

# 滇西南古特提斯石炭纪海山碳酸盐台地的层序地层学研究\*

张海清 刘本培 方念乔

(中国地质大学,北京 100083)

**提要** 应用露头层序地层学原理和方法,首次对滇西南古特提斯(昌宁—孟连带)中海山碳酸盐台地的石炭系进行了研究。识别出6个三级层序,其中早石炭世晚期1个,威宁期3个,鱼塘寨组3个,顶部一个归属二叠纪。三级层序和相应的海平面变化旋回可以和黔南对比,但副层序厚度较大(黔南副层序小于10 m,鱼塘寨10~50 m),碳、氧同位素普遍偏轻以及存在麦粒蜓带厚度变薄事件,造成这种现象的主要原因是两者之间经历了同样的冰川型全球海平面变化,但具有不同的大地构造背景。

**关键词** 滇西南 古特提斯 海山碳酸盐台地 石炭系 层序地层

**分类号** P 53

**第一作者简介** 张海清 男 33岁 博士后 沉积地质学

## 1 引言

以 P. R. Vail(1977)为代表所提出的经典层序地层学模式和术语奠基于中-新生代的被动大陆边缘构造部位,对于地质构造背景复杂的造山带一般视为禁区,极少有人涉足。90年代以来,国际上已出现少量研究不同时期造山带内“斑点”露头层序地层<sup>[1]</sup>、弧前盆地<sup>[2]</sup>及前陆盆地<sup>[3]</sup>的成功先例,属于造山带内部构造变形相对较弱的南阿尔卑斯地区也出现了一批较深入的点上研究成果<sup>[4]</sup>。但国内运用层序地层学方法对造山带内的地层进行研究少有报道。

本文即是在两次野外工作及室内碳、氧同位素和阴极发光测试,以及碳酸盐岩岩石学、沉积微相分析的基础上,采用露头层序地层学的方法,对昌宁—孟连带中海山碳酸盐台地环境的沉积地层进行的尝试性研究。

## 2 研究区的地质背景

研究区位于滇西南永德县班卡乡南约8 km的鱼塘寨(现名鱼塘村)(图1),构造古地理上隶属于昌宁—孟连带的中区,该带中发育一套石炭—二叠纪的洋岛—海山碳酸盐岩地层,南起中缅边境向北经孟连、澜沧老厂至沧源团结一带,鱼塘寨位于最北端<sup>[5,6]</sup>。

鱼塘寨早石炭世早中期发育大套的洋岛型玄武岩(1:20万耿马幅区调报告),晚期至早二叠世为一套厚近千米的碳酸盐岩整合覆于其上,普遍发育正常浅海类型的动物群,以蜓和海百合为主,次为珊瑚和非蜓有孔虫。薄片未见有陆源成分。地层结构为典型的火山岩基底加碳酸盐岩盖层的洋岛—海山型双层式结构,与现代太平洋中的众多海山<sup>[7,8]</sup>以及古洋岛<sup>[9,10]</sup>的地层结构相同。据此推断鱼塘寨地区石炭—二叠纪时期为古特提斯洋中的一个古海山。

