

文章编号: 1000-0550(1999)03-0339-06

扬子西缘泥盆纪碳酸盐与陆源碎屑的 混积层序和层序混积模式^①

李祥辉 曾允孚

(成都理工学院沉积所 成都 610059)

摘要 扬子西缘龙门山山前带泥盆纪发育一套碳酸盐与陆源碎屑混合的沉积体系, 这套混积沉积体系中可识别出 2 个层序组、8 个混积层序。研究表明, SS2 层序组的各层序(S4~S7)混积作用主要产生于 TST 中, SS3 层序组的各层序(S8~S11)混积作用则集中于 SMT/LST 及早期 TST, HST 普遍不发育混积作用; 从 SS2 到 SS3, 混积类型由泥质陆棚背景的混积 I 型向砂灰质混积 II 型转变, 混积作用从间断和原地混合到相的混合变化; SS2 各层序具有持续缓慢海侵—相对快速海退特点, 总体表现出较长期的构造活跃—较短期稳定样式, SS3 各层序则具相对快速海侵—持续缓慢海退结构, 总体构造活跃样式为四个活跃—稳定叠加的跳跃式。

关键词 构造活跃样式 混积作用转变 层序混积模式 混积层序(组) 泥盆纪 扬子西缘

第一作者简介 李祥辉 男 1964 年出生 博士学位副教授 层序地层、盆地分析。

中图分类号 P539.2 **文献标识码** A

1 引言

碳酸盐与硅质碎屑的混积现象在 50 年代就已被认识到^{[1][2]}。由于长期以来陆源碎屑岩与碳酸盐岩被分隔开来自成系统, 并被编纂成相应的教材章节, 加之, 成分、结构相混的混积物或混积岩缺少良好的分类命名方案, 所以, 无论是在分类上还是在成因、机理方面, 抑或沉积模式、控制因素及混积层序诸方面的研究都十分薄弱。虽如此, 70 年代中后期及 80 年代已开始对混积岩的分类、成因、机理、因素、环境等进行了研究和讨论^[3~6], 至今, 混合沉积的研究逐渐引入沉积层序领域, 有一些稳定盆地背景下的研究实例发表^{[7][8]}。

在中国大陆, 显生宙各纪或多或少发育碳酸盐与陆源碎屑的混合沉积, 其中泥盆纪颇具代表性。华南泥盆纪的混积作用主要见于下部陆源碎屑向上部碳酸盐过渡的早泥盆世中晚期至中泥盆世晚期, 从广西泥盆系^[9]、黔桂泥盆系^[10]、龙门山泥盆系^[11]的层序研究来看, 各区混积先后有别。目前, 我国这方面的研究成果为数不多, 虽然有研究者^[12~13]曾对混积现象的沉积环境、因素进行过综述, 但是至今尚无研究实例。为此, 作者有意作一尝试, 试图补充

这一空阙。

扬子西缘龙门山山前山滑脱拆离带^[14]的泥盆系以稳定陆缘浅海沉积为主, 其地层、古生物、沉积、构造有较好的研究基础。近期, 层序地层方面研究已取得了详实的资料和较丰富的成果^[11], 这对本文的形成提供了许多借鉴之处。这里通过对从 Emsian 阶的白柳坪组、甘溪组、谢家湾组、二台子组、养马坝组到 Eifelian 阶—Givetian 阶底的金宝石组混积层序研究(图 1), 提出本区的混积作用和层序混积模式, 旨在为盆地分析方法提供一新思路。

2 混积层序特征

扬子西缘龙门山滑脱拆离带的泥盆纪可划分出滨岸、礁滩、陆棚、斜坡 4 种混积相, 约 14 种混积亚相, 还能识别出以陆棚背景泥质沉积为主的混积 I 型和以滨岸—内陆棚砂、灰质沉积为主的混积 II 型两种混积类型^①, 以及 8 个混积层序(图 1)。根据混积类型、混积作用方式、层序结构、层序界面及体系域特点, 可将它们划分为两个混积层序组: 混积层序组 2 和混积层序组 3。下面以龙门山地区典型的北川桂溪—沙窝子剖面为例分别对混积层序组各混积层序特征简略介绍。

