

龙门山平驿铺组沉积体系及旋回层序研究^①

郑荣才 刘文均 李祥辉 王洪峰 陈源仁

(成都理工学院沉积所,四川 成都 610259)

提 要 本文首次从龙门山区下泥盆统平驿铺组中,划分出河口湾、三角洲、滨岸和陆棚四个沉积体系和三个Ⅲ级 T-R旋回层序。平面上,四个沉积体系组成了扬子板块西侧的古大陆边缘由过渡相区和滨岸相区相间分布的古地理格局;垂向上,两相区中的三个Ⅲ级 T-R旋回层序也由不同的沉积体系组成,旋回层序的演化虽然受构造差异沉降影响,但仍以Ⅲ级海平面升降变化为主要控制因素,并具同步演化规律,可分别代表古大陆边缘活动型和相对稳定型的两种Ⅲ级 T-R旋回层序模式。

关键词 沉积体系 Ⅲ级 T-R旋回层序 古大陆边缘 海平面变化 平驿铺组 龙门山

分类号 P 53

第一作者简介 郑荣才 男 45岁 副教授 沉积学专业

自从龙门山区下泥盆统平驿铺组采获海相化石以来^[1],众多研究者将其确定为单一Ⅲ级旋回层序的滨岸-陆棚相沉积体系^[1-4]。笔者的近期研究成果,表明该地层中滨岸和陆棚相沉积虽然广泛发育,但以出现河口湾和三角洲沉积为更重要的特色,这对于进一步确定扬子西缘古大陆边缘的位置、重新认识龙门山区早泥盆世早期的岩相古地理格局,以及更合理地划分平驿铺组旋回层序和对其进行区域性或全球性对比,都具有重要的理论意义。

1 平驿铺组地层概况

下泥盆统平驿铺组在龙门山区广泛分布,岩性以石英净砂岩和杂砂岩、粉砂岩和泥页岩为主,局部夹含砾砂岩、残积角砾岩、碳屑砂岩和煤线。所含生物化石可分为海-陆过渡和浅-半深海两种群落组合:前者以植物、鱼、介形虫、腹足、双壳类为主;后者以腕足和棘皮为主,偶含头足类。各类遗迹化石较丰富,以浅-半深海相组合为主。地层厚度变化极大,呈北北东向带状展布(图 1),沉积中心位于桂溪、甘溪和平驿铺一带,厚 2 000~ 2 400 m,具有自西向东、或由沉积中心向北东、南西和南东三个方向迅速减薄的趋势。底界微角度不整合于中志留统千枚岩之上,接触面为一穿时的沉积超覆面。顶部与下泥盆统

白柳坪组假整合,接触面为含有残积角砾岩的暴露面。有关平驿铺组的时代归属目前虽有争议,但趋向性的意见为洛霍柯夫期-布拉格早期^[1-4],与广西莲花山组至那高岭组大致相当。

2 沉积相特征

据十余条剖面的野外观察和室内综合研究,可将平驿铺组划分为四个沉积体系。

2.1 河口湾沉积体系

平驿铺组发育有河口湾沉积体系为本次研究首次提出,仅见于甘溪和平驿铺剖面(图 1)。厚度大,垂向由交替发育的潮坪、分流河道、潮汐砂坝和海湾泻湖组成,具向上逐渐变细加深海侵沉积序列(图 2),以潮汐砂坝极其发育为重要识别标志。潮汐砂坝呈长轴平行河道的透镜状,截切潮坪和海湾泻湖相泥岩,由中-厚层状灰色细-中粒石英砂岩组成,发育有槽状、楔状、双向板状和鱼骨状交错层理。潮汐层理、平行层理、冲洗层理和底冲刷构造。化石稀少,仅在泥岩夹层中产有少量植物和鱼碎片,以及介形虫、舌形贝和双壳类等过渡相群落组合的化石。各类砂体的累积厚度占河口湾沉积体系的 50% 以上,属沉积速率大于盆地容纳空间增长率,河流与潮汐、波浪交替作用强烈的峡谷砂坝型河口湾。

