

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

新疆塔中石炭系层序地层学研究

——一个克拉通内拗陷盆地的层序地层框架模式

郭建华

(江汉石油学院, 湖北荆沙)

曾允孚

(成都理工学院)

翟永红 高振中

(江汉石油学院, 湖北荆沙)



塔中地区石炭纪原型沉积盆地属挤压性克拉通内拗陷盆地。在石炭系中可识别出3个I型层序界面和3个II型层序界面, 据此, 划分出5个沉积层序。它具有标准层序所具有的地层特征, 相当于三级海平面升降旋回的沉积单元。在区域上或全球范围内这些旋回基本上具可对比性。与被动大陆边缘型盆地相比, 其层序地层框架具有明显的差异, 主要表现为缺失低水位早、中期的沉积体系, 深切河谷不发育, 代表最大海泛期的凝缩层不发育; II型层序界面较普遍, 海岸平原沉积体系发育, 在潮湿气候条件下常与陆岸型扇三角洲体系共生, 组成海陆交互的岩相框架。

关键词 层序地层 克拉通内拗陷盆地 框架模式 沉积体系 石炭系

笔者应用地震、钻井、测井及岩芯资料, 结合分析化验资料对塔里木石炭纪克拉通内拗陷盆地塔中地区进行层序地层学研究, 以期建立起这种底平坡缓的克拉通内拗陷盆地的层序地层学框架模式。

1 区域构造与地层系统

研究区位于塔里木盆地腹部一级构造单元中央隆起带中段。西以吐木休克断裂与巴楚断隆相隔, 东与塔东低凸起以鞍部相接, 北、南分别为另两个一级构造单元中的满加尔凹陷及唐古孜巴斯凹陷所限。区域走向NW-SE, 东西长230km, 南北宽120km, 面积约2.8万平方公里(图1)。但它仅是塔里木盆地的一小部分, 其构造发展、盆地演化及属性以及地层系统无不与整个塔里木盆地密切相关。

1.1 区域构造运动与盆地演化

塔里木盆地长期以来处于一个十分复杂的大地构造背景之中, 它是更为广阔的陆块在长期的构造演化过程中周缘多次遭受褶皱、冲断等构造破坏后残余下来的相对稳定区。这些周缘的造山带曾经历了早期的拉张、地壳变薄、后期的俯冲、碰撞以及进一步板内造山等构造活动, 从而使得塔里木盆地表现为一个多阶段、多类型的叠复合盆地^[1]。盆地内现今的区域构造总体上表现为三隆四拗的格局(图1)。这种隆拗相间的构造格局是长期构造演化的综合效应, 从演化的动态观点出发, 塔里木盆地在不同时期内表现为不同的性质。从前震旦纪至石炭纪塔里木

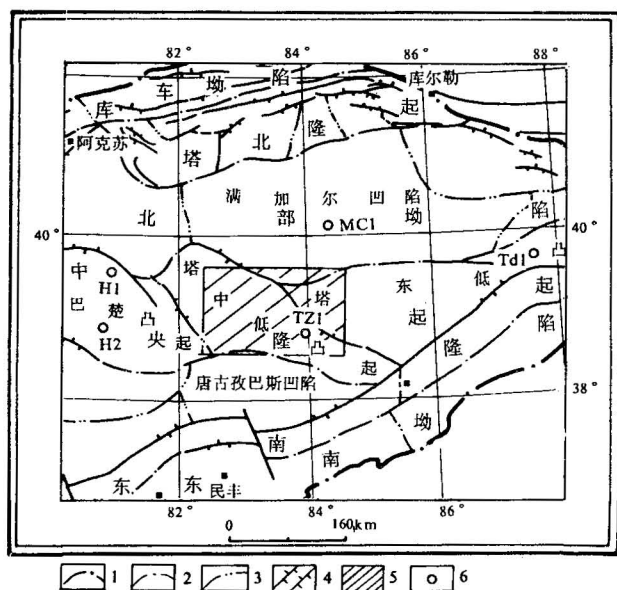


图1 塔里木盆地区域构造格局与构造单元划分

Fig. 1 Map showing the division of the tectonic units in the Tarim Basin

1. 盆地边界; 2. 一级构造界线; 3. 二级构造界线;
4. 断层; 5. 研究区; 6. 井位
1. Basin boundary; 2. first-order tectonic boundary;
3. second-order tectonic boundary; 4. fault;
5. studied area; 6. location of well

区内石炭系可明显的划分为9个岩性段,自上而下分别命名为:(1)灰岩段,厚14—50m不等,岩性以中厚层状的泥晶灰岩为主,夹棕褐色、灰绿色泥岩、粉砂质泥岩,所产化石丰富。(2)砂泥岩段,厚102—281m,厚度及岩性变化较大,主要岩性为砂砾岩与泥岩互层,中上部还夹有煤层。化石以牙形石和孢粉为主。(3)上泥岩段,厚40—72m,岩性以棕褐色、灰褐色、灰色、深灰色泥岩为主,夹浅灰色细砂岩及含砾不等粒砂岩、薄层泥晶灰岩。底部富含灰白色石膏团块及钙质团块。产孢粉化石。(4)标准灰岩段,厚8.5—15.5m,区内分布十分稳定,岩性均一,为一套褐灰色泥晶灰岩,含少量泥质。生物化石极少见。(5)下泥岩段,厚44—123.5m,减薄区为该段向古侵蚀面之上超所致。岩性以棕褐色、灰色、深灰色、灰绿色泥岩为主,夹薄层粉砂岩及灰岩,底部含钙质团块、石膏团块及透镜体。产孢粉及牙形石。(6)生屑灰岩段,厚36—43m,在东区局部潜山顶缺失。岩性为灰色、灰白色的粒屑灰岩、泥粉晶白云岩及泥灰岩等,化石丰富。(7)底泥岩段,厚30—55m,局部缺失,岩性以棕褐色、绿灰色泥岩为主夹粉砂岩,上部具白色石膏斑点或斑块,顶部含白云质。产孢粉。(8)含砾砂岩段:厚10—35m不等,局部缺失。以含砾中—细砂岩为主、缺少化石。(9)东河砂岩段:厚0—165m,区内厚度不稳定,向东及潜山逐渐超覆尖灭。岩性较均一,以分选好、矿物成熟度高的细砂岩为主体,缺少化石。

