

贵州平塘甘寨剖面二叠系茅口组沉积特征与层序地层

李 刚¹, 侯明才^{1,2}, 林良彪^{1,2}, 王文楷¹

文献标识码:A

Fig. 1 Tectonic setting and studied section in the study area
1 = Guiyang syncline; 2 = Longli anticline; 3 = Guiding syncline; 4 = Huangsi anticline; 5 = Duyun syncline; 6 = Wangsi anticline. ① = fold number; ② = fossil oil pool; ③ = anticline axis; ④ = syncline axis

资助项目：国家科技重大专项专题“南方海相碳酸盐岩层系大中型油气田规律与勘探评价”2008X05005-003-010HZ 资助

1 剖面概况

平塘甘寨剖面位于贵州省平塘县西 5km 的卡洛村东口。剖面起点坐标为 N: 25°50′07.8″, E: 107°

13′51.2″, 海拔高度为 874m。终点位于平湖镇拉全村东, 坐标为 N: 25°19′27.7″, E: 107°16′06.9″, 海拔高度为 808 m(图 1)。

上覆地层: 龙潭组

30 层: 下部 225m 都为浮土掩盖区, 除黄色粘土及植被外, 主要为细小的灰白色石英砂岩质颗粒, 无基岩, 岩性及变化不清, 也未见显示煤的黑色粘土分布。产: *Codonafusiella schubertelloides*。厚 85.96m

—— 整合 ——

茅口组

29 层: 灰色、浅灰色中-厚层灰岩, 生物碎屑丰富, 其中化石密集分布该层上部局部出露, 实际厚度仅有 1m。

产: *Robustoschwagerina tumidiformis*, *Chwagerina declinata*, *Metadoliolina multivoluta*, *Yabeina kwangsiana* var. *longissima*, *Yabeina shiraiwensis*, *Chusenella tieni*, *Chusenella sinensis*, 有孔虫: *Pachyphloia lanceolata*, *Globivalvulina bulloides*。厚 5.07m

28 层: 深灰色中层夹厚层含生物碎屑泥质灰岩, 下部灰岩中含黑色燧石结核, 30m 后被掩盖, 50m 后见该层与 227 层分界。

产: *Metadoliolina multivoluta*, *Yabeina kwangsiana* var. *longissima*, 有孔虫: *Tuberitina globosa*, *Ammodiscus volgensis*, *Globivalvulina laxa*, *Globivalvulina graeca*, *Globivalvulina bulloides*, *Hemigordius lianxianensis*。厚 15.52m

27 层: 灰色、深灰色中层生物碎屑灰岩, 底部为一层深灰色中层生物介壳灰岩(腕足、腹足、介壳)。厚 8.30m

26 层: 灰色/深灰色厚层块状泥质灰岩, 夹有中-厚层褐灰色钙质泥岩, 具水平层理, 灰岩中含有海绵化石。厚 4.07m

25 层: 灰色-深灰色厚层夹块状含生物碎屑微晶灰岩。厚 9.56m

24 层: 深灰色中-厚层含泥含生物碎屑灰岩, 下部灰岩层间可见, 夹有厚约 6cm 延伸 2m 的灰黑色燧石条带。产: *Yabeina inouyei*, 有孔虫: *Globina elliptica*, *Globivalvulina cyprica*, *Decaradialina rotula*。厚 9.83m

23 层: 灰色中层夹薄层含生物碎屑灰岩。产: *Neoschwagerina cheni*。厚 7.25 同

22 层: 灰色厚层块状生物碎屑灰岩, 含少量, 由于灰岩明显重结晶作用, 生物结构不清楚。产: *Schubertella pseudogiraudi*, 有孔虫: *Hemigordius lianxianensis*, *Decaradialina rotula*。厚 20.95m

21 层: 灰色中层含生物碎屑灰岩。厚 5.72m

20 层: 灰色厚层块状含生物碎屑灰岩。产有孔虫: *Eotuberitina reitlingerae*, *Globina elliptica*, *Decaradialina rotula*。厚 14.69m

19 层: 灰色中层含生物碎屑灰岩。厚 5.54m

18 层: 灰色/深灰色中层夹薄层和中层的含生物碎屑灰岩与生物碎屑灰岩不等厚互层, 生物碎屑主要为蜓类和孔虫类。产蜓: *Neoschwagerina cheni*, *Afghanella* sp., 有孔虫: *Neotuberitina sympetala*, *Monaperturina* sp., *Nodosaria quasielegantissima*, *Pachyphloia lanceolata*, *Dagmarita altilis*。厚 10.82m

17 层: 灰色/深灰色中-厚层含生物碎屑灰岩与生物碎屑灰岩互层。产: *Pseudodoliolina pulchra*, *Skinnerella* cf. *undulata*, 有孔虫: *Globina elliptica*, *Neodiscus mirabilis*, *Nodosaria* cf. *ovoides*。厚 22.86m

