

文章编号: 1000-0550(2010) 05-0894-12

不同尺度构造—层序岩相古地理研究思路与实践¹

陈洪德 侯明才 林良彪 钟怡江 张成弓 隆 轲

(油气藏地质及开发工程国家重点实验室(成都理工大学), 成都理工大学沉积地质研究院 成都 610059)

摘 要 古地理图的编制是恢复不同地质历史时期古地貌的重要手段。具有不同规模的构造运动、不同周期或级次的全球海平面升降或基准面旋回、沉积作用和气候等因素相互作用影响下耦合成的沉积层序常常表现出不同时间跨度和空间分布范围的旋回特点。不同级别和规模的沉积层序为不同驱动机制下不同规模的沉积响应。为了与油气紧密结合, 通常选择㉔级、㉕级层序体系域和中期基准面旋回相域为编图单元, 分别在大的块体、单盆地或盆地内大的区域和重点区块编制具有等时性、成因连续性和实用性的小、中、大比例尺层序岩相古地理图, 不同尺度地刻画古地貌, 从不同规模和尺度上反映物质的聚集和分布规律, 为优选勘探区、预测有利区带和确定储集体提供有利的理论和实际依据, 从而为油气勘探各个阶段服务。

关键词 不同尺度 层序岩相古地理 编图思路 实践

第一作者简介 陈洪德 男 1956 年出生 教授 层序地层学与含油气盆地分析 E-mail chd@cdu.edu.cn

中图分类号 P531 **文献标识码** A

古地理是地质历史时期地球表面的自然地理^[1]。岩相古地理研究及古地理编图是重建地质历史中海(湖)陆分布、古地理再造和恢复沉积演化历程的重要手段, 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^[2-3]。国内外学者试图通过编制岩相古地理图来揭示洋陆分布格局、岩相古地理特征及演化、沉积盆地性质及与区域大地构造活动的关系, 为资源勘查服务。因此, 采取何种编图方法才能准确的编制古地理图是众多地质研究者思考和工作的重点之一。

1 岩相古地理编图现状

随着岩相古地理研究程度和水平的不断提高, 不同历史发展时期我国岩相古地理编图的指导思想和方法不尽相同。早期的古地理图是建立在地球固定论概念基础上的, 着重于海陆分布形态变化特征的描绘^[4]。中国古地理图最早见于 20 世纪 30 年代葛利普的《中国地质史》^[5]。限于当时的资料条件, 该书的少数几幅古地理图所涉及的国土范围较小, 内容局限于几个地质时代的海陆分布, 然而对于后来的古地理研究却具有重要启蒙意义。黄汲清在 1945 年出版的具有划时代意义的经典性著作《中国主要地质构造

单元》^[6]中以大地构造与古地理相结合, 编制有寒武纪、泥盆纪、二叠纪、白垩纪和喜马拉雅山期的中国古地理图 5 幅。20 世纪 50 年代中期, 刘鸿允以古生物地层学方法编制的《中国古地理图》^[7], 是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, 具有开创意义。20 世纪 60 年代中期, 卢衍豪等以古生物学的观点和资料出发, 并适当配以简单的岩性, 编制出以“组”为单位的 8 幅中国寒武纪岩相古地理图^[8]。

60 年代晚期, 板块构造理论的建立及其 70 年代全球范围的实践, 反映了当时地学革命的主流, 也使得古地理图编图思路发生相应转变, 它把古地理学推上了新的发展阶段。自 20 世纪 70 年代后期至今, 以冯增昭先生为代表, 采用单因素分析多因素综合作图法先后编制了扬子地区中下三叠世青龙群岩相古地理图和中国南方早中三叠世岩相古地理图等一系列的岩相古地理图^[9-10], 这一方法的核心是量化。20 世纪 80 年代早期, 关士聪等完成并出版了《中国海陆变迁、海域沉积相与油气》^[11]一书。该书列出了中国中—晚元古代(长城纪—震旦纪)到三叠纪海陆分布及海域沉积相图 20 幅, 海陆变迁图 5 幅, 着重论述了海陆变迁、海域沉积相与油气的关系, 并试图探讨中国海相油气远景。同年相继出版的《中国自然地理》^[12]中崔克信编撰的古地理分册的上册中以“构

¹ 国家自然科学基金重点项目(批准号: 40739901)资助。

收稿日期: 2010-05-20 收修修改稿日期: 2010-06-05

造运动为纲”的思路编制了小比例尺不同地壳运动时期的海陆分布图 8 幅, 断代的晚元古代震旦纪、早古生代和晚古生代古地理图各一幅。在全球构造的“活动论”与历史演化的“阶段论”有机结合的思想主导下, 王鸿祯等编制了《中国古地理图集》^[13]。刘鸿允等的《中国震旦系》^[14]一书中, 详细讨论了震旦系古构造特征及古地理沉积演化, 并编制了当时国内相同时期中最为详尽且与已出版的其他相同时代的图有颇大不同处的中国早震旦世、晚震旦世南华大冰期和陡山沱期及灯影期岩相古地理图各一幅。刘宝珺等以板块构造理论、盆地分析原理和活动论思想为指导编制的《中国南方震旦纪—三叠纪岩相古地理图集》^[15]中开始增加有关板块空间位置关系的附图, 成为了更接近恢复大陆边缘性质的第三代岩相古地理图。

随着编图理论的不断革新, 不同研究者不断改进自己的观点和方法, 我国古地理研究者编制出了更为精确的古地理图, 但上述方法仍存在共同的不足^[16]: 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, 后者则除了对成图单元的选取、划分和对比外, 尚有若干工作方法上的问题, 其焦点是如何正确选择等时地质体或等时面来编制等时的岩相古地理图^[17, 18]。20 世纪 70 年代后期至 80 年代前期, Vail 等^[19~21]提出的层序地层学理论为盆地充填实体的三维解析提供了有效途径, 在全球地层等时对比、盆地分析和油气勘探开发等领域受到普遍重视和广泛应用。层序地层学从四维时空认识沉积体, 不仅把时间界面、全球海平面升降、构造沉降、气候和沉积物供应有机地联系起来, 而且将岩石地层、生物地层统一于地质年代格架内, 从而可以比较真实地再现沉积盆地各演化时期的沉积物来源、构造沉降、沉积充填过程及古气候的相互关系, 为岩相古地理编图研究与实践提供了新的思路。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。马永生, 王国立, 陈洪德等在刘宝珺院士和曾允孚先生的指导下, 运用这一思路将构造、层序与岩相古地理有机结合, 历经十年组织近百位专家与研究人员研究和编制了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的构造—层序岩相古地理图, 并出版了《中国南方构造—层序岩相古地理图集》^[22]。