^① 本文由“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室及地质矿产部开放研究实验室资助
收稿日期: 1996-07-01

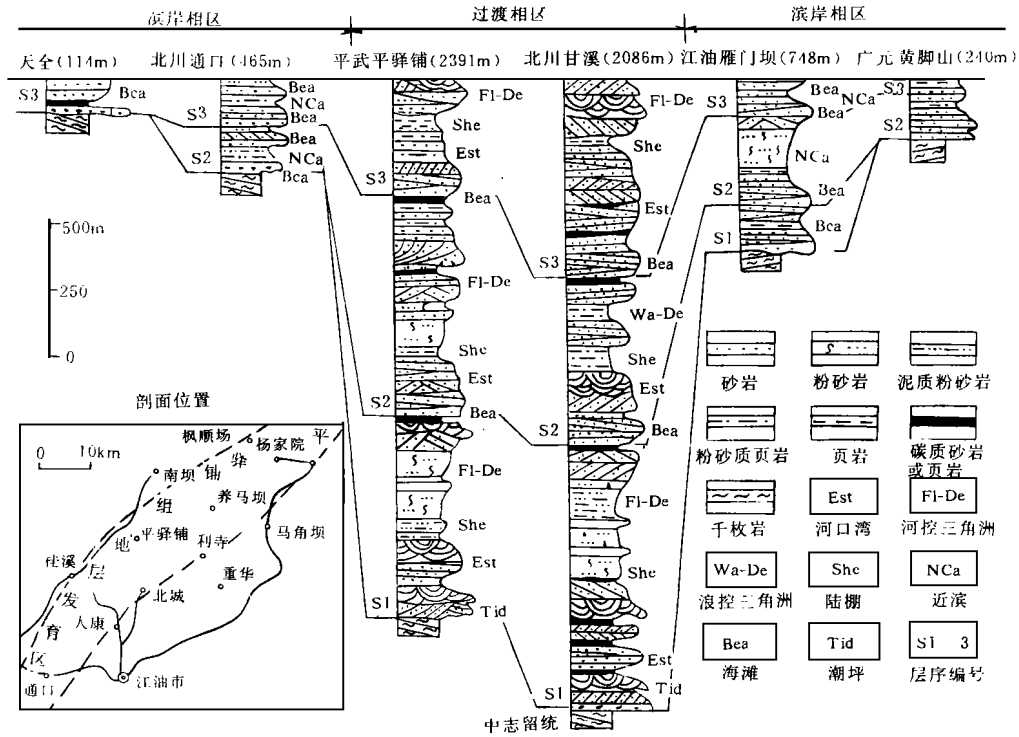


图 1 龙门山区下泥盆统平驿铺组沉积体系及旋回层序的划分和对比

Fig. 1 Division and correlation of sedimentary systems and cyclic

sequences of Pingyipu Formation, Lower Devonian from the Longmenshan area

2.2 三角洲沉积体系

该沉积体系也为首次从平驿铺组甄别,亦仅发育于甘溪和平驿铺剖面(图1)。厚度较大,垂向上由前三角洲相的泥岩和粉砂岩,三角洲前缘相的粉砂岩、杂砂岩和细-中粒石英砂岩,三角洲平原相的细-中粒石英砂岩夹粉砂岩、碳质泥岩组成。局部出现含砾砂岩、残积角砾岩、碳屑砂岩夹层和煤线。具向上加粗变浅,由海相转化为陆相的海退沉积序列(图3)。按成因可分为河控和浪控两种三角洲类型:前者以三角洲前缘的远砂坝和河口坝沉积厚度大、枕状构造和滑塌包卷层理发育为快速堆积的建设型河控三角洲成因标志(图3A);破坏型浪控三角洲以河口坝往往被波浪强烈改造为席状砂体为成因标志,由于砂岩的成分和结构成熟度极高,冲洗层理和底冲刷构造发育,枕状构造和包卷层理相对不发育而具浓厚的前滨色彩。但据其常被进积的三角洲平原超覆,与河控三角洲交替发育的特殊地理位置,以及含有海相至过渡相生物群落化石加以识别(图3B)。

