

华东地区二叠纪层序地层分析

陆彦邦 王 栋 喻 根

(安徽省地质科学研究所)

华东地区二叠纪地层甚为发育,分布广泛,生物化石丰富,研究程度较高,不仅生物地层研究颇详,同时近几年来在沉积学及岩相古地理方面也做过较多工作,这些均为层序地层研究和划分创造了有利条件。前几年,我们在安徽、江苏、福建、江西、浙江等地实测和详细观察了23条剖面(图1),在详细研究地层、沉积学、沉积相的基础上,试图对研究区二叠纪层序地层作一探讨。

一、二叠纪层序地层划分

本区二叠纪沉积盆地介于华夏古陆与鲁东古陆之间,为一克拉通盆地,比较稳定。盆地内发育北东向拗陷与隆起以及同沉积断裂。栖霞期和吴家坪期甚为稳定,岩性岩相单一,厚度变化不大。在茅口期和长兴期,盆地发生分异,拗陷与同沉积断裂活动相对较强,岩性岩相复杂,沉积厚度差异较大。

区内二叠系地层名称各地不一(表1)。整个二叠系可划分A、B、C3个层序, A、B层序分别相当下统栖霞组(P_{1q})、茅口组(P_{1m}), C层序相当龙潭组(P_{2c})和长兴组(P_{2c})。分别叙述如下:

(一) A 沉积层序

1. 层序界线与低位体系域

早二叠世早期沉积不仅在区内极为发育,在中国南方其它地区均有广泛分布。在下扬子地区,栖霞组底部常发育一套滨岸平原相含煤沉积,即梁山煤系,由

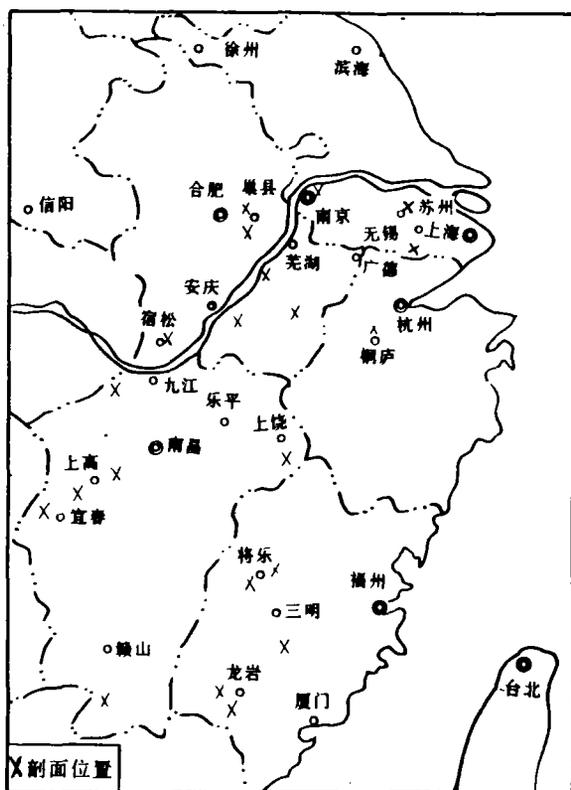


图1 华东地区二叠系岩相剖面分布
Fig. 1 Distribution of the Permian lithofacies sections in eastern China

表 1 华东地区二叠系划分对比

Table 1 Division and correlation of the Permian strata in eastern China

地 层 划 分 统 阶	地 区	安 徽		江 苏		浙 桐 江 庐	江 西			福 建 龙 岩	
		巢 县	宿 松	南 京	吴 县		乐 平	上 高	上 饶		
上覆地层		殷坑组	殷坑组	下青龙组	下青龙组		大冶群	大冶群	大冶群	溪口组	
	长兴阶 (P ₃)	大隆组	大隆组	大隆组	长兴组		长兴组	长兴组	长兴组	大隆组	
上 统 (P ₂)	吴家坪阶 (P ₁)	龙潭组	吴家坪组	龙潭组	龙潭组	礼贤组	王潘黑段	乐平组	上段	雾林山组	翠屏山组
							狮子山段				
							老山段				
							官山段				
下 统 (P ₁)	茅口阶 (P ₁)	银屏组	武六组	堰桥组	堰桥组	丁家山组	狮子形组	狮子形组	安洲组	童子岩组	
		孤峰组	孤峰组	孤峰组	孤峰组		小江边组	小江边组	小江边组	文笔山组	
	栖霞阶 (P ₁)	栖霞组	栖霞组	栖霞组	栖霞组		栖霞组	栖霞组	栖霞组	栖霞组	栖霞组
下伏地层		船山组	船山组	船山组	船山组	船山组	船山组	船山组	船山组	船山组	

