

文章编号: 0253-9985(2006)03-0370-08

华南海相下组合层序地层格架与油气勘探

陈洪德, 倪新锋, 田景春, 韦东晓

(成都理工大学“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室, 沉积地质研究所, 四川 成都 610059)

摘要: 在建立区域层序地层格架的基础上, 指出区域性主力烃源岩及盖层主要形成于超层序的海侵体系域; 高品质的区域性储层通常与超层序的高水位期-低水位期相一致。华南下组合海相碳酸盐岩油气纵向上总体存在 3 套生储盖组合, 并将其划分为界面型、低位型、海侵型、高位型和综合型 5 种类型, 不同类型的生储盖组合特征及成藏地质特征存在差异。提出礁滩相灰岩-白云化或白云岩-古岩溶为最有利储层, 古隆起-后期构造圈闭为最有利部位, 川东南-黔北地区为最有希望尽快取得突破的新区块的认识。

关键词: 层序地层格架; 生储盖组合; 下组合; 体系域; 油气勘探; 新认识; 华南海相

中图分类号: TE111.2 文献标识码: A

Sequence stratigraphic framework of marine lower assemblage in South China and petroleum exploration

Chen Hongde, Ni Xinfeng, Tian Jingchun, Wei Dongxiao

(State Key Laboratory of Oil/Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 610059)

Abstract Based on establishment of regional sequence stratigraphic framework, it is believed that the regional main source rocks and cap rocks would have been formed in the transgressive system tract of the supersequence, while the high-quality regional reservoirs would be consistent with the highstand and lowstand of the supersequence. Vertically, 3 source-reservoir-cap combinations occur in the lower assemblage (Lower Paleozoic) marine carbonates in South China, and they can be divided into 5 types, including boundary type, lowstand type, transgressive type, highstand type and composite type. Each type of source-reservoir-cap combination has different features of reservoiring geology. It is suggested that reef flat limestone-dolomitized limestone/dolomite-palaeokarst are the most favorable reservoirs, palaeohigh-late structural traps are the most favorable location, and southeast Sichuan-northern Guizhou area is the frontier where exploration breakthrough would be expected in the near future.

Key words sequence stratigraphic framework; source-reservoir-cap combination; lower assemblage; system tract; hydrocarbon prospecting; new understanding; marine strata in South China

华南在地理分区上为秦岭-大别山以南、金沙江以东的中国南方广大地区。华南下组合指震旦系-志留系为主体的成藏组合。华南下组合海相地层发育较为齐全, 沉积类型多样, 生物化石丰富, 具有良好的生物地层、年代地层和沉

积相研究基础, 是进行层序地层学研究的理想地区和层位。针对华南下组合的油气勘探经历了半个多世纪, 早期在四川盆地威远发现震旦系灯影组气田, 以及黔中隆起及其周缘地区下组合古油藏以及近期川东南下志留统钻遇良好天然气

收稿日期: 2006-05-09

第一作者简介: 陈洪德(1956-), 男, 教授(博士生导师), 层序地层学与含油气盆地分析

基金项目: 国家“十五”重大科技攻关项目(2004BA616A-06-02)

显示等均说明了扬子地区下组合具有良好的油气勘探前景^[1~9]。

1 层序地层格架

根据露头层序地层学原理及工作方法,在区域地层对比和沉积体系特征研究基础上,华南海相下组合地层共识别出 10 种层序界面标识类型、4 种凝缩段及初始海泛面,划分出 7 个超层序(二级)和 50 个层序(三级),全区对比良好(图 1)^[10~11]。

震旦系划分出 8 个三级层序,分别命名为 ZSQ1—ZSQ8 其中陡山沱阶包括 4 个三级层序(ZSQ1—ZSQ4),灯影阶包括 4 个三级层序(ZSQ5—ZSQ8)。上述 8 个三级层序叠加构成二个超层序,其中 ZSQ1—ZSQ4 构成 SS1 超层序,ZSQ5—ZSQ8 构成 SS2 超层序。

寒武系中可识别出 14 个三级层序,下寒武统

包括 6 个三级层序,分别为 $\in$ SQ1— $\in$ SQ6 中寒武统包括 4 个三级层序,分别为 $\in$ SQ7— $\in$ SQ10 上寒武统包括 4 个三级层序,分别为 $\in$ SQ11— $\in$ SQ14。上述 14 个三级层序叠加构成 SS3 超层序和 SS4 超层序,SS3 超层序包含了 $\in$ SQ1— $\in$ SQ6 共 6 个三级层序,SS4 超层序包含了 $\in$ SQ7— $\in$ SQ14 共 8 个三级层序。

奥陶系中可以识别和划分出共 15 个三级层序,分别命名为 OSQ1—OSQ15 其中下奥陶统包括 OSQ1—OSQ6 共 6 个三级层序,它们构成了 SS5 超层序;中奥陶统包括 OSQ7—OSQ8 两个三级层序,上奥陶统包括 OSQ9—OSQ15 共 7 个三级层序,其中 OSQ7—OSQ10 构成 SS6 超层序,而 OSQ11—OSQ15(为五峰组内的层序构成)与后期志留系沉积构成 SS7 超层序。