2.3 滨岸沉积体系

广泛发育于各剖面中的无障壁海岸沉积体系(图1),前人已有深入的研究^[1-4]。本次研究识别出两种产出类型:①仅发育于甘溪和平驿铺剖面中

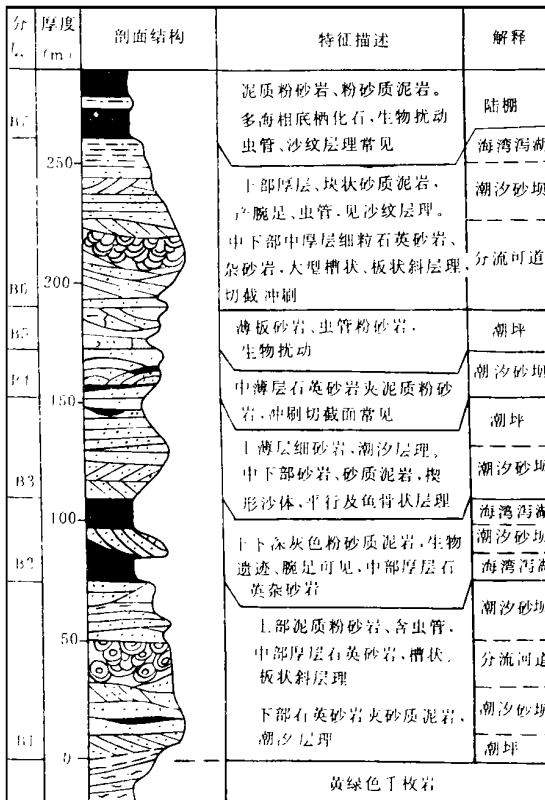
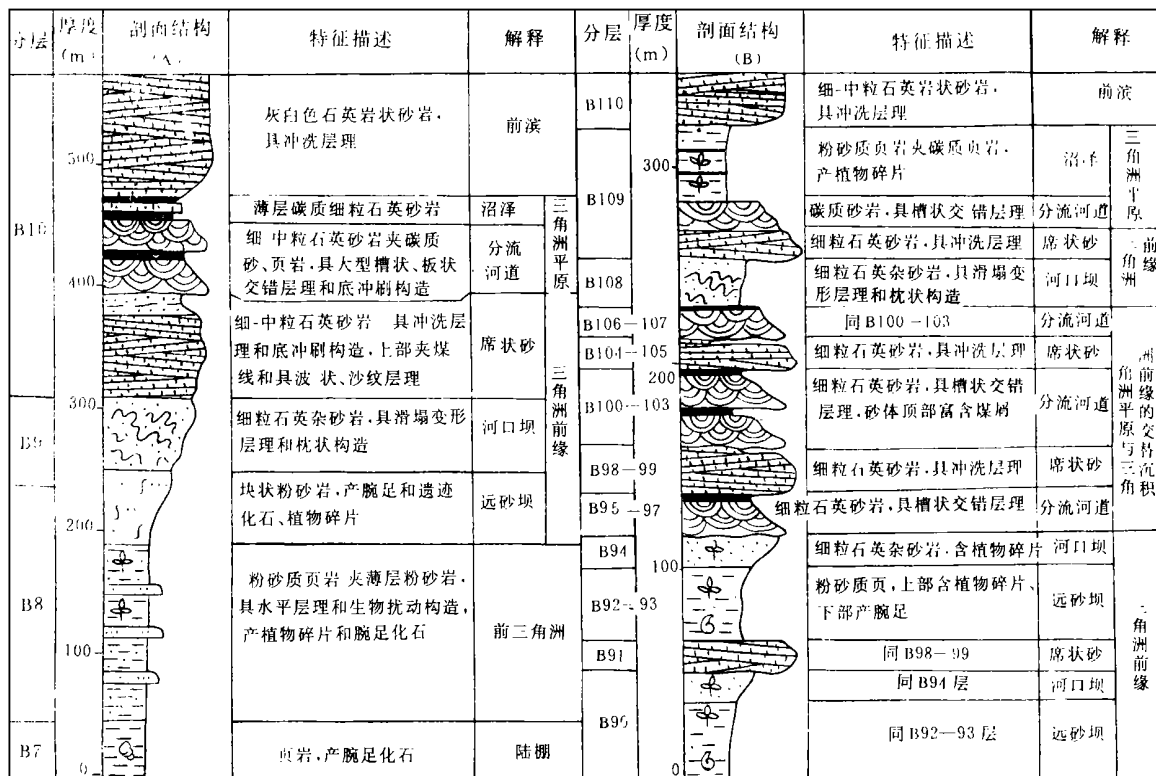


