

层序—岩相古地理图及其编制

田景春^{1,2}, 陈洪德^{1,2}, 覃建雄¹, 侯中健¹, 侯明才¹, 彭 军¹

(1. 成都理工大学 油气藏地质与开发工程国家重点实验室, 四川 成都 610059; 2. 成都理工大学 沉积地质研究所, 四川 成都 610059)

[摘要] 在中国岩相古地理研究历史简要回顾基础上, 以层序地层学理论为指导, 就如何编制层序—岩相古地理图进行了讨论, 首先是编图单元的选择, 一是以层序内的体系域为成图单元, 二是以相关界面为成图单元。具体方法是在对所研究的层位进行精细的层序地层分析的基础上, 进行层序对比, 建立等时地层格架。在上述基础上系统编制不同层序内的各体系域或有关界面沉积时的古地理图。以此方法所编制的层序—岩相古地理图具有重要的理论和现实意义, 主要表现为更具有等时性、成因连续性和实用性, 能更好地反映一个地区在统一地质作用场中的各种地质信息和综合效应; 可以揭示出一些新的地质现象, 对于覆盖区相带展布及变化更具合理的预测性。进而以中国南方二叠纪为例, 在层序划分、对比的基础上, 系统编制了一个完整的海平面变化旋回条件下的层序—岩相古地理图, 并描述了其平面展布特点。

[关键词] 层序; 层序岩相古地理图; 编制; 意义

[中图分类号] P531 [文献标识码] A [文章编号] 1672-6561(2004)01-0006-07

[作者简介] 田景春(1963—), 男, 河南镇平人, 教授, 博士生导师, 现从事沉积学、岩相古地理学、层序地层学和储层沉积学的研究和教学工作。

1 层序—岩相古地理图的概念

岩相古地理研究是重建地质历史中海陆分布、构造背景、盆地配置和沉积演化的重要途径和手段, 其宗旨是通过重塑盆地在全球古地理中的具体位置, 恢复沉积地壳演化及其与成矿过程的关系, 从而指导评价油气资源、了解油气分布规律和预测油气远景目标。综观中国岩相古地理研究, 可以看出不同时代不同学者采用的观点、方法不同。笔者就中国岩相古地理研究的历史及特点进行回顾。

中国岩相古地理研究始于20世纪40年代, 代表性的研究成果是黄汲清在1945年出版的、有划时代意义的经典性著作《中国主要地质构造单元》^[1]一书。20世纪50年代中期, 刘鸿允(1955)以古生物地层学方法编制的《中国古地理图集》^[2], 是我国第一本系统论述我国各地质时代沉积地层的古地理轮廓专著。20世纪50年代末期, 中国科学

院地质研究所(1959)用大地构造学的观点, 系统地论述了中国东部地区震旦纪至白垩纪的沉积发育概况^[3]。20世纪60年代中期, 卢衍豪等(1965)以古生物学的观点和资料出发, 并适当配以简单的岩性, 作出了以“组”为单位的中国寒武纪岩相古地理图8幅^[4]。到了20世纪70年代中期, 李耀西等(1975)在全面系统总结了大巴山西段早古生代的地层古生物资料的基础上, 编制了一套(共11幅)以期或世为单位的岩相古地理图^[5]。

自20世纪70年代后期至今, 以冯增昭先生为代表采用单因素综合分析作图法先后编制了华北下奥陶统冶里组岩相古地理图、下扬子地区中下三叠世青龙群岩相古地理图及中国南方早中三叠世岩相古地理图^[6,7], 这一方法的核心是量化。到20世纪80年代早期, 关士聪等(1984)以大地构造学和岩相学的方法编制出了我国晚元古代到三叠纪的海陆分布及沉积相图, 编图单元为“统”^[8]。20世纪80年代中期, 王鸿祯等(1985)以构造活动论和发展阶段论编制了《中国古地理图集》^[9]。20世纪90年代初, 刘宝珺等(1993)以板块构造理论和盆地分析原理为指导编制的《中国南方震旦纪—三

