

贵州平塘地区上二叠统长兴组沉积相 与层序地层特征

邹 灏^{1,2} 陈洪德^{1,2} 林良彪^{1,2} 陈安清^{1,2} 隆 轲^{1,2} 淡 永^{1,2} 范 昱^{1,2}

(1. 成都理工大学“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室, 四川 成都 610059;

2. 成都理工大学 沉积地质研究院, 四川 成都 610059)

摘要:本文应用沉积学和层序地层学的基本原理和方法, 采取野外实测与室内微观研究结合, 利用区域钻井资料对比层序地层, 对贵州平塘地区中上二叠统长兴组的沉积相特征、层序地层特征以及岩相古地理平面展布进行了研究和总结。结果表明, 贵州平塘地区上二叠统长兴组发育开阔台地、台地边缘浅滩以及台盆 3 种沉积环境。长兴组可划分为 2 个Ⅲ级层序 PSQ1 和 PSQ2, 且均由海侵体系域(TST)与高水位体系域(HST)两部分组成, 且皆为 TST > HST。对比邻区沉积相和层序地层特征, 说明纵向上长兴组的沉积环境是由开阔台地、台地边缘浅滩沉积变为深水台盆沉积; 横向上自西向东从安顺到甘寨一带在上二叠统层序 PSQ2 时期, 构成了由浅水碳酸盐台地到深水台盆沉积的廊带。且黔南拗陷在晚二叠世, 海水总体为由南向北迁徙海侵。

关 键 词:贵州平塘; 黔南拗陷; 长兴组; 沉积相; 层序地层

中图分类号: P534.46

文献标志码: A

文章编号: 1000-3657(2011)01-0025-08

近年来, 中国对上二叠统长兴组礁滩相储层天然气勘探在四川盆地东北部地区取得了重大突破, 使中国南方海相碳酸盐岩中的长兴组储层成为目前研究与勘探的热点之一, 而黔南拗陷的长兴组储层同样具有较大的油气勘探潜力, 吸引了国内外地质学家的广泛关注^[1-7]。笔者以贵州平塘甘寨实测剖面长兴组的研究为基础, 结合与区域钻井资料对比的层序地层研究, 探讨研究区上二叠统长兴组沉积相特征与层序地层的关系及其岩相古地理演化, 旨在为该区的区域地质研究和后继的油气勘探开发提供重要的基础地质资料。

1 区域地质概况

黔南拗陷位于扬子准地台的西南隅, 南与华南加里东褶皱系(后加里东地台)为邻, 北界以贵阳—

镇远断裂为界, 西界为垭都—紫云断裂, 南以南盘江和南丹—河池断裂为界, 东界为铜仁—三穗—三都深大断裂和雪峰隆起西南缘断裂。依据黔南拗陷的构造发育特征可分为广顺凸起、贵定断阶、黄平拗陷、长顺拗陷和独山鼻状凸起 5 个二级构造单元(图 1)。新元古代晚期的板溪群(约 8 亿年前)浅变质岩系构成该拗陷的基底。其上沉积了自震旦纪至新近纪的各时代地层。其中二叠纪为海相沉积, 层位比较齐全^[8-9]。

贵州平塘甘寨剖面位于黔南拗陷中部(图 1), 贵州省平塘县甘寨乡, 起点坐标为: 25°50′07.8″N, 107°13′51.2″E, 海拔高度为 874 m; 终点坐标为: 25°19′27.7″N, 107°16′06.9″E, 海拔高度为 808 m。该剖面层序完整、露头发育良好、接触关系清楚, 可作为黔南拗陷上二叠统长兴组的代表性剖面。

