

# 南秦岭寒武—奥陶纪碳酸岩台地演化<sup>①</sup>

崔智林<sup>1</sup> 梅志超<sup>1</sup> 孟庆仁<sup>2</sup> 屈红军<sup>1</sup>

<sup>1</sup> (西北大学, 西安 710069)

<sup>2</sup> (中国科学院地球物理研究所, 北京 100083)

**提 要** 南秦岭早古生代碳酸岩台地属于扬子板块北部被动大陆边缘。台地经历了 3 个演化阶段: ① 下—中寒武统缓坡沉积阶段; ② 中寒武统一奥陶统镶边陆棚沉积阶段; ③ 中—上奥陶统混合陆棚沉积阶段。下志留统的进积陆源碎屑沉积淹没了全区。从台地相带的展布规律和古地理轮廓推测, 早古生代时台地北侧可能存在一个已消失了的古陆。

**关键词** 碳酸岩台地 古地理 早古生代 秦岭

**第一作者简介** 崔智林 男 37岁 副教授 古生态学

## 1 引 言

南秦岭山阳—凤镇断裂与宁陕—白河断裂之间的寒武—奥陶系主要由碳酸岩地层组成, 厚约 3 000 m, 东西延伸 400 km, 南北出露宽度 70 km。该套地层在秦岭造山带中十分引人注目, 研究其沉积环境、演化过程和古地理特征, 对研究秦岭造山带的形成与演化具有十分重要的意义。杨家录等<sup>[1, 2, 4]</sup>在

研究其岩石地层和生物地层的基础上, 对本区的岩相分区和古地理做了初步研究, 但在沉积学方面的工作较欠缺。

## 2 区域地质特征

秦岭造山带以商丹断裂为界划分为南侧的扬子板块北部被动大陆边缘和北侧的华北板块南部主动大陆边缘<sup>[5]</sup>(图 1)。许多地质证据表明沿商丹断裂

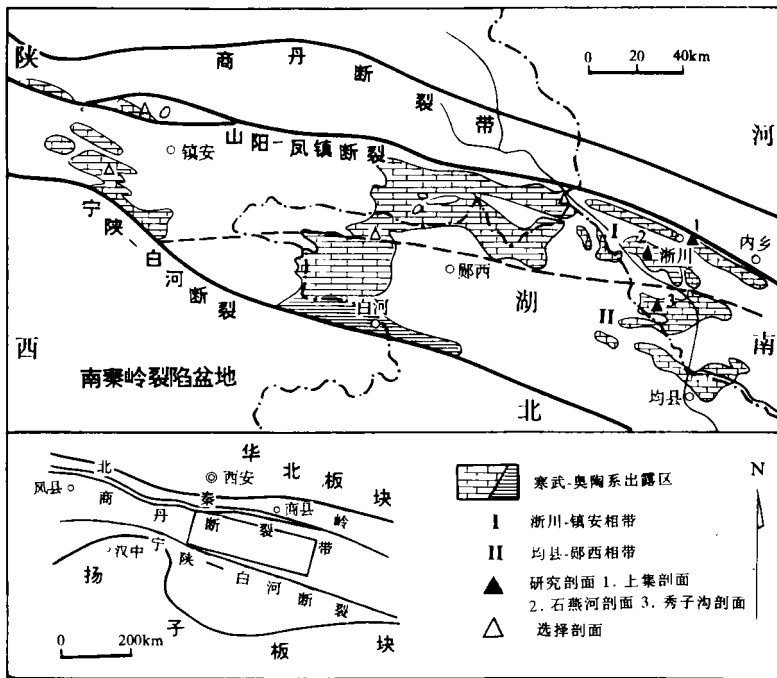


图 1 南秦岭地质简图

Fig. 1 Simplified geological map of South Qinling Mt.

