

荆门—当阳盆地上三叠统沉积相结构特点及其对构造控制的响应

陈留勤^{1,2,3} 郭荣涛³ 钟 焱³

(1.核资源与环境省部共建国家重点实验室培育基地(东华理工大学),江西 南昌 330013;

2.江西省核资源与环境重点实验室,江西 南昌 330013;3.中国地质大学地球科学与资源学院,北京 100083)

摘要:荆门—当阳盆地上三叠统九里岗组和王龙滩组为发育于前陆盆地系统前渊地带的一个典型陆相碎屑岩沉积序列。根据露头剖面沉积特征,荆当盆地的上三叠统可以识别出 8 种岩相单元、6 种构型和 5 种沉积体系。根据陆上不整合为主的层序界面可以将上三叠统划分为 4 个三级层序,每个向上变细的层序形成于加载和卸载的造山旋回,沉积物堆积发生于盆地挠曲沉降阶段,而层序界面则对应于均衡抬升作用阶段。九里岗组以湖泊、沼泽体系薄基底型含煤细粒沉积旋回为特征,反映了物源不足和相对较高的可容纳空间体系阶段(HASS),盆地处于饥饿状态;王龙滩组早中期以发育河流沉积体系厚基底型砂岩沉积旋回为主,代表物源充足和相对较低的可容纳空间体系阶段(LASS),盆地处于过补偿充填状态。可容纳空间和沉积相结构特点主要受到相邻造山带构造活动的控制。在长期温暖潮湿气候背景下,从九里岗组到王龙滩组,沉积体系从低能湖沼向高能河流转变,而每个层序向上变细的趋势代表了造山活动过程中地形坡度的逐渐减小和沉积体系能量从下向上由高到低的变化。

关键词:荆门—当阳盆地;上三叠统;沉积相;陆相层序地层;构造控制;河流构型

中图分类号:P588.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2011)06-1446-08

前陆盆地是沉积在与活动造山带相邻的克拉通区的沉积序列^[1]。前陆盆地的沉积物充填不仅记录了盆地形成演化的信息,同时也反映了相邻造山带造山隆起的重要信息;相邻造山带构造演化导致前陆地区的挠曲变弯控制着盆地充填的地层结构^[2]。起源于被动大陆边缘的经典层序地层学^[3,4]认为相对海平面变化是层序形成的主控因素,虽然不同的体系域对应于周期性海平面变化的不同阶段,但是各级次地层单元(准层序、准层序组、体系域和层序等)的识别和划分却只依赖于地层之间的物理关系,所以层序地层学被定义为年代地层框架内岩石关系的研究,这个框架由以侵蚀面、非沉积作用面或其相对应的整合面为界的重复的、成因上有联系的地层组成^[5]。层序地层研究以其有序性和高分辨率而受到广泛关注,并被誉为地质学的一次革命^[6],为地层记

录划分和对比提供了一种新的研究思路和方法,针对不同的研究对象已经提出了沉积层序、成因层序、T-R 层序等模式,在油气资源勘查中发挥了重要作用。在基本不受海平面变化控制的构造活动环境中,陆相地层横向上相变快和本身含有大量侵蚀间断面等特点给层序地层在陆相地层中的应用带来诸多困惑和争议,比如在层序定义、体系域划分、基准面识别和对比等方面还存在问题和分歧^[6-11],但是层序地层学基本原理仍然适用于陆相地层分析,并且本质都是在年代地层框架中进行沉积趋势变化分析^[7],进行沉积盆地充填序列研究^[12,13]。在前陆盆地,差异构造作用导致层序界面、相构型、地层叠置方式等从造山带向克拉通发生明显的变化。中扬子北缘荆门—当阳盆地(以下简称荆当盆地)的上三叠统出露较为完整,在前人构造^[14,15]和层序地层^[16,17]研究成果

