

四川西昌盆地下二叠统层序特征及充填模式

单莉莉¹, 覃建雄¹, 胡思涵²

(1. 成都理工大学 地球科学学院, 成都 610059;

2. 成都理工大学 沉积地质研究院, 成都 610059)

摘要: 四川西昌盆地下二叠统的地层划分对比争议较大, 油气勘探程度低。本文通过详细的露头层序地层学研究, 结合层序地球化学方法和原理, 对西昌盆地下二叠统进行了层序划分和对比, 结果表明: 西昌盆地下二叠统地层可划分为1个二级层序、2个层序组和6个三级层序; P_1q 层序组构成下二叠统二级层序的LST和TST, 层序4下部发育的(茅口组底部)凝缩层相当于二级层序的最大海泛面, 而 P_1m 中上部(包括层序4中上部、层序5、6)则构成HST; 西昌地区下二叠统层序发育形成过程, 总体表现为海平面上升和盆地不断向古陆超覆; 沉积序列、古氧相含量、锶含量、碳氧同位素和TOC的变化旋回揭示西昌盆地早二叠世经历了六次三级海平面变化旋回(六个三级层序), 在华南地区乃至全球范围内均可进行对比; 建立的层序充填模式揭示出早Hessian早期全球海平面上升, 盆地不断向古陆超覆, 奠定了早二叠世西昌海域盆地的轮廓, Roadian早期海平面上升达到最高位, 并沉积一套整个华南均可对比的眼球状灰岩或页状藻灰岩, Capitanian晚期全球构造海平面下降, 结束了西昌地区克拉通盆地的演化阶段。

关键词: 层序地层; 等时地层界面; 下二叠统; 海平面变化; 沉积充填; 西昌盆地

中图分类号: P534.46 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-9901(2014)01-0023-07

Sequence stratigraphy of Lower Permian of Xichang Basin, Sichuan

SHAN Li-li¹, QIN Jian-xiong¹, HU Si-han²

(1. College of Tourism and Urban-Rural Planning, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China;

2. Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: The stratigraphic division and correlation of the Lower Permian from Xichang Basin of Sichuan are controversial. Guided by principle of sequence stratigraphic geochemistry, and combined with the detailed studying of outcrop, sequence stratigraphy of the Lower Permian in Xichang Basin was researched and contrasted. One second order sequence, two sequences group and six third order sequences was divided. The second order sequence was constituted with LST, TST, MFS (maximum flooding surface), and HST. LST and TST was Equivalent to P_1q . MFS is the condensed section which developed near the bottom of the 4th third order sequence. HST was Equivalent to the upper part of P_1m which included the upper part of the 4th third order sequence, the 5th and the 6th third order sequences. During the development of the sequence stratigraphy in Xichang Basin, the sea-level had been rising and the sediment always deposited up to the Ancient Land. So many aspects such as sedimentary succession, content of pale oxygenation, content of Strontium, the variations in carbon and oxygen isotopic values and TOC uncovered that Xichang Basin undergo six times sea level rising and falling during the Middle Permian, which means occur six third order sequence. It could correlate with southern China and even

收稿日期: 2014-01-05

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2009BAH50B02)

通讯作者: 单莉莉, E-mail: shanlili111@163.com

within the scope of the world. The established filling model of sequence had revealed that global sea-level rising had taken place in early Hessian and basin continued overlapping the ancient land, and during this stage the outling of Xichang basin formed. In the early stage of Roadian, the sea-level rising reached the highest, and deposited a set of augen limestone or sheet algal limestone which can be founded in south China. In the late stage of Capitanian, the sea-level falled, and it ended the stage of evolution of cratonic basin in Xichang area.

