

文章编号: 0253-9985(2001)04-0347-05

四川盆地古隆起特征及对天然气的控制作用*

李晓清¹, 汪泽成², 张兴为³, 刘 琴³, 燕金梅³

(1. 中国科学院兰州地质研究所, 甘肃兰州 730000;

2. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083; 3. 华北油田分公司, 河北任丘 062552)

摘要: 四川盆地在不同地质历史时期, 形成了不同规模及不同控气作用的古隆起。加里东期的古隆起因受后期多期改造, 分布复杂; 海西- 印支期主要发育开江古隆起, 为继承性发育的古隆起; 印支期泸州古隆起是川西前陆盆地的前隆; 燕山期的江油- 绵竹和大兴两个古隆起明显向坳陷扩展。上述古隆起不仅改造了储层性能, 其古圈闭为油气早期聚集提供了场所, 而且延缓了生烃时间, 有利于油气晚期成藏。因此, 四川盆地的古隆起是油气勘探的重要领域。

关键词: 古隆起; 油气早期聚集; 加里东运动; 印支运动; 燕山运动; 四川盆地

第一作者简介: 李晓清, 男, 38岁, 博士, 油气地质与勘探

中图分类号: P618

文献标识码: A

1 特征

四川盆地不同时代、不同构造背景的古隆起(图1), 在发育位置、展布形态、规模大小、构造样式、形成机制等方面各具特色。

1.1 加里东古隆起

四川盆地及邻区早古生代古隆起, 根据其发育的板块位置, 可分为边缘古隆起和板内古隆起, 前者如龙门山边缘古隆起和江南-大巴山边缘古隆起; 后者包括乐山-龙女寺古隆起、黔中隆起。边缘古隆起

