

文章编号: 1000-0550(2003) 04-0675-08

层序底界面的物质表现形式

——以中国南方海相震旦系—中三叠统为例

田景春 陈洪德 覃建雄 侯明才 赵俊兴

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

摘要 众所周知,在层序地层学研究中最关键的是层序划分,而层序划分的关键是有关界面的识别,可用于确定层序的界面包括层序的底界面,初始海泛面和最大海泛面,其中最为重要的是层序底界面的识别,这是层序划分的基础和前提。以中国南方海相震旦系—中三叠统为例,在大量野外剖面详细观测的基础上,识别出了层序底界面的物质表现形式有9种类型,它们分别是:① 古风化壳,④渣状层,②③河流回春作用面,①/④古喀斯特作用面,②/③斜坡重力流冲刷侵蚀面,③/④盆地内浊流侵蚀面,⑧火山事件作用面,⑦岩性、岩相转换面,⑤上超面。详细讨论了各类型界面的特征,这对于正确识别和划分层序具有重要的意义。

关键词 层序 层序界面 表现形式

第一作者简介 田景春 男 1963年出生 教授、博士生导师 储层沉积学、层序地层学、沉积地球化学

中图分类号 P539.2 **文献标识码** A

1 前言

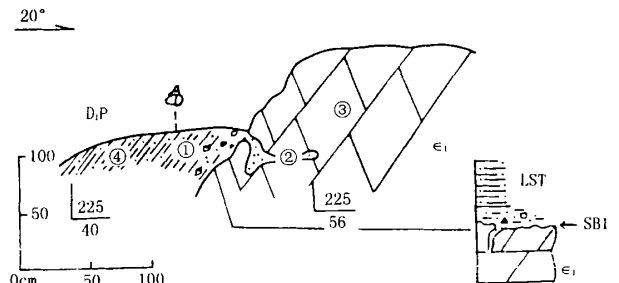
20世纪80年代初,起源于地震地层学的层序地层学理论一经形成,便受到了国内外地质学界的广泛关注,并在“地质学、沉积学以及一切与沉积岩有关的科学领域引起了极大的震动”,这是由于“层序地层学改变了分析世界地层记录的基本原则,它开创了了解地球历史的一个新阶段”,为什么呢?这是由于与其它地层学相比,其优点表现为:① 沉积解释比其它地层学更加符合客观地质实际;④对储集层、生油层、盖层的时空展布具有更强的预测性;②③在勘探方面更有助于在成熟盆地和新盆地发现新的油层;①/④在开发方面能够提高储集层、生油层和盖层的预测精度。也正因为此,目前地质学界已掀起了研究层序地层学的热潮^[1-20]。在层序地层学研究中,最关键的是层序的识别和划分,而层序的识别划分的前提是层序底界面的识别,所以详细研究层序底界的特征是层序地层学研究的基础和前提。本文以中国南方海相震旦系—中三叠统为例,系统研究层序界面的物质表现形式,这对于准确识别层序具有重要的意义。

2 层序底界面的物质表现形式

通过对中国南方不同地区震旦纪—中三叠世不同时代的基干剖面和辅助剖面的详细观测和研究,层序底界面的表现形式有以下几种(表1),下面就各类界面的特征进行阐述。

2.1 古风化壳

古风化壳是地球历史时期地壳表层岩石经长期风化作用后所形成的分布于地壳表层的残积物,它的存在代表了地质历史时期地壳上升,海平面下降,原岩暴露于水面之上而遭受风化剥蚀,所以古风化壳的存在是典型的层序界面。此类界面在研究区震旦系—中三叠统中广泛存在(图版iv-1,2),如滇黔桂地区泥盆系的底界面为一典型的古风化壳(图1),具体表现为泥盆系不整合于加里东褶皱带之上,形成明显的区域性角度不整合,具体表现为下伏地层(ϵ_3 横县六景剖面, O_3 文山古木剖面)不均衡侵蚀、风化,并形成风化残积层,界面上下 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ^[9]、微量及常量元素^[9], $\delta^{13}\text{C}$



① 风化残积体系; ④溶蚀孔洞充填; ③晶粒白云岩;

①/④ 粉砂质灰岩; SB+1 型界面

图1 云南达莲塘泥盆系/寒武系界线关系

Fig. 1 Boundary between Devonian and Cambrian in Daliantang, Yunnan

表1 中国南方震旦系—中三叠统层序界面特征

Table 1 Features of sequence bottom boundary surface of Sinian system to Middle Triassic Series in South China

序号	层序界面表现形式	典型特征
1	古风化壳	地层缺失、生物化石带缺失、地球化学突变
2	渣状层	淡水淋滤、溶解形成的疏松、似炉渣的粘土层
3	河流回春作用	冲刷侵蚀谷, 滞留砾岩
4	古喀斯特作用面	岩溶角砾岩, 溶蚀孔洞, 大气淡水胶结物, 铁泥质氧化壳, 地球化学突变
5	斜坡重力流冲刷侵蚀面	不规则冲刷沟谷, 来自台地边缘垮塌的角砾岩
6	盆地内浊流侵蚀面	不规则冲刷面及界面之上为典型的浊积岩
7	火山事件作用面	火山喷发产物或火山喷发产物的蚀变产物及其上下为海相沉积
8	岩性、岩相转换面	岩性突变、沉积环境突变、地球化学突变
9	上超面	上超接触关系