灰黑色泥岩、碳质泥岩、粉砂岩夹透镜状煤层组成,有时夹灰岩透镜体,局部地区底部见砾岩和铁锰结核,厚度较薄,仅数米,个别可达 35m。煤系覆于上石炭统船山组或黄龙组之上;在中上扬子区,其下伏地层为志留系—石炭系不同层位地层;在江西乐平,栖霞组底部见有 4m 厚的砂岩。这些情况清楚地表明栖霞组与下伏地层之间有一沉积间断,为一层序界面(图 2)。石炭纪末,海平面快速下降,造成碳酸盐台地暴露地表,遭受剥蚀,地表起伏不平,发育了喀斯特溶洞(图 3)。江西瑞昌,煤系直接盖在黄龙组灰岩形成的喀斯特地形之上,煤系地层厚度变化极大。另外,在西南黔桂地区深水碳酸盐岩中发育重力流沉积,反映斜坡侵蚀强烈。因此,这一沉积间断十分显著,陆上暴露时间较长,可视为 I 类层序界面。发育于层序界面之上的梁山组含煤岩系是在低水位期形成的,可解释为低水位体系域沉积。

2. 海侵体系域和凝缩层

栖霞组下部的梁山煤系之上普遍见有灰黑色含生物碎屑微晶灰岩,生物碎屑含量不一,含生物化石丰富,有腕足类、蠕类、非蠕有孔虫、珊瑚、瓣鳃类、腹足类和藻类等,厚 40—100m,这一富含广海生物的生物屑微晶灰岩是海平面较快上升时的沉积,代表海侵沉积,其下界面可视为海侵面。

凝缩层由薄层硅质岩或碳质泥岩、灰黑色泥岩夹硅质岩组成。各地沉积不一,在下扬子地区,常见薄层硅质岩、硅质泥岩夹钙质泥岩,厚 2—12m。江西武宁发育灰黑色含碳质页岩,富含化石,以腕足类为主。福建将乐一带,在生物屑微晶灰岩之上见有 8m 灰黑色页岩,含瓣鳃类化石丰富。不论是碳质页岩、灰黑色页岩还是硅质岩,厚度都不大,且含化石丰富,代表饥饿沉积,是海平面快速上升时期的产物,容纳空间增大,物源减少,造成低速率沉积。海侵面与凝缩层之间的生物屑微晶灰岩夹微晶灰岩沉积体系为海侵体系域(图 2)。