Key words: sequence stratigraphy; isochronous stratigraphic surfaces; Lower Permian; eustatic change; sedimentary filling; Xichang Basin

西昌盆地为一南北向展布的构造盆地,西以安宁河断裂为界,东以峨边断裂为界,南为则木河断裂,北至大渡河(王运生和李云岗,1996;刘丽华等,2003)。大地构造上位于扬子地台西缘,早二叠世时处于华南内陆克拉通盆地或上扬子浅海的西域(许效松等,1997a,1997b)。沉积盆地具有西为古陆、向东水体逐渐加深、相带呈SN向展布的古地理格局,发育了一套以局限-半局限台地、开阔台地相为主的海侵型碳酸盐岩序列(覃建雄等,2001;罗志立等,2008;伏明珠和覃建雄,2011)。下二叠统地层自下而上分别为栖霞组(包括底部的梁山组)和茅口组。这两套岩石地层的地质研究程度较高,但争议较大,如:西昌盆地早二叠世“阶”的顶底界限不够明确;二叠系底界如何划分;下二叠统岩石地层与西南其他地区对比难度较大(覃建雄,2009)。四川盆地及其周缘仍然是目前油气勘探的重点地区,西昌盆地与四川盆地相邻,初步的研究表明下二叠统具有一定的勘探潜力,但是有关该地区的油气地质研究程度低(冉隆辉等,2006;吴月先等,2009)。层序地层学是一门研究地层形成演化过程的学科(钱奕中等,1994),西昌盆地下二叠统层序地层研究能够为解决该地区的地层划分对比提供新的思路,为油气勘探研究奠定基础。本文利用层序地层学理论和技术方法,通过系统的野外露头层序界面识别和地球化学方法,对西昌盆地下二叠统进行了层序地层研究,分析了层序界面性质和特征、初始海泛面、最大海泛面,建立了该地区的层序地层划分方案,认识了各层序的发育特征,建立了西昌盆地下二叠统层序沉积模式。

1 等时地层界面

等时地层界面并非单一的某种接触关系,而

是多种事件的综合产物或多种关系的组合(钱奕中等,1994)。西昌盆地下二叠统栖霞组(包括底部的梁山组)和茅口组化石丰富,尤以底栖腕足、蜓类、珊瑚最多,为区域层序的建立和等时对比奠定了重要基础。由于早二叠世末东吴运动影响,造成华南地区广泛分布的下二叠统茅口组顶部古岩溶地貌,并覆盖了200~4000 m的中二叠统玄武岩。关于二叠系底界问题,历来争论剧烈。根据国际统一划分方案和原则,结合生物地层研究成果,认为二叠系底界应在Asselian底部,即以相当马平组上部的Wolfcampian(或Sarkmarian和Asselian)期地层作为二叠系下统(Galloway,1992)。但考虑到华南地区栖霞组和马平组之间为一II类构造运动面(相当于I型层序界面),加之区内广泛缺失石炭纪地层,故仍将栖霞组底部作为二叠系底界,以便进行露头层序地层学研究。总体上,根据岩石组合特征和界面成因不同,在西昌地区识别出的几种界面如下所述。

1.1 I型层序界面

相当于Vail et al(1991)和Galloway(1992)关于成因层序地层学的I类海变面,在区内包括下二叠统顶、底不整合界面。

1.1.1 下二叠统底部不整合界面

该界面由微角度不整合面、侵蚀间断面及相应的整合面组成,以下伏地层的不均衡剥蚀和上覆地层普遍存在底砾岩或古风化壳为标志,它是大陆板内起因的区域性构造运动的产物,即相当于Galloway等的II类构造运动面。该界面在我国南方主要表现为二叠系-石炭系之间的平行不整合接触关系,全区均可对比(王鸿祯和史晓颖,1998)。在西昌地区作为黔桂运动的产物,表现为下二叠统直接超覆于泥盆纪地层之上,其间缺失石炭系。在北美相当于Leonardian—

Wolfcampian 间广泛分布的不整合面。可见具有全球对比意义。

1.1.2 下二叠统顶部不整合界面

亦相当于 Galloway 等的 II 类构造运动面。作为上、下二叠统之间的界面, 代表早二叠世末东吴运动产物, 表现为华南地区下二叠统茅口组顶部广泛分布的古岩溶地貌。在上扬子和中扬子西南地区, 中海西阶段 (C_1-P_1) 的内陆克拉通盆地结束较早, 剥蚀面和地层缺乏标志十分明显; 在中下扬子大部地区则表现为残留陆表海盆地逐渐退缩的地层格架 (许效松等, 1997b; 罗志立等, 2008; 伏明珠和覃建雄, 2011); 在西昌地区, 作为不同性质沉积盆地之间的构造运动转换面, 除了造成下二叠统茅口组上部地层和相应生物带缺失以及广泛分布的古喀斯特现象外, 还导致其上 0.5~5 m 不等的风化壳残积相和 200~4000 m 巨厚中二叠统玄武岩 ($P_2\beta$) 堆积。在北美该界面相当于 Vail et al (1991) 提到的全球二级旋回曲线中第 4 个旋回顶部的区际不整合面。说明具有全球成因特点。