本文旨在结合笔者近年的研究成果与体会, 系统介绍和探讨运用于不同规模、不同勘探阶段、认识和解决不同问题的不同尺度构造—层序岩相古地理研究思路与方法, 以期对促进岩相古地理学进展有所裨益。

2 不同尺度层序岩相古地理编图思路与实践

层序岩相古地理编图是以沉积层序作为研究对象, 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图件; 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面作为编图单元进行编图, 即瞬时编图法^[2, 3]。沉积层序作为全球或区域性海平面变化或构造运动所形成的成因地质体, 它的体系域和界面在全球或区域范围内具有可对比性。具有不同规模的构造运动、不同周期或级次的全球海平面升降或基准面旋回、沉积作用和气候等因素相互作用影响下耦合成的沉积层序常常表现出不同时间跨度和空间分布范围的旋回特点^[23]。研究不同级别和规模的沉积层序响应特征, 以构造控盆、盆地控相、相控组合为指导思想, 运用以上编图方法编制不同尺度的层序岩相古地理图能从不同规模和尺度上揭示沉积体系和成烃、储烃、盖烃物质的聚集与分布规律, 并具有等时性、成因连续性和实用性。

2.1 小比例尺构造—层序岩相古地理编图思路与实践

构造层序即④级层序, 也称之为超层序或超旋回^[24], 相当于成因地层学中构造阶段的沉积记录^[25]。以构造运动为主控因素形成的构造层序是地块范围内区域构造不同阶段的盆山耦合过程中以及次级盆地或盆地在不同构造沉积幕作用下盆地沉积充填序列响应。大区域、小比例尺构造—层序岩相古地理研究及编图主要用于揭示板块级范围内的洋陆格局、不同性质沉积盆地的发育演化特征、盆—盆叠合与盆—山转换过程、海(湖)平面变化和岩相古地理格局展布特征及演化, 描述沉积盆地内物质聚集与分布规律, 为大区域资源评价提供依据。以中国南方震旦系—新近系构造—层序岩相古地理研究^[22, 26]为代表, 在海相盆地和陆相盆地分别以超层序体系域和构造层序的湖盆扩张体系域和湖盆收缩体系域为等时编图单元编制了构造—层序岩相古地理系列图件。该项研究首次建立了完善、统一的中国南方震旦系—古近系的层序划分、对比方案^[26, 27]和不同盆地类型

内的层序地层格架和模型,将寒武系—中三叠统海相层系划分为13个超层序,上三叠统一新近纪陆相层系划分为11个超层序;探讨了不同时代盆地内层序发育特征及其与盆地演化的关系;研究了不同时代盆地内的沉积充填、层序发育特征、烃源岩特征、储集体特征及生储盖组合关系;揭示了盆地演化不同阶段所形成的不同类型的烃源岩与储集体特征及其在时代演化上和空间分布上的有序性。

如以第×超层序体系域低位期、海侵期、高位早期和高位晚期为编图单元编制的构造—层序岩相古地理图(图1~4),反映了中国南方加里东运动晚期区域构造与洋陆分布格局、二级海平面变化旋回中沉积盆地和岩相古地理的发育分布特征与连续演化特征以及在不同板块的差异构造运动造成在同一海平面升降过程中岩相古地理演化的差异性,揭示了不同超层序体系域沉积时期(晚奥陶世五峰期至中志留世韩家店期)的物质聚集分布规律。同时,低位期构造—层序岩相古地理图还揭示了该层序界面发育期暴露剥蚀区范围(即碳酸盐岩发生古岩溶作用的区域)、各盆地不断收缩的演化过程和重力流沉积的区域、陆棚滞流盆地五峰期黑色页岩发育分布特征等(图1),海侵期构造—层序岩相古地理图描述了早志留世海侵过程中的构造—层序岩相古地理格局和龙马溪组烃源岩的发育分布特征(图2),高位期构造—层序岩相古地理图则主要揭示海退过程中的构造—层序岩相古地理格局与三角洲体系砂岩储层的发育分布特征(图3~4)。辅助性的构造—岩相剖面图则反映了各时期沉积体系、层序结构的发育充填过程及时空变化特点(图5)。

晚三叠世以后,中国南方总体上经海陆过渡环境转变为陆相环境,区域构造活动对沉积盆地和盆内沉积体系与层序充填具有更强的控制作用,因此,从大区域可对比性出发,将构造层序分为盆地扩张与盆地收缩两个体系域,并以此为单元开展中国南方晚三叠世—古近系的构造—层序岩相古地理研究与编图,以反映和描述在一个构造层序旋回中不同盆地演化阶段的沉积体系发育和演化特征(图6~7)。

2.2 中比例尺层序岩相古地理编图思路与实践

在单个盆地或较大区块,我们认为岩相古地理研究应以认识和描述沉积体系的发育分布特征和区域岩相古地理格局为主。因此,在海相盆地中我们以④

级层序内的体系域为单元,在陆相盆地中则以长期旋回内的相域为单元,研究和编制中比例尺层序—岩相古地理图,以反映和描述单盆地或盆地内大区域的沉积体系或沉积相的时空展布及演化特征,揭示等时层序地层格架中成烃、成藏物质的发育分布规律。

如泥盆纪第十一层序沉积期右江盆地黔南桂中地区为被动陆缘背景,该时期分别以海侵期与高位期为单元的岩相古地理研究与编图较好的揭示了受北西向的南丹—河池、百色—南宁、那坡—龙州断裂的强烈拉张和北东向的冷水江—南宁、师宗—弥勒断裂的拉张走滑作用控制发育的典型的台地与盆地相间的古地理格局,在三级海平面变化周期内滨岸体系、碳酸盐岩台地体系和台盆体系及其岩性岩相组合的发育、分布与连续演化特征(图8~9)。该层次研究中,应加强不同相区内的岩性岩相组合、层序结构等的发育演化特征及差异性研究。