收稿日期: 2010-03-03; 改回日期: 2010-09-01

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(40739901)资助。

作者简介: 邹灏, 男, 1986 年生, 硕士, 主要从事沉积地质学、层序地层学研究; E-mail: zouhao21@sina.com。

通讯作者: 陈洪德, 男, 1956 年生, 博士生导师, 主要从事层序地层学与含油气盆地分析研究; E-mail: chd@cdut.edu.cn。

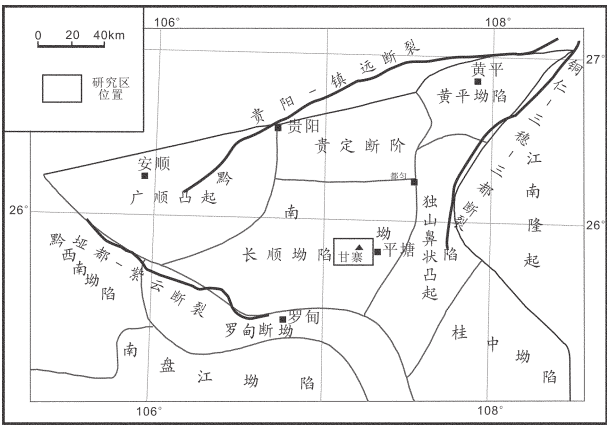


图 1 黔南坳陷构造区划与位置图

Fig.1 Geotectonic division and location map of southern Guizhou area

2 沉积相

2.1 主要沉积相类型及特征

利用野外地表露头及室内微观研究对本区沉积相进行分析，结合 Willson 的碳酸盐台地概念及其动态的碳酸盐台地沉积演化模式^[1]，认为该地区长兴组的碳酸盐岩地层属于碳酸盐岩台地和台盆沉积体系(表 1)。进一步将碳酸盐台地划分为局限台地、开阔台地和台地边缘浅滩 3 个相带，各相带的亚相和微相根据其自身的组合特征再行细分。

具体说来,本区发育有开阔台地、台地边缘浅滩和台盆 3 种沉积相,分别有以下特点(图 2):

2.1.1 开阔台地

开阔台地(Open platform)是位于台地边缘与局限台地之间的开阔浅水环境，与局限台地一起构成研究区碳酸盐台地体系的主体,水深几米至几十米，水体循环中等,盐度正常,沉积作用主要发生在浪基面之下,可受到波浪和风暴浪的改造^[10,12]。长兴组 1~18 层地层均发育该相带，沉积物以灰、深灰色微晶灰岩、生物碎屑灰岩和燧石结核灰岩为主,夹有少量的泥岩和泥页岩。生物组成较丰富,以鲢、珊瑚、腕足、棘皮动物为主,基本上为底栖固着生态类型。该相可进一步分为浅滩及滩间 2 个亚相。

浅滩亚相主要由灰色、深灰色中-厚层生物碎屑灰岩和含燧石结合生物碎屑灰岩组成。燧石结核大,黑色,表面多风化为白色,瘤大,泥质含量低。见有腕足、鲢、珊瑚(图 3)、海百合茎等化石,鲢多为球形,较大,局部较多。

滩间亚相主要由深灰色、灰黑色中层夹厚层及薄层微晶灰岩(图 4)和深灰色中层夹厚层燧石结核灰岩组成，含少量的泥岩和泥页岩。燧石结核为肉红-黑色,不规则,大小一般,几至数十厘米大。

2.1.2 台地边缘浅滩

台地边缘浅滩(shoal of platform margin)在地理位置上主要位于台地与台盆之间，是碳酸盐台地向外海扩展的重要组成部分,水深 5~10 m,海水循环良好,氧气充足,盐度正常^[10,12]。由于台缘高出台地背景,受海流作用强烈,因而其环境水动力能量较高，

表 1 贵州平塘地区长兴组沉积体系和沉积相分类
Table 1 Classification of the sedimentary facies and sedimentary system for Changxing Formation in Pingtang of Guizhou

沉积体系	沉积相	亚 相	微相	发育层位
碳酸盐岩台地	开阔台地	浅滩	生物碎屑灰岩	1~9 层、10 层、11 层、17 层
			含燧石结核生物碎屑灰岩	16 层
		滩间	微晶灰岩	10 层、12 层
			燧石结核灰岩	13~15 层
	台地边缘浅滩	生物碎屑滩	泥岩	16 层
			泥页岩	18 层
	台盆	台盆	硅质岩	21 层、39 层
			燧石结核灰岩	22~38 层、40~42 层