16 层: 灰色/深灰色块状生物碎屑灰岩, 含丰富的, 有孔虫等化石, 还见珊瑚、海百合茎腕足介壳等。岩石中顺层具有明显不等的瘤状结构。厚 12.25m

15 层: 灰色~深灰色厚层状~块状瘤状灰岩与具瘤状结构的灰岩互层。明显的瘤状灰岩多在层面附近分布。厚 14.61m

14 层: 在表面两侧顶面和底面皆见到一似层状黑色燧石层, 厚一般 10 cm 左右, 或呈透镜状。该层岩性为灰色~深灰色厚层块状“大瘤状”灰岩, 瘤状结构明显程度有差别。产有孔虫: *Tuberitina globosa*。厚 18.64m

13 层: 灰色-深灰色含泥中厚层生物碎屑灰岩(主要为丰富的类有孔虫)。灰岩层间多夹有较厚的褐灰色钙质泥灰岩(最厚可达 45cm)也含有较多的有孔虫类。产: *Schubertella pseudogiraudi*, 有孔虫: *Neotuberitina sympetala*, *Tuberitina globosa*, *Nodosaria eximia*, *Climacammina aljutovica*, *Hemigordius lianxianensis*。厚 5.06m

12 层: 灰色/深灰色中层生物碎屑含泥灰岩, 主要含丰富有孔虫类生物化石, 并顺层集中。产有孔虫: *Pseudoglandulina quasiconicula*, *Fronidina pamphyliensis*, *Glomospira tenuifistula*, *Glomospira sichuanensis*, *Glomospira vulgaris*, *Climacammina bicammia*, *Biaperturina magna*。厚 5.21m

11 层: 底部为中层状, 其余为厚层块状的深灰色含泥生物碎屑灰岩, 灰岩间多夹褐灰色含生物泥质灰岩, 皆含有丰富的化石。顶部块状灰岩中泥质渐少, 为生物碎屑灰岩, 其生物化石(特别是包含挺的有孔虫)丰富, 且见鲕粒结构。产: *Schubertella giraudi*, *Schubertella simplex*, *Misellina* aff. *ovalis*, *Misellina* sp., *Misellina umbilicata*, 有孔虫: *Tetrataxiseomaxima*, *Langella brevis*, *Cribrogenerina complanata*, *Cribrogenerina sphaerica*, *Globivalvulina cyprica*。厚 12.5m

10 层: 底部中层, 其余为厚层块状生物碎屑含泥灰岩。产: *Schubertella simplex*, 有孔虫: *Monaperturina guttulata*, *Langella laxa*,

Nodosaria sagitta、*Climacammina usolensis*。

厚 11.14m

9 层: 浅灰色/深灰色中层(夹薄层)生物碎屑灰岩(0.8m)面上为中厚层状含生物碎屑灰岩,生物碎屑中见大量有孔虫样百合茎等化石,并顺层富集分布,灰岩中还见到刺毛珊瑚、腕足介壳等化石,有时见溶蚀孔。

厚 9.87m

8 层: 含燧石结核的生物碎屑泥晶灰岩。下部中层状、上部块状,燧石结核大(可达 10~30cm)黑色泥质灰岩中含挺、刺毛类,海百合茎,腕足,介壳化石等。产: *Schubertella pseudogiraudi*、*Schubertella giraudi*, 有孔虫: *Elenella multispinosa*、*Langella cupiformis*、*Archaediscus vulgaris*、*Neodiscus mirabilis*、*Nodosaria cf. ovoides*。

厚 5.69m

7 层: 含细小燧石结核的生物碎屑灰岩,下部厚层块状,上部中厚层燧石结核不规则状,常风化为土状。产有孔虫: *Langella flabellata*。

厚 5.50m

6 层: 灰色厚层块状含褐灰色泥质条带的生物碎屑灰岩,泥质条带不规则,常围绕钙质团分布,致使岩石呈“似瘤状”。

厚 2.74m

5 层: 灰色厚层含生物碎屑灰岩夹深灰色薄层含生物碎屑灰岩。

厚 3.13m

4 层: 灰色中-厚层互层的似瘤状灰岩,具瘤状结构外貌,但泥质成分不多,含生物碎屑丰富。

厚 14.44 m

3 层: 灰色中层状含生物碎屑灰岩夹不规则褐灰色钙质泥页岩。产: *Misellina aff. ovalis*, 有孔虫: *Nodosaria eximia*、*Glomospira tenuifistula*。

厚 8.11m

2 层: 灰色中-厚层含燧石结核灰岩,含生物碎屑等化石。产: *Brevaxina sp.*, 有孔虫: *Columnella multiseptata*、*Geinitzina pusilla*、*Archaediscus vulgaris*。