志留系发育完整的剖面上可以划分出 13 个三级层序,但华南大多数地区的志留系剖面均发

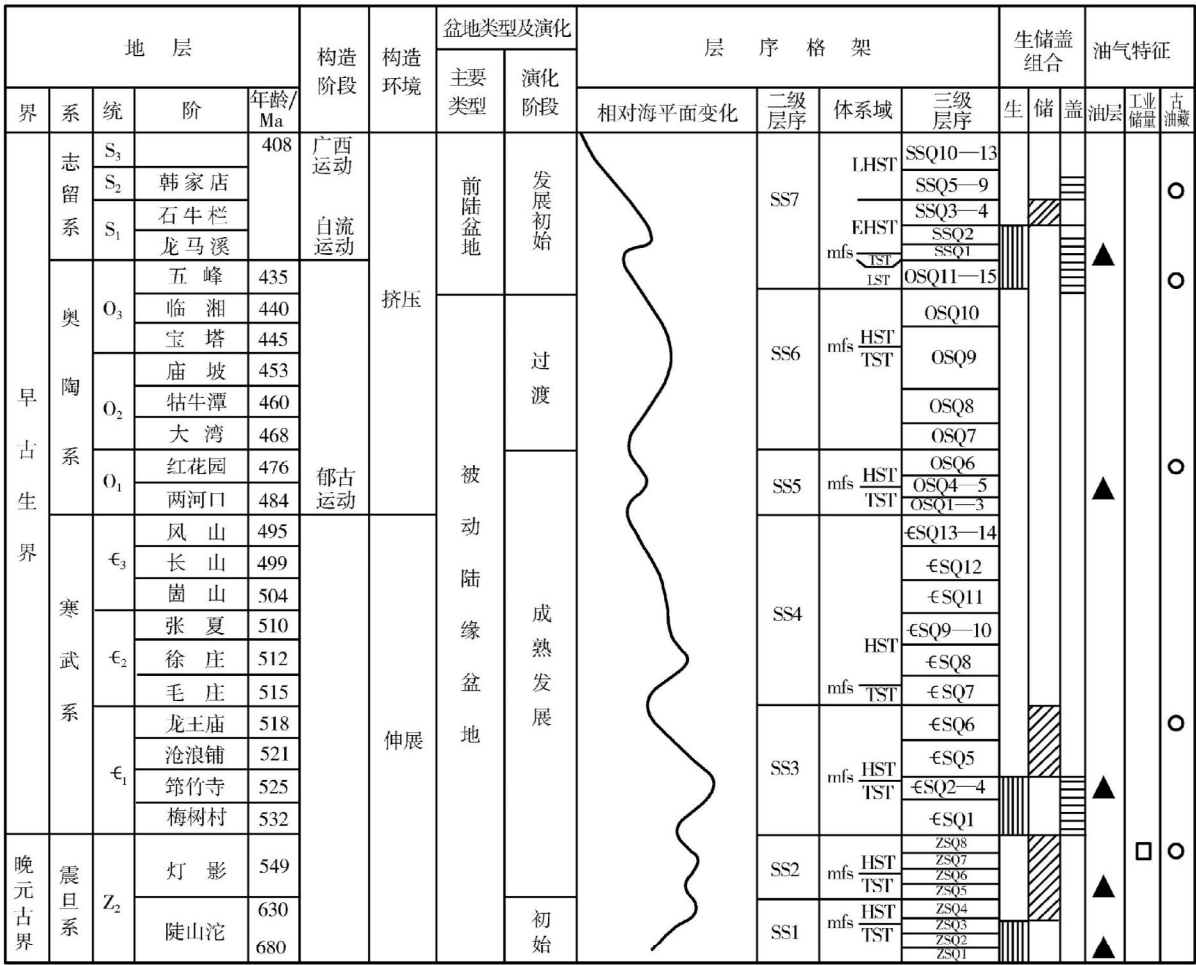


图 1 华南下组合层序格架、盆地演化及生储盖组合

Fig. 1 Sequence stratigraphic framework, basin evolution and source-reservoir-cap combinations in the lower assemblage in South China

育不全。下志留统龙马溪阶包括 2 个三级层序 (SSQ1, SSQ2), 石牛栏阶中包括两个三级层序 (SSQ3, SSQ4), 中志留统韩家店阶发育 4 个三级层序 (SSQ5—SSQ9), 而上志留统发育 3 个三级层序 (SSQ10—SSQ13)。上述 13 个三级层序与上奥陶统五峰期的 5 个三级层序 (OSQ11—OSQ15) 一起构成了 SS7 超层序。

2 主要成藏地质特征

华南海相下组合经历了多旋回盆地发展阶段, 有着复杂的盆地并列与叠合关系, 盆地的不同发展阶段经历了不同的沉积建造过程, 成藏地质特征及组合关系各自不同。其油气成藏、调整、破坏、保存所经历的地质时间长, 经历的构造运动多, 改造过程复杂, 成油气地质条件更复杂, 给油