叠纪岩相古地理图集》,更接近恢复大陆边缘性质的第三代岩相古地理图^[10]。

综上所述,我国古地理学研究历史悠久,虽然不同时期不同学者以不同的理论、观点和方法,以不同的目的和侧重点,以不同的资料依据,对不同地区不同地质时期的古地理进行了研究,推动了我国古地理研究的发展,但上述诸方法仍存在共同的不足^[11]:一是怎样编制反映活动论的岩相古地理图;二是在二维平面图上怎样反映特定时间间隔内某地区的四维沉积发育史。前者涉及如何恢复古海洋、古大陆的位置及其变化历程,后者除涉及成图单元的划分、对比外,尚存若干工作方法上的问题,其焦点是怎样选择等时地质体或等时面来编制真正等时的岩相古地理图,即层序—岩相古地理图。所谓层序—岩相古地理图就是以层序地层学理论为指导,以体系域或相关界面为编图单元,所编制的具等时性、成因连续性和实用性的岩相古地理图。

2 层序—岩相古地理图的编制方法

全球沉积对比计划(GSGP)和联合古陆计划(Pangea Project)的实施以及层序地层学理论的实践和应用,为重建全球古地理、追踪全球沉积记录、编制高精度层序—古地理图提供了理论前提。层序及体系域不仅是年代地层段和等时地质体,且其顶底是可确定的物理界面。显然,层序—岩相古地理图更接近盆地沉积演化的真实性,以动态的变化反映盆地的充填史。

不同的岩相古地理研究方法,其编图单元不同,所编出的岩相古地理图反映的内容及其真实性各异,以层序地层学理论为指导编制的层序—岩相古地理图,同样涉及编图单元的选择问题^[11~13]。沉积层序作为岩相古地理学研究的基本地层单元^[12],选择编图单元的方法一是以体系域为成图单元,采用体系域压缩法编制层序古地理图;二是以相关界面如层序界面、最大海泛面或体系域顶或底界作为编图单元进行编图,即瞬时编图法。其中方法一的等时性相对差,但所编制的层序地理图是一个反映具体地质体的相对等时的岩相古地理图,这在油气勘探、目标评选和远景预测中具有重要意义;方法二的等时性强,但仅提示了地史中瞬时的古地理格局,缺乏相对具体的地质体,因而其勘探

意义相对较小。具体方法是:①对研究区不同相带内众多剖面进行层序地层学分析,即进行层序划分;②在上述基础上进行层序对比,建立等时层序地层格架;③根据研究目的,选择要进行古地理分析的有关层序,即选择成图单元;④将与该层序相关的所有剖面的资料投点到工作底图上;⑤分体系域编制古地理图。

3 层序—岩相古地理图编制的应用

中国二叠系广泛发育,出露良好,是开展层序地层学研究的良好地区^[14~17],笔者对研究区内220条不同相带剖面进行了详细的层序地层学研究^[18],划分出13个三级层序(表1),其中下二叠统(紫松阶、隆林阶)为2个(其中紫松阶的一个三级层序归入下伏石炭系),中二叠纪(栖霞阶、茅口阶)为6个,上二叠统(吴家坪阶,长兴阶)5个(限于篇幅,关于各层序内部构成特征将另文发表,在此不赘述)。在上述基础上系统编制了不同层序不同体系域沉积时的岩相古地理图。现以晚二叠初的第一个层序为例(即PSQ8三级层序)系统讨论不同体系域沉积时的层序—岩相古地理特征。