盆地可分为4个各具特色的构造演化阶段⁽²⁾,即:(1)前震旦纪盆地基底固结阶段;(2)震旦—奥陶纪克拉通内坳陷、坳拉槽、被动大陆边缘发育阶段;(3)志留—泥盆纪克拉通边缘隆升与克拉通内部坳陷阶段;(4)石炭纪前陆盆地形成、前陆隆起带形成与克拉通内坳陷阶段。石炭纪由于塔里木陆块南、北两侧的挤压作用自东向西剪刀式闭合的特点,因此,与志留—泥盆纪相比,沉降中心逐渐向西南迁移,即西部出现较大挤压应力场,一方面出现隆起,另一方面挤压型沉降幅度增大。这一盆地构造格局一直持续到早二叠世末。

研究区石炭纪时期即位于这个克拉通内坳陷盆地的中东部。

1.2 地层系统

塔中地区石炭纪地层发育较全,与盆地周缘露头具有较好的对比性⁽³⁾。自下而上分为上、下二个统及巴楚组、卡拉沙依组和小海子组3个组(图2),其中小海子组在塔中地区仅发育其下部,缺失马平期沉积。

依据岩性组合及测井响应特征,

2 塔中地区石炭系层序界面与沉积层序

2.1 层序边界的识别与沉积层序

Vail^[4]和 Van Wagoner 等^[5]提出了层序边界的识别准则,并划分出两类不同性质的层序边界,即 I 型层序边界(SB₁)与 II 型层序边界(SB₂)。研究区内根据地震反射特征,可划分出 3 个地震地层层序。结合测井及岩芯资料,则可识别出 3 个 SB₁ 和 3 个 SB₂ 层序边界,并相应地划分出 5 个沉积层序。二者间的对应关系如表 1 所示。

表 1 塔中地区石炭系地震地层层序与测井、岩芯层序划分对比表

Table 1 Seismic sequences and log-core sequences in the Carboniferous System of the Tazhong area

地 层			地震地层层序划分	测井、岩芯层序划分	
统	组	段		层序	体系域
C ₂	小海子	1	Tg2	C V	TST
		2	C II _s		SB ₂
	卡拉沙依组	3		C IV	SB ₂
		4	TST		
		5	SMST		
C ₁	巴楚组	6	Tg2'	C II	HST
		7	C I _s		TST
		8		SB ₂	LST
		9	C I		HST
				SB ₁	TST
			Tg3	SB ₁	LST

注:TST 海侵体系域;SMST 陆架边缘体系域;HST 高水位体系域;LST 低水位体系域。

2.1.1 地震反射界面与层序

研究区内石炭系厚约 500m 左右,在地震反射剖面上仅存在 4 个明显的反射界面,C I_s 层序底界为 Tg3 反射界面,它代表了整个石炭系的底界,为全盆地可追踪对比的区域性不整合,具明显的下削上超的特征。顶界为 Tg2' 反射界面,在塔中地区其上、下呈平行整合接触关系。C I_s 层序在区内具有东薄西厚的特点,并且向西部反射层次增多。C II_s 层序的顶、底由 Tg2' 和 Tg2'' 所限,厚度较薄,平面上分布非常稳定,缺乏内部反射。C III_s 层序由 Tg2-Tg2' 所限,厚度变化上与 C I_s 相反,具东厚西薄的特点,厚度变化很平缓,层序内可出现多个反射,且连续性差,分布不稳定。作为石炭系顶界的 Tg2 反射界面区内连续性好,可在全区甚至全盆地内追踪对比,与上覆层系呈小角度不整合接触。

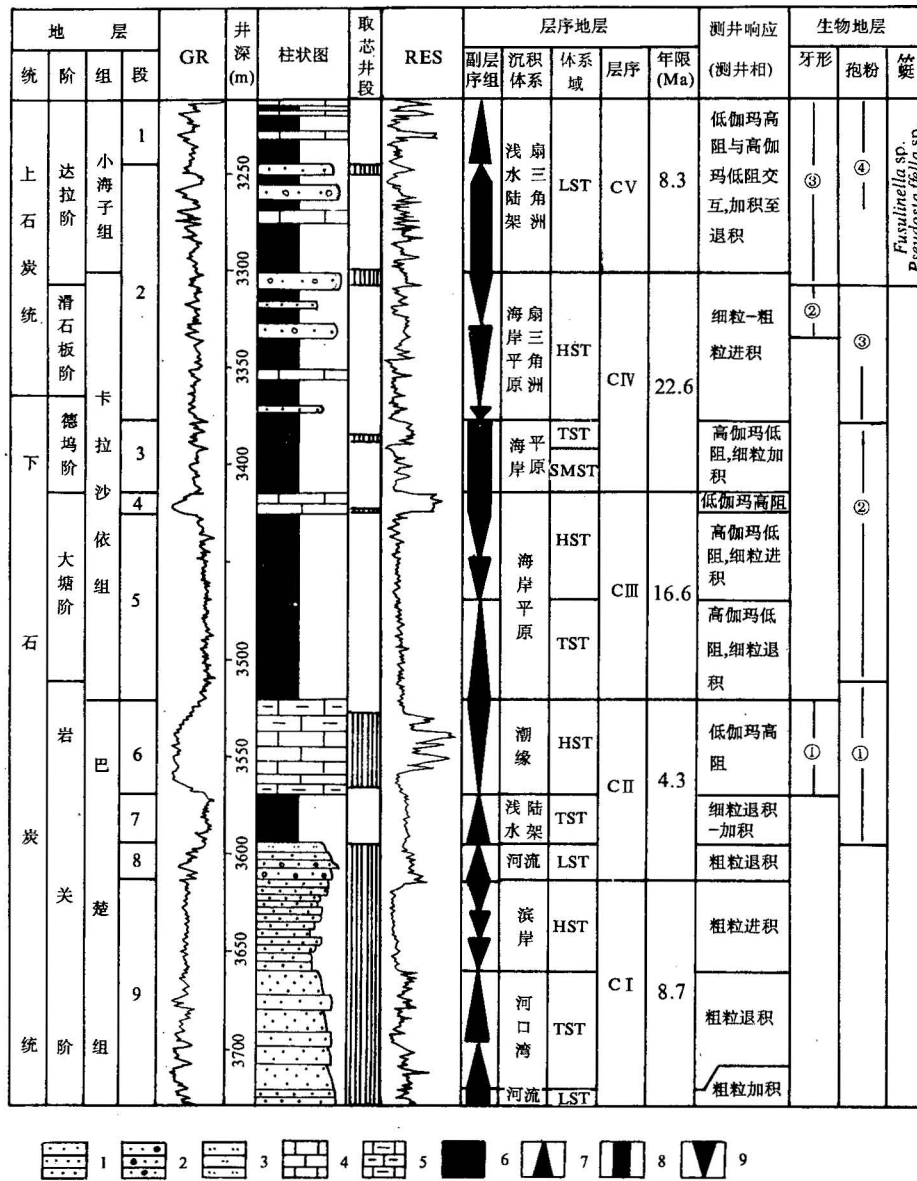


图2 塔中四井石炭系层序地层划分及特征

Fig. 2 Division and features of Carboniferous sequence stratigraphy in well TZ4

1. 砂岩类; 2. 含砾砂岩类; 3. 粉砂岩; 4. 碳酸盐类; 5. 泥灰岩; 6. 泥岩类; 7. 退积副层序组; 8. 加积副层序组; 9. 进积副层序组; GR 自然伽玛测井曲线; RES 电阻率测井曲线