① 国家自然科学基金资助项目

收稿日期: 1995- 05- 20

带曾存在一个已消失了的古洋盆<sup>[3,5,6]</sup>。山阳—凤镇断裂与商丹断裂带之间为向南逆冲的泥盆系出露区，而以南至宁陕—白河断裂为早古生代碳酸岩地层出露区。宁陕—白河断裂与巴山弧形断裂之间属早古生代深水裂陷盆地，地层主要由碳质硅质岩组成。因此南秦岭早古生代碳酸岩台地属扬子板块北部被动大陆边缘，发育在总体上处于拉张的构造背景下。从地层、化石和沉积特征来看台地大致可划分为北部的浙川—镇安相带和南部的均县—郧西相带。前者以环潮缘和泻湖相沉积为主，而后者以台地边缘浅滩相和斜坡相沉积为主。两相带的分界大致沿秀子沟—黄云铺一线

### 3 岩相和相组合

#### 3.1 缺氧—贫氧相组合 (A1)

本组合主要包括硅质岩相和碳质页岩相，分布于下寒武统杨家堡组和岩屋沟组(图2)硅质岩相由薄层状—中厚层状硅质岩组成，内部缺乏沉积构造，含少量海绵骨针，形成于深水环境。碳质页岩相由碳质页岩和泥岩构成，含磷、钒等矿，内具黄铁矿小晶粒，缺乏底栖生物化石和生物扰动构造，显示了一种深水缺氧环境。在溶解氧含量接近零的开阔海域如陆棚区、海平面的上升与缺(贫)氧带的扩大有明显的相关性<sup>[12]</sup>。