厚 6.49m

1 层: 灰色厚层生物碎屑灰岩夹褐灰色泥质生物碎屑灰岩。产有孔虫: *Tuberitina globosa*、*Globina elliptica*、*Endothyra stalinogorski*、*Elenella multispinosa*、*Elenella corpulenta var. maxima*、*Monaperturina guttulata*、*Langella brevis*、*Frondicularia kanyoensis*。

厚 12.01m

—— 整合 ——

下伏地层: 栖霞组

0 层: 深灰色/灰黑色中层生物碎屑灰岩,夹褐灰色薄层生物碎屑灰岩,含珊瑚、腕足、腕足介壳、百合茎。

厚 2.09m

2 沉积特征

2.1 岩石学特征

据岩石薄片观察结果,该剖面茅口组岩性主要为浅灰色亮晶颗粒灰岩,含少量的泥晶灰岩。颗粒类型主要包括藻砂屑、藻砾屑和生物骨屑等,主要存在以下几种岩石类型:

1. 生屑灰岩: 按生物种类可分为介屑灰岩、棘屑灰岩和藻屑灰岩、骨屑灰岩。介屑灰岩主要以双壳类骨屑为主,其它介屑如腕足、三叶虫屑次之,介屑定向分布(图 2),亮晶方解石胶结,形成于高能介屑滩环境。棘屑灰岩主要由棘屑组成,棘屑含量 50% 以上,其它骨屑次之或少量,亮晶方解石胶结为主。藻屑灰岩在剖面中不发育。

2. 生物灰岩: 在个别层位上单类生物相当繁茂,依次发育了亮晶蜓灰岩(图 3)、翁格达藻灰岩(图 4)、泥晶腕足珊瑚灰岩、弱白云石化粉晶有孔虫灰岩等生物灰岩。这些生物灰岩的填隙物为亮晶和泥晶方解石。

3. 微晶灰岩(图 5): 该类岩石形成环境的水体能量普遍偏低,颗粒含量较少。根据颗粒含量的不同又可细分为无屑微晶灰岩、(含)砂屑微晶灰岩及

(含)骨屑微晶灰岩,见不同程度的砂屑化现象。

4. 内碎屑灰岩(图 6): 主要为藻砂屑灰岩,砂屑灰岩次之,在茅口组中较发育。分选由差到好,磨圆度由棱角状-次圆状,填隙物主要是亮晶方解石,其次是灰泥基填隙。岩石类型有亮晶细粒藻砂屑灰岩、亮晶中粒藻砂屑灰岩、亮晶粗粒藻砂屑灰岩、亮晶双众数藻砂屑灰岩。亮晶双众数藻砂屑灰岩又可进一步细分为亮晶双众数细-巨粒、亮晶双众数巨-细粒藻砾砂屑灰岩、亮晶藻砂砾屑、亮晶藻砂屑-藻砾屑灰岩。

5. 硅质岩(图 7): 主要是含铁质含碳酸盐硅质岩,由硅质、碳酸盐、铁质等组成,少见生物、介形虫和放射虫。

6. 瘤状灰岩(图 8): 茅口组的瘤状灰岩主要为灰色、深灰色,由瘤体和基质两部分组成。瘤体是不规则的透镜状、瘤状和扁豆状。瘤体主要由方解石组成。基质绕瘤体分布,成条带状、条纹状,条带的宽窄不一。基质成分除方解石外,还含泥质、石英碎屑。它反映的是一种深水沉积环境。

7. 燧石灰岩(图 9) 该类岩石类型表明沉积时水体较深,循环不畅,沉积环境为开阔台地较深水的低能环境。

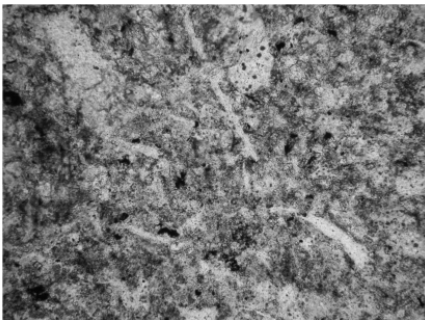


图 2 亮晶介屑灰岩 单偏光 ,×10
Fig. 2 Sparite with ostracods , plane-polarized light , × 10

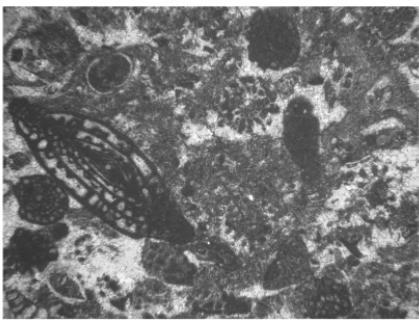


图 3 亮晶蜓灰岩 单偏光 ,×2
Fig. 3 Sparry fusulinid limestone , plane-polarized light , × 2

