

塔里木盆地巴楚地区石炭系层序地层学特征

郭建华, 孙礞墩, 许杰, 郭原草, 张琳婷

(中南大学 地学与环境工程学院, 湖南 长沙, 410083)

摘要: 对岩芯进行观察与描述, 对测井曲线与岩性的岩-电关系进行对比, 对地震反射特征进行研究, 并采用层序地层学对连井剖面进行对比。研究表明: 研究区石炭纪地层内反映海平面变化的地层旋回性十分清楚; 按层序划分的基本原则, 在石炭纪地层中可识别出6个层序边界, 相应地划分出5个层序, 其中至少有2个I型层序; 在I型层序内部, 低位体系域发育较差, 主要为侵蚀沟谷充填体系及山前的扇体系; 海侵体系域以碳酸盐岩沉积为主; 而高位体系域则表现为西南以碳酸盐岩为主, 向东北则逐渐过渡为广泛的碎屑潮坪或沼泽; 自生屑灰岩段沉积时开始, 巴楚地区西南缘构造沉降速率明显加快, 沉积厚度加大, 碳酸盐岩的含量也相应增加。

关键词: 层序地层; 层序边界; 石炭系; 巴楚地区

中图分类号: TE121.34

文献标志码: A

文章编号: 1672-7207(2010)01-0257-08

Sequence stratigraphy of Carboniferous at Bachu area, Tarim Basin

GUO Jiang-hua, SUN San-dun, XU Jie, GUO Yuan-cao, ZHANG Lin-ting

(School of Geosciences and Environment Engineering, Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: Based on the detailed observation and description of the rock cores, the contrast of rock-electricity relation between logging curve and lithology, and the study of seismic reflect character were carried out. Combining the observation of outcrop section and test analysis, Carboniferous stratum cycles that reflect sea level change were studied. Sequences correlation of wells tie was made. The results show that the Carboniferous stratum cycles are significantly clear in the study area. According to the basic laws of sequence dividing, six sequence boundaries can be recognized, accordingly, five sequences can be divided in Carboniferous stratum, and at least two sequences belongs to type I. The lowstand system tract doesn't present well in type I sequences, which presents incised channel infilling deposition and basin margin fan system deposition. Transgressive system tract mainly deposits carbonatite. Highstand system tract deposits carbonatite at adjacent basin zone, and changes into extensive clastic tidal flat or swamp deposit toward basin margin. Structure subsiding ratio of southwestern margin is accelerated, deposit thickness becomes thick, and carbonatite content increases.

Key words: sequence stratigraphy; sequence boundary; Carboniferous; Bachu area

巴楚隆起位于塔里木盆地中央隆起带的西端, 是塔里木盆地一级构造单元中央隆起带中的1个次级构造, 面积约43 000 km²。巴楚隆起是1个由断裂控制的活动古隆起, 北东以阿恰—吐木休克断裂为界与阿

瓦提凹陷相联, 东临塔中低隆即卡塔克隆起, 东南以塘北断裂(带)为界与塘古巴斯坳陷相邻, 西南—南部以色力布亚断裂—玛扎塔格断裂为界与麦盖提斜坡相连, 北西端以柯坪—沙井子断裂为界与柯坪隆起相邻。

收稿日期: 2008-12-10; 修回日期: 2009-03-18

基金项目: 国家重点基础研究发展规划(“973”计划)项目(2005CB422103)

通信作者: 郭建华(1957-), 男, 湖南华容人, 教授, 博士生导师, 从事含油气盆地沉积学、层序地层学及储层地质学研究; 电话: 0731-88836235;

E-mail: gjh796@mail.csu.edu.cn

巴楚隆起被夹持在阿恰断裂—吐木休克断裂带和色力布亚断裂—玛扎塔克断裂带之间^[1-2],为一大型背冲断隆。区内的石炭系由下统的巴楚组、卡拉沙依组和上统的小海子组组成,自下而上包括巴楚组的含砾砂岩段、底泥岩段、生屑灰岩段,卡拉沙依组的下泥岩段、标准灰岩段、上泥岩段和砂泥岩段及小海子组的灰岩段。

1 层序边界识别及依据

1.1 地震地层层序边界

尽管区内的地震反射品质不是很高,通过合成记录的标定,仍可发现石炭系的顶(T_5^4)、标准灰岩段的顶(T_5^6)及生屑灰岩的顶(T_5^{6x})在区内大部分地区较稳定,在地震剖面上表现为较强的反射同相轴。由于区内地震反射类型简单,很难识别出由地震反射特征指示的诸如削截面、上超面或下超面这些层序中的一些重要界面,因此,只能将石炭系划分为 3 个地震层序,由 T_5^7 和 T_5^{6x} 限定的地震层序命名为 C I s, T_5^{6x} 和 T_5^6 限定的地震层序命名为 C II s, T_5^6 和 T_5^4 限定的地震层序命名为 C III s, 见图 1。

C I s 层序底界为 T_5^7 反射界面,该反射界面代表了石炭系的底界,是含砾砂岩段与东河砂岩的分界;缺失东河砂岩的区域则直接与下伏地层呈不整合接触;顶界面为全盆可追踪对比的 T_5^{6x} 强反射同相轴,该层序代表了石炭系巴楚组,区内厚度较稳定(图 1)。

