

楚雄前陆盆地的油气特征

尹福光, 许效松, 万 方, 谭富文

(国土资源部成都地质矿产研究所, 四川成都 610081)

摘要: 楚雄盆地为一中生代前陆盆地, 盆地在演化过程中形成了“两凹一隆”的古地理格局。前渊盆地快速沉降过程中发育欠补偿生油凹陷, 在前陆隆起阻挡作用下降后盆地形成半局限环境生油凹陷。盆地中储集岩可分为三大类: 第一为前渊地带和隆后盆地中的浊积岩; 第二为前陆隆起两侧和隆后盆地边缘的河流、三角洲和滨-浅海陆源碎屑岩; 第三为前陆隆起向海一侧的前陆缓坡碳酸盐岩。前陆逆冲作用从拉丁期开始, 以前置式的方式向扬子克拉通推覆, 形成了断弯褶皱圈闭、断展褶皱圈闭、台阶状逆冲断层及岩性圈闭、基底折离圈闭、推覆带前缘传播消减带褶皱圈闭等多种圈闭类型。前陆逆冲带的侵位促进了油气的运移和保存, 是油气成熟和运移的热源和动力, 因而盆地逆冲带的演化对油气的聚集起到了巨大的促进作用, 因而楚雄盆地是一个油气勘探前景广阔的区域。

关键词: 油气特征; 前陆盆地; 盆地演化

第一作者简介: 尹福光, 男, 36 岁, 副研究员, 沉积、能源地质

中图分类号: TE121.1 文献标识码: A

1 概况

楚雄盆地位于云南省的中部, 为一中生代周缘前陆盆地, 现已列为中国南方油气勘探重点区^[1~3]。周边均受断裂带挟持: 东为普渡河断裂; 西北为程海断裂; 西南为哀牢山-红河断裂(图 1)。晚三叠世楚雄盆地埋藏后, 受后期的构造作用的影响, 在盆地的西侧被平川-三街推覆断裂分割成两部分: 西部推覆带和东部原型沉积盆地。盆地前陆阶段演化可分为三个阶段^[4~6]: 一为早期的聚敛碰撞阶段, 外来推覆体逆冲在早期拉张变薄的被动大陆边缘之上, 岩石圈向下挠曲沉降, 形成深前渊。大陆斜坡和大陆架上的冒地斜沉积部分遭破坏, 并被推挤叠合成冲断带, 向大陆方向推移。冲断带上的剥蚀产物被带向盆地, 并在盆地的前渊带形成以深水沉积为主的复理石沉积。前陆复理石阶段沉积只有西部推覆体上才有出露, 以卡尼期云南驿组的深水沉积和罗家大山组的浊积岩沉积为代表。次为中期碰撞应力松弛阶段, 在第一次碰撞之后的构造相对静止期, 岩石圈在持续应力作用下, 发生应力松弛, 同时由于物质调整作用, 使岩石圈继续下弯, 前隆继续抬升, 克拉通一侧形成内陆盆地, 这