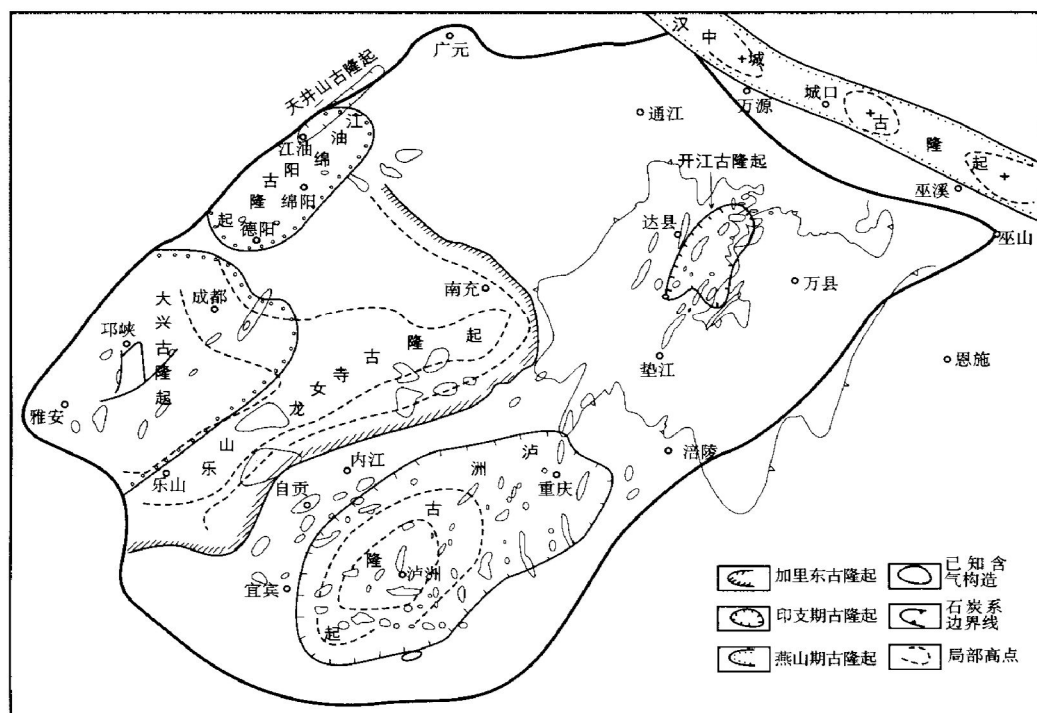


图1 四川盆地古隆起分布图

Fig. 1 Distribution of paleo-uplifts in Sichuan Basin

* “九五”国家攻关项目(99-110-02-03)部分研究成果
收稿日期: 2001-09-18

走向与板块边界平行, 板内古隆起主要为 NNE 向。两种类型的古隆起在形成、演变以及后期改造上有着明显差异, 这种差异导致了含油气性差异。

板内古隆起因发育在板块内部,总体处于相对较稳定的、以隆升和拗陷作用为主的构造背景中。隆起区发育于晚震旦世,寒武纪、奥陶纪继承性发育,表现为从拗陷区向隆起区沉积超覆^[1]。中晚奥陶世到早中志留世因受华南板块向扬子板块的碰撞挤压,古隆起幅度明显增大,导致了拗陷区沉降幅度增大,如下志留统在川东-鄂西地区发育深水浊积的砂泥岩沉积。

边缘古隆起因发育在板块边缘,构造活动性明显强于板内古隆起。如发育于上扬子板块西部边缘的龙门山边缘隆起,早寒武世就已形成,早寒武世末,发生区域性隆升,使得全区未接受中上寒武统沉积,或者剥蚀缺失,奥陶纪早期在天井山一带为古陆,中晚期呈岛链状NE向展布。志留纪期,受松潘-甘孜地槽影响,普遍接受沉积。志留纪末的加里东运动,全面隆升,遭受剥蚀。和板内古隆起相比较,龙门山边缘古隆起的后期改造更为强烈,在海西期由于龙门山地区裂陷作用加强,正断层发育^[2],较为完整的古隆起被肢解、分割。印支运动到喜山运动的多次挤压推覆,逆断层发育,使得古隆起分布更加复杂。

1.2 海西-印支期开江古隆起

石炭纪末云南运动以来,川东地区中部的开江-梁平一带发育NE向延伸的隆起带,石炭系被剥蚀殆尽^[3]。早二叠世末的东吴运动,在开江-梁平地区形成EW向的隆起^[3,4],隆起核部已剥蚀至下二叠统栖霞组下段;中三叠世末的印支运动早幕,开江古隆起转变为NNE向,北与大巴山古隆起、南与泸州古隆起以鞍部相接。可见,开江古隆起自海西期形成以来,至印支期为继承性发育的古隆起。

1.3 印支期泸州古隆起

印支期NE向延伸的华蓥山构造带南北两端存在两个古隆起,即北端的开江古隆起和南端的泸州古隆起^[5]。泸州古隆起顶部在泸州一带,地层剥蚀到下三叠统嘉陵江组嘉三段,往外依次为嘉四、嘉五段、中三叠统雷口坡组。最大剥蚀厚度达千米以上,在近 $2.2 \times 10^4 \text{ km}^2$ 范围内,雷口坡组全部缺失。从动力学机制上分析,印支期古隆起可能与四川盆地西缘龙门山的崛起及由此导致的由西向东挤压作用有关,是川西前陆盆地的前隆^[6]。

1.4 燕山期古隆起

在龙门山前缘发育两个燕山期古隆起,即

江油-绵竹古隆起和大兴古隆起。古隆起的形成始于早侏罗世,古隆起区下侏罗统厚度明显减薄。到侏罗纪末,上述两个古隆起明显向拗陷扩展,特别是南部大兴古隆起,已扩展到峨眉-熊坡-雅安一带,面积达 $6\,000 \text{ km}^2$ 。该古隆起的形成与龙门山的挤压作用有关。

2 作用

四川盆地油气分布与古隆起有密切关系。现已发现的川东石炭系15个气田中的11个分布在与开江海西-印支期古隆起有关的古气藏范围内。川南地区嘉陵组气藏分布也与泸州古隆起有关^[5];四川盆地下古生界已发现的气藏和含气构造均在乐山-龙女寺古隆起;川西地区发现的三叠系及侏罗系气藏也分布在川西燕山期古隆起。