收稿日期:2011-02-27;改回日期:2011-06-06

基金项目:中国石油化工股份有限公司海相前瞻性项目(YPH08009)资助。

作者简介:陈留勤,男,1983年生,博士,讲师,主要从事沉积学和层序地层学方面的工作;E-mail: liuqinchen@163.com。

的基础上,在露头剖面中识别岩相单元、构型要素并分析主要的沉积体系,为探讨在基本不受海平面影响的陆相地层中构造对地层和沉积相结构的控制作用提供了研究资料。

1 区域地质背景

中国大陆在晚三叠世印支构造事件中发生大规模碰撞和拼合,扬子地块和华北地块之间的碰撞焊接造成上扬子盆地海水逐渐由东向西退去^[14,18],进入以内陆湖盆为主的发展阶段,开始接受上三叠统陆相沉积,在中扬子北缘形成复杂的前陆盆地沉积系统(图 1)。中扬子地区位于扬子地块中段,包括湖北全部、湖南西北部及重庆东部,其北以襄樊—广济断裂带为界与秦岭—大别造山带相接,南以江南断裂带为界与华南褶皱带相连,东缘以郟庐断裂带为限而与下扬子地块接壤,西以黄陵隆起与上扬子地块分隔,在这种“三面围限”的构造背景下,中扬子前陆盆地为一挤压型拗陷盆地,主要发育河流沉积体系和湖沼沉积体系。荆当盆地位于中扬子北缘,与秦岭—大别造山带相邻,西以黄陵隆起与秭归盆地分隔,南与江汉盆地相邻,上三叠统保存厚度大,层序发育较为完整。

2 沉积体系和构型分析

沉积地层露头具有直观和高分辨率的特点,是

沉积盆地进行层序地层学研究和分析的重要基础。基于前人研究成果建立的地层系统(表 1)表明,中扬子及邻区上三叠统厚度变化较大,荆当盆地九里岗组和王龙滩组地层序列较为完整、厚度较大,向西和东两个方向地层迅速变薄。

按照 Miall^[6]提出的构型分析方法,结合岩性特征和沉积构造组合可以建立不同的河流岩相单元,在岩相单元解释基础上进行河流构型要素分析,而构型要素之间的联系可以用于定义河流体系类型。这种研究思路和方法有助于从低级到高级认清陆相沉积砂体的分布和连续性,从而具有一定的石油地质意义。国内学者^[19,20]依据此方法利用露头、岩心和测井等资料对中国中东部含油气盆地河流、湖泊等陆相沉积储层所进行的构型分析研究,加深了对储层内部结构的认识程度,同时也对储层开发具有重要的指导意义,取得了一定的经济效益。在荆当盆地上三叠统中识别出的岩相单元、构型要素和沉积体系如表 2 所示。

3 层序地层分析

中扬子北缘前陆盆地层序地层研究结果^[15,16]表明,以冲积沉积体系和湖沼沉积体系为主的上三叠统可以划分为 4 个三级层序。湖北宜昌东北部的荆门、当阳一带出露比较完整连续的上三叠统剖面,现以荆门海慧沟剖面(图 1)为例进行沉积相分析和层

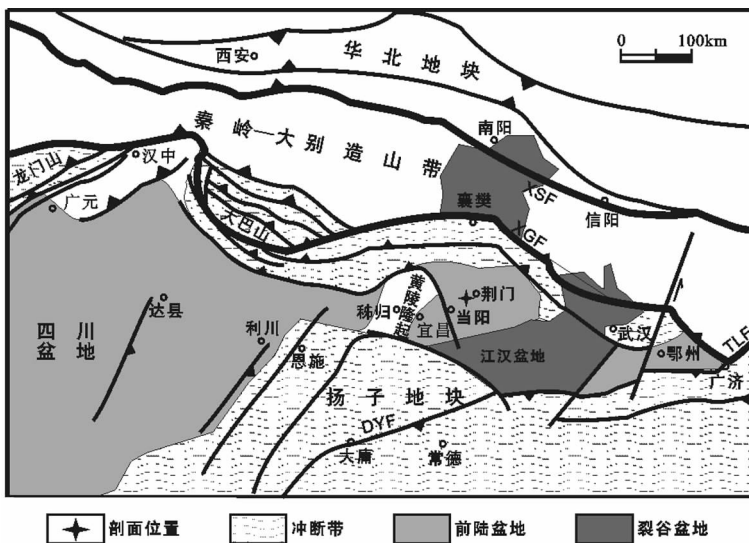


图 1 扬子地块及邻区构造格架图(据文献[14]改编)

XSF—信阳—舒城断裂;XGF—襄樊—广济断裂;TLF—郟庐断裂;DYF—大庸冲断带

Fig.1 Tectonic framework of the Yangtze block and its adjacent areas (modified after reference[14])

XSF—Xinyang—Shucheng fault; XGF—Xiangfan—Guangji fault; TLF—Tanlu fault; DYF—Dayong thrust fault;

表 1 中扬子及邻区上三叠统地层系统

Table 1 The upper Triassic stratigraphic system of the middle Yangtze valley and its adjacent areas