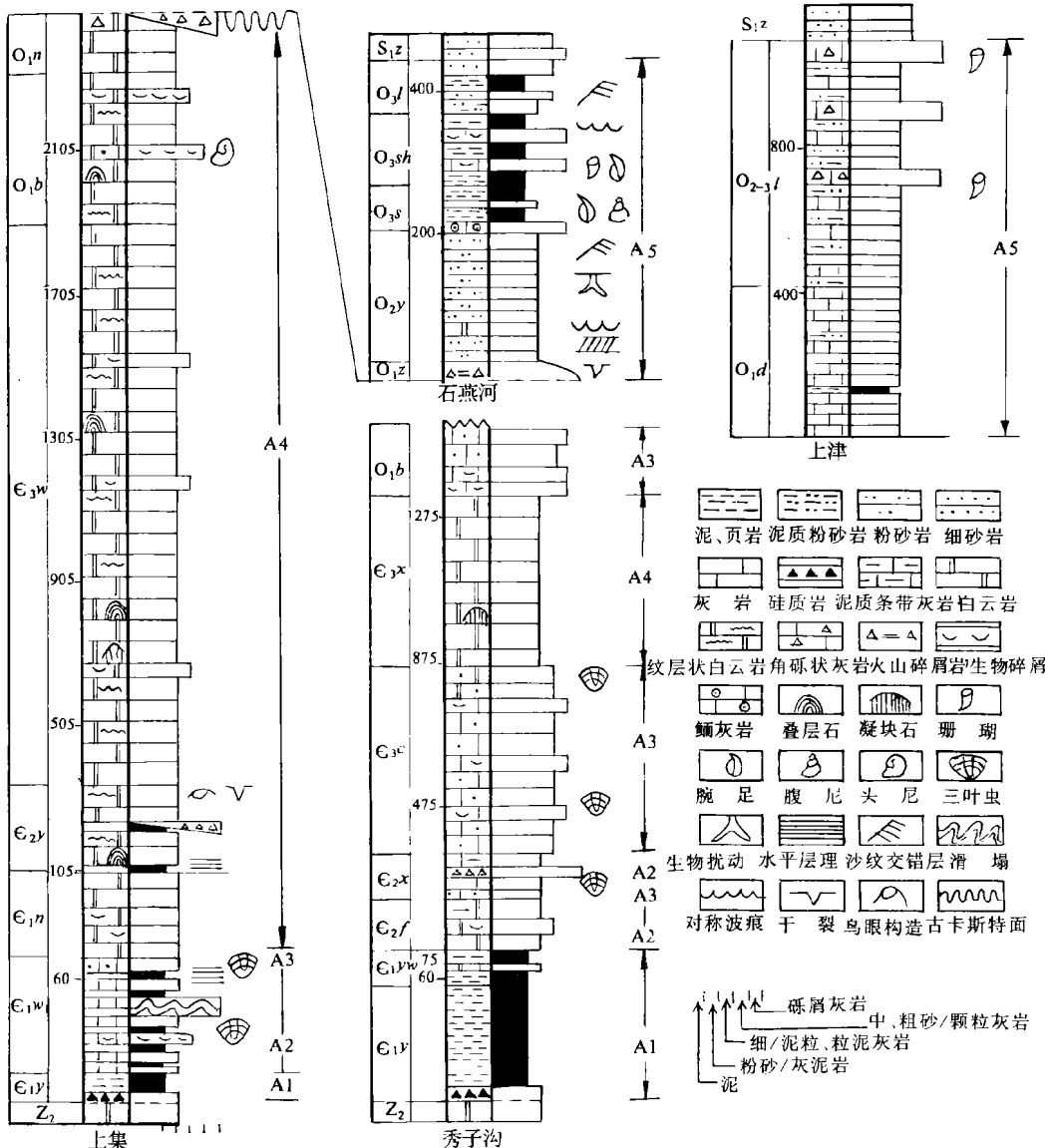


图 2 岩相组合典型剖面图

Fig. 2 Representative sections of facies associations

在剖面上硅质岩相、硅质岩相与碳质页岩相互层、碳质页岩相依次出现, 尤其碳质页岩相中的碳质含量从下到上也逐渐减少, 上部还可出现灰岩薄层, 反映了一种向上变浅的沉积序列, 也反映了由缺氧到贫氧的变化。本组合在浙川—镇安地区较薄, 厚度一般小于 15 m, 在均县—郧西地区沉积厚度可达 80 余米。上被深水缓坡相沉积覆盖, 因此本组合形成于下部陆棚至陆坡转折处, 代表了一个海平面的高位时期。

### 3.2 深水缓坡和斜坡相组合 (A2)

本组合包括泥晶灰岩、灰质泥岩韵律相、泥晶灰岩相、结核状灰岩相、灰泥丘相、滑塌相和角砾岩相, 分布于浙川—镇安相带下寒武统汪家店组和均县—郧西相带部分中寒武统一奥陶统 (图 2)。

地层单位代号  $\in 1y$ —杨家堡组 (Yangjiabao form.),  $\in 1w$ —汪家店组 (Wangjiadian Form.),  $\in 1n$ —脑子寨组 (Naozizhai Form.),  $\in 1yw$ —岩屋沟组 (Yanwugou Form.),  $\in +2f$ —冯家凹组 (Fengjiaao Form.),  $\in 2y$ —岳家坪组 (Yuejiaping Form.),  $\in 3$ —蜈蚣丫组 (Wugongya Form.),  $\in 2x$ —习家店组 (Xijiadian Form.),  $\in 3k$ —蔡沟组 (Caigou Form.),  $\in 3x$ —秀子沟组 (Xiuzigou Form.),  $O1b$ —白龙庙组 (Beilongmiao Form.),  $O1n$ —牛尾巴山组 (Niuweibashan Form.),  $O1z$ —蚌蛭组 (Zhaqu Form.),  $O1d$ —吊床沟组 (Diaochuang-gou Form.),  $O2y$ —杨庄组 (Yangzhuang Form.),  $O3s$ —寺岗组 (Sigang Form.),  $O3sh$ —石燕河组 (Shiyianhe Form.),  $O3t$ —刘家坡组 (Liujiapo Form.),  $O2-3t$ —两岔口组 (Liangchakou Form.)。

韵律相由深灰、黑色薄层—中厚层状泥晶灰岩 (图版 I -10) 和生物碎屑泥晶灰岩 (图版 I -12) 与灰紫色厚度不等的灰质泥岩、泥灰岩互层 (图版 I -1), 含峡东型的三叶虫。泥岩中水平纹层发育, 厚度一般 1~10 cm。生物碎屑泥晶灰岩中常具正粒序性, 下层面截然, 反映了远源风暴沉积。这种泥质沉积与碳酸岩的韵律交替说明了物源或沉积机制的周期性变化<sup>[11]</sup>, 也反映了气候的干、湿变化和小规模的海平面变化<sup>[8]</sup>。泥晶灰岩相与韵律相的主要区别是没有泥质沉积互层, 含漂浮型球节子三叶虫, 形成于低能深水环境。

结核状灰岩相: 呈薄层至中厚层状, 泥晶灰岩结核一般连续成层、呈飘带状, 形成于海底原地胶结作用, 出现在斜坡环境<sup>[13]</sup>和外缓坡<sup>[8]</sup>。