均发生了明显变化。在生物演化方面表现为: ① 鱼类的繁盛及原始两栖类的出现; ④ 陆生植物的发展; ④ 海生无脊椎动物的巨大革新和发展。如牙形石 *Ped pe-savis*, *Anc. delf*, *O. eurekecmis*, *M uniformis* 带以及泪竹节石的首次出现等。

又如二叠系的底界面也为一典型的古风化壳(图版 iv-1), 主要表现为晚石炭沉积结束之后, 中国南方在地史上普遍发生了一次构造运动—“黔桂运动”或“云南运动”, 此次运动使大部分地区上升成陆, 遭风化剥蚀, 从而在华南大部分地区形成平行不整合或微角度不整合面, 从而也造成了二叠系地层在不同地区超覆于不同时代地层之上, 如黔中地区, 贵阳、龙里之间下二叠统假整合于上石炭统中部之上, 贵阳与遵义之间下二叠统超覆于下石炭统不同层位上, 瓮安之北和金沙江之北下二叠统与奥陶系下、中、上统分别接触; 仁怀—遵义—余庆一线以北的黔北地区, 下二叠统普遍与中下志留统假整合接触, 上述地层接触关系充分说明了二叠系沉积之前, 研究区大部地区遭受风化剥蚀, 形成一广泛分布的古风化壳。此外石炭系的底界面和中、上三叠统之间也为一古风化壳。

2.2 渣状层

渣状层又称渣状土, 是由于全球海平面下降条件

下导致前期沉积暴露, 遭受风化剥蚀, 淡水淋滤, 溶解等地质作用所形成的异常疏松, 似炉渣状的土壤, 称之为渣状层或渣状土。此种类型的界面在研究区也较发育, 如中扬子地区石门杨家坪剖面陡山沱组 35 层顶部(图 2); 下扬子江苏幕府山剖面上寒武统幕府山组与震旦统灯影组之间发育一层疏松的炭质粘土岩。上扬子贵州贞丰三叠系剖面第 3 层序界面上的紫红色粉土岩(图版 iv-3); 这些均为渣状层。

2.3 河流回春作用面

河流回春作用是由于全球海平面的快速下降, 陆棚的一部分或全部暴露地表, 河流推进至陆棚并下切陆棚, 形成河流深切谷(图版 iv-4)。此种类型的界面在研究区上、中、下扬子地区及浙赣湘闽粤地区均有广泛发育(图 3)。如中扬子地区松滋欧家河石炭系剖面上、下石炭统之间为一典型的河流回春作用的产物。又如下扬子地区江苏江宁县坟头村志留系剖面。坟头组内的一个三级层序界面上发育 10~20 cm 的残积砾岩, 砾石扁平, 定向排列, 与下伏地层与切割关系。

2.4 古喀斯特作用面

是指地质历史时期发育的, 并被后来沉积物所覆盖的(含有 CO_2 的地下水和地表水对可溶性碳酸盐岩的溶解、淋滤、侵蚀和沉积等) 古岩溶作用所形成的作

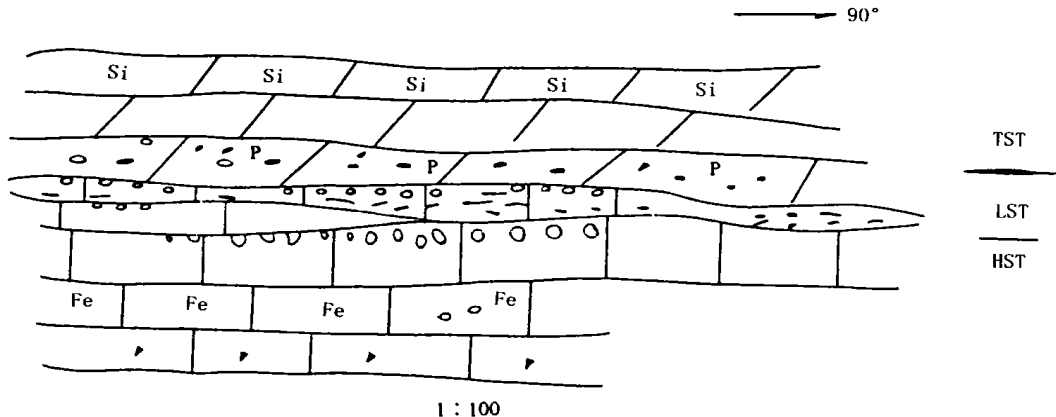


图2 震旦系陡山沱组 35 层上部暴露形成溶蚀孔洞及古土壤

Fig. 2 Solution pore and paleosol formed by exposure in 35 layer of Doushantuo Formation