2.3 大比例尺层序岩相古地理编图思路与实践

随着盆地油气勘探与开发向更复杂和更深入的方向发展,石油地质学家需要更精细和更准确的技术,以提高层序地层分析的时间—地层分辨率和储层预测评价的准确性。以高分辨率层序分析和层序地层模式为基础的层序—岩相古地理编图技术,为储层分布规律、预测和储层精细描述与评价提供了卓有成效的技术平台。高分辨率层序地层学理论的核心内容是“在基准面旋回变化过程中,由于可容纳空间与沉积物补给通量比值的变化,相同沉积体系域或相域中发生沉积物的体积分配作用和相分异作用,导致沉积物的保存程度、地层堆积样式、相序、相类型及岩石结构和组合类型发生的变化”^[36~37],其实质是研究在基准面旋回变化过程中形成的地层成因记录,而在同一基准面旋回变化控制内形成的地质体具有相对等时性。以中期基准面旋回层序的上升半旋回相域和下降半旋回相域作为等时单元编制的高分辨层序岩相古地理图,辅以层序结构、层序岩相对比剖面等图件,主要用于揭示和精细描述重点区块内的储集体成因类型及不同类型砂体的发育分布特征。该类大比例尺的层序—岩相古地理研究与编图不仅更加充分地保证了所编图件的等时性,而且充分强调了单一基准面上升或下降的地层旋回过程中所具有的沉积环境变迁的相似性、连续性和沉积学响应特征的继承性等发展演化特点^[38]。

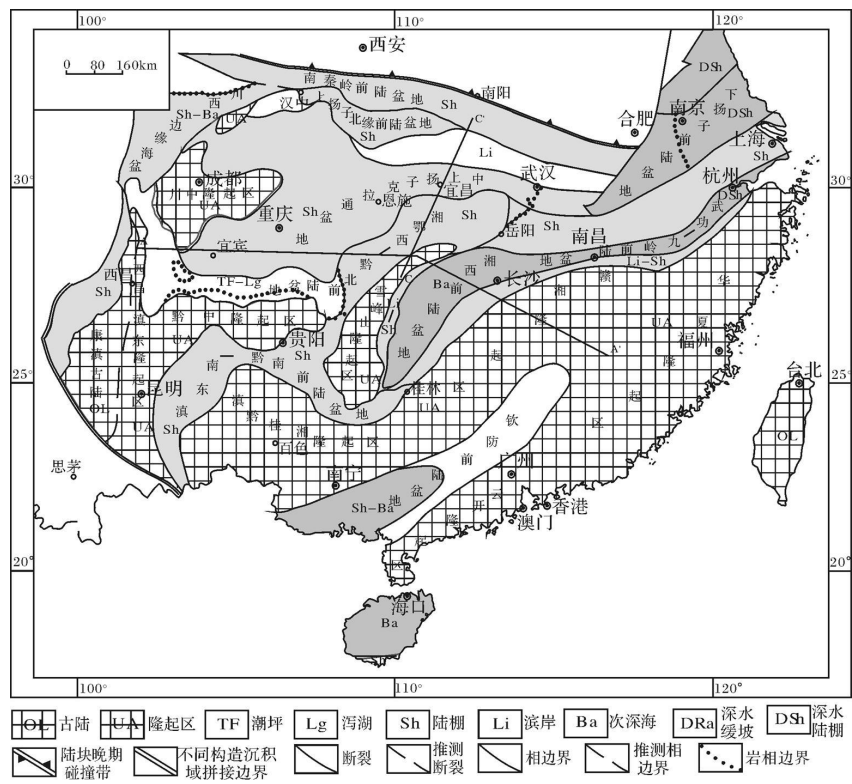


图 3 中国南方第Ⅹ超层序高位早期(早志留世晚期)构造—层序岩相古地理图
Fig 3 Tectonic-sequence lithofacies-paleogeographical map of early highstand of late period of early Silurian within supersequence X in south China

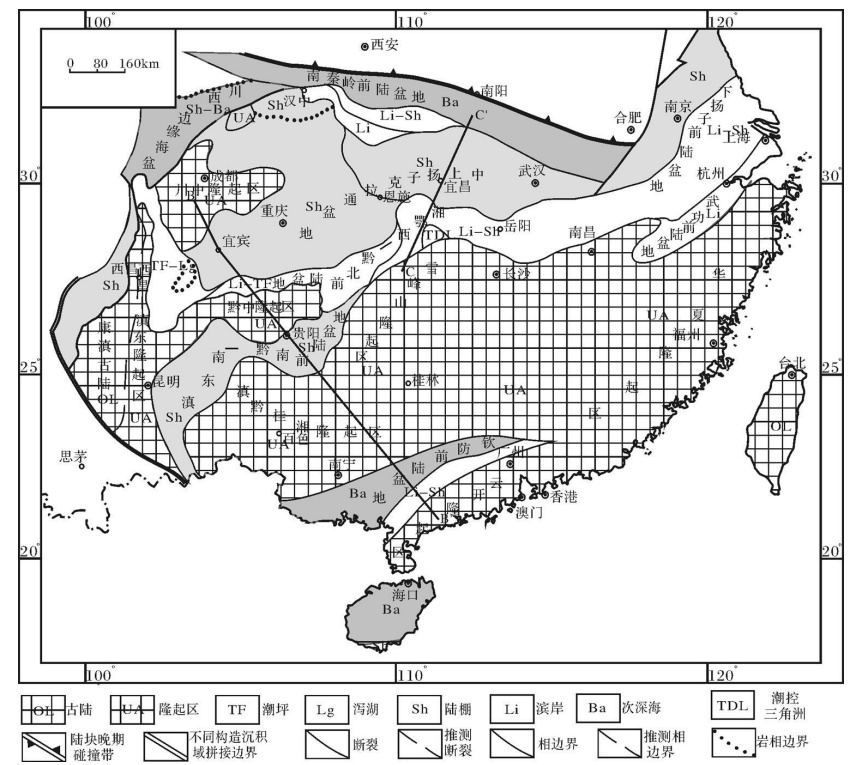


图 4 中国南方第Ⅹ超层序高位晚期(中晚志留世)构造—层序岩相古地理图
Fig 4 Tectonic-sequence lithofacies-paleogeographical map of late highstand of middle to late Silurian within supersequence X in south China