3. 高位体系域

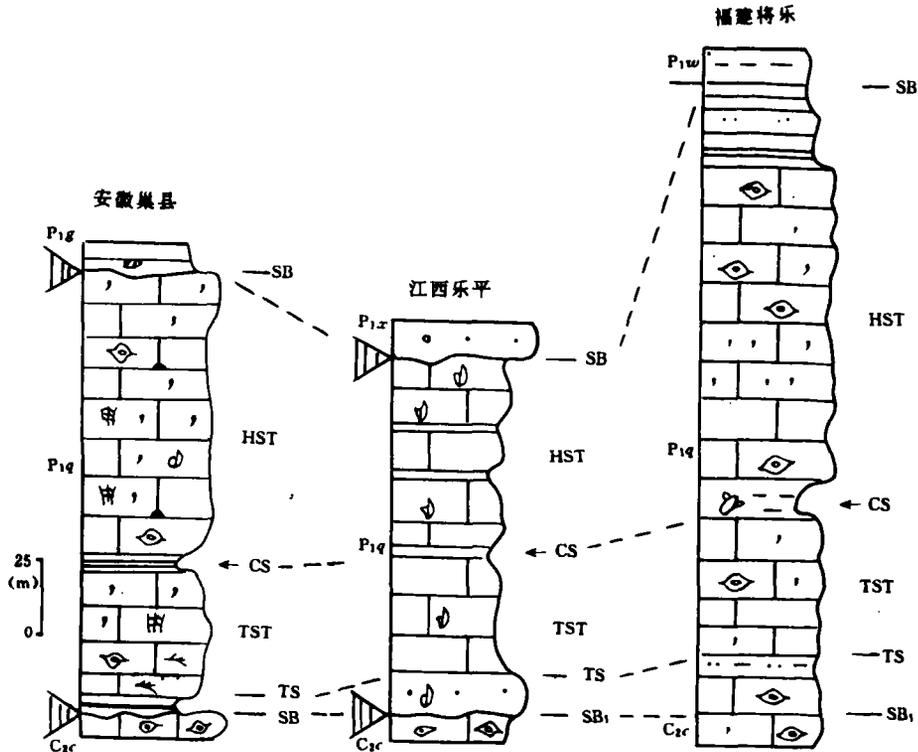


图2 华东地区二叠系A层序体系域对比

Fig. 2 Correlation of the systems tracts in Sequence A of the Permian strata in eastern China

SB-层序界线;TS-海侵面;LST-低位体系域;SMT-陆棚边缘体系域;TST-海侵体系域;CS-凝缩层;HST-高位体系域

区内栖霞组中上部为开阔台地相深灰色含燧石结核生物屑微晶灰岩、粒屑灰岩及微晶灰岩,呈互层出现,分布广泛,岩性变化不大,厚层,含生物碎屑多,分布不均,常密集成团,含广海生物丰富,以蠕类、珊瑚为主,其它有腕足类、苔藓虫、瓣鳃类及棘皮动物等,厚度较大,一般大于100m;顶部为白云质微晶灰岩、砂屑微晶灰岩以及泥质透镜状微晶灰岩,生物化石有蠕类、珊瑚、苔藓虫和腕足类等,厚10—20m左右。在福建龙岩的生物屑微晶灰岩中普遍夹有粉砂岩及粉砂质泥岩。

栖霞组中上部这一稳定的、厚度较大且呈韵律结构的生屑微晶灰岩及微晶灰岩,显示了加积型沉积的特点,为早期高位体系域。顶部白云质灰岩、砂屑微晶灰岩以及生屑微晶灰岩夹粉砂岩,系进积沉积。海平面缓慢下降,局部地区发生白云岩化,在离华夏古陆较近的闽西南地区,陆源碎屑物的增多,在碳酸盐岩中出现众多粉砂岩夹层,代表海平面下降早期的沉积,为晚期高位体系域。

(二)B 沉积层序

1. 层序界线

B层序相当于茅口阶。早二叠世晚期,沉积

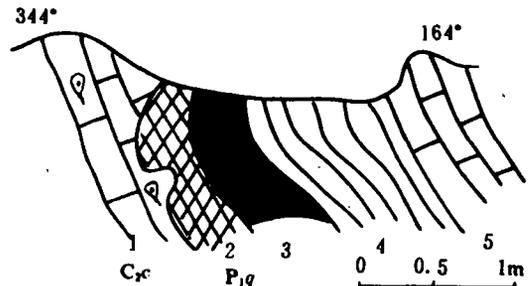


图3 安徽贵池麒麟山船山组灰岩侵蚀面起伏不平素描图(据安徽区调队,1989)

Fig. 3 Sketch of the erosional surface of the Chuanshan Formation in Guichi, Anhui.