1.2 II 型层序界面

实为相对短周期的沉积暴露或间断面, 相当于成因层序地层学的 II 类海变面。在西昌地区共识别出 5 个 II 型层序界面, 其标志主要包括: ①明显的沉积相突变面或剖面结构转换面; ②早期古喀斯特面凹凸不平; ③混合水成因的白云岩帽或钙质壳; ④淡水胶结充填作用; ⑤水平带状分布的淡水淋蚀孔洞缝带; ⑥地球化学标志 (图 1): 古氧值、孔隙度及渗透率高, 强阴极发光, 极低的 $\delta^{18}O$ 值和 Sr 含量, 较高的 $\delta^{13}C$ 值等。若结合生物带和其他等时地层界面资料, 这些 II 型界面在全区甚至华南地区均可进行追踪和对比。

1.3 最大海泛面或凝缩层

相当于成因层序地层学的 III 类海变面。西昌不同古地理及相带背景, 其特征各异。在下缓坡主要表现为黑色薄层眼球状灰岩或页状藻灰岩夹硅质条带, 出现底栖及浮游生物群, 发育磷和锰灰结核, 如第 4 个凝缩层, 在整个华南地区广泛分布, 实为一等时地层单元; 在中缓坡的台地背景出现富含蜓、有孔虫的泥晶灰岩或具密集水平生物活

动遗迹的泥晶灰岩薄层, 如第 2、3、5、6 凝缩层。由于第 2、3 个相当凝缩层中夹有硅质条带且发育硅藻和放射虫等浮游相生物组合, 笔者认为它们分别相当于中下扬子地区 P_1q 的第 1、2 套硅质岩层, 显然具区域对比意义; 在上缓坡潮缘背景, 表现为陆源碎屑-碳酸盐混合沉积中的薄层海相夹层, 如第 1 个相当凝缩层。

此外, 区内相当凝缩层具有如下地球化学特征 (见图 1): 有机碳、总烃含量、Sr 含量及 $\delta^{18}O$ 值最高, 古氧含量及 $\delta^{13}C$ 值最低, 孔隙度及渗透率最低, 阴极发光弱。

1.4 初始海泛面

在西昌地区下二叠统中数量较多, 最典型的有 6 个。除第 1 层序中的初始海泛面作为 TST 和 LST 界面外, 其余均与下伏层序顶部暴露面或层序界面相吻合 (图 1)。在不同古地理背景, 其特征略有不同。下缓坡表现为灰岩与硅质灰岩或泥硅质灰岩的岩相转换面, 如第 4 个层序底部的初始海泛面; 在中缓坡主要表现为局限或开阔台地相碳酸盐岩沉积直接超覆在具暴露特征的台内滩或潮坪沉积之上, 并发育一不整合侵蚀面, 其上通常见到 0~1 cm 的砾屑灰岩, 如第 2、3、5、6 个初始海泛面。此外, 在中、下缓坡背景, 初始海泛面之上通常为一退积型准层序组; 上缓坡的陆缘潮坪背景则表现为含生物泥灰岩或生物粉砂泥灰岩直接超覆于碎屑岩或含煤岩系之上, 并见有起伏不平的浪蚀现象和冲刷面, 如第 1 个初始海泛面, 在该背景下, 初始海泛面之上通常为进积型准层序组或 HST, 下部缺失 TST。相当初始海泛面层段地球化学标志介于 HST 和 TST 之间, 但较为接近凝缩层或最大海泛面 (图 1)。

2 层序划分对比及充填模式

在详细露头层序分析之基础上, 根据高分辨率等时地层界面、体系域特征及其在层序中的叠置关系 (方石等, 2000; 何玉平等, 2003), 结合生物化石带和地球化学资料, 将西昌地区时限 20 Ma 的早二叠世地层划分为 1 个二级层序、2 个层序组 (即 P_1q 和 P_1m) 和 6 个三级层序 (图 1)。