气勘探带来了较大的困难^[12-13]。

根据四川盆地及华南地区碳酸盐岩天然气典型气藏的特征和区域构造——层序岩相古地理研究, 对华南下组合天然气成藏地质条件和规律取得如下认识。

1) 扬子板块被动大陆边缘原型盆地沉积发育了 3 套优质烃源岩 (SS1——陡山沱组, SS3——下寒武统, SS7——下志留统及下部五峰组), 是下组合成藏的物质基础。在层序格架中主要发育于超层序的海侵期。

2) 古隆起控制了组合原生油气藏形成。华南下组合 3 个主要的古隆起为: 乐山—龙女寺古隆起、黔中古隆起和江南—雪峰古隆起。它们均经历了加里东期的成长、定型, 海西—印支早、中期的持续发展, 以及印支运动以来的改造、破坏等 3 个阶段^[6-9] (图 2)。古隆起对原生油气藏的形成

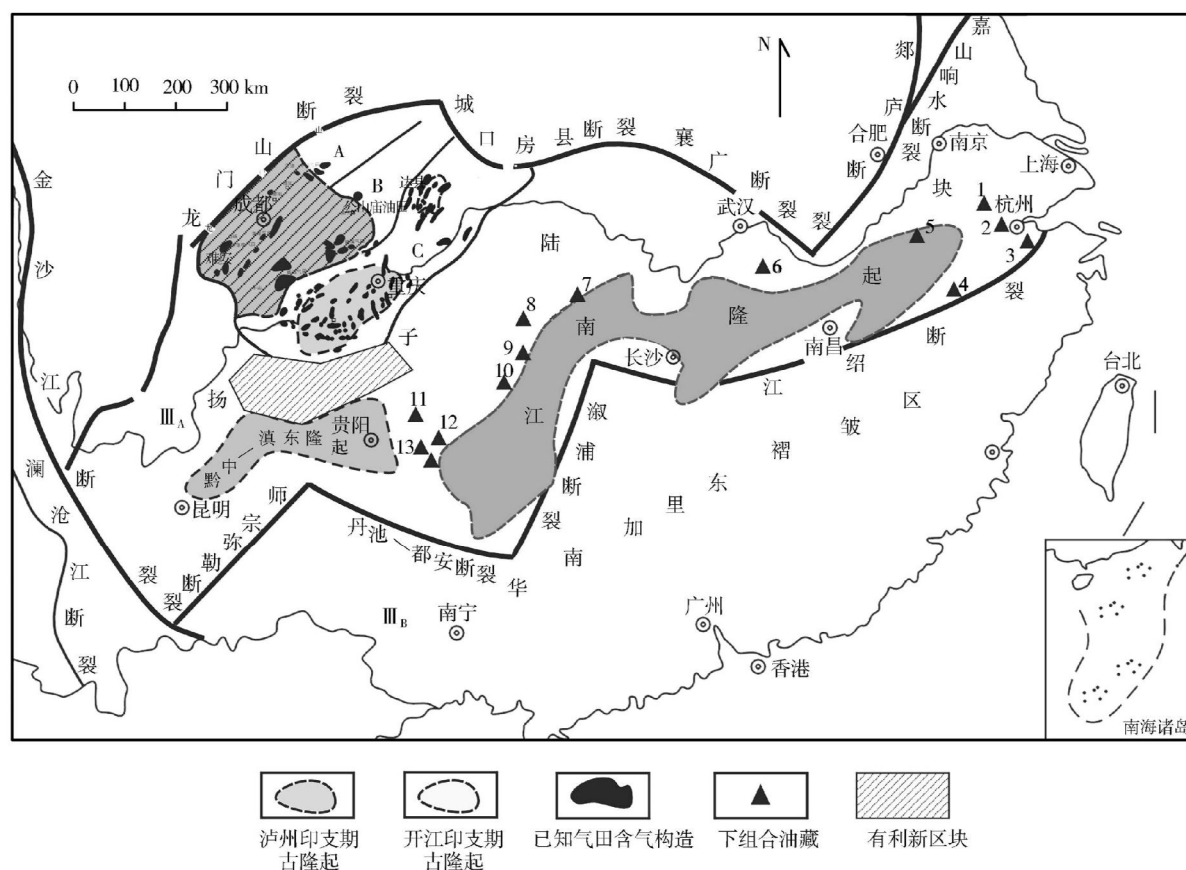


图 2 华南下组合古油气藏分布与古隆起关系^[6-9]

Fig. 2 Map showing the relationship between distribution of paleo-reservoirs and paleohighs in the lower assemblage in South China^[6-9]