1. Sandstone; 2. pebbly sandstone; 3. siltstone; 4. carbonate; 5. marls; 6. mudstone; 7. retrogradational parasequence set; 8. aggradational parasequence set; 9. progradational parasequence set;

GR gamma-rays logging curve; RES resistivity logging curve

牙形石 (Conodont): ① *Polygnathus inornatus-Clydagnathus gilwernensis* 带 (assemblage belt); ② *Idiognathoides corrugata-Idiognathodus delicatus-Neognathodus bassleri* 带 (assemblage belt); ③ *Streptognathodus suberctus-S. parvus* 带 (assemblage belt). 孢粉 (Pollen): ① *Auroraspora-Hymenozotrieter-Calamospora-Retusotriletes* 组合 (assemblage belt); ② *Lycospora-Punctatisporites-Murospora* 组合 (assemblage belt); ③ *Florinites-Reinschospora speciosa* 组合 (assemblage belt); ④ *Pityosporites-Alisporites-Protohaploxypinus* 组合 (assemblage belt)

2.1.2 测井、岩芯资料划分出的层序边界与沉积层序

通过高分辨率的岩芯、测井记录,可识别出6个层序边界及相应地划分出5个沉积层序(表1),自下而上分别命名为CⅠ, CⅡ, CⅢ, CⅣ, CⅤ层序(图2),区域上具有很好的对比性(图3)。

CⅠ层序 由东河砂岩段组成。该层序顶、底分别由两个SB₁型界面所限定,组成一个由低水位体系域、海侵体系域及高水位体系域的Ⅰ型层序。层序底界为盆地范围内的一个大型不整合面,与CⅠ_s层序底界一致。东河砂岩段呈角度不整合超覆于奥陶、志留及泥盆系之上。这个界面也是超层序的底界,代表了一次非常强烈的区域构造运动。

在该层序中已识别出了河流沉积体系、三角洲沉积体系、河口湾沉积体系、水下冲积扇沉积体系及无障碍滨岸沉积体系。低水位体系域由分布在侵蚀角度不整合面上的较薄的(1—10m)砂、砾质粗屑辫状河流体系组成。海侵体系域主要包括一个三角洲体系、一个冲积扇体系、一个河口湾体系及滨岸体系(图4)。三角洲体系在地震反射特征上表现为沿水流方向的一系列前积反射,垂直水流方向则为多个丘状反射。测井与岩芯资料表明这个三角洲体系只发育三角洲前缘亚相。水下冲积扇位于盆内古山脉南侧,以叠瓦状的地震反射结构为特征,岩性上则为反映快速堆积的分选极差的砂、砾岩。河口湾体系在地震纵、横剖面上均表现为下凹顶平的扁豆体形态,主要由潮汐砂坝、潮坪及滨面亚相组成^[6]。高水位体系域主要包括滨岸体系及近岸冲积扇体系。滨岸沉积体系以细砂岩为主,夹砂质粉砂岩—泥质粉砂岩。垂向上形成典型的向上变浅变粗的进积副层序组(图3),代表了区域内更高频的海平面升降旋回。近岸冲积扇体系以一系列向上变细的砾—砂岩序列组成,具典型的密度流(泥石流—泥流)沉积特征。

CⅡ层序 自下往上由含砾砂岩段、底泥岩段及生屑灰岩段组成,厚80—100m。其底界为CⅠ层序的顶界,识别出这个SB₁界面的主要依据是:(1)岩性上粒度的突然变粗,以下伏滨面相突变为陆上河流相,反映出沉积相向盆地的迁移;(2)大范围内的地表侵蚀与河流回春作用,根据地层倾角测井及岩芯资料已识别出极为广泛的辫状河流沉积序列。该层序中包括有低水位体系域、海进体系域及高水位体系域,是一完整的Ⅰ型层序。

低水位体系域仅发育低水位晚期的河流充填沉积体系,向上由海水覆盖和逐渐加深的滨岸沉积体系及陆架(滨外泥)沉积体系组成,在测井曲线上以典型的退积副层序组为特征。高水位体系域由生屑灰岩段组成。对该套碳酸盐岩的岩石学特征及沉积特征的研究表明,其沉积相带模式非常类似于Lapointe^[7]及Young等人^[8]所描述的陆表海潮汐作用模式,属潮缘沉积体系^[9]。垂向上的岩性组合以及测井响应特征可清晰地揭示出生屑灰岩段是以一系列向上变浅的副层序堆叠而成的进积副层序组组成。这些副层序及副层序组代表了更高频(4—5级)的海平面升降旋回,属米兰柯维奇旋回^[10],不同于碳酸盐台中由潮坪向潮下碳酸盐产地的进积作用(潮坪楔状体)所形成的自旋回^[11],它具有大范围内同时加积的席状特征,即横向上具有较好的对比性,反映了受海平面升降变化的控制。

CⅢ层序 层序由下泥岩段和标准灰岩段组成,厚100—120m。可识别出海侵体系域及高水位体系域。区内缺失陆架边缘体系域,为Ⅱ型层序。该层序顶、底分别由两个Ⅱ型界面所限定。CⅢ层序的底部界面即是CⅡ层序的顶界面。确定CⅢ层序的底界面为Ⅱ型界面的主要依据是:(1)地表的暴露(无侵蚀)与微喀斯特作用;(2)生屑灰岩段中广泛发育的准同生期白云石化作用;(3)进积的副层序组突变到界面之上的退积—加积的副层序组。