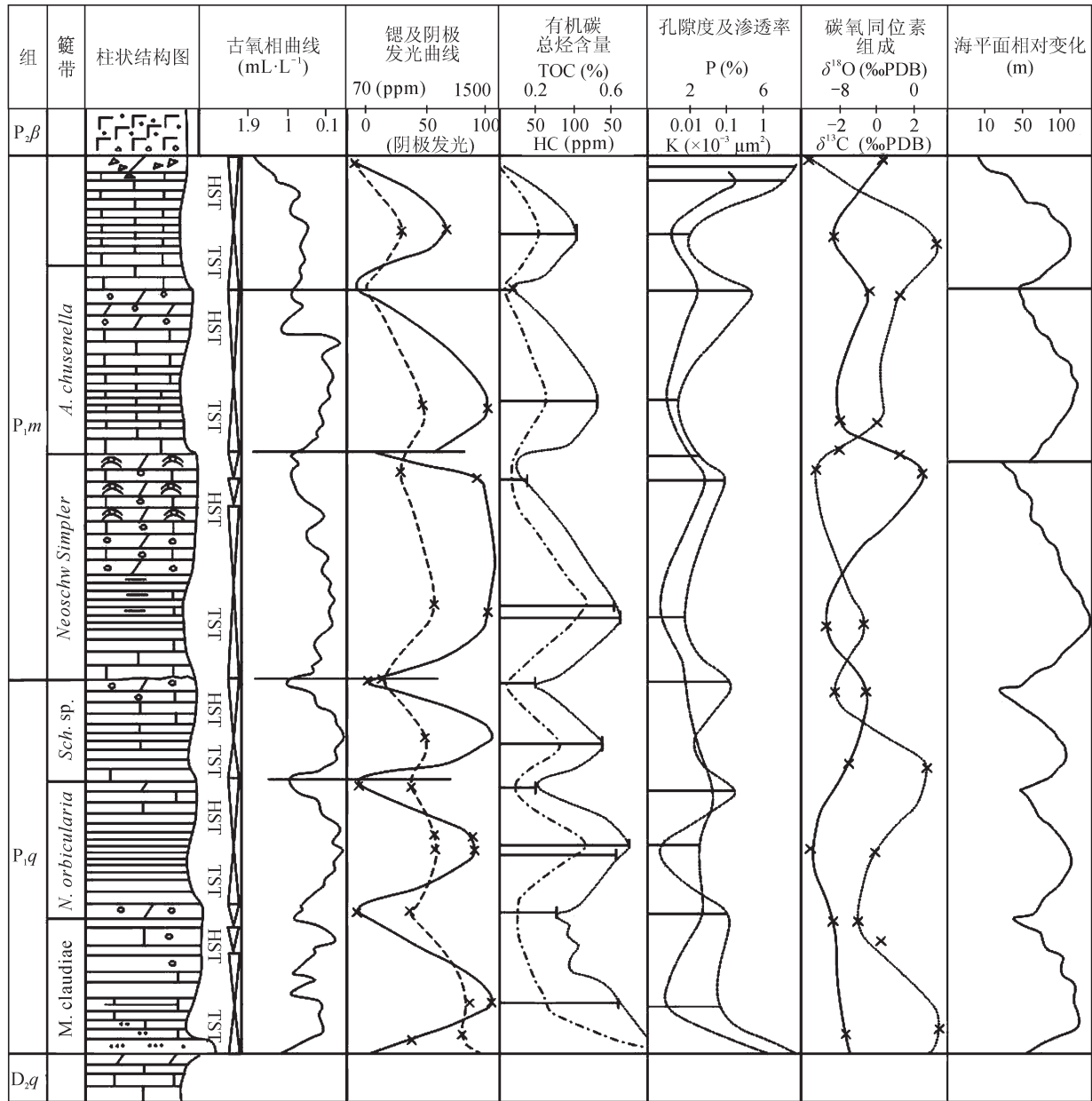


图 1 西昌盆地层序地层划分及地球化学特征
Fig.1 Sequence stratigraphy and geochemistry of Xichang Basin