碳酸岩丘建隆相: 本相主要分布在秀子沟—黄云铺—冯家凹组, 为厚层状至块状细晶白云岩夹生物碎屑灰岩和结核状灰岩, 含广海相化石, 厚 146 m, 但向南和向北迅速减薄, 东西延伸较远。它的外侧为深水陆棚—斜坡相沉积, 内侧为内缓坡相沉积。这种碳酸岩丘建隆由于缺乏硬体骨骼而限于良基面以下的低能深水缓坡, 且受初始碎屑陆棚的沉积基底地形的影响<sup>[8]</sup>。

滑塌相: 由滑塌褶皱和张裂缝构成, 主要分布在浙川上集—汪家店组。滑塌规模小者只有数公分厚 (图版 I -4), 大者可达数米 (图版 I -5)。滑塌层主要由韵律相的泥晶灰岩夹泥灰岩组成, 与上下伏地层的岩性一致, 可见滑塌的搬运距离较近, 坡角较小。

角砾岩相: 在地层中呈楔形或透镜状分布, 厚度从几公分到数米, 上下界面清楚, 下界面有时具侵蚀性。内部缺乏层理, 分选和磨圆差, 基质支撑 (图版 I -2), 南相带也可见颗粒支撑。这种组构特征代表了海底块状流成因。

本组合总体形成于浪基面以下的低能环境, 但在不同相带和时代其组合内容又有一定的差别。在浙川—镇安相带下寒武统汪家店组韵律相与滑塌相和角砾岩相伴生, 含峡东型三叶虫, 厚度 20~140 m, 一般 30~40 m (图 2)。本组合中发育的泥晶灰岩、漂浮型的三叶虫、风暴成因的生物碎屑泥晶灰岩和滑塌层均显示出了深水沉积特征。向南逐渐被深水陆棚相组合泥质岩所代替。因此浙川—镇安相带相当深水缓坡或中—外缓坡<sup>[14,15]</sup>, 把碳酸岩缓坡分为等斜型和远端变陡型二种。远端变陡型缓坡外带具滑塌和碎屑流沉积<sup>[10]</sup>。但这里的滑塌层岩性与下伏地层一致, 说明是近距离的搬运, 而且斜坡角度也较小。因此引起滑塌的基底地形可能主要是由于不同地点沉积厚度的差异造成的。这种沉积基底略有起伏的碳酸岩缓坡整体上应归属于等斜型。浙川秀子沟—冯家凹组下寒武统冯家凹组碳酸岩丘建隆厚可达 140 余米, 建筑在深水陆棚相沉积上, 上被滩相沉积所覆盖 (图 2), 含广海相三叶虫化石, 形成于深水缓坡。

浙川秀子沟—郧西黄云铺—一线以南中寒武统习家店组中—上部和南界断裂北侧的上寒武统一奥陶统由泥晶灰岩相、结核状灰岩相、碳质页岩相、泥质粉砂岩相和角砾岩相组成。这一相带的外侧为南秦岭早古生代深水裂陷盆地, 内侧为台地边缘和泻

湖、潮坪相区,总体上代表了斜坡相沉积区。

### 3.3 浅滩相组合 (A3)

本组合主要分布在浙川秀子沟一带上寒武统蔡沟组、下奥陶统白龙庙组和中寒武统习家店组下部,以及上集汪家店组顶部(图2),由内碎屑颗粒灰岩(图版I-14)内碎屑泥粒灰岩和生物碎屑泥粒灰岩组成。地层厚度在浙川秀子沟一线可达500余米,在上集一带只有4.5m。异化粒的成分主要为泥晶灰岩、粪球粒灰岩、藻灰岩和生物骨骼,颗粒圆化较好,为中砂—粉砂级,含正常海相化石,代表了能量较高的浅水环境。

### 3.4 泻湖和环潮缘相组合 (A4)

本组合包括块状白云岩相、球粒灰岩相、叠层石灰岩相、凝块石灰岩相和纹层白云岩相等,广泛分布在研究区内下寒武统一上奥陶统。

块状白云岩相:为灰白色厚层状—块状中晶—细晶白云岩(图版I-11),除牙形石外,缺乏其它海相化石,但局部含生物碎屑,形成于潮下泻湖。

球粒灰岩相:球粒为暗色,呈次圆形、椭圆形等,粒径小于1mm,泥晶基质(图版I-13),岩石为中厚层状至薄层状。一般认为球粒灰岩出现在泻湖等受限环境中。

叠层石灰岩相:岩石呈灰色、中厚层状,叠层石为半球状、层状,形成于潮下带到潮间带。凝块白云质灰岩呈深灰色、厚层状,凝块组构一般为毫米级,藻体腐烂后被亮晶方解石充填,呈斑点状(图版I-6)。凝块石可出现在滩后泻湖<sup>[16]</sup>。

