

文章编号: 1001-6112(1999)02-0119-09

# 川西及邻区蓬莱镇组沉积层序特征及 有利储集相带预测

何 鲤<sup>1</sup> 柳梅青<sup>1</sup> 何治国<sup>1</sup> 周志军<sup>1</sup> 张淑彬<sup>2</sup>

(1. 中国新星石油公司西南石油局研究院, 四川成都 610081;

2. 中国新星石油公司西南石油局第二地质大队, 四川成都 610081)

摘要: 川西及邻区蓬莱镇组厚 950~1600 余米, 属侏罗纪湖盆萎缩期的沉积。据层序界面及最大水进面联合标定, 划分出<sub>3</sub>和<sub>4</sub>两套沉积层序。通过沉积基准面旋回分析, 论述了蓬莱镇组沉积相类型及时空展布特征, 预测了有利相带, 并对有利油气富集区块进行了划分。

关键词: 层序; 有利相带; 油气富集区块; 川西及邻区; 蓬莱镇组

中图分类号: P618.13

文献标识码: A

四川盆地侏罗系厚达 1700~5000 余米, 根据地震、钻井和露头层序地层研究, 通过不整合及其可比的整合界面和最大水进面的等时对比, 在侏罗系中层中划分出 3 套构造层序(分别编号为<sub>1</sub>、<sub>2</sub>、<sub>3</sub>), 在每个构造层序内又以具水进扩张意义的湖相泥岩层为标志, 进一步划分出相当于“3 级”层序的 8 套沉积层序(分别编号为<sub>1</sub>、<sub>2</sub>、<sub>1</sub>、<sub>2</sub>、<sub>1</sub>、<sub>2</sub>、<sub>3</sub>、<sub>4</sub>)(见图 1)。本文就<sub>3</sub>、<sub>4</sub>层序蓬莱镇组(莲花口组)地层格架、沉积环境及有利相带预测作一论述。

## 1 <sub>3</sub> 和 <sub>4</sub> 沉积层序(蓬莱镇组)层序地层格架及地层对比

### 1.1 层序划分

<sub>3</sub>、<sub>4</sub> 两沉积层序的底、顶界各为 T<sub>1</sub> 反射界面和 T<sub>0</sub> 反射界面, 相当蓬莱镇组。在川西深拗陷的广汉、什邡一带, 以地震反射的下超终止为标志, 可识别出 T<sub>1</sub><sup>1</sup>。T<sub>1</sub><sup>1</sup>~T<sub>1</sub><sup>1</sup> 为<sub>3</sub> 沉积层序, T<sub>1</sub><sup>1</sup>~T<sub>0</sub> 为<sub>4</sub> 沉积层序。

蓬莱镇组地层地表分布广泛, 但因受地表剥蚀

作用较强, 大多残存不全。据钻井揭示, 平昌元沱、龙岗一带蓬莱镇组剥蚀残厚 450~670m。向西由盐亭至绵阳的丰谷梓潼县魏城镇厚 1100m 左右, 至川西拗陷中段一般厚 1300m 左右。由川西拗陷各向东北与南西两侧渐次减薄至 800~900m。再向西至龙门山前缘的江油、安县、彭县、灌县到大邑一带, 厚达 1300~1600m, 尤以彭县关口最厚达 1638m。

据地表露头观察, 龙门山前缘与蓬莱镇相当层位为莲花口组, 以夹多层冲积扇砾岩为特征。莲花口砾岩系充填遂宁期湖盆过程中于山前发育的一系列冲积扇组成的扇裙沉积, 扇体中心分别位于广元金子山(400~500m)、安县太平山(200~500m)、彭县关口(115m)和过街楼(200m)、芦山大川(240m)一带。这些砾岩层向上变细, 渐夹细粉砂岩和紫红色泥岩。其侧向变化大, 砾石层分叉、合并较为频繁。从砾石成份分析, 安县以北以灰岩砾为主, 以南以石英岩和砂岩砾为主。由西而东莲花口相区的砾岩层逐渐过渡到蓬莱镇相区的多韵律砂岩层, 过龙泉山泥岩夹层增多。至荣县度佳, 几乎全为紫红色泥岩夹粉砂岩, 岩性组合与<sub>2</sub> 沉积层序的遂宁组十分接近。展示冲积扇、辫状河三角洲到湖相的沉积格局。经合