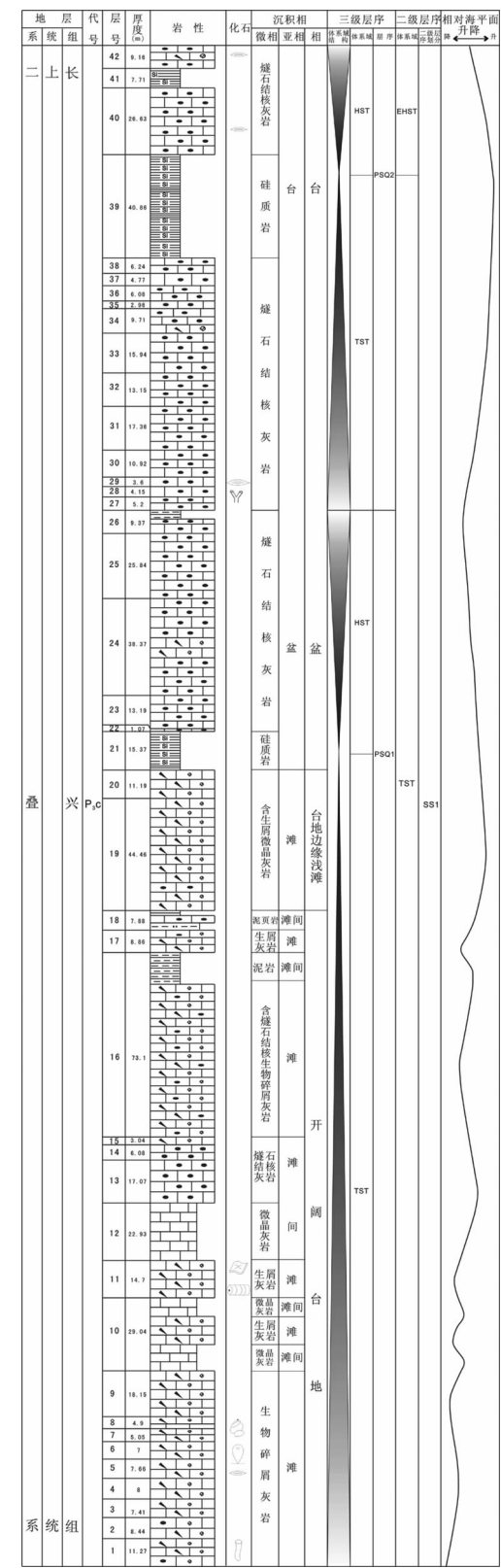


图 2 贵州平塘地区长兴组沉积层序柱状图

Fig.2 Columnar section of the sedimentary stratigraphic sequence of strata in Changxing Formation, Pingtang, Guizhou Province

并表现在岩石特征、生物群组成等方面。主要发育在长兴组 19~20 层地层中，岩性主要由灰白-深灰色中-厚层含生物碎屑微晶灰岩构成，下部灰岩偶见燧石结核。

2.1.3 台盆

通常发育于被动陆缘背景或克拉通活动边缘盆地内，其地理位置位于活动型或碎裂型碳酸盐台地内或陆棚中，环境水深处于陆棚与深海盆地之间，或相当于大陆斜坡的水深，往往与碳酸盐孤立台地(孤台)相间分布，或位于台地之间的较深水沉积区域，详称台间盆地(Inter-platform basins)，构成台包盆格局、盆包台格局或台盆相间格局。可与深水洋盆相通亦可不相连，因而相当于曾允孚等^[12,13]的“次深盆地相”。台盆相的沉积包括远洋和半远洋悬浮沉积的泥岩、页岩或硅质岩，具有水平层理^[14]。

长兴组 21~42 层地层均发育该相带——台盆相，其岩性为灰色、深灰色中夹厚层及薄层燧石结核灰岩和灰色、灰白色中—薄层硅质岩(图 6)。肉红色燧石结核极为丰富，较大，含少量生物碎屑，如鲕化石、复体皱纹珊瑚等。硅质岩风化严重，岩石破碎但基本保留，节理发育，偶见夹黄灰色极薄层石英砂岩，可见水平层理。