2.1 改造储层

继承性发育的古隆起,如乐山-龙女寺加里东古隆起在早古生代各时期的海进-海退沉积层序非常清晰,形成了有利的储集相带;同时由构造隆升引起的大规模海退所形成的侵蚀暴露面也常见,碳酸盐岩沉积期溶蚀性储层发育,这类溶蚀性型碳酸盐岩储层在古隆起部位的灯影组二、三段,中上寒武统洗象池群内部及古隆起边缘中奥陶统宝塔组均可见到(图2)。

古隆起部位在后期的构造抬升作用下,地层长期遭受剥蚀,常常形成喀斯特地貌,有利于形成改造型储层。乐山-龙女寺古隆起轴部大面积的志留系-寒武系被剥蚀,溶蚀性碳酸盐岩储层发育(图2),为油气提供了有效储集空间。海西-印支期埋藏溶蚀作用将早期形成的次生孔隙溶孔沟通,使得石炭系储集层得到明显改善,开江古隆起的埋藏溶蚀作用最为发育,是储层最有利地带。

2.2 形成古圈闭

与古隆起密切相关的古圈闭有:构造圈闭、地层-岩性圈闭、构造-岩性复合圈闭,与古隆起同时或在古隆起之后形成。

发育于乐山-龙女寺古隆起上的古圈闭具有长期继承性发育的特点,在早古生代已具雏形,在印支-燕山期发展并定型。由于印支期龙门山崛起并向盆地方向推挤,在古隆起轴部形成一系列古圈闭,如资阳古圈闭、磨溪-遂宁古圈闭。在燕山期-喜山期,古隆起轴部古圈闭消失(如资阳古圈闭)或规模缩小(如磨溪-遂宁古圈闭),在古斜坡形成新的

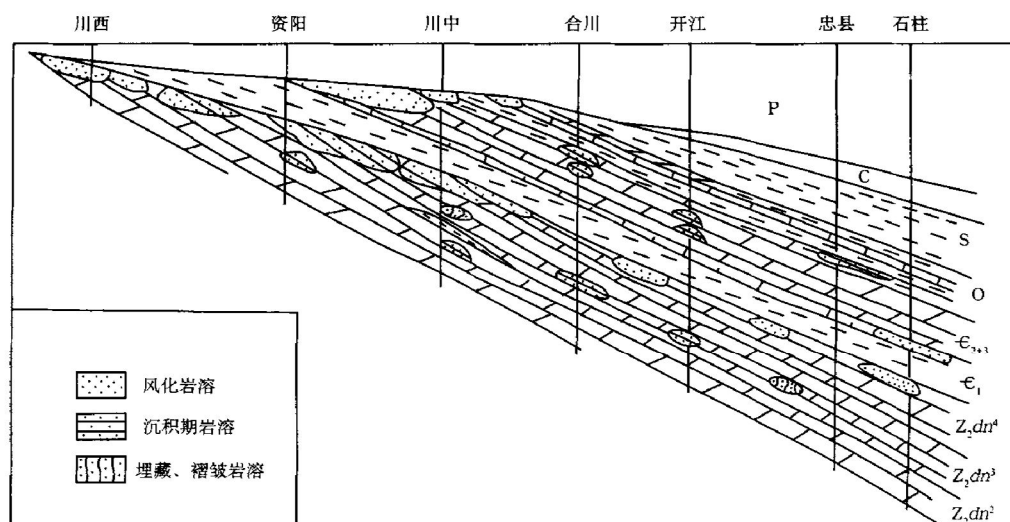


图2 四川地震旦系-下古生界岩溶模式

Fig. 2 Karst model of Sinian-Lower Paleozoic in Sichuan Basin

圈闭(如威远背斜、盘龙岗构造)。

开江古隆起的存在,为石炭系上翘边界形成大型地层-古构造复合型圈闭提供了构造条件。川东石炭系分布范围内由石炭系上翘边界分别同继承型发展的开江古隆起、泸州古隆起、石柱古隆起构成4个大型地层-古构造复合型圈闭,其中,开江古隆起隆起幅度达800~1400 m,东西两侧古圈闭面积分别为1970 km²和2180 km²,泸州古隆起北缘古圈闭和石柱隆起古圈闭面积分别为2200 km²和2530 km²,它们控制了川东石炭系储层中油气的二次运移和早期聚集。

