤,何 鲤. 龙门山逆冲推覆构造特征及勘探潜力分析[J]. 石油实验地质,2003,25(6):685~693
- 11 曹 伟. 龙门山推覆构造带中段前缘构造浅析[J]. 石油实验地质,1994,16(1):35~40



(上接第 246 页)

- 5 Jamison W R. Mechanical models of triangle zone evolution[J]. Bulletin of Canadian Petroleum Geology,1996,44(2):180~194
- 6 朱志澄. 逆冲推覆构造研究进展和今后探索趋向[J]. 地学前缘,1995,2(1—2):51~57
- 7 孙肇才,郭正吾. 中国南方古、中生界海相油气勘查研究[M]. 北京:科学出版社,1993. 1~20
- 8 张渝昌,秦德余,汤福生等. 江南—雪峰地区的层滑作用及多期复合构造[M]. 北京:地质出版社,1993
- 9 朱 夏. 朱夏论中国油气盆地构造[M]. 北京:石油工业出版社,1986. 61~70
- 10 朱 夏. 关于中国大陆边缘构造演化[J]. 海洋地质与第四纪地质,1987,7(3):115~119
- 11 丁道桂,郭彤楼,胡明霞等. 论江南—雪峰基底拆离式构造:南方构造问题之一[J]. 石油实验地质,2007,29(2):120~127
- 12 丁道桂,朱 樱,陈凤良等. 中下扬子区古生代盆地基底拆离式

- 改造与油气领域[J]. 石油与天然气地质,1991,12(4):376~384
- 13 丁道桂. 基底拆离与多层次盖层滑脱的盆地改造作用[A]. 见:孙肇才,张渝昌编. 中国油气盆地分析:朱夏学术思想研究论文集[G]. 北京:石油工业出版社,1993. 153~159
- 14 丁道桂,郭彤楼,翟常博等. 鄂西—渝东区膝折构造[J]. 石油实验地质,2005,27(3):205~210
- 15 Faill R T. Kink band structures in Valley and Ridge Province, central Pennsylvania [J]. Geological Society of America Bulletin,1969,80:2539~2550
- 16 郑亚东,王 涛,王新社. 新世纪构造地质学与力学新理论:最大有效力距准则[J]. 自然科学进展,2005,15(2):142~148
- 17 郭正吾,邓康龄,韩永辉等. 四川盆地形成与演化[M]. 北京:地质出版社,1996. 24~47
- 18 孙 岩,施泽进,沈修志. 层滑—倾滑断裂构造与油气地质研究[M]. 南京:南京大学出版社,1991