第一个层序组（包括层序 1、2、3）是在准平原化的前二叠纪基底之基础上，全球石炭 - 二叠纪主冰期后极地冰盖逐渐消融导致全球海平面上升背景下多种因素联合作用的结果。当时，本区仍保持残余冰期气候条件，环境具有沉积基底起伏小、海水相对偏凉、水深差异不大、能量较低、盆地缺氧现象明显等特点。因此，在层序 1、2、3 中，岩相相对稳定，炭泥质含量显著偏高，浅水化石较少，缺乏生物礁，白云岩化微弱，鲕粒、球粒、核形石等少见，富含有孔虫 - 软体运动骨骼组合、

冷水矿物六水碳钙石 (Ikaite) 广泛发育。除层序 1 底部发育 LST 海陆过渡 - 三角洲相进积复合砂体沉积外，层序 2、3 均只由 TST 和 HST 构成。其中 TST 通常由局限台地（或台洼）黑灰色中薄层炭质灰岩夹炭泥质灰岩退积型准层序组构成，发育 *Zoophycos* 等反映缺氧沉积的遗迹群。其上相当凝缩层为一套黑色灰质炭泥岩和炭泥质灰岩组合，偶夹硅质条带和含黄铁矿页岩，发育浮游组合生物化石， $\delta^{13}\text{C}$ 值达到最低值（即 $\delta^{13}\text{C}$ 事件，图中 TST 通常由局限台地（或台洼）黑灰色中薄

层炭质灰岩夹炭泥质灰岩退积型准层序组构成, 发育 *Zoophycos* 等反映缺氧沉积的遗迹群。其上相当凝缩层为一套黑色灰质炭泥岩和炭泥质灰岩组合, 偶夹硅质条带和含黄铁矿页岩, 发育浮游组合生物化石, $\delta^{13}\text{C}$ 值达到最低值 (即 $\delta^{13}\text{C}$ 事件, 图 1), 古氧含量最小, 有机碳及总烃含量达最高值; HST 为中厚层深灰色含蜓泥晶灰岩和生物微晶灰岩夹硅灰质条带, 局部夹中高能加积型滩相沉积, 中上部含 *Tubiphytes* 等藻类化石, 反映较浅水的潮坪环境产物。与 P_{1m} 期 HST 沉积相比, 该期 HST 的古氧含量、孔隙度、渗透率、 $\delta^{13}\text{C}$ 值相对较低, 有机碳及总烃含量明显偏高。

继 P_{1q} 期地壳稳定发展阶段之后, P_{1m} 期活动相对增强, 差异升降较为显著。古地理格局表现为在台地背景上台洼、台内礁滩相间发育。环境水体偏暖, 较充氧, 水深及能量变化大。因此, 第二个层序组 (包括层序 4、5、6) 总体表现为岩相及厚度变化大, 浅水生物发育, 礁滩广泛分布, 古氧值、孔隙度和渗透率相对较高, 有机碳、总烃含量值相对较低 (图 1), TST 和 HST 特征差异明显。其中, 在 TST 主要以台洼相中薄层深灰色含有孔虫泥晶灰岩和灰泥岩组合为主; HST 主要表现为台内礁滩相沉积。顶部暴露面特征显著, 从而造成层序 4、5、6 地球化学曲线旋回性特征比层序 1、2、3 相对明显。

根据下二叠统顶、底 I 型层序界面, 区内下二叠统 I 型二级层序对应于华南地区的第一沉积幕, 结合有孔虫和蜓带对比, 可与北美的 Leonardian—Guadalupian 构造旋回层相当。由于第 4 个相当凝缩层为一区域分布的等时地层单元且在整个华南地区均可追踪, 加之前述第 2、3 个相当凝缩层分别与中下扬子两套硅质岩层相对应, 结合高分辨率层序界面对比, 笔者认为通过这些等时地层界面限定的层序 1、2、3、4、5、6 实属区域性分布的等时地层单元, 显然它们具有区域对比意义。通过上述诸等时地层界面及其限定的等时地层单元, 结合蜓及有孔虫带对比资料, 区内 P_{1q} 中的层序 1、2、3 分别相当于北美的 Moran、Putnam 和 Admiral 层序, 而 P_{1m} 中的层序 4、5、6 分别相当于 Chinatank、WillisRanch 和 AppleRanch 层序。但北美 Leonardian 底部和 Guadalupian 顶部分别多 1 和 2 个层序, 其原因可能有: ①早二叠世初、末

