

黔中早二叠世茅口晚期断裂陆缘层序地层分析

赵锡奎 朱利春 赵冠军 王 勇

(成都理工学院石油系, 成都 610059)

提 要 黔中早二叠世晚期发育变异多姿的硅质岩 碳酸盐岩和火山岩, 笔者通过大地构造学、火山岩岩石学和岩石地球化学、层序地层学的综合分析认为, 与一般的被动大陆边缘不同, 该区这种断裂大陆边缘的层序地层特征主要依据纵向上反映海平面变化的岩性突变来识别, 而岩性突变又是构造变动的反映。据此, 将该区茅口组二段划分为一个准层序组和两个准层序, 每个准层序以突变最大海泛面为基础, 包含了凝缩层和加积高位体系域; 横向上解释为破裂碳酸盐台地型层序地层格架, 即把构造作用与层序地层格架的形成以及沉积体系的分异统一起来, 提出了断裂陆缘层序分析的实例。

关键词 贵州中部 断裂陆缘 层序地层学

分类号 P 534. 46

第一作者简介 赵锡奎 男 43 副教授 大地构造与盆地分析

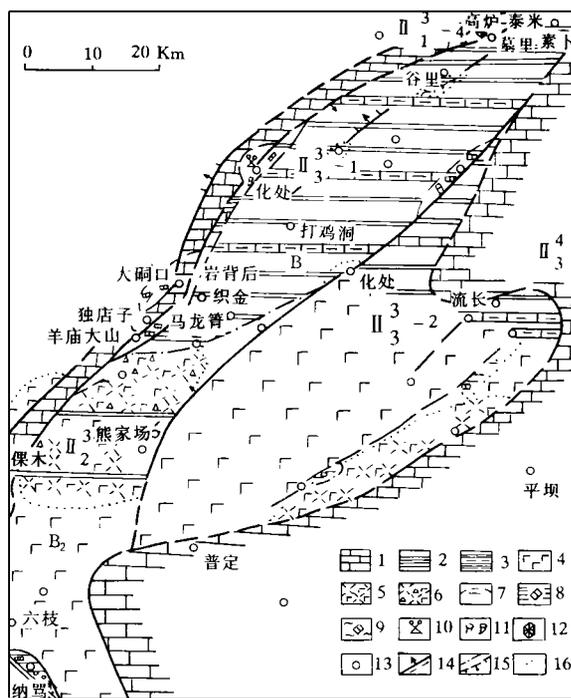
黔中早二叠世茅口晚期发育变异多姿的硅质岩 碳酸盐岩和火山岩。笔者 (1991) 将其划分为茅口组下 ($P_2^m A$)、上 ($P_2^m B$) 亚段。下亚段与 Yabeina gubleri 顶峰亚带 (Ipciphyllum-Wenzeloides 组合带) 相当, 上亚段与 Neomiseuina-d'Ouvillei 顶峰亚带 (Ipciphyllum-Huangophyllum 组合带) 相当。平面上主要分为四个岩性区 (图 1); A区, 墓里-棵木带状浅水碳酸盐岩区; B区, 泰来-六枝较深水硅质岩、碳酸盐、火山岩区; C区, 流长-普定硅质岩、碳酸盐岩、火山岩区; D区, 素卜-安顺面状浅水碳酸盐岩区, 其平面分异与纵向变化为构造变动和特殊类型的层序地层学研究提供了良好条件。据 Breu 等 (1990) 的地层旋回级次划分方案^[1,2], 茅口组二段相当于五级旋回, 称为准层序组; 下、上两亚段^[3] 相当于六级旋回, 称为 A、B 准层序 (图 2)。

1 黔中下二叠统茅口组二段层序地层划分与特征

1. 1 A 准层序 (图 2)

A 准层序相当于茅口二段下亚段 ($P_2^m A$), 它自准层序底界开始 (SBa), 包括凝缩层 (CS) 和加积型高位体系域 (HST)

1. 1. 1 A 准层序底界、突变海泛面 (amfs) 与凝缩层 (CS)