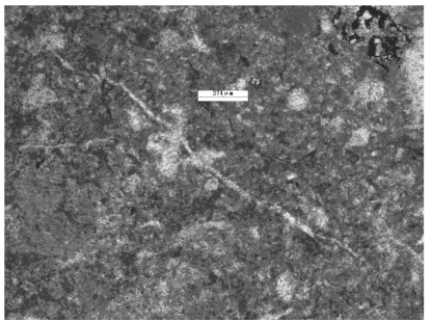


图 4 翁格达藻灰岩 单偏光 ,×10
Fig. 4 Ungarella algal limestone , plane-polarized light , × 10

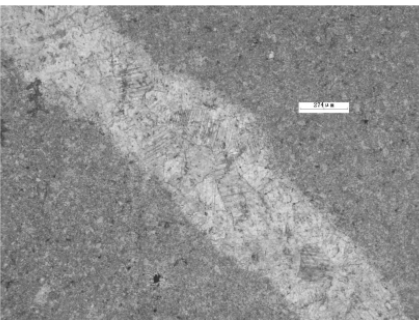


图 5 微晶灰岩 单偏光 ,×10
Fig. 5 Micritic limestone , plane-polarized light , × 10

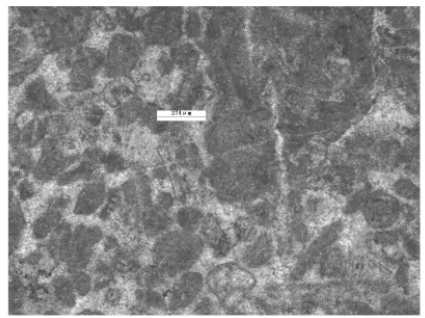


图 6 亮晶内碎屑灰岩 单偏光 ,×4
Fig. 6 Intrasparite , plane-polarized light , × 4

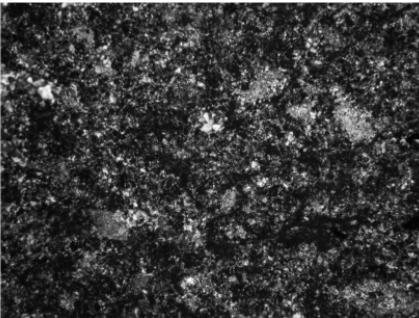


图 7 硅质岩 正交偏光 ×10
Fig. 7 Siliceous rocks , cross-polarized light , × 10

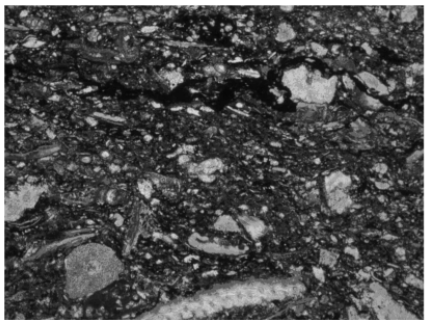


图 8 瘤状灰岩 单偏光 ,×4
Fig. 8 Nodular limestone , plane-polarized light , × 4

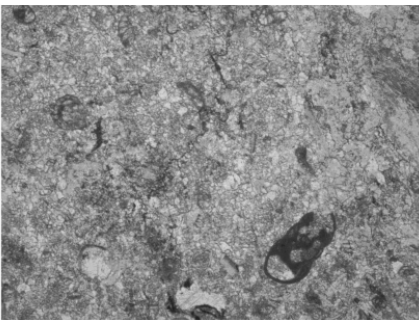


图 9 燧石灰岩 单偏光 ,×4
Fig. 9 Cherty limestone , plane-polarized light , × 4

2.2 生物组合

不同的生物组合反映了不同的沉积环境。茅口组生物种类较多,有介屑、有孔虫、藻类、棘屑、蜓、珊瑚、海百合茎等。介屑由介形虫、腹足、腕足、三叶虫等组成,壳具层纤结构和晶粒结构。有孔虫呈塔状、盘状,多房室,个体较小,壳具隐晶结构。蜓呈纺锤状,旋壁已褶皱,具隐晶结构,房室由亮晶充填。藻类呈丝状、块状,部分为翁格达藻,分布不均。它们都属于正常海相窄盐度生物,表现出较大的生物丰度和分异度,指示了水循环状况良好、盐度正常的海洋沉积环境。

2.3 沉积相

通过对该剖面的岩性特征、古生物组合的研究,参考 Wilson 的碳酸盐台地概念及其动态的碳酸盐台地沉积演化模式^[5],认为平塘甘寨地区茅口组沉积时期为开阔台地沉积环境(表 1)。沉积物表现为岩石厚度大、颜色浅、颗粒含量中等、骨屑结构成熟度低等,可进一步将碳酸盐开阔台地划分为台内浅滩、滩间两个亚相。