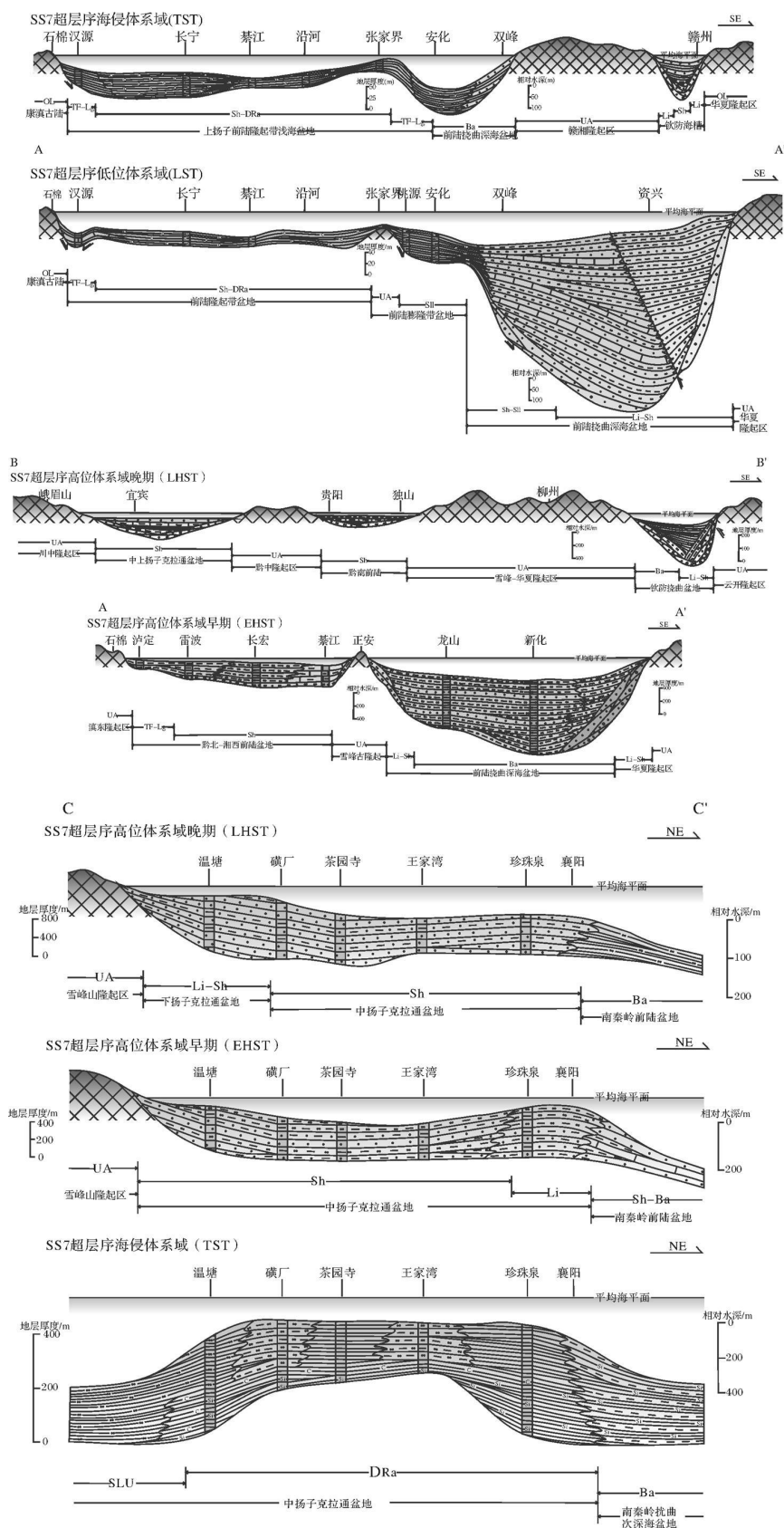


图 5 中国南方志留纪第×超层序构造—岩相剖面图

Fig 5 Tectonic-lithofacies section of Silurian within super sequence X in south China

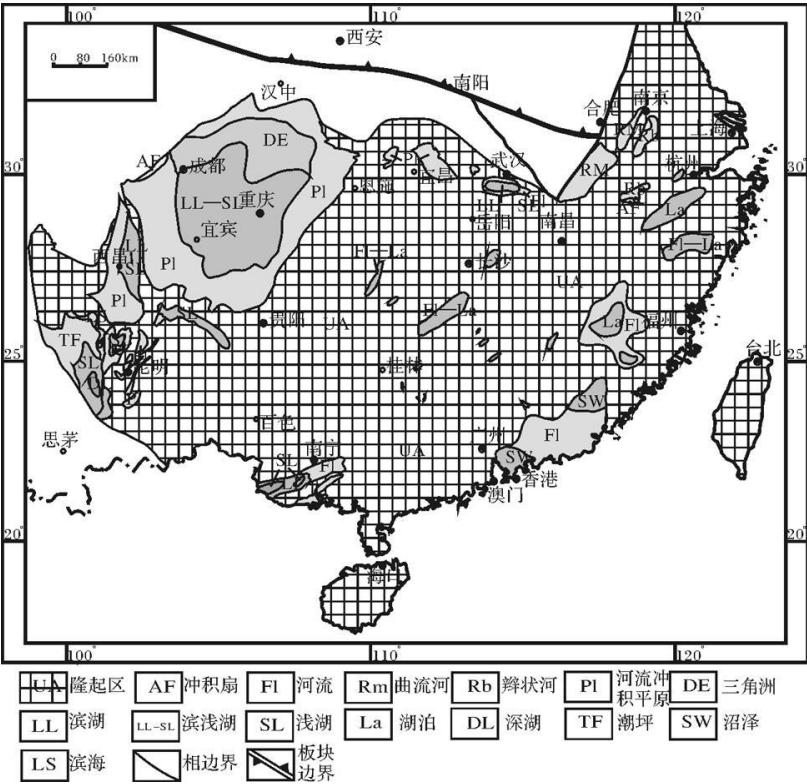


图 6 中国南方第(9)构造层序盆扩期(中侏罗世)构造—层序岩相古地理图

Fig 6 Tectonic-sequence lithofacies-paleogeographical map of expanding period of middle Jurassic with in super sequence (9) in south China