- 1. 灰岩 2. 灰岩、泥灰岩、硅质岩组合 3. 硅质岩、泥灰岩组合
 - 4. 玄武岩 5. 火山碎屑沉凝灰岩 6. 沉凝灰质火山碎屑岩 7. 生物礁 (丘)
 - 8. 塌积硅质角砾岩 9. 滑积硅质角砾岩 10. 海绵 11. 珊瑚 12. 棘皮 13. 资料点 14. 亚相带界线或古断层
 - 15. 相界线或古断层 16. 岩石组交界线
- A. 浅水碳酸盐岩分布区 (加积孤立台地亚相带); B. 较深水硅质岩 碳酸盐岩分布区 (较深水台 [断槽] 亚相带); B₁. 较深水台槽相 B₂. 较深水断槽相; C. 较深水硅质岩 浅水碳酸盐岩、玄武岩分布区 (缓坡相); D. 浅水碳酸盐分布区 (残留台地亚相带); E. 硅质角砾岩分布区 (断坡相)

图 1 织金盆地茅口组二段岩性分区及沉积相图 (破裂台地相带)

Fig. 1 Lithologic discrimination and sedimentary facies of the second member of Mokou Formation in Zhijin Basin

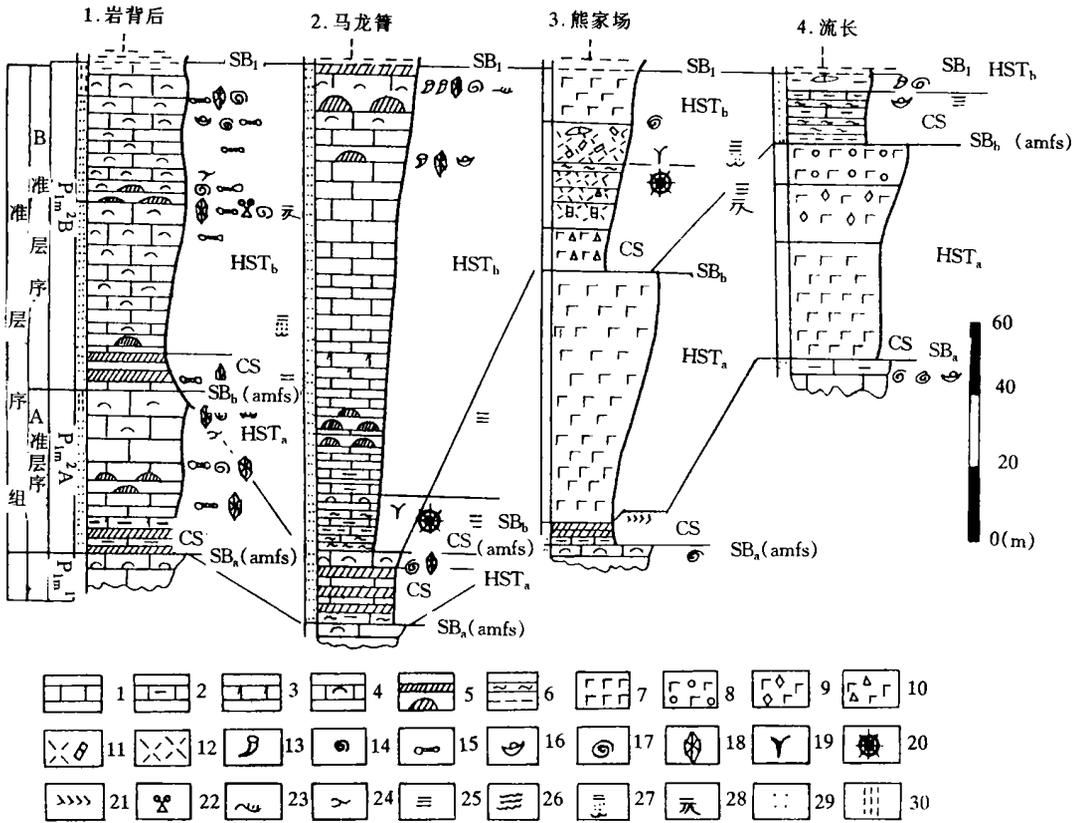


图 2 织金岩背后 清镇流长茅口组二段层序地层划分对比图

Fig. 2 Correlation and sequence stratigraphy of the second member of Maokou Formation at Yan beihou-Liuchang

