

川黔桂二叠系层序地层与油气勘探

覃建雄 陈洪德 田景春
(成都理工学院, 四川成都 610059)

杨作升
(青岛海洋大学, 山东青岛 266003)

川黔桂二叠纪的5种不同类型盆地有不同的层序充填, 因此, 其油气前景也不相同。总体而言, 海侵体系域、凝缩层、台盆和盆地的高水位、低水位体系域以及混合台地和孤台高水位体系域上部含煤岩系是重要的烃源层。上述层序也是重要盖区, 其中以海侵体系域最为重要。有利储集体及相应的潜在圈闭主要包括: (1) 低水位体系域中盆底扇-斜坡扇砂体、三角洲前缘砂体、冲积扇砂体、河道充填砂体、进积复合砂体、丘滩礁组合、钙屑及混屑油积岩等; (2) 海侵体系域中的障壁滩砂体、滨岸砂体、河口湾砂体、潮控三角洲砂体、扇三角洲砂体、浊积扇砂体、滞留型陆棚砂体、海侵型生物丘礁组合、火山碎屑油积岩等; (3) 高水位体系域中的河控、浪控三角洲砂体、冲积扇-河道砂体、扇三角洲砂体、浊积扇砂体、陆屑滩坝砂体、碳酸盐滩坝砂体、丘滩礁组合、钙屑重力流沉积、白云岩等; (4) 与界面有关的古岩溶储集体。

关键词 层序格架 油气勘探 二叠系 川黔桂

第一作者简介 覃建雄 30岁 副教授(博士) 沉积学

自泥盆纪开始, 随着古特提斯洋的开启, 华南板块周缘尤其是川黔桂地区处于张性应力环境, 二叠纪沉积盆地正是在此条件下发育形成的, 它是晚古生代沉积盆地演化的一个环节, 具有明显的继承性, 但因早二叠世末东吴运动的影响, 早、晚二叠世沉积盆地有明显的差异。

根据晚古生代沉积盆地形成过程及演化趋势、基底和同生断裂活动形式、距离板块边缘位置、地壳类型、沉积作用、层序充填样式^[1]和形成的驱动力等, 将川黔桂地区二叠纪沉积盆地划分为克拉通盆地、被动陆缘裂谷盆地、弧后裂谷盆地、被动陆缘走滑盆地、前陆盆地等5种类型。

1 层序格架

1.1 层序格架中的烃源层

川黔桂地区烃源层在层序格架中的分布(图1)主要有如下特点。

(1) 海侵体系域是主要的烃源层, 成层稳定、分布广泛、有效厚度大、母质类型好、有机质丰度

高*, 从低水位体系域到海侵体系域, 有机碳、总烃、氯仿沥青“A”含量等参数不断增大, 到相当凝缩层位达峰值。西昌盆地下二叠统烃源岩总评结果*, 低水位期沉积中, 有机碳及氯仿沥青“A”含量分别为 $0.05\% \sim 0.74\%$ 和 $10 \times 10^{-6} \sim 40 \times 10^{-6}$, 海侵体系域中分别为 $0.85\% \sim 1.7\%$ 和 $200 \times 10^{-6} \sim 400 \times 10^{-6}$ 。通过生油参数推算, 海侵期烃源层占总烃源层厚度的 $50\% \sim 90\%$, 油气含量约占油气总资源量的 $80\% \sim 100\%$ 。

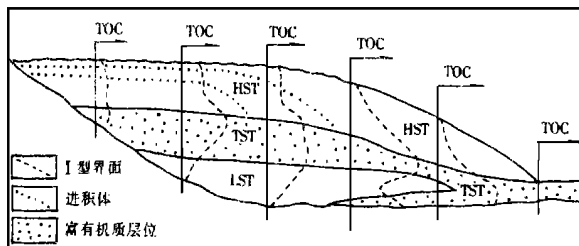


图1 层序格架中主要烃源层有机质丰度分布

Fig. 1 The abundance distribution of organic matter in source beds of sequence framework

(2) 高水位期下部沉积是重要的油气源, 总烃、有机碳、氯仿沥青“A”含量与海侵体系域相当, 其特点是, 厚度相对较薄但分布最广, 有机质含量高, 生油气量大^[2]。

* 覃建雄. 西南地区二叠系层序地层及油气预测(博士论文).