3 层序地层

3.1 层序的划分与特征

针对黔南坳陷进行的层序地层学研究，前人已取得大量成果，在参考陈洪德等(2002)^[15]关于中国南方震旦系—中三叠统层序划分方案的基础上，依据层序界面特征、体系域结构、区域板块构造和沉积盆地演化特点，利用露头层序地层原理及工作方法^[16]，重点考虑关键性界面和区域追踪对比性、相序变化特征及准层序叠置形式等特征，将研究区内长兴组地层划分为 2 个Ⅲ级层序 PSQ1 和 PSQ2，上述 2 个Ⅲ级层序叠加为 1 个Ⅱ级层序，命名为 SS1 层序。据国际地层委员提出的最新地层年表^[17]，其顶界和底界年龄大约为 251 Ma 和 253 Ma^[5]，时限较短，每个Ⅲ级层序平均约为 1 Ma^[9,18,19]。它们的特征分别如下：

PSQ1：此层序相当于长兴组下段地层。底部层序界面为岩性突变面，界面平直，属Ⅱ型层序界面。该层序包含海侵体系域(TST)与高水位体系域(HST)两部分，TST>HST。海侵体系域(TST)由长兴组 1~21 层地层组成，为开阔台地相的浅滩和滩间相韵律交

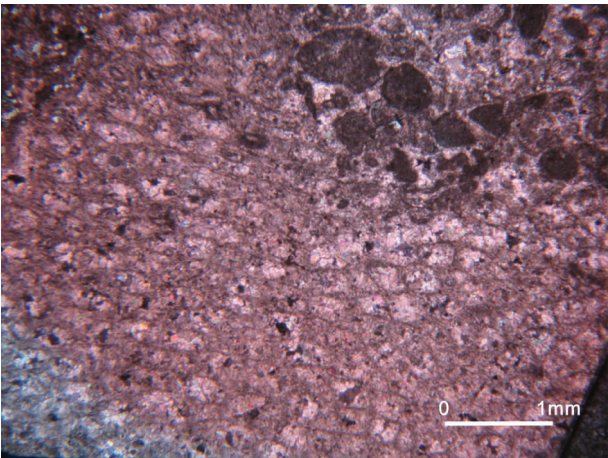


图 3 生物碎屑灰岩中的珊瑚,
(A 为珊瑚,正交偏光)
Fig.3 Coral in bioclastic limestone
(A-Coral, crossed nicols)



图 4 灰色中层微晶灰岩
Fig.4 Gray medium-bedded micrite

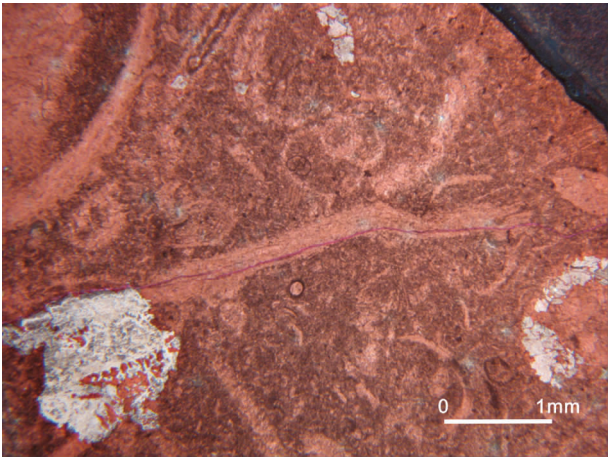


图 5 含生物碎屑微晶灰岩
(A 为介屑,正交偏光)
Fig.5 Bioclastic micrite
(A-Shell, crossed nicols)

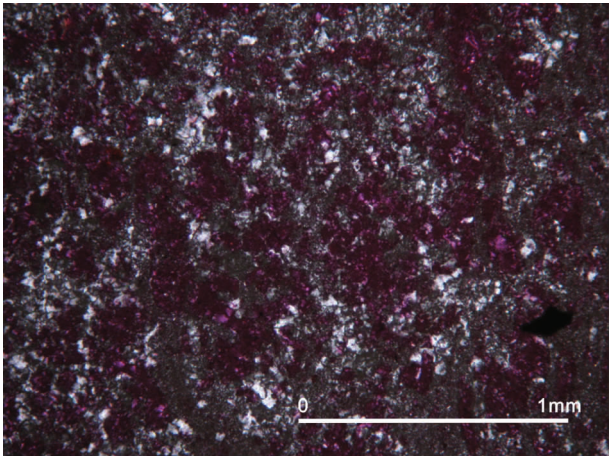


图 6 硅质岩,
(正交偏光)
Fig.6 Silicalite
(Crossed nicols)