^① 本文由国家基础性研究关键重大项目“中国古大陆及其边缘层序地层和海平面变化研究”资助

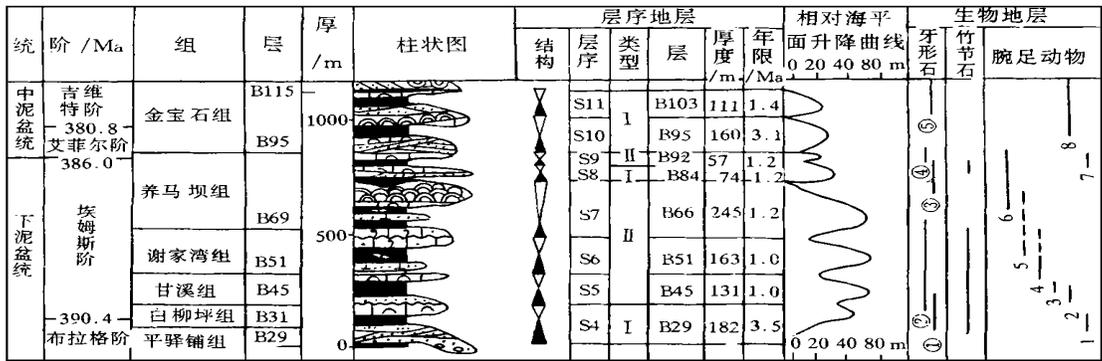


图 1 扬子西缘龙门山北川桂溪—沙窝子剖面泥盆纪混合沉积地层格架图

Fig. 1 Stratigraphy framework of the mixed carbonate siliciclastic sediments in Devonian in the Guixi-Shawozi section Longmenshan, western margin of Yangtze Plate

① *dehiscens*; ② *perbonus*; ③ *serotinus*; ④ *partitus*; ⑤ Lower-Upper *uarcus*

1. *Protochonetes bailiupingensis*; 2. *Eosophragmophora-Rostrospirifer-Diceolostrophia*; 3. *Howellella*;

4. *Euryspirifer paradoxus*; 5. *Otospirifer xiejiawanensis*; 6. *Athyrisina squamosa*; 7. *Zdimir*; 8. *Stringocephalus*

1.1 混积层序组 2(SS2)

总延时近 7Ma, 大致相当于 Pragian 末期到早一中 Emsian 期的沉积, 由 S4~S7 四个层序组成, 其中除 S4 为 I 型外, 其余均为 II 型, 层序结构除 S7 的 HST \geq TST 外, 其余均是 TST \geq SMT+HST^①。

1.1.1 层序(组)界面标识

SS2 的底界面属大型 I 类不整合, 界面清楚可识, 区域上追踪对比性甚好。S4 底界为 I 型, 甘溪剖面河道充填的底部滞留砂砾岩因风化暴露受铁质浸染。S5、S6、S7 各层序底界面均属 II 型。如 S5 表现为相序结构转换; S6 底界除了在雁门坝(相对靠近海岸线)有明显的钙结壳外, 杨家院、甘溪、养马坝、兴隆、平驿铺等地暴露标志并不特征; S7 仅在甘溪、谢家湾可以发现泥裂、残余角砾及高 Al 高 Fe 云化泥质粉砂岩等暴露显示外, 其它地区无明显标识。

1.1.2 SMT 和 HST 的混积特征

由于龙门山山前带剖面大多未及陆棚边缘位置, 因此, 各层序的 SMT 普遍不发育。甘溪地区, S4 的 LST 和 S5 的 SMT 尚未发生混积作用, S6 和 S7 的 SMT 虽然有混积现象, 但厚度较小。S6 的 SMT 厚约 3~5 m, 中层含砂质粒泥灰岩与钙质页岩互层, 在甘溪可见较明显的进积楔下超于下伏 S5 的 HST 灰岩之上; S7 的 SMT 仅见于唐王寨向斜 NW 翼, 厚不超过 10 m, 为浅滩云化亮晶(砂质)砂屑灰岩组成。S6 和 S7 均只表现为弱的间断混合及原地混合。

各层序的 HST 无论是厚度上还是混积组分、方式上均与其对应的 SMT 相似, 即以浅滩海百合茎碎屑灰岩或云化砂质砂屑灰岩为主, 属弱原地及间断混合。S7 的 HST 例外, 厚度较大, 超过 100 m, 由 4~5 个礁前一礁基—礁核—礁坪准层序组进积叠加而成, 组分上灰岩占绝对优势, 并显示有弱的原地混合及受母源影响的混合作用特点。

