

川西前陆盆地的发展演化、地层充填 及其对油气成藏的意义*

雍自权¹ 刘庆松¹ 李倩²

(1.成都理工大学能源学院 2.中国石油西南油气田公司川中油气矿研究所)

雍自权等.川西前陆盆地的发展演化、地层充填及其对油气成藏的意义.天然气工业,2008,28(2):26-29.

摘要 前陆盆地构造位置重要、油气资源丰富,是盆地分析和油气勘探的重要领域。为此,利用构造、沉积及钻井等资料,综合研究了已经成为四川盆地天然气勘探的重要领域的川西前陆盆地的发展演化、地层充填及其对油气成藏的意义。结果表明,川西前陆盆地发展始于印支运动的卡尼期而终于喜山期;盆地的发展在各个时期表现出极大的差异性;沉积沉降中心的迁移、构造应力场的变化、构造格局的变化。上述三方面的差异性决定了川西前陆盆地天然气藏的生、运、聚、保条件。该区油气藏主要受前陆盆地形成过程中的拗陷和隆起带控制,燕山期形成的绵竹—盐亭隆起带、邛崃—新津隆起带是油气聚集的有利地区,也是川西前陆盆地油气勘探的主要区带。

主题词 四川盆地 西 前陆盆地 发展 演化 构造 油气藏形成 勘探区

前陆盆地构造位置重要、油气资源丰富,是盆地分析和油气勘探的重要领域^[1-4]。国内外油气勘探实践已证明了这一点,但其也存在地质构造复杂、油气成藏条件多样的特点。不同前陆盆地的含油气性相差悬殊,即使在同一前陆盆地,不同区段的油气贫富程度和成藏特点也差别极大。这主要与前陆盆地不同时期的发展演化特征有关。川西前陆盆地属陆内前陆盆地^[5,6],其发展与龙门山造山作用相伴相生,目前已成为四川天然气勘探的重要领域。

川西前陆盆地是扬子地区与其西侧特提斯构造域中羌塘(松甘)地块间的碰撞增生作用所致。龙门山造山带和川西前陆盆地间的耦合作用贯穿始终。川西前陆盆地的形成始于印支运动的末期,经历了燕山运动和喜山运动,各时期的构造运动对盆地中的地层沉积、构造形成、油气成藏等方面的作用各异。根据构造特征可将川西地区分为松潘—甘孜褶皱带、龙门山冲断带[（青川—茂汶断裂与北川—映秀断裂之间,变质—变位—变形冲断A带）、（北川—映秀断裂与马角坝—都江堰断裂之间,浅层变位—变形冲断B带）、（马角坝—灌县断裂与广元—大邑隐伏断裂之间,变形冲断C带）]、前陆盆地拗陷带[北部梓潼拗陷区(J₂-K₁)、绵竹—盐亭隆起带(J₂-K₁)、中部彭县—成都拗陷区(T₃)、邛崃—新津隆起

带(K₁-E)、南部名山拗陷区(K₁-E)]、前陆(前缘)隆起带、峨眉—瓦山断隆带、米仓山褶皱带、米仓山前缘隆起带(图1)。

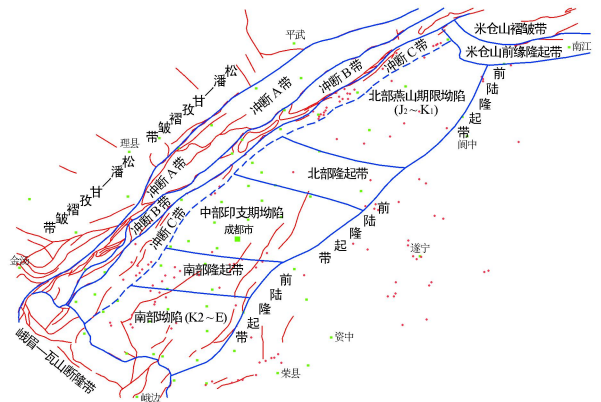


图1 川西前陆盆地构造及分区图

一、川西前陆盆地的发展演化特征

印支运动卡尼期末的构造运动使得松潘—甘孜地区发生区域热变质作用,形成北西向的褶皱构造。构造应力方向为北东—南西向(图2)。构造运动使得松潘—甘孜地区抬升,但抬升幅度不大没有出露水面,对四川盆地西部的影响不大^[7]。甘孜—松潘褶皱带的形成仅使海水向东侵入。卡尼期与诺利期