1-核形石微晶灰岩;2-含锰粘土岩;3-煤层;4-页岩;5-沥青质微晶灰岩

盆地发生分异,沉积类型多样,岩性岩相复杂,在下扬子区安徽巢县孤峰组底部泥岩中常含砾及铁质结核或铁锰质泥岩;江西乐平小江边组与栖霞组之间有 8.8m 厚的含砾砂岩,反映栖霞组与孤峰组之间有一沉积间断,栖霞晚期台地有一短暂暴露。但海平面下降不强烈,沉积间断时间不长,未有河流回春作用发生下切侵蚀,为 I 类层序界面(图 4)。

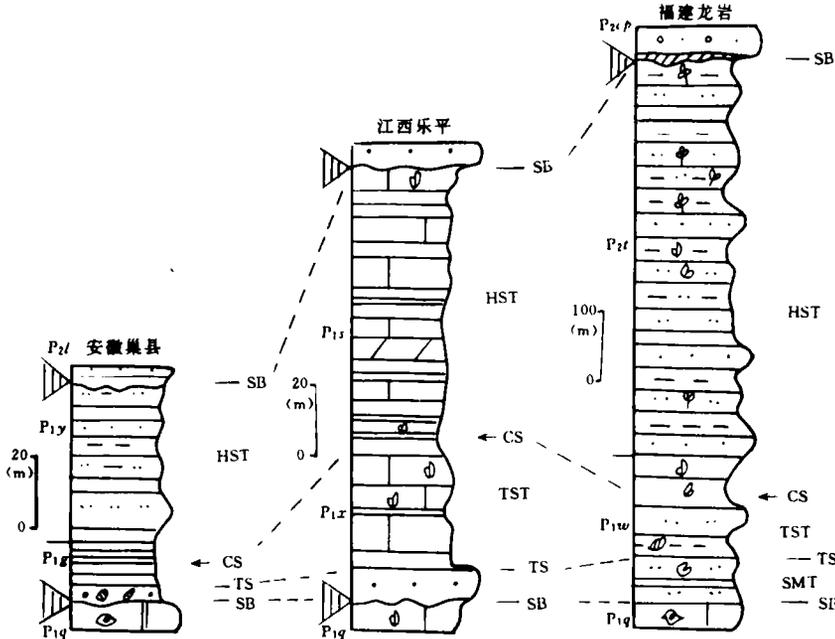


图 4 华东地区二叠系 B 层序体系域对比(图例同图 2)

Fig. 4 Correlation of the systems tracts in Sequence B of the Permian strata in eastern China

2. 陆棚边缘体系域

在闽西南地区,栖霞组含燧石结核生屑微晶灰岩之上广泛发育文笔山组细碎屑岩沉积,下部为深灰色、灰绿色泥岩、泥质粉砂岩和粉砂质泥岩,常呈韵律层,含海相动物化石丰富,有菊石、腕足类、瓣鳃类、苔藓虫和海百合茎等,厚 50—70m,这由原台地相碳酸盐岩转变为浅海陆棚相碎屑岩,岩相发生显著变化。表明海平面下降加快,华夏古陆上升,以致有大量陆源碎屑物质供给,终止了碳酸盐生长,堆积了泥质粉砂岩和泥岩。这一沉积组合是在低水位期间形成的,可视为陆棚边缘体系域。在下扬子地区,陆棚边缘体系域沉积为深灰色含铁质结核泥岩及含砾泥岩,厚仅 2m 左右。

3. 海侵体系域及凝缩层

福建文笔山组中上部的泥岩、泥质粉砂岩中常含磷结核,在将乐一带可见 7 层。多层含磷结核泥岩是屡次海泛事件之产物,泥岩中含广海生物化石,代表海平面上升较快时期的沉积。这一厚约百米含磷结核的细碎屑为海侵体系域,其下界为海侵面。

在远离陆源区的赣中一带,海侵体系域沉积为灰黑色泥岩、泥灰岩夹薄层微晶灰岩及透镜状微晶灰岩,富含有机质,产腕足类化石丰富,以长身贝类为主,厚 35—72m。

下扬子地区孤峰组底部之含砾泥岩及含铁质结核泥岩之上,发育含磷泥岩、含磷结核泥岩,含化石丰富,有菊石、腕足类。在皖南贵池、泾县一带,见有含锰页岩,反映海平面上升较快,其底界为海侵面。