纹层状白云岩相:由纹层状细晶白云岩组成(图版I-7),厚度从10余厘米到几米,可见窗格构造、干裂(图版I-8)、乌眼构造等,形成于潮间带环境。

白云质泥岩/泥质白云岩相:为紫红色薄层—纹层状白云质泥岩或泥质白云岩,厚度一般不超过3m,常含石盐假晶,干裂发育,形成于潮上带。

角砾岩相:有2种类型的角砾岩。一种与纹层状白云岩相伴生,可见纹层状白云岩从褶皱到破碎,其成因与底劈作用有关,形成于潮间上部到潮上带<sup>[7]</sup>。另一种类型为巨砾岩,为岩溶垮塌而成,在侧向上迅速变为正常碳酸岩地层。

在剖面上块状白云岩、叠层石灰岩、纹层状白云岩、白云岩角砾岩和紫红色白云质泥岩常构成旋回性沉积(图版I-3),有时底部还可能有滩相颗粒灰岩、泥粒灰岩,代表了向上变浅的沉积序列。说明

了海平面周期性波动。

### 3.5 混合陆棚相组合 (A5)

本组合主要分布在研究区内中—上奥陶统,由泥岩、粒泥灰岩、粉—细砂岩、生物灰岩、生物碎屑颗粒灰岩、泥灰岩、白云岩等岩相组成。中奥陶统杨庄组和上奥陶统刘家坡组岩性为中厚层状粉—细砂岩、泥质白云岩,具水平层理、沙纹层理、波痕、干裂、生物扰动构造,但正常海相化石稀少,反映了滨岸—泻湖相沉积。上奥陶统下部主要岩性为灰绿—深灰色泥岩、泥灰岩,含丰富的腕足、腹足、苔藓、双壳等海相化石。化石保存完整,无磨损,生物潜穴和扰动发育,波痕、交错层理缺乏,显示了水体较深(波基面附近或以下)的富氧陆棚环境。上奥陶统中部(石燕河组)由生物礁灰岩、颗粒灰岩与介壳灰岩(图版I-9)和生物碎屑泥灰岩互层构成。化石被波浪改造明显,生物碎屑十分普遍,许多礁与珊瑚个体倒转磨蚀,对称波痕发育。沉积环境为波基面以上的高能浅水环境。

## 4 沉积序列与台地演化

南秦岭早古生代碳酸岩台地的沉积演化可划分为3个阶段:碳酸岩缓坡沉积阶段、镶边陆棚沉积阶段和混合陆棚沉积阶段。台地演化主要受海平面变化、陆源碎屑物质的供应量、板块构造等因素的控制。

碳酸岩缓坡沉积阶段:下寒武统由一个向上变浅的沉积序列构成(图3)。序列底部为深水陆棚缺氧—贫氧相的硅质岩和碳质页岩,与扬子板块其它地方的同期沉积相同,代表了海平面的一个高位时期。但区内均县—鄖西相带的硅质岩和碳质页岩的厚度较大,达50余米,且碳质含量也较浙川—镇安相带多,水深也较大。序列中部总体代表了一个碳酸岩缓坡沉积,北相带以泥晶灰岩、泥灰岩韵律沉积为主,而南相带以泥质沉积为主,硅质岩和碳质成分减少。上部序裂在北部相带由较深水缓坡相转变为浅水缓坡(内缓坡)滩相和泻湖相沉积,而南相带在秀子沟—黄云铺一带形成一个大致近东西向延伸的碳酸岩丘建隆。这一建隆发育在南秦岭深水盆地北斜坡的转折处,一直生长到中寒武世早期,厚达140余米。随着水体的变浅,建隆上沉积了20余米厚的滩相颗粒灰岩、泥粒灰岩和粒泥灰岩盖层。这时一个较完整的平顶台地已形成。碳酸岩缓坡形成于陆棚淹没期间<sup>[14,15]</sup>或台地建隆的早期阶段<sup>[17]</sup>。