1.1.3 TST 的混积属性

SS2 各层序的 TST 一般较厚, 多超过 80 m, 由典型混积 I 型混积陆棚相构成。这其中, 远积的灰、深灰色钙质、粉砂质页岩、薄层泥晶灰岩及繁盛的底栖生物群落, 近积的含风暴组构的(钙质)细粒石英砂岩、亮晶海百合茎碎屑灰岩和含丰富虫管的黄绿色页岩, 以及产于泥质背景上的浅滩生物碎屑(海百合茎)灰岩组合表现出强烈的原地混合与间断混合作用。S7 的 TST 似乎较为特殊, 砂质、粉砂质成分增多, 原地混合与间断混合作用减弱。

1.2 混积层序组 3(SS3)

由 S8~S11 四层序构成, 时限超过 7Ma, 大约与晚 Emsian 期至早 Givetian 期延时接近, 即底界起于 *P. serotinus* 带中部, 顶界止于 *M. uarcus* 带中下部。除 S9 外各层序均属 I 型, 层序结构基本上表现为 HST \geq TST+LST/SMT。

① 李祥辉等, 龙门山地区泥盆纪碳酸盐与硅质碎屑的混积相及混积机理, 《岩相古地理》待刊

1.2.1 层序(组)界面标识

SS3 的顶底界面均属大型 I 类。底界面即 S8 的底界面, 表现为海湾或泻湖页岩超覆于下伏礁灰岩之上, 发生相序结构转换, 同时, 区域上大面积见鲕绿泥石氧化成鲕状赤铁矿, 为一暴露事件。顶界面, 不仅反映出 S11 的 HST 与 S12 的 LST 岩相结构根本不同, 更重要的是界面发育明显暴露及侵蚀标识, 如甘溪金宝石 S12 的 LST 底部大型板状、槽状交错层理砂岩作为下切谷充填物直接侵覆于泻湖页岩、核形石页岩及灰岩之上, 并可延伸到北城。SS3 内的 I 型层序有 S8、S10、S11, 相对而言, S11 的底界面特征而明显, 以甘溪平通河边露头为代表, 在古喀斯特暴露界面上既有高 Al、Fe 的泥, 也有溶蚀残余角砾堆积, 而透镜砂体明显向岸方向超覆。

1.2.2 LST 及 SMT 的混积特征

尽管 S8 不见 LST 发育, 但 SS3 的各层序 LST 及 SMT 的混积特点仍可概括为两种: 一是 S9 的 SMT, 由浅滩介屑灰岩与发育平行层理、冲洗层理的前滨钙质细粒石英砂岩构成, 反映出强烈的相的混合作用; 二是 S10、S11 的 LST (图 2) 混合作用与 S9 的 SMT 相似, 但也有一些差异, 即一方面砂岩和介屑灰岩砂灰分异明显, 构成相混合; 另一方面各自本身表现弱的原地混合作用。

1.2.3 TST 的混积属性

其混积特点与 LST 或 SMT 基本相似, 差别在于相序结构上一般为 (钙质) 砂岩 → (或含砂或含生物屑的) 泥晶灰岩 → 页岩, 向上变细加深; CS 多由深灰、黑色瘤状薄层介壳灰岩、泥灰岩、钙质页岩构成, 混积作用减弱, 仅可能属于弱的原地混合。

1.2.4 HST 的混积特征

SS3 各层序 HST 组成情况十分相似, 主体为厚层、块状灰岩, 其混积作用远不如 SMT 或 LST, 如 S9 的 HST 基本上为嗜礁的 *Zdimir* 群落分子组成的介屑滩块状灰岩加积而成, 没有混积作用发生; S10 的 HST 含两个进积准层序, 泥晶灰岩 → 颗粒灰岩 (或) 和介屑灰岩 → 礁灰岩 (图 2)。不过, S8 的 HST₂ 有较强的混积作用, 其混积类型、方式、叠置形式较大程度与 S9 的 SMT 和 S10 的 LST 相似。