已建立的蜓化石带可进行区域对比,石炭纪与

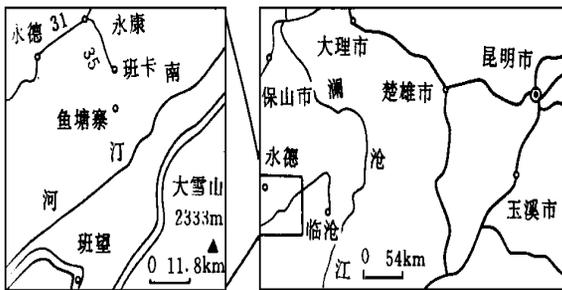


图1 研究区地理位置及剖面位置图

Fig. 1 Map showing the location of the studied area

\* 本文由国家基础性研究重大关键项目“中国古大陆及其边缘层序地层和海平面变化研究”资助。  
收稿日期: 1996-06-12

二叠纪的分界采用国际上现行的方案,以 *Pseudoschwagerina* 的出现作为二叠纪的开始 本文重点对石炭纪的层序地层作一分析。

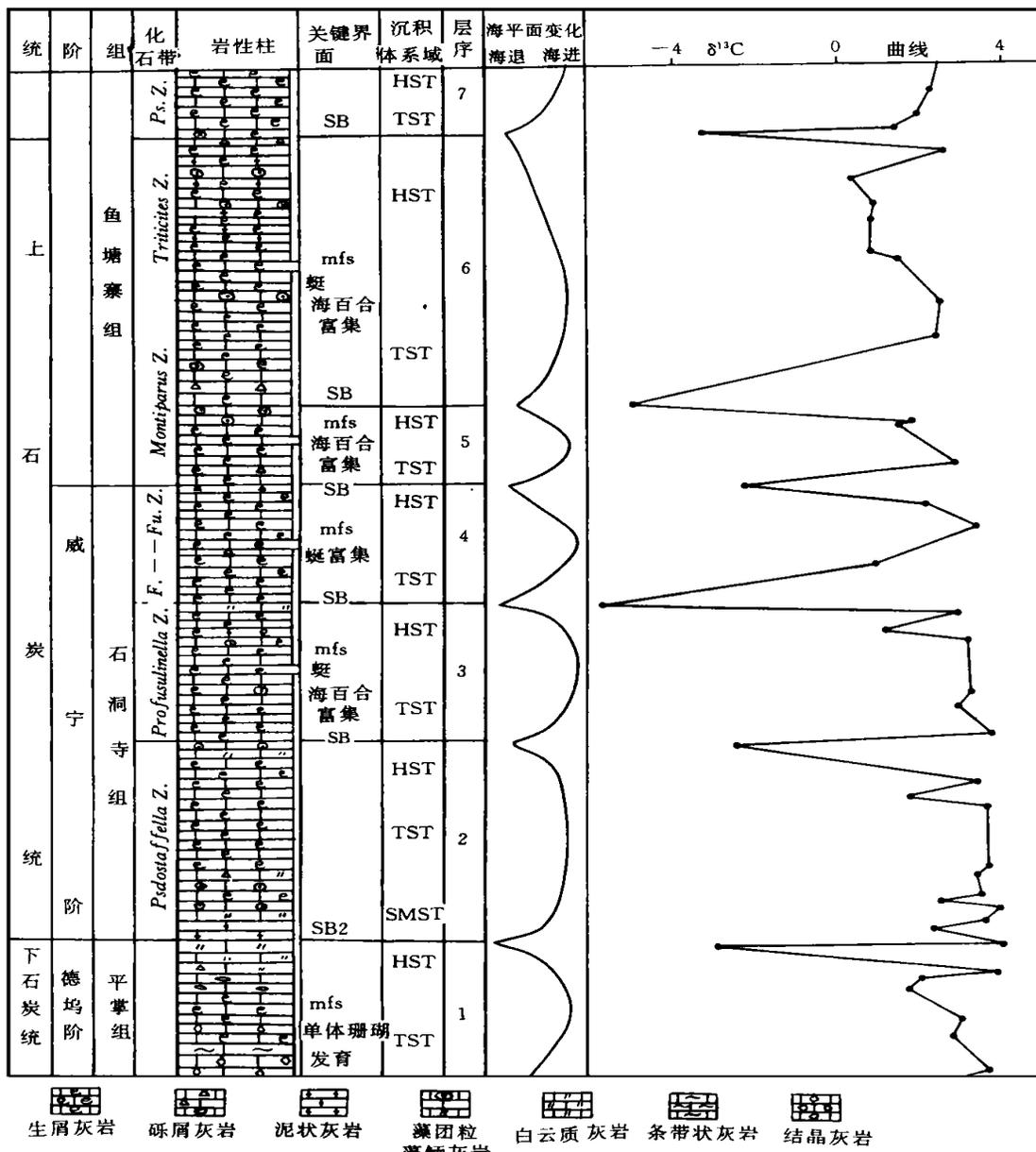
### 3 露头层序地层的特征

依据露头层序地层学原理和方法,结合碳酸盐岩沉积相和微相特征 成岩作用特点及碳、氧同位素的分析通过沉积层序关键界面的识别和沉积体系域

配套,以及副层序叠置型式的研究,首次在鱼塘寨剖面的石炭系识别出 6个三级层序,其中早石炭世晚期 1个、威宁阶 3个、鱼塘寨组 3个,顶部一个归属下二叠统(图 2)