统	阶	龙门山	四川盆地	鄂西	宜昌-西阳	荆当盆地	鄂东	湘北
上三叠统	瑞替阶	须家河组	须家河组	沙镇溪组	王龙滩组	王龙滩组	鸡公山组	鹰嘴山组
	诺利阶	小塘子组	塘子组		九里岗组	九里岗组		
	卡尼阶	马鞍塘组	马鞍塘组	巴东组			巴东组	
228.0Ma		天井山组				蒲圻组	巴东组	

序地层划分。海慧沟剖面上三叠统厚度约为 1 200 m,包括九里岗组暗色细粒含煤沉积(660 m)和王龙滩组以砂岩为主的地层(580 m),是研究区晚三叠世沉积厚度最大的剖面,也是中扬子北缘前陆盆地沉降地带的代表性沉积。在野外露头上,可以识别的层序界面包括不整合面以及其他沉积趋势转换面(如砂岩和泥岩之间的岩性岩相转换面等)。中三叠

世碳酸盐岩台地在印支运动早期因构造抬升消亡以后,残留了中三叠统巴东组顶部喀斯特角砾灰岩,该不整合面之上沉积了上三叠统九里岗组和王龙滩组陆相碎屑岩地层,同时也构成了 TS1 的层序底界面(SB1),而 TS4 的层序顶界面为上三叠统和下侏罗统之间的区域不整合界面(SB5,图 2-a),它们都可以在区域范围内追踪对比。在 5 个层序界面中,SB1 和 SB5 也是二级层序界面。根据剖面垂向上沉积相演化规律,可将海慧沟剖面上三叠统划分为 4 个三级层序,自下而上分别命名为 TS1、TS2、TS3 和 TS4 (图 3)。

3.1 九里岗组(TS1—TS2)

TS1 厚约 300 m,其底界面为九里岗组底部辫状河对中三叠统海相巴东组泥灰岩侵蚀改造而成的角砾灰岩所代表的侵蚀面,也是一个由区域不整合面构成的层序界面。九里岗组底部砾岩层(2 m)向上变细为槽状和板状交错层理砂岩(18 m),解释为与逆冲变形有关的辫状河道沉积,主要包括 MB 和 St 两个岩相单元组成,角砾灰岩层砾石大小不一,2~10 mm,多为棱角状,紫红色泥岩充填,砾石主要由灰岩和白云岩组成,部分为燧石,砾石含量 65%左

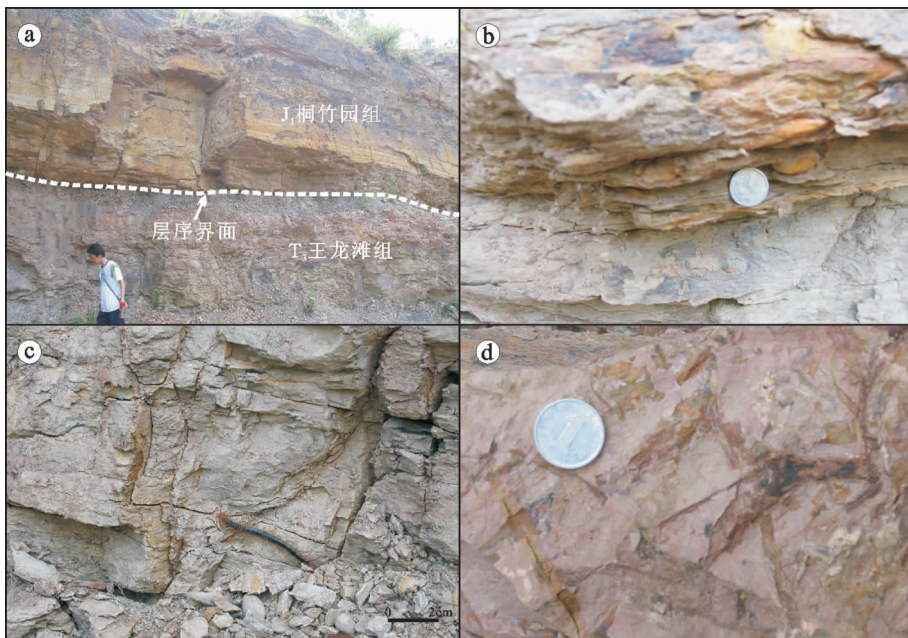


图 2 上三叠统露头剖面沉积特征

a—层序界面;b—块状粉砂质泥岩;c—薄层状泥质粉砂岩;d—粉砂质泥岩层面的植物化石及碎片

Fig.2 Outcrop sedimentary features of the upper Triassic strata

a—Sequence boundary of subaerial unconformity; b—Massive silty mudstone; c—Thin-bedded muddy siltstone; d—Plant fossils and fragments on the surface of silty mudstone