替沉积以及台地边缘浅滩的滩相沉积,岩性主要由褐灰色、深灰-灰白色生物碎屑灰岩和灰色-深灰色微晶灰岩组成。该套层序的高水位体系域(HST)由长兴组 21~26 层地层组成,台盆相沉积,岩性为灰色、深灰色含燧石结核灰岩和灰色、灰白色硅质岩等,发育水平层理沉积构造。

PSQ2:此层序相当于长兴组上段地层。层序底界面为短暂的暴露不整合界面,为 I 型层序界面。界面之下为 1 层厚 10~15 cm 的黄灰色粘土层,之上为灰色中-薄层含燧石结核灰岩,显示海侵初期沉积。此层序同样由海侵体系域 (TST) 与高水位体系域

(HST)两部分组成,TST >HST,且皆为台盆相沉积。其海侵体系域(TST)由长兴组 27~39 层地层组成,发育一套灰色、深灰色燧石结核灰岩和灰色、灰黑色、灰白色的硅质岩,夹少量的含生物碎屑微晶灰岩。长兴组 39~42 层地层组成其高水位体系域(HST),岩性为灰色、深灰色燧石结核灰岩夹灰色-黑色硅质岩。

3.2 层序对比

通过对黔南坳陷安顺—新苑—甘寨地区长兴组地层剖面的层序地层划分与对比(图 7),表明 3 条剖面长兴组均可识别 2 个 III 级层序^[5,8,19,20]。在这两个