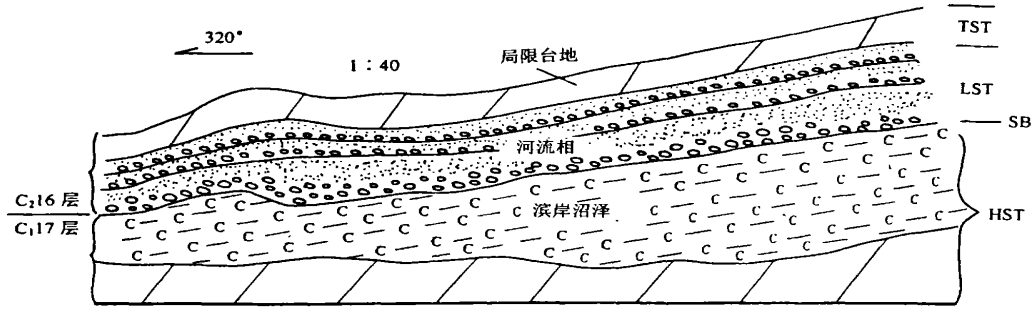
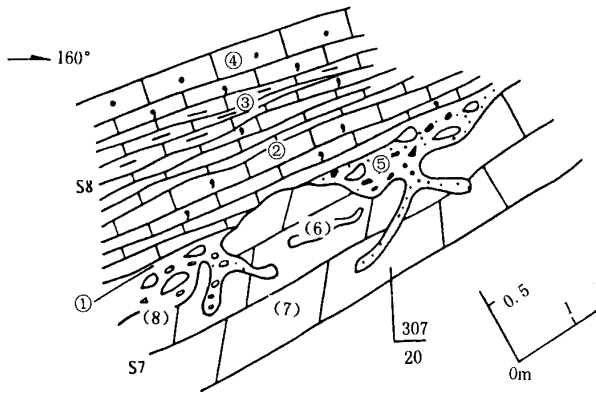


图 3 湖北松滋欧家河 C₂/C₁ 之间的河流回春砾岩

Fig. 3 River rejuvenation conglomerate between C₂ and C₁ in Oujiache, Shonzhi

用面。此类型界面的形成过程即是层序界面的发育过程,即原始位于水体之下沉积的碳酸盐岩在构造抬升或海平面下降条件下暴露地表、遭受风化、剥蚀,从而形成古喀斯特作用面。此类界面在研究区泥盆系一中三叠统中广泛发育(图版 iv-5),如泥盆纪地层中,以台地为背景的剖面中,古喀斯特溶蚀面非常发育,常表现为溶蚀孔洞缝中冲刷充填铁泥质红色氧化壳,如上扬子地区文山古木剖面(图 4),桂林洞村剖面上溶蚀角砾岩以及栉壳状石解石胶结构非常发育。中扬子地区大冶金山店黄龙组中的喀斯特面,寒武系 \in SQ7 / \in SQ6 之间的喀斯特,下扬子地区的幕府山剖面幕府山组及炮台组中的古岩溶角砾岩等。



① 海侵上超面; ④ 海侵生物灰岩; ⑤ 相当 CS 组与灰质岩;
 ⑦ HST 颗粒灰岩 ⑧ 残积体系; ② 溶蚀孔洞冲刷充填;
 ③ 白云岩; ⑥ iv 型界面

图 4 文山古木剖面 S₈/S₇ 界面关系

Fig. 4 Boundary surface between S₈ and S₇ in Gumu section, Wenshan

2.5 斜坡重力流冲刷侵蚀面

此类界面在中国南方震旦纪——三叠纪沉积地层中的台地边缘斜坡剖面上广泛发育,主要表现为一套

台地边缘垮塌沉积(图 5)或斜坡侵蚀作用所形成的不规则界面及其之上的低水位期的角砾状灰岩(图版 iv-6)。这类界面是在海平面下降速率大于盆地沉降速率条件下所形成的典型层序界面。如上扬子地区南丹巴平石炭系剖面,贵州三都寒武系剖面,贵阳青岩三叠系剖面,中扬子地区石门磺厂二叠系剖面,下扬子地区安徽旌德县寒武系剖面,浙赣湘地区湖南花垣排比寒武系剖面上均可见到此类界面。

2.6 盆地内浊流侵蚀作用面

此类界面在研究中、下三叠统中较为发育,主要表现为伴随着相对海平面的快速下降盆地内发育的浊流对前期沉积冲刷侵蚀形成不规则的界面,界面之上发育 LST 期浊积砂岩,此类砂岩的底面槽模特别发育(图版 iv-7)(如广西田林潞城、八渡三叠系剖面、湖南木阳易家冲三叠系剖面)(图 6, 7)。

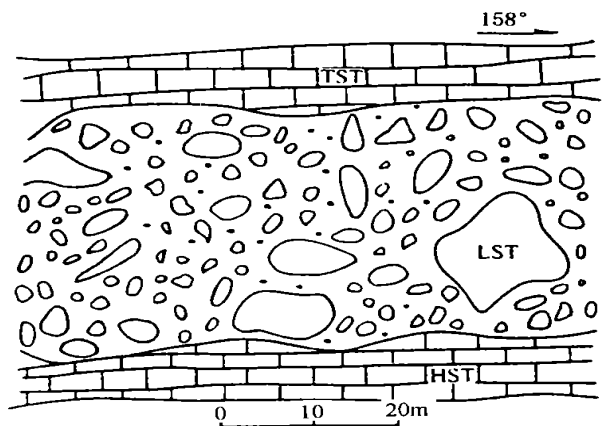


图 5 贵阳龙洞堡三叠系剖面罗楼组第二层序的底界面及其之上的 LST 沉积(台缘斜坡背景)

Fig. 5 The bottom surface of second sequence and LST sediments of Luolou Formation in Longdong Triassic Section, Guiyang