龙门山前缘的燕山期古圈闭,以构造圈闭为主,早侏罗世已具雏形,侏罗纪末定型(图3)。其中,大兴古隆起面积为6000 km²,江油古隆起面积为3000 km²。

2.3 为油气早期聚集提供场所

当古圈闭形成时间早于或与油气大量生成期相同时,古圈闭成为油气早期运聚的有利场所(图4),形成了环绕古隆起分布的古油气藏(群)。最典型的实例是开江海西-印支期古隆起^[3~4]。勘探已证实早期聚集成藏的川东石炭系气藏勘探效果最好,储量大,丰度高。

中三叠世末印支运动形成的泸州古隆起在晚三叠世-侏罗纪持续发展,尽管侏罗纪末的燕山运动使得川南隆起的最高部位向西偏移到自贡一带,但泸州古隆起仍处于区域隆起的高部位,有利于油气早期聚集。目前已发现的嘉陵江组气层均沿古隆起分布就是最好的例证。

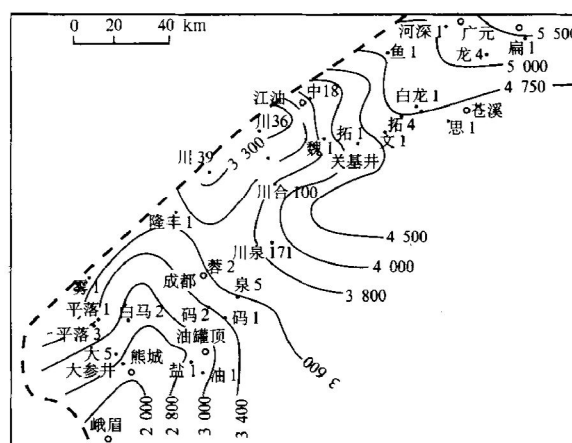


图3 川西地区白垩纪时期上三叠统顶构造图

Fig. 3 Structural map showing top of Upper Triassic during Cretaceous in West Sichuan

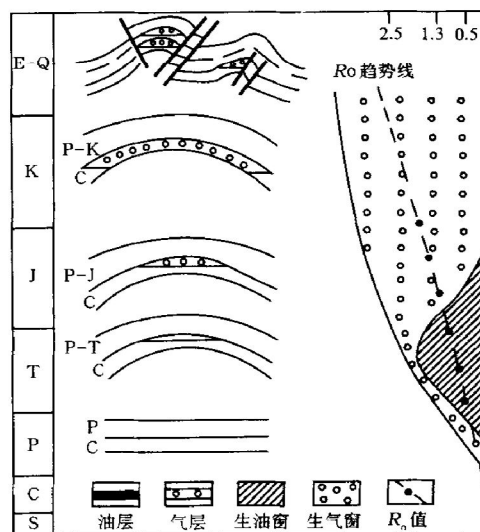


图4 川东开江古隆起天然气成藏过程示意图

Fig. 4 Sketch map showing pool-forming process of gases in Kaijiang paleo-uplift, East Sichuan

2.4 延缓生烃时间

古隆起轴部继承性发育,延缓了古生界特别是寒武系烃源岩的生烃时间。通过对下古生界不同构造位置钻遇的烃源岩成烃史研究表明,古隆起轴部(如高科1井)寒武系烃源岩主生油期在中侏罗世,主生气期在晚侏罗世-早白垩世;而川东南坳陷寒武系烃源岩主生油期在二叠纪-早三叠世,主生气期在中三叠世-早侏罗世(表1)。