在该层序中,组成海侵体系域及高水位体系域下部的下泥岩段主要为海岸平原沉积体系,

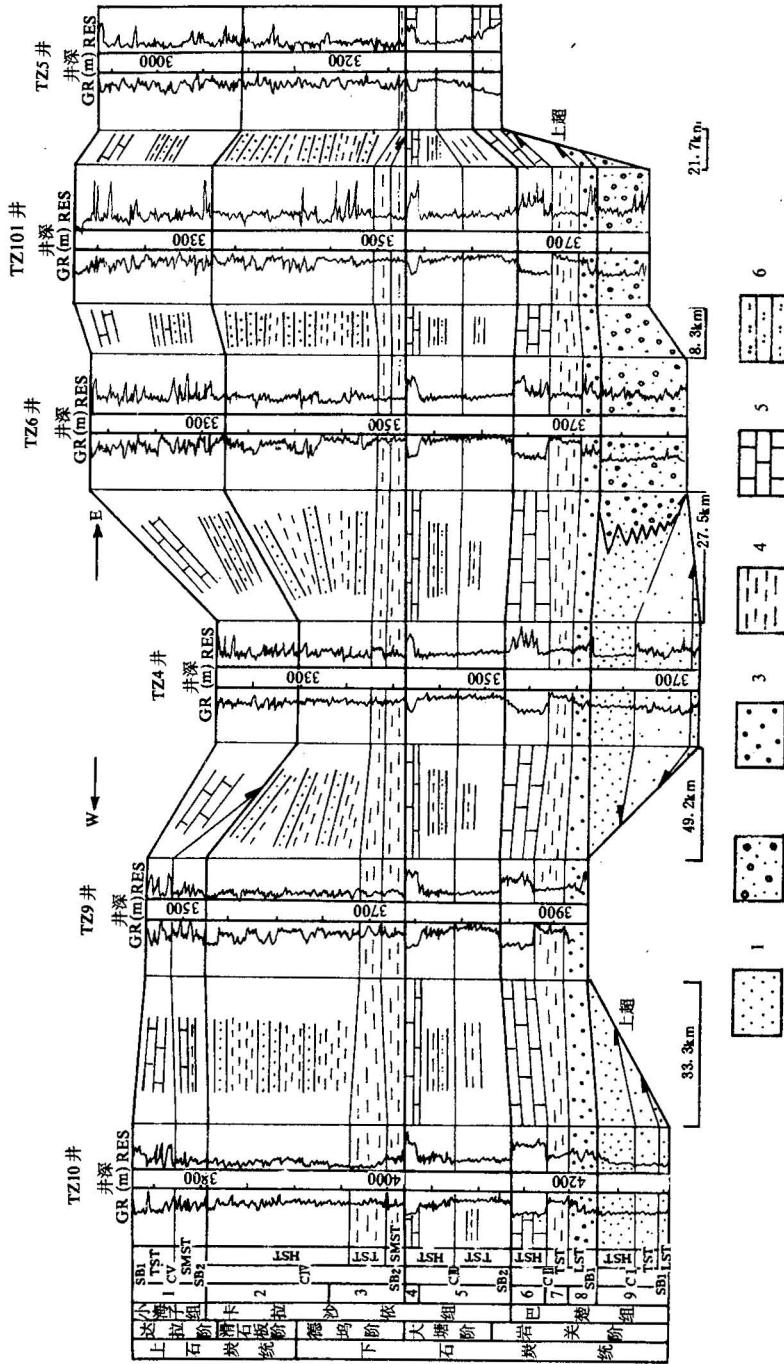


图3 塔中地区石炭系东西向连井剖面层序地层划分对比
 Fig. 3 Division and correlation of Carboniferous sequence stratigraphy in the Tazhong area

1. 砂岩; 2. 砾岩-含砾砂岩; 3. 含砾砂岩; 4. 泥岩; 5. 石灰岩; 6. 粉砂岩

1. Sandstone; 2. conglomerate-pebbly sandstone; 3. pebbly sandstone; 4. mudstone; 5. limestone; 6. siltstone

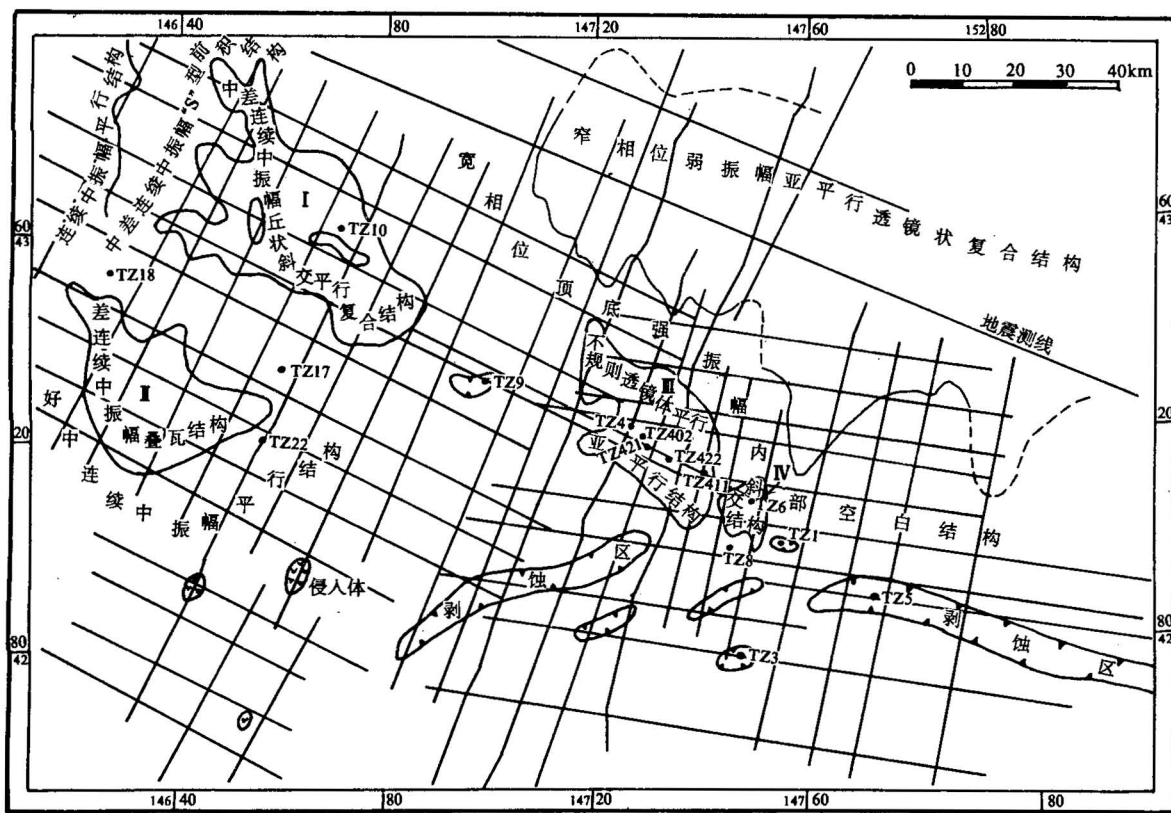


图 4 塔中地区石炭系 C1s 层序地震相类型平面分布图

Fig. 4 Seismic facies distribution of the Carboniferous sequence C1s in the Tazhong area