A. 川西油气区; B. 川中油气区; C. 川东油气区

1. 浙西康山志留系碳沥青; 2. 浙江余杭泰山上震旦统古油藏; 3. 浙江绍兴坡塘上震旦统古油藏; 4. 浙江新塘坞上震旦统古油藏;
5. 皖南太平西山志留系碳沥青; 6. 湖北通山志留系碳沥青; 7. 湖南慈利南山坪上震旦统古油藏; 8. 湖南花垣团结下寒武统古气藏;
9. 湖南凤皇水田坪中寒武统碳沥青; 10. 贵州铜仁中寒武统古油气藏; 11. 贵州瓮安下寒武统古油藏;
12. 贵州凯里下奥陶统及下志留统古油藏; 13. 贵州麻江下奥陶统及下志留统古油藏; 14. 贵州丹寨上寒武统古油藏

起到了及其重要的作用,主要表现在以下几个方面:①古隆起控制了烃源岩的展布及演化,古隆起与生烃凹陷相伴生,隆起的斜坡带为有利烃源岩发育区;②古隆起控制了储集岩的展布,在成岩期一定程度上控制了白云岩化作用和古岩溶作用的发育程度,古隆起的斜坡带是古岩溶储层发育的最有利区带;③古隆起控制了古圈闭的形成;④古隆起是油气运移聚集的有利指向区。

3) 沉积相带控制了油气的区域分布。台缘斜坡及区域性不整合形成了孔隙性白云岩及溶蚀孔、洞等两种主要储集体类型。如四川盆地碳酸盐岩天然气藏无疑全部发育于碳酸盐岩台地和台缘区,并与白云化程度密切相关。在层序格架中有效储层主要发育于超层序界面的形成期和高位期。

4) 保存条件是南方下组合晚期成藏的关键^[14]。持续型、弱改造残余型及构造复合型保存单元是目前油气勘探较为现实的地区。

5) 后期构造运动对气藏形成有着重要影响,局部构造变异是油气富集的重要因素。经过加里东运动后,未变质的下组合,主要分布江南隆起以北的扬子古板块范围内。经过印支期—燕山期改造,下组合埋藏地腹区,主要分布在四川盆地和中、下扬子区。

6) 南方下组合具有“多源供烃、晚期调整、动态成藏”的特征。

3 层序格架中的生储盖组合类型与特征

3.1 层序格架中主力烃源岩系的时空展布和演化规律

早古生代被动陆缘盆地相、台地沉降滞留盆地相发育优质烃源岩,早古生代华南海相沉积盆地存在两种不同烃源岩发育相区:1)早古生代被动陆缘盆地相区(SS1— Z_2d SS3— ϵ_1);2)台地沉没阶段所形成的滞流盆地相区(SS7— O_3w-S_1l)。威远气田、川东石炭系、二叠系气田天然气已证实有来自下古生界烃源岩生成的天然气,因此,可以认为这类烃源岩构成扬子地区的优质烃源岩。

主力烃源岩在层序地层格架中具有如下的时

空展布及演化规律。

1) 除五峰组(O_3w)烃源岩产于SS7—LST,其余区域性的或是局部地区的主力烃源岩均形成于超层序的海侵体系域,并可连续延伸到凝缩段(图1)。

2) 在快速海侵的层序结构中,一般以发育于超层序海侵体系域下部的烃源岩质量较好,而海侵速度较缓慢的超层序,烃源岩主要发育于海侵体系域的上部,往往包含有凝缩段沉积。

3) 在以构造拉张为主的背景中,烃源岩在层序格架中的展布具有随时间推移逐步向拗陷中心迁移的变化规律,在同一超层序的海侵体系域中,一般以发育于下部三级层序中的烃源岩分布范围为最大,但厚度较薄,而发育于上部三级层序中的烃源岩分布范围逐渐收缩,但厚度增大;在挤压拗陷盆地中,同一超层序海侵体系域中的各三级层序烃源岩,有从前渊拗陷部位向前陆隆起部位逐级上超的演化特点。

4) 快速海退形成的滞留陆棚区也为烃源岩有利发育相带,在层序格架中主要产于超层序高位体系域的晚期。

5) 主力烃源岩系发育层位均出现于中国南方大地构造格局或沉积盆地性质发生重大变革的转换时期。在产出层位上与全球性的缺氧事件密切相关(图1),如SS1—TST, SS3—TST和SS7—LST—SS7—TST的烃源岩系,或与全球性的生物暴发和有机碳高速埋藏事件密切相关。在产出位置上,大都与特定的区域构造运动界面(或超层序界面)密切相关,区域构造运动越活跃的部位越有利于烃源岩系的发育。

3.2 层序格架中的区域性储集层

这里侧重讨论二级层序格架中的储集层分布。研究表明,主力区域性储层主要包括:①SS2—HST(Z_2d),在空间上主要包括两大类,一是潮坪相白云岩成因组合,广泛分布于“泛扬子地区”。二是位于华夏古陆西北缘的闽粤地区的滨浅海碎屑岩储层。②SS4—HST区域性储层(ϵ_2, ϵ_1)在平面上分布广泛,成层稳定,包括台地潮坪相白云岩组合,广泛分布于“泛扬子地区”,华夏古陆北西缘的滨浅海碎屑岩组合,沿“泛扬子地台”东南缘分布的台地边缘相沉积,呈带状分布3种类型的储集岩成因组合。两套储集岩具有较好的物性(表1)。