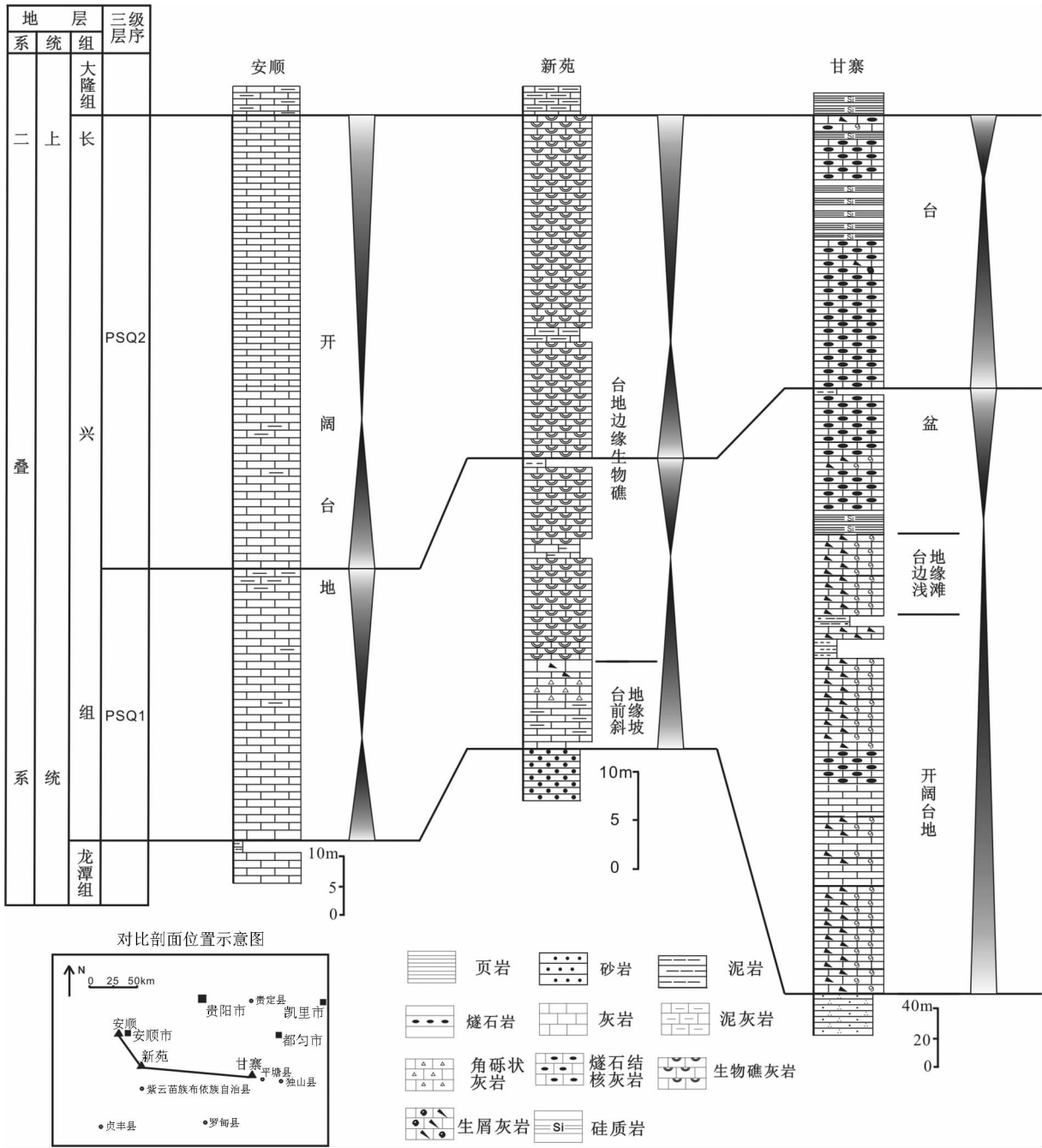


图 7 黔南坳陷上二叠统长兴组层序地层划分与对比图

Fig.7 Sequence stratigraphic division and comparison of Upper Permian Changxin Formation in southern Guizhou depression

层序时期,针对该对比剖面的岩性、沉积相特征等在纵向和横向上的变化分析,具有以下特点:

层序 PSQ1 时期,属于Ⅱ级层序 SS1 的海侵体系域(TST)^[20,21],由于受海平面上升的影响,在平塘甘寨地区沉积环境由碳酸盐台地相的开阔台地、台地

边缘浅滩快速变为深水台盆沉积,岩性由灰岩和生物碎屑灰岩渐变为燧石结核灰岩和硅质岩。到层序 PSQ2 时期,已属于Ⅱ级层序 SS1 的高水位体系域早期(EHST)^[20,21],在甘寨剖面岩性上表现为燧石结核灰岩和硅质岩,为深水台盆相沉积。由此表明,平塘

地区在上二叠统长兴组的沉积环境是由开阔台地、台地边缘浅滩沉积变为深水台盆沉积。

在安顺的安参井剖面上,长兴组岩性主要由深灰色厚层灰岩及深灰黄色泥质灰岩组成,随着水体加深,泥质含量增多,属开阔台地环境。在新苑长兴组剖面上,随着海水的上升岩性表现为自下而上发育有泥质灰岩、块状滑塌角砾灰岩、碎屑灰岩、生物礁灰岩以及少量泥岩、含泥质灰岩。该地区从层序 PSQ1 时期到层序 PSQ2 时期,沉积环境由台地前缘斜坡变为台地边缘生物礁,其古地理位置为碳酸盐台地边缘生物礁^[5-7]。各剖面层序地层和沉积特征的变化说明自西向东从安顺到甘寨一带在上二叠统层序 PSQ2 时期,构成了由浅水碳酸盐台地到深水台盆沉积的廊带。

4 沉积环境演化

通过贵州平塘地区上二叠统长兴组沉积相和层序地层特征的研究,可以清楚地阐明上二叠统沉积时期该地区沉积环境经历了重要演化(图 8)。

长兴组发育早期(PSQ1 期)平塘甘寨地区为碳酸盐岩台地环境,发育一套深灰-灰白色生物碎屑灰岩和灰色-深灰色微晶灰岩的组合,经历了开阔台地环境→台地边缘浅滩沉积环境演化,沉积区水体动能显示为逐渐变强,海水逐渐变深的过程。至长