* 本文受到国家重点基础研究发展计划“973”项目(编号:2005CB422106)的资助。

作者简介:雍自权,1966年生,副教授,博士;1991年毕业于原成都地质学院石油系,获硕士学位,2002年于电子科技大学管理学院获MBA;现从事石油天然气地质、能源经济管理的教学和研究工作,已公开发表论文多篇。地址:(610059)四川省成都市十里店成都理工大学能源学院。电话:13981879198。E-mail:yongzq@cdut.edu.cn

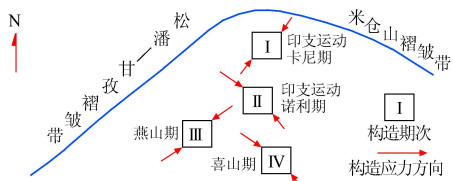


图2 川西前陆盆地内各构造运动期构造主应力方向变化示意图

之间川西前陆盆地的沉降中心在中北部,沉积了石英细砂岩、粉砂岩为主的海陆交互相地层小塘子组。

印支运动诺利期末的安县运动发生于上三叠统须三段沉积末期。此时龙门山地区的区域应力场发生了根本改变,由卡尼期的北东—南西向挤压转变为北西—南东向挤压(图2),促使龙门山地区发生逆冲,形成龙门山逆冲推覆构造带,成为盆地西部边界。安县运动使盆地抬升遭受剥蚀,造成上三叠统须三段与上覆岩层呈不整合接触(图3)。安县运动后,川西前陆盆地沉积了上三叠统须家河组四段和须家河组五段地层。其间由于川西前陆盆地北部逐渐抬升,使川西前陆盆地沉降中心也由北向南迁移,形成成都拗陷(图4)。

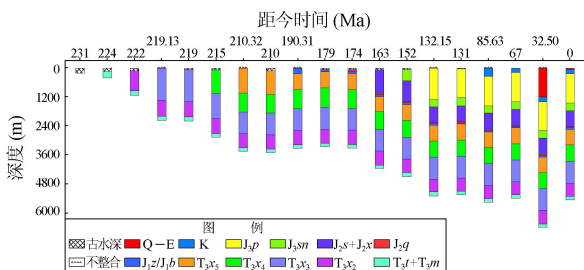


图3 川西前陆盆地孝泉构造川孝93井回剥柱状图

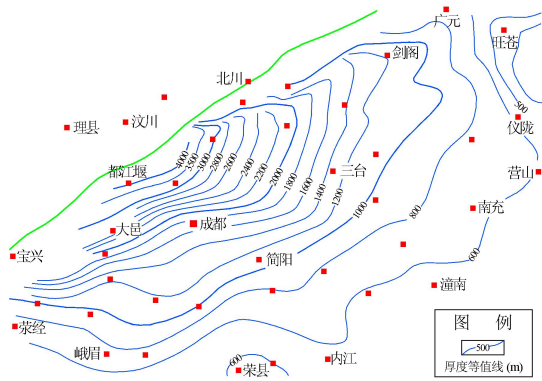


图4 川西前陆盆地上三叠统等厚图

晚三叠世末的印支运动晚幕后的燕山期,川西前陆盆地深部地壳继续向西俯冲滑,造成龙门山间断抬升和川西前陆盆地持续沉降。燕山期盆地内的构造应力再一次转变为北东—南西向(图3)。

早侏罗世为川西前陆盆地的构造活动相对平静期,没有明显的沉积沉降中心。

中侏罗世,龙门山造山作用和前陆盆地构造活动明显增强,盆地北边的秦岭、大巴山褶皱隆起,在盆地北部形成沉积沉降中心。受北东—南西向构造应力的影响,川西前陆盆地中侏罗世在北部形成了一个拗陷(称为梓潼拗陷),在成都拗陷与梓潼拗陷之间,形成一宽缓隆起带,称为绵竹—盐亭隆起带(隆起带具有迁移性)(图2、5)。

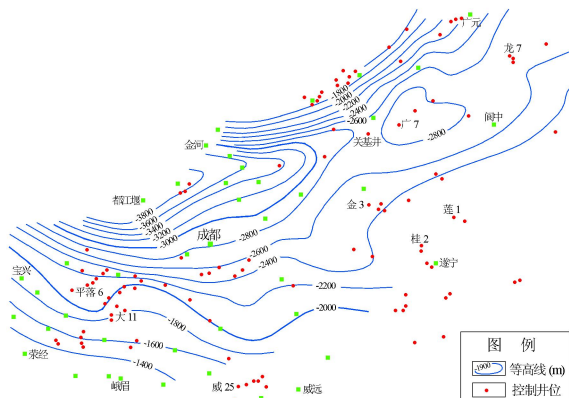


图5 川西前陆盆地中侏罗世末须二段底古构造图

晚侏罗世早期遂宁组沉积时前陆盆地构造活动相对平静期,无明显的沉降沉积中心。蓬萊镇组沉积时构造活动加剧,沉积沉降中心迁移至北部,导致北部拗陷进一步扩大并向南迁移,绵竹—盐亭隆起带也逐渐向南迁移。晚侏罗世末的燕山运动使得隆起区上侏罗统遭受剥蚀(图2、6)并在盆地南部形成一个新的名山—雅安沉积拗陷。