时的前陆盆地仍以非补偿沉积为主, 以罗家大山组二段沉积为代表。前陆隆起露出水面, 形成卡尼期

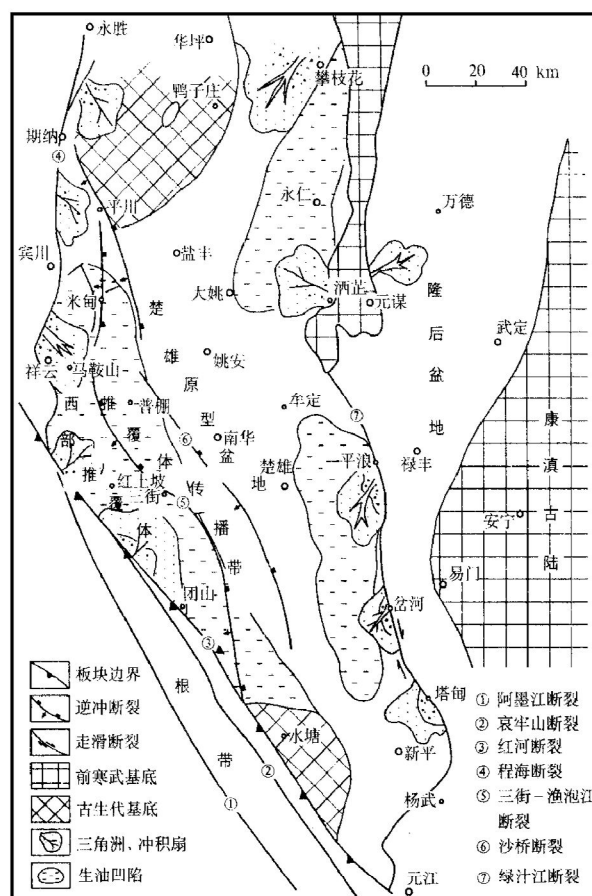


图 1 楚雄盆地边界及构造分区

Fig. 1 Boundary and tectonic zonation of Chuxiong Basin

云南驿组顶部的暴露不整合面。隆后盆地^[7]主要为诺利早期普家村组的半局限沉积夹浊积岩。最后为盆地最终充填阶段, 盆地经历了一段时间的构造相对静止期, 在新一次构造活动开始以后, 大量的沉积物被推向盆地方向, 形成一系列逆掩冲席的前缘, 来自掩冲席或造山带的大量剥蚀产物迅速堆积在盆内, 使盆地深度逐渐变浅, 最终形成陆相磨拉石河流和煤系地层。磨拉石阶段在盆地西部则为花果山组、白土田组沉积, 盆地东部为普家村组、干海子组、舍资组沉积。

2 充填序列与成藏条件

2.1 源岩特征

2.1.1 前陆前渊

前陆前渊沉积只有楚雄盆地西部推覆体才有出露, 上三叠统暗色泥岩厚度达 2 390 m, 其代表沉积为云南驿组和罗家大山组(图 2)。

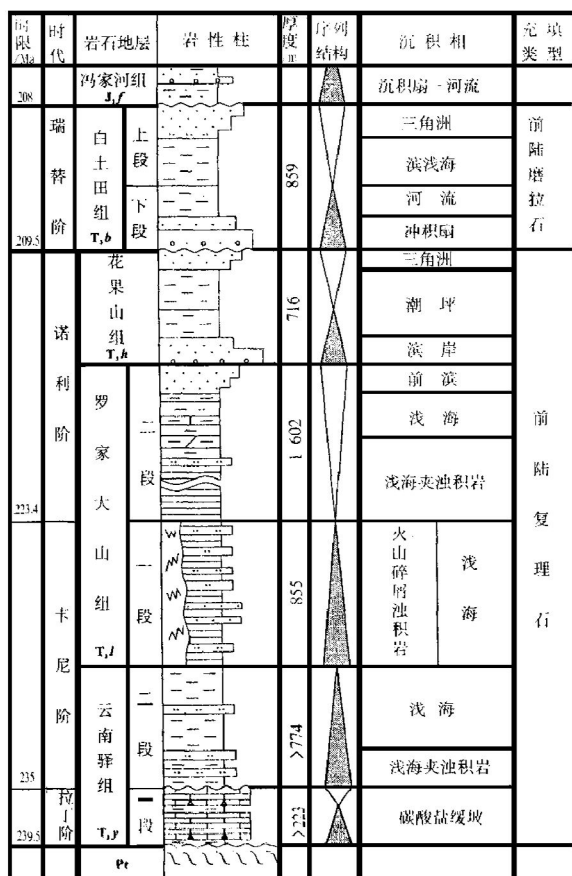


图 2 楚雄盆地充填格架图

Fig. 2 Sedimentary patterns of Chuxiong Basin

云南驿组(T_{3y})出露厚度大于 1 200 m, 其岩性分为两段: 下段为碳酸盐岩段, 发育纹层状泥晶灰岩和白云岩化藻纹层灰岩、砂屑灰岩, 后者夹于纹层状泥晶灰岩之中。上段为泥岩段, 以水平纹层状