2 层序混积模式

2.1 层序体系域的混积模式

研究区早一中泥盆世 SS2 各混积层序 (S4 ~ S7) 形成于混积 I 型泥质陆棚背景下, 混积作用主

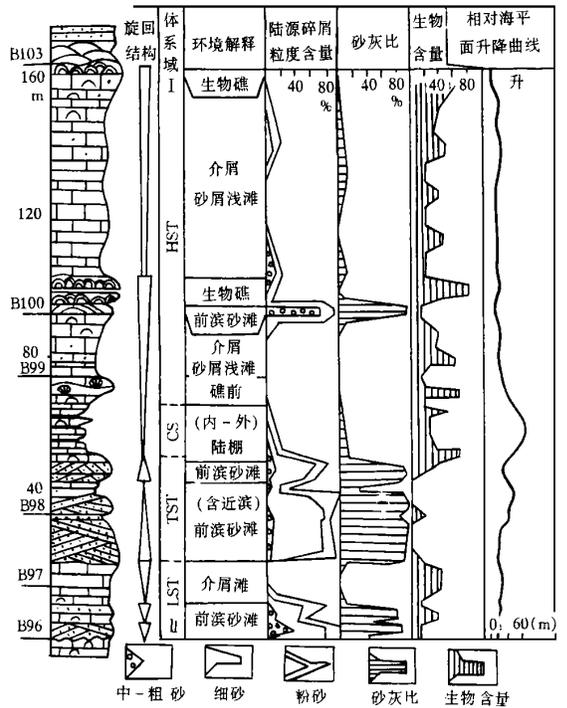


图 2 北川金宝石剖面混积层序 S10 剖面结构及有关特征
Fig. 2 Diagram showing the characteristics of the sequence S10 at the Jinbaoshi section, Beichuan county

要见于各层序的海侵体系域 (TST) 中, 陆棚边缘体系域 (SMT) 及高水位体系域 (HST) 的混积作用则相对较弱。TST 的混积作用以间断混合及原地混合为特征 (图 3A), 前者与风暴 (回) 流密切相关, 后者与风暴间歇期生物群落的发育程度、生态位占据范围息息相关。

SS3 各混积层序 (S8 ~ S11) 在混积 II 型砂灰质滨岸—内陆棚环境下发育而成, 其混积作用集中于 SMT/LST 及早期 TST, 突出表现为相的混合 (图 3B), 这种相的混合受控于相对海平面振荡式升降和物源供给速率。

混积层序特征描述表明, 该区无论是 SS2 还是 SS3, 各混积层序的 HST 混积作用均不发育, 最多表现为极弱的原地混合或/和间断混合; 在汶川水磨地区, SS2 的某些层序 SMT 斜坡相中还反映出较强的受碳酸盐质物源控制的混合作用, 即在泥质斜坡背景下发育有大量的钙质碎屑流和钙屑浊流沉积。