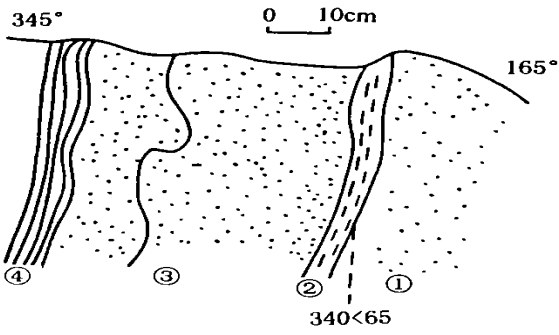


图6 盆地相 LST 浊积砂岩中的掏蚀坑
Fig. 6 Washing erosion surface of turbidity sandstones

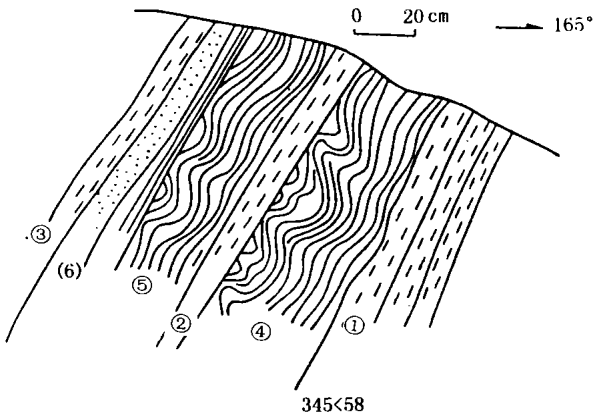
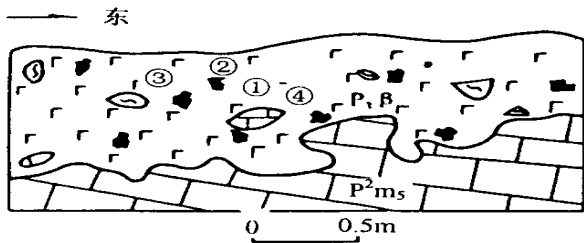


图7 盆地相 LST 沉积砂岩中的塑性流动
构造及其底部不规则侵蚀面(广西田林潞城剖面)
Fig. 7 Washing erosion surface and plastic deformation
structure of turbidity of LST in basin

2.7 火山事件作用面

是一套与火山事件作用有关的,可将层划分开的一套火山作用形成的产物(图版 iv-10)。此类界面在研究区也广泛存在,如上、中二叠统之间的界面即为一火山事件作用面(图 8, 9),主要表现中二叠世结束之后,随着东吴运动主幕的拉开,在广大的川滇地区



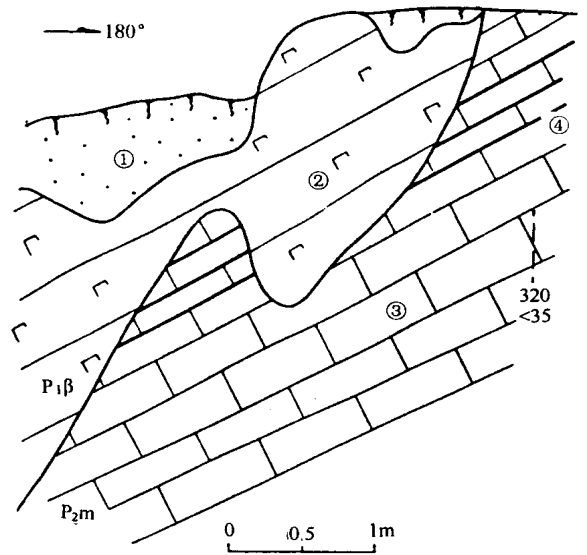
P₃β: ① 玄武质凝灰熔岩; ④黄铁矿; ②生物碎屑硅质岩;
③ 含蜓化灰岩砾石 P₂m³: 含 Neomisellina 蜓组灰岩
图8 云南镇雄新场 P₃β 与 P₂m³ 假整合接触面
Fig. 8 Pseudoconformity surface between P₃β and P₂m³ in Zhenxiong Xincang, Yunnan

形成了大面积分布的玄武岩堆积,也由于此次构造运动使得中二叠世的海域退缩到黔南以南的地区,而其他地区上升成陆,遭受风化剥蚀,并为铁、铝、硫等矿床的形成创造了条件。

又如早、中三叠世之间广泛分布的绿豆岩,是早三叠世海退与中三叠世海侵之间的火山喷发作用形成的一种特殊沉积,当时上扬子台地绝大部分地区处于陆上暴露条件,所以绿豆岩具有古风化壳特征,是去玻化很深的粘土质岩石,是天然的等时标志层,也为一典型的层序界面。

2.8 上超面

上超面是指后期沉积层与前期沉积层之间为一上超接触关系,这是由于海平面下降后又上升这一转变



1. 浮土; 2. 查仁状玄武岩; 3. 深灰色致密厚层石灰岩;
4. 石灰岩层间所夹炭质泥岩
图9 P₃β 与 P₂m³ 假整合接触面(格勒木 24 剖面)
Fig. 9 Pseudoconformity surface between P₃β and P₂m³ (24 section in Gelaimce)