收稿日期: 1998-07-31

第一作者简介: 何鲤(1939-), 男(汉族), 四川长寿县人, 高级工程师, 主要从事层序地层、沉积环境研究

基金项目: 本文为西南石油局重点项目(J048-9611)研究部分内容

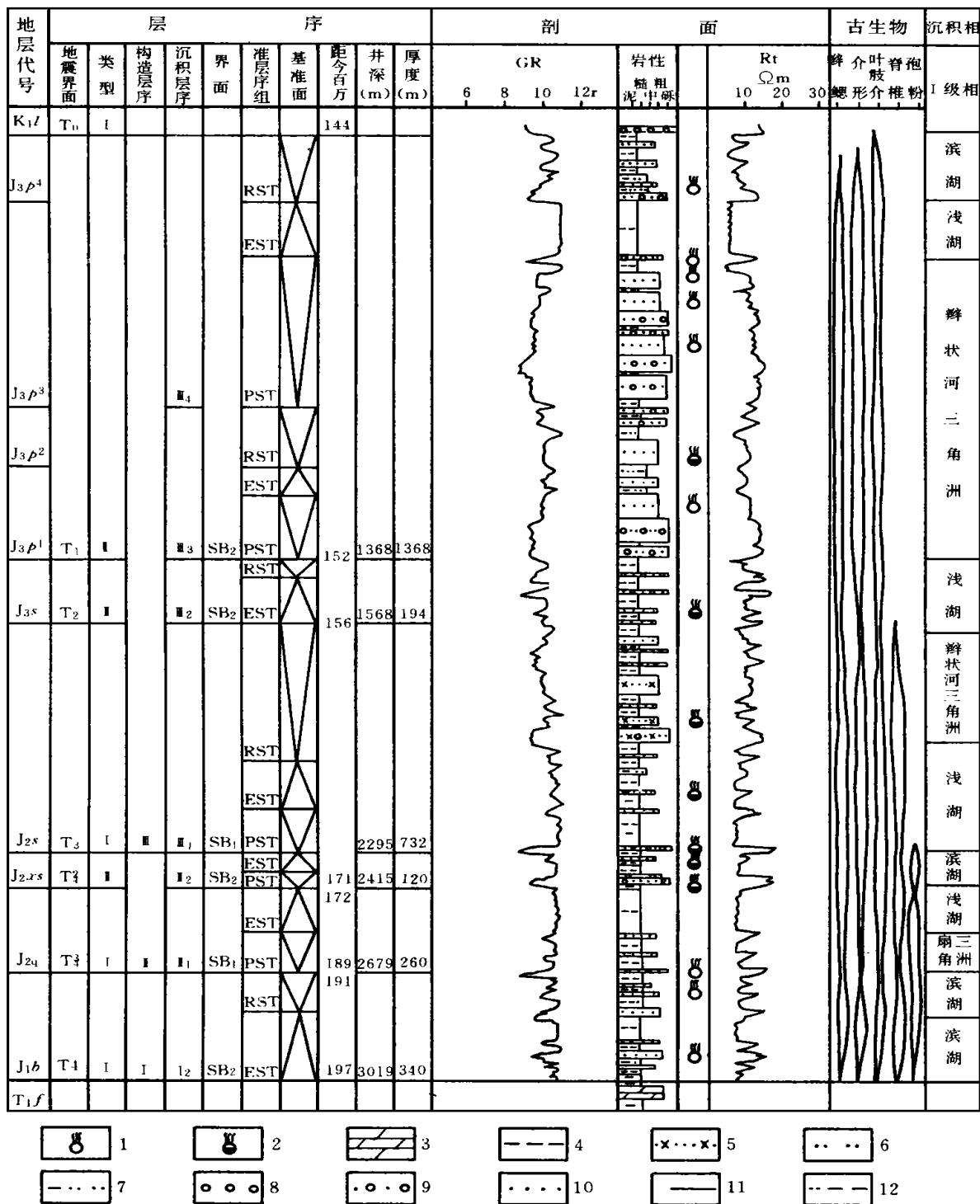


图 1 四川盆地(西部) 侏罗系层序地层综合柱状剖面图

1. 工业气层; 2. 工业油层; 3. 白云岩; 4. 泥岩; 5. 石英砂岩; 6. 粉砂岩;
7. 泥质粉砂岩; 8. 砾岩; 9. 砂砾岩; 10. 砂岩; 11. 炭质页岩; 12. 粉砂质泥岩

Fig. 1 Composite columnar section of the Jurassic sequence strata in the (western) Sichuan Basin

成地震记录标定, 莲花口组与蓬莱镇组的底界一致, 均为标准反射层  $T_1$ 。

蓬莱镇组为一套厚层块状砂岩与紫红色泥岩组成的多个韵律互层组合, 在中下和中上部夹 2~3 层黄绿色至灰黑色泥页岩及泥灰岩。自下而上, 依次称为“仓山页岩”、“李都市灰岩”、“景福院页岩”; 据川 × 416 井揭示, 这些暗色泥页岩在坳陷中有增多增厚的趋势。在蓬莱镇相区用具最大湖泛面意义的仓山页岩和景福院页岩标定, 可识别出两个水进扩张层序, 因而蓬莱镇组可划分出两套沉积层序, 即  $3_3$ 、 $4_4$  沉积层序。 $3_3$  沉积层序由蓬莱镇砂岩、仓山页岩至太和镇砂岩以下地层组成。一般厚 900~1100m, 呈西厚东薄特征相当区域地质调查确定的蓬下段; $4_4$  沉积层序由太和镇砂岩、景福院页岩至下白垩统苍溪组以下地层组成。一般厚 500~700m, 仍是西厚东薄, 相当区域地质调查确定的蓬上段。

## 1.2 地层对比

本文强调太和镇砂岩底的层序界面, 把太和镇砂岩至景福院页岩之间地层划为蓬三段( $J_{3p}^3$ ), 蓬莱镇砂岩至仓山页岩划为蓬一段( $J_{3p}^1$ ), 仓山页岩至太和镇砂岩底为蓬二段( $J_{3p}^2$ ), 景福院页岩以上至下白垩统底划为蓬四段( $J_{3p}^4$ )。

(1) 蓬一段( $J_{3p}^1$ )厚 250~300m, 下部由厚层块状砂岩、泥岩组成 2~3 由粗至细的正韵律。底砂岩俗称蓬莱镇砂岩。上部也由砂至泥的正韵律构成, 中部以棕红色泥岩为主夹紫灰色、灰色薄层粉砂岩偶夹厚层块状长石砂岩, 砂岩底对下伏层有冲刷沟蚀作用, 顶为仓山页岩。沿安县至铜梁的安-S-26、玉-S-22 线至中-S-X 线对比, 厚度从东部的 186m( $\times 1$ 井)向西至安县太平山 196.3m, 两者大体等厚。底砂岩在蓬莱镇厚 9.17m,  $\times 1$ 井、川 × 102 井、川 × 100 井均相变为粉砂岩, 测井曲线亦为尖齿或钟状指形。至玉泉川 33 井粒度变粗为岩屑石英砂岩, 再向西砾岩夹层增多增厚。从 NE-SW 方向砾岩夹层与砂岩的相变带大致在中坝、玉泉、孝泉、鸭子河、庆兴场一线附近。底砂岩在南充花园一带厚 30m 左右, 为细粒块状长石砂岩并夹钙质砾岩透镜体。至简阳玉成桥厚 5m, 至龙泉驿茶店子相变为粉砂质泥岩与下伏遂宁组紫色泥岩整合接触。本段包括初次充填准层序组(PST)及水进扩张准层序组(EST)。两者结构转换面在复合型曲线与侧积(加积)型曲线的转折处。水进扩张层序组在大范围内均为长井段的平直曲线低值段。顶即为他山页岩。他山页岩命名于中

江县仓山镇, 为厚 4m 的灰绿、黄绿色页岩夹薄层粉砂岩及泥灰岩。往南西分布于乐至董家坝、资阳杨家街、简阳江源场、龙泉驿茶店子(厚 0.5m)至仁寿朱家场等地, 厚 1.2~7m。在禄家为杂色钙质泥页岩夹粉晶灰岩, 厚 7.35m, 产鱼鳞、叶肢介、介形类化石。往北东至蓬溪象山、射洪白流寺一带厚 0.5~1m, 涪江以东厚度迅速减薄, 直至尖灭, 往西则深埋地腹。由于仓山页岩段取心不多, 在长井段的低值测井曲线中, 靠岩屑录井是很难准确标定的, 故把平直曲线顶部的中、高伽马曲线段定为仓山页岩, 代表了一次最大的湖侵, 故视为水进扩张层序中最大湖泛面所在。