的灰色泥岩、粉砂质泥岩为主, 夹细砂岩、薄层及透镜体泥晶灰岩。

罗家大山组(T_{3l})分布在祥云罗家大山至弥渡德直一带, 地层厚度约 2 456.9 m, 可以分为两段: 罗家大山组一段为火山岩、火山浊积岩和火山碎屑浊积岩; 罗家大山组二段以深灰、灰色泥灰岩, 灰色泥岩为主, 夹细-粉砂岩及中粒砂岩和砾岩楔形体。砂岩多为中-薄层状, 砾岩以火山砾石为主。

这套深水盆地和浅海陆架的半饥饿状态下的灰色、深灰色薄层状粉砂质泥岩、泥质粉砂岩、夹泥灰岩的有机质丰度高, 可达 0.86%~1.30%。同时, 有机质的类型好, 以腐泥型(I型)和腐殖腐泥型(II_A 型)为主, 是楚雄盆地的重要生油层段。

2.1.2 隆后盆地

隆后盆地中有两套生烃层, 一是在前隆阻挡作用下, 隆后盆地为半局限环境下沉积的一套黑色泥岩、炭质泥岩烃源岩。另一为前陆盆地由海相转为陆相的海陆交互过程中形成的一套含煤地层。这套生烃地层产于前陆隆起两侧和隆后盆地之中。它的代表沉积为普家村组、干海子组和舍资组。

普家村组(T_{3p})岩性为灰色粗-细粒长石石英砂岩, 下部黑色泥岩、炭质泥岩夹浊积岩和中-细砂岩, 底部有砂砾岩。干海子组(T_{3g})主要为三角洲相的中细粒砂岩、粉砂质泥岩。下部为细砾岩、砾质粗砂岩夹泥岩、粉砂岩和煤, 有半咸水双壳类化石组合。舍资组(T_{3s})下部为灰色细-中粒岩屑长石石英砂岩夹粉砂岩和泥岩, 上部为深灰色粉砂岩、泥岩。

其暗色泥页岩、泥质粉砂岩厚度也较大, 一般厚 629~812 m, 以浅海、前三三角洲、海湾泻湖和三角洲平原泥质岩为主, 偶夹煤岩。有机质丰度高, 有机碳含量平均为 3.2%, 有机质类型以腐殖型(III型)为主, 具有较强的生烃能力。

2.2 储集能力

前陆盆地中储集岩表现为三大类: 第一大类为前渊地带和内陆断陷盆地中的浊积岩。前渊地带罗家大山组的浊积岩、内陆断陷盆地中普家村组的浊积岩, 都有较好的储集能力。岩性多为细粒岩屑砂岩, 夹较多粉砂岩, 储集物性以中-低孔、低渗为主。如祥云剖面上三叠统储集层厚 679.51 m, 占地层总厚度的 33.31%。第二大类为前陆隆起两侧和隆后盆地边缘的河流、三角洲和滨-浅海陆源碎屑岩, 以干海子组和舍资组为代表。储集砂体以

中-细粒、中-粗粒长石砂岩和岩屑砂岩为主。单层厚度以洒芷剖面最厚,达600~800 m。砂体的空间延展长度有4 000~2 000 m。砂体的储集物性东部较西部的好,中孔、中渗储层(孔隙度 $> 15\%$,渗透率 $> 15 \times 10^{-3} \mu\text{m}$)明显增多。第三大类为前陆隆起向海一侧的前陆缓坡碳酸盐岩。祥云至南华一线的碳酸盐小台地相储集岩,云南驿组一段的灰岩易破碎,往往形成破碎角砾岩。灰岩本身由颗粒灰岩和藻灰岩组成,加上破碎,构成了良好的储集层。

2.3 油气圈闭

楚雄盆地圈闭现已发现近70个,主要类型有地层岩性圈闭、构造圈闭。

2.3.1 构造圈闭

逆冲作用从拉丁期开始,以前置式的方式向扬子克拉通推覆^[8~9],形成了断弯褶皱圈闭、断展褶皱圈闭、台阶状逆冲断层及岩性圈闭、基底折离圈闭、推覆带前缘传播消减带褶皱圈闭等多种圈闭类型。因而盆地逆冲带的演化对油气的聚集起到了巨大的促进作用^[10~12]。