(3) 高水位体系域上部含煤岩系是重要的气源层。川黔桂地区中西部上二叠统煤层达 40 层之多, 可进行区域对比的有 5 层, 分布于诸层序顶部, 总厚 50~ 250 m。近年来, 四川盆地油气勘探结果证明了其在油气成藏中的重要作用。

(4) 台盆相(台盆即台间盆地的简称, 下同)和盆地相(特指钦防海槽或深水盆地, 下同)高水位期沉积是理想的烃源层。盆地层序不同体系域, 其生烃条件各异^[3], 海侵体系域多为硅质岩沉积, 厚度小; 低水位体系域多为浊积岩^[4]; 高水位体系域有效厚度大、分布广, 泥岩、泥灰岩及其过渡性岩类构成主体。显然, 盆地层序中的烃源层主要源于高水位期沉积。

1.2 层序格架中的储集体

通过对川黔桂地区诸盆地及坳陷层序与油气关系的研究结果*表明, 层序格架中的有利储集体主要包括(1) 低水位体系域: 盆地扇和斜坡扇砂体、浪控三角洲砂体、深切河谷充填砂体、进积复合砂体、混屑浊积岩、丘礁组合、冲积扇砂体等;(2) 海侵体系域: 海侵型障壁滩砂体、海岸带状砂^[5]、河口湾砂体、深切河谷充填砂体、砂丘砂体、潮控三角洲砂体、陆棚浅滩砂体、改造再沉积滞留砂砾岩体、海侵型礁体、海侵丘滩组合、钙屑碎屑流沉积、火山碎屑浊积岩、扇三角洲砂砾岩体、浊积扇砂体等;(3) 高水位体系域: 河控三角洲砂体、浪控三角洲砂体、冲积扇- 河道砂体、扇三角洲砂砾岩体、钙屑重力流

沉积、浊积扇砂体、滩坝砂体、丘礁组合、白云岩等;(4) 层序界面及相关的岩溶储层, 包括界面之上的残积型灰云质角砾岩体系和界面下的岩溶角砾岩体系。

1.3 层序格架中的盖层

层序格架中盖层的分布与烃源层的大体一致, 其中海侵期沉积是最主要的盖层。这是由于(1) 海侵体系域通常为低沉积速率的深水相泥岩、灰泥岩或硅质岩沉积, 结构致密, 质地均一, 颗粒组分稀少, 孔隙度、渗透率低, 驱动压力大, 封堵能力强;(2) 海侵体系域为向陆上超的退积型区域性超覆沉积体, 分布稳定且广泛, 有效厚度大;(3) 由于海侵体系域顶超、上超、下超、底超等成因特点, 其封盖作用具有多类型(下伏式、上覆式、互层式、侧变式、封闭式)、多向性、全面性和周密性等特点^[6, 7];(4) 在海侵体系域盖层强大封堵压力作用下, 下伏高水位- 低水位期沉积中单个储集体或圈闭中的油气逸出连通, 构成统一的大型油气藏^[2]; 另外, 高水位早期沉积, 低水位和高水位晚期的河泛、湖沼沉积及滨岸平原相也是有利的封盖岩相类型。