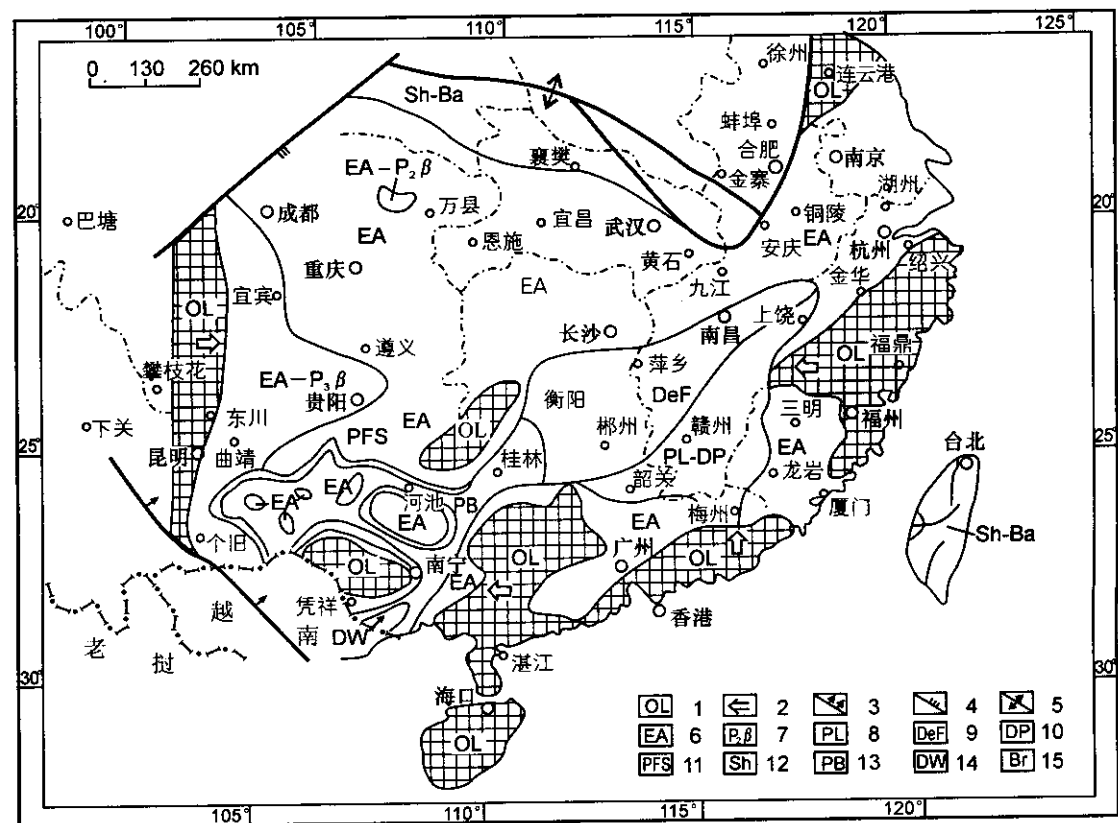
3.1 LST(低水位体系域)沉积期

由于早二叠世末东吴运动的影响,该期古地理格局发生了巨大变化。西缘为川滇西陆,西南为越北—马关古陆,南缘为大新古陆,东南隅为云开古陆,桂、黔、湘交界处为江南古陆。低水位期,沉积区仅限于右江地区西部残留台地,以混屑浊积岩为主,其他地区为剥蚀区,并发育0~50 m不等的低水位期残积相(图1),该期中扬子地区出现于大面积暴露区、大陆、碎屑沉积和深水盆地并存的式样,扬子北缘被动边缘以深水欠补偿盆地为主体,为硅质岩、硅质页岩组合,范围限于竹溪、随州、黄陂、黄川一线以北,其余显剥蚀区。扬子克拉通盆地西部隆升成暴露剥蚀区,并在武冈、清州、城步一带出现范围较小的陆地。湘赣板内拉张盆地和华夏克拉通边缘盆地变成统一陆源碎屑充填盆地,早期的环境急剧变浅,大致以弋阳、鹰潭、临川、泰和、遂川一线为界,界线以西为三角洲环境,以东则为大陆冲积相陆源碎屑岩相;在下扬子地区,除云开古陆至浙江地区、安徽东北、江苏西北部为古陆及相应周缘地区为暴露地区外,其余地区为浅水环境,以陆屑沉积为主。

表 1 中国南方二叠纪层序地层划分及化石带对比

Table 1 Sequence stratigraphy division and fossil belt comparison of Permian in south China