2.3.1.1 断弯、断展褶皱

逆掩断层断弯圈闭以礼社江西舍路构造和祥云米甸构造最为特征(图3)。西舍路圈闭的逆掩

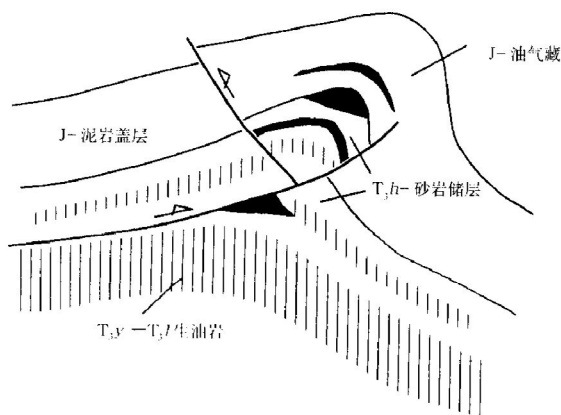


图3 西舍露台阶状断弯褶皱圈闭

Fig. 3 Trap of step fault-bended fold in Xishelu

断层下盘为云南驿组二段的细碎屑岩,云南驿组一段的灰岩逆冲其上,与上覆的云南驿组二段、罗家大山组一段共同弯曲褶皱,形成不对称的背斜,前缘陡,近于直立,后缘缓,在 $30^\circ \sim 40^\circ$ 之间。与此同时,由于灰岩较脆,因而易破碎,往往形成破碎角砾岩。灰岩本身由颗粒灰岩和藻灰岩组成,加上破碎,构成了良好的储集层。且云南驿组二段和罗家大山组一段为薄层状细碎屑岩,其塑变性较高,与灰岩间易形成虚脱,发育储集空间。

逆掩断层断展褶皱圈闭以平川隐伏构造为代表。从物探资料反映出平川地区有一未出露的向西倾斜的逆冲断裂,断裂上盘的白土田组沿上二叠统玄武岩滑移,且形成断展褶皱。在逆冲过程中同时而来的古生界碳酸盐岩和破碎的玄武岩形成储集空间,而在断展褶皱鞍部产生虚脱留下储集空间(图4),构成了断展褶皱圈闭。

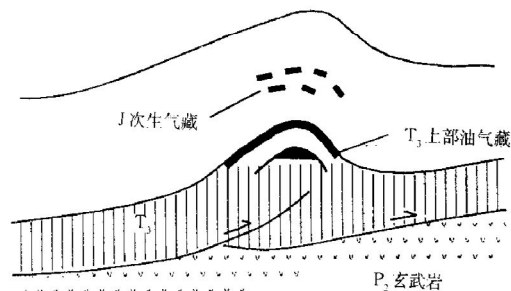


图4 平川断裂断展褶皱圈闭

Fig. 4 Trap of fault-propagated fold in Pingchuan fault

2.3.1.2 台阶状逆冲断层

在逆冲带中往往形成叠瓦扇,在断阶向断坪发展过程中,断层产状由陡变缓,这种低角度的平缓断层的封盖作用下,在断层下盘有云南驿组一段灰岩、花果山组中-细粒碎屑岩与云南驿组二段、罗家大山组细碎屑岩构成了自生自储的组合(图5)。另有云南驿组二段、罗家大山组泥质岩逆冲在花果山组之上,这套泥质岩起到了封盖作用,构成了较好的断层-岩性圈闭。