2.2 层序混积变化与构造演化的关系模式

龙门山山前带早一中泥盆世混积层序组 SS2 及 SS3 的混积类型由混积 I 向混积 II 型变化, 混积

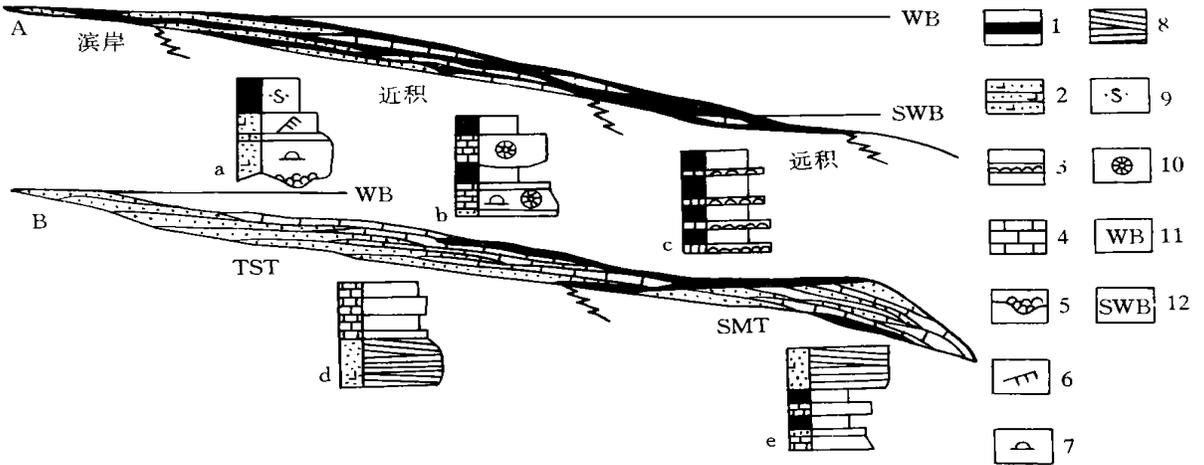


图 3 扬子西缘泥盆纪混积层序海侵体系域(TST)及陆棚边缘体系域(SMT)的混积作用与混积模式

A. SS2 混积层序 TST 混积模式; B. SS3 混积层序 TST 及 SMT 混积模式

a. 近积间断混合; b. 近积原地混合; c. 远积原地混合; d, e. 滨岸-内陆棚相的混合。

1. 页岩; 2. (钙质)石英砂岩; 3. 介壳毯或介壳层; 4. (介屑)灰岩; 5. 底流冲刷构造及滞留介壳; 6. 砂纹层理;
7. 丘状斜层理; 8. 冲流斜层理; 9. 生物扰动构造; 10. 海百合茎碎屑; 11. 平均浪基面; 12. 平均风暴浪基面

Fig. 3 Mixing model of TST and SMT in the carbonate-siliciclastic hybrids of Devonian along western margin of Yangtze Plate

作用方式则是从泥质陆棚背景的原地、间断乃至受母源影响的混积向砂灰质滨岸—内陆棚相的混积转化。主体属混积 I 型的 SS2 各层序 TST 混积作用强烈,厚度大, $TST \geq HST + SMT$, 很大程度反映了泥质陆棚背景下海侵持续缓慢—海退相对块速的结构特点(S7 例外); 而大部分属混积 II 型的 SS3 各层序 LST 或 SMT 和早期 TST 强烈混合, 加之 $HST \geq LST/SMT + TST$, 可能反映了海侵相对快速、海退持续缓慢的结构特点(表 1)。这种变化既表明海侵—海退结构的对称性, 构成一个较完整的二级或准级海平面上升—下降旋回(图 1), 也说明混积作用在各层序中相关的体系域具相似性。如果, 受物源供给影响的间断混合及相的混合可能代表了区域构造相对活跃的产物, 考虑混积作用在各层序中结构的相似性, 即 SMT/LST、TST 强烈混合, HST 弱混合, 加上 SS2 各层序结构 $TST > HST$, SS3 各层序 $HST > TST + LST/SMT$, 那么, 研究区混积层序的两个层序组具有不同的构造活动型式背景(表 1), 即混积 I 型的 SS2 总体表现为相对持续的构造活跃至较短期的构造稳定样式背景, 但体系域以下的准层序及风暴有关的活动频率却可能很高; 混积 II 型的 SS3 则反映为四个构造活跃—稳定跳跃式叠加。这里的构造活动活跃与稳定都只是相对而言, 构造活跃可能代表拉张间歇期局部古陆低幅隆升; 并不一定代表伴随火山活动等, 稳定也不说明没有

相应的构造影响。

3 认识与讨论

通过以上混积层序特征描述、模式的建立, 我们可以得出以下几点认识:

(1) 龙门山山前带早—中泥盆世属混积 I 的 SS2 混合沉积作用主要发生于各层序的 TST 中, SMT 和 HST 混积作用较弱; 而混积 II 型的 SS3 发育混积作用的则是 SMT/LST 及早期 TST。

已经建立起来的层序混积模式表明有主要发生于 HST 的^[8], 也有认为基本上应发育在 LST 的^{[7][15]}。本文认为, 层序混积模式不能一概而论, 应视具体情况具体分析。混积作用是发生在 LST/SMT, 还是 TST, 抑或 HST, 在盆地性质确定条件下, 主要受控于相对海平面变化型式、先期地貌、区域构造背景、碳酸盐生产率及或陆源供给速率。应当强调的是, 先期地貌对混积层序类型、混积作用方式影响是十分明显的。

(2) 研究区早—中泥盆世的层序组 SS2 及 SS3 混积类型由泥质陆棚背景下的混积 I 型向砂灰质滨岸—内陆棚背景的混积 II 型转变, 混积作用则由原地、间断混合作用为主变为相的混合作用为主。