年代地层单元		年龄 /Ma	层序划分及延 时分配 t/Ma	上扬子地区 (董卫平, 1997)	中扬子(张纯臣, 陈公信, 等, 1977)	下扬子(李玉发, 姜立富, 徐学思, 1997)	南盘江地区 (董卫平, 1997)	东南沿海 (李兼海, 1997)
统	阶							
印度阶			TSQ1(4Ma)	蜓类化石带	蜓类化石带 牙形石	蜓类化石带	化石带	腕足化石带
上 统	长兴阶	251	PSQ12(1Ma)	Palaeofusulina sinensis	Palaeofusulina	Palaeofusulina sinensis	?	Waagenites barusiensis- Paryphella sulcatifera
			PSQ11(1Ma)	Palaeo. minina-Nan. . Guizhouensis		Gallowainella meitensis	?	Oldhaminasquamosa- Orthotetina ruber
		253	PSQ10(1Ma)	菊石 Prototoceras	Neog. deflecta-N. Changxingensis		Neog. deflecta-N. Changxingensis	
	吴家坪阶		PSQ9(1Ma)	Codonofusiella	Neo. leveni		N. subcarinata-N. wangi N. orientalis	
			PSQ8(2Ma)	Codonofusiella	Neog. betteri Codonofusiella		N. liangshanensis	
		257						
中 统	茅口阶		PSQ7(5Ma)	Yabeina-Neomisellina	Neog. wilcoxi Yabeina-Neomisellina	Neomisellina-Codonofusi ella	S. Hangzhongensis-N. aserrata	?
			PSQ6(5Ma)	Neoschwagerina	Neo. Aserrata-Neo. postserrata		S. subsymmetricus-N. pprayi	栖霞组为蜓类 化石带
		272	PSQ5(5Ma)	Pisolina-Schwagerina chibstaensis	Neoschwagerina		N. idahoensis-N. serrata	
	栖霞阶		PSQ4(2Ma)		Neogondolla, serrata Parafusulina	Parafusulina multiseptata	Neostreptognathodus pequopensis	
			PSQ3(3Ma)	Nankinella orbicularia		Nankinella orbicularia	S. whitei	
		280	PSQ2(3Ma)	Misellina claudiae	Misellina claudiae	Misellina claudiae	?	Misellina claudiae
下 统	隆林阶	285	PSQ1(5Ma)	Pamirina	Schwagerina tschernyschewi			Schwagerina cushmani ?
	紫松阶	295						
			C-PSQ12 (11Ma)	Pamirina darvasica				
下伏马平阶				Neogondolella bisselli	Pseudoschwagerina	Spharoschwagerina moelleri	Streptognathodus elegantulus	经畚组



1—古陆; 2—物源方向; 3—板块扩张边界; 4—逆冲推覆边界; 5—板块俯冲边界; 6—暴露区; 7—峨眉山玄武岩; 8—河流; 9—三角洲前缘; 10—三角洲平原; 11—台缘斜坡; 12—陆棚; 13—台盆; 14—深水盆地; 15—次深海盆地

图 1 中国南方二叠系 PSQ8 层序低水位期岩相古地理图

Fig. 1 Lithofacies-paleogeography map of LST of sequence 8 of Permian in south China