#### 3.1 早石炭世晚期至威宁期层序的划分及特点

层序 1 位于下石炭统顶部,对应的岩石地层单位为平掌组上部,层序的底界面因覆盖难以识别 下伏地层为凝灰质粉砂岩、泥岩和玄武岩,凝灰质粉



F. - Fu. - Fusulina - Fusulinella Z. Ps. Z. - Pseudoschwagerina Z.

注: Pseudos. Z. = Pseudostaffella Zone; Pro. Z. = Profusulinella Zone F. - Fu. Z. = Fusulina - Fusulinella Zone; Mon. Z. = Montiparus Zone Tri. Z. = Triticites Zone; Ps. Z. = Pseudoschwagerina Zone \* 据蓝朝华(1983)资料

图 2 研究区石炭系层序地层柱状图

Fig. 2 Carboniferous sequence stratigraphic column of the studied area.

砂岩和泥岩中产腕足 *Dictyoclostus inflatus* *Echinoconchus lianshanensis*; 上覆灰岩中产珊瑚 *Diphyphyllum* *s.p.*, *Lithostrotion irregulare* 所产化石均为早石炭世晚期的标准属种或重要的常见属种, 从产出层位及所含化石来看, 层序 1 的时限应为纳缪尔早期, 相当于黔南的德坞期沉积。层序 1 底部深灰色厚层状云化颗粒质泥晶灰岩的碳同位素值出现负偏, 沉积结构中有溶蚀孔隙发育。由于下伏地层为凝灰质粉砂质页岩及玄武岩, 因而层序 1 的底界面性质有待进一步研究。层序 1 厚 46 m, 由海侵体系域和高水位体系域构成。

海侵体系域 (TST) 由半局限台地相—开阔台地相的颗粒质泥晶灰岩和泥质颗粒灰岩构成, 从下至上由粪球粒发育→含少量海百合茎→普遍泥晶化的海百合茎→发育海百合和珊瑚; 胶结结构由粒状胶结向粒状、柱状等厚环边结构过渡, 反映海平面在持续上升。相当最大海泛面 ( $m_{fs}$ ) 层位单体珊瑚较发育, 其副层序的叠置型式为退积—加积型。高水位体系域 (HST) 由泥晶灰岩和颗粒质泥晶灰岩及细晶灰岩构成, 高水位早期, 由于可容纳空间增加较快, 沉积作用缓慢, 发育少量早期海底胶结结构, 富泥贫颗粒, 显示为追补型的加积特点; 高水位晚期, 海平面开始下降, 可容纳空间减小, 颗粒相对富集且多破碎, 胶结特点不明显, 近顶部岩石呈现角砾化, 显示并进型的加积—进积特点。

层序 2 对应的化石带为 *Pseudostaffella* 带。层序的底界面为 II 型层序界面, 其特征为: 1) 未见明显的侵蚀作用; 2) 界面上、下均有弱的白云石化作用及少量淡水渗流晶洞; 3) 碳同位素值负向偏移,  $\delta^{13}C$  为  $-2.874\text{‰}$  (PDB)。层序 2 由陆架边缘体系域 (SMST) TST 和 HST 构成, 厚 68 m, SMST 由加积—弱退积型副层序构成, 副层序为泥晶灰岩→藻球粒泥晶灰岩和泥晶灰岩→细晶白云岩的韵律性旋回 (图 4), 此时期的海平面变化为高频低幅, 正好与晚石炭世开始的全球性冰川活动相对应; TST 为退积型的副层序, 由开阔台地相的生屑泥晶灰岩和含生屑泥晶灰岩构成, 生屑有腹足类、海百合及蜓, 颗粒周边发育粒状、柱状等厚环边胶结结构; HST 为加积—进积型的副层序, 由台地浅滩相的生屑藻球粒泥晶灰岩和含生屑藻球粒泥质颗粒灰岩构成, 泥晶化及新月形胶结结构发育。