1.4 层序格架中的圈闭

在前述研究基础上, 结合前期油气勘探成果, 得出川黔桂地区不同成因盆地层序格架中潜在的圈闭类型(图 2)。

上扬子克拉通缓坡层序格架中, 潜在的圈闭类型及特征主要表现为:(1) 高水位期包裹在上超和

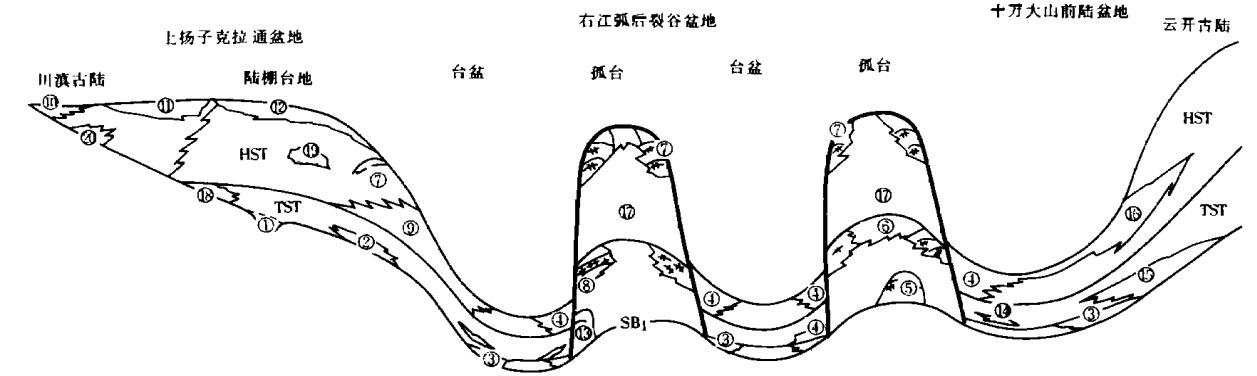


图 2 不同成因盆地层序格架中潜在圈闭类型及分布

Fig. 2 Potential trap types of sequence framework in different basins

①深切河谷充填砂- 层序界面圈闭; ②海侵期再改造砂体圈闭; ③低水位浊积岩- 断层圈闭; ④高水位重力流- 断层圈闭; ⑤海侵孤台内生物礁圈闭; ⑥海侵礁滩组合圈闭; ⑦孤台缘生物礁圈闭; ⑧孤台缘滩礁组合圈闭; ⑨高水位钙屑碎屑流沉积圈闭; ⑩高水位河道砂体圈闭; ⑪高水位三角洲砂体圈闭; ⑫古岩溶圈闭; ⑬海侵生物礁- 断层圈闭; ⑭海侵碎屑流沉积圈闭; ⑮海侵浊积扇沉积圈闭; ⑯高水位浊积扇沉积圈闭; ⑰碳酸盐孤台岩性尖灭圈闭; ⑱河口湾砂体圈闭; ⑲生屑滩岩性尖灭圈闭; ⑳滨岸带状砂体圈闭

* 覃建雄. 西南地区二叠纪层序地层及油气预测(博士论文).

下超泥岩中的碳酸盐建隆; (2) 在滨外高地上发育的高水位期孤立碳酸盐建隆或浅滩被海侵、高水位期泥灰岩覆盖; (3) 高水位期内缓坡碳酸盐骨屑滩砂体向海尖灭到致密滨外相粒泥灰岩; (4) I 型层序界面及以下中-内缓坡沉积喀斯特化; (5) 倾斜的中内缓坡碳酸盐沉积在区域性不整合面处被截削; (6) 与高水位早期内缓坡隔离的低水位期沉积被外缓坡或盆地泥岩上超和下超形成的圈闭; (7) 颗粒灰岩为滨线相沉积隔开; (8) 单个碳酸盐颗粒浅滩、潮汐砂坝、潮汐水道或补钉礁孤立地位于起圈闭作用的内-中缓坡相粒泥灰岩中; (9) 内缓坡滨线颗粒灰岩上倾尖灭到致密的内缓坡粒泥灰岩^[3]。