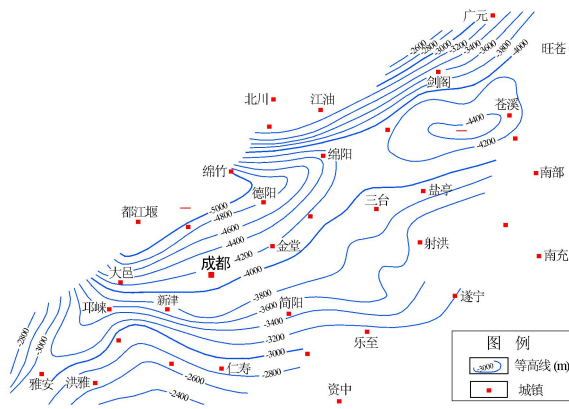


图6 川西前陆盆地晚侏罗世末须二段底古构造图

早白垩世,川西前陆盆地构造运动活跃,北部为沉积沉降中心,南部基本继承了侏罗期末构造形态,为一个大型宽缓隆起区,地层遭受剥蚀。

川西前陆盆地晚白垩世至早第三纪构造活动不

活跃,继承了早白垩世末的构造活动的构造格局,沉积沉降中心迁移至南部,南部名山坳陷进一步扩大。南部的宽缓隆起区被挤压向北迁移,成为邛崃—新津隆起带。至早第三纪末,川西前陆盆地在北东—南西长轴方向上形成了“三坳两隆”的基本构造格局。

喜山运动是本区最为强烈的一次构造运动,此时的构造应力方向又转化为北西—南东向(图 3)。喜山运动最重要的 2 个期次是:一是前陆盆地结束后的渐新世中、晚期,与印度板块和欧亚板块最后碰撞挤压相呼应,区域隆升褶皱,造成山麓型大邑砾岩盖于不同层位的侵蚀面上;二是上第三系和第四系间的构造运动,造成上第三系与第四系成角度不整合接触。两次构造运动的强大的推挤作用,在早期构造薄弱地带,改造早期形成的构造,不断产生新构造,出现大规模的逆冲、推覆和断褶现象(图 2、7)。

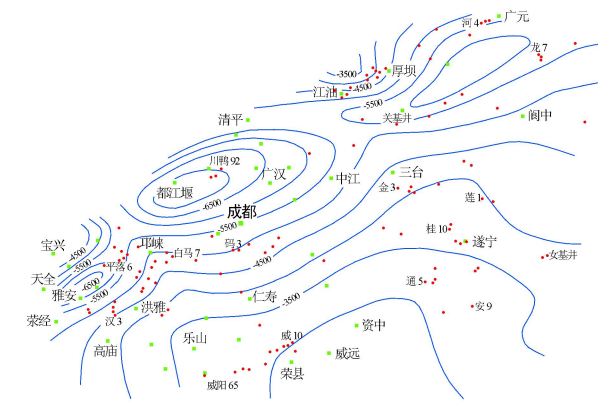


图 7 川西前陆盆地早第三纪末须二段底古构造图

二、上三叠统地层沉积充填特征

上三叠统沉积厚度大,烃源岩丰富,是川西前陆盆地上三叠统原生气藏和上伏地层中次生气藏的烃源供给层位。上三叠统地层的沉积特征和后期的演化对川西前陆盆地的天然气勘探意义重大。自印支运动以来,受龙门山造山带不断向东扩展和推进及前陆隆起向西迁移的共同影响,川西前陆盆地西部卷入造山带,使川西前陆盆地既复杂且不完整。川西前陆盆地晚三叠世的盆地结构保存较完整^[8](图 8)。地震和钻井资料显示,晚三叠世川西前陆盆地为东缓西陡向西倾斜的不对称盆地。西部为深凹陷与龙门山造山带以一系列冲断层相连,部分已经卷入龙门山造山带。川西前陆盆地东浅以平缓的沉积斜坡向前陆隆起过渡,地层厚度呈现西厚东薄(图 9^[9]、表 1),沉降中心在紧邻龙门山造山带一侧。