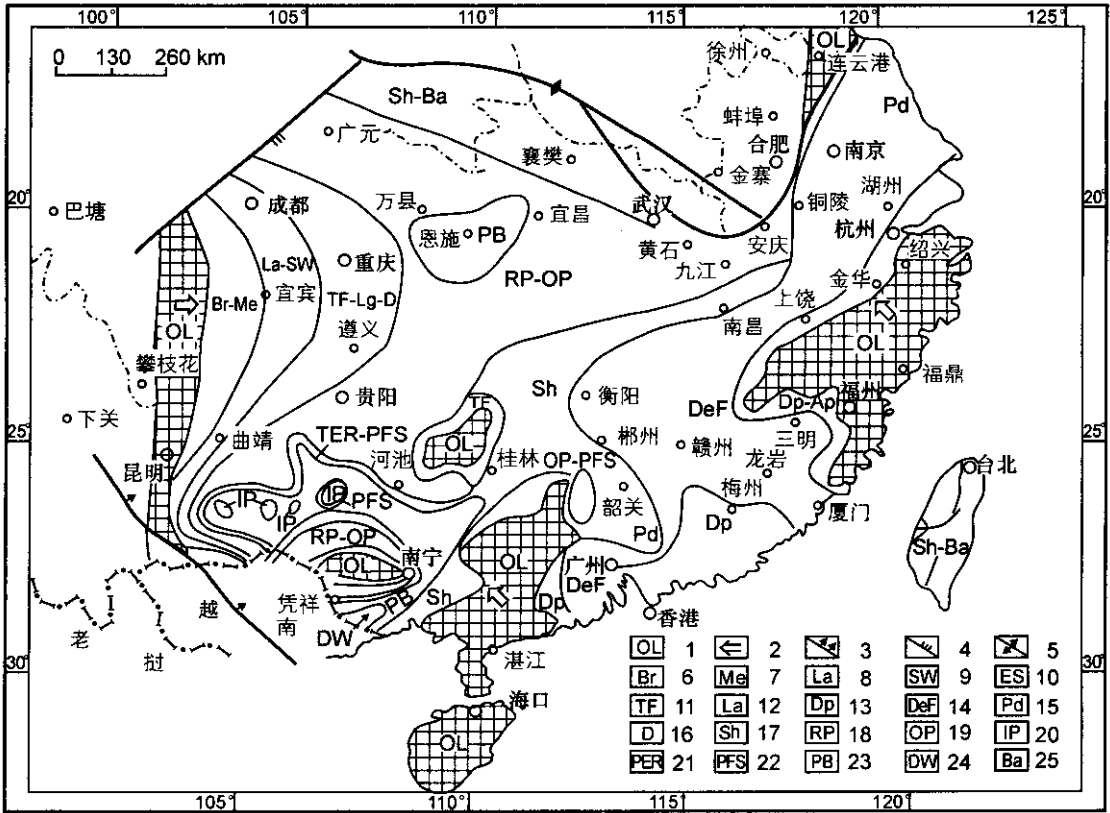
3.2 TST(海侵体系域)沉积期

吴家坪初期,海水由南向北侵进奠定了晚二叠世浅海海域廓轮。上扬子地区受西部川滇古陆影响,向东依次发育冲积平原→滨海平原→潮坪→局限台地→开阔台地相带,右江地区逐渐转化为弧后裂谷盆地,初始呈现台盆相间格局,台盆中发育火山碎屑浊积岩(图 2)。越北—马关古陆和大新古陆北缘以及江南古陆周缘出现潮坪相沉积,云开古陆西缘十万大山地区逐渐向前陆盆地转化;中扬子地区海侵期古地理格局较低水位期有很大的改变。扬子北缘被动边缘盆地的深水欠补偿盆地向南扩展至钟祥、京山、汉阳、武昌一线。扬子克拉通盆地碳酸盐台地环境。在鄂西地区,由于同生断裂活动的影响,出现台间深水斜坡—盆地环境。板内拉张盆地和华夏克拉通边缘盆地范围,大致以景德镇、波阳、南昌、高安、株洲、衡阳、道县一线为界,界线以东为潮坪—泻湖环境,为一套含煤碎屑岩系,但在新宁、永州、双牌一线东南为浅海陆架环境,界线以西保持了早期的沉积环境,在玉山、横峰、金溪、

南城、赣县一线以东为大陆冲积相,以西为三角洲环境,发育含煤陆源碎屑岩系;在苏、浙、皖、闽、粤地区,该期沉积范围明显小于早二叠世时期,沉积特点也有较大差别,由早二叠世时期灰岩和深水相为主,变为三角洲相和滨岸相碎屑岩沉积为主。其中,在下扬子地区为三角洲相沉积,前三角洲亚相带位于滨海—泰兴—繁昌一线呈喇叭状向 NE 向开口,以该相带为中心,三角洲前缘和冲积平原—三角洲平原亚相带依次环绕呈近对称性分布。闽、粤地区相带围绕龙岩和乳源两个沉降中心分布,龙岩地区为临陆前三角洲相带分布区,北边为三角洲平原相带,南边为前滨—后滨相带和三角洲平原相带。乳源地区为陆相相带,南侧为三角洲平原、三角洲前缘相带所环绕,在陆棚带西北角连阳地区为缓坡相和开阔台地相。台湾地区为陆棚—盆地相发育区,琼西地区为三角洲和湖泊相分布区。