1. 2 加积型高位体系域 (HST)

1. 2 加积型高位体系域 (HST)

本区茅口组一、二段间岩性界面十分明显。一段顶部为浅水型微-亮晶生屑灰岩,二段底部则为较深水型硅质岩、泥灰岩或玄武岩,这就是 A 准层序的底界。段顶部为高水位后期的产物,但缺乏大气胶结作用,既未经长期暴露而主要是潮间带的产物,故该层序界面不是 I 或 II 型界面,而是海平面未下降到使沉积物较长期暴露就突然出现的海泛面,上覆沉积物自上而下的正韵律说明它就是最大海泛面 (mfs),故称之为突变海泛面 (amfs)。突变海泛面上岩性变化较大,但沉积岩均为暗色、薄层、具水平层理,含硅质放射虫,海绵骨针等浮游生物化石,并见旋线迹 (helicorhaphé),说明为深水缓慢沉积的凝缩层,其厚度 2~8m 不等。横向上可为玄武岩代替。

凝缩层之上,岩性为过渡性变化,总体上为向上颜色变浅,层理加厚,生屑或生物含量增多,且主要蜓、有孔虫、腹足、海百合等生物组合;胶结物以微晶为主。这种过渡性的反映向上变浅的岩性变化,显然是追补型向上加积的高位体系域的特征。除 B 区和 C 区 (图 2 之 3, 4) 为玄武岩占据外,各处至该准层序顶部发育微-亮晶生屑灰岩与微晶生屑灰岩间沉积,具有并进积的特点。

1. 2 B 准层序 (图 2)

1. 2. 1 更为明显的突变海泛面与凝缩层

茅口组二段上、下亚段界线作为 B 准层序底界 (SB_b),其特征与 (SB_a) 界面相同。但它作为突变最大海泛面的特征更为明显,多处发育 6~10 余 m

的凝缩层，其岩性主要为黑色薄层放射虫、骨针泥硅质岩或云硅质岩(如图 2之 2)。A C两区的泥硅质含量较下亚段凝缩层为高(图 2之 1. 4) 而 B₂区(图 2之 3) 火山碎屑岩及火山浊积岩中，夹有放射虫硅质岩。在全区二十五个剖面上这种现象均易于识别

1. 2. 2 不同类型的加积高水位体系域

1. 2. 2. 1 追补—并进型加积高水位体系域

A B两区高位体系域的加积作用具有追补—并进型的特点。自凝缩层顶岩性变化仍与 A准层序相似，但仅约数 m 或十数 m 即变为中厚层—块状的微晶生屑灰岩生屑微晶灰岩间互，说明追补加积作用时间不长，即变为并进型加积(图 2之 1) A 区晚期发育生物礁。