图 2 河口湾垂向沉积层序

(甘溪剖面 B1-B6层, 分层同侯鸿飞, 1988)

Fig. 2 Vertical sedimentary sequences of the estuary system



A. 甘溪剖面 B7- B10层, 分层同侯鸿飞, 1988; B. 平驿铺剖面 B90- B109层, 分层同王洪峰, 1994

图 3 河控 (A)和浪控 (B)三角洲垂向沉积层序

Fig. 3 Vertical sedimentary sequences of the fluvial-dominated delta system (A) and wave-influenced delta system (B)

3). 超覆面的上、下存在岩性和岩相突变, 向上过渡为河口湾沉积体系, 显示此类滨岸为相对海平面开始缓慢上升时的初始海侵阶段沉积产物 ② 发育在除甘溪和平驿铺剖面之外的所有剖面中, 以雁门坝剖面最为典型, 有前滨→近滨的向上加深变细海侵型, 抑或近滨→前滨→后滨的向上变浅加粗海退型两种沉积序列 前滨相沉积亦主要由中-厚层状灰白色细-中粒石英砂岩组成, 冲洗层理和底冲刷构造极其发育, 为该沉积体系的主要沉积类型 近滨由厚层块状粉-细粒砂岩夹薄层泥岩组成, 发育波状和浪成沙纹层理 生物钻孔和扰动构造发育, 产植物碎片和介形虫、舌形贝、腹足、双壳类等广盐度生物化石, 类似过渡相群落组合, 说明此类滨岸的海水盐度也不正常, 与其位于河口两侧, 时常受入海河流淡化影响有关 后滨较为少见, 由中-薄层状粉砂岩夹泥岩和细粒石英砂岩组成, 发育水平层理和流水型或浪成沙纹层理, 偶见极浅水干涉波痕, 干裂构造 所产化

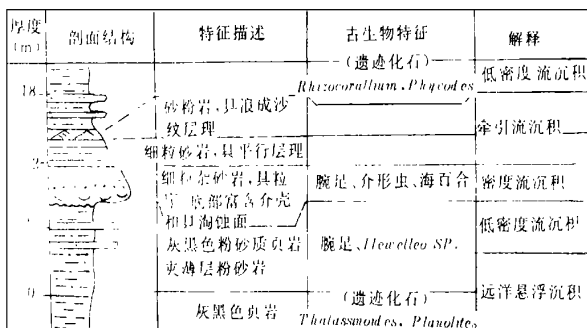


图 4 远源风暴流沉积剖面结构

(甘溪剖面 B12层, 分层同侯鸿飞, 1988)

Fig. 4 Sequence structures of sandy tempestites

(图 1), 由单一前滨相中厚层状灰白色细-中粒石英砂岩组成, 特点为砂体直接超覆三角洲沉积体系 (图

石以植物为主,常富集成层产于泥岩和粉砂岩夹层中,代表后滨中的沼泽化洼地

2.4 陆棚沉积体系

该沉积体系也主要出现在甘溪和平驿铺剖面中(图1),位于海侵与海退沉积序列的过渡带。可分为浪基面之上和以下的浅水型和半深水型两类陆棚:前者以沉积灰绿和深灰色薄-中层状粉砂岩和泥岩为主,具水平和浪成沙纹层理;后者以沉积薄层黑色页岩为主,局部夹有远源风暴流沉积(图4)。两类陆棚中所产化石为正常海相群落组合,以半深水陆棚较丰富,常见小个体腕足(*Hewelleo* sp.),薄壳介形虫和双壳类,以及细长的海百合,偶见头足类。其中腕足的分异度为4,达早泥盆世早期最高值^[4],表明半深水陆棚形成于海域明显扩张加深的时期。陆棚中遗迹化石也极为丰富,计有平管迹、似海藻迹、根珊瑚迹和粗枝状均分迹,属浅-半深水组合,局部发育有细管状钻孔密集层,为低速沉积标志。