表 1 华南下组合主力区域储层物性简表

Table 1 Poropem characteristics of the main regional reservoirs in the lower assemblage in South China

储层	孔隙度 /%		渗透率 /($10^{-3} \mu\text{m}^2$)		孔喉半径 / μm		厚度 /m	
	范围	平均	范围	平均	范围	平均	范围	平均
S ₃	0.89~2.18	1.51	0.02~0.44	0.12		2.321	10~76	43
S ₂	0.12~1.73	0.77	0.01~3.12	1.05			0~34	17
O ₃	1.05~4.23	2.63	0.98	0.98	0.321	0.067	120~221	171
O ₂	0.45~4.22	2.24	0.08~0.30	0.12				
O ₁	0.65~1.43	1.03	0.99	0.99	0.716			
Є ₂	0.16~15.43	7.87	1.00~3.11	1.01	0.028	0.023	12~120	56
Є ₁	0.34~2.10	0.67	0.01~0.98	0.32	0.818	0.323	120~321	220
Z ₂	0.66~8.73	4.76	0.07~4.28	1.33	0.171	0.886	50~129	86

注:表中数值为各区块数据及其平均值;样品数为 1 023 个;空格无数据。

华南下组合二级层序格架内,区域性主力储层的发育和分布具有如下特征:1) 区域性二级储层的发育与全球二级海平面升降旋回中的高水位期具有明显的一致性^[11];2) 高品质的区域性储层通常与二级全球海平面变化的高水位期-低水位期相一致,表明低水位期对高水位期的叠加最有利于区域性储层的形成。但应该指出,海侵期和低水位期可以发生三级-四级储层;3) 在层序界面附近,即区域不整合面附近风化壳发育,常形成岩溶型储层次生储集岩。

3.3 二级全球海平面快速上升有利于区域盖层的形成

华南下组合层序格架中区域盖层的分布与区域烃源岩的分布基本一致,但要比区域性盖层的类型丰富,主要有 SS1-TST(Z₂d)、SS3-TST 和 HST 下部的下寒武统梅树村-沧浪铺组、SS5-TST 的下奥陶统两河口组、SS7(相当于志留系)。这些区域盖层的发育和分布主要形成于二级全球海平面快速上升时期。

1) 二级海侵体系域是最重要的区域盖层。这是由于:①海侵体系域为低沉积速率的深水相泥岩、泥灰岩、页岩或硅质岩等低孔渗型成因组合,它们结构致密,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海侵体系域为向陆或台地超覆的退积型区域性超覆体,分布稳定且广泛,有效厚度大;③由于海侵体系域的顶超、上超、下超、低超等成因特点,其封堵作用具有多类型(下伏式、上覆式、互层式、侧变式、封闭式等)、多向性(上倾、下倾、右倾、左倾等)等特点;④在海侵体系域区域盖层强大封堵压力作用

下,下伏高水位体系域中单个储集体或圈闭中的油气溢出连通,构成统一的大型油气藏。

2) 高水位体系域早期沉积是重要的区域性盖层。其原因及特点与海侵体系域的相似,但其分布范围更广泛,覆盖面积更大,更有利于油气的封盖作用。

3) 低水位体系域和高水位期的海泛、湖泊沉积及滨岸平原相等是有利的封盖岩相类型。

3.4 原型盆地层序地层格架控制了生储盖组合的发育

从某种角度讲,层序地层形成发展和层序格架的演化过程就是生储盖组合的生成演变过程,层序格架的性质、构成和特征,决定了油气生储盖组合的特征及差异性(图 1,图 3)。

1) 华南海相碳酸盐岩油气生储盖组合可划分为 5 种类型,即界面型、低水位型、海侵型、高水位型和综合型生储盖组合^[11]。与传统的生储盖组合类型相比较存在如下关系(表 2),但就华南下组合已开发的油气区而言,富油气层以综合性占主导地位。

2) 不同类型生储盖组合,其沉积地质特征各异。①界面型生储盖组合在时间上不连续,在空间上可以是直接接触的,也可以是分隔的,但两者被 I 型界面连接起来,主要表现为储层的发育、分布及储集性能等受岩溶界面的严格控制。②低水位型生储盖组合通常与风化残积作用密切相关,并受区域性高级别层序界面的明显控制。位于界面型生储盖组合之上,是典型的不连续型生储盖组合。③与高水位期相关的储集体形成于海平面相对静止-缓慢下降时期,且常与区域性白云岩