(2) 蓬二段( $J_{3p}^2$ ), 厚 300~500m, 东薄( $\times 1$ 井 320m)西厚(川 × 33 井 499m)。主要以紫红色泥岩为主夹粉细砂岩, 砂泥岩构成多个韵律互层。从测井曲线分析, 低值平直段多偏于该段中部, 其上、下两段均由多个漏斗型、复合型、钟型曲线构成, 展示夹多层砂岩的曲线特征。井间对比发现, 蓬二段底砂岩从复合型、钟型曲线渐变到加积型的平直曲线, 标志沉积能量从大至小的变化。上段砂岩则从漏斗型到多个钟型的曲线变化, 联结钟型曲线的外包络线, 构成内倾的一条斜线, 展示沉积能量逐渐增强的反旋回特征。这段反旋回曲线由东(川 × 102 井、 $\times 1$ 井)至西(川 × 100 井、白参井)逐渐变得平直, 表征砂层渐少、泥质夹层增多。

(3) 蓬三段( $J_{3p}^3$ ), 厚 150~300m, 呈现东薄(川 × 102 井 158m)西厚( $\times 36$ 井 265m)的楔形特征, 主要岩性为厚层块状长石砂岩夹紫红色泥岩、粉砂岩和灰黑、灰绿色页岩及砂屑灰岩、泥灰岩。该段夹 3 层区域性标志层即“太和镇砂岩”、“李都市灰岩”、“景福院页岩”。3 层地区性标志层即梨树湾页岩、白公埝砂岩、何塘灰岩。

太和镇砂岩命名于射洪县太和镇, 上距景福院页岩 300m 左右, 为一套 30~50m 的厚层块状砂岩, 砂岩下部发育平行层理及交错层理、底有滞留灰质砾岩透镜体。 $\times 1$ 井(射洪县金华镇)揭示该层砂岩厚达 40 余米, 至三台川 × 102 井迅速减薄至 20m 左右, 至合兴场相变为粉砂岩仅厚 5m 左右。再向西至玉泉、孝泉、绵竹一带, 这套砂岩的岩屑含量增加并夹砾石层。反映沉积能量变化的钟型曲线, 其底部突变段更为清晰。

景福院页岩命名于三台县景福镇, 为厚 2.7m 的黄绿色页岩夹粉砂岩、泥灰岩。经川 × 97 井标定,

景福院页岩具高伽马和中、低电阻的测井响应,异常清楚。在 20m 井段内,近景福院页岩的井段气测显示为由下而上全烃增加的漏半形。往北东至仪陇(川×51 井)高伽马、低电阻的景福院页岩厚 5m、东至蓬溪厚 2.67m、西至新场地区,景福院页岩特征不突出,其可比段为一薄层低阻、高时差(×15 井 682.5~684.5m),如用高伽马、低电阻特征对比,应在 578.5~583m 之间,上距下白垩统苍溪组底(Kc<sup>1</sup>) (顶 578.5m~底 397.5m) 181m。南西至什邡马井川×601 井为 5m 紫灰、绿灰、棕色泥岩夹粉砂岩。至川×416 井在 1093~1101m 的自然伽马高值段(7150API),系岩石内部含高放射性物质引起而非泥质反映。但在 1102~1112.5m 厚 10.5m 为棕色、灰黑色泥岩、粉砂质泥岩互层。泥岩质较纯、普遍含钙、含粉砂等见少量介型类,可视为景福院页岩。在其上的 1182~1188m 在棕、灰黑色粉砂质泥岩、钙质泥(页)岩夹 1m 灰色灰岩,相当于李都市灰岩。景福院页岩与李都市灰岩相距 70m,与区域厚度一致。×1 井的景福院页岩在 8m 厚棕色泥岩中夹 1.5m 的黄绿色页岩。再向西至鸭子河、隆丰一带,景福院页岩不易识别。往东至洛带与景福院页岩相当的高伽马、低电阻曲线,多呈上、下两层尖齿出现,两伽马尖,相距 75~80m,其中“上伽马尖”与景福院页岩相当。露头区研究,景福院页岩在三台、射洪一带厚 2~5m,过涪江乐家场尖灭。中江-简阳带厚 7~10m,龙泉驿茶店子为黄绿色水云母粘土岩、页岩夹薄层状灰岩,产叶肢介、介形类化石,厚 4.24m。至仁寿禄家为杂色钙质泥页岩夹 5~6cm 的生物碎屑灰岩,因其湖相特征明显,故划为 4 沉积层序水进扩张层序组的最大湖泛面。

李都市灰岩命名于中江县李都市,是以灰绿、杂色页岩为主,上部夹灰岩组合,普遍有数十厘米厚的灰色纯灰岩。测井曲线显示常在高伽马、低电阻的景福院页岩之下约 30~50m 井段,发现一高电阻泥页岩夹灰岩。在玉泉、孝泉一带以西侧变为杂色泥岩夹钙质团块,川西坳陷中段的广汉、新都一带(川×416 井、×1 井)两者相距 70~80m,可作为辅助标志层。露头区的李都市灰岩见于龙泉山东坡、中江合兴场、桂花场,金堂易家沟、老虎口、红花塘,简阳青龙场,龙泉驿白公埝等地,为灰白色薄层状灰岩夹黄绿色、灰绿色页岩,厚 0.5~2m,以中江县合兴场一带最厚,约 3.5m。

梨树湾页岩系我局二大队 1994 年在成都龙泉

驿白公埝公园内的梨树湾命名的地区性标志层,主要为一套灰-深灰色页岩,风化后为浅黄绿色,质纯无夹层。出露于龙泉-金堂一带,茶店子-淮口以东不发育。在茶店子见 0.5m 黄绿色梨树湾页岩被上覆砂岩冲刷。向西至新都、广汉、什邡一带,经川×416 井揭示梨树湾页岩在 4 层厚砂岩(1263~1344.5m 井段)之下,为厚 12m 的棕褐-灰黑色泥岩夹粉砂质泥岩与褐灰色粉砂岩组合(1360~1362m 井段),其伽马曲线呈梳状,曲线的 3 个尖齿较为明显,此特征至新场构造的新蓬 15 井 905~917m 井段,亦见类似的曲线特征,经录井证实为棕紫色泥岩,其可能系梨树湾页岩的相变。川×601 井于 1480~1482m 井段,发现 2m 灰绿色页岩,可相当梨树湾页岩。二大队建议以梨树湾页岩顶至景福院页岩顶之间划出蓬三段。本文以梨树湾页岩及其可比段划作 4 层序水进扩张层序组的初始湖泛面(TS)。