层序 3 对应的生物地层单位为 *Profusulinella* 带, 厚 47 m, 层序由 TST 和 HST 构成。TST 为开阔

台地相的生屑泥晶灰岩构成, 相当于  $m_{fs}$  的层位为灰色厚层状颗粒质泥晶灰岩, 蜓和海百合富集; HST 为局限台地相的云化泥晶灰岩及纹层状泥晶灰岩, 新月形胶结结构及少量渗流豆粒发育。该层序内的次级旋回性较差, 副层序难以识别。

层序 4 对应的生物地层单位为 *Fusulina*—*Fusulinella* 带。层序的底界面处碳同位素值极明显的负偏,  $\delta^{13}C$  值为  $-5.76\text{‰}$  (PDB), 反映界面形成时海平面下降显著, 大气淡水的影响强烈。层序由 TST 和 HST 构成, 厚 40 m。TST 为开阔台地浅滩相的含生屑藻球粒泥晶灰岩、泥质颗粒灰岩, 岩性较单一, 生屑以海百合和有孔虫 (含蜓) 为主, 泥晶化强烈, 相当  $m_{fs}$  的层位蜓、海百合、非蜓有孔虫及珊瑚相对富集, 粒状新月形胶结结构发育; HST 由生屑泥晶灰岩和砾屑灰岩的韵律性旋回构成, 为加积—进积型的副层序, 砾屑的  $\delta^{13}C$  值变动范围为  $-0.102\text{‰}$ ~ $-0.432\text{‰}$  (PDB), 胶结物的  $\delta^{13}C$  值为  $-2.333\text{‰}$  (PDB), 砾屑边缘具氧化边, 反映高水位末期大气淡水的影响加强。对应于层序 4 形成时的海平面变化为低频速退, 使得 HST 沉积时的可容纳空间迅速减小, 沉积厚度变薄。

层序 2 3 4 对应的年代地层单位为威宁阶, 对应的岩石地层单位为石洞寺组。

层序 2 包含有 SMST, 因而其底界面性质应属 II 型层序界面。层序 3 4 均由 TST 和 HST 构成, 界面处也未见明显的暴露标志及冲刷痕迹, 界面性质难以判定。冰期中的海平面变化幅度较大 ( $60\sim 100\text{ m}$ ), 在碳酸盐台地几乎都形成 I 型层序界面<sup>[11]</sup>, 层序 3 4 的底界面处均有碳同位素值强烈负偏的现象 (图 2) 及淡水渗流带的胶结特征, 表明存在大气淡水的强烈影响, 界面性质与黔南同时期的情况类似<sup>[12]</sup>, 可能属于 I 型层序界面。

### 3.2 鱼塘寨组的层序划分及特点

鱼塘寨组在层位上可与黔南独山的马平组对比<sup>[12]</sup>, 但由于岩性、微相特征及成岩作用特点差异小, 因而识别出的副层序与黔南马平组相差甚远, 仅为 15 个, 但三级层序基本上可以对比。

层序 5 位于鱼塘寨组下部, 对应的生物地层单位为 *Montiparus* 带中下部, 层序由 TST 和 HST 构成, 厚 26 m。TST 为开阔台地相的生屑泥晶灰岩, 生屑为蜓、海百合, 泥晶化较强, 相当  $m_{fs}$  的层位海百合茎可达 30%。HST 为台地浅滩相的鲕粒灰岩、生屑藻泥质颗粒灰岩、颗粒质泥晶灰岩及砾屑

灰岩组成,为并进型高水位台地的产物。海平面变化表现为低频速退。

层序 6 位于鱼塘寨组中部,对应的生物地层单位为 *Montiparus* 带上部和 *Triticites* 带,层序由 TST 和 HST 构成,厚 92 m,界面处  $\delta^{13}C$  值为  $-5.063\text{‰}$  (PDB)。TST 为开阔台地相及台地浅滩相生屑藻鲕泥晶灰岩、生屑泥晶灰岩构成,生屑泥晶化强烈,胶结结构粒状新月形、重力型至等厚环边,相当  $mfs$  的层位生屑含量可达  $5\% \sim 60\%$ ,海平面变化为低频速进,副层序的叠置型式为退积型。

HST 由加积-进积型副层序构成,岩性为生屑藻球粒泥晶灰岩及砾屑灰岩,副层序厚度变薄 (16~18 m), *Triticites* 带仅为顶部一个副层序,厚 16 m,胶结结构为粒状新月形及重力型,表现为并进型的碳酸盐台地特点,海平面变化为低频缓退。