海侵体系域主要为含磷泥岩、含磷结核泥岩、含锰页岩及少量粉砂岩沉积,含菊石、腕足

类化石丰富,厚5—15m。

凝缩层 孤峰组上部全由薄层硅质岩夹硅质泥岩组成,有时夹黑色页岩,有机质较多,富含放射虫及菊石化石,一般厚不足10m。此系海平面上升速率最大时期,容纳空间加大,物质来源少而形成的饥饿沉积。在赣中小江边组上部,黑色碳质泥岩发育,厚度不大,含菊石及腕足类化石甚富,也具凝缩层特征。

4. 高位体系域

高位体系域沉积在赣中地区为含生物屑微晶灰岩、粒屑微晶灰岩及微晶灰岩,有时夹薄层硅质岩,局部白云岩化,含腕足类、蠕类、非蠕有孔虫及珊瑚等化石,厚度较大,在200—400m左右,加积作用显著。在福建西南部、江西上饶、江苏苏州、无锡等地,发育三角洲相沉积,岩性主要为泥岩、细砂岩夹煤层及碳质泥岩,有时夹薄层砂质灰岩,含植物化石及腕足类、瓣鳃类、菊石、蠕类等海相动物化石,代表前三角洲陆棚沉积、三角洲前缘河口砂坝沉积和三角洲平原上的河流、湖泊、沼泽、海湾沉积,海陆相交替,韵律清楚,沉积厚度甚大,闽西南地区厚达500—1000m,是在海平面下降早期形成的。

(三)C 沉积层序

1. 层序界线

茅口末期,受东吴运动影响,海平面快速下降,发生大规模海退,广大地区暴露地表,河流发育,下切侵蚀作用强烈,使B层序高水位体系域顶部河流湖泊相沉积遭受剥蚀。侵蚀面起伏不平,广泛发育薄层铁锰质风化壳(图5),见于福建龙岩、永定、安徽泾县、宣城等地。龙潭组和乐平组底部常有石英砾岩、含砾长石石英砂岩,且厚度较大,在福建、江西安徽均有分布,这一侵蚀面反映沉积间断时间较长,海平面下降速度大,下降幅度亦大,有河流回春作用,为I类层序价面(图6)。

2. 低位体系域

在安徽沿江地区,银屏组侵蚀面上发育龙潭组煤系,由砂岩、粉砂岩及粉砂质泥岩组成,夹薄煤层和碳质泥岩,常形成韵律结构,含植物化石丰富,局部夹海相泥岩,含腕足类化石,厚20—50m,系三角洲沉积。在安徽西部宿松仅见3.8m潮坪相灰黑色粉砂质泥岩,碳质泥岩夹煤线。在江西萍乐拗陷,与此相当的煤系为乐平组官山段和老山段下部,厚度较大,50—160m,官山段下部常见厚层含砾粗砂岩,厚达20—50m,可能系深切谷充填沉积。在福建西南部,则以中细砂岩与粉砂岩互层沉积为主,这一介于海侵面与层序界线之间的含煤岩系是在低水位时期沉积的,为低水位体系域。

3. 海侵体系域与凝缩层

低位体系域之上即龙潭组或乐平组含煤岩系上部存在一个十分明显的海泛面。安徽、江

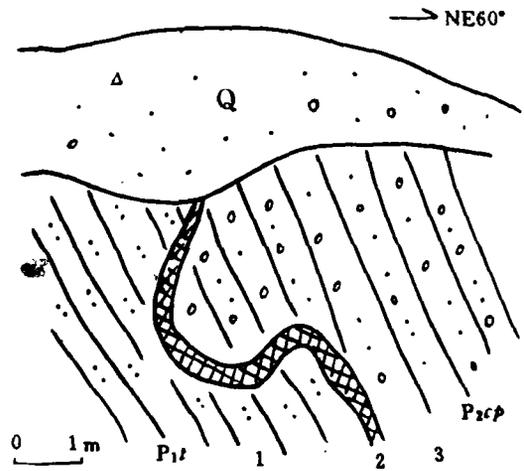


图5 福建龙岩东山翠屏山组底部之铁锰质风化壳素描图(据福建区调队,1980)

Fig. 5 Sketch of the Fe-Mn residuum in the lower part of the Cuiplingshan Formation in Dongshan, Longyan, Fujian