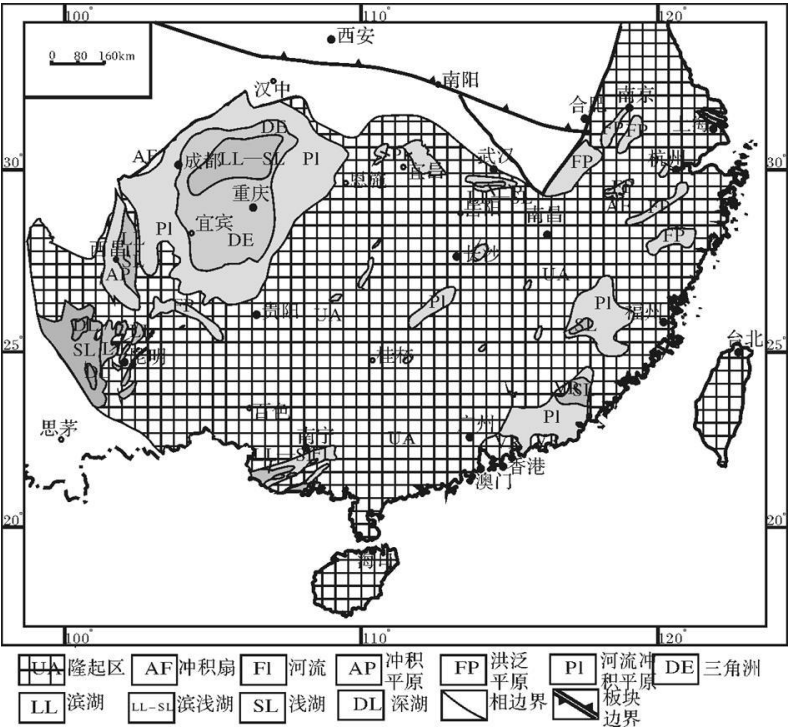


图 7 中国南方第(9)构造层序盆缩期(中侏罗世)构造—层序岩相古地理图

Fig 7 Tectonic-sequence lithofacies-paleogeographical map of wither period of middle Jurassic with in super sequence (9) in south China

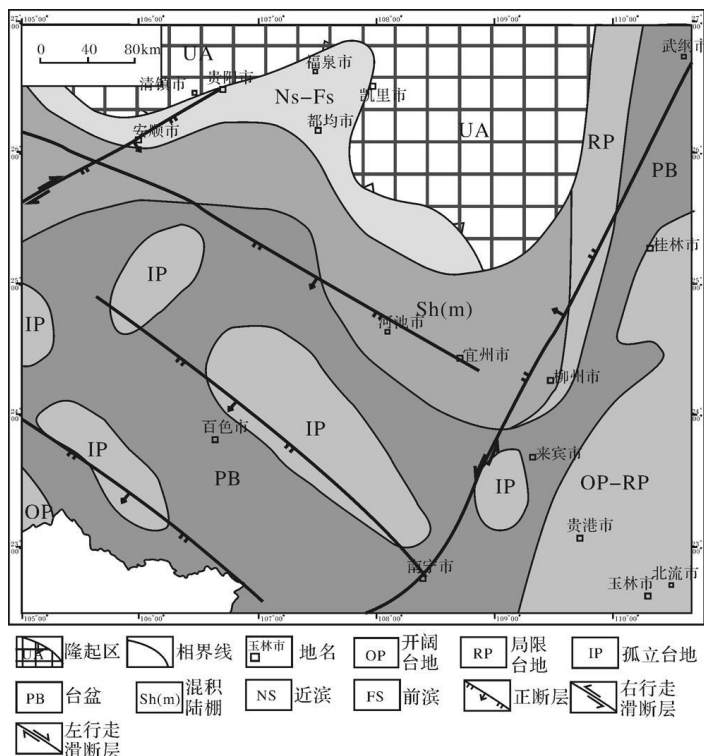


图 8 黔南桂中泥盆纪第十一层序海侵期层序一岩相古地理图

Fig 8 Sequence lithofacies-paleogeographical map of transgression of middle Devonian within sequence $\textcircled{J}_4$ in south Guizhou and middle Guangxi

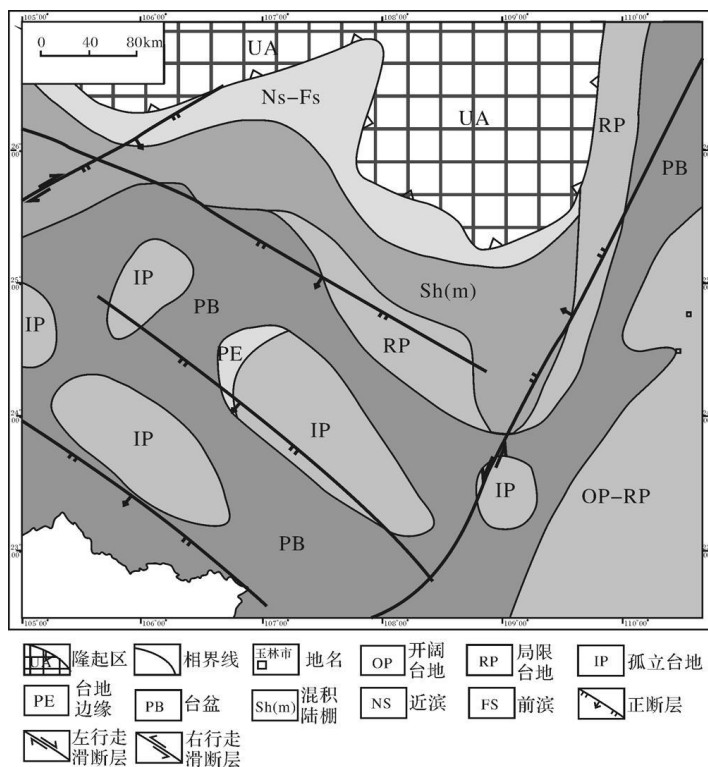


图 9 黔南桂中泥盆纪第十一层序高位期层序一岩相古地理

Fig. 9 Sequence lithofacies-paleogeographical map of highstand of middle Devonian within sequence (7_h) in south Guizhou and middle Guangxi