3 岩相古地理格局及物源分析

据各剖面S3旋回层序的优势相分布规律(图1),表明龙门山区平驿铺组的岩相古地理格局,由沿古大陆边缘分布的过渡相区及两侧的滨岸相区构成(图5),以西为加深的陆棚,以东为古陆,明显受加里东运动形成的西低东高古地形控制。两相区的沉积类型差异很大,过渡相区由旋回交替的前滨(或潮坪)、河口湾、陆棚和三角洲组成。滨岸相区以前滨为主,间夹海域扩张和加深形成的近滨或陆棚沉积。沉积演化史受古大陆边缘的龙门山断裂带于早泥盆世早期开始的烈拉张断陷作用^[5],以及海平面周期性缓慢上升和下降的综合效应控制。由沉积超覆方向和厚度变化趋势(图1和图5),不难判断滨岸相区为古大陆边缘构造均衡沉降的相对稳定区,而过渡相区为有强烈构造断陷作用的局部活动区。据过渡相区构造沉降幅度远大于滨岸相区,出现巨厚的河口湾和三角洲沉积体系的高速充填作用,说明该相区应位于深切志留系陆棚的、有强烈构造断陷和重力荷负效应的峡谷型大河口位置。又据该相区为河流带来的沉积物主要堆积场所,以其为沉积中心,平驿铺组向两侧的滨岸和东侧的古陆逐渐超覆变薄的特点,而西侧为逐渐加深的陆棚,可进一步判断沉积物主要来自东侧的川中古陆,沉积物由自东向西入海的大河快速堆积而成,而滨岸相区则来自沿岸流搬运的河口溢出物。因而两相区中的各类砂岩具有

相同的物源和岩石学特征,特别为碎屑组分完全一致,都以不具或微具波状消光的单晶石英和沉积成因的硅质岩碎屑为主(70%~96%),泥质岩、粉砂岩、板岩和干枚岩等岩屑含量低(0.5%~3%),几乎不含长石(<0.2%),重矿物含量极微,为电气石、绿帘石、磁铁矿组合。以上岩石学特征,表明应该以川中古陆的再旋回沉积岩为主要母岩,并非是前人所确定的,所谓同古大陆边缘的彭灌、轿子顶和摩天岭等变质杂岩体。此认识目前已从平驿铺组碎屑岩的阴极发光性,与川中古陆腹地的寒武系和震旦系硅质沉积岩相一致的特征得到初步证实。

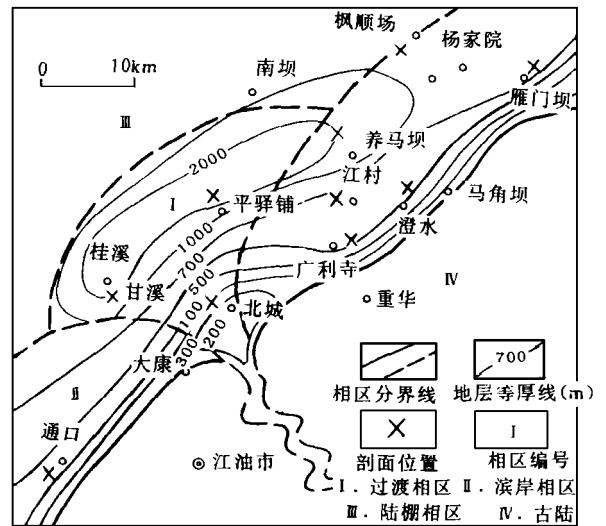


图5 龙门山区平驿铺组岩相古地理略图

Fig. 5 Simplified sedimentary facies and palaeogeographic map of Pingyipu Formation from the Longmenshan area