层序 7 位于鱼塘寨组顶部,对应的生物地层单位为 *Pseudoschwagerina* 带 (广义),时代归属于早二叠世。层序由 TST 和 HST 构成,底面岩性为砾屑灰岩,砾屑为下伏层位的颗粒质泥晶灰岩和泥质颗粒灰岩,  $\delta^{13}C$  值为  $-0.354\text{‰} \sim -2.244\text{‰}$  (PDB),胶结物的  $\delta^{13}C$  值为  $-3.206\text{‰}$  (PDB),表明石炭-二叠纪之交的海平面下降明显,沉积物受大气淡水的影响非常强烈,生物面貌也开始发生大的转变。

上述层序 5、6、7 的层序界面可能属 I 型层序界面,原因同前述。

### 3.3 副层序的基本类型及微相特征

鱼塘寨剖面发育完整的副层序,自下而上依次为:含生屑泥晶灰岩、生屑泥晶灰岩、生屑藻鲕泥质颗粒灰岩和含生屑藻团粒泥质颗粒灰岩。微相分析

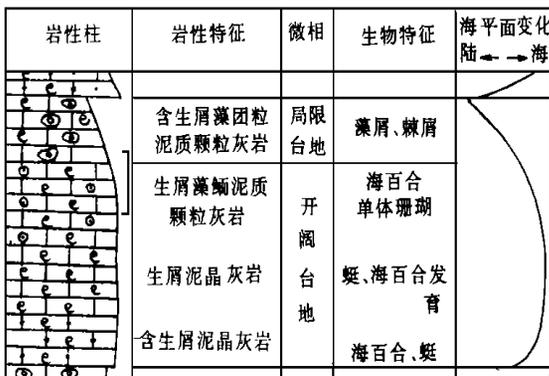


图 3 副层序的基本特征

Fig. 3 Primary features of the parasequence

表明副层序代表着由开阔台地向局限台地演变的过程 (图 3)。该类型副层序在剖面中占主导地位,在 TST 中副层序厚度较大,局限台地相的藻屑泥质颗粒灰岩不很发育;在 HST 中副层序厚度相对减小,局限台地相的含藻屑灰岩发育,局部变为砾屑灰岩。



图 4 副层序的基本特征

Fig. 4 Primary features of the parasequence

另一种副层序为泥晶灰岩、藻球粒泥晶灰岩和泥晶灰岩、细晶白云质灰岩的韵律性变化 (图 4),厚度薄,主要出现于下部层序 (层序 1 和 2) 的高水位体系域和陆架边缘体系域中。

## 4 沉积层序及其界面的形成机制分析

鱼塘寨剖面的沉积层序基本上是由海侵体系域和高水位体系域构成,而副层序的岩性组合、生物特征和成岩作用特点表明其属于 Goodwin and Anderson<sup>[13]</sup> 提出的间断加积旋回 (Punctuated aggradational cycles),因此,笔者认为鱼塘寨剖面沉积层序及其界面的形成机制与黔南独山<sup>[12]</sup>和北美中大陆<sup>[14,15]</sup>晚石炭世的情况相同,均为冰川型全球海平面变化起主要作用。

北美中大陆晚石炭世处于比邻阿帕拉契亚-瓦契塔山地的较深水陆棚部位,较大的沉降幅度和丰富的陆源碎屑供应,使得一次四-五级海平面升降 (幅度  $\geq 60$  m) 即可形成一个完整的沉积层序。黔南地区当时处于构造分异微弱的清水碳酸盐台地环境,水深变化不大,一次四-五级海平面升降过程仅能形成副层序级别的沉积记录<sup>[12]</sup>。

鱼塘寨晚石炭世时则是古特提斯洋中的一个海山碳酸盐台地,由于火山期后的热沉降事件和相对较高的生物生产率,使得台地始终处于正常浅海环境,水体深度变化不大,因而形成一套巨厚的碳酸盐岩盖层沉积;由于岩相分异小,后期海侵 (泛) 面的冲刷作用也不明显,因此,一个副层序级的沉积记录可