I 三角洲体系; II 扇三角洲体系; III 河口湾体系; IV 冲积扇体系

I Delta regime; II fan delta regime; III estuary regime; IV alluvial fan regime

二者间以测井曲线所反映的副层序堆叠型式的转换为界。位于高水位体系域顶部的标准灰岩段为一套灰色泥晶灰岩,缺少生物化石,属典型的滞后型^[12]局限台地(泻湖)碳酸盐沉积。

CIV 层序 由上泥岩段及大部分砂泥岩段(中、下部)组成,厚 114—226m。在该层序中可识别出陆架边缘体系域、海进体系域及高水位体系域。顶、底部分别为两个无侵蚀的 I 型不整合所限,组成一完整的 II 型层序。确定这两个 II 型界面则主要是依据测井响应所表征的副层序堆叠型式及沉积组分分析所推定的。

CIV 层序由上泥岩段及砂泥岩段的中下部组成。陆架边缘体系域由颜色较杂、含膏含钙团块的海岸平原体系的泥岩组成,西厚东薄,至 TZ5 井尖灭。其顶部界面为一高伽玛峰值所限,可能代表了初始海泛面的沉积特征。海侵体系域以灰色、灰褐色、深灰色的泥岩为主,可能主要为浅海陆棚体系,仍为西厚东薄。该体系域仍以一高伽玛峰值所限,代表了最大海泛面的沉积。高水位体系域由 3 个向上变粗的副层序叠置成一个进积的副层序组^[13]。并且,在东西方向(走向)近 140km 的范围内可进行对比,但向东砂砾岩层厚度增加,层数增多(图 3)。这些副层序由

扇三角洲及海岸平原两个沉积体系组成。扇三角洲在区内可划分出扇中辫状三角洲平原亚相、扇端三角洲前缘亚相,属地势平坦、气候潮湿环境下的湿型扇三角洲^[14]。海岸平原体系可划分出潮坪亚相及沼泽亚相。

由海岸平原与扇三角洲体系组成的副层序代表了扇三角洲向海岸平原体系中的插入,3个副层序则反映了3次扇三角洲的插入或发育事件。但是,每后一次的扇三角洲都较前一期的由东向西推进,导致形成一个反映海平面相对下降的高水位期进积副层序组。

CV层序 由部分砂泥岩段(上部)及小海子组灰岩段组成,厚65—170m不等。在这个层序中识别出陆架边缘体系域及海侵体系域,缺失高水位体系,为一不完整的Ⅱ型层序。层序底界面即CN层序的顶界面,为Ⅱ型层序界面,顶界面为Ⅰ型界面,与CⅢs层序顶界面一致。陆架边缘体系域由海岸平原体系的棕褐色泥岩组成,其厚度较小,呈楔状向东尖灭。海侵体系域是该层序的主体,厚度上呈明显的东厚西薄的特点。横向上及垂向上岩性变化较大。由东向西以砂、泥岩为主相变为碳酸盐岩为主,而垂向上碳酸盐岩比例逐渐增加,最终以碳酸盐岩为主。可识别出两类沉积体系,即浅水陆棚沉积体系及扇三角洲沉积体系。浅水陆棚体系进一步划分为浅水陆棚泥及浅水陆棚碳酸盐亚体系,即由离陆屑物源区较近的浑水陆棚沉积过渡为离陆屑物源区较远的清水碳酸盐陆棚沉积。在海侵期,发育于东南部的扇三角洲仍然延伸到研究区内。但与CN层序高水位期的扇三角洲相比,主要为厚度较薄粒度较细的扇三角洲前缘亚相,并且,每次的扇三角洲事件与前次相比都有向陆退缩的特点,垂向上与浅水陆架泥组成弱退积的副层序组(图3)。

通过层序地层学所划分出的CN和CV层序间的界面很显然为一等时界面,在西部TZ10井区是小海子组灰岩段与下伏砂泥岩段的分界,而在东部区其分界则位于砂泥岩段中。而生物地层所划分的小海子组仅包括灰岩段,两者间差异较大。这是由于不断向东推进的海岸线导致远离陆屑区以清水碳酸盐沉积为主。垂向上由碳酸盐的相变代表了海平面的不断上升,陆屑沉积中心不断向东推进(图3)。因此,灰岩段仅是一个岩性段,其底界并非为一个具时代意义的分界面^[13]。

2.2 层序年限与级别的厘定

层序地层学中的沉积层序代表了一次海平面的相对升降演化旋回。硅质碎屑沉积岩中所解释出的全球海平面升降旋回等级具有叠加旋回型式^[15]。旋回的频率范围为50—100Ma,5—50Ma(通常为9—36Ma),1—5Ma,0.1—1Ma及0.01—0.1Ma,分别对应于第一级至第五级海平面相对升降旋回。具有这种旋回性的地层单元分别为超层序、层序及副层序。石炭系包括5个三级旋回对应的层序。它们具有标准层序所具有的地层特征,包括由副层序或副层序组组成的低水位体系域、海侵体系域、高水位体系域的Ⅰ类层序及由副层序或副层序组组成的陆架边缘体系域、海进体系域、高水位体系域的Ⅱ类层序。

作为二级超层序的石炭系,其形成时间为72Ma^[16]。区内由于缺失相当于滨夕法尼亚亚纪的卡西莫夫世与格泽里世沉积的马平阶(13Ma),那么,每个层序的形成时间平均为11.8Ma,但是,这里没有考虑层序间的间断时间。根据区内石炭系中所划分出的3个牙形石带,4个孢粉化石组合带及笔管类化石带所限定的地质时代,确定的5个层序所形成的年限相差较大,CⅠ层序的形成时期大致对应于杜内世(岩关期)的哈斯塔尔期,跨时约8.7Ma,CⅡ层序大致对应杜内世的伊沃尔期,跨时约4.3Ma,CⅢ与CN层序大致分别对应于大塘期及德坞—滑石板期,跨时分别为16.6Ma及22.6Ma,CV层序大致对应于达拉期,跨时8.3Ma。很显然,CⅢ与