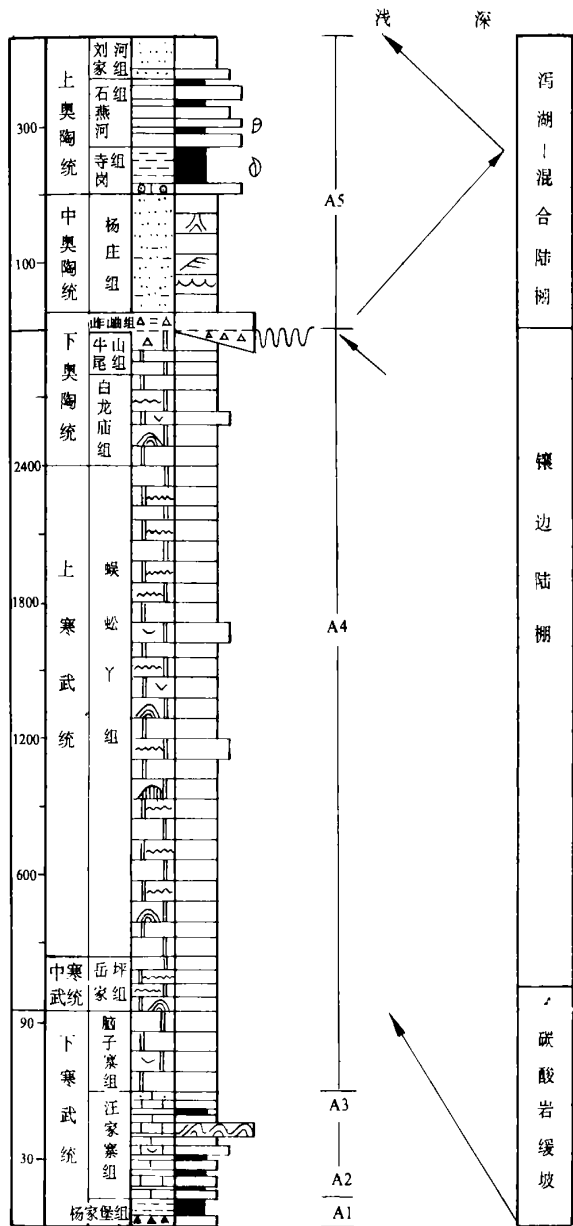


图 3 沉积序列与台地演化图

Fig. 3 Analysis of depositional sequence and evolution of platform

镶边陆棚沉积阶段: 从中寒武世中期开始本区已演变成一个镶边陆棚。在碳酸岩建隆上形成的滩相沉积内侧为泻湖相和潮坪相, 外侧为斜坡相。在不同时期滩相和斜坡相的具体位置由于海平面的变化、构造的影响而略有移动。中寒武世晚期由于受南侧宁陕—白河断裂活动的影响秀子沟一带下沉接受了上部斜坡相的结核状灰岩和角砾岩沉积, 之后台地不断向南扩大。寒武世和早奥陶世台地发展到鼎盛时期, 台地已扩大到宁陕—白河断裂附近, 斜坡也基本沿此分布。台地内部为泻湖相块状白云岩

与潮坪相纹层白云岩的旋回沉积 (图版I -3), 局部底部为滩相沉积。这种旋回性主要受小规模海平面变化的控制, 并在国外同期沉积中也存在<sup>[8,9,16]</sup>。

在早奥陶世晚期本区表现出一次明显的海平面下降, 浙川上集—内乡一带露出水平, 形成了古卡斯斯特地形和巨厚的岩溶角砾岩。随后又发生了火山喷发。在陕西境内镇安古道岭—商南吊床沟一线以北地区上升成陆, 缺失中—上奥陶统。引起这次海平面下降的主要原因是板块的构造抬升, 因为在扬子板块和华北板块都没有这次海平面下降的记录。