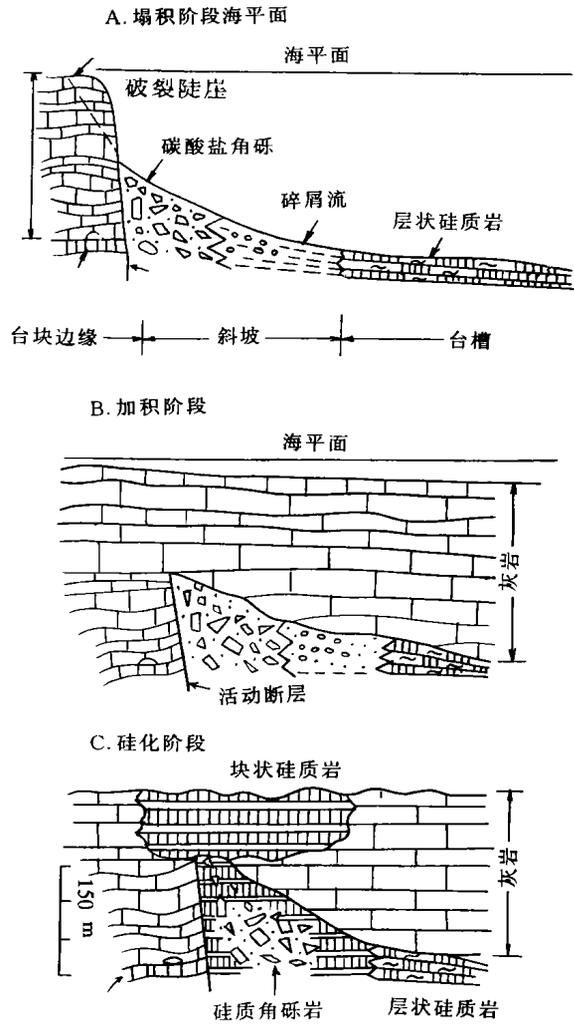


图 3 黔中织金茅口期深水陡坡沉积模式

Fig3. Depositional model of the Maokou permian deep-water scarp-slope deposit in Zhijin, central Guizhou Province

1. 2. 2. 2 追补—并进型进积—加积高位体系域

G D两区高位体系域垂向上岩性变化除下部具追补型加积特点外，中上部为并进型进积—加积特点，横向上自 D区向 C区，碳酸盐泥质含量增高，夹有质纯的微晶生屑灰岩透镜体，发育滑积型硅质角砾岩(薄层碳酸盐滑动后硅化而成) 垂向上向上颜色变浅，层理增厚，浅水型生物含量增多，又具互层性的特点。说明一方面海平面变化与沉积基准面变化一致，另一方面较高能带向深凹方向迁移。

1. 2. 2. 3 高水位中晚期的塌积锥(图 1, 图 3)

在前述 A B区之间，呈带状断续分布着数 m 至十数 m 的块状硅质角砾岩，系由浅水型碳酸盐塌落的角砾在陡坡处形成的塌积锥(以大小不一的棱角状角砾为主，基质以较深水型泥硅质灰泥为主)，后期硅化而成为硅质角砾岩，其垂向分布与火山岩的喷发旋回是一致的。

2 茅口晚期层序地层学特色与构造作用

2. 1 层序地层学特色

2. 1. 1 界面类型的独特性

本区除 B准层序顶面(即该准层序组顶面)与层序顶面重合(即上、下叠统分界)，具有I型界面特点外，两个准层序界面虽然都是高位体系域后期海退形成的，但均无大气水胶结特点，界面上亦无河流回春或深凹部位低位体系域的发育，即非I型亦非II型层序界面。而由岩性突变形成的 SB_a SB_b 两界面代表了“海平面强烈上升”，但这种海平面上升与区域资料却不吻合，整个上扬子地区茅口组一段沉积分异不明显，本区茅口组二段两次“海面上升”时，上扬子地台上大部分地区反映的海水加深不足 20米，与本区变化同步的滇黔桂台缘相区，深水变化亦不大，而盆地相区和台内断槽相区，却突然有数十米(如马龙箐)至百余米(如熊家场)的水深变化，只能反映是局部构造沉降造成的。

2. 1. 2 本区缺少低水位体系域和海进体系域

与一般被动陆缘层序特征明显不同，本区准层序之上不发育低位体系域。准层序界面即为最大海泛面，凝缩层发育在最大海泛面之上，而非首次海泛面与最大海泛面之间，因而亦缺少海进体系域。

2. 1. 3 沉积体系域横向变化明显

本区沉积体系域横向变化十分明显，各准层序底

部的凝缩层,在 A D 两区均厚度较薄 (<6m),且含有代表浅水环境的底栖生物。而 B 区凝缩层则十分发育, B 区和 C 区又大部分被火山岩或火山碎屑占有据了可容空间。A B 两区间滑积型角砾岩发育和玄武岩与硅质岩指状交互等特点,均说明其变异多姿的沉积作用和有规律的平面展布 (图 1)。