上扬子克拉通盆地层序格架中隐伏的圈闭类型主要有: (1) 深切河谷充填砂体和层序界面海侵超覆沉积截切; (2) 海侵早期改造再沉积砂体被海侵沉积所包裹; (3) 低水位期浊积岩被海侵期沉积所超覆封闭; (4) 高水位期钙屑重力流沉积向台地和盆地方向尖灭并被盆地相硅泥灰岩和海侵期泥灰岩所包裹; (5) 颗粒灰岩(白云岩)被同期低能沉积物包裹; (6) 高水位丘礁白云岩被海侵期沉积及同期沉积包裹; (7) 海侵期河口湾砂体被同期泥岩包裹; (8) 低水位期浪控三角洲砂体被海侵期粉砂泥岩超覆; (9) 海侵期潮控三角洲砂体被同期粉砂泥岩超覆; (10) 高水位期河控-浪控三角洲砂体被同期泥岩超覆; (11) 层序界面-古岩溶圈闭; (12) 海侵期海侵丘礁灰岩建隆被同期沉积包裹; (13) 低水位期丘礁灰岩被海侵沉积超覆封闭; (14) 海侵期滨岸带状砂、障壁滩砂体被同期沉积包裹; (15) 海侵期钙屑碎屑流沉积被同期沉积包裹。

右江裂谷盆地层序格架中, 潜在的圈闭类型主要包括: (1) 碳酸盐孤台被台盆相包裹; (2) 低水位期浊积岩被海侵期沉积包裹; (3) 海侵期火山碎屑浊积岩被同期盆地相包围; (4) 高水位期钙屑重力流沉积被盆地相和上覆海侵期沉积超覆截切; (5) 高水位期礁滩灰岩、白云岩被海侵期灰岩超覆截切; (6) 海侵期丘滩礁灰岩被凝缩层顶超; (7) 低水位期丘礁灰岩被海侵期沉积包裹; (8) 古岩溶圈闭。

十万大山前陆盆地, 可能的潜在圈闭主要有: (1) 低水位期盆底扇砂体被海侵期巨厚沉积超覆, 盖层及侧向封闭性不佳; (2) 海侵期扇三角洲砂砾岩体被高水位期沉积超覆, 其油气源虽然丰富, 但封闭及保存条件不佳; (3) 高水位期扇三角洲前缘

砂体被扇三角洲平原及冲积扇平原超覆, 盖层条件较好; (4) 低水位期冲积扇砂砾岩体被同期沉积包裹, 油源较少, 盖层条件欠佳; (5) 高水位期冲积扇砂砾岩体被海侵沉积超覆; (6) 海侵期浊积扇砂砾岩体被同期沉积包裹。

钦防被动陆缘走滑盆地隐伏的圈闭主要包括: (1) 低水位期钙屑浊积岩被海侵期沉积超覆; (2) 海侵期钙屑碎屑流沉积被同期沉积包裹; (3) 高水位期钙屑重力流沉积向盆地和台地方向尖灭, 并被海侵沉积超覆; (4) 碳酸盐孤台被盆地相包裹; (5) 盆地 SE 侧斜坡超覆不整合圈闭; (6) 盆地 NW 侧隐伏礁圈闭; (7) 盆地中部隆起带古潜山圈闭; (8) 早二叠世碳酸盐岩及其顶部岩溶储层被晚二叠世前陆盆地巨厚沉积超覆。