白公埝砂岩也是二大队于 1994 年在成都龙泉驿白公埝命名的地区性标志层,为两套大砂岩夹一层泥岩。岩性为浅灰色粉至细粒砂岩,块状构造,沿走向和倾向可见含细粒粉砂或细砾岩透镜体,透镜体厚 0.5m 以下,长 3m 以下,砾石成份多为泥晶灰岩。这套砂岩分布于中江至龙泉驿一线以西、中江至三台一线太和镇砂岩发育区而白公埝砂岩则不发育。两者有互为消长的关系。白公埝砂岩在德阳新场、孝泉、广汉、什邡、新都及洛带都有分布。据×416 井揭示,为 4 层砂体的叠合,测井曲线上下 3 层均为复合型,最上一层为桶型或钟型,展示一套水进辫状河三角洲组合特征。由此各向北东和南西,砂层增多变薄,且粒径变细为粉砂岩、泥岩互层增加,在新场构造亦可见这套砂岩,但砂层变薄层数增多。至洛带×5 井砂层增多、增厚,从测井曲线分析,由下而上多达 6 个叠置的钟型、桶型曲线(540~734m 井段)。沿龙泉驿至石经寺公路观察,白公埝砂岩发育有 5 层 5~20m 厚的块状砂岩,其中,下 3 层的透镜体,以第四层厚度大、延伸远。在第四与第五层间夹黄绿色的梨树湾页岩。

何塘灰岩命名于简阳石桥板凳岩之北埡口,沿龙泉山东侧胡宏溪、同福场、毛家湾止于仁寿梁家庙一带分布,距景福院页岩 160~200m,发育 1~3m 以页岩为主夹灰岩的标志层,由东向西泥灰岩夹层增多、变纯,产鱼类 *Conoidet* sp.、鳞片、鳃盖骨等。过龙泉山、洛带、新都、广汉、什邡在井下多数款见此标志层,亦可能与梨树湾页岩呈同时异相产出,尚待

今后证实。

(4) 蓬四段( $J_{3p}^4$ ) 顶以下白垩统苍溪组底为界(地震反射波  $T_0$ ), 底以景福院页岩顶为界。西厚(  $\times 36$  井厚 300m)、东薄(川  $\times 102$  井厚 132m)。主要为紫灰- 浅灰色厚层块状砂岩与棕红色泥岩组成不等厚互层, 其中砂岩层多偏于下部及顶部产出。由西而东, 粒径渐细, 砂、砾岩夹层渐少。砂/地比值由  $\times 36$  井 39.6% 向东递减为 33.3%, 泥岩颜色由灰色占 62% 至川  $\times 102$  井紫红色占 98% 以上。该段位于最大湖泛面景福院页岩之上, 故划为再次充填准层序组(RST)。

苍溪组底界易于识别, 多以杂色厚层块状砾岩、砂质砾岩、含砾砂岩与蓬四段超覆不整合接触。反映这种接触关系的测井曲线多是底界突变的钟型与箱型。由于各地超覆时限不同, 苍溪组至景福院页岩之

间的蓬四段残留厚度也大相径庭, 如沿米仓山前缘带的阆中石龙场(川  $\times 59$  井厚 225.5m) 及龙门山前缘拗陷带的剑阁白龙场(  $\times 1$  井厚 214m)、德阳合兴场(川  $\times 100$  井厚 222m)、什邡马井镇(川  $\times 601$  井厚 217.5m)、彭县庆兴场(  $\times 1$  井厚 296m) 一带, 最厚在 200 ~ 300m 之间, 由此带向北东和南西逐渐变薄, 至三台苏和场(川  $\times 102$  井厚 132m)、 $\times$  石泉场(川  $\times 182$  井 209.5m)、龙泉驿洛带(  $\times 5$  井厚 87.5m) 减薄至 100 ~ 200m。在地青露头区三台安居厚 138m、简阳玉成桥、三岔坝一带厚 70 ~ 80m、龙泉驿茶店子厚 156m、仁寿古佛寺厚 11m、文公场下白垩统苍溪组超覆在景福院页岩以下层位, 蓬四段缺失。印证前人下白垩统苍溪组从北而南超覆的意见。

综上所述, 提出川西及邻区蓬莱镇组( 莲花口组) 层序地层对比方案如表 1 所示。

表 1 川西及邻区上侏罗统蓬莱镇组( 莲花口组) 层序地层对比表

Table 1 Sequence stratigraphic correlation of the Upper Jurassic Penglaizhen Fm. (the Lianhuakou Fm.) in West Sichuan and adjacent areas

层序	准层序组	地震界面	龙门山前缘			川西拗陷			龙泉山以东			
			组	段	标志层	组	段	标志层	组	段	标志层	
上覆地层			下白垩统剑门关组			下白垩统苍溪组			下白垩统苍溪组或第四系			
4	RST	$T_0$	莲花口组	四段	蓬 莱 镇 组	四段	景福院页岩 李都市灰岩 白公埝砂岩	蓬 莱 镇 组	四段	景福院页岩 李都市灰岩		
	EST			三段		三段			梨树湾页岩 何塘灰岩		三段	石桥灰岩
	PST			二段		二段			太和镇砂岩		二段	太和镇砂岩
	RST			一段		一段			仓山页岩 蓬莱镇砂岩		一段	仓山页岩 蓬莱镇砂岩
下伏地层			遂宁组			遂宁组			遂宁组			

PST 为初次充填准层序组; EST 为水进扩张准层序组; RST 为再次充填准层序组

### 2 3、4 沉积层序充填基本特征

在四川盆地侏罗系层序地层格架中, 蓬莱镇组分为 3 和 4 两个沉积层序。分别以区域性对比标志层苍山页岩和景福院页岩, 代表长期基准面上升达最高点位置时发育的湖泛面和密集段沉积。因此, 3 和 4 层序应相当于两个长期基准面旋回, 并由此两湖泛面分别代表长期基准面上升达最高点位置后折向下降的相转换面。