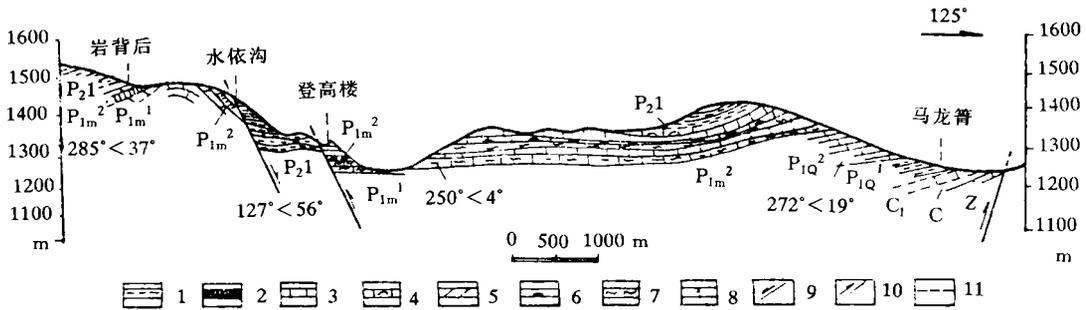
2.2 构造作用对沉积层序的控制

茅口晚期,本区是“峨眉地裂运动”的强烈阶段^[2,4]。笔者 (1991) 曾证明当时该区存在张应力场并发育张性古断裂 (图 4)。又据构造变动、火山作用、沉积分异三位一体的密切关系,将本区茅口晚期沉积相带称为“破裂碳酸盐台地相”,进而划出具构造含义的六个亚相带,即沉积—加积型孤立台地、较深水台槽、较深水断槽、陡坡、缓坡、残留台地

(图 1) 分析当时气候、物源条件及全球海平面变化并不十分明显。因此,构造变动是沉积分异的主导因素。

2.2.1 突变海泛面和沉积分异代表古断裂活动

前已述及,突变海泛面和其上凝缩层的发育是局部构造活动的表现。A D 两区凝缩层中具有浅水型底栖生物,硅质含量较低,充其量水深变化不到 20 m,但 B 区较深水台(断)槽中凝缩层为放射虫、骨针泥硅质岩,甚至发育一般形成于外陆棚的旋线迹,说明水深至少在 100 m 以上, A 区即孤立台地亚相带仅 3~8 km。这种近距离的岩性突变以及沿断裂发育的塌积岩,说明古张性断裂造成的垒—堑格局确为沉积分异的主要因素。孤立台地和较深水台槽间,现今保留有正断层 (图 4)。



1. 粘土岩 2. 煤层 3. 灰岩 5. 白云岩 6. 燧石结核 7. 硅质岩 8. 云灰岩 9. 正断层 10. 逆断层 11. 平行不整合

图 4 岩背后至马龙箐地质构造剖面图

Fig. 4 Geologic and structural cross section at Yabeihou-Malongqing

2.2.2 火山岩分布指示古断裂

茅口晚期火山岩主要分布在 B C 两区南部 (图 1)。经岩石化学分析^[2]证明均为张性背景下的火山岩。它们在断裂处加厚,并旋回亦多在断层附近,火山岩常与硅质岩指状交互或与浅水型碳酸盐岩突变(断层)接触。加之沿断裂碳酸盐角砾岩被强烈硅化,均说明古断裂为地下物质溢出的通道。

2.2.3 垂向层序变化说明古断裂活动的脉动性

从 A B 两准层序的垂向变化看, SBb 界面岩性突变特征更强,说明古断裂活动更剧烈。而准层序界面,凝缩层之下的最大海泛面和初始的海退面重合,包括凝缩层和高位体系域均反映过渡性的向上变浅旋回,说明在准层序界面形成的瞬间,是构造活动的强烈期,其后除 B 区火山岩中夹有放射虫硅质岩反映更局限的海水深外,大部分地区都处于基

底稳定状态。说明古断裂活动是脉动性的。

3 破裂碳酸盐台地型层序地层格架的建立

3.1 早海西期大地构造背景

通常认为,研究区所属的扬子地台周缘早海西期为被动陆缘。实际上,早海西早期 (D-C) 扬子地台周缘已发育众多的北西、北东向张性断裂,至早海西期晚期 (P1 末) 断裂伸入扬子地台内部,并伴有最强烈的火山作用。从“地裂运动”观点看,将其定义为“断裂陆缘”或“断裂克拉通边缘”更为恰当。笔者 (1991) 所称谓的“破裂碳酸盐台地环境”,即内涵了这种性质的构造背景,其地层格架的发育显然与断裂分隔性较弱的一般被动陆缘不同。