龙门山造山带的形成使得四川盆地西部岩石圈发生挠曲形成川西前陆盆地。川西前陆盆地的形成

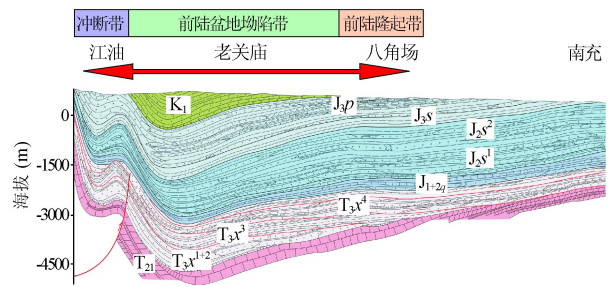
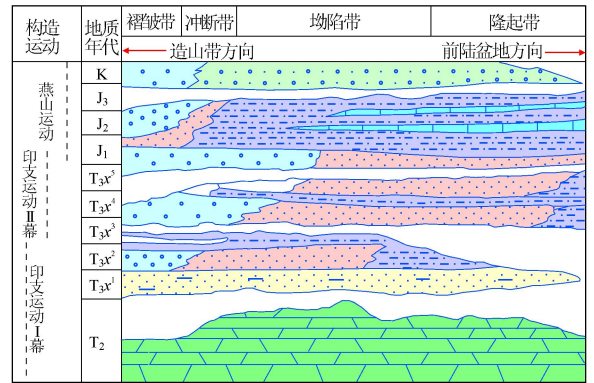


图 8 川西前陆盆地结构示意图

(据中国石油西南油气田公司内部报告,2003,有修改)



- 1. 局限台地碳酸盐岩 2. 局限海湾砂泥岩 3. 冲积扇砾岩、扇三角洲砾岩 4. 三角洲砂岩
- 5. 湖相砂泥岩 6. 冲积平原砂砾岩 7. 湖相灰岩 8. 地层缺失 9. 不整合

图 9 川西前陆盆地充填示意图(据汪泽成等,2001,修编)

表 1 孝泉、金华、蓬莱镇、磨溪上三叠统的地层划分对比表

层位	川孝 93 井		金 1 井		蓬莱井		磨 1 井	
	厚度 (m)	层位	厚度 (m)	层位	厚度 (m)	层位	厚度 (m)	层位
须五段	644.5	须五段	346.4	香六段	412	香六段	300	香六段
				香五段				香五段
须四段	658.5	须四段	423.4	香四段	371.5	香四段	292.5	香四段
				香三段		香三段		香三段
				香二段		香二段		香二段
须三段	905.5	须三段	37.6	香一段	34.5		1.5	
须二段	165	须二段 (未穿)	198.9	须二段	25	香一段	9	香一段
须一段			47.7	须一段	7.5		5	

和发展为上三叠统的沉积提供了空间并控制其岩性、沉积范围和沉积相等。

晚三叠世早期,龙门山及其前缘沉降,海水向东缓进,并向川中古隆起不断超覆。

须一段沉积时,构造活动不活跃,在龙门山以东的川西地区充填地层为须家河组一段(包括原马鞍塘组和小塘子组),以海湾沉积体系为主。物源来自西北方向,沉积厚度小范围大,在威远、潼南和通江

一带都有分布。岩石以暗色砂泥岩为主,富含有机质,是川西前陆盆地的烃源岩之一(图9)。

须二段沉积时,印支中幕运动使九顶山、摩天岭进一步抬升,与米仓山和大巴山一起环绕于前陆盆地边缘,构成须二段的主要物源区。大量碎屑物由河流携带,在西部沉积了冲积扇砾岩、扇三角洲砾岩,盆地内部主要沉积三角洲砂岩和湖相砂泥岩。须二段是川西前陆盆地上三叠统油气成藏的层位(图9)。

须三段沉积时,构造运动平静,古地理与须二段相似,龙门山、九顶山古陆范围有所扩大,它们与米仓山、大巴山古陆一起构成须三时的主要物源供给区。在龙门山前缘成都坳陷沉积厚度达1000 m,向南、向东逐渐减薄,主要沉积了半深湖相砂泥岩,有机质含量高,是川西前陆盆地主要的烃源岩之一(图9)。