3.3 HST(高水位体系域)沉积期

高水位期的古地理格局与海侵期相近,但沉积特征发生了较大变化。在上扬子地区、克拉通盆地



1—古陆; 2—物源方向; 3—板块俯冲边界; 4—逆冲推覆边界; 5—板块扩张边界; 6—辫状河; 7—曲流河; 8—湖泊; 9—沼泽; 10—河口坝; 11—潮坪; 12—泻湖; 13—三角洲平原; 14—三角洲前缘; 15—前三角洲; 16—三角洲; 17—陆棚; 18—局限台地; 19—开阔台地; 20—孤立台地; 21—台缘浅滩; 22—台缘斜坡; 23—台盆; 24—深水盆地; 25—一次深海盆地

图 2 中国南方二叠系 PSQ8 层序海侵期岩相古地理图

Fig. 2 Lithofacies-paleogeography map of TST of sequence 8 of Permian in south China

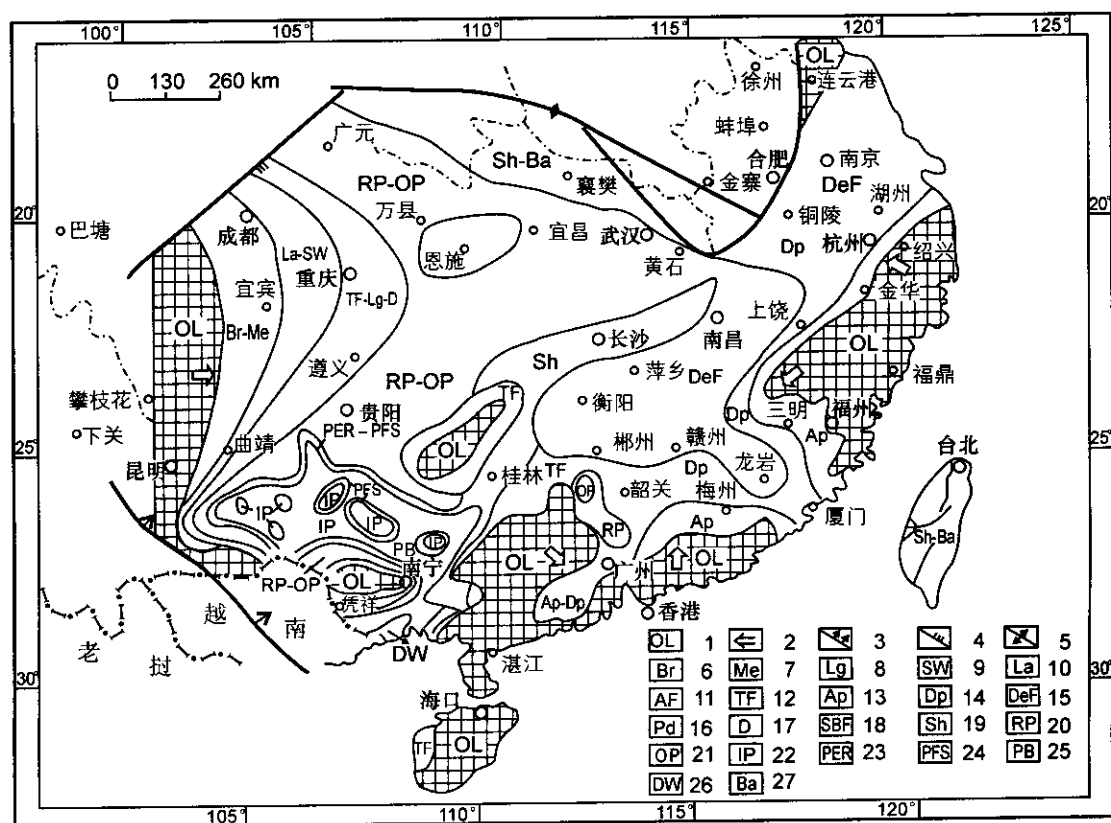
和孤立台地以强烈加积—进积准层序组为特征,顶部富含煤层。台盆中以硅质岩、灰岩、泥岩及火山碎屑浊积岩加积准层序组为主。陆缘、潮坪及台缘斜坡相带变宽,局限—开阔台地相带范围缩小(图 3)。在中扬子地区,扬子北缘被动边缘盆地深水盆地范围向北略有缩减,而成为碳酸盐开阔台地环境。扬子克拉通盆地主体为一浅水碳酸盐台地沉积环境,只是在鄂西早期的台间盆地,其范围向西有所缩小。湘赣板内拉张盆地和华夏克拉通边缘盆地,总体为陆源碎屑沉积区域,但早期的潮坪—泻湖环境展布范围向西收缩。三角洲环境向西扩展,大陆冲积环境的范围也有所扩大,在湘南早期局部的陆棚环境,此时已变成潮坪—泻湖,为含煤陆源碎屑岩系,在武冈、绥宁、城步一带,仍保持为古陆;上扬子地区仍以三角洲沉积为主,随着海平面的下降,以三角洲平原相带分布为主,前三角洲相带分布范围大为减小,收缩至海安附近,三角洲前缘相带分布范围也明显变小,在南北两侧的古陆边缘为冲积平原相带。南粤地区以三角洲和潮坪相沉积