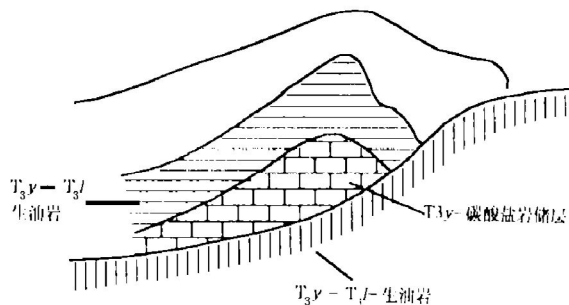


图5 小青坡逆冲断层和岩性圈闭

Fig. 5 Thrust fault and lithologic trap in Xiaoqingpo area

2.3.1.3 前缘传播消减带

小中村构造位于三街推覆体前缘的形变消减带,是在区域性向北东倾斜的单斜翼背景下的一个背斜褶皱,这是在推覆构造前缘一个逆掩距离不大的滑脱层控制之下的一套冲断褶皱系统。褶皱的基本样式是断层褶皱,受主逆掩断层以上的次级冲断断层控制。轴部出露下侏罗统冯家河组上部,翼部为中侏罗统张河组。三叠系、侏罗系均卷入圈闭内。正如前所述三叠系本身可以构成自生自储组

合, 而由于岩性的塑性在褶皱形成过程中其鞍部易产生虚脱, 进一步增大了储集空间, 因而构成一种古生新储的圈闭类型(图6)。

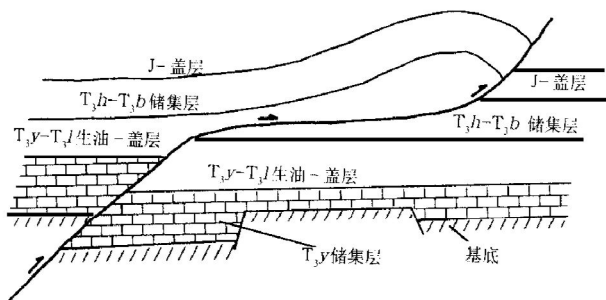


图6 小中村推覆体前缘消减带褶皱圈闭

Fig. 6 Fold trap of subducted belt in nappe front from Xiaozhongcun area

2.3.2 岩性圈闭

盆地内岩性圈闭主要有两大类: 古潜山的地层圈闭和浊积岩性圈闭^[13~14]。

围绕着古潜山的地层、岩性圈闭系统是楚雄盆地形成最早的圈闭类型。盆地内最大的古潜山应为盆地演化过程中在华坪至南华近南北向的诺利期形成的前隆。其西侧为前渊凹陷, 东侧为隆后盆地, 两侧的沉积体不断向上超覆, 构成了典型的古潜山区和岩性圈闭。在前渊地区, 从诺利早期的普家村开始直到瑞替期舍资组的沉积向东超覆, 其底部为一套煤系地层, 很快变化为潮坪相、浅海相夹细粒浊积岩沉积。在隆后盆地, 上三叠统以河口湾相的粉砂质泥岩和泥质粉砂岩强制性超覆在震旦系灯影组之上。灯影组为藻白云岩, 长期暴露于地表, 发育有巨厚的淡水淋滤带和古喀斯特, 为较好的储集层。这一特征类似于塔北油田的奥陶系碳酸盐岩储层。上三叠统这套细碎屑岩含有丰富的有机质, 在攀枝花的桥头涧地区, 这套地层厚在两千米左右。上三叠统与灯影组之间构成良好的新生古储的岩性圈闭。

盆地内另一类岩性圈闭为浊积砂体。浊积砂体在前渊和隆后盆地都有分布, 在祥云米甸的浊积砂岩出露的厚度就有近千米, 储集性能良好。

这几种类型中, 与古潜山相关的地层、岩性圈闭, 构造圈闭中的复背斜、盖层滑脱褶皱, 以及推覆构造的断弯褶皱带具有形成时间较早, 和烃类的成熟时间及岩石的孔隙演化状态有较好配合, 圈闭形成的早期形态完整等特点, 十分有利于油气成藏。

2.4 晚期的磨拉石沉积

盆内磨拉石阶段沉积了厚达 4 000 m 以上的

侏罗系红层, 不仅使早期的生油层和储集层得以快速埋藏、成熟和保存, 同时也提供了良好的形成地层圈闭的沉积环境^[15~16]。特别是前渊盆地内侧克拉通斜坡上的沉积环境, 除少数基底隆起的影响之外, 大部分为平缓倾斜的盆地斜坡, 随海平面升降变化和岩相、岩性变化, 易形成地层闭合圈闭。