2 油气勘探建议

根据层序格架中的油气勘探模型, 结合构造、地震及测井等资料, 针对四川盆地、十万大山盆地、南盘江拗陷、西昌盆地、黔南拗陷及桂中拗陷六大区域性覆盖区, 提出如下勘探建议。 (1) 勘探目的层应首先考虑 I 型层序界面控制的古岩溶层段(其一是茅口组顶和前二叠系顶部, 其二是长兴组顶部); 其次是与 II 型层序界面相关的高水位体系域上部丘滩礁白云岩和相应钙屑重力流沉积层段(长兴组和茅口组); 再次是海侵体系域中的海侵型丘礁灰岩层和低水位浊积岩层(长兴组和茅口组)。 (2) 就勘探区域而言, 除四川盆地外, 应以十万大山盆地为一级勘探区块, 其次是南盘江拗陷和西昌盆地, 再次是黔南拗陷, 最后是桂中拗陷。 (3) 重点勘探的潜在圈闭或油气藏主要有: ①十万大山盆地 NW 侧岩溶圈闭、超覆不整合圈闭、隐伏礁圈闭和钙屑重力流沉积岩性圈闭, 盆地中部古潜山圈闭, 盆地 SE 部扇三角洲和浊积岩性圈闭; ②南盘江拗陷碳酸盐孤台岩性圈闭、隐伏礁圈闭、隐伏重力流沉积岩性圈闭; ③西昌盆地古岩溶圈闭、三角洲岩性圈闭、超覆不整合圈闭及隐伏丘礁圈闭; ④黔南拗陷隐伏礁圈闭、重力流沉积岩性圈闭、超覆不整合圈闭等; ⑤桂中拗陷隐伏礁滩岩性圈闭、碳酸盐孤台岩性圈闭和古岩溶圈闭等。

参 考 文 献

- 1 覃建雄, 吴勇. 层序地层学在油气勘探领域中的应用. 天然气地球科学, 1995, 6(4): 1~14

2

Weinex R J. Sequence stratigraphy concepts to integrated oil & gas field development with case histories. AAPG Bulletin(distinguished lecture) , 1994,78(1) : 17~ 45

3

Stephen C, William G H. Recurring patterns of total organic carbon and source rock quality with a sequence stratigraphic framework. AAPG Bulletin, 1993, 77(3) : 386~ 401

4

Brown L F. Use of sequence stratigraphy to defining stratigraphic plays in Upper Pennsylvanian and Lower Permian lowstand systems tracts, north- central Texas. AAPG Bulletin, 1989, 73(2) : 255~ 307

5

Whalen M F. Applications of sequence stratigraphy to Permian coal measures, Cooper Basin, South Australia. AAPG Bulletin, 1992, 76(7) : 139~ 141

6

Hedick C L. Sequence stratigraphy, diagenesis, and porosity of permeability distribution in Permian carbonate reservoirs, Monhans, West Texas. AAPG Bulletin, 1993, 77(2) : 116~ 118

7

Peerodon A. Petroleum systems and global tectonics. Journal of Petroleum Geology, 1995, 18(4) : 471~ 476

SEQUENCE STRATIGRAPHY OF PERMIAN SYSTEM IN
SICHUAN-GUIZHOU-GUANGXI REGION AND
ITS OIL-GAS EXPLORATION

Qin Jianxiong Chen Hongde Tian Jingchun
(Chengdu College of Technology, Chengdu, Sichuan)

Yang Zousheng
(Qingdao University of Oceanology, Qingdao, Shandong)

Abstract

Five different kinds of basins in Permian System in Sichuan-Guizhou-Guangxi region contain different stratigraphic sequences, so their hydrocarbon prospects are different. In general, transgressive system tracts(TST), condensed section (CS), highstand system tracts (HST) and lowstand system tracts (LST) of platform basin, deep-water basin and coal-bearing carbonate formations of highstand system tract in cratonic basin and isolated carbonate platform are generally important source rocks and significant cap rocks. They include all kinds of favourable sandbodies in different system tracts: 1. basin-floor and slope fans, delta front, alluvial fan, channel sandbodies, progradation complex, shoal-bioherm-reef complex, calcareous and mixed clastic turbidites within lowstand system tract; 2. sandbodies of barrier beach, shoal, estuary, tide-controlled delta, fan-delta, turbidity fan, lag sediment, bioherm-reef complex, pyroclast turbidite within transgressive system tract; 3. river and wave dominated deltaic sandbodies, alluvial fan-channel sandbodies, fan delta, turbidity fan, terrigenous and carbonate shoals, bioherm-reef complex, calcareous-clastic beach-bioherm-reef complex, calcareous clastic turbidite and dolostone within highstand system tract; 4. paleo-karst reservoir dominated by sequence boundary.

Key Words: sequence framework oil and gas exploration Permian System Sichuan-Guizhou-Guangxi