表 2 上三叠统包含的岩相、构型及沉积体系

Table 2 Lithofacies, constitutional elements and sedimentary systems from TS1 to TS4

地层和层序	岩相单元	构型要素	沉积体系
	含煤层系 (Cb)		
王龙滩组 (TS3-TS4)	水平纹层泥岩 (Fl)	泛滥平原细粒 (FF)	曲流河体系 (M)
	块状泥岩 (Fm)	顺流加积底形 (DA)	网状河体系 (A)
	水平层理砂岩 (Sh)	横向加积底形 (LA)	网状河三角洲体系 (AD)
	波状交错层理砂岩 (Sr)	砂质底形 (SB)	辫状河体系 (B)
	平行交错层理砂岩 (Sp)	河道充填 (CH)	
	槽状交错层理砂岩 (St)		
	含煤层系 (Cb)		
	块状泥岩 (Fm)		
九里岗组 (TS1-TS2)	水平纹层泥岩 (Fl)	湖沼煤系沉积 (LCD)	
	水平层理砂岩 (Sh)	泛滥平原细粒 (FF)	湖沼体系 (L-S)
	槽状交错层理砂岩 (St)		
	块状砾岩 (Bm)	河道充填 (CH)	辫状河体系 (B)

右。该层序由 3 个体系域组成,但是由辫状河道相角砾灰岩和砂岩组成的低位体系域厚度不大,总体上水进体系域和高位体系域保存较为完整。水进体系域以湖泊(山间小湖盆)-沼泽相夹煤层的薄-中层钙质泥岩为主,发育水平纹层,岩相单元主要包括 Fl 和 Cb;高位体系域不含煤,主要由泛滥平原相厚层炭质泥页岩与薄层泥质粉砂岩互层构成向上变细的韵律层构成,所发育的岩相单元为 Fm, Fl, Sh 等。自下而上在层序发育过程中,随着基准面上升、陆源碎屑的混入使沉积盆地不再适应煤层的发育(图 3)。

九里岗组中上部构成该剖面的第二个层序 TS2,厚约 366 m,包含一系列数米的由向上变细的正粒序序列构成的薄基底型沉积旋回(露头上每个沉积单元厚度不超过 15 cm)。每个沉积旋回都以小型冲刷侵蚀面开始,向上变为发育小型交错层理和波纹层理的泥质粉砂岩,最上部为薄层含大量植物叶片和茎干化石碎片的泥岩,夹粉砂岩和劣质煤层或煤线。该层序的底界面为岩性岩相转换面,顶界面为河流冲刷侵蚀作用面。因此,TS2 的岩相单元类型有限,以 Fm, Fl, Sh, Cb 等低能量为特点,反映了在由构造作用控制的框架内,细粒曲流河沉积体系和湖沼体系的交替发育。九里岗组含有多层煤系地层表明该时期构造活动相对稳定,在可容纳空间稳定增加的同时,陆源碎屑供应相对不充足,基准面小幅度频繁升降造成湖泊沉积环境和沼泽沉积环境的频

繁交替。TS2 与 TS1 相比较,最大的不同点在于煤系地层更为发育,层序的水进体系域和高位体系域均产出薄煤层或煤线。

3.2 王龙滩组(TS3—TS4)

晚三叠世荆当盆地进入王龙滩组沉积时期构造载荷减弱,在物源充足的供应条件下,王龙滩组以大套厚层长石石英砂岩与薄层泥质细砂岩互层构成厚基底型沉积旋回(露头剖面上砂岩单元厚度一般大于 50 cm)为特征。总体上,TS3 比 TS4 沉积物粒度更粗,由厚层长石石英砂岩与薄层泥质细砂岩互层构成若干向上变细的沉积韵律层,交错层理厚层砂岩中的少量泥质夹层层面可见植物化石及其碎片。TS3 总体上以粗粒沉积物为主,下部的岩相单元多为 St, Sp, 上部砂岩粒度变细,含有更多曲流河道相 Sp, Sp 和 Sr 以及泛滥平原相 Fm 和 Fl 单元,在大多数厚层块状砂岩底部发育凹凸不平的河流冲刷侵蚀作用面,表现了该套砂岩为砂质曲流河多期叠置的特点,同时,沉积体系自下而上发生由网状河向曲流河的转变(图 3)。