在对比中我们发现蓬莱镇组第一个长期基准面旋回( 相当于 3 沉积层序), 以下降半旋回较上升半旋回具有更强的非对称性质, 即下降半旋回的沉积厚度、跨越时间和频率远大于上升半旋回, 表明 3 层序的沉积作用形成于盆地基底快速沉降和湖域迅速扩大的快速湖侵之后, 旋即处于稳定构造沉降的缓慢湖退状态中。蓬莱镇组第二个长期基准面旋回( 相当于 4 沉积层序) 由 3 个中期基准面旋回叠加而成, 以相当于景福院页岩凝缩层的转换面为对称轴, 可看出 4 层序上升半旋回较下降半旋回

具有更强的非对称性质,其上升半旋回的沉积厚度、跨越时间和频率远大于下降半旋回, $_{4}$ 层序的沉积作用形成于盆地基底稳定沉降和湖域趋扩大的缓慢湖进作用后,基底发生迅速构造抬升和盆地被强烈充填的快速湖退状态中。

由此两长期基准面旋回不完全对称性的变化特点,说明晚侏罗纪蓬莱镇期( $_{3}$ 和 $_{4}$ 沉积层序)川西坳陷中段的沉积充填作用,存在构造活动有所差异的两个演化阶段,其构造差异性活动控制了长期基准面旋回的基准面上升和下降的速度、幅度以及沉积基准面升、降变化的频率,而且还直接影响到湖水位的升降过程和含油气沉积体系的发育及相带展布规律。其基本特点为:

(1) 相当于第一个沉积充填演化阶段的 $_{3}$ 层序,其上升半旋回以高幅低频为演化特征,由于基准面上升速度快,幅度大和沉积基准面升、降变化频率低,由此所控制的可容纳空间增长率递增迅速,并很快超出和远超出逐渐递减的沉积物补给率( $A/S \gg 1$ ),以持续快速的湖井作用为主而不利于三角洲沉积的发育。当基准面快速上升达最高点极限位置时,形成第一个代表区域性广泛湖进的苍山页岩凝缩层沉积,随后转向高幅高频的下降半旋回演化期,此时可容纳空间增长率伴随基准面的缓慢下降而逐渐递减,并渐趋低于缓慢加大的沉积物补给率( $A/S < 1$ ),以发育间欲向湖盆方向推进的三角洲沉积为主。页岩长期基准面下降到接近地表,突然加速下降并达最低点极限位置,此时间段为近地表堆积的沉积物发生暴露和普遍遭受侵蚀冲刷作用的主要时期,导致保存在下降半旋回中的沉积记录被不同程度地侵蚀、缺失,短期基准面旋回叠加数量亦锐减。

(2) 相当第二个沉积充填演化阶段的 $_{4}$ 层序,其上升半旋回以高幅高频为演化特征,由于基准面上升速度减慢,但幅度大和次级基准面升、降变化频率高,因此可容空间增长率始终处于略低于或略高于沉积物补给率的交替变化状态中( $A/S < 1$ 或 $A/S > 1$ )。为间歇向湖盆方向推进的三角洲沉积主要发育期。当基准面持续稳定上升达最高点极限位置时,形成第二个代表区域性广泛湖进的景福院页岩凝缩层沉积,嗣后转入高幅中频的基准面加速下降期,在刚开始加速下降的早期,可容纳空间增长率的递减速度较慢,处于略高于或接近沉积物补给率的状态中( $A/S > 1$ ),不利于三角洲的强烈进积作用;而基准面加速下降的晚期,因可容纳空间增长率的

递减速度加快,并迅速被沉积物的补给率超出( $A/S \ll 1$ ),促使三角洲强烈的向湖盆方向推进,并延续到基准面下降到近地表处的位置,从此位置到最低点极限位置的时间段内,也同样由地表暴露和侵蚀作用造成最后一个中期下降半旋回的沉积记录保存不全,部分短期基准面旋回侵蚀缺失而造成叠加数量和样式的非一致性。

综上所述,在蓬莱镇组 $_{3}$ 和 $_{4}$ 沉积层序中,有利三角洲储集砂体发育的时间地层单元,主要位于长期基准面缓慢下降或上升的 $_{3}$ 沉积层序RST上部和 $_{4}$ 沉积层序的PST中,而位于凝缩层两侧的时间地层单元(以EST为主)主要被以沉积泥岩为主的浅湖或前三角洲占据,不利储集砂体的发育。

$_{3}$ 和 $_{4}$ 沉积层序含油气沉积体系的相当低位域或中期基准面上升半旋回中期初次充填层序的滨岸-三角洲沉积体系为主,虽然有利储层发育的砂体类型众多,包括水下分流河道、河口坝、滨岸砂坝、水下决口扇等砂体类型,但以超覆中期基准面旋回层序界面的河道、水下分流河道砂体为重要的储集砂体。

### 3 有利相带预测及油气富集区块划分

对于 $_{3}$ 和 $_{4}$ 沉积层序以充填为主,扩张为辅的层序说来,由冲积扇经河流入湖的长轴型朵状三角洲前缘相带,是其有利相带发育的主要区域。结合构造条件及储、盖组合划分,其有利区块如下:

#### (1) 德阳、什邡、彭洲、温江区块

北起德阳新场经广汉马角镇、彭洲庆兴场至温江。面积约 $3000\text{km}^2$ 。

a. 具有工业勘探的地质条件,油、气藏埋藏浅,易于转化为社会效益。已获得新场气田、东泰气田、马角镇、庆兴场含气构造及川 $\times 416$ 井等工业油气井,远景储量达几百亿立方米。纵向上获得千佛崖组气藏、沙溪庙组气藏、蓬莱镇组气藏和下白垩统苍溪组气层。具有多层次立体勘探的地质条件。

#### b. 广阔的河湖过渡带岩相条件优越。

经露头观察,什邡永兴、绵竹广济、灌县过街楼、两河口等地均系冲积扇的扇根所在,这些冲积扇经辫状河入湖。在龙门山前缘斜坡发育了一条广阔的河湖交替带,因而营造了多层次的“高孔、渗”储集砂岩分布带(图2)。根据德阳新场三维地震资料,利用低频、强振幅与含气砂体相关的地震等效原理,预测