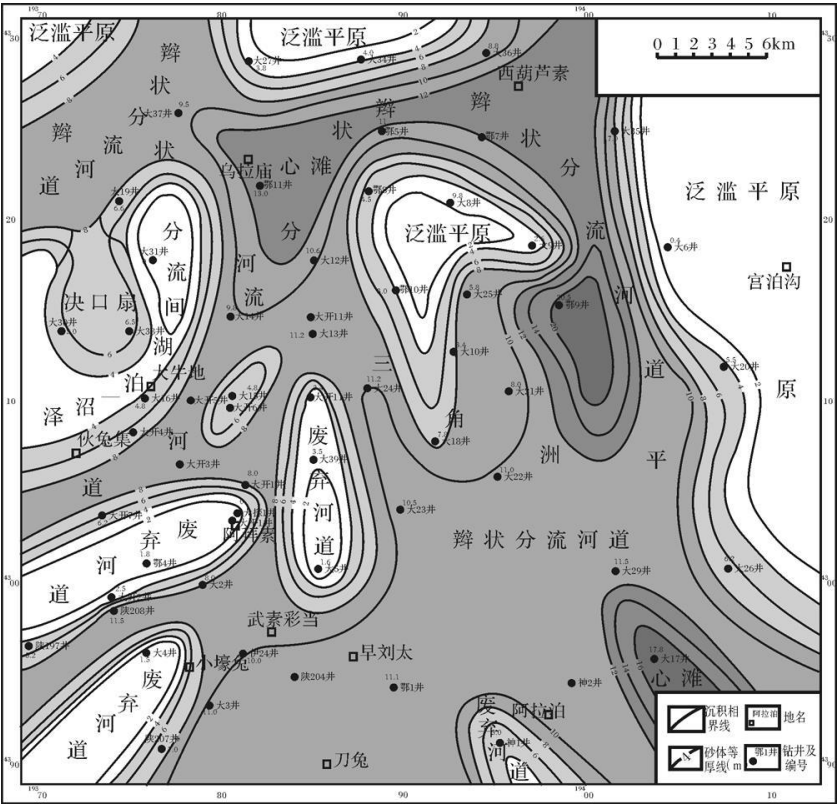


图 10 鄂尔多斯盆地塔巴庙地区 MSC4 层序上升半旋回相域 (山₂下部) 高分辨率层序—岩相古地理图

Fig 10 Sedimentary facies and isopach map of sand bodies of ascension half cycle of MSC7 in Tabamiao area of Ordos basin

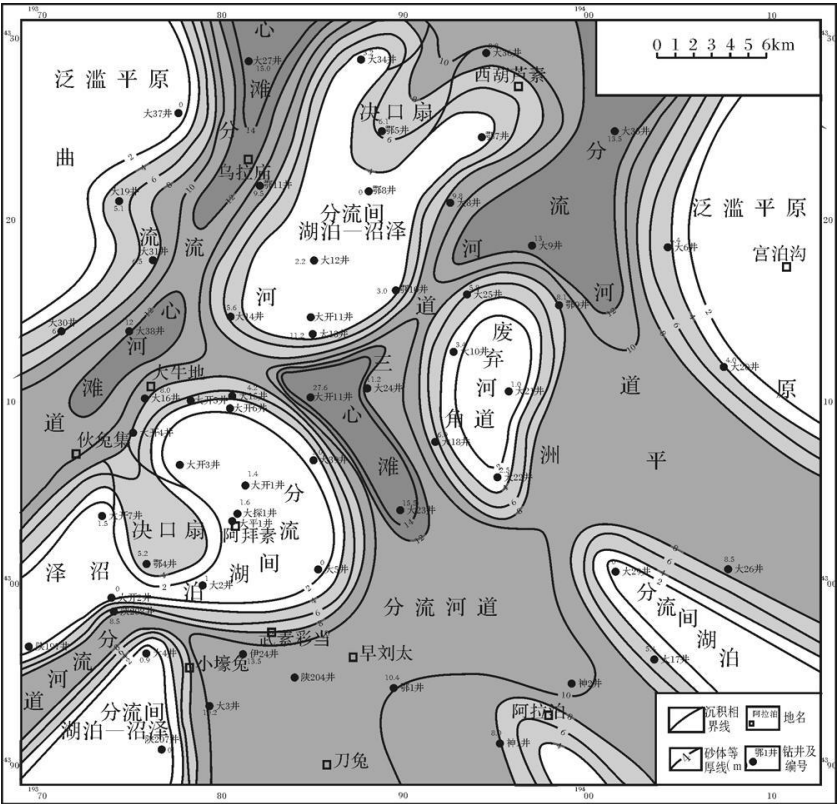


图 11 鄂尔多斯盆地塔巴庙地区 MSC5 层序上升半旋回相域 (山₂上部) 高分辨率层序—岩相古地理图

Fig 11 Sedimentary facies and isopach map of sand bodies of ascension half cycle of MSC8 in Tabamiao area of Ordos basin

鄂尔多斯盆地北部塔巴庙地区山西组内识别出4个级别的层序界面,根据层序界面和湖泛面识别标志,划分为1个超长期、2个长期、5个中期旋回层序。由于研究区处于三角洲平原区,基准面上升期以河道沉积砂体为主,且有利相带和储集层发育的各类河道砂体主要出现在中期上升半旋回的中、下部,基准面下降期以侵蚀作用为主,所以选择以中期上升半旋回相域为等时地层单元编制高分辨率层序—岩相古地理图(图10-11),详细刻画出各沉积时期辫状河三角洲平原上辫状河道、心滩、泛滥平原和废弃河道等微相的展布特征和曲状河三角洲平原上曲流河道、边滩、废弃河道等微相的展布特征,无疑明显提高了不同成因类型砂体的描述和预测精度。