TS4 总体自下而上组成一个向上变细的沉积序列,层序底界面由辫状河流对下伏曲流河漫滩相泥岩的冲刷侵蚀作用面构成,顶界面为上三叠统王龙滩组与下侏罗统桐竹园组之间的区域不整合面(图 2-a)。层序低位体系域以辫状河道相砂岩(CH, DA 和 SB)为主,厚层块状含砾长石石英砂岩与薄层细

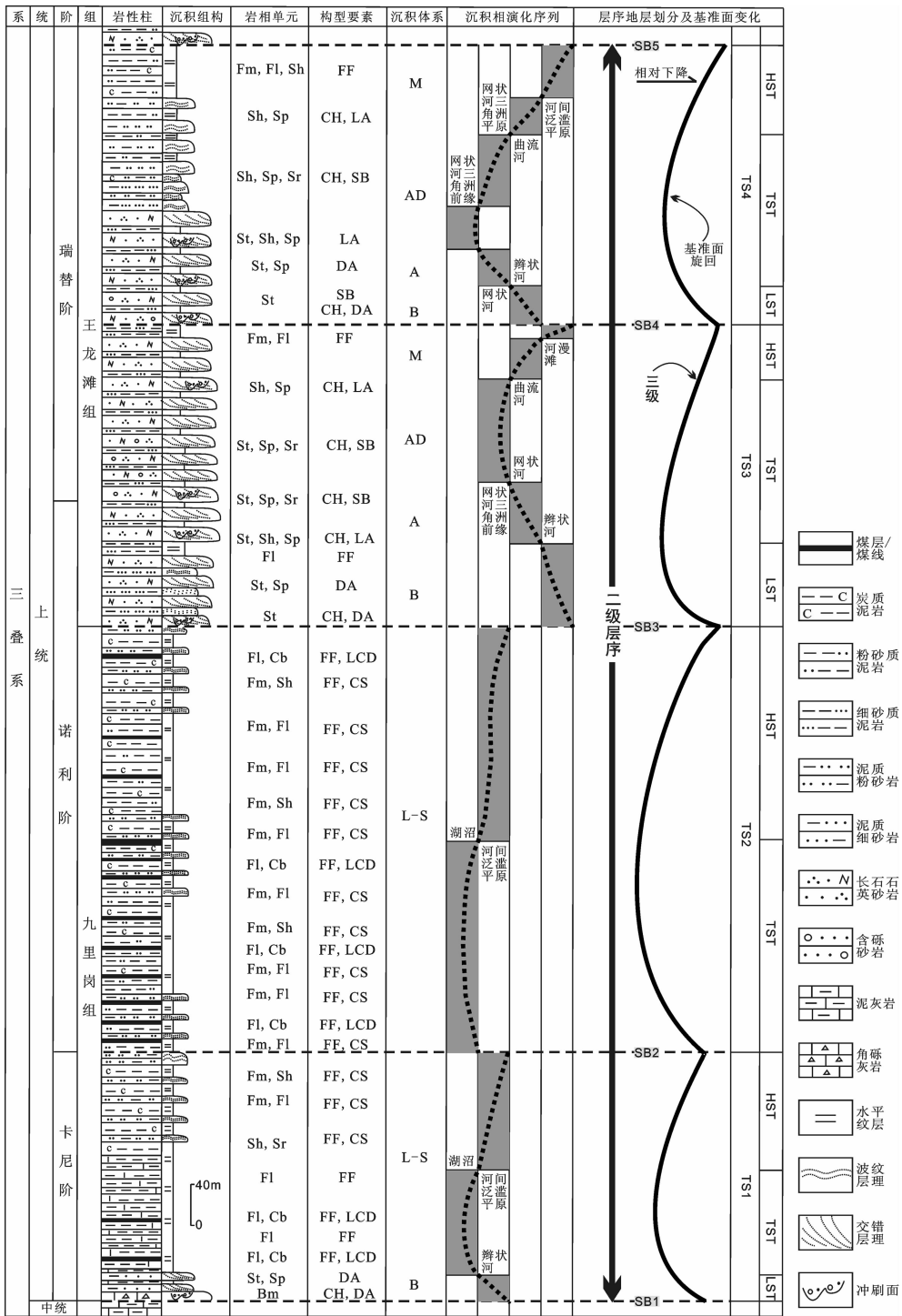


图3 荆门海慧沟剖面上三叠统层序地层划分

Fig.3 The upper Triassic sequence stratigraphic division of the Haihuigou section in Jingmen City