表 1 下古生界烃源岩的主生气期

Table 1 Main gas-generating stages of source rocks in Lower Paleozoic				
层 位	高科 1 井	五科 1 井	盘 1 井	西南坳陷
O-S	(缺乏)	J ₃ (J ₁)*	J ₃ (J ₃ ² -J ₃)	J ₂ (T ₂)
-C ₁	J ₃ -K ₁ (J ₂)	J ₁ -J ₂ ¹ (T ₁ -P ₂)	J ₂ (T ₁)	J ₂ (P)
Z ₂	J ₃ (T ₁)	J ₁ (T ₃)	J ₁ (D-P ₁)	T ₃ (S-D)

* 括号内为主生油期

2.5 导致油气晚期成藏

新生代四川盆地主要烃源岩均进入高成熟阶段。喜山期的构造运动在四川盆地表现较为强烈,不仅在盆地边缘褶皱成山,而且在盆地内部构造变形也很强烈。同时,也导致了四川盆地油气的晚期成藏。喜山运动对油气聚集有着双重作用:一方面破坏古油气藏,使得油气大量散失,如资阳古油气藏;另一方面通过改造古油气藏,油气发生重新分配形成新的油气藏,如乐山-龙女寺古隆起上的威远气藏、高石梯气藏(图5)。

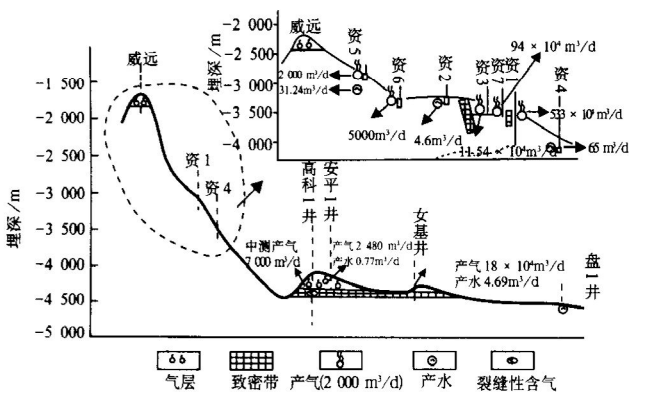


图 5 乐山-龙女寺古隆起下古生界气藏特征
Fig. 5 Characteristics of Lower Paleozoic gas pools in Luoshan Longniushi paleo uplift

川西地区燕山期古隆起位于上三叠统生烃中心,上三叠统烃源岩大量生气时间为晚白垩世-早第三纪^[7],隆起形成时间早于油气大量生成、运移时间,是油气有利聚集带。目前,在这两个古隆起已发现一批中小型气田,如中坝气田、平落坝气田、白马庙气田等。截止目前,上述两个古隆起勘探程度较低,是今后值得重视的有利领域。

3 结论

四川盆地在不同的演化阶段形成了不同规模的古隆起,从演化序列上看,四川盆地存在加里东古隆起、海西期古隆起、印支期古隆起及燕山期古隆起。这些古隆起在空间分布上,虽有继承性,但更多表现为独立性,反映了盆地性质、构造变形方式的差异性。古隆起在延缓生烃、形成古圈闭或古油气藏、储层改造等方面,对油气富集成藏具有积极作用,是四川盆地油气勘探的重要领域。

参 考 文 献

1 宋文海. 对四川盆地加里东古隆起的新认识[J]. 天然气工业, 1987, 7(3): 25~ 31

2 金以钟,王运生. 四川盆地晚古生代至中三叠世古构造演化特征及找气意义[A]. 见:罗志立. 龙门山造山带的崛起和四川盆地的形成与演化[C]. 成都:成都科技大学出版社,1994. 435~ 454