CIV层序的跨时之长已大大超过了埃克森公司所定义的三级旋回的跨时范畴。

古气候与沉积物源的研究表明^[17],岩关早期气候温暖,物源丰富,沉积速率快,岩关中晚期为半干旱环境,大塘、德坞,直至滑石板期,为半干旱至强烈蒸发的干旱环境,沉积物颜色变浅变红,碎屑组分明显减少,泥质组分增多,反映蒸发作用的石膏、盐岩含量明显增多,区域上还出现厚达数百米的膏盐层。在这种构造沉降极为稳定,以海陆交互为特征的海岸平原体系中,沉积速率极为缓慢,反映了区域的构造背景与沉积环境对层序的发育及层序形成时间的控制作用。

3 一个克拉通内坳陷盆地中的层序地层沉积模式及层序框架模式

塔里木地区在经历了海西早期的强烈构造运动之后,形成了塔里木陆块腹地内石炭纪克拉通内部挤压性坳陷原型盆地。塔中地区属于这个原型盆地的近东部边缘。随着海平面缓慢上升,形成了一套C I层序底部厚度不大的低水位晚期的河流充填沉积体系。经与向西的巴楚隆起区钻井资料及其边缘出露带对比,C I层序缺失低水位早中期的海底扇、斜坡楔状体及进积复合体,也缺失类似于陆架之上的深切河谷。接踵而至的海侵在其早期形成TZ10井区三角洲体系及TZ17—TZ18井南水下冲积扇体系(图4),这两个体系的共同特点是顶积层不发育,这是因为不断向东推进的海岸线不利于顶积层的形成。此时东区南、北两大剥蚀区之间的大山谷在海侵期表现为一无沉积的均衡河流,TZ10井区三角洲物源绝大部分由这条河流自东向西输入。海侵中晚期,海岸线继续向东推进,位于山谷口的TZ4井区形成河口湾环境。在经历了这次海侵之后,由于海水的侵进淹没及隆起区的进一步剥蚀,导致古隆起剥蚀区面积迅速减小。TZ9—TZ17井区的古山脉此时已明显变小,在塔中地区高水位期形成一套分布广泛的滨岸沉积体系。并且,由于高水位期沉积物不断的充填作用,导致容纳空间减少。最后,湾线不断向海推进,河流平衡剖面位置上升,形成陆上新增容纳空间。在此时期内广泛出现陆上冲积平原沉积(图5)。研究表明^[18],只有在坡度较低的情况下湾线向盆地移动时才能产生陆上容纳空间,研究区也正好反映了这种平缓的沉积盆地地形特点。

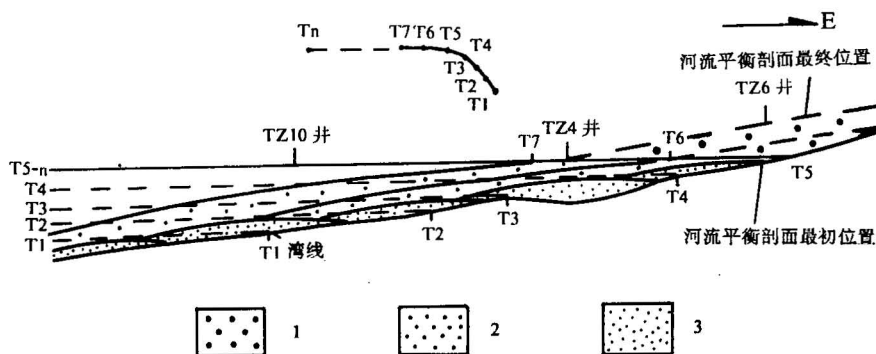


图5 塔中地区石炭系C I层序海平面变化与沉积演化模式

Fig. 5 Sea-level change and sedimentary evolutionary model of the Carboniferous sequence C I in the Tazhong area

1. 高水位体系域陆上冲积物; 2. 高水位体系域滨岸砂岩; 3. 海侵体系域砂岩; $T_1 \cdots T_n$ 在时期 $1 \cdots n$ 海平面的位置
1. HST terrestrial alluvial deposits; 2. HST coast sandstone; 3. TST sandstone; $T_1 \cdots T_n$ sea level in period $1 \cdots n$

随之发生的海水向西退出,形成了C I层序顶部的I型层序边界。古隆侵蚀区及古山头进一步遭受剥蚀,边缘区所沉积的C I层序也可能遭受剥蚀或剥缺,表现为C I层序东河砂岩的尖灭线既有呈超覆尖灭的也有呈削蚀尖灭的。在此时期,C I层序顶部广泛发育有冲积辫状河沉积。随之而来的海进淹没全区,在C I层序的最大海进线之上向东推进数10km甚至上百公里,区内仅局部较高的山头仍为剥蚀区。在经历了高水位期生屑灰岩段的沉积之后区内已完全达到了填平补齐,海平面再一次下降,海水退出本区。沉积物经历了暴露及微侵蚀作用,形成II型界面。但区内在其界面之上无陆架边缘体系域沉积,该沉积地层单元主要分布于研究区以西