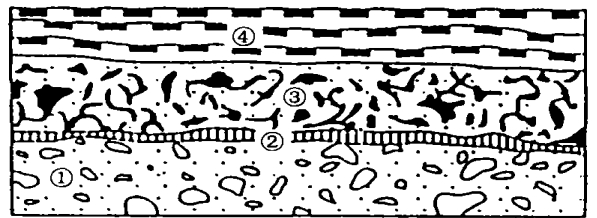


图10 丹寨南双峰北约100m 南沱组与陡山沱组之间的海侵及上超关系
Fig. 10 Transgressive onlap surface between Nantuo Formation and Doushantuo Formation, in Danzhai Shuangfeng

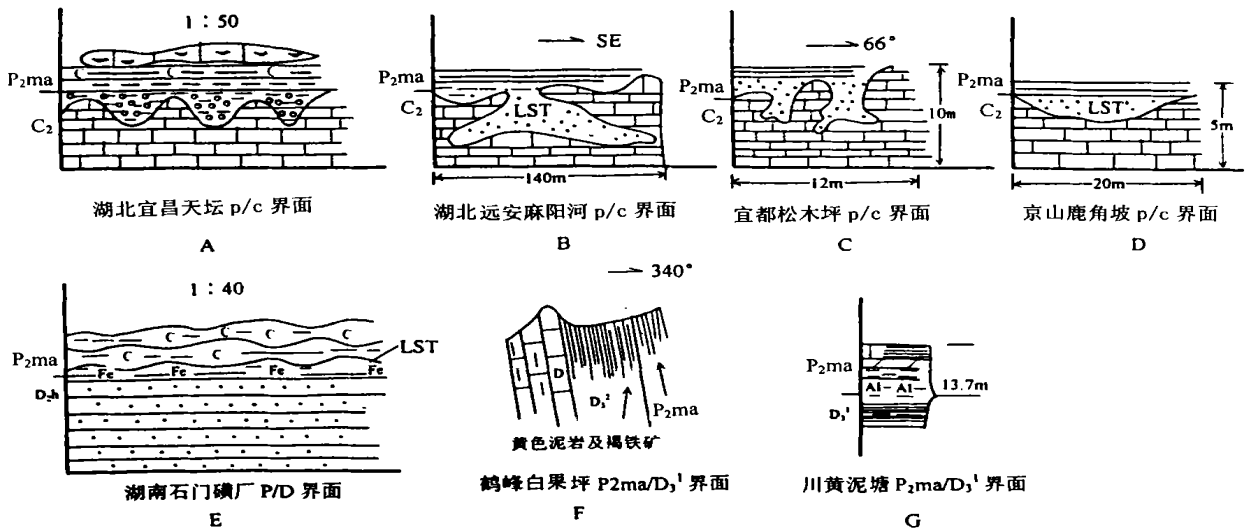


图 11 中扬子地区第 SS12 超层序底界面在不同相带剖面上的特征

Fig. 11 Features of Bottom boundary surface of SS12 super-sequence in different section in middle Yangtze area