期构造抬升剥蚀; ②全球海平面变化相关效应的特殊性; ③盆地构造性质及其特殊性; ④大地构造背景或位置的差异性; ⑤与世界性特提斯洋的距离不同, 层序模式及演化亦不尽相同。

西昌地区早二叠世层序演化构成华南中海西阶段内陆克拉通盆地演化的一部分, 海侵源于北部的秦岭海槽和南端的印支海槽, 其成生、发展及演化受早二叠世气候、构造沉降、物源供给及海平面的综合控制。

根据层序发育特征, 建立了该地区早二叠世沉积层序充填模式, 代表有 6 次三级海平面相对升降周期 (图 2)。但主要有几次大的海平面升降旋回控制着西昌盆地乃至华南早二叠世盆地演化、充填和古地理配置, 即 Hessian 早期 (P_{1q} 早期)、Roadian 期 (P_{1m} 早期) 和 Capitanian 期 (P_{1m} 晚期)。其中, 早 Hessian 早期全球海平面上升除了造成西昌地区及整个华南地区前二叠纪风化准平原的广泛淹没和盆地不断向古陆超覆, 而且奠定了早二叠世华南海域面积及轮廓。Roadian 早期的全球海平面上升导致华南海平面上升达到最高位, 并沉积一套整个华南均可对比的眼球状灰岩或页状藻灰岩沉积组合。Capitanian 晚期全球构造海平面下降, 造成华南地区 P_{1m} 顶部广泛分布的古岩溶地貌, 并导致上部地层及相应生物带的缺失, 最终结束西昌地区内陆克拉通盆地的演化阶段, 并进入晚二叠世—早三叠世伸展裂谷海盆地发展阶段。

3 结论

(1) 系统研究了西昌盆地下二叠统地层发育特征、生物化石带和地球化学特征, 首次识别出 1 个二级层序、2 个层序组和 6 个三级层序。 P_{1q} 层序组构成下二叠统二级层序的 LST-TST, 层序 4 下部 (P_{1m} 层序组底部) 凝缩层相当于二级层序的最大海泛面, 而 P_{1m} 中上部 (包括层序 4 中上部、层序 5、6) 则构成 HST。

(2) 西昌地区下二叠统层序发育形成过程总体表现为海平面上升和盆地不断向古陆超覆拓展演化过程。沉积序列、古氧相含量、铍含量、碳氧同位素和 TOC 的变化旋回揭示西昌盆地早二叠世经历了六次三级海平面变化旋回, 即六个三级层序, 在华南地区乃至全球范围内均可进行对比。