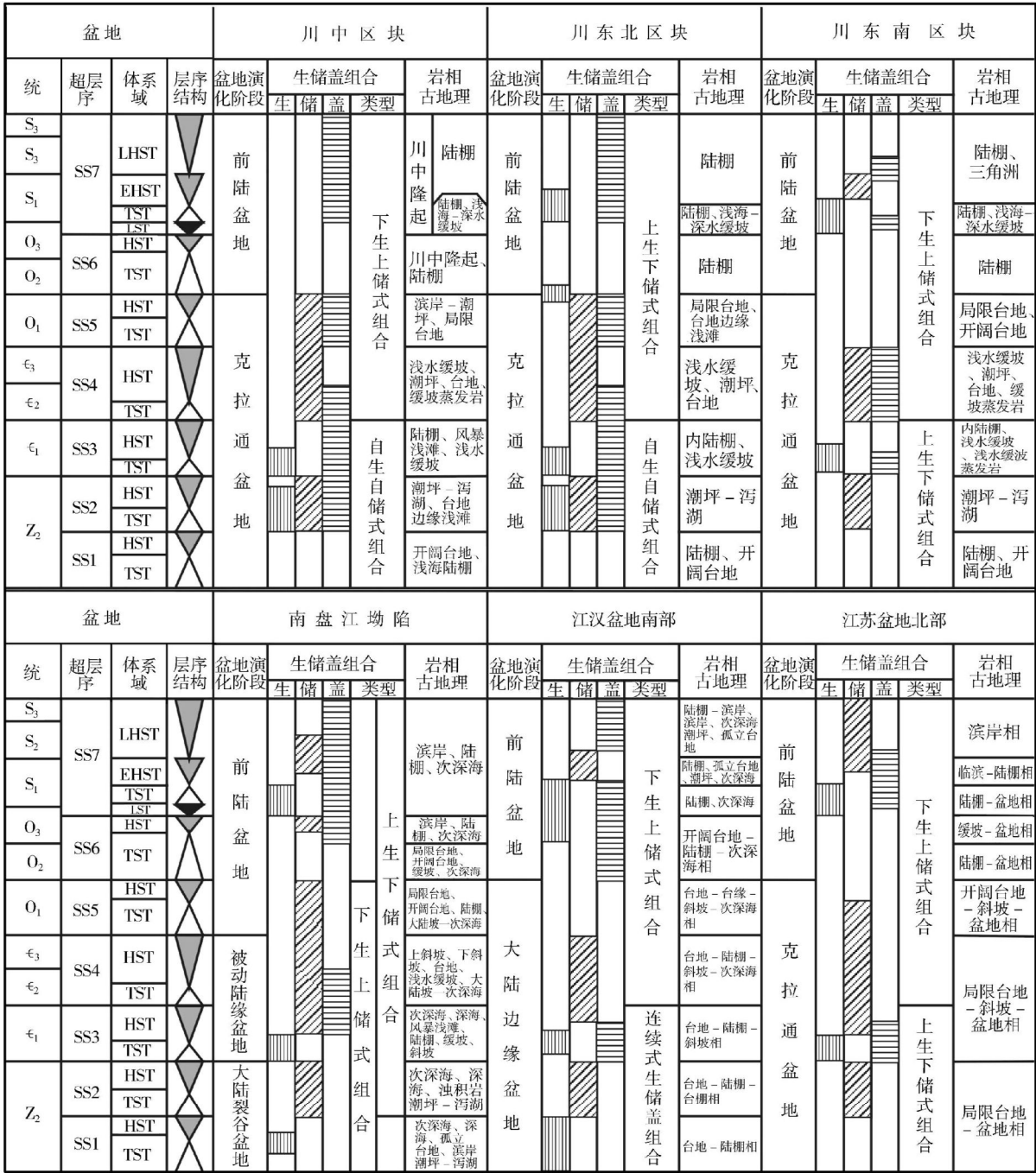


图 3 华南下组合主要区块沉积盆地演化、层序格架及含油气关系

Fig. 3 Sedimentary basin evolution, sequence stratigraphic framework and their relationship with oil-gas distribution in the main blocks in the lower marine assemblage in South China

表 2 层序地层格架内的生储盖组合与传统划分的关系

Table 2 Relationship between source-reservoir-cap combinations defined from sequence stratigraphic framework and traditional division

界面型	低水位型			海侵型	高水位型	综合型
	深水型	浅水型 (过渡型)	残积型			
上生下储式	+		✓	✓	+	✓
下生上储式	✓	✓	+	+	✓	✓
自生自储式	×	+		×		+

注: ✓为主要; + 为次要; × 为再次要。

化、区域性岩溶作用密切相关。对于未经受后期改造的高水位储层而言,生储盖连续分布;对于与岩溶储层共生的或受后期岩溶或风化剥蚀叠加改造的高水位储层来说,生储盖组合为不连续型。

④综合型往往是前几种组合的综合,因而兼具多种组合的特点。

3) 不同类型生储盖组合具有不同的油气地质意义。界面型生储盖组合油气组合有效性较差;低水位型规模较小,但有效性好、运移条件最佳;海侵型生储盖组合储集体规模较小,但盖层封闭能力强;高水位型生储盖组合油气丰富,在所有成因类型中规模最大、分布最广,具有区域对比性和全球成因特点;综合型生储盖组合规模大、分布广泛且稳定,油气源具有多源性、多期性、多成因等特点^[15]。