4 平驿铺组旋回层序的划分和演化

已有研究资料表明,平驿铺组为龙门山区泥盆纪II级旋回层序的第一个由碎屑岩组成的旋回层序组(Orthosequence set),具有准II级旋回特征和区域对比意义,时限约12~15 Ma^[4-6]。完整的层序组仅发育于桂溪-甘溪至平驿铺一带的过渡相区中,由岩性组合和剖面结构基本一致的三个III级旋回层序(Orthosequence)叠置而成。滨岸相区亦由一至三个

相似的和向古陆依次超覆的Ⅲ级旋回层序组成(图 1)。有意义的是,两相区或同一相区不同部位的各Ⅲ级旋回层序有显著的同步演化规律(图 6) 特点如下:当全球海平面下降经 F 拐点后下降速率逐渐减缓,从下降速率与滨岸坡折的构造沉降速率相等至下降速率为零的低水位线时间内,由相对海平面缓慢上升作用。为两相区发育向陆上超向盆地转移的进积海滩或潮坪等低水位(LST)或陆架边缘体系域(SMT)的形成,提供了低速增长的容纳空间;当全球海平面绕过低水位线开始背向构造沉降方向的缓慢上升期,引起容纳空间突发性增长和广泛海侵,其中过渡相区因在构造拉张断陷的基础上,叠加有大河带来的沉积物高速堆积引起的重力负荷效应,有更大的沉降幅度,容纳空间远大于两侧的滨岸相区,且又因大河携入的沉积物量大,沉积速率高于容纳空间增长率,因而以发育高速堆积的峡谷砂坝型河口湾为主的海侵体系域。河口溢出的沉积物大部分被沿岸流搬运到两侧滨岸相区,形成滨岸相区前滨

和近滨交替的海侵体系域;嗣后全球海平面加速上升至 R 拐点之后,至开始放慢上升速率的某一点,为相对海平面上升达最高位置的最大海泛期,因容纳空间高速增长率逐渐超出和远超出沉积速率,致使河口湾被迅速扩大和加深的浅半深水陆棚淹没,两侧滨岸相区因构造沉降幅度小于过渡相区,一般被加深为近滨,局部加深为浅水陆棚,因而仅在淹没河口地区的海侵体系域上部,发育有浅半深水陆棚相的凝缩段(CS)沉积,如甘溪剖面的 B12层和平驿铺剖面的 B48层。滨岸相区仅发育相当凝缩段的最大海泛面(MFS)。由凝缩段和最大海泛面的发育,形成旋回层序的重要对比标志(图 6);在全球海平面上升明显减缓至上升速率为零的高水位线时间内,相对海平面上升幅度和容纳空间增长率始终处于递减状态,并很快被沉积速率超出,导致过渡相区所接纳的大量沉积物缓慢向海推进,形成高水位体系域(HST)早期加积→进积的前三角洲→三角洲前缘的缓慢海退序列。来自三角洲前缘溢出的沉积