表 1 贵州平塘地区茅口组沉积体系和沉积相分类表
Table 1 Classification of sedimentary facies and depositional systems in the Maokou Formation in the Ganzhai section, Pingtang, Guizhou

沉积相	亚相	微相	发育层位
开阔台地	浅滩	生物碎屑灰岩	1~13层、17-27层、29层 16 层
		泥质灰岩	28 层
	滩间	瘤状灰岩	15 层
		燧石结核灰岩	14 层

具体说来,本区发育有台内浅滩和滩间二种沉积亚相,分别有以下特点(图 10):

1. 台内浅滩:台内浅滩位于低潮面与浪基面之间,水深一般为数米至十米,沉积能量相对较高,但是又较台地边缘低^[6]。岩石类型以浅水浅滩化的颗粒结构灰岩为主,主要是灰色、深灰色中-厚层生物碎屑灰岩和含生物碎屑灰岩组成。颗粒类型包括藻砂屑、藻砾屑、生物骨屑等,颗粒大小不等。少见原地生物,可见大型腹足类、双壳类化石碎屑、藻类以及有孔虫生物碎屑,也可见棘皮类及珊瑚、腕足等碎片,属窄盐度生物组合,表明在茅口组沉积时期黔南陷平塘地区属水体循环良好的正常广海沉积环境。

2. 滩间:为开阔台地内相对低洼地区,水动力条件较弱。其特点为颗粒含量较少,岩石类型主要为微晶灰岩(图 5)和含生屑微晶灰岩及燧石结核灰岩

(图 9),含少量的泥质灰岩。燧石结核为肉红色/黑色,不规则,大小一般几厘米至数十厘米。生物组合以浅海生物碎屑为主,薄片中常见蜓和有孔虫等。

3 层序地层

3.1 层序界面的识别

层序界面由上下层序的不整合面及与之相连续的整合面所构成^{[7][8]}。Vail(1977,1984)根据构造沉降和海平面变化相关效应将被动大陆边缘盆地划分出两种类型的层序界面,即 I 型层序界面和 II 型层序界面。I 型层序界面是由于全球海平面下降速度超过沉积滨线坡折带处盆地的沉降,因而在该处产生海平面的相对下降时形成的。II 型层序界面则是由于全球海平面下降速度小于沉积坡折带处盆地沉降速度时形成的,在这个位置没有发生海平面相对下降^[9]。I 型层序界面有些为平行不整合面,有些为角度不整合面,而 II 型层序界面有些为岩性岩相转换面,有些为暴露不整合面。根据野外露头剖面的研究研究区主要发育的是岩性岩相转换面,其它的一些各种类型的不整合面在研究区不发育。

当海平面下降形成层序界面时,在盆地边缘暴露区可形成不同类型的暴露不整合,但是在盆地内部水下会形成与之相关的整合面。而在岩性、岩相以及沉积环境等方面有明显的变化,界面上下在沉积环境及岩性等方面有一定的差别,这就是我们所说的岩性岩相转换面。平塘甘寨剖面层序的界面 P₂q/PSQ1、PSQ1/PSQ2、PSQ2/PSQ3 主要受到海平面升降变化的控制,都为岩性-岩相转换面(图 11)。在茅口末期受到东吴运动的影响 P31 与 PSQ3 的层序界面则为构造不整合面(图 11)。

3.2 层序的划分与特征

前人对于茅口组的层序地层研究,主要集中在扬子地台的川、鄂、湘、皖南和广西右江等地区,大多数将茅口组化为 3 个三级层序。李国蓉(1998)在广西十万山地区泥盆系-下三叠统层序地层学研究中将茅口阶划分为 3 个三级层序^[10]。王成善、陈洪德(1999)、邓红婴(1999)通过对扬子地台及其南缘的二叠系层序地层研究,也将茅口组划分为 3 个三级层序。本文在参考陈洪德等(2002)中国南方震旦系-中三叠统层序划分方案^[2]的基础上,根据露头层序地层原理及工作方法,重点考虑关键界面、区域追踪对比性、相序变化特征及准层序叠置形式,将研究区内的茅口组地层也划分为 3 个Ⅲ级



1. 瘤状灰岩; 2. 生屑灰岩; 3. 燧石结核灰岩; 4. 灰岩; 5. 泥灰岩

1 = nodular limestone; 2 = bioclastic limestone; 3 = cherty limestone; 4 = limestone; 5 = marl