混合陆棚沉积阶段: 中—上奥陶统代表了一个完整的海进和海退沉积旋回 (图 3) 浙川上集—内乡一带由于基底火山地形的影响, 旋回下部 (中奥陶统) 由近岸泻湖相沉积构成。寺岗主体为较深水陆棚的泥质沉积, 富含原地型的化石。旋回上部由浅水陆棚和滩后泻湖沉积组成。浅水陆棚沉积以生物灰岩、颗粒灰岩与生物碎屑泥灰岩、介壳灰岩 (图版I -9) 的互层为主, 也显示了海平面的小规模波动。进入早志留世全区被进积的陆源碎屑所覆盖。

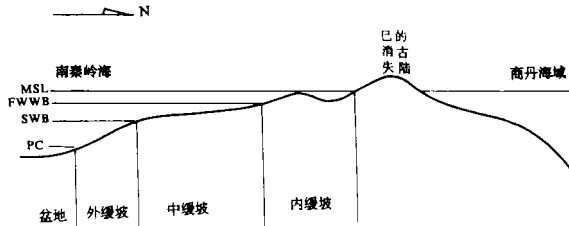


图 4 早古生代南秦岭古地理示意图

Fig. 4 Map showing Early Palaeozoic paleogeography of South Qinling Mt.

### 5 古地理分析

早古生代南秦岭碳酸岩台地的古地理轮廓受南秦岭早古生代深水裂陷盆地的影响总体呈北高南低态势。早寒武世浙川—镇安相带由深水陆棚相演化为缓坡内带的泻湖—潮坪相, 而均县—郧西相带由斜坡—深水陆棚相转变为较深水碳酸岩缓坡相, 中寒武世—早奥陶世几乎全区演变为一个平顶台地, 它的斜坡分布于宁陕—白河断裂附近; 早奥陶世晚期海平面下降以后, 镇安古道岭—商南吊床沟一线以北地区未接受中—晚奥陶世沉积, 而以南有此期沉积; 中—上奥陶统从北向南有粒度变细、沉积厚度增加的趋向。因此台地的迎风面向南, 背风面向北。相带的水平分布从南到北依次是盆地→斜坡→深水缓坡→浅水缓坡→陆地或盆地→斜坡→浅滩→泻湖→潮坪→陆地。可见北侧曾存在一个古陆。此

古陆于早奥陶世晚期一度向南扩大,包括了台地大部分地区。后消失于山阳—凤镇断裂带之下。早古生代南秦岭古地理轮廓可绘制成图 4

张国伟教授在野外和室内研究中给予大力支持,骆正乾工程师清绘了图件,李立宏工程师冲洗了照片,在此一并致谢!

### 参 考 文 献

- [ 1 ] 刘印环,王建平,张海清,杜凤军. 河南的寒武系和奥陶系. 北京: 地质出版社, 1991.
- [ 2 ] 李晋僧,曹宣铎,杨家禄. 秦岭显生宙古海盆沉积和演化史. 北京: 地质出版社, 1994.
- [ 3 ] 李署光, Hart H R, 郑双根. 中国华北、华南陆块碰撞时代的钕—铀同位素年龄证据. 中国科学 B辑, 1989, (3): 312 ~ 319.
- [ 4 ] 杨家禄. 东秦岭寒武纪构造古地理概况. 地球科学—中国地质大学学报, 1988, 13 (5): 473~ 480.
- [ 5 ] 张国伟等. 秦岭造山带的形成与演化. 西安: 西北大学出版社, 1988.
- [ 6 ] 张秋生,朱永正. 东秦岭古生代蛇绿岩套. 长春地质学院学报, 1984, 3 1~ 13
- [ 7 ] Assereto R L A M and Kendall C C. Nature, origin and classification of peritidal tepee structures and related breccias. *Sedimentology*, 1977, 24 153~ 210.
- [ 8 ] Barnaby R J and Read J F. Carbonate ramp to rimmed shelf evolution: Lower to Middle Cambrian continental margin.