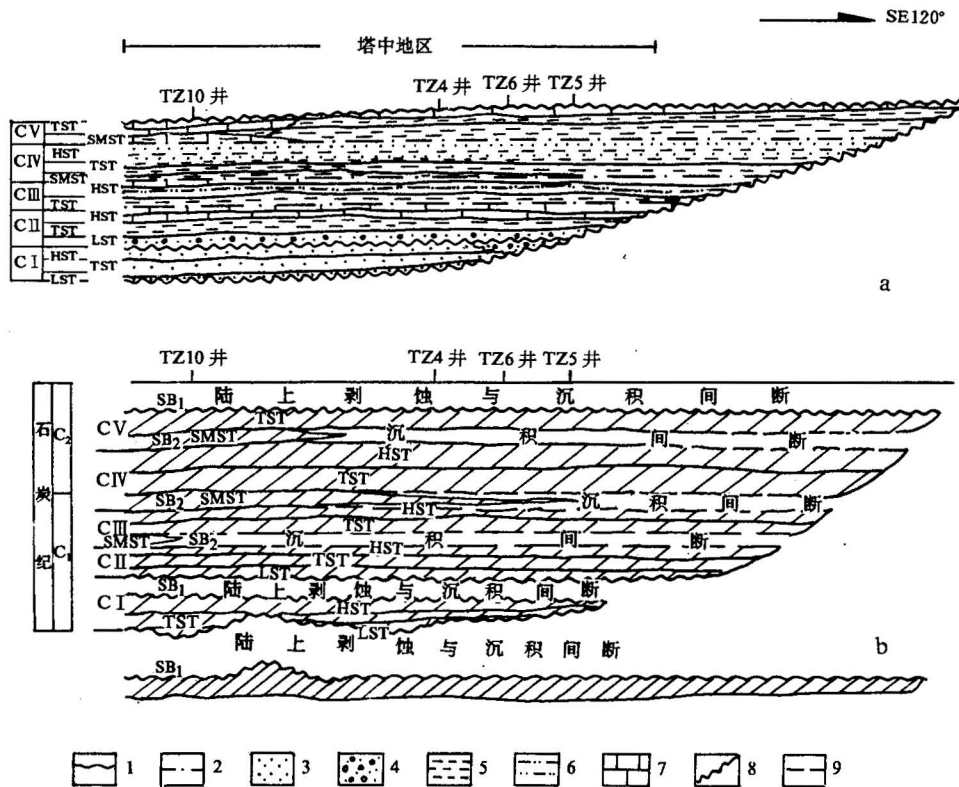


图6 塔中地区石炭系层序地层学框架模式

a 层序地层沉积岩相框架;b 层序地层年代分布框架

Fig. 6 Framework model of Carboniferous sequence stratigraphy in the Tazhong area

a sedimentary lithofacies framework of sequence stratigraphy;

b chronostratic distribution framework of sequence stratigraphy

1. I型层序边界;2. II型层序边界;3. 砂岩;4. 含砾砂岩—砾岩;5. 泥岩;6. 粉砂岩至粉砂质泥岩;
7. 碳酸盐岩;8. 岩相分界;9. 平行不整合

1. Type I sequence boundary;2. type II sequence boundary;3. sandstone;4. pebbly sandstone—conglomerate;5. mudstone;
6. siltstone—silty mudstone;7. carbonate;8. lithofacies boundary;9. parallel unconformity

的巴楚地区。之后的海进形成了C III层序的海进体系域与高水位体系域。由于此时期盆底已填平补齐极为平坦,加之气候炎热、干旱、粗粒碎屑物源贫乏,沉积速率慢,区内形成厚度变化小,

岩性稳定的CⅢ层序地层单元。在盆地的其它地区(满加尔地区等)还发育有较厚的膏盐层。CⅣ层序区内各体系域发育齐全,仅TZ5井及其东部代表海平面下降的陆架边缘体系域缺失。CⅣ层序由于陆源碎屑沉积物输入量的差异或沉积中心的不均衡迁移,导致横向上厚度变化大(图3)。CⅤ层序海平面下降期区内陆架边缘体系域也仅只是分布于TZ10井区。但是,随之而来的石炭纪最后一次海侵已使得沉积中心向东迁移,海侵后期主要以清水碳酸盐沉积为主,高水位体系域已遭剥蚀。由于这次海水的退出没有伴随强烈的水平构造运动,CⅤ层序与上覆的二叠系之间呈较小角度的不整合接触。至此,石炭系沉积层序全部结束。

结合全盆地石炭纪沉积特征及区内的层序地层单元演化的分析表明,石炭纪这个克拉通内部拗陷沉积原型盆地是一个具有盆底平坦、盆地周缘坡度缓、无陆架坡折的碟形盆地,不发育低水位体系域的盆底扇、斜坡楔状体,以及深切河谷。盆内水浅、盆地周缘均有物源的供给,海侵期的凝缩层段少见。海岸平原沉积体系发育,在潮湿气候条件下常与陆架型湿型扇三角洲体系共生,组成海陆交互的沉积岩相框架。整体上石炭纪沉积盆地范围由小到大,相对海侵规模一次超过一次。由此,建立起区内层序地层学沉积模式及结合年代地层建立起层序地层分布框架(图6)。

4 海平面变化及其对比

通过区内5个沉积层序所对应的地质时期揭示出的海平面相对升降变化是:①岩关早期海平面上升与岩关中期海平面下降;②岩关中晚期海平面上升与岩关末期海平面下降;③大塘早中期海平面上升与大塘晚期海平面下降;④德坞期、滑石板早期海平面上升与滑石板晚期海平面下降;⑤达拉早中期海平面上升与达拉晚期海平面下降(图7)。与我国扬子区石炭纪海平面升降旋回具有较好的对比性^[19],其中第二旋回的结束期略早。跨时德坞至滑石板期中仅只识别出一个旋回,反映了区域构造背景及沉积环境对层序形成与发育的控制作用。岩关末期的海平面下降与冈瓦纳大陆早石炭世的第一次冰期^[20]基本对应,但是,德坞末期的冰期事件在研究区内无法识别。

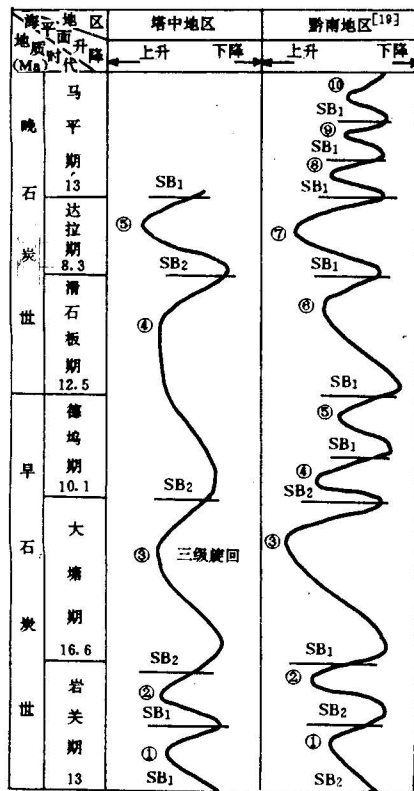


图7 研究区石炭纪海平面变化与区域对比

Fig. 7 Sea-level change and its regional correlation during the Carboniferous Period in the studied area

期的冰期事件在研究区内无法识别。

5 结论

研究表明,埃克森公司倡导的以不整合面及其相当的整合面为界的层序地层学原理可应用于这种内拗陷盆地,但具有如下几个特点:(1)这种挤压性的克拉通内拗陷盆地具有底平坡缓的碟状形态特征,没有相当于被动大陆边缘型盆地的陆架坡折及深切河谷,沉积层序中缺乏低水位早中期的盆底扇、斜坡扇及前积楔状复合体,而仅发育低水位晚期较薄的河流充填沉积