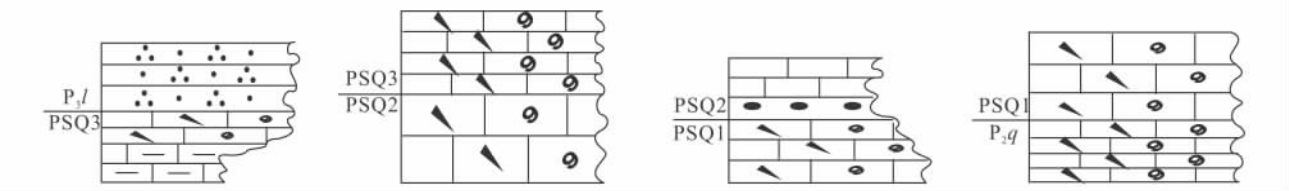


图 11 茅口组各层序界面特征素描图

Fig.11 Sketches of individual sequence boundaries in the Maokou Formation

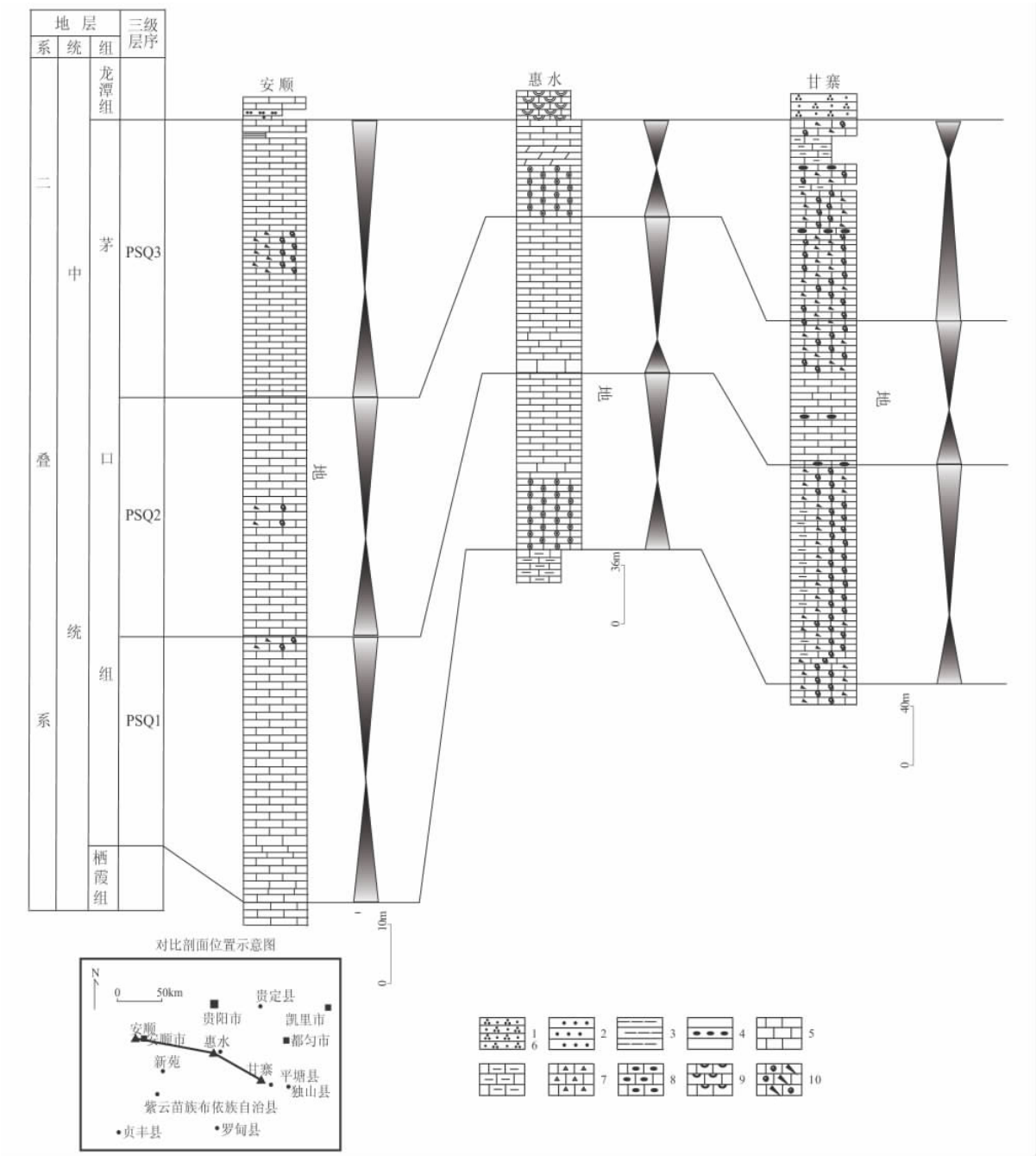


图 12 黔南拗陷中二叠统茅口组层序地层划分与对比

1. 石英砂岩; 2. 砂岩; 3. 泥岩; 4. 燧石岩; 5. 灰岩; 6. 泥灰岩; 7. 角砾状灰岩; 8. 燧石结核灰岩; 9. 生物礁灰岩; 10. 生屑灰岩