兴组发育晚期(PSQ2 期),平塘甘寨地区已为台盆环境,发育有一套燧石结核灰岩和硅质岩的组合,为海平面持续上升形成的产物。而其邻区北西方向的新苑和安顺沉积环境未改变,南方向的罗甸等地区亦为深水环境,表明海平面是由南向北逐步迁徙海侵(图 9~10)。

5 结 论

通过对贵州平塘地区上二叠统长兴组的沉积相及层序地层研究,得到如下结论:

(1)贵州平塘地区上二叠统长兴组以碳酸盐岩为主,主要发育了开阔台地、台地边缘礁滩及台盆 3 个沉积相,沉积相可进一步划分出浅滩、滩间、生物碎屑滩等亚相以及若干微相。

(2)贵州平塘地区上二叠统长兴组可划分为 2 个Ⅲ级层序 PSQ1 和 PSQ2,2 个Ⅲ级层序叠加为 1 个Ⅱ级层序 SS1,每个Ⅲ级层序时间平均约为 1 Ma,海侵体系域(TST)均大于高水位体系域(HST)。PSQ1 属Ⅱ型层序界面,而 PSQ2 为Ⅰ型层序界面。

(3)贵州平塘地区上二叠统长兴组沉积环境是由开阔台地、台地边缘浅滩沉积变为深水台盆沉积。通过与邻区的层序地层与沉积特征变化的对比,说明自西向东从安顺到甘寨一带在上二叠统层序 PSQ2 时期,构成了由浅水碳酸盐台地到深水台盆

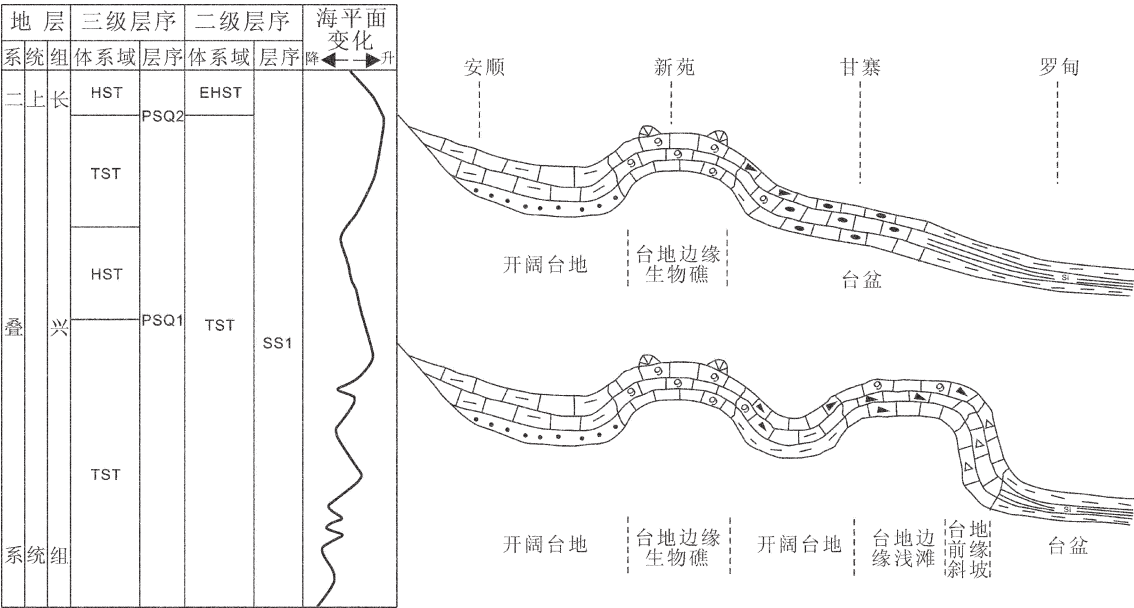


图 8 黔南拗陷长兴组沉积环境演化图
Fig.8 Sedimentary environment evolution diagram of Changxing Formation in southern Guizhou depression