砂质泥岩及泥质粉砂岩互层构成向上变细的厚基底型沉积旋回。随着基准面上升,在充足物源供应条件下,由网状河三角洲沉积体系构成层序的水进体系域。在基准面下降阶段形成的高位体系域,下部主要

以细粒曲流河泥质粉砂岩夹薄层粉砂质泥岩为特征(图2-b),上部河间泛滥平原沉积则以含炭粉砂质泥岩(图2-c)为代表,泥质粉砂岩层面上发育大量植物化石及碎片(图2-d)。因此,TS4自下而上包括

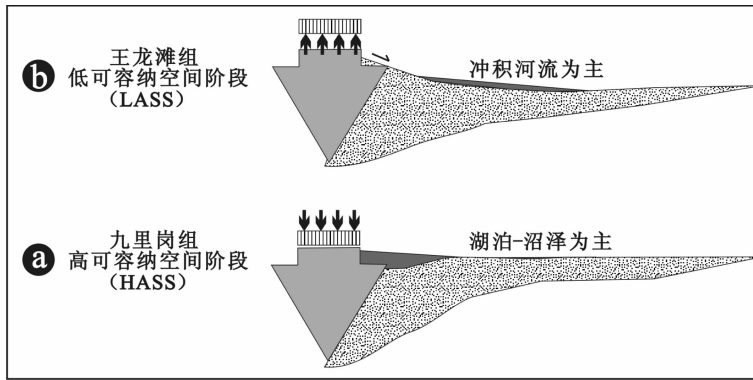


图 4 构造沉降控制的容纳空间生长速率与沉积作用之间的关系

Fig.4 Relationship between accommodation rates and sedimentation controlled by tectonic subsidence

辫状河(B)、网状河(A)、网状河三角洲(AD)和曲流河(M)4种沉积体系。

3.3 构成控制分析

晚三叠世秦岭—大别造山带向南逆冲所产生的构造负载及沉积负载使荆门、当阳一带成为中扬子北缘前陆盆地的沉降中心和沉积中心^[4]。荆当盆地九里岗组以含煤细粒沉积为特征,发育煤系地层和炭质泥岩,含有丰富的植物化石及碎片,代表了南方海退之后亚热带温暖潮湿的古气候环境,在坡度较缓的地貌中植被发育,河岸具有较强的稳定性。在这种古气候及古地理背景条件下,网状河和曲流河是较容易形成和保持的河流形式。九里岗组沉积时期,构造载荷作用使盆地的沉降速率加大,导致可容纳空间生长速率增加,物源供应相对不足,以河间湖泊、沼泽等较浅的汇水盆地为主,基准面小幅度的频繁波动形成泥质粉砂岩与粉砂质泥岩薄互层的地层,盆地处于饥饿状态,容易形成静水泥岩和煤层(图4-a),代表了较高的可容纳空间体系阶段(High Accommodation System stage,缩写为HASS)而到了王龙滩组沉积时期,构造载荷相对减弱,沉积可容纳空间生长速率降低,河流纵剖面上坡度的突变点向下游迁移,物源供应充足,形成以曲流河、网状河和网状河三角洲等冲积体系为主的沉积环境,沉积盆地处于过补偿充填状态(图4-b),总体上反映了较低的可容纳空间体系阶段(Low Accommodation System Stage,缩写为LASS)因此,从九里岗组沉积期(TS1-TS2)到王龙滩组沉积期(TS3-TS4),荆当盆地经历了从低能的湖沼沉积体系向高能冲积沉积体系转变的动力过程。

4 结论

荆当盆地上三叠统为中国南方海相沉积结束之后,经历了长时间的风化剥蚀,在基本不受海平面变化影响的前陆盆地系统中沉积的一套以湖泊、河流等沉积体系为主的陆相碎屑岩序列,在对露头剖面进行沉积相和层序地层研究以及识别岩相单元和构型要素并分析沉积体系的基础上,讨论了可容纳空间生长速率与沉积作用之间的关系。

1)荆当盆地的上三叠统可以划分为4个三级层序(九里岗组分为TS1和TS2,王龙滩组分为TS3和TS4),识别出8种主要的岩相单元,6种构型要素及5种沉积体系。九里岗组含煤地层以湖泊、沼泽沉积体系为特征,而王龙滩组砂岩地层则以辫状河、网状河和网状河三角洲、曲流河沉积体系为主。前者以较为稳定的沉积背景和较低能量的沉积体系为特点,后者以构造活动背景下较高能量的沉积体系为特点。