4) 华南下组合纵向上总体存在 3 套生、储、盖组合。第一套是以上震旦统陡山沱组、下寒武统牛蹄塘组暗色泥岩为烃源岩层—上震旦统灯影组藻白云岩为储层—下寒武统大套泥质岩为盖层的生、储、盖组合,以超层序格架中的高水位型为主,其次为界面型和综合型,传统划分上为下生上储式。广泛分布于四川盆地、黔中隆起及其周缘、湘鄂西等区块。第二套是以上震旦统陡山沱组、下寒武统牛蹄塘组暗色泥岩为烃源岩,中上寒武统、下奥陶统碳酸盐岩为储层,志留系大套泥岩为盖层的生、储、盖组合,以超层序格架内的高水位型为主,其次为综合型和海侵型,传统上划分为下生上储式。广泛分布于四川盆地、黔中隆起及其周缘、湘鄂西等区块。第三套是以上奥陶统五峰组至下志留统龙马溪组的大套暗色泥岩为烃源岩层,以志留系石牛栏组灰岩及砂岩为储层,中下志留统韩家店的大套泥质类为盖层的生、储、盖组合,以超层序格架内的高水位型为主,传统上划分为下生上储式。主要分布于川东南—黔中隆起北缘地区。总之,从成因层序上来讲,上述 3 套生储盖组合基本属于高水位型,传统划分上均属于下生上储式。除上述 3 套主力生储盖组合外,尚有若干套地区性生储盖组合(图 3),5 种类型的生储盖组合均存在,但以综合型占主导地位,其次为高水位型和海侵型,传统上划分以下生上储式为主,其次为上生下储式,少部分为自生自储式。

4 主要结论及勘探方向

1) 华南下组合地层共识别出 10 种层序界面标识类型、4 种凝缩段及初始海泛面,划分出 7 个超层序(二级)和 50 个层序(三级),全区对比良好。

2) 区域性主力烃源岩及盖层主要形成于超层序的海侵体系域,烃源岩则可连续延伸到凝缩段。高品质的区域性储层通常与二级全球海平面变化的高水位期—低水位期相一致;华南下组合海相碳酸盐岩油气生储盖组合划分为界面型、低位型、海侵型、高位型和综合型 5 种类型。不同类型的生储盖组合沉积地质特征及油气地质意义存在差异。

3) 最有利储层:礁滩相灰岩—白云化或白云岩—古岩溶。华南海相地层中的礁滩相灰岩储层发育状况明显受层位的控制,基本特点为早古生代的礁滩相地层发育层位相对较少,主要发育于 SS3— ϵ_1 , SS5— O_1 和 SS7— S_1 等有限的几个层位中。白云岩是华南海相地层中最常见的储层类型,其发育层位最多、分布面积最广、厚度巨大,储层物性最好。如四川盆地上震旦统灯影组白云岩,中上寒武统白云岩及下志留统石牛栏组白云岩等。古岩溶型碳酸盐岩储层是华南海相地层中最重要的储层类型之一,其发育层位众多、分布面积广,厚度较大,不仅储层物性较好,而且往往具有良好的生储盖配置条件。发育有古岩溶型储层的地区和层位较多,计有川西、川中、川南、黔北和下扬子地区的灯影组与上寒武统洗象池组古岩溶储层。

4) 最有利部位:古隆起——后期构造圈闭。华南下组合 3 个主要的古隆起对原生油气藏的形成起到了极其重要的控制作用。古隆起及其与之相关的隆坳格局的形成控制了烃源岩的空间展布。古隆起是储层发育的有利部位,同时又是古圈闭发育的有利构造部位,对圈闭的形成具有控制作用。因此古隆起是油气运聚的有利指向区。如黔中隆起、黔南坳陷及黔北坳陷等下组合有利勘探区带,目的层系众多,是实施油气兼探的重点地区。

5) 最有希望尽快取得突破的新区块:川东南—黔北地区(图 2)。该地区 SS3 和 SS7 主力烃源岩发育,分别与中、上寒武统的白云岩与古岩溶

体和志留系的碳酸盐岩及小河坝砂岩储层构成较好的生储组合,纵向上,下寒武统和志留系两套区域性盖层具有优越的油气封盖能力。虽然后期受到改造,但总体面貌未受明显破坏,保持相对稳定。加里东晚期,川中古隆起形成,在此构造背景条件控制下,海相油气围绕着生油凹陷向古构造斜坡上倾方向运移,并在古隆起部位形成圈闭。从资源量分析,下组合资源潜力大,但勘探程度低。因此,该地区是有望近期取得突破的新区块。