间断混合作用不仅需要陆源物质, 而且受风暴浪、风暴回流强度、频率控制; 原地混合作用则与风暴间歇期生物群落的发育程度、生态域范围密切相

表 1 扬子西缘龙门山区早—中泥盆世混积层序的混积作用变化与构造演化关系模式

Table 1 Pattern between regional tectonic evolution and mixing change of depositional sequences

因 素	SS2	S4			S5			S6			S7		
	LST	TST	HST	SMT	TST	HST	SMT	TST	HST	SMT	TST	HST	
混积作用													
构造活跃性		相对活跃									稳定		
因 素	SS2	S8			S9			S10			S11		
	/	TST	HST	SMT	TST	HST	LST	TST	HST	LST	TST	HST	
混积作用													
构造活跃性		相对活跃 次稳定		相对活跃			相对活跃			相对活跃 稳定			
		—————→		—————→			—————→			—————→			

关; 相的混合明显受相对海平面升降频率、样式和物源供给速率的影响。这种混合类型及混积作用的转变可能代表了区域构造事件、海平面变化事件的发生。

(3) 混积 I 型的 SS2 各层序具有持续缓慢海侵—相对快速海退特点结构, 从持续海侵过程中的混积作用考虑, 构造活跃性可能表现为相对长期的较活跃—较短期的稳定样式; 而混积 II 型的 SS3 则相反, 各层序为相对快速海侵—持续缓慢海退结构, 其构造活跃性则呈现跳跃式, 由四个相对活跃→稳定样式叠加而成。

值得注意的是, 就盆地性质来说这种构造活动性均是相对的, 并不一定伴随有火山活动, 也不一定有挤压作用发生。在张性或走滑被动边缘^[16]背景下, 上述构造活动较活跃可能只代表了拉张间息期局部古陆的低幅隆升。由于 Emsian-Givetian 期为全球海平面上升时期, 所以, 海平面变化引起的混积可能处于次要地位。

层序混积模式中混积类型、混积方式的变化, 相对海平面升降旋回及构造活动性样式等可引出以下一些问题: a. 混积沉积体系与平驿铺组陆源碎屑沉积体系之间可否预示着区域上发生了一次较强烈的构造活动, 如边缘裂谷作用; b. SS2 与 SS3 间区域上广泛产出的鲕状赤铁矿层, 极可能代表了一次大的海平面下降事件或构造事件。该构造事件可否与西部板内火山喷发相关, 值得研究; c. SS3 混积结束时, 客观上存在一次大的海平面下降事件, 表现为 S12 的 LST 河流回春, 河道下切并被充填, 之后基本上变为稳定的碳酸盐缓坡—台地。这一结束是否也意味着本区另一次大的裂谷或走滑断裂作用发生呢? 这些涉及构造事件的问题都有待未来工作一步

研究查证。

本文编写过程中得到了刘文均、陈源仁、郑荣才、王洪峰教授的帮助, 在此表示感谢。

参 考 文 献

- 1 Bruckner W D. Cyclic calcareous sedimentation as an index of climatic variation in the past [J]. Journal of Sedimentary Petrology, 1953, 23: 235~237
- 2 Carozzi. A. Some remarks on cyclic calcareous sedimentation as an index of climatic variations [J]. Journal of Sedimentary Petrology, 1955, 25: 78~79
- 3 Zuffa G G. Hybrid arenites; their composition and classification [J]. Journal of Sedimentary Petrology, 1980, 50: 21~29
- 4 Byers C W and Dott R H Jr. SEPM research conference on modern shelf and ancient sedimentation—the orthoquartzite carbonate suite revisited [J]. Journal of Sedimentary Petrology, 1981, 51: 329~346
- 5 Doyle L J, Roberts H H, eds. Carbonate—clastic transitions; Developments in Sedimentology [C], No. 42. Elsevier Amsterdam—Oxford—New York—Tokyo, 1988. 304
- 6 Budd D A, Harris P M, eds. Carbonate—Siliciclastic Mixtures [C], SEPM, Tulsa, Oklahoma, 1990. 272
- 7 Davies H R. Shelf sandstones in the Mowry Shale; evidence for deposition during Cretaceous sea level falls [J]. Journal of Sedimentary Petrology, 1989, 59: 548~560
- 8 Bechstadt T, Schweizer T. The carbonate—siliciclastic cycles of the East—Alpine Raibl Group; result of third—order sea—level fluctuations in the Carnian [J]. Sedimentary Geology, 1991, 70: 241~270
- 9 吴谔, 龚一鸣, 李德清. 华南泥盆系层序地层与岩石、年代地层界线间相关性探解 [J]. 地球科学—中国地质大学学报, 1991, 19 (5): 564~574
- 10 龚一鸣, 吴谔, 杜远生. 黔桂泥盆纪层序地层及海平面变化的频率、速度和相位 [J]. 地球科学—中国地质大学学报, 1994, 19 (5): 575~586
- 11 刘文均, 陈源仁等. 四川龙门山区泥盆系(II)层序地层 [C]. 成都: 成都科技大学出版社, 1996. 153
- 12 张锦泉, 叶线专. 论碳酸盐与陆源碎屑的混合沉积 [J]. 成都地