能代表着多次四—五级海平面的升降过程。

表 1 上扬子地块及其西缘麦粒蜓带层序地层对比

Table 1 Sequence stratigraphical correlation of the *Triticites* zone in the upper Yangtze block and its western margin

地区	黔南、桂北	滇西大理	滇西永德、耿马
化石带			
<i>Pseudoschwagerina</i> 带	含珊瑚灰岩	复成分砾岩	角砾灰岩
<i>Triticites</i> 带	SB1 海侵冲蚀面 约 40 m	SB1 · V · V · ? 22.5 m	SB 16 m 154 m SB— 藻团粒
<i>Montiparus</i> 带	藻纹层、鸟眼		
<i>Fusulinella-Fusulina</i> 带	约 60 m SB1 上超面 白云质灰岩	SB 硅质结核	50 m SB 藻团粒

黔南马平组 *Triticites* 带 (广义) 划分出 2 个三级层序, 包含有 17 个次级旋回<sup>[12]</sup> 与北美中大陆相同。鱼塘寨剖面中 *Montiparus* 带和 *Triticites* 带也划分出 2 个三级层序, 包含 9 个次级旋回, 相当 *Triticites* 带的沉积在鱼塘寨仅代表了层序 6 顶部的一个副层序, 厚度仅 16 m。鱼塘寨以南的耿马四排山, *Triticites* 带的沉积也很薄, 不足 24 m, 向上迅速出现 *Pamirina* 带的沉积; 鱼塘寨东南的勐撒忙排 *Triticites* 带的沉积与上覆下二叠统为假整合接触 (1: 20 万耿马幅区调报告); 而大理洱海东岸的长育村, 相当 *Triticites* 带的沉积则发育有较多的沉火山岩, 厚度约 10 m。上述事实表明: 晚石炭世晚期, 同为碳酸盐沉积的黔南与鱼塘寨存在着明显的差异, 很可能启示古特提斯洋域在 *Triticites* 带沉积期和 / 或沉积后曾有过一次重要的构造事件发生。事件的性质、规模及影响范围有待进一步的探索和研究。

在二级层序范围内 (晚石炭世), 鱼塘寨、黔南和滇西大理均有较好的可比性, 三级层序范围内, 前两个地区可以进行对比, 更低级别的旋回则差异增大 (表 1), 可比性差。

地史时期, 地内因素对地外因素的响应关系在高级别范围 (如二级、三级层序) 可能是线性的, 但低级的沉积层序可能有相当一部分是非线性的。不同构造背景条件下, 沉积层序的级别、沉积样式和形成

机制会有不同的表现形式, 相同的沉积样式可能代表不同级别的沉积层序。因此, 在层序地层学研究中要具体分析, 避免引起概念和术语方面的混淆, 以达到正确进行等时性对比、合理解释地质历史以及探讨地球动力学问题的目的。

## 5 结 语

对于碳酸盐岩与火山碎屑岩接触的剖面, 界面性质如何, 怎样判断尚需进一步研究; 碳酸盐岩层序地层学研究中有关副层序的划分, 不同级别沉积层序的识别以及层序界面与年代地层单位的关系等也有待进一步的工作和探讨。

古特提斯洋域 *Triticites* 带的沉积在厚度、次级旋回的发育程度方面与扬子板块内部的黔南存在较大的差异, 通过进一步的碳、氧同位素地质学、成因地质学、沉积地质学及古生物学综合研究, 有望在不同构造背景条件下沉积层序间的对比和成因机制等方面取得重大进展。