2)从TS1-TS2到TS3-TS4代表了荆当盆地构造沉降速率由高到低、沉积环境由低能到高能的变化,反映了前陆盆地系统中构造负载对可容纳空间生长速率和基准面旋回的控制作用,因而构造负载在很大程度上也控制了沉积作用的方式及总体格局。九里岗组沉积时期较大的沉降速率产生较高的可容纳空间生长速率,主要形成湖泊、沼泽等静水沉积环境的泥岩和含煤地层,盆地处于饥饿状态;而王龙滩组沉积时期较小的沉降速率产生较低的可容纳空间生长速率,形成以冲积河流相为主的砂岩地层,盆地处于过补偿充填状态。

参考文献(References):

- [1] Roger W M, Dale A L. Foreland basins and fold belts [C]. Tulsa: AAPG memoir 55, 1992: 400-512.
- [2] Heller P L, Angevine C L, Winslow N S, et al. Two-phase stratigraphic model of foreland-basin sequences [J]. *Geology*, 1988, 16(6):501-504.
- [3] Payton C E. Seismic stratigraphy—application to hydrocarbon exploration [M]. Tulsa: AAPG Geologists Memoir 26, 1977:205-212.
- [4] Posamentier H W, Allen G P. Siliciclastic sequence stratigraphy—concepts and applications [M]. *SEPM Concepts in Sedimentology and Paleontology* 7, 1999:1-210.
- [5] Van Wagoner 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 [M]. *AAPG Methods in Exploration Series* 7, 1990:1-55.
- [6] Miall A D. The geology of fluvial deposits:sedimentary facies, basin analysis, and petroleum geology [M]. Berlin:Springer-Verlag, 1996: 1-582.
- [7] Catuneanu O. Principles of sequence stratigraphy [M]. Amsterdam: Elsevier, 2006:246-261.
- [8] Shanley K W, McCabe P J. Perspectives on the sequence stratigraphy of continental strata [J]. *AAPG Bulletin*, 1994, 78(4): 544-568.
- [9] 徐怀大. 陆相层序地层学研究中的某些问题 [J]. *石油与天然气地质*, 1997, 18(2):83-89.
Xu Huaida. Some problems in study of continental sequence stratigraphy [J]. *Oil & Gas Geology*, 1997, 18(2):83-89 (in Chinese with English abstract).
- [10] 刘招君, 董清水, 王嗣敏, 等. 陆相层序地层学导论与应用[M]. 北京:石油工业出版社, 2002:1-178.
Liu Zhaojun, Dong Qingshui, Wang Simin, et al. Introduction and Application of Continental Sequence Stratigraphy [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2002:1-178 (in Chinese with English abstract).
- [11] 李绍虎, 贾丽春. 层序地层学四分模型的非周期性与时序边界调整[J]. *沉积学报*, 2011, 29(1):105-117.
Li Shaohu, Jia Lichun. Adjustment to non-periodicity and sequence boundary in four-divided model of sequence stratigraphy [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2011, 29(1):105-117 (in Chinese with English abstract).
- [12] 赵永刚, 陈景山, 雷卞军, 等. 川西邛崃县白马庙气田上侏罗统蓬莱镇组高分辨率层序地层分析 [J]. *中国地质*, 2005, 32(4): 674-681.
Zhao Yonggang, Chen Jingshan, Lei Bianjun, et al. Analysis of high-resolution sequence stratigraphy of the Upper Jurassic Penglaizhen Formation in the Baimamiao gas field, Qionglai County, western Sichuan [J]. *Geology in China*, 2005, 32(4): 674-681 (in Chinese with English abstract).
- [13] 郑荣才, 朱如凯, 翟文亮, 等. 川西类前陆盆地晚三叠世须家河期构造演化及层序充填样式[J]. *中国地质*, 2008, 35(2):246-255.
Zheng Rongcai, Zhu Rukai, Zhai Wenliang, et al. Tectonic evolution and sequence filling patterns in the western Sichuan foreland-like basin in the Upper Triassic Xujiachean period [J]. *Geology in China*, 2008, 35(2):246-255(in Chinese with English abstract).
- [14] Liu S, Steel R, Zhang G. Mesozoic sedimentary basin development and tectonic implication, northern Yangtze Block, eastern China: record of continent-continent collision [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2005, 25(1):9-27.
- [15] 刘少峰, 王平, 胡明卿, 等. 中上扬子北部盆-山系统演化与动力学机制[J]. *地学前缘*, 2010, 17(3):14-26.
Liu Shaofeng, Wang Ping, Hu Mingqing, et al. Evolution and geodynamic mechanism of basin-mountain systems in the northern margin of the Middle-Upper Yangtze [J]. *Earth Science Frontiers*, 2010, 17(3): 14-26 (in Chinese with English abstract).
- [16] 陈留勤, 段凯波, 霍荣, 等. 晚三叠世中扬子北缘前陆盆地层序地层特征及沉积演化[J]. *高校地质学报*, 2009, 15(3):328-338.
Chen Liuqin, Duan Kaibo, Huo Rong, et al. Late Triassic sequence stratigraphy and sedimentary evolution of the northern mid-Yangtze foreland basin [J]. *Geological Journal of China Universities*, 2009, 15(3): 328-338 (in Chinese with English abstract).
- [17] 梅冥相. 中上扬子印支运动的地层学效应及晚三叠世沉积盆地格局[J]. *地学前缘*, 2010, 17(4):99-111.
Mei Mingxiang. Stratigraphic impact of the Indo-China Movement and its related evolution of sedimentary-basin pattern of the late Triassic in the middle-upper Yangtze Region, South China [J]. *Earth Science Frontiers*, 2010, 17(4):99-111 (in Chinese with English abstract).
- [18] 刘宝珺, 许效松, 潘杏南, 等. 中国南方古大陆沉积地壳演化与成矿[M]. 北京:科学出版社, 1993:65-72.
Liu Baojun, Xu Xiaosong, Pan Xingnan, et al. Sedimentation of Ancient Continent of South China, Its Crust Evolution and Metallogenesis [M]. Beijing: Science Press, 1993: 1-236 (in Chinese with English abstract).
- [19] 付清平, 李思田. 湖泊三角洲平原砂体的露头构形分析[J]. *岩相古地理*, 1994, 14(5):21-33.
Fu Qingping, Li Sitian. Outcrop analysis of architecture of lacustrine deltaic plain sand bodies [J]. *Sedimentary Facies and Palaeogeography* (in Chinese with English abstract).
- [20] 焦养泉, 李思田, 李祯, 等. 曲流河与湖泊三角洲沉积体系及典型骨架砂体内部构成分析 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1995:3-22.
Jiao Yangquan, Li Sitian, Li Zhen, et al. Meandering River and Lake Delta Depositional Systems and Analysis of the Internal Structure of Typical Skeleton Sand Body [M]. Wuhan:China University of Geosciences Press, 1995:3-22(in Chinese with English abstract).