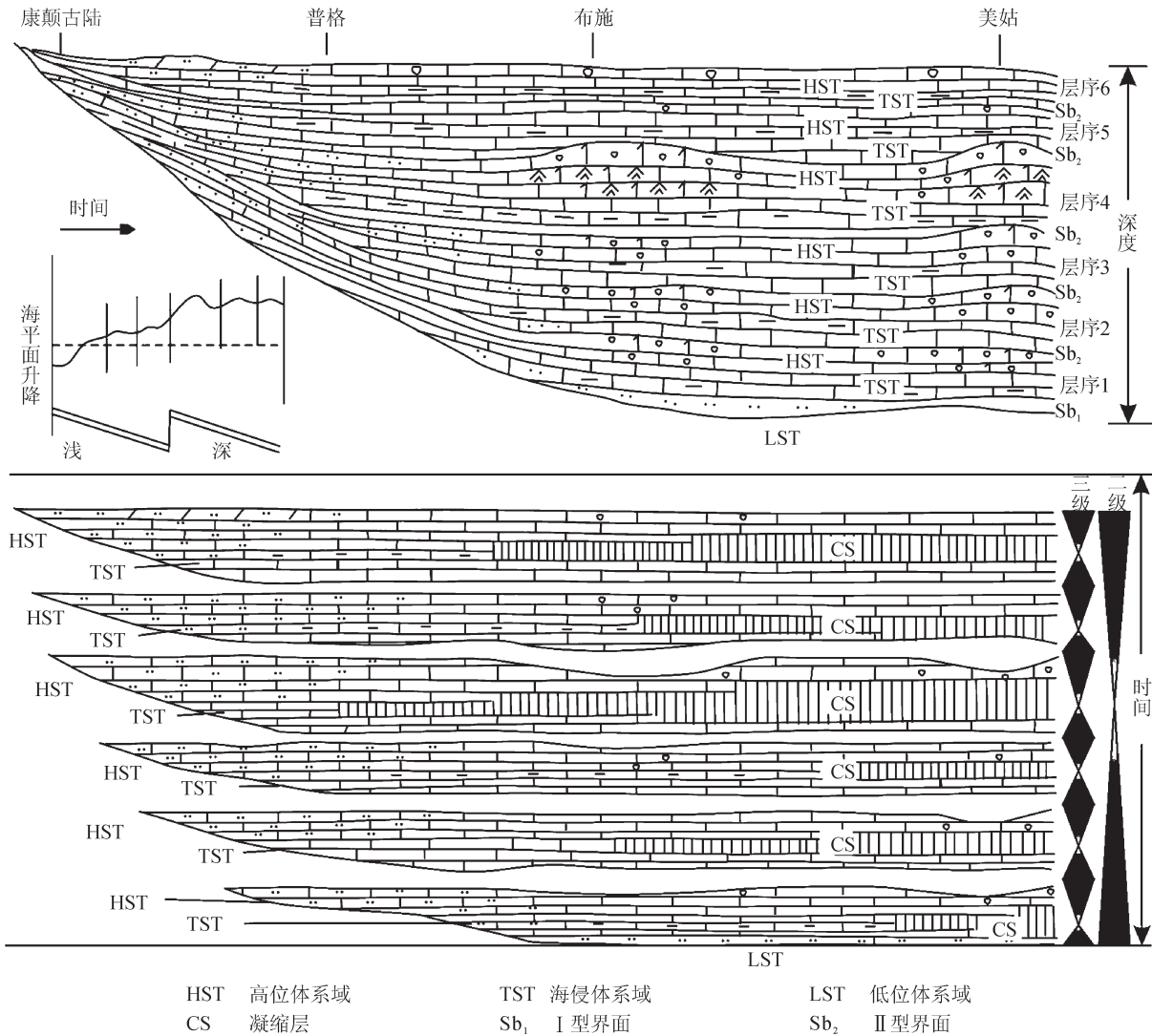


图2 西昌盆地下二叠统沉积层序充填模式
 Fig.2 Lower Permian sedimentary sequence filling mode of Xichang Basin

(3) 建立了西昌盆地早二叠世的层序充填模式，揭示出早 Hessian 早期全球海平面上升，盆地不断向古陆超覆，奠定了早二叠世西昌海域盆地的轮廓，Roadian 早期海平面上升达到最高位，并沉积一套整个华南均可对比的眼球状灰岩或页状藻灰岩，Capitanian 晚期全球构造海平面下降，结束了西昌地区内陆克拉通盆地的演化阶段。

参考文献

方石, 刘招君, 董清水, 等. 2000. 河流相层序地层学研究[J]. *世界地质*, 19(2): 132-137. [Fang S, Liu Z J, Dong Q S, et al. 2000. Fluvial facies sequence stratigraphy discussion[J]. *Global Geology*, 19(2): 132-137.]

伏明珠, 覃建雄. 2011. 四川西昌盆地沉积演化史研究[J]. *四川地质学报*, 31(1): 1-5. [Fu M Z, Qin J X. 2011. Study of sedimentary evolution of the Xichang Basin [J]. *Sichuan Geology*, 31(1): 1-5.]

何玉平, 刘招君, 杜江峰. 2003. 高分辨率层序地层学基准面旋回识别[J]. *世界地质*, 22(1): 21-25. [He Y P, Liu Z J, Du J F. 2003. Recognition of base level cycle in high-resolution sequences stratigraphy [J]. *Global Geology*, 22(1): 21-25.]