Fig.12 Sequence stratigraphic division and correlation of the Middle Permian Maokou Formation in southern Guizhou depression

1 = quartz sandstone; 2 = sandstone; 3 = mudstone; 4 = chert; 5 = limestone; 6 = marl; 7 = brecciated limestone; 8 = cherty limestone; 9 = reefal limestone; 10 = bioclastic limestone

层序 PSQ1、PSQ2 和 PSQ3(图 10、图 12)。二叠系茅口组涉及沉积时间为 260 ~ 270 Ma^[11], 延续时间为 10 Ma, 平均每个三级层序延续时间为 3.3 Ma, 与国内外大多数学者认为的 1 ~ 10 Ma^{[12] [13] [14]} 是相近的。其特征分别如下:

PSQ1: 相当于中二叠统茅口组下部地层(图 10), 时限 1 ~ 3 Ma(Ross 等, 1993)。底界面为 II 型岩性转换面, 属 II 型层序。该层序包含海侵体系域(TST)与高水位体系域(HST)两部分, 低水位体系域(LST)不发育, TST ≈ HST。海侵体系域(TST)由茅口组 1 ~ 4 层地层组成, 厚约 40 m, 沉积环境为开阔台地。海侵体系域(TST)岩性主要由灰色中厚层生物碎屑灰岩和灰色中厚层互层的似瘤状灰岩组成。高水位体系域(HST)由茅口组 5 ~ 13 层地层组成, 厚约 61 m, 沉积环境也为开阔台地。高水位体系域(HST)的岩性主要由灰-深灰色含泥中-厚层生物碎屑灰岩和灰-深灰色中-厚层生物碎屑含泥灰岩组成, 普遍含有蜓、有孔虫、刺毛类、海百合、腕足等生物化石。

PSQ2: II 型层序, 构成中二叠统茅口组中部地层(图 10), 时限 3 ~ 6 Ma(Ross 等, 1993)。底界面为 II 型岩性转换面, TST < HST。海侵体系域(TST)由茅口组第 14 层地层组成, 厚约 19 m, 为开阔台地沉积环境中的滩间微相。在底面的两侧, 顶面和底面皆见一些似层状黑色燧石层, 厚一般 10 cm 左右, 或成透镜状。岩性主要为灰-深灰色厚层-块状大瘤状灰岩, 瘤状结构明显程度有差别。高水位体系域(HST)由茅口组 15 ~ 17 层地层组成, 厚约 43 m, 沉积环境也为开阔台地, 少部分处在滩间沉积环境中。岩性主要由灰-深灰色的厚层状与瘤状结构的灰岩互层。灰-深灰色生物碎屑灰岩组成, 生物碎屑有蜓、珊瑚、有孔虫、腕足介壳、海百合茎、腹足等。

PSQ3: II 型层序, 位于二叠统茅口组上部地层(图 10), 时限 4 ~ 5 Ma(Ross 等, 1993)。底界面为 II 型岩性转换面, TST > HST。海侵体系域(TST)由茅口组 18 ~ 25 层地层组成, 厚约 85 m, 为开阔台地沉积环境, 由灰-深灰生物碎屑灰岩、含生物碎屑灰岩、块状泥质灰岩和生物介壳灰岩组成。生物碎屑有有孔虫、蜓、腕足和腹足介壳; 并见有一些海绵化石等。高水位体系域(HST)由茅口组 26 ~ 29 层地层组成, 厚约 24 m, 发育台地滩间沉积微相, 由深灰色中厚层蜓灰岩、泥质灰岩组成。

4 结论

中国南方扬子区在二叠纪受到特提斯构造影

响甚大, 扬子区大部断陷活动加剧, 在茅口期构造拉张, 活动加强, 受其影响在茅口早期的发生一次重大的海侵事件, 也是中国南方晚古生代以来的最大海侵期。在整个二叠纪中海侵面积基本上达到二叠纪最大值, 古陆面积缩小到最小。广泛的海侵使中、下二叠统覆盖在石炭系等不同时代的地层之上。在梁山组沉积之后, 大规模的海侵到来, 主要形成正常浅海碳酸盐岩台地。当时地壳稳定, 海域宽阔, 生物繁茂, 纵向上形成了栖霞组和茅口组两套地层。黔南凹陷平塘甘寨地区中二叠统茅口组为一套碳酸盐岩沉积, 主要的岩石类型有亮晶-微晶生屑灰岩、生物灰岩、微晶灰岩、亮晶内碎屑灰岩、硅质岩、瘤状灰岩和含燧石灰岩等。茅口组生物种类较多, 有介形虫、腹足、腕足、三叶虫、藻类、棘屑、蜓、珊瑚、海百合茎等。以开阔台地沉积环境为主, 并且发育了台内浅滩和滩间等沉积微相。