1-粉砂岩;2-铁锰质风化壳;3-含砾砂岩

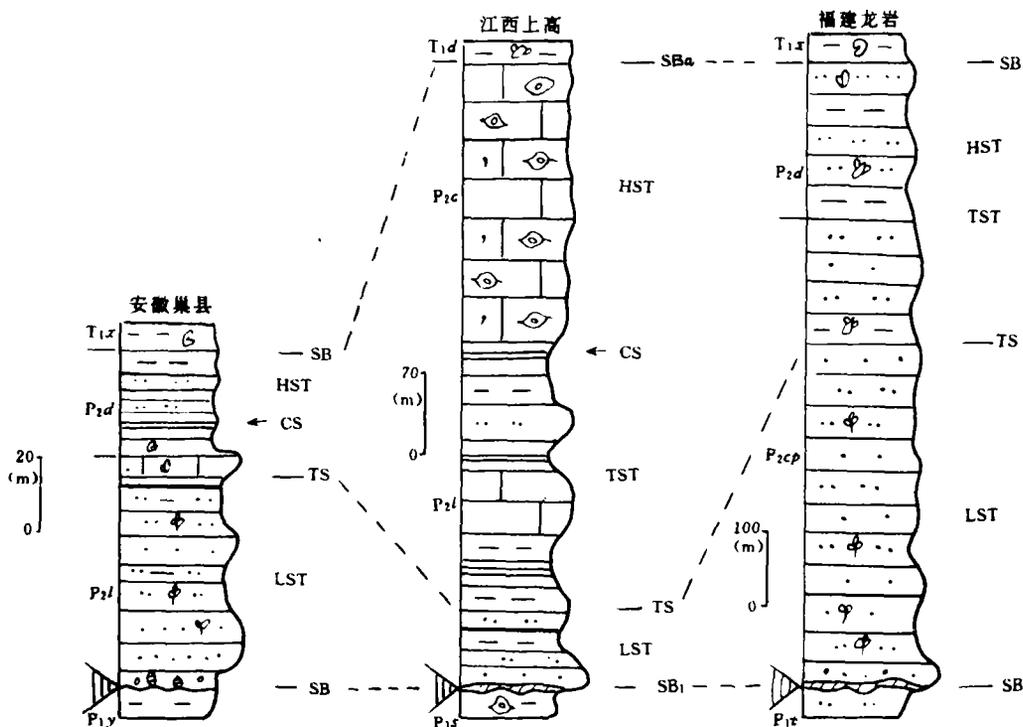


图 6 华东地区二叠系 C 层序体系域对比(图例同图 2)

Fig. 6 Correlation of the systems tracts in Sequence C of the Permian strata in eastern China

苏、长江沿岸地区,煤系之上普遍发育一层深灰色含燧石结核生物屑微晶灰岩,含广海生物化石,主要有腕足类、珊瑚、蠕类、菊石和三叶虫等,有时直接为 C 煤层顶板,厚 1—12m。在江西乐平—萍乡一带,煤系之上有泥岩、硅质泥岩、粉砂岩及燧石结核微晶灰岩沉积,富含菊石、腕足类等化石,因此这一海相层的底界为海侵面。

海侵体系域在江苏、安徽厚度不大,由深灰色含生物屑微晶灰岩及少量灰黑色泥岩、泥质粉砂岩组成,化石丰富。江西中部主要为灰黑色泥岩、粉砂岩夹硅质岩和燧石结核灰岩,厚度甚大,在 200m 左右,含菊石和腕足类化石十分丰富。

凝缩层下扬子地区,大隆组硅质岩分布较广,系灰黑色薄层硅质岩、硅质泥岩和含碳质泥岩,含放射虫和菊石化石丰富,富含有机质,厚度甚小,一般为 3—15m,很明显这一饥饿沉积是在海平面上升速度最大时形成的。