2.5 推覆体的构造侵位

前陆盆地的造山带一侧具典型的挤压冲断褶皱构造风格^[17~21], 基本模式是从后陆基底卷入的厚皮冲断型, 向克拉通方向转变为发生在沉积层中的薄皮滑脱冲断型, 最前缘形成三角变形带。实际上, 因 A 型俯冲的演化, 特别是形成过程中因后陆方向拼合载荷和碰撞时序的影响, 并受原始克拉通边界条件和拼合方式的制约形成了多阶段前置式变化。逆冲楔形体向盆内侵位, 造山带与前渊之间的逆掩断层带逐步向克拉通方向扩展, 后面的前渊沉积又将被卷入到逆掩断层内, 然后, 在新的逆掩断层带前缘又形成一个沉积中心, 即新的前渊, 整个沉积体系以及前陆斜坡和前隆构造均向克拉通方向偏移。逆冲楔冲断在前渊内的烃源岩之上, 一是使其早期的生油层和储集层得以快速埋藏; 二是随着埋深的增加, 地温升高加快了有机质的成熟; 另外, 推覆活动还为油气运移提供了动力。逆冲楔的负载使地壳挠曲, 克拉通边缘的斜度进一步增大, 使早期的沉积岩层倾斜, 为油气沿层面和砂体运移创造了条件。

正如前所述, 逆冲推覆体向盆内侵位时在推覆体中形成多种类型的油气圈闭。推覆体对盆地的挤压力向盆内传播, 还造成盖层滑脱和基底滑脱, 形成相应的背向斜, 促进了构造圈闭的形成。

3 结论

(1) 楚雄前陆盆地为一中生代前陆盆地, 在盆地演化过程中, 形成两个沉降、沉积中心, 构成了“两凹一隆”的古地理格局, 出现了前渊盆地生油凹陷和隆后盆地生油凹陷。

(2) 复理石沉积阶段, 在前渊地带和内陆断陷盆地中充填的厚度较大的浊积岩砂体, 与周围的泥岩构成了自生自储的生储盖组合。前陆隆起向海一侧前陆缓坡上的碳酸盐岩和晚期在前陆隆起两侧和隆后盆边缘的河流、三角洲和滨-浅海碎屑岩是良好的储集体。

(3) 逆冲作用以前置式向扬子克拉通推覆, 形

成了断弯褶皱圈闭、断展褶皱圈闭、台阶状逆冲断层及岩性圈闭、基底折离圈闭、推覆带前缘传播消减带褶皱圈闭等多种圈闭类型。另外,逆冲推覆体在向盆内侵位的同时,在推覆体中还形成了多种类型的油气圈闭。