- Virginia Appalachians. *Geol Soc Am Bull*, 1990, 102 391 ~ 404.
- [ 9 ] Bove J A and Read J F. Incipiently drowned facies within a cyclic peritidal ramp sequence, Early Ordovician Chepultupec interval, Virginia Appalachians. *Geol Soc Am Bull*, 1987, 98 714~ 727.
- [ 10 ] Burchette T P and Wright V P. Carbonate ramp depositional systems. *Sedimentary Geology*, 1992, 79 3~ 57.
- [ 11 ] Gewthorpe R L. Sedimentation during carbonate ramp-to-slope evolution in a tectonically active area: Bowland Basin (Dinantian), N England. *Sedimentology*, 1986, 33 185~ 206.
- [ 12 ] Leggett J K, McKerrow W S, Cocks L R M and Richards R B. *J Geol Soc London*, 1981, 138 167~ 176.
- [ 13 ] Mullins H T, Neumann A C and Boardman M R. Nodular carbonate sediment on Bahamian slopes: Possible precursors to nodular limestone. *J Sediment Petrol*, 1980, 5 117 ~ 131.
- [ 14 ] Read J F. Geometry, facies and development of Middle Ordovician carbonate buildups, Virginia Appalachians. *Bull Am Assoc Pet Geol*, 1982b, 66 189~ 201.
- [ 15 ] Read J F. Carbonate platform facies models. *Bull Am Assoc Pet Geol*, 1985, 69 1~ 21.
- [ 16 ] Selg M. Origin of peritidal carbonate cycles: Early Cambrian, Sardinia. *Sedimentary Geology*, 1988, 59 115~ 124.
- [ 17 ] Wilson J L. Carbonate facies in geologic history. Springer-Verlag, New York, N Y, 1975.

## Evolution of Early Palaeozoic Carbonate Platform, South Qinling Mt.

*Cui Zhilin<sup>1</sup> Mei Zhichao<sup>1</sup> Meng Qingren<sup>2</sup> and Qu Hongjun<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> (Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069)

<sup>2</sup> (Institute of Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100083)

### Abstract

Early Palaeozoic carbonate platform of South Qinling Mt. was developed on the north passive margin of the Yangtze plate. Cambrian and Ordovician carbonate stratigraphy, more than 2000 metres in thickness, is outcropped between Shanyang—Fengzhen Fault and Ningshan—Baihe Fault (Fig. 1). Five facies associations are recognized, including anoxic/dysaerobic facies association (A1), deeper ramp/slope facies association (A2), Shoal facies association (A3), lagoon and tidal-flat facies association (A4) and mixed shelf facies association (Fig. 2). Evolution of the carbonate platform is divided into three phases (Fig. 3). Middle Cambrian—Early Ordovician rimmed shelf phase is characterised by occurrence of a south edge buildup of shoal facies association up to 500 metres in thickness and a south slope of nodular limestone, micritic limestone, clay shale and breccias. Inner platform deposits are composed of cyclic lagoonal massive dolostone and laminated dolostone, recording small-scale sea-level changes. Evident fall in sea level resulted from tectonic uplift led to existence of late Early Ordovician palaeokarst and karst conglomerates, which are capped by Middle—Late Ordovician mixed shelf facies association of the third phase containing a transgressive and regressive cycle.

Horizontal distribution of facies zones proves lee side of platform northward and wind side south-

ward. It also implies that there was a possible ancient land on north side of platform( Fig. 4), but it was probably submerged under Shanyang—Fengzhen Fault afterwards.

**Key words** carbonate platform paleogeography early paleozoic Qinling mountains

图版说明 图版I -1 中厚层状泥晶灰岩与泥灰岩不等厚互层 (∈<sub>1s</sub>) 图版I -2 基质支撑角砾岩 (∈<sub>1s</sub>) 图版I -3 块状白云岩与纹层状白云岩旋回沉积 (O<sub>1b</sub>) 图版I -4 小型滑塌褶皱 (∈<sub>1s</sub>) 图版I -5 较大规模滑塌褶皱 (∈<sub>1s</sub>) 图版I -6 凝块石 (∈<sub>1y</sub>) 图版I -7 纹层状白云岩 (∈<sub>2y</sub>) 图版I -8 干裂 (∈<sub>2y</sub>) 图版I -9 介壳泥灰岩 (O<sub>3sh</sub>) 图版I -10 泥晶灰岩, 含海绵骨针 (?) (∈<sub>1s</sub>), × 50 图版I -11 细晶白云岩 (∈<sub>1n</sub>), × 50 图版I -12 生物碎屑泥晶灰岩 (∈<sub>2x</sub>), × 50 图版I -13 球粒灰岩 (O<sub>1b</sub>), × 50 图版I -14 颗粒灰岩 (O<sub>1b</sub>), × 50