4. 高位体系域

在碳酸盐台地上,高位体系域发育加积型准层序组沉积,岩性为灰白色、浅灰色含生物碎屑微晶灰岩、颗粒灰岩和微晶灰岩,含腕足类、海百合茎、瓣鳃类及蠕类等化石,上部白云化,厚度 140—280m。在台地边缘高能带,局部地区发育生物礁,礁灰岩呈灰白色,块状,造礁生物以海绵为主,次为 *Tabulozoa*,附礁生物主要为瓣鳃类、腕足类、有孔虫、介形虫、腹足类和棘皮动物等,其中以海百合茎最为丰富。礁灰岩之上发育含生屑灰质白云岩和白云岩化砂屑泥晶灰岩,白云岩化强烈,可能暴露出水平,其上界为 I 类型层序界面。

福建西南部,邻近华夏古陆,出现浅海硅质碎屑沉积,主要为灰色粉砂岩、粉砂质泥岩夹细砂岩,含腕足类、瓣鳃类、苔藓虫和海百合茎等广海生物。由于凝缩层不明显,因此高位体系域与海侵体系域沉积不易区别,总厚 100—210m(图 6)。

二、二叠纪沉积层序特征

综上所述,本区二叠纪沉积层序有以下主要特征。

1. A、C 沉积层序为 I 类型层序,底界为 I 类型层序界面,具有显著的沉积间断,陆上暴露标志清楚,上石炭统碳酸盐岩广泛被侵蚀,喀斯特地形发育,地表高低起伏。尤其是 C 层序底界,茅口末期大规模海退、海平面下降甚速、地表暴露、河流回春、切割侵蚀强烈,普遍存在风化壳及粗碎屑沉积,形成我国南方极为普遍的不整合界面。B 层序为 I 类型沉积层序,下界为 I 类型层序界面,暴露不广,无河流回春作用,一些地区界面上见铁锰质结核或发育粗粒砂岩,暴露短暂。

2. 低位体系域沉积主要为含煤岩系,均为滨岸平原和下三角洲平原沉积,如由泥岩、粉砂岩夹富灰、富硫透镜状煤层组成的梁山组煤系形成 A 层序的低位体系域。乐平组及龙潭组含煤岩系为 C 层序的低水位期沉积。此外,尚有潮坪相泥岩、泥灰岩及粉砂质泥岩,一般厚度不大,数米至数十米。

3. 海侵面在沉积层序中很清晰,从三角洲相碎屑岩至浅海陆棚相泥岩和灰岩(C 层序),从较局限的潮坪环境至畅通的碳酸盐台地(A 层序)都呈现明显的海平面上升,发生第一次海泛,在剖面上易于识别。海侵体系域在碳酸盐缓坡上,深灰色含生屑微晶灰岩发育,厚度较大;硅质碎屑浅海主要为粉砂质泥岩、粉砂岩夹含磷结核泥岩,富含广海生物化石,厚 50—100m。

凝缩层由薄层放射虫硅质岩、硅质泥岩及含碳质泥岩组成,富含有机质、菊石、腕足类化石丰富,厚度甚小,一般 3—15m。在下扬子区,B、C 层序中,这一海平面快速上升期的低速率沉积极清楚。

4. 高位体系域在碳酸盐台地的沉积厚度一般较大,早期以加积型沉积为主,晚期进积型沉积厚度较薄,基本上为沉积补偿型沉积体系,沉积物大多为浅灰色粒屑微晶灰岩和含生屑微晶灰岩,厚 140—400m;盆地沉积厚度薄,以灰黑色泥岩、粉砂质泥岩为主,时夹硅质泥岩;邻近古陆的浅海陆棚及滨岸平原,碎屑岩沉积厚度较大,三角洲相含煤岩系极为发育。由于大量陆源碎屑的注入,岸线不断向海推进,广阔的滨海平原沿岸地带沉积了厚度很大的含煤碎屑岩,厚达 500m 以上。这一海陆交互相沉积韵律结构清楚,说明海平面缓慢下降,岸线往返摆动,以致形成众多煤层,煤系厚度极大。

5. 同沉积断裂活动与区域性海平面变化有着密切关系。茅口期沉积盆地发生显著分异,同沉积断裂活动较强,尤其是闽西南地区,同沉积断裂的强裂活动,产生强烈拗陷与沉降,沉降速率大于海平面下降速率,造成海平面相对上升,这样容纳空间加大,由于沉积物补给充足,从而产生厚度极大的沉积体,这是容纳空间与陆源碎屑补给相互作用的结果,容纳空间又有赖于海平面升降和基底沉降速率的变化。因此,同沉积断裂的活动与区域性海平面变化有着十分密切的关系,同时也是产生厚度很大的高位体系域沉积的重要控制因素。