蜓化石由聂泽同教授帮助鉴定, 碳、氧同位素由薛啸凤和刘秀明两位老师测试完成, 本文在修改过程中石油大学冯增昭教授提出了许多宝贵的意见, 在此笔者表示衷心的感谢。

## 参 考 文 献

- [1] Van Steenwinkel, M., 1990, “斑点”露头层序地层学—以比利时 Dianat 复向斜泥盆—石炭过渡时期碳酸盐为主的环境为例 *Sed. Geol.*, 69(3-4): 259-280.
- [2] Ito, M. and Katsura, Y., 1992, Inferred glacio-eustatic control for high-frequency depositional sequences of the Plio-Pleistocene Kazusa Group, a forearc basin fill in Boso Peninsula, Japan. *Sed. Geol.* 80: 67-75.
- [3] Weimer, R. J., 1992, Developments in sequence stratigraphy, foreland and cratonic basin. *AAPG Bull.*, 76: 965-982.
- [4] Brandner, R. et al., 1993, Triassic sea-level Eustatic vs. kinematic controls. Evidence from Northern Calcareous Alps and Southern Alps. Carboniferous to Jurassic PANGAEA, Program and Abstracts 36.
- [5] 刘本培, 冯庆来, 方念乔等, 1993, 滇西南昌宁—孟连带和澜沧江带古特提斯多岛洋构造演化, *地球科学—中国地质大学学报* 18(5): 529-539.
- [6] He Fuxiang and Liu Benpei, 1993, Recognition of Ancient Ocean Island in Paleo-Tethys, Western Yunnan. *Journal of China University of Geosciences*, 4(1): 23-29.
- [7] Schlanger, S. O.; Douglas, R. G. et al., 1973, Fossil Preservation and Diagenesis of Pelagic Carbonates from the Magellan Rise, Central North Pacific Ocean. Initial Reports of the DS-

- DP, 17, pp. 407~ 427, U. S. Government Printing Office, Washington.
- [8] Heezen, B. C.; Matthews, J. L. et al., 1973, Western Pacific Guyots. Initial Reports of the DSDP, 20, pp. 653~ 723, U. S. Government Printing Office, Washington.
- [9] Sano, Hiroyoshi; Horibo, Kenji and Kumamoto, Yasuko, 1990, *Tubiphytes - Archaeolithopore - Givanelia* reefal facies in Permian buildup, Mino terrane, central Japan. *Sed. Geol.* 68 293~ 306
- [10] Laue, D. K.; Smith, A. L. and Schellekens, L. H., 1991, Oceanic island arc stratigraphy in the Caribbean region don't take it for granite. *Sed. Geol.* 74 289~ 308
- [11] Tucker, M. E., 1993, Carbonate diagenesis and sequence stratigraphy. In Wright, V. P. et al., eds. *Sedimentology Review*. Oxford: Blackwell Scientific Publication, 1 51~ 72
- [12] 刘本培, 李儒峰, 尤德宏, 1994, 黔南独山石炭系层序地层及麦粒蜓带冰川型全球海平面变化. *地球科学 - 中国地质大学学报*, 19(5): 553~ 564.
- [13] Goodwin, P. W.; Anderson, E. J., 1984, Punctuated aggradational cycles a general hypothesis of episodic stratigraphic accumulation. *Jour. Geol.*, 93 335~ 339.
- [14] Heckel, P. H., 1986, Sea-level curve for Pennsylvanian eustatic marine transgressive-regressive depositional cycles along midcontinent outcrop belt. *North American Geology*, 14 330~ 334
- [15] Ross, C. A. and Ross, June R. P., 1987, Late Paleozoic Sea Level and Depositional Sequences. *Cushman Foundation for Foraminiferal Research, Special Publication* 24 137~ 139.

## Studying on the Carboniferous Sequence Stratigraphy of the Seamount Carbonate Platform in Paleo-Tethys, Southwestern Yunnan, China

*Zhang Haiqing Lin Benpei and Fang Nianqiao*

(China University of Geosciences, Beijing, 100083)

### Abstract

Based on the outcrop sequence-stratigraphic principle and method, the authors first studied the Carboniferous section of the seamount carbonate platform in Paleo-Tethys (the Changning-Menglian belt), Southwestern Yunnan, China. 6 third-order sequences were examined in detail with particular attention to the key surface of the parasequence. There are 1 sequence in Early Namurian, 3 sequences both in Late Namurian-Westphalian (Weining) and Stephanian-Sakmarian (Yutangzhai F., the upper most sequence belongs to Permian). Third-order sequences and eustatic transgressive-regressive cycles at the Yutangzhai (in Southwestern Yunnan) can be correlated with ones in Southern Guizhou except parasequences. Carbon and oxygen isotopes at the Yutangzhai were lighter than those in Southern Guizhou, Probably, the same eustasy and different tectonic background were the main causes of the above facts during the Late Carboniferous.

**Key Words** Southwestern Yunnan Paleo-Tethys seamount carbonate platform Carboniferous sequence stratigraphy