- 质学院学报, 1989, 16(2): 87~92
- 13 张锦泉, 陈洪德, 叶红专. 碳酸盐与陆源碎屑的混合沉积 [A]. 见: 冯增昭等编著. 中国沉积学 [C]. 北京: 石油工业出版社, 1994: 623~631
- 14 刘树根. 龙门山冲断带与川西前陆盆地的形成演化 [M]. 成都: 成都科技大学出版社, 1993: 167
- 15 Garcia—MoneÉjar J and Fernandez—Mendiola P A. Sequence stratigraphy and systems tracts of a mixed carbonate and siliciclastic platform—basin setting; Albian of Lunasa and Soba. Northern Spain [J]. AAPG Bull. 1993, 77: 245~275
- 16 刘文均, 郑荣才, 李祥辉. 龙门山地区泥盆纪古地理—古构造环境的重建 [A]. 见: 刘文均等编著. 四川龙门山地泥盆系(II)《层序地层》 [C]. 成都: 成都科技大学出版社, 1996: 128~143

Sequence Stratigraphy of Mixed Carbonate and Siliciclastic Sediments in Devonian Along the Western Margin of Yangtze Plate

LI Xiang-hui ZENG Yun-fu

(Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, 610059 Chengdu)

Abstract

There are well exposed carbonate and terrigenous mixtures in the Lower-Middle Devonian in the north-western Yangtse Craton, China. On the bases of measuring sections, investigating boundary surfaces, and correlating decade sections, hybrid depositional sequences are recognized, and mixings in systems tracts and tectonic significance are analyzed in the paper.

Eight hybrid depositional sequences can be distinguished from the top Pragian to the early Givetian in the study area. They are nominated S4, S5, S6, S7, S8, S9, S 10, S 11 separately which can be classified into two hybrid depositional sequence sets SS2 (S4-S7), and SS3 (S8-S 11). Sedimentation in TSTs, Little SMTs and HSTs of depositional sequences in SS2, is characterized by in-situ mixing and punctuated mixing. And source mixings could be only completed in the early TSTs of S7 and S8, but the facies mixing is predominated in early TSTs of most depositional sequences in SS3 and in the HST of S9. It is proposed that mixing of carbonate and terrigenous sediments can be done in anyone of LST/SMT, TST, and HST. This is slightly different from the propositions among which someone suggested that a mixing could have been only undertaken in HST or in LST.

The changes of systems tracts thickness, and relationships between mixing and tectonic are also discussed in the paper. Each of the depositional sequences in SS2 is characterized by the pattern of $TST \geq HST + SMT$ except for the S7, and *vice versa*, any of depositional sequences in SS3 has a texture of $HST \geq TST + SMT / LST$. A relatively active tectonic subsidence was transferred to a stable tectonism at the SMT of S7 in SS2, and a pattern of relatively active to stable tectonism in each of S8 S9, S 10, S 11 is induced in SS3. That is to say, the patterns of transgression to regression (T-R) could be a way of continuous and slow transgression to relatively fast regression in SS2, and be the tendency of relatively fast transgression to slow regression in each depositional sequence of SS3.

We have three questions on the intervals between large-scale boundary surfaces. ①If an extensively tectonic activity has ever done at the gap between the pure terrigenous sediments (Pingyipu Formation) and the mixed carbonate and siliciclastic sediments. ②If an exposing event existed that is displayed by ooidal hematite between the SS2 and SS3. ③If a sea-level falling event with a tectonic uplift took place at the transition of the hybrids to carbonate.

Key words pattern of tectonic activity transition of mixing mixing model hybrid depositional sequence Devonian Western margin of Yangtze Craton