3 不同尺度层序岩相古地理编图的意义

以不同级次或周期变化的同一海平面升降或基准面旋回控制的地层成因记录为研究对象的层序地层学理论为指导而编制的层序岩相古地理图更具等时性、成因连续性和实用性。大块体内,以①级层序体系域为编图单元编制的小比例尺构造—层序岩相古地理图,反映了区域构造不同阶段的盆山耦合关系以及沉积盆地各演化阶段的沉积充填序列响应特征,为评价沉积盆地油气勘探潜力和预测区域范围内的生、储、盖发育特征及其时空展布规律提供有力的依据。单一盆地或盆地内大区域范围内,以②级层序体系域或长期基准面旋回层序相域为单元而编制的中比例尺层序岩相古地理图能够反映盆地充填韵律周期内沉积体系或沉积相的时空展布及变化特征,从而指导沉积盆地内勘探区块的优选,预测区块内的有利勘探区带。盆地中重点勘探区块内,以中周期基准面旋回相域为单元编制的大比例尺层序岩相古地理图,反映了中周期基准面变化控制下研究区沉积相或沉积微相的时空展布及变化特征,可更为准确地描述等时地层格架中的有利储集砂体的时空展布和演化规律,提高储层描述的准确性和油气藏预测评价的可靠性。因此,大、中、小尺度层序—岩相古地理研究与编图已经成为油气勘探开发中的一项重要的并日趋成熟的技术,对指导油气勘探将发挥愈来愈重要的作用。

谨以此文恭贺尊敬的刘宝珺院士从事地质工作六十周年。

参考文献 (References)

- 刘鸿允. 中国古地理图研制发展的脉络与前景 [J]. 第四纪研究, 1996 3: 246-252 [Liu Hongyun The course and prospect of the studies on the paleogeographic map of China [J]. Quaternary Sciences 1996 3: 246-252]
- 田景春, 陈洪德, 覃建雄, 等. 层序—岩相古地理图及其编制 [J]. 地球科学与环境学报, 2004 26(1): 6-12 [Tian Jingchun, Chen Hongde, Qian Jianxiong et al. Case study of sequence-based lithofacies-paleogeography research and mapping of south China [J]. Journal of Earth Sciences and Environment 2004 26(1): 6-12]
- 侯中健, 陈洪德, 田景春, 等. 层序岩相古地理编图在岩相古地理分析中的应用 [J]. 成都理工大学学报, 2001 28(4): 376-382 [Hou Zhongjian, Chen Hongde, Tian Jingchun et al. The application of sequence lithofacies and paleogeography mapping to the analyses of lithofacies-paleogeography [J]. Journal of Chengdu University of Technology, 2001, 28(4): 376-382]
- 刘鸿允. 有关《中国古地理图》的点滴追忆 [J]. 古地理学报, 1999 1(1): 90-92 [Liu Hongyun Pieces of memory about atlas of paleogeography of China [J]. Journal of Paleogeography, 1999 1(1): 90-92]
- 葛利普. 中国地质史, 上册 (1923-1924), 下册 (1928) [M]. 地质调查所 [Ge Lipu Geological History of China upper list (1923-1924), last list (1928) [M]. Geological Survey]
- 中国主要地质构造单元 [J]. 中国地质情报所专报, 1945 甲 20: 1-6 [The Main Geological Structure Units [J]. Information Research Institute Special Reports of China 1945 Jia 20: 1-6]
- 刘鸿允. 中国古地理图 [M]. 北京: 科学出版社, 1959 [Liu Hongyun Atlas of Palaeogeography of China [M]. Beijing Science Press 1959]
- 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 [Lu Yanhao et al. Exploration of lithofacies and paleogeography figure of Cambrian in China [J]. Acta Geologica Sinica 1965 45(4): 349-357]
- 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 [Feng Zengzhao Study of Lithofacies and Paleogeography of Lower-Middle Triassic: Lower in Yangtze Area [M]. Kunming Yunnan Science and Technology Press 1988]
- 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 [Feng Zengzhao, Bao Zhidong, Li Shangwu et al. Lithofacies and Paleogeography of Early and Middle Triassic in South of China [M]. Beijing Petroleum Industry Press 1977]
- 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 [Guan Shicong Land and Sea Shift Marine Facies Oil and Gas [M]. Beijing Science Press 1984]
- 中国科学院《自然地理》编辑委员会. 中国自然地理 古地理 (上册) [M]. 北京: 科学出版社, 1984: 1-262 [Physical Geography Editing Committee of CAS Physical Geography of China Paleogeography (upper list) [M]. Beijing Science Press 1984: 1-262]
- 王鸿祯. 中国古地理图集 [M]. 北京: 地图出版社, 1985: 41-130