参 考 文 献

- 1 李国辉,李翔,杨西南.四川盆地加里东古隆起震旦系气藏成藏控制因素[J].石油与天然气地质,2000,21(1):80~82
Li Guohui, Li Xiang, Yang Xinan. Controlling factors of Sinian gas pools in Caledonian paleouplift Sichuan basin [J]. Oil & Gas Geology, 2000, 21(1): 80~82
- 2 罗志立,刘顺,徐世琦.四川盆地震旦系含气层中有利勘探区块的选择[J].石油学报,1998,9(4):1~7
Luo Zhili, Liu Shun, Xu Shi qi. Selection of favorable area of exploration in Sinian bearing gas formation of Sichuan basin [J]. Acta Petrolei Sinica, 1998, 9(4): 1~7
- 3 徐世琦.加里东古隆起震旦—寒武系成藏条件[J].天然气工业,1999,19(6):7~10
Xu Shi qi. Conditions of forming reservoirs in Sinian—Cambrian of Caledonian ancient uplift [J]. Natural Gas Industry, 1999, 19(6): 7~10
- 4 邓涛.四川盆地加里东古隆起的构造机制和成藏模式[J].石油实验地质,1996,18(4):356~360
Deng Tao. Tectonic mechanism and pooling model of the Caledonian paleoswell in Sichuan basin [J]. Petroleum Geology & Experiment, 1996, 18(4): 356~360
- 5 徐世琦,洪海涛,师晓蓉.乐山—龙女寺古隆起与下古生界含油气性的关系探讨[J].天然气勘探与开发,2002,25(3):10~15
Xu Shi qi, Hong Haitao, Shi Xiaorong. Discussion on the relationship of the Leshan-Longnushi paleouplift and petroliferous property of Lower Palaeozoic strata [J]. Natural Gas Exploration & Development, 2002, 25(3): 10~15
- 6 李晓清,汪泽成,张兴为,等.四川盆地古隆起特征及对天然气的控制作用[J].石油与天然气地质,2001,22(4):347~351
Li Xiaoqing, Wang Zecheng, Zhang Xingwei, et al. Characteristics of Paleouplifts in Sichuan basin and their control action on natural gases [J]. Oil & Gas Geology, 2001, 22(4): 347~351
- 7 赵宗举,朱琰,邓红婴,等.中国南方古隆起对中、古生界原生油气藏的控制作用[J].石油实验地质,2003,25(1):10~17
Zhao Zongju, Zhu Yan, Deng Hongying, et al. Control of Paleouplifts to the Meso-Paleozoic primary oil and gas pools in the south of China [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2003, 25(1): 10~17
- 8 赵宗举,朱琰,徐云俊.中国南方古生界—中生界油气藏成藏规律及勘探方向[J].地质学报,2004,78(5):710~720
Zhao Zongju, Zhu Yan, Xu Yunjun. Formation rules and prediction of exploration targets of Paleozoic—Mesozoic oil-gas reservoirs in southern China [J]. Acta Geologica Sinica, 2004, 78(5): 710~720
- 9 赵宗举,朱琰,王根海,等.叠合盆地油气系统研究方法——以中国南方中、古生界为例[J].石油学报,2002,23(1):11~18
Zhao Zongju, Zhu Yan, Wang Genhai, et al. The studying method of petroleum system in superposition basin as an example by analyzing Mesozoic & Paleozoic in southern China [J]. Acta Petrolei Sinica, 2002, 23(1): 11~18
- 10 陈洪德,侯明才,许效松,等.加里东期华南的盆地演化与层序格架[J].成都理工大学学报(自然科学版),2006,33(1):1~8
Chen Hongde, Hou Mingcai, Xu Xiaosong, et al. Tectonic evolution and sequence stratigraphic framework in South China during Caledonian [J]. Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition), 2006, 33(1): 1~8
- 11 陈洪德,覃建雄,田景春,等.中国南方古生界层序格架中的生储盖组合类型及特征[J].石油与天然气地质,2004,25(1):62~69
Chen Hongde, Qin Jianxiong, Tian Jingchun, et al. Types and features of source-reservoir-cap rock combinations in Paleozoic sequence in southern China [J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(1): 62~69
- 12 赵宗举,俞广,朱琰,等.中国南方大地构造演化及其对油气的控制[J].成都理工大学学报(自然科学版),2003,30(2):155~168
Zhao Zongju, Yu Guang, Zhu Yan, et al. Tectonic evolution and its control over hydrocarbon in southern China [J]. Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition), 2003, 30(2): 155~168
- 13 沃玉进,肖开华,周雁,等.中国南方海相层系油气成藏组合类型与勘探前景[J].石油与天然气地质,2006,27(1):11~16
Wo Yujin, Xiao Kaihua, Zhou Yan, et al. Types of marine plays in southern China and exploration prospects [J]. Oil & Gas Geology, 2006, 27(1): 11~16
- 14 马永生,楼章华,郭彤楼,等.中国南方海相地层油气保存条件综合评价技术体系探讨[J].地质学报,2006,80(3):406~417
Ma Yongsheng, Lou Zhanghua, Guo Tonglou, et al. An exploration on a technological system of petroleum preservation evaluation for marine strata in south China [J]. Acta Geologica Sinica, 2006, 80(3): 406~417
- 15 Smith G T. Tectonic and eustatic signals in the sequence stratigraphy of the Upper Devonian, New York [J]. AAPG Bull, 2001, 85(2): 309~325

(编辑 高 岩)