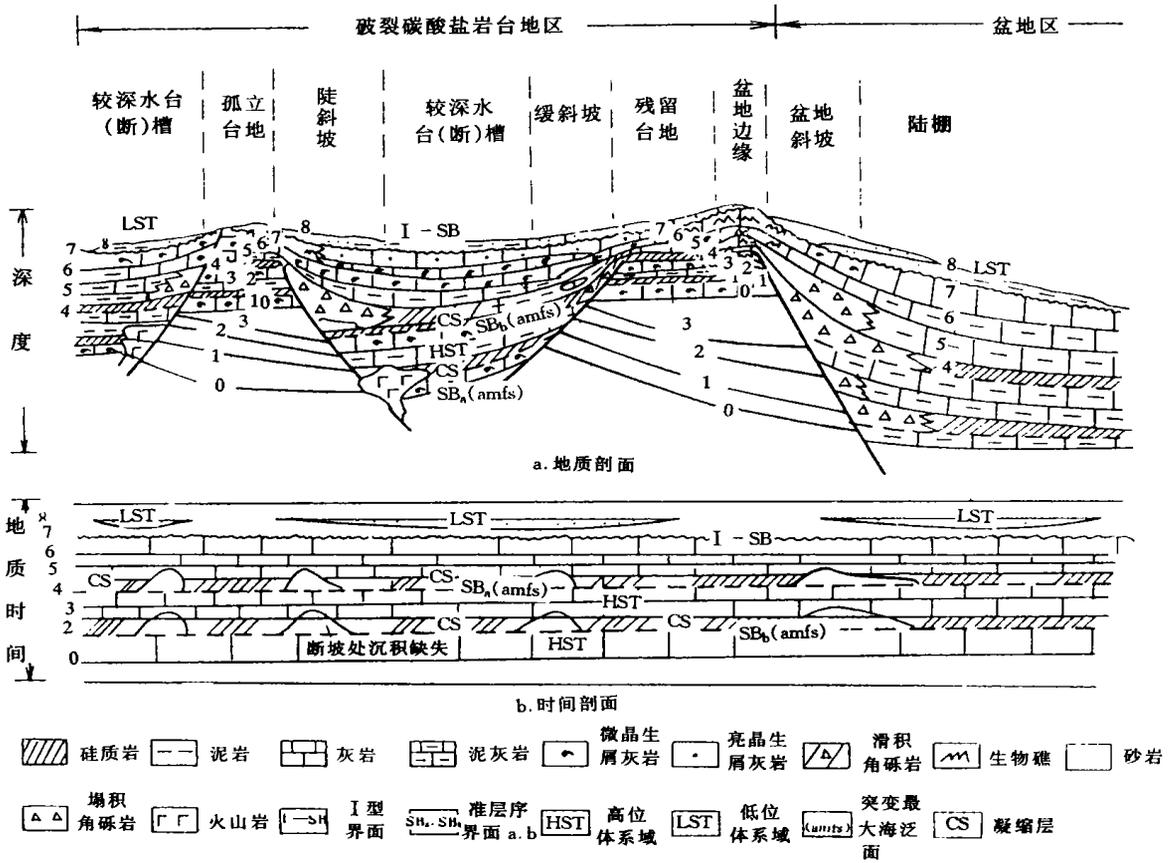


图 5 破裂台地层序地层格架模式图

Fig. 5 sequence stratigraphic framework mode map the broken carbonate platform

3. 2 “破裂台地” 层序地层格架

本文据研究区和邻区资料，提供了一个初步模式。但该模式基本代表了上扬子地台周缘及其内部某些地区该时期的层序地层学特征 如图 5所示，该地层格架以突变海泛面为底界，以顶部的I 型界面为顶界。纵向上较一般被动陆缘层序地层格架更为简单（缺少低位体系域和海进体系域），但横向变化更丰富。准层序组内部，没有明显暴露面，沉积作用是连续的，当然，并不排除其它地区差异构造升降会导致“地垒”上升而遭受剥蚀或较明显的暴露。该图的台缘区和盆地区模式的建立主要据黔南地区的资料（张正华等，1988）。

参 考 文 献

[1] Breu C, Goodman W M and Loduca S T. Sequence, cycle, and basin dynamics in the Silurian of the Appalachian Foreland Basin. *Geology sedimentary*, 1990, 69 (3-4): 191-244.