三维工区的三角洲前缘河口坝砂体多分布在南东东方向, 在进行勘探选区时给予必要的重视, 再南面的大邑斜源、庐山大川亦有冲积扇发育, 也存在辫状河三角洲前缘有利相带。

c. 拥有多种圈闭类型与多种储盖组合, 油气前景广阔。

在该区不仅拥有鸭子河、隆丰、孝泉、新场、庆兴、马角镇等一批完整的背斜圈闭, 而且有一批断层遮挡的断鼻、断背、断高的半背斜圈闭, 如唐昌、绵竹、金马半背斜。在彭县断层下盘更有辫状河三角洲前缘相砂体与局部圈闭叠合形成的复合型圈闭、河道砂体与龙门山前缘斜坡叠合形成的岩性圈闭等。

d. 深部烃源岩发育、生烃强度高与输导条件配置良好、成藏条件优越。

该区在上三叠统须家河组沉积时曾经历马鞍塘期礁后泻湖及须三期的滨海湖沼环境的沉积, 发育了巨厚的烃源岩, 生气强度高, 资源大, 具备优越的勘探潜力。据潘声达(1982年)计算, 烃源岩累计厚度可达 674~1400m, 每平方公里生气强度在 35 亿立方米以上, 可为该区油气富集提供充足的烃源条件。纵贯全区的彭、灌大断裂、关口断层、彭县断层及其派生的裂缝网络, 可为油气的运移和聚集成藏提供输导条件。尤其是白垩纪末至第三纪的燕山和喜山期的构造隆升活动和侵蚀剥蚀及减负荷效应, 为深部油气向上运移形成“远源次生气藏”所提供的压力递减条件, 成为油、气“上移”的动力, 具有优越的成藏条件。

e. 长期处于古隆起的斜坡地带, 是油气运移的

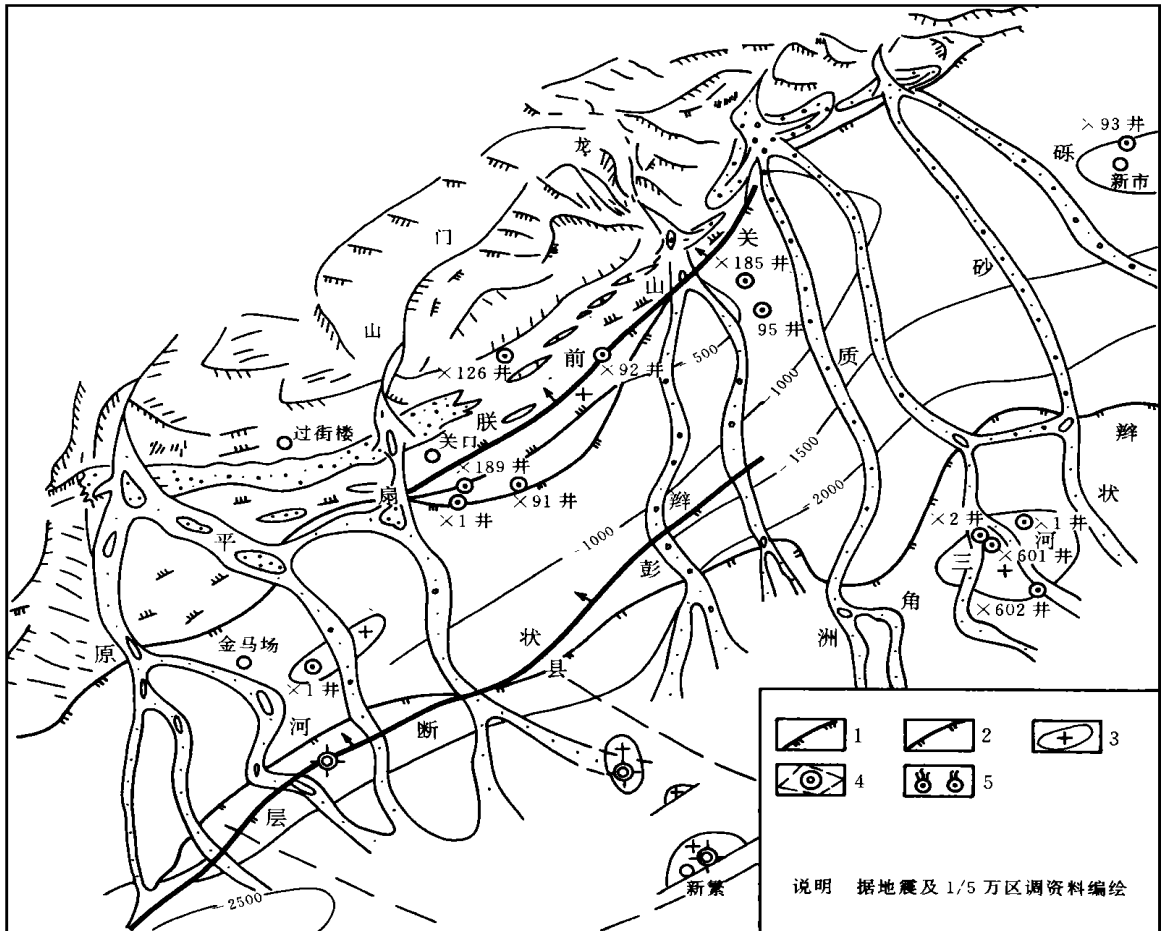


图 2 什邡马井- 彭县庆兴地区 3+4 层序蓬莱镇组辫状河三角洲有利相带预测图

1. 冲积扇边界线; 2. 湖岸线; 3. T<sub>2</sub> 构造等值线; 4. 预测有利相带及建议井位; 5. 工业气井及重要显示井

Fig. 2 Predicted favorable facies tracts for the braided river delta of the Penglaizhen Fm. in the 3+4 sequence of Majing, shifang- Qingxing, Pengxian region

指向带。

燕山中幕(叶肢介页岩顶)、晚幕(苍溪组底、景福院页岩顶)古构造图展示,该区长期处于北东向燕山期古隆起斜坡地带,是油气区域性运移的指向带,具备优先捕获油气的优越成藏条件。

(2) 绵阳、德阳、三台区块

西起绵阳丰谷、德阳合兴场,东至三台苏和场、乐安镇一带,面积约 1600km<sup>2</sup>。该区已发现合兴场气田、丰谷、苏和场含油气构造。

丰谷、合兴场至苏和场一带,属安县冲积扇形成的辫状河三角洲与南江、旺苍长河流三角洲两大沉积体系的交汇地带。发育有辫状河三角洲水道砂体、三角洲前缘席状砂体、滨岸砂洲、浅湖砂坝型砂体和生物介屑滩体,储层发育,沉积相带十分有利。再往北,广元金子山、两河口冲积扇入湖的辫状河三角洲也在山前形成有利储集相带,于喜山期卷入环形构造体系并构成川西拗陷北环带。丰谷镇、合兴场、石泉场、苏和场、中江回龙等鼻状背斜等构造,也都具有油气活动的地质条件,有利油气的聚集。