为主。龙岩地区为三角洲前缘相带,周边为三角洲平原和冲积平原相带所环绕。广东的新丰—龙川地区为冲积平原相带,阳春、广州地区为冲积平原和三角洲平原相带分布区。乳源—始兴地区为潮坪相带发育区。连县—阳山地区为开阔台地相,局限台地围绕在阳春地区开阔台地相带分布。台湾地区为陆棚、盆地相发育区,琼西地区为潮坪相沉积。

4 层序—岩相古地理图编制意义

通过上述层序岩相古地理编图可以看出,以层序为基础所编制的层序—岩相古地理图具有重要的意义,表现为:

(1)在系统讨论研究层序类型及特征的基础上,以体系域或界面为单位,所编制层序—岩相古地理图,更具等时性、成因连续性和实用性。所谓等时性,是由于层序是同一个全球海平面变化条件形成的,层序内的体系域是在同一海平面升降周期



1—古陆;2—物源方向;3—板块俯冲边界;4—逆冲推覆边界;5—板块扩张边界;6—辫状河;7—曲流河;8—湖泊;9—沼泽;
10—泻湖;11—冲积扇;12—潮坪;13—冲积平原;14—三角洲平原;15—三角洲前缘;16—前三角洲;17—三角洲;18—海底扇;
19—陆棚;20—局限台地;21—开阔台地;22—孤立台地;23—台缘浅滩;24—台缘斜坡;25—台盆;26—深水盆地;27—次深海盆地

图 3 中国南方二叠系 PSQ8 层序定水位期岩相古地理图

Fig. 3 Lithofacies-paleogeography map of HST of sequence 8 of Permian in south China

不同阶段的产物,其更具等时性。所谓成因连续性,是由于以不同体系域所编制的层序—岩相古地理图反映了不同海平面升降阶段内古地理格局,在时空演化上具有密切关系。所谓实用性,是由于在海平面升降不同阶段内的沉积体系域与生、储、盖组合具有良好的配置关系,所以以体系域为成图单元所编制的层序—岩相古地理图可反映生、储、盖时空展布特点,能较有效地克服同时异相沉积难以对比等问题。

(2)由于沉积层序内的沉积组合和组合形式是全球海平面变化、构造沉降速率、陆源补给(即沉积物输入率)及气候等四大参数相互作用的结果。因此,以沉积层序内的体系域为基本单位所编制的岩相古地理图更能反映一个地区在统一地质作用场中的各种地质信息和综合效应,有利于更客观地认识一个地区的沉积作用、构造作用、事件及成矿作用等。如上述所编制的岩相古地理图,反映了中二叠世末由于东吴运动的兴起造成了川滇黔大部上升成陆遭受风化剥蚀,正因为此海平面相对下降,海相

沉积域退缩至黔南以南。同时,伴随着构造活动火山活动强烈,并形成大面积分布的玄武岩。

(3)在详细的沉积层序划分、对比研究的基础上,运用沉积层序内的体系域为编图单元所编制的岩相古地理图揭示出了一些新的地质现象,诸如:
①古暴露剥蚀的圈定,此地质现象在以往的岩相古地理图上由于采用的编图单元时限跨度太大而被忽略掉,这对寻找与古风化壳有关的油藏具有重要的意义;
②孤立台地大小、形态的确定更为准确,其演化历史更加清晰,这在以往的岩相古地理图上由于比例尺太小和时限间隔太大而完全被忽略;
③更加精确真实地反映了海陆分布和其演化过程,这对生储盖组合研究及有利储集和生油区分布范围的圈定具有重要意义;
④反映了沉积盆地所处的大地构造背景。所编制的岩相古地理图明显反映了不同时期沉积相带的展布和迁移方向以及其中物质组成,从而反映了沉积盆地的大地构造背景,如右江地区,通过层序划分、其物质组成分析及当时所处的古地理背景研究认为早中二叠世被动陆缘裂