总之,楚雄盆地具有良好油气勘探前景。

参 考 文 献

- 1 云南省地质矿产局. 云南省区域地质志[M]. 北京:地质出版社, 1990
- 2 许效松, 刘宝珏, 徐强, 等. 中国西部大型盆地及地球动力学[M]. 北京:地质出版社, 1997
- 3 蒲心纯, 尹福光, 朱同心. 楚雄盆地的充填系列与造山作用[J]. 岩相古地理, 1996, 16(3): 47~ 57
- 4 尹福光, 蒲心纯, 朱同心. 楚雄复式盆地演化及形成的动力学机制[J]. 岩相古地理, 1997, 17(3): 22~ 35
- 5 Quilan G M, Beaumont C. Appalachian thrusting, lithospheric flexure, and the paleozoic stratigraphy of the eastern interior of north American [J]. Can J Earth Sci, 1984, 21: 973~ 996
- 6 Vail P R. Seismic stratigraphy interpretation using sequence stratigraphy. Part 1: Seismic stratigraphy interpretation procedure [A]. In: Bally A W ed. Atlas of seismic stratigraphy (I) [C]. AAPG Studies in Geology, 1987, 27: 1~ 10
- 7 朱同兴, 黄志英, 尹福光. 盆山转换与沉积地质记录[J]. 岩相古地理, 1999, 19(3): 1~ 15
- 8 许效松, 刘宝珏, 赵玉光. 上扬子台地西缘二叠系-三叠系层序地层界面成因分析与盆山转换[A]. 见: 地质矿产部成都地质矿产研究所, 中国地质科学院特提斯地质中心. 特提斯地质(第20号)[C]. 北京:地质出版社, 1996. 1~ 30
- 9 许效松, 徐强. 盆山转换和当代盆地分析中的新问题[J]. 岩相古地理, 1996, 16(2): 23~ 33
- 10 肖庆辉, 李小波, 贾跃明, 等. 当前造山带研究中值得重视的若干前沿问题[J]. 地学前缘, 1995, 2(1~ 2): 43~ 50
- 11 Ufimtsev G F. The third face of tectonics-tectonic analysis of relief [J]. 地学前缘, 1995, 2(1~ 2): 13~ 17
- 12 Bhatia M R, Crook K A W. Trace element characteristics of greywacke-sand tectonic setting discrimination of sedimentary basin [J]. Contributions to Mineralogy and Petrology, 1986, 92: 181~ 193
- 13 Allen P A, Allen J R. Basin analysis principles and applications [M]. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1990
- 14 Decelles P G, Currie B S. Long-term sediments accumulation in the Middle Jurassic-early Eocene Cordilleran retroarc foreland basin system [J]. Geology, 1996, 24(7): 591~ 594
- 15 朱同兴, 尹福光, 蒲心纯, 等. 楚雄盆地侏罗统磨拉石楔沉积与含油性研究[J]. 岩相古地理, 1997, 17(2): 11~ 22
- 16 Flemings P B, Jordan T E. Syrtigraphic modeling of foreland basin: interpreting thrust deformation and lithospheric rheology [J]. Geology, 1990, 18: 403~ 434
- 17 Jordan T E. Thrust loads and foreland basin evolution, cretaceous, western United States [J]. Bull Am Ass Petrol Geol, 1981, 65: 2 506~ 2 520
- 18 Lyorr-Caen H, Molnar P. Gravity anomalies, flexure of the Indian plate, and the structure, support and evolution of the Himalaya and Ganga basin [J]. Tectonics, 1985, 4: 513~ 538
- 19 Munoz J A, Casas-sainz A M. The Riojan Trough (N Spain): tectosedimentary evolution of a symmetric foreland basin [J]. Basin Research, 1997, 9: 65~ 85
- 20 Decelles P G, Giles K A. Foreland basin system [J]. Basin Research, 1996, 8: 105~ 123
- 21 Folio M F. Conglomerates as clues to the sedimentary and tectonic evolution of suspect terrane: Wallowa Mountains Oregon [J]. Geol Soc Am Bull, 1992, 104(12): 1 571~ 1 576

HYDROCARBON FEATURES OF FORELAND BASIN IN CHUXIONG

Yin Fuguang Xu Xiaosong Wan Fang Tan Fuwen

(Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu, Sichuan)

Abstract: Chuxiong Basin is a Mesozoic basin located in central Yunnan. The basin developed into two sag-one uplift palaeogeographic pattern. A uncompensated oil generation sag formed when foredeep basin rapidly subsided, and back-bulge basin developed into a semi-restricted oil generation sag under the blockage of foreland uplift. The reservoir rocks in the basin could be divided into three types: 1. turbidite in the foredeep belt and the back-bulge basin; 2. continental clastic rocks of fluvial, deltaic, littoral-shallow sea facies on two sides of the foreland uplift and the margin of the bulge basin; 3. carbonate ramp on the foreland uplift facing the sea. Foreland thrusting towards Yangtze craton started in Late Permian stage, thus resulting in fault-bended fold trap, fault-propagated fold trap, step thrust-lithologic trap, basal-detachment trap, the subducted belt fold trap in nappe front. The emplacement of foreland thrust belt improved hydrocarbon migration and preservation, it acted as the heat source and dynamic force of hydrocarbon maturation and migration. Hydrocarbon exploration in Chuxiong Basin will show broad prospects.

Key Words: hydrocarbon feature; foreland basin; basin evolution