3 路中侃,赵晓薇. 川东石炭系的勘探新领域[J]. 天然气工业, 1993, 13(4): 23~ 29

4 胡光灿,谢姚祥. 中国四川东部高陡构造石炭系气田[M]. 北京:石油工业出版社,1997

5 四川油气区石油地质志编写组. 中国石油地质志(卷十)[M]. 北京:石油工业出版社,1989

6 许效松,刘宝珺,赵玉光,等. 上扬子西缘二叠纪-三叠纪层序地层与盆山转换耦合[M]. 北京:地质出版社,1997

7 罗启后,王世谦. 四川盆地中西部三叠系重点含气层系天然气富集条件研究[J]. 天然气工业,1996, 16(增刊), 40~ 54

CHARACTERISTICS OF PALEO- UPLIFTS IN SICHUAN BASIN AND THEIR CONTROL ACTION ON NATURAL GASES

Li Xiaoqing¹ Wang Zecheng² Zhang Xingwei³ Liu Qin Yan Jinmei³

(1. Lanzhou Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou; 2. Institute of Petroleum Exploration and Development, Petro-China, Beijing; 3. Huabei Oilfield Company, Renqiu, Hebei)

Abstract: Different paleo-uplifts in Sichuan Basin formed in different geological ages. The uplifts formed in Caledonian period are complicated in distribution; the one formed in Hercynian-Indosinian period is Kaijiang inherited paleo-uplift; Luzhou paleo-uplift formed in Indosinian is the front zone of west Sichuan foreland basin; the Jiangyou-Mianzhu and Daxing Uplifts extended towards depression. These uplifts did not only reformed reservoir property, their traps also provided the site for hydrocarbon accumulation in the early stage, and favourable for oil and gas pool forming. So it is suggested that the paleo-uplifts in Sichuan Basin are important realms for oil and gas exploration.

Key words: paleo-uplift; initial hydrocarbon accumulation; Caledonian movement; Yenshan movement; Indosinian movement; Sichuan Basin

(上接第 341 页)

SEQUENCE STRATIGRAPHY AND SOURCE-RESERVOIR-CAP ASSEMBLAGES OF JURASSIC-UPPER TRIASSIC IN YANCHANG OIL PROVINCE

Luo Jinglan¹ J. Marcelo Ketzer² Li Wenhui¹ Yan Shike³ Wu Fuli³ Li Yuhong³

(1. The Key Laboratory of Continental Dynamics, Ministry of Education, Northwest University, Xi'an, Shaanxi;

2. Department of Earth Sciences, Uppsala University, 75236 Uppsala, Sweden;

3. Yanchang Petroleum Administration, Yongping Shaanxi)

Abstract: Take the Upper Triassic regional erosion surface as sequence boundary, the Jurassic and Triassic terrigenous clastic systems in Yanchang oil province could be divided into upper sequence and lower sequence. The lower sequence (Upper Triassic) is composed of a transgressive system tract (TST) and a highstand system tract (HST). The Upper sequence (Jurassic) includes a lowstand system tract (LST) overlain by a transgressive system tract (TST) and a highstand system tract (HST). Three assemblage types can be distinguished according to the disposal relationship of source-reservoir-cap rock assemblage: 1. lithologic reservoirs, characterized by source rocks in the lower part and reservoirs in the upper part, formed during rapid subsidence with high accommodation space. The Chang 7 lacustrine facies and Chang 6 deltaic facies in the lower part of the Lower sequence are the best oil-reservoir dispose; 2. lithologic-structural reservoirs with source rocks in the upper part and reservoirs in the lower part, and self-sourced reservoirs developed in the upper part of the lower sequence represented by Chang 2+ 3 and Chang 1 meandering/ anastomosing system. It is the second excellent oil-reservoir dispose in the study area. 3. structural-lithologic reservoirs with source rocks in the lower part and reservoirs in the upper part associated with self-sourced reservoirs developed in the upper sequence of fluvial facies (Yan 10- Yan 1 submembers). The hydrocarbon pool forming in reservoirs needs good structural trap due to poor lateral seals.

Key Words: Jurassic-Upper Triassic; continental sequence stratigraphy; source-reservoir-cap rock assemblage; Yanchang oil province