(3) 金堂、洛带区块

北起金堂经龙泉驿洛带、双流苏码头至彭山盐

井沟构造,面积约 1600km<sup>2</sup>。

该区已发现洛带蓬莱镇组气藏,获控制储量几十亿立方米,获苏码头、盐井沟含气构造及川×608 工业油气井,有油气聚集的地质条件。又因其埋藏浅,更增加了低投入高产出的勘探有利因素,有可能取得较好的经济效益。

据龙泉驿茶店子露头观察,蓬莱镇组四段发育典型的三角洲前缘相前积型砂体,由北西往南东推进,组成斜列的前积构形。前积层之上为湖进粉砂岩披盖,两者角度交切。在吊种坝,经“三维构型”剖面追踪,前积砂体长约 500~600m、宽 1000m 左右、厚 1~2m,呈透镜状产出。在砂体尖灭处,连续叠盖的上层砂岩透镜体的厚度变化,对下伏砂体具有厚薄互补的叠加样式。每一单砂层的纵向层序皆为大型槽状交错层理、水平层理、小型沙纹层理至水平层理的组合,向上呈正韵律。底砂层顶层面发育一条长 3~5m、厚 0.2~7m 的砂屑灰岩透镜体,透镜体也呈槽状充填,由下而上发育小型槽状层理、水平层理至沙纹层理。区域沉积层序研究表明:这些前缘相砂体系西部龙门山前缘冲积扇辫状河三角洲的水下延伸。据砂体增量预测,洛带、金堂一带主要是两条水

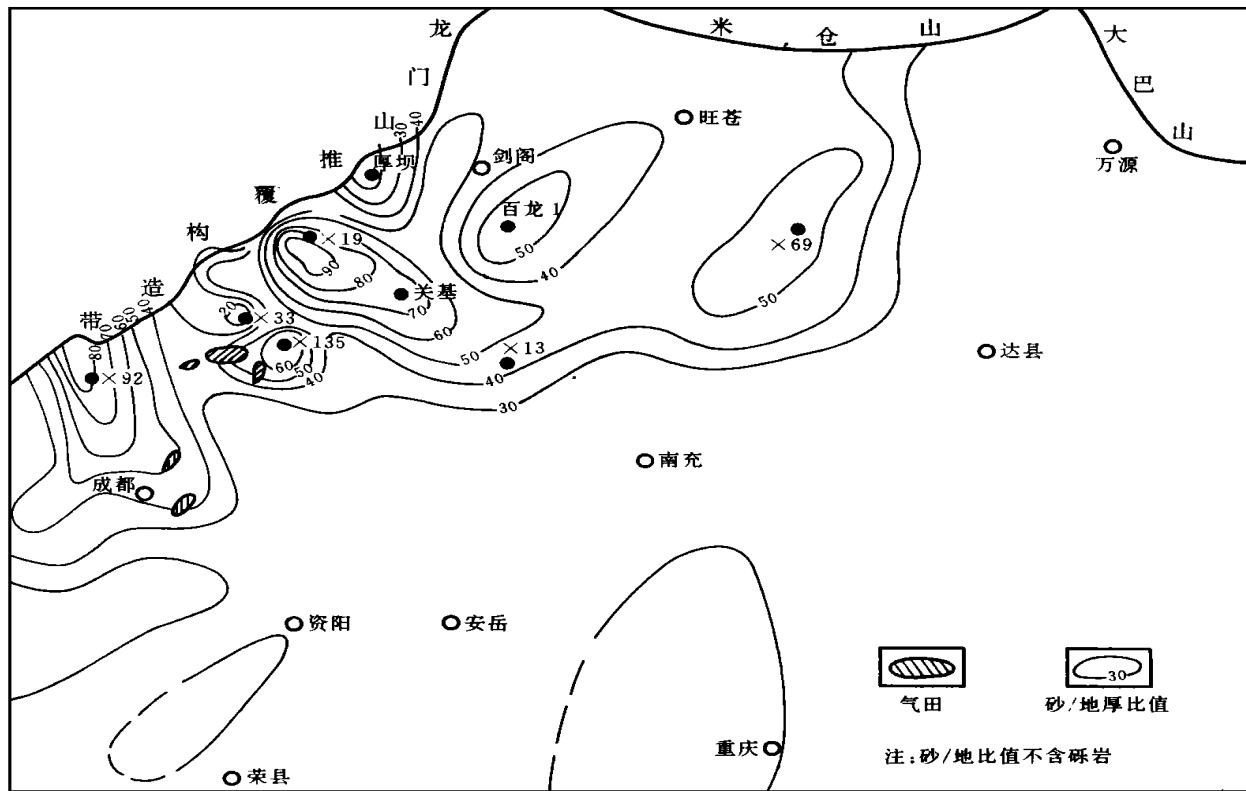


图 3 3 层序(蓬莱镇组 1+2 段)砂/地比值图

Fig. 3 Sand/Strata ratio of 3 Sequence (Member 1+2 of the Penglaizhen Fm.)