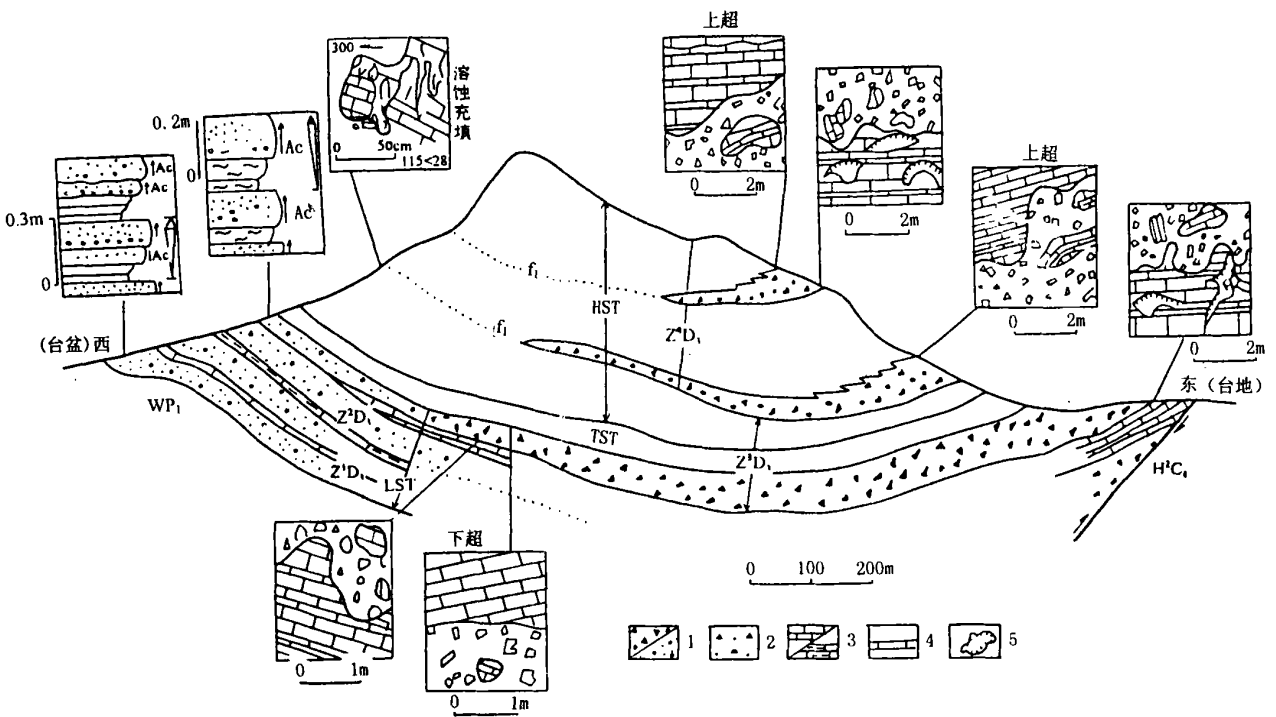


图 12 桂林福利屏山—莲塘底镇圩组层序 S₁₇剖面结构

Fig. 12 Section texture of sequence 17 from Pingshan to Liantang in Fuli, GuiLin

过程的产物。所以上超面也为一层序界面。此类型的界面在研究区也较发育(图 10)。如上扬子地区贵州三都寒武系基干剖面第 9 层序的底界面, 中扬子地区桑植红砂溪剖面, 湖南大庸田坪震旦系剖面、浙江杭州六和塔泥盆系剖面上均有此类界面发育。

2.9 岩性、岩相转换面

此类界面在研究区广泛发育, 它是在海平面下降速率小于盆地沉降速率条件下形成的, 其主要表现为陆上暴露而无河流回春现象发生, 台地上和台地边缘可能会经历短暂的暴露, 斜坡侵蚀作用不明显, 盆地内不发育低水位扇形体。

3 不同类型层序底界面的空间分布特点

总之,研究区内震旦系—中三叠统中层序界面类型多样,但不同类型的界面可在同一层序中不同相带出现(图 11, 12),如同一层序从陆—海,在陆地上表现为古风化壳,在台地上表现为古喀斯特岩溶作用面,在台缘斜坡表现为重力流冲刷侵蚀面,在盆地内表现为浊流侵蚀作用或岩性、岩相转换面。同一种类型的界面可在不同相带出现,如古喀斯特作用在局限台、开阔台地、孤立台地等相带中均可出现。又如火山事件作用面,从陆到海不同相带均可出现,只是表现形式有所差异。

参考文献(References)

- 1 陈洪德,覃建雄,田景春,等. 右江盆地层序充填动力学初探[J]. 沉积学报, 2000, 18(2): 165~ 171 [Chen Hongde, Qin Jianxiong, Tian Jingchun, *et al.* Sequence filling dynamics of Youjiang basin, Southern China[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2000, 17(4): 165~ 171]
- 2 冯庆来. 桂西北早石炭世台槽地区露头层序地层及海平面变化研究[J]. 地球科学, 1994, 19(5): 609~ 618 [Feng Qinglai. On outcrop sequence stratigraphy of intraplatform trough and sea level change during early Carboniferous in northwestern Guangxi[J]. *Earth Science*, 1994, 19(5): 609~ 618]
- 3 侯中健,陈洪德,田景春. 右江盆地海相泥盆系—中三叠统层序界面成因类型与盆地演化[J]. 沉积学报, 2000, 18(2): 205~ 209 [Hou Zhongjian, Chen Hongde, Tian Jingchun, *et al.* Genesis of sequence boundary and basin evolution in Youjiang basin during the Devonian to the Middle Triassic[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2000, 17(4): 205~ 209]
- 4 贾振远,蔡华,蔡忠贤. 中国古大陆及其边缘早古生代层序地层及海平面变化的基本特征[J]. 地球科学, 1997, 22(5): 544~ 551 [Jia Zhenyuan, Cai Hua, Cai Zhongxian. Sequence stratigraphy and sea level change of the Ordovician in the southern margin of Ordos region[J]. *Earth Science*, 1997, 22(5): 544~ 551]
- 5 李儒峰,刘本培,赵澄林. 扬子板块石炭纪沉积层序及全球性对比研究[J]. 沉积学报, 1997, 15(3): 23~ 28 [Li Rufeng, Liu Benpei, Zhao Chenglin. Correlation of Carboniferous depositional sequences on the Yangtze plate with others on a global scale[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1997, 15(3): 23~ 28]
- 6 彭军,陈洪德,田景春,等. 川黔桂地区石炭系层序地层学研究[J]. 沉积学报, 2000, 18(2): 190~ 197 [Peng Jun, Chen Hongde, Tian Jingchun, *et al.* Sequence stratigraphy study on the Carboniferous strata in Sichuan, Yunnan, Guizhou and Guangxi[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2000, 17(4): 190~ 197]