将黔南凹陷平塘甘寨地区中二叠统茅口组划分为 3 个三级层序, 3 个三级层序都缺少低位体系域(LST), 其底界面类型都为 II 型层序界面的岩性岩相转换面。黔南凹陷贵州平塘地区中二叠统茅口组的 3 个 III 级层序 PSQ1、PSQ2 和 PSQ3 中, 每个 III 级层序时间平均为 3.3 Ma, PSQ1 层序中海侵体系域(TST)略等于高水位体系域(HST), PSQ2 层序中海侵体系域(TST)小于高水位体系域(HST), PSQ3 层序中海侵体系域(TST)大于高水位体系域(HST)。

参考文献:

- [1] 李祥辉, 王成善, 陈洪德, 等. 中国南方二叠纪层序地层时空格架及充填特征[J]. 沉积学报, 1999, 12(4): 521-528.
- [2] 陈洪德, 田景春, 刘文均, 等. 中国南海相震旦系-中三叠统层序划分与对比[J]. 成都理工学院学报, 2002, 29(4): 355-379.
- [3] 马永生, 陈洪德, 马国力. 中国南方层序地层与古地理[M]. 北京: 科技出版社, 2009.
- [4] 马永生, 陈洪德, 马国力. 中国南方构造——层序岩相古地理图集[M]. 北京: 科技出版社, 2009.
- [5] WOLSON J L. Carbonate facies in geologic history [M]. New York: Springer-Verlag, 1975.
- [6] 侯明才, 万梨, 傅恒. 塔河南盐下地区中奥陶统一间房组沉积环境分析[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2008, 12(6): 601-609.
- [7] 王书, 胡明毅, 胡志华. 重庆石柱打风坳二叠系沉积相研究和层序地层分析[J]. 石油地质与工程, 2008, 9(5): 22-25.
- [8] 何莹, 黎平, 杨宇, 等. 通南巴地区上二叠统一下三叠统层序地划分[J]. 天然气工业, 2007, 31(1): 23-24.

- [9] 陈洪德,刘文均,郑荣才,等. 层序地层学理论和研究方法[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1994.
- [10] 王成善,陈洪德,寿建峰,等. 中国南方二叠纪层序地层划分与对比[J]. 沉积学报, 1999, 17(4): 499 – 508.
- [11] 王成善,李祥辉,陈洪德,等. 中国南方二叠纪海平面变化及升降事件[J]. 沉积学报, 1999, 12(4): 536 – 541.
- [12] VAIL P R, AUDEMARD F, BOWMAN S A, et al. The stratigraphic signatures of tectonics, eustasy and sedimentology: an overview [A]. Einsele G, Ricken W, Seilacher A. Cycles and Event in Stratigraphy [C]. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 1991. 617 – 659.
- [13] MITCHUM R M, VAN WAGONER J C. High-frequency sequence and their stacking pattern: sequence-stratigraphic evidence of high-frequency eustatic cycles [J]. Sedimentary Geology, 1991, 70: 131 – 160.
- [14] 王英民. 对层序地层学工业化应用中层序分级混乱问题的探讨[J]. 岩性油气藏, 2007, 19(1): 9 – 15.

Sedimentary characteristics and sequence stratigraphy of the Permian Maokou Formation in the Ganzhai section, Pingtang, Guizhou

LI Gang¹, HOU Ming-cai^{1,2}, LIN Liang-biao^{1,2}, WANG Wen-kai¹

(1. State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China; 2. Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China)

Abstract: According to the sedimentological methods, the present paper deals, in detail, with the sedimentary characteristics and sequence stratigraphy of the Permian Maokou Formation in the Ganzhai section, Pingtang, Guizhou. The rock types of the Maokou Formation mainly consist of sparry-micritic bioclastic limestone, biogenic limestone, micritic limestone, intrasparite, siliceous rocks, nodular limestone and cherty limestone. The fossil types in the Formation comprise ostracods, gastropods, brachiopods, trilobites, algae, echinoderms, fusulinids, corals and crinoids. The lithology and fossils cited above indicate the open carbonate platform sedimentary environment of the Permian Maokou Formation. Three third-order sequences have been distinguished, including PSQ1, PSQ2 and PSQ3, all of which are built up of the transgressive (TST) and highstand (HST) systems tracts. The development of these sequences may be controlled by the sea-level changes. The sequence boundaries $P_2q/PSQ1$, $PSQ1/PSQ2$ and $PSQ2/PSQ3$ represent lithologic-lithofacies transform surfaces. The sequence boundary $P_3l/PSQ3$ exhibits a tectonic unconformity due to the influence of the Dongwu movement during the latest Maokouan.

Key words: Pingtang in Guizhou; southern Guizhou depression; Maokou Formation; sedimentary characteristics; sequence stratigraphy