须四段沉积时,受诺利期构造运动的影响,须三段沉积后川西前陆盆地抬升,须三段遭受剥蚀。诺利期后,随着松潘—甘孜造山带不断向龙门山推进。龙门山崛起成为盆地边界,并向盆地提供物源。随着盆地沉降,沉积体系向盆地内部不断推进,充填了上三叠统须家河组四段到白垩系的磨拉石沉积。须家河组四段沉积时期,盆地充填粗碎屑沉积物,在广元、江油、安县一带形成冲积扇,主要由逐渐向上变粗、加厚的砾岩透镜体和河道砂组成,是上三叠统须家河组油气成藏的又一个重要层位。须家河组四段的物源主要来自于龙门山造山带(图9)。

须五段沉积时,盆地北部和西北部完全隆升成陆地,湖滨岸线已退至九龙山—剑阁—安县一线。构造运动平静,沉积了一套湖相砂泥岩地层,富含有机质,是川西前陆盆地主要的烃源岩之一(图9)。

三、天然气成藏的控制因素

川西前陆盆地演化过程中,对油气成藏起控制作用的是沉积沉降中心的迁移和不同时期隆起的形成和变化。

在前陆盆地的发展过程中,印支期沉积沉降中心由北向南迁移最终形成成都坳陷,总体上西厚东薄,成都一带沉积厚度最大。沉积了3套烃源岩(T_3x^1 、 T_3x^3 、 T_3x^5),为川西前陆盆地的原生和次生气藏提供了丰富的气源。同时发育了2套储集层(T_3x^2 、 T_3x^4),成为川西前陆盆地气藏的主要勘探目的层。

燕山期是川西前陆盆地油气藏形成的关键时期,此期的构造应力环境与前期迥异,主应力方向为北东—南西向,其间先后形成了成都坳陷、梓潼坳陷和名山—雅安沉积坳陷这3个沉积坳陷和绵竹—盐

亭隆起带、邛崃—新津隆起带这2个隆起带。“三坳两隆”的构造格局控制着油气生成和运移成藏。这种格局使得川西前陆盆地中上三叠统烃源岩的成熟有先后,坳陷区的烃源岩成熟早,生成的油气向2个隆起带运移,同时储集层还没有完全致密,有利于在隆起带聚集成藏。隆起带烃源岩成熟度相对较低,目前上三叠统底部处于生气高峰期,顶部处于成熟阶段,有利于油气的聚集补给。

喜山期构造应力场主应力方向再次变为北西—南东向,喜山期的构造运动对古构造进行改造,其作用力由西向东逐渐减弱,在前陆盆地西部山前带的古气藏起破坏作用,对前陆盆地中2个隆起带起到改造改善作用,形成残留原生气藏(中坝气藏)和原次生气藏(新场气藏)。

综上所述,川西前陆盆地油气藏主要受前陆盆地形成过程中的坳陷和隆起带控制,燕山期形成的绵竹—盐亭隆起带、邛崃—新津隆起带是油气聚集的有利地区,也是川西前陆盆地油气勘探的主要区带。

参 考 文 献

- [1] DICKINSON W R. Plate tectonic evolution of sedimentary basin [C]//DICKINSON WR, YARBOROUGH H. Plate tectonic and hydrocarbon accumulation. AAPG Continuing Education Course Note Series, 1997, 1: 1-63.
- [2] ALLEN P A, HOMEWOOD P, WILLIAMS G D. Foreland basin: an international [C]// ALLWIN P A, WILLIAMS G D, ed. Foreland basin. London: Blackwell Science Publication, 1986: 3-12.
- [3] DECLELLES P G, GILES KA. Foreland basin system [J]. Basin Research, 1996(8): 105-123.
- [4] 张明利, 金之钧, 汤良杰, 等. 前陆盆地研究的回顾与展望 [J]. 地质论评, 2002, 48(2): 212-220.
- [5] 刘池洋, 赵红格, 杨兴科, 等. 前陆盆地及其确定和研究 [J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(4): 307-313.
- [6] 宋岩, 夏新宇, 秦胜飞. 中西部前陆盆地天然气勘探前景 [J]. 矿物岩石地球化学通报, 2002, 21(1): 26-29.
- [7] 刘树根, 赵锡奎, 罗志立, 等. 龙门山造山带—川西前陆盆地系统构造事件研究 [J]. 成都理工学院学报, 2001, 28(3): 221-230.
- [8] 中国石油西南油气田公司勘探开发研究院. 川西前陆盆地油气富集规律研究与勘探目标评选 [R]. 2003.
- [9] 汪泽成, 刘和甫, 熊宝贤, 等. 从前陆盆地充填地层分析盆地耦合关系 [J]. 地球科学—中国地质大学学报, 2001, 26(1): 33-39.

(修改回稿日期 2007-11-26 编辑 居维清)