- 7 覃建雄,陈洪德,田景春,等. 川滇黔桂地区泥盆系层序地层分析[J]. 沉积学报, 2001, 18(2): 172~ 180 [Qin Jianxiong, Chen Hongde, Tian Jingchun, *et al.* Sequence stratigraphy of Devonian in the Youjiang basin[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2000, 17(4): 172~ 179]
- 8 田景春,陈洪德,彭军,等. 右江盆地深水沉积层序地层学研究[J]. 沉积学报, 2000, 18(2): 210~ 214 [Tian Jingchun, Chen Hongde, Peng Jun, *et al.* Study on sequence stratigraphy of deep water sediments in Youjiang basin[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2000, 17(4): 210~ 214]
- 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讨[J]. 地球科学, 1994, 19(5): 565~ 574 [Wu Yi, Gong Yiming, *et al.* Correlation of sequence stratigraphy to lithostratigraphy and chronostratigraphy of Devonian in South China[J]. *Earth Science*, 1994, 19(5): 565~ 574]
- 10 徐世球. 川黔湘交界寒武纪二级层序的划分及海平面变化[J]. 地球科学, 1997a, 22(5): 467~ 470 [Xu Shiqiu. The second-order sequence division and sea level fluctuation in Cambrian on the border of Sichuan, Guizhou and Hunan[J]. *Earth Science*, 1997a, 22(5): 467~ 470]
- 11 Brett C E, Goodman W M, LoDuca S P. Sequence stratigraphy and basin dynamics in the Silurian of Appalachian foreland basin[J]. *Sedimentary Geology*, 1990, 69(3/4): 191~ 224
- 12 Galloway W E. Genetic stratigraphic sequences in basin analysis[J]. *AAPG Bulletin*, 1989, 73: 125~ 154
- 13 Hallam A. Pre-Quaternary changes of sea level[J]. *Annual Review Planet Earth Science*, 1984, 12: 205~ 243
- 14 Miall A D. Stratigraphic sequences and their chronostratigraphic correlation[J]. *Journal of Sedimentary Petrology*, 1992, 61(4): 497~ 505
- 15 Pitman W C. Relationship between eustasy and stratigraphic sequences of passive margins[J]. *Geology Society of America Bulletin*, 1978, 89: 1389~ 1403
- 16 Ross C A, Ross J R P. Late Paleozoic sea levels and depositional sequences[A]. In: Ross C A, Haman D, eds. *Timing and Depositional History of Eustatic Sequences: Constraints on Seismic Stratigraphy* [C]. *Cushman Found Foram Res, Spec Publ*, 1987, 24: 137~ 149
- 17 Vail P R, Hardenbol J. Sea-level changes during the Tertiary[J]. *Oceans*, 1979, 22: 71~ 79
- 18 Van Wagoner J C, Betram G T. Sequence stratigraphy of foreland basin deposits[J]. *AAPG Memoir*, 1995, 64: 1~ 487
- 19 Weimer P, Posamentier H W. Siliciclastic sequence stratigraphy recent developments and applications[J]. *AAPG Memoir*, 1994, 58: 1~ 492
- 20 Wilgus C K, Hastings B S, Kendall C G St C, *et al.* Sea level changes: an integrated approach[J]. *SEPM Special Publishing*, 1988, 42: 1~ 407