Sedimentary facies constitutional features and their response to tectonic control of the Upper Triassic strata in the Jingmen–Dangyang basin

CHEN Liu-qin^{1,2,3}, GUO Rong-tao³, ZHONG Yan³

(1. State Key Laboratory Breeding Base of Nuclear Resources and Environment, East China Institute of Technology, Nanchang 330013, Jiangxi, China; 2. Jiangxi Key Laboratory of Nuclear Resources and Environment, Nanchang 330013, Jiangxi, China; 3. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: The Upper Triassic Jiuligang Formation and Wanglongtan Formation constitute a classic clastic sedimentary succession deposited in the foredeep belt of the Jingmen–Dangyang basin. Eight lithofacies, six constitutional elements and five depositional systems can be recognized from the outcrop data. On the basis of sequence boundaries composed mainly of subaerial unconformities, the upper Triassic strata of the Jingmen–Dangyang basin can be subdivided into four sedimentary sequences (TS1, TS2, TS3 and TS4), each one of which was formed during the loading and unloading of orogenic cycles. The Jiuligang Formation is dominated by coal-bearing sedimentary cycles of lakes and swamps, reflecting the condition of relatively inadequate sediment supply and high accommodation rates and an underfilled basin. In contrast, fluvial systems dominate the Wanglongtan Formation characterized by thick-bedded sandstone sedimentary cycles, suggesting adequate sediment supply and low accommodation rates and an overfilled basin during the early–middle deposition period of Wanglongtan Formation. Accommodation rates and sequence stacking are mainly controlled by subsidence rates induced by adjacent orogenic belt. Under the warm and humid climate conditions, depositional systems transformed from low energy lakes and swamps to high energy rivers, and each upward fining sequence indicates terrain gradient and sedimentary media energy gradually decreased in an orogenic cycle.

Key words: Jingmen–Dangyang basin; Upper Triassic; sedimentary facies; continental sequence stratigraphy; tectonic control; fluvial constitutional elements

About the first author: CHEN Liu-qin, male, born in 1983, doctor, lecturer, mainly engages in the study of sedimentology and sequence stratigraphy; E-mail: liuqinchen@163.com.