三、结论

1. 华东地区二叠系大体可划分 3 个沉积层序,A、C 为 I 类层序,B 为 II 类层序。根据国

际地科联 1989 年颁布的世界地层表,二叠系阿丁斯克阶历时 5Ma,孔古尔阶 10Ma,晚二叠世为 10Ma,二叠系 A、B、C3 个层序大体与其相当,因此 A 层序大约为 5Ma,B 层序及 C 层序大约为 10Ma。

2: 早二叠世早期海平面上升(A 层序),形成大规模海侵,这是中国南方晚古生代最大海侵,可能是全球性的。早二叠世末期海平面下降,造成海退,广大地区暴露地表,河流回春,形成广泛的 I 类不整合界面(C 层序),这也可能与全球性海平面升降有关。

3. 含煤岩系形成于海平面缓慢下降时期和缓慢上升期,是高水位体系域和低水位体系域的重要组成部分,有时在高位体系域中产生很厚的沉积体,特别是叠加同沉积断裂活动,往往造成厚度极大的含煤沉积,如茅口期的童子岩煤系。

主要参考文献

- 李文汉,1989,层序地层学基础及关键定义,岩相古地理,第 6 期。
- 许效松,1991,扬子板块晚元古代至早古生代沉积层序和海平面变化,成都地质矿产研究所刊,第 13 号。
- 徐强、刘宝珊、许效松,1991,东秦岭山柞甸泥盆纪沉积盆地沉积层序和演化,成都地质矿产研究所刊,第 13 号。
- 牟传龙、吴应林,1991,中国南方三叠纪层序地层及海平面变化,岩相古地理,第 2 期。
- Aurell, M., 1991. Identification of systems tracts in low-angle carbonate maps; examples from the Upper Jurassic of the Iberian Chain (Spain). *Sediment. Geol.*, 73: 101—105.
- Legarreta, L., 1991. Evolution of a Callovian—Oxfordian carbonate margin in the Neuquen Basin of west-central Argentina; facies, architecture, depositional sequences and global sea-level changes. *Sediment. Geol.*, 70: 209—240.
- Van Steenvinkel, M., 1990. Sequence stratigraphy from "spot" outcrops—example from a carbonate-dominated setting; Devonian—Carboniferous transition, Dinant synclorium (Belgium). *Sediment. Geol.*, 69: 259—280.

THE PERMIAN SEQUENCE STRATIGRAPHY IN EASTERN CHINA

Lu Yanbang Wang Dong Yu Geng
(Anhui Institute of Geological Sciences)

Abstract

The Permian strata are well developed, widespread and contain abundant fossils in eastern China. They can be divided into A, B and C sequences. Sequences A and B correspond to the Early Permian Qixia and Maokou Formations, respectively, while Sequence C to the Late Permian Wujiaping and Changxing Formations. Sequences A and C represent type I sequence, the lower boundary of which is referred to as type I unconformity. Sequence B represents type II sequence, the lower boundary of which is referred to as type II unconformity. The depositional duration of Sequence A is about 5 Ma, while Sequences B and C about 10 Ma.

The lowstand systems tract consists mainly of the coal-bearing series which are assigned to the coastal plain and lower deltaic plain deposits. The condensed sections are composed of radiolarian siliceous rocks, siliceous mudstones and carbon-bearing mudstones, 3 to 15 meters thick, which contain ammonites and brachiopods and represent the starved sediments deposited during maximum rates of sea-level rises. On the carbonate platform, the highstand systems tract is dominated by the aggradational deposits which are composed of light grey grainstones and bioclastic micritic limestones, whereas on the coastal plain, occur the progradational deposits which belong to the deltaic coal-bearing series with great thickness. Syndepositional fault activities are closely related with regional sea-level changes, and thus interpreted as the important controlling factors on the coal-bearing series which constitute the highstand systems tract with great thickness.