谷盆地,到晚二叠世则演变为弧后裂谷盆地。

(4)层序岩相古地理图对覆盖区相带展布及变化更具合理的预测性。由于编图单位是选择短时间间隔内的等时或近等时体,在弄清了沉积和层序发育的主控因素后,根据层序研究总结出的沉积模式和层序模式能更合理地分析和编绘未知相带及相带界线随海平面升降的变化趋势。

[参 考 文 献]

[1] 黄汲清. 中国主要地质构造单位[J]. 中国地质调查所专报, 1945, 甲 20:1~6.

[2] 刘鸿允. 中国古地理图[M]. 北京: 科学出版社, 1959.

[3] 中国科学院地质研究所. 中国大地构造纲要[M]. 北京: 科学出版社, 1999.

[4] 卢衍豪, 等. 中国寒武纪岩相古地理轮廓勘探[J]. 地质学报, 1965, 45(4): 349~357.

[5] 李耀西, 等. 大巴山西段早古生代地层[M]. 北京: 地质出版社, 1979.

[6] 冯增昭, 鲍志东, 李尚武, 等. 中国南方早中三叠世岩相古地

理[M]. 北京: 石油工业出版社, 1977.

[7] 冯增昭. 下扬子地区中下三叠统青龙群岩相古地理研究[M]. 昆明: 云南科技出版社, 1988.

[8] 关士聪. 中国海陆变迁海域沉积相与油气[M]. 北京: 科学出版社, 1984.

[9] 王鸿祯. 中国古地理图集[M]. 北京: 地图出版社, 1905.

[10] 刘宝琚. 中国南方岩相古地理图集[M]. 北京: 科学出版社, 1994.

[11] 李文汉. 层序地层学基础和关键定义[J]. 岩相古地理, 1989, 44(6): 26~32.

[12] 陈世悦, 刘焕杰. 华北石炭二叠纪层序地层学研究的特点[J]. 岩相古地理, 1994, 14(5): 11~20.

[13] 陈世悦. 华北石炭—二叠纪层序地层格架及其特征[J]. 沉积学报, 1999, 17(1): 131~138.

[14] 广西地矿局. 广西地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1998.

[15] 贵州地矿局. 贵州地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1987.

[16] 四川地矿局. 四川地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1987.

[17] 云南地矿局. 云南地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1989.

[18] 王成善, 陈洪德, 李祥辉, 等. 中国南方二叠系层序地层与油气勘探[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1998.

Case study of sequence-based lithofacies-paleogeography research and mapping of south China

TIAN Jing-chun^{1,2}, CHEN Hong-de^{1,2}, QIN Jian-xiong¹, HOU Zhong-jian¹, HOU Ming-cai¹, PENG Jun¹
(1. *State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu 610059, China*;
2. *Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China*)

Abstract: On the basis of the general review of lithofacies—paleogeography research in China and the sequence stratigraphy, the mapping methodology in relation to the sequence-based lithofacies paleogeography was postulated firstly to involve determining the mapping unit, which included two main procedures. The first one was related to the system tract within the work area and the other to pertinent sequence boundaries. Specific steps comprise building the sequence-stratigraphy framework, based on the fine sequence division and comparison, and then establishing the lithofacies-paleogeography map of separate systems of each sequence. The sequence-based lithofacies-paleogeography map made in this way is marked by several advantages like synchronicity and succession of the sedimentation process and hence is far more practical for exploration purposes. Furthermore, it more precisely reconstructs the primary geologic process, reveals certain unknown facts and proves more informative. The Permian System in South China was eventually exemplified to elaborate the aforementioned mapping method.

Key words: sequence; sequence-based lithofacies-paleogeography map; organization; significance

(英文审定: 周军)