- [11] Wolson J L. Carbonate Facies in Geologic History[M]. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1975.
- [12] 曾允孚, 夏文杰. 沉积岩石学[M]. 北京:地质出版社, 1986:244-251.
- Zeng Yunfu, Xia Wenjie. Sedimentary Lithology [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1986:244-251 (in Chinese with English abstract).
- [13] 刘宝珺, 曾允孚. 岩相古地理基础和工作方法[M]. 北京:地质出版社, 1985:2-32
- Liu Baojun, Zeng Yunfu. Foundation and Working Methods to Lithofacies Paleogeography [M]. Beijing:Geological Publishing House, 1985:2-32(in Chinese with English abstract).
- [14] Bouma A H. Sedimentology of Some Flysch Deposits [M]. Elsevier Publ. Co, Amsterdam, 1962.
- [15] 陈洪德, 田景春, 刘文均, 等. 中国南方海相震旦系—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.
- Chen Hongde, Tian Jingchun, Liu Wenjun, et al. Division and correlation of the sequences of marine Sinian system to Middle Triassic series in the south of China [J]. Journal of Chengdu University of Technology, 2002, 29(4):355-379(in Chinese with English abstract).
- [16] 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, 1994:1-50.
- Chen Hongde, Liu Wenjun, Zheng Rongcai, et al. Theory and Research Methods of Sequence Stratigraphy[M]. Chengdu:Sichuan Science and Technology Publishing House, 1994:1-50(in Chinese with English abstract).
- [17] 章森桂, 张允白, 严惠君. “国际地层表”(2008)简介[J]. 地层学杂志, 2009(1):1-10
- Zhang Sengui, Zhang Yunbai, Yan Huijun. A brief introduction to the “international stratigraphic chart” (2008) [J]. Journal of Stratigraphy, 2009(1):1-10(in Chinese with English abstract).
- [18] Jin Y G, Wardlaw B R, Caenister B F, et al. Permian chronic-stratigraphic subdivisions [J]. Episodes, 1997, 20(1/2):10-15.
- [19] Bowring S A, Erwin D H, Jin Y G, et al. U/Pb zircon geochronology and tempo of the end-Permian mass extinction [J]. Science, 1998, 280:1039-1045.
- [20] 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.
- Ma Yongsheng, Chen Hongde, Ma Guoli. Sequence Stratigraphy and Paleogeography in South China [M]. Beijing:Science Press, 2009(in Chinese with English abstract).
- [21] 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.
- Ma Yongsheng, Chen Hongde, Ma Guoli. Atlas of Construction——Sequence and Lithofacies Palaeogeography in South China [M]. Beijing:Science Press, 2009(in Chinese with English abstract).

Sedimentary facies and sequence stratigraphy of Upper Permian Changxing Formation in Pingtang, Guizhou Province

ZOU Hao^{1,2}, CHEN Hong-de^{1,2}, LIN Liang-biao^{1,2},
CHEN An-qing^{1,2}, LONG Ke^{1,2}, DAN Yong^{1,2}, FAN Yu^{1,2}

(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: Using the basic principles and methods of sedimentology and sequence stratigraphy, combining field measurements with indoor microscopic study, and applying drilling data to correlating data of regional sequence stratigraphy, the authors studied and summarized sedimentary facies characteristics, sequence stratigraphy and lithofacies paleogeography distribution of Upper Permian Changxing Formation in Pingtang, Guizhou Province.. The results demonstrate that three kinds of sedimentary environments exist in Upper Permian Changxing Formation, i.e., open platform, shoal of platform margin and inter-platform basins. The Changxing Formation of the study area can be divided into two third-order sequences of PSQ1 and PSQ2, and both are composed of the transgressive systems tract (TST) and the highstand systems tract (HST), with the thickness of TST larger than that of HST. A comparison with the sedimentary facies and sequence stratigraphy characteristics of adjacent areas indicates that the sedimentary environments of Changxing Formation must have been open platform, shoal of platform margin and deep inter-platform basins in vertical direction. In the eastward transverse direction, there formed the sedimentary belt of shallow-water carbonate platform and deep basin sediments in the area of Anshun to Ganzhai during the PSQ2 period of late Permian. During late Permian, sea began the transgression from south to north.

Key words: Pingtang of Guizhou; southern Guizhou depression; Changxin Formation; sedimentary facies; sequence stratigraphy

About the first author: ZOU Hao, male, born in 1986, mater, specializes in sedimentology and sequence stratigraphy; E-mail: zouhao21@sina.com.