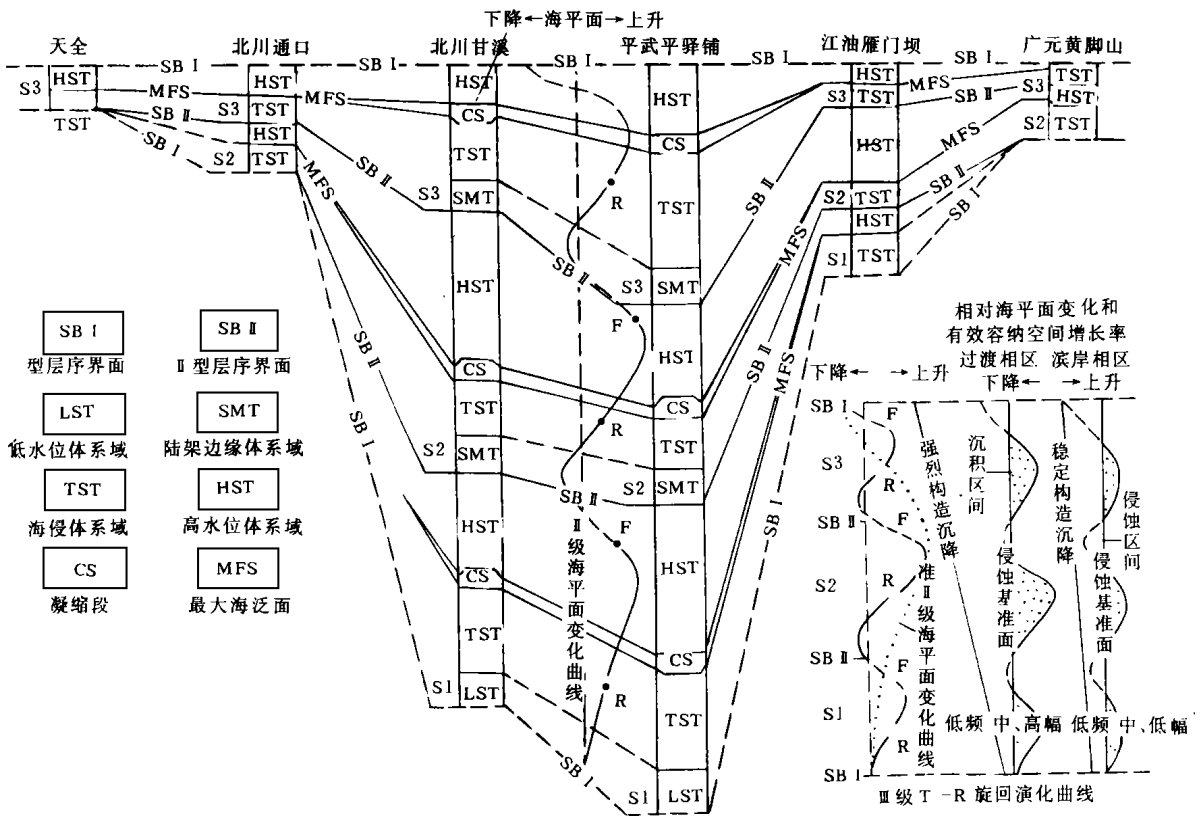


图 6 龙门山区平驿铺组旋回层序与海平面升降变化的关系

Fig. 6 Relationship between cyclic sequences and sea-level changes of Ping Yipu Formation, Lower Devonian from Longmenshan area

物仍大部分被沿岸流搬运到两侧的滨岸相区,形成滨岸相区高水位体系域早期的近滨与前滨交替的缓慢海退序列;当全球海平面上升绕过高水位线进入由慢到快的加速下降过程中,因容纳空间增长率取决于同向运动的构造沉降速率与海平面下降速率之间的差值,发生高速递减,乃至滨岸暴露。因而两相区都迅速变浅并被充填补齐,分别进入高水位体系域晚期的三角洲平原和后滨环境。其中过渡相区因有构造拉张断陷和沉积物重力荷负效应的双重沉降作用因素,沉降幅度仍高于滨岸相区,有相对较大的容纳空间增长率,因而强烈进积充填的三角洲平原沉积厚度较大,沉积韵律保存较好,顶部发育有岩性和岩相突变的暴露面,为划分Ⅲ级旋回层序的重要界面标志。而滨岸相区因充填齐补后主要处于无容纳空间产生的暴露状态,加上高水位晚期的后滨相沉积记录,常被后一层序的海侵作用改造而保存较少,因而层序间的界面常出现在海退型与海侵型前滨相沉积之间,并因界面上、下的岩性和岩相非常相似而难以识别。

如上所述,由全球海平面升降变化、构造沉降和沉积速率与容纳空间增长率的相对关系,控制了龙门山区古大陆边缘平驿铺组的三个Ⅲ级旋回层序周而复始的演化规律。根据两相区Ⅲ级旋回层序的显著差异性,提出古大陆边缘的两种旋回层序模式(图6):①充填深切谷河口的、有局部强烈构造拉张断陷和沉积物重力荷负沉降效应的过渡相区,Ⅲ级旋回层序具有低频和中、高幅相对海平面升降变化^[7]的高沉积速率($\geq 12 \text{ cm/kg}$)的活动型 T-R旋回层序