刘丽华, 徐强, 范明祥. 2003. 西昌盆地构造特征和含油气条件分析[J]. *天然气工业*, 23(5): 34-38. [Liu L H, Xu Q, Fan M X. 2003. Structural features and oil-gas bearing conditions in Xichang basin [J]. *Nature Gas Industry*, 23(5): 34-38.]

- 罗志立, 张景廉, 石兰亭. 2008. “塔里木—扬子古大陆”重建对无机成因油气的作用[J]. *岩性油气藏*, 20(1): 124–128. [Luo Z L, Zhang J L, Shi L T. 2008. Reconstruction of Tarim—Yangtze Palecontinent model and its implications for the generation of inorganic petroleum [J]. *Lithologic Reservoirs*, 20 (1): 124–128.]
- 钱奕中, 陈洪德, 刘文均. 1994. 层序地层学理论和研究方法[M]. 成都: 成都科技大学出版社, 1–205. [Qian Y Z, Chen H D, Liu W J. 1994. Sequence stratigraphy theory and research methods [M]. Chengdu: Chengdu University of Science Press, 1–205.]
- 覃建雄, 夏竹, 张长俊, 等. 2001. 西昌复合盆地层序充填序列与沉积动力演化初探[J]. *古地理学报*, 3(4): 45–55. [Qin J X, Xia Z, Zhang C J, et al. 2001. Sequence filling succession and sedimentary dynamic evolution of the Xichang compound basin [J]. *Journal of Palaeogeography*, 3(4): 45–55.]
- 覃建雄. 2009. 西昌盆地层序成因动力学及其在油气勘探中的应用[M]. 北京: 地质出版社, 1–163. [Qin J X. 2009. Sequence genesis dynamics in Xichang basin and its applications in oil-gas exploration [M]. Beijing: Geology Press, 1–163.]
- 冉隆辉, 谢姚祥, 王兰生. 2006. 从四川盆地解读中国南方海相碳酸盐岩油气勘探[J]. *石油与天然气地质*, 27(3): 289–294. [Ran L H, Xie Y X, Wang L S. 2006. Understanding exploration of marine carbonate reservoirs in South China through Sichuan basin [J]. *Oil & Gas Geology*, 27(3): 289–294.]
- 王鸿祯, 史晓颖. 1998. 沉积层序及海平面旋回的分类级别——旋回周期的成因讨论[J]. *现代地质*, 12(1): 1–16. [Wang H Z, Shi X Y. 1998. Hierarchy of depositional sequences and eustatic cycles—a discussion on the mechanism of sedimentary cycles [J]. *Geoscience*, 12(1): 1–16.]
- 王运生, 李云岗. 1996. 西昌盆地的形成与演化[J]. *成都理工学院学报*, 23(1): 85–90. [Wang Y S, Li Y G. 1996. Formation of the Xichang basin [J]. *Journal of Chengdu Institute of Technology*, 23(1): 85–90.]
- 吴月先, 钟水清, 潘用平, 等. 2009. 四川盆地天然气“立体勘探”新进展[J]. *岩性油气藏*, 21(1): 128–130. [Wu Y X, Zhong S Q, Pan Y P, et al. 2009. Stereoscopic exploration new progress of natural gas in Sichuan Basin [J]. *Lithologic Reservoirs*, 21(1): 128–130.]
- 许效松, 刘宝珺, 许强. 1997a. 中国西部大型盆地分析及地球动力学[M]. 北京: 地质出版社, 139–172. [Xu X S, Liu B J, Xu Q. 1997a. Large basin in western China and geodynamics [M]. Beijing: Geology Press, 139–172.]
- 许效松, 刘宝珺, 赵玉光. 1997b. 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, 1–28. [Xu X S, Liu B J, Zhao Y G. 1997b. Permian—Triassic sequence stratigraphy and basin-mountain coupling converter in the western margin of the Yangtze [M]. Beijing: Geology Press, 1–28.]
- Galloway W E. 1992. Genetic stratigraphic sequence in basin analysis [J]. *AAPG*, 73(3): 125–142.
- Vail P R, Audemard F, Bowman S A, et al. 1991. The stratigraphic signatures of tectonics, eustasy and sedimentology: an overview [M]// Einsele G, Ricken W, Seilacher A. Cycles and events in stratigraphy. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 617–659.