体系。(2)Ⅱ型层序边界极为常见,这是因为海平面稍微下降就可导致盆地内大面积的地表暴露,由于盆底平坦;所产生的新的河流平衡剖面与较老的平衡剖面差不多,因此,不易发生河流的回春及侵蚀。(3)由于盆内水浅,离物源区较近及盆地周缘均可供应物质,因此,代表最大海泛期的凝缩层段不发育。(4)海岸平原沉积体系发育,在潮湿气候条件下常与陆架型湿型扇三角洲体系共生,组成海陆交互相的沉积岩相框架。干旱气候条件下则出现大面积的蒸发岩相。

参 考 文 献

- 1 贾承造,姚慧君,魏国齐. 塔里木盆地构造演化和主要构造单元地质构造特征. 塔里木盆地油气勘探论文集. 乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社,1992. 207—225页.
- 2 郭建华,罗传容,刘生国. 塔里木盆地前震旦—石炭纪构造演化与石炭纪原型盆地属性. 矿物岩石,1995,15(3):50—57.
- 3 新疆石油管理局南疆石油勘探公司,江汉石油学院. 塔里木盆地震旦纪至二叠纪地层古生物(Ⅱ). 北京:石油工业出版社,1994.
- 4 Vail P R. Seismic stratigraphy interpretation using sequence stratigraphy, Part 1: seismic stratigraphy interpretation procedure. In: Bally A W, ed. Atlas of seismic stratigraphy. AAPG Stud. Geol., 1987. 27(1):1—10.
- 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. AAPG Methods in Exploration Series, 1990, 1—55.
- 6 郭建华,吴智勇,翟永红,刘生国. 塔中四井区石炭系东河砂岩段中的河口湾沉积. 江汉石油学院学报, 1995, 17(4): 5—11.
- 7 Laporte L F. Recognition of a transgressive carbonate sequence within an epeiric sea; Helderberg Group (Lower Devonian) of New York state. In: Friedman G M, ed. Depositional environments in carbonate rocks. SEPM Spec. Publ., 1969. 14: 98—119.
- 8 Young L M et al. Carbonate facies in Ordovician of Northern Arkansas. AAPG, 1977, 56(1):68—80.
- 9 郭建华,翟永红,刘生国. 塔中石炭系“生屑灰岩”段沉积特征. 石油勘探与开发, 1996, 23(2): 27—31.
- 10 Hays J O, Imbrie J, Shackleton N J. Variations in the Earth's orbit: Pacemaker of the ice ages. Science, 1976, 194: 1121—1132.
- 11 Ginsburg R N. Landward movement of carbonate mud; New Model for regressive cycles in carbonates [abs]. AAPG, 1971, 55: 340.
- 12 Sarg, J. F., Carbonate sequence stratigraphy. In: Wilgus C K, Hastings B S, Kendall C G S C, et al. ed. Sea-level changes: An Integrated Approach. SEPM Spec. Publ., 1988. 42: 155—181.
- 13 郭建华,刘生国,肖传桃,翟永红. 塔中卡拉沙依组—小海子组层序地层与沉积相. 石油与天然气地质, 1988, 16(3): 265—271.
- 14 Nemec W, Steel R J. What is fan delta and how do we recognize it? In: Nemec W, Steel R J, ed. Fan deltas, sedimentology and tectonic settings. Glasgow, Scotland: Blakie and Sons, 1988. 2—13.
- 15 Mitchum Jr R M, van Wagoner J C, High-frequency sequences and their stacking patterns: Sequence-stratigraphic evidence of high-frequency eustatic cycles. Sedimentary Geology, 1991, 70(2/4): 131—160.
- 16 王鸿祯,李光岑编译. 国际地层时代对比表. 北京:地质出版社,1990.
- 17 郭建华,刘生国,翟永红. 塔中地区石炭系碎屑岩岩石学特征与物源分析. 江汉石油学院学报, 1995, 17(3): 1—7.
- 18 Posamentier H W, Vail P R. Eustatic controls on clastic deposition II: Sequence and systems tract models. In: Wilgus C K, Hastings B S, Kendall C G S C, et al. ed. Sea-level changes: An Integrated Approach. SEPM Spec. Publ., 1988. 42: 125—154.
- 19 刘本培,李儒峰,尤德宏. 黔南独山石炭系层序地层及麦粒筵带冰川型全球海平面变化. 地球科学, 1994, 19(5): 553—564.
- 20 Veevers J J, Powell, C McA. Late Paleozoic glacial episodes in Gondwanaland reflected in transgressive—regressive depositional sequences in Euramerica. GSAB. 1987, 98(4): 425—487.

ON THE CARBONIFEROUS SEQUENCE STRATIGRAPHY IN THE
TAZHONG AREA, XINGJIANG
—A MODEL OF THE SEQUENCE STRATIGRAPHY FRAMEWORK
OF INTRACRATONIC DEPRESSIONAL BASINS

Guo Jianhua,

(Jianghan Petroleum Institute, Jingsha, Hubei)

Zeng Yunfu,

(Chengdu Institute of Technology, Chengdu, Sichuan)

Zhai Yonghong and Gao Zhenzhong

(Jianghan Petroleum Institute, Jingsha, Hubei)

Abstract

The original Carboniferous basin in the Tazhong area is a compressional intracratonic depression. The Carboniferous stratigraphic succession of the basin is rather well developed, only the topmost Maping Formation being absent. Three type I sequence boundaries and three type II sequence boundaries are recognized within it. In accordance with the above six sequence boundaries, the Carboniferous system is divided into five depositional sequences, which have the stratal characteristics of the standard sequence. These depositional sequences can be well correlated laterally in the studied area. The time spans for forming these sequences were different, roughly equal to the sedimentary stratal unit of a third-order eustatic cycle, which can be correlated with the rise and fall of regional and/or global sea level. However, the regional tectonic setting and sedimentary environment governed the formation and development of the sequences to some degree.

The framework of sequence stratigraphy of the intracratonic basin in the studied area differs from that of the passive continental-margin basin in the following aspects: lack of the depositional systems of early-middle lowstand; absence of continental break, poor development of the deeply incised valley and condensed section of the maximum sea-flood, good development of the type II sequence boundaries and coastal plain depositional systems coexisting with the shelf-type fan deltas under the conditions of wet climate, which consequently led to the formation of a lithofacies framework of sea-continent alternation.

Key words: sequence stratigraphy, intracratonic basin, framework model, depositional system, Carboniferous

作者简介

郭建华,生于1957年9月,湖南人。1982年毕业于中南工业大学地质系,1995年获成都理工学院沉积学理学博士学位,现为江汉石油学院副教授。主要从事沉积学,储层地质学以及层序地层学方面的教学与研究工作。通讯处:湖北省荆沙市江汉石油学院地质系,邮政编码:434102。