模式;②构造均衡沉降的滨岸相区,Ⅲ级旋回层序具有低频和中、低幅相对海平面变化的^[7]、低沉积速率($\leq 4 \text{ cm/kg}$)的相对稳定型 T-R旋回层序模式。两类Ⅲ级旋回层序所记录的古大陆边缘Ⅲ级海平面升降变化规律,与华南相当层位的 C₁~ C₃三个Ⅲ级旋回层序^[8]相对应,无疑可作为划分平驿铺组层序地层和对其进行区域性、乃至全球性对比的重要标志。

参加野外工作和室内研究的还有我院应届毕业生高红灿、朱明忠、杜春艳等同学。

参 考 文 献

- [1] 侯鸿飞,万正权,鲜思远等. 四川龙门山地区泥盆纪地层古生物及沉积相. 北京:地质出版社,1988,7~34和121~151.
- [2] 蒋武,邓涛. 龙门山唐王寨地区逆冲推覆体生物地层学研究. 西南石油学院学报,1990,12(3):14~17.
- [3] 王洪峰. 四川龙门山区泥盆系的平驿铺组. 陈源仁主编. 下泥盆统的动态地层学和生态地层学. 成都:成都科技大学出版社,1994,82~99.
- [4] 鲜思远,陈继荣,万正权. 四川龙门山甘溪泥盆纪生态地层、层序地层与海平面变化. 岩相古理,1995,15(6):1~47.
- [5] 张锦泉,郑荣才. 上扬子西南缘泥盆纪构造格局与岩相古地理. 成都:成都科技大学出版社,1990,1~55.
- [6] Liu Wenjun, Chen Yuanren, Zheng Rongcai, et al. Devonian Sequence Stratigraphy and Relative Sea-Level Changes in Longmenshan Area. Sichuan Earth Science-Journal of China University of Geosciences, 1996, 7(1): 60~70.
- [7] 龚一鸣,吴谔,杜远生. 黔桂泥盆纪层序地层及海平面变化的频幅、速度和相位. 地球科学,1994,19(5):575~586.
- [8] 陈代钊,陈其黄. 华南泥盆纪沉积演化及海水进退程. 地质科学,1994,29(3):246~255.

Depositional Systems and Cyclic Sequences of Ping Yipu Formation Longmenshan Area

*Zheng Rongcai Liu Wenjun Li Xianghui
Weng Hongfen and Chen Yuanren*

(Chengdu Institute of Technology, Chengdu, 610059)

Abstract

The study area lies in the Longmenshan area on the western margin of the Yangtze Plate, where the Ping Yipu Formation, Lower Devonian are well exposed. Four depositional systems and three third-order T-R cyclic sequences have been distinguished from the formation. In this region, the paleogeographic pattern along the ancient continental margin of the Yangtze Plate, was formed of the transitional facies zone alternating with littoral facies zone. In the vertical sections, the third-order cyclic sequences were made of different depositional systems separately in the two facies zones, which the sequences of foreshore (or tidal)→ estuary→ inner-outer shelf→ delta were developed in the transitional facies zone, and the other sequences of foreshore→ nearshore→ inner shelf (yes or no)→ foreshore-backshore were developed in the littoral facies zone. The sedimentary evolutionary characteristics of the two facies zones were different and controlled by different geological conditions, including tectonic activity intensity, rate of tectonic descent and deposition, paleogeographic seat and world sealevel changes during Early Devonian. Because of the world sea-level changes was the main and primary factor to control the evolution of the three cyclic sequences in the formation, the third-order T-R cyclic sequence in the two sedimentary facies zones were synchronous and may be correlated with other areas, such as the South China and the world. According to the evidences above mention, two cyclic sequence models of ancient continental margin of the Yangtze Plate have been advanced in this paper, which were of the active or relatively stable tectonic descent setting.

Key Words depositional system third-order T-R cyclic sequence ancient continental margin sea-level changes Ping Yipu Formation Longmenshan area