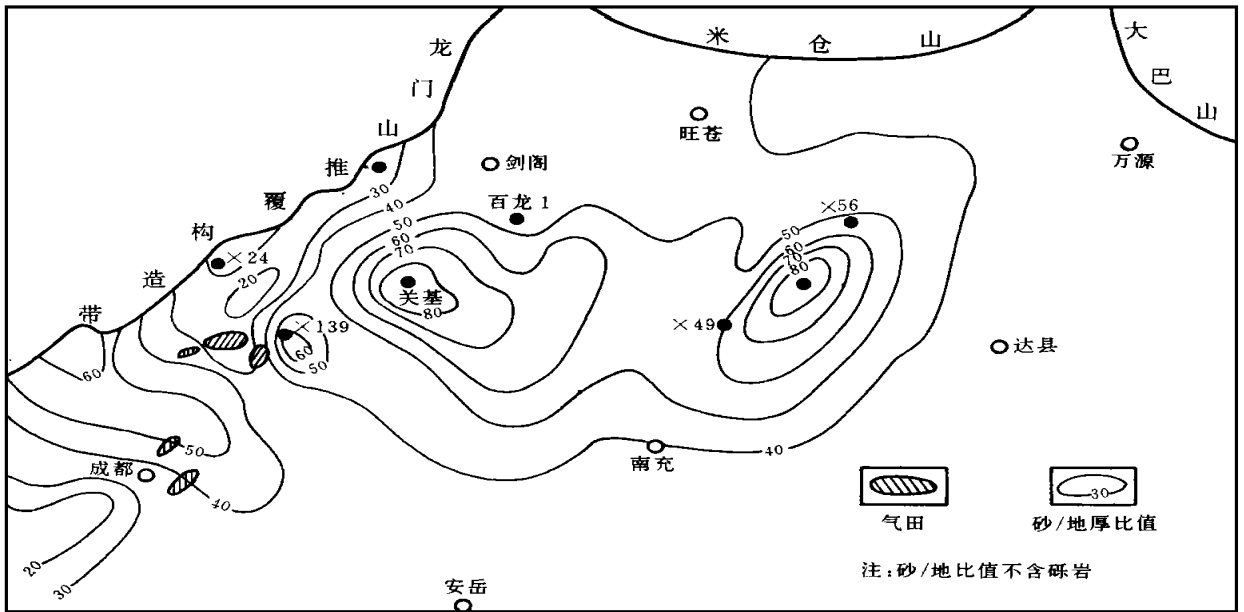


图 4 4 层序(蓬莱镇组 3、4 段) 砂/地比值图

Fig. 4 Sand/Strata ratio of 4 Sequence (Member 3 and 4 of the Penglaizhen Fm.)

系的前缘相沉积(图 3、4)。其北为安县、德阳、金堂水系,其南为彭县、灌县水系。两大水系的三角洲前缘带均叠合在现今的龙泉山的喜山期隆起带上。川金 608 井揭示蓬莱镇组为一套暗棕色泥岩夹粉砂岩条带及薄层,油气产层主要在 3 层序的水进准层序(EST)中,相当白公坨砂岩。该区经历先坳后隆的沉积转换,利于形成上倾尖灭型复合油气藏(也是该区地层水矿化度普遍较西部高的原因所在)。在广汉、新都一带两大三角洲体系之间的湖湾地区也有决口河道和小型溢流三角洲砂体及滨岸砂坝型砂体发育,因该位置属于喜山期的负向构造,油气聚集受岩性及地压封堵的因素更为突出,所以是寻找岩性油气藏的有利区域。

与龙泉山构造隆升推覆相关的盐井沟、苏码头、洛带、金龙寺等背斜构造,属于川西拗陷东斜坡的活动构造带,这条构造带呈北东斜列、南西错移,展示挽近地质时期的扭动特征,因而发育与扭动相关的裂缝网络,为油气活动与聚集创造了良好的条件。地表调查表明,泥岩裂缝性气藏比较普遍,如洛带至龙泉断裂带,历史上曾多次见“地火”。该区经历两斜、两坳后隆的地史发展过程,两斜指上三叠统须三、须二段及马鞍塘组、小塘子组,下侏罗统自流井组、新

田沟组、沙溪庙组沉积时地处隆起的斜坡带之上,其中洛带位于川中隆起西斜坡,即龙泉山位于龙门山前缘东斜坡。两坳指上三叠统须四、须五段及上侏罗统蓬莱镇组、遂宁组沉积时此两地均发育拗陷性沉积,而在喜山运动中褶皱抬升形成统一的隆起带。由于拗陷期发育一定厚度的烃源岩,斜坡期和隆升期成为油气运移的指向带和聚集带,从而造就该区独特的油气聚集条件。所以在该区不仅可以发现蓬莱镇组油气藏,而且预测沙溪庙组亦可望获得油气的重大突破。

参与此项研究的人员有何金权、郑荣才、卢兆棠、陈亦军、梁思宇、魏力民、马建华、沈萍等。研究及成文过程中得到了王胜、邓康龄、林跃庭、杨克明、安凤山、郑祖燕、刘应楷等高级工程师的帮助和指导,在此一并致谢!

参 考 文 献

- 1 刘宝君等. 层序地层学的研究与应用. 成都: 四川科学出版社, 1994
- 2 郝子文等. 四川省区域地质志. 北京: 地质出版社, 1982

# THE GEOLOGICAL STRUCTURE, FORMATION OF PETROLEUM POOLS AND HYDROCARBON EXPLORATION IN LUNNAN-AKEKULE AREA OF THE TARIM BASIN

FAN Xiaolin<sup>1</sup> QIU Yunyu<sup>1</sup> BAO Xinyi<sup>2</sup>

(1. *Research Institute of Experimental Geology, CNSPC, Wuxi 214151, China;*

2. *Chengdu College of Technology, Chengdu 610059, China)*

## Abstract

Based on study of seismic-geological sections, well data and analysis of organic geochemistry of formation water in Lunnan-Akekule area of the Tarim Basin, the geological structure and formation of hydrocarbon pools were indicated. Combining with development history of basinal tectonics, it was pointed out that there were several periods of formation of hydrocarbon pools in the area. Then the seal conditions after accumulation of hydrocarbon were discussed. The authors suggested that petroleum exploration in the area should consider the unconformity-related Paleozoic (Ordovician, Carboniferous) non-anticline traps and the Triassic traps in drape structures.

**Key words:** Prospecting target; formation of petroleum pool; geological structure; Lunnan-Akekule area; Tarim Basin

(上接 127 页)

# SEDIMENTARY SEQUENCE CHARACTERISTICS AND FAVORABLE RESERVOIR FACIES-TRACT PREDICTION FOR THE PENGLAIZHEN FORMATION OF WEST SICHUAN AND ADJACENT AREAS

HE Li<sup>1</sup> LIU Meiqing<sup>1</sup> HE Zhiguo<sup>1</sup> ZHOU Zhijun<sup>1</sup> ZHANG Shubin<sup>2</sup>

(1. *Research Institute of Southwest Petroleum Bureau, CNSPC, Chengdu, Sichuan 610081; china*

2. *No. 2 Geological Party of Southwest Petroleum Bureau, CNSPC, Chengdu, Sichuan 610081; china)*

## Abstract

The Penglaizhen Formation in West Sichuan and adjacent areas is thick over 950-1600m, which was deposited during the wilting period of the Jurassic lake basins. Based on the combined demarcation of sequence interfaces and maximum transgressive interfaces, 3 and 4 two sets of sedimentary sequences are classified. By analyzing on the cycles of sedimentary base levels, the sedimentary facies types and space-time distributive characteristics of the Penglaizhen Formation are discussed, the favorable facies tracts are predicted, and the favorable hydrocarbon-enriched blocks are classified.

**Key words:** sequences; favorable facies tracts; hydrocarbon-enriched blocks; the Penglaizhen Formation; West Sichuan and adjacent areas