The Apparent Types of Sequence Bottom Boundary Surface

—Taking marine Sinian System to Middle Triassic Series in South China as an example

TIAN Jing-chun CHEN Hong-de QIN Jian-xiong HOU Ming-cai ZHAO Jun-xing

(State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation

Institute of Sedimentology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059)

Abstract It is well known that the key of research on sequence stratigraphy is sequence division, but first of all the key of sequence division is identification of boundary surface. The boundary surface of defined sequence included sequence bottom boundary surface first transgressive surface and maximum marine flooding surface. Among them, the most important is bottom boundary surface identification because it is sequence division foundation. The paper, taking marine Sinian system to Middle Triassic Series in south China as an example, through analyses of filed geologic sections, identified nine types sequence bottom boundary surfaces which are: (1) weathering crust; (2) Paleosol; (3) Erosion surface of river rejuvenation; (4) Action surface of ancient karst; (5) Washing erosion surface of gravity flow on slope; (6) Erosion surface of turbidity flow in basin; (7) Action surface of volcano event; (8) Transition surface of rock character and facies; (9) onlap surface. Research features of above boundary surfaces in detail is very important for sequence division.

Key words sequence, boundary surface, apparent type

《石油科学》(英文版)正式创刊了!

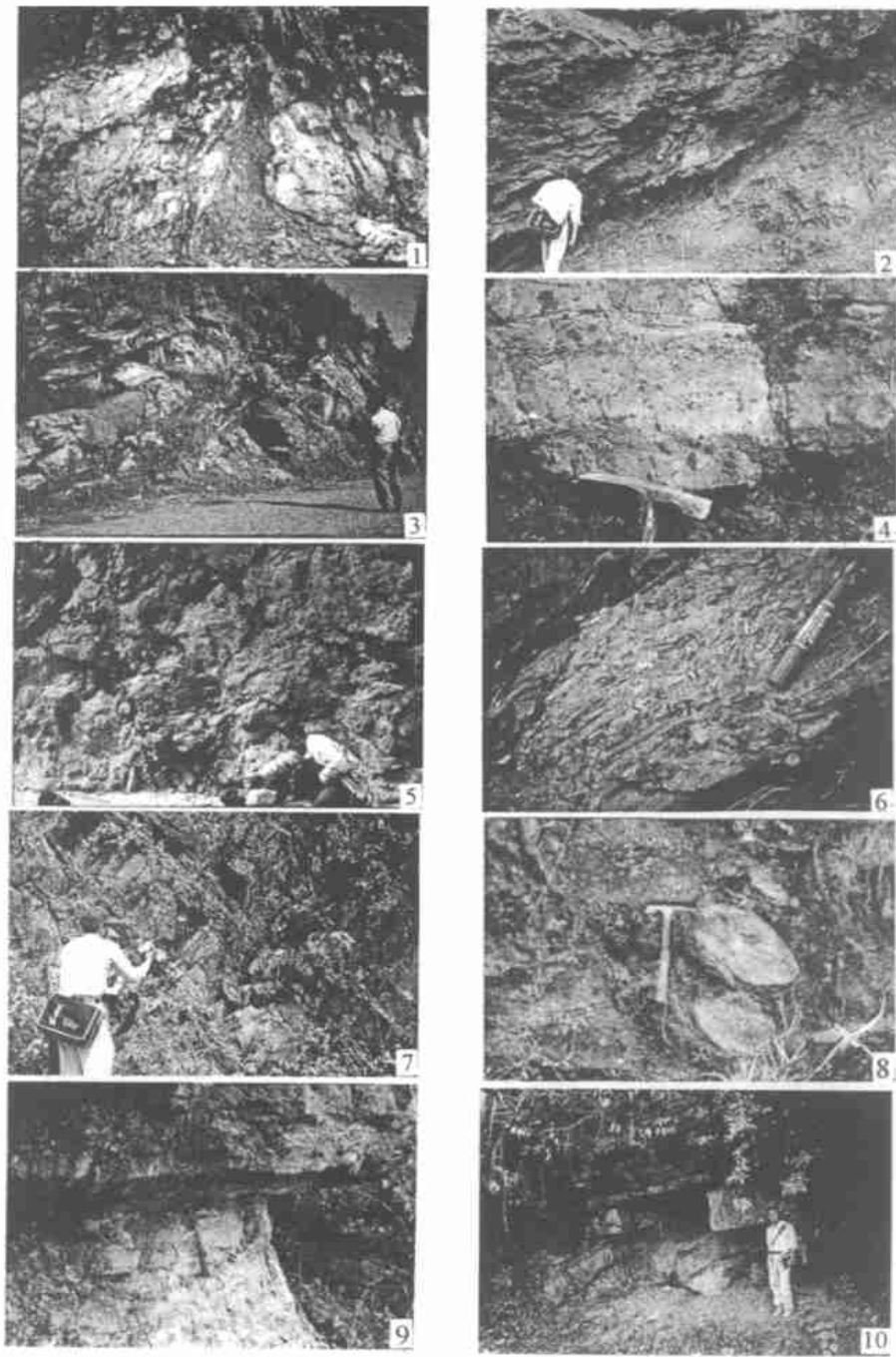
由石油大学主办, CNPC、Sinopec、CNOOC 三大公司研究院及几大油田协办的《石油科学》(英文版)石油科技期刊今年上半年经国家科技部批准正式创刊了! 刊号为 CN 11-4995/TE。一直以来, 中国没有一本反映国内石油科学最高水平的英文版科技期刊, 以致我国高水平的科研成果得不到世界的了解和关注。在这样的背景下, 石油大学在 1998 年创办了 Petroleum Science, 这是目前中国唯一一本英文版石油科技期刊, 其读者面向全世界从事石油科学研究、技术应用的石油科技工作者和油公司管理人员, 专业覆盖石油勘探开发、石油储运、石油炼制加工、石油企业管理与营销等与石油有关的各门学科。其目的在于介绍我国石油界最新的学术、科研成果, 促进中国石油科学与世界的交流与合作, 架设中外石油科学沟通与交流的桥梁, 在试刊五年后的今天终于正式创刊了! 本刊编辑委员会名誉主任为前石油部长王涛, 主任为石油大学校长张一伟教授, 编辑部主任由庞雄奇教授兼任。编辑委员会的委员由国内外石油界最知名的院士、专家学者等五十余人组成, 代表了目前石油界的最高学术水平。

Petroleum Science 为季刊, 每季度第一个星期出版。正式创刊后的第一期将于 2004 年 1 月初正式出版, 欢迎国内外石油科技界的同仁关注 Petroleum Science, 并踊跃投稿和订阅。来稿内容力求反映中国最新、最高水平的石油科学研究成果, 尤其是国家或省部级重大科研攻关项目。

如果您有任何问题, 请致电石油科学编辑部: 010-82370092。

我们的通讯地址: 北京海淀区学院路 20 号 902 信箱石油科学编辑部, 100083。

E-Mail: psj@bjpeu.edu.cn



图版 iv 说明 1. 二叠与石炭系之间的古风化壳, 贵州紫云猴场剖面; 2. 二叠系与石炭系之间(T_3/C_1d)的角度不整合面, 湖南资兴三都三叠系剖面; 3. 三叠系 TSQ1 与 TSQ2 层序之间的古土壤层, 贵州贞丰三叠系剖面; 4. 下泥盆统翠峰山组底部的厚层状砂岩, 含少量紫红色砾石与下伏志留系菜地湾组地层之间的冲刷侵蚀接触面, 云南大关旧公馆剖面; 5. 上二叠统与中二叠统接触界线处的岩溶角砾岩, 贵州紫云猴场剖面; 6. 寒武系 \in SQ7 层序斜坡重力流沉积的角砾状灰岩, 为 LST 期产物, 贵州三都寒武系剖面; 7. 下三叠统罗家段上部的浊积砂岩对下伏泥岩的冲刷侵蚀接触关系, 湖南耒阳易家冲二叠系剖面; 8. 石炭系/泥盆系之间火山喷发的玄武岩, 广西龙门洞剖面; 9. 茅口组/栖霞组之间的岩性、岩相突变面, 栖霞组为深灰色厚层状泥晶生物屑灰岩, 茅口组为厚层状眼球状灰岩, 湖北远安麻阳河; 10. 灯影组上超在陡山沱组之上 (ZS_5/ZS_4) 湖南大庸田坪震旦系剖面