[2] 赵锡奎. 黔中早二叠世晚期织金拉张盆地原型分析. *石油与天然气地质*, 1991, 12 (3): 308-321.

[3] 梅冥相. 碳酸盐台地的地层层序格架及旋回地层级次. *岩相古地理*, 1992, (2): 44-50.

[4] 罗志立, 金以钟, 赵锡奎等. 试论上扬子地台的峨眉地裂运动. *地质论评*, 1988, 34 (1): 11-23.

[5] C K 威尔格斯等编, 徐怀大等译. *层序地层学原理*. 石油工业出版社, 1993, 1-185.

Analysis of Sequence Stratigraphy in the Fractured Continental Margin, Late Maokouian, Early Permian, Central Guizhou Province

Zhao Xikui Zhu Lichun Zhao Guanjun and Wang Yong

(Chengdu Institute of Technology Chengdu 610059)

Abstract

Siliceous rocks, carbonate rocks and volcanic rocks are widespread in the upper Maokou formation of Early Permian in the central part of Guizhou Province. Based on the synthetic analysis of tectonics, petrology, geochemistry and sequence stratigraphy, the tectonic setting is supposed to be fault-controlled continental margin. Under the condition of this tectonic setting, the characteristics of sequence stratigraphy is different from those of passive continental margins and foreland basins as well as from the other tectonic unit. The sequence bounding surface of the fault-controlled continental margin can be distinguished by the sudden lithologic change, which implies tectonic changes. The tiffal differentiation of the depositional system tract in each sequence has a relationship with the strength of upper crust fault caused by deep magmatism. Based on the basic characteristics of tectonics and sedimentology, the second member of the Maokou formation could be classified into one parasequence group with two parasequences, and each of them takes the amfs as its base, including condensed section and progradational highstand system tract; it is explained as a sequence stratigraphic architecture of the broken carbonate platform which can be further divided into remnant platform, progradational isolated platform, platform trough of fault trough and ramp facies, etc. The example of the sequence stratigraphic analysis on the fault-controlled continental margin is raised by combining tectonism, of sedimentary system together. the formation of sequence stratigraphic architecture and the variation.

Key Words Central Guizhou fault-controlled continental margin sequence stratigraphy

(Continued from page 79)

Study by Stable Isotope method on for Stalagmite from Hangzhou area

Wang Zhaorong^{1,2} Zhi Xiachen^{1,2} and Zhang Hanchang¹

¹ (University of science and technology of China, Hefei 230026)

² (Advanced centre for earth science and Astronomy, USTC, Third world Academy of science, Hefei 230026)

Abstract

C^{14} dating and isotope determination of C, H and O have been adopted for the stalagmite in Ruijing cave, LinAn, Zhejiang by means of C^{14} dating and stable isotope geochemistry. The records of paleoclimate evolution from 5 to $\times 10^4$ a. B. P. obtained from Hangzhou area show that there were obviously three periodic paleoclimate changes during the period with the highest temperature $14.9^{\circ}C$, the lowest $6.6^{\circ}C$ and the biggest temperature difference about $8^{\circ}C$ and the mean $3-5^{\circ}C$. The period was just in the late stage of Dalice age, but the age was not a continuous low-temperature stage and it had, at least, three temperature fluctuation, which is in line with isotopic paleotemperature of the stalagmite measured by us. In addition, We have correlated the paleoclimate changes from 5 to $\times 10^4$ a. B. P. of Hangzhou area with the synchrological sea level changes of the coastal area in Southwest China. The result shows that they are basically coincident, i. e., when the temperature rises, the sea level rises, too, and the temperature falls, and the sea level falls as well.

Key Words stalagmite paleoclimate carbon and oxygen of stable isotope C^{14} dating