- [Wang Hongzhen. Atlas of Paleogeography of China[M]. Beijing Map Publishing House, 1985: 41-130]
- 14 刘鸿允, 等. 中国震旦系[M]. 北京: 科学出版社, 1991: 1-388 [Liu Hongyun, *et al*. Sinian of China[M]. Beijing Science Press, 1991: 1-388]
 - 15 刘宝珺. 中国南方岩相古地理图集[M]. 北京: 科学出版社, 1994 [Liu Baojun. Atlas of Lithofacies and Paleogeography in South of China[M]. Beijing Science Press, 1994]
 - 16 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 [Li Hanwen. Base and key definition of sequence stratigraphy[J]. Lithofacies Paleogeography, 1989, 44(6): 26-32]
 - 17 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 [Liu Baojun, Zeng Yunfu. Base and Working Procedure of Lithofacies and Paleogeography[M]. Beijing Geological Publishing House, 1985]
 - 18 冯增昭. 碳酸盐岩相古地理学[M]. 北京: 石油工业出版社, 1989 [Feng Zengzhao. Carbonate Lithofacies Paleogeography[M]. Beijing Petroleum Industry Press, 1989]
 - 19 Vail P R, Mitchum R P Jr, Thompson S. Seismic stratigraphy and global changes of sea level. Part 3. Relative changes of sea level from coastal onlap[J]. AAPG Bulletin, 1977, 26: 63-81
 - 20 Vail P R, Mitchum R P Jr, Thompson S. Seismic stratigraphy and global changes of sea level. Part 4. Global cycles of relative changes of sea level[J]. AAPG Bulletin, 1977, 26: 83-97
 - 21 Vail P R, Hardenbol J, Todd T G. Jurassic unconformities, chronostratigraphy, and sea-level changes from seismic stratigraphy and biostratigraphy[J]. AAPG Memoir, 1984, 396: 129-144
 - 22 马永生, 陈洪德, 王国力, 等. 中国南方构造—层序岩相古地理图集[M]. 北京: 科学出版社, 2009: 1-301 [Ma Yongsheng, Chen Hongde, Ma Guoli, *et al*. Atlas of Construction-Sequence and Lithofacies Palaeogeography in South China[M]. Beijing Science Press, 2009: 1-301]
 - 23 陈洪德, 钱奕中, 刘文均, 等. 层序地层学理论及研究方法[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1994 [Chen Hongde, Qian Yizhong, Liu Wenjun, *et al*. Theory and Research Methods of Sequence Stratigraphy[M]. Chengdu: Sichuan Science and Technology Publishing House, 1994]
 - 24 Graely P A. Recognition, interpretation and classification of unconformities in carbonate sequences[J]. Sedimentary Geology, 1995, 90(10): 97-121
 - 25 Krapez B. Sequence-stratigraphic concepts applied to identification of basin-filling rhythms in Precambrian successions[J]. Australian Journal of Earth Science, 1996, 43(5): 355-380
 - 26 马永生, 陈洪德, 王国力, 等. 中国南方层序地层与古地理[M]. 北京: 科学出版社, 2009: 121-123 [Ma Yongsheng, Chen Hongde, Ma Guoli, *et al*. Sequence Stratigraphy and Paleogeography in South China[M]. Beijing Science Press, 2009: 121-123]
 - 27 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]. 成都理工大学学报, 2002, 29(4): 249-255 [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): 249-255]
 - 28 王鸿祯, 史晓颖. 沉积层序及海平面旋回的分类级别[J]. 现代地质, 1998, 12(1): 1-15 [Wang Hongzhen, Shi Xiaoying. Hierarchy of depositional sequences and eustatic cycles: a discussion on the mechanism of sedimentary cycles[J]. Geoscience, 1998, 12(1): 1-15]
 - 29 Vail P R, Audenard F A, Bowman S A, *et al*. The stratigraphic signatures of tectonics, eustasy and sedimentology—an overview[M] // Einsele G, Ricken W, Seilacher A, eds. Cycles and Events in Stratigraphy. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 1991: 617-659
 - 30 Van Wageningen J C, Mitchum R M, Campion K M, *et al*. Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs, cores and outcrops: concepts for high-resolution correlation of time and facies[J]. AAPG Methods in Exploration Series, 1990, 7: 1-57
 - 31 Mitchum R M, Van Wageningen J C. High frequency sequences and their stacking patterns: sequence-stratigraphic evidence of high frequency eustatic cycles[J]. Sedimentary Geology, 1991, 70: 131-160
 - 32 Krapez B. Sequence-stratigraphic concepts applied to the identification of depositional basins and global tectonic cycles[J]. Australian Journal of Earth Science, 1997, 44(1): 1-36
 - 33 曾允孚, 刘文均. 华南右江盆地沉积构造演化[M]. 北京: 地质出版社, 1993: 1-96 [Zeng Yunfu, Liu Wenjun. Evolution of Sedimentation and Tectonics of the Youjiang Composite Basin, South China[M]. Beijing Geological Publishing House, 1993: 1-96]
 - 34 陈洪德, 曾允孚. 右江沉积盆地的性质及演化讨论[J]. 岩相古地理, 1990, 11(1): 28-37 [Chen Hongde, Zeng Yunfu. Nature and evolution of the Youjiang Basin[J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 1990, 11(1): 28-37]
 - 35 陈洪德, 覃建雄, 田景春, 等. 右江盆地层序充填动力学初探[J]. 沉积学报, 2000, 18(2): 165-171 [Chen Hongde, Qian Jianxiong, Tian Jingchun, *et al*. Sequence filling dynamics of Youjiang basin, southern China[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2000, 18(2): 165-171]
 - 36 邓宏文. 美国层序地层研究中的新学派——高分辨率层序地层学[J]. 石油与天然气地质, 1995, 16(2): 89-97 [Deng Hongwen. A new school of thought in sequence stratigraphic studies in U. S.: high-resolution sequence stratigraphy[J]. Oil & Gas Geology, 1995, 16(2): 89-97]
 - 37 邓宏文. 沉积物体积分配原理——高分辨率层序地层学的理论基础[J]. 地学前缘, 2000, 7(4): 305-313 [Deng Hongwen. Sediment volume partition principle: theory basis for high-resolution sequence stratigraphy[J]. Earth Science Frontiers, 2000, 7(4): 305-313]
 - 38 张翔, 田景春, 刘家铎, 等. 高分辨率层序地层在岩相古地理编图中的应用[J]. 西南石油学院学报, 2005, 27(6): 1-4 [Zhang Xiang, Tian Jingchun, Liu Jiaduo, *et al*. The application of high-resolution sequence stratigraphy to lithofacies paleogeography mapping[J]. Journal of Southwest Petroleum Institute, 2005, 27(6): 1-4]

Research Idea and Practice of Tectonic-Sequence Lithofacies Paleogeographic in Diverse Scales

CHEN Hong-de HOU Ming-cai LIN Liang-biao ZHONG Yijiang

ZHANG Cheng-gong LONG Ke

(State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation (Chengdu University of Technology)
Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059)

Abstract Drawing paleogeography is an important method to reconstruct paleogeography of different geological history. Sedimentary sequence often manifests the cycle characteristic of different temporal and spatial distribution, which is coupled by the interaction of tectonic movement of diverse scale, global eustasy or base level cycle of different period or order, sedimentation and climate. Sedimentary sequence of different order and scale responds differently to varying driving mechanism. To link with hydrocarbon exploration closely, usually selecting the second-order, third-order and medium-term base level phases as compilation unit to draw sequence lithofacies paleogeographic of small scale, medium scale and large scale on large plot, basin or large area inside basin, and important block. They are marked by the advantages, such as isochronism, succession of the sedimentation process and practicability. The sequence lithofacies paleogeographic can manifest detailedly paleogeography in varying degrees and represent the combination and distribution regulation of material from diverse scale. And they can provide the theoretical and practical proofs for selecting exploration target area, predicting favorable zone and ascertaining reservoir, then provide service for every stage of hydrocarbon exploration.

Key words diverse scales; lithofacies paleogeographic; paleogeographic drawing idea; practice