C II s 层序顶、底分别为地震反射界面 T_5^6 和 T_5^{6x} ,包括标准灰岩和中泥岩段。由于标准灰岩在研究区大部分地区厚度变大,最大达 100 m 以上,因此,该

层序内部还出现了一个较强的反射波组,可能代表了标准灰岩的底界面。在研究区的西南部,由于石炭系基本上是以碳酸岩为主,内部反射变得较复杂,可出现 2~3 个层内反射波组。

C III s 层序位于地震反射界面 T_5^4 和 T_5^6 之间,包括小海子灰岩段、砂泥岩段和上泥岩段,砂泥岩段在区内厚度变化大,导致该层序的厚度也不稳定。由于这个层序岩性复杂多变,层序内部还出现了 1~3 个较强的反射波组,但这些波组不稳定,连续性较差。

综上所述,区内 C II s 层序和 P I s 层序内地震反射单调,基本上以空白反射为主, C II s 层序和 C III s 层序内部的地震反射也比较简单,地震相类型在平面上变化不大。

1.2 综合层序边界

层序边界是 1 个层序的顶、底面,通常由 1 个不整合面或与之可对比的整合面将上、下的新老地层分隔开,在侧向上连续、分布广泛的界面,至少覆盖了全盆地。Vail 等^[3-4]提出了层序边界的识别准则,并划分出 2 类不同性质的层序边界,即 I 型层序边界(SB1)和 II 型层序边界(SB2)。

本次研究对区内层序边界的识别方法包括如下几个方面:

- (1) 盆地内或区域内由地震资料或露头资料所反映的不整合面或与其对比的整合面;
- (2) 地层古生物资料所揭示的地层缺失不整合面;
- (3) 明显的地表侵蚀或侵蚀沟谷的充填;
- (4) 垂向上沉积相的不连续或沉积相明显的跳跃,主要反映在岩相的突变上;
- (5) 副层序的堆叠型式转换面往往由进积的堆叠

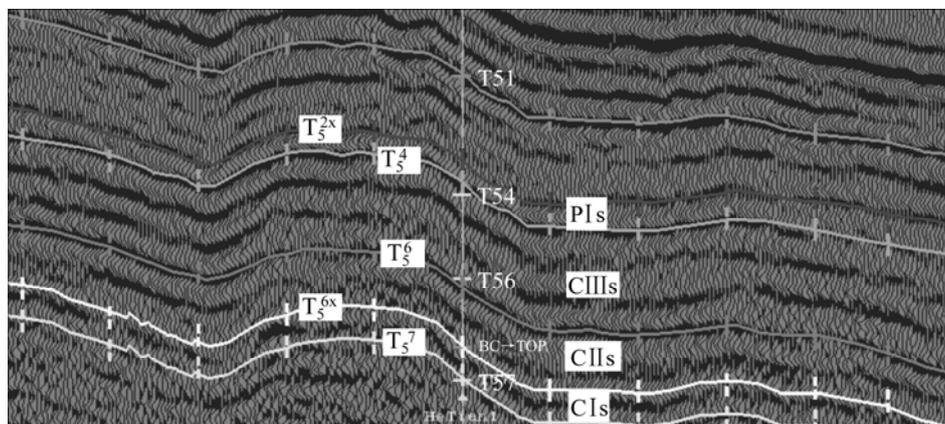


图 1 石炭纪地层在地震剖面上的反射特征及地震层序的划分

Fig.1 Reflect charater and seismic sequence division of Carboniferous on seismic section

型式向退积的堆叠型式转换;

(6) 地球化学特征。

通过以上几方面的综合研究, 在石炭系中共识别出 6 个层序边界。

1.2.1 边界 1

位于含砾砂岩段的底部, 它是将盆地内东河砂岩与上覆石炭系分隔开来的 1 个界面^[5-7]。大量的研究表明: 含砾砂岩段与东河砂岩之间不仅仅是出现沉积岩相向上的突然变粗而代表的沉积相向盆地方向的迁移, 而且在地球化学特征、地层的分布情况(图 2)及由地层倾角测井所反映的地层产状等方面有明显不同。因此, 这个界面是 1 个典型的 I 型层序边界(SB1)。

1.2.2 边界 2

位于下泥岩段的顶部和生屑灰岩段的底部, 在盆地范围内将下伏的下泥岩段和上覆的生屑灰岩段分隔, 地震剖面上具有 1 个明显的强反射同相轴, 反射界面被标定为 $T_5^{6\alpha}$ 。之所以将此界面确定为 1 个层序边界, 主要是从下伏的下泥岩段和上覆的生屑灰岩段的沉积环境分析而定的。下伏下泥岩段的上部主要由棕红色、褐色、褐灰色的泥岩、泥质粉砂岩夹石膏质泥岩组成。这种岩相组合代表了障壁海岸潮间一潮上的砂泥混合坪及潮上的泥坪环境, 而生屑灰岩则为水体较深、清澈环境下的沉积物, 代表了 1 次明显的、快速的海侵事件。但在这个界面上, 没有明显的地表侵蚀和河流的回春作用, 因此, 将此界面定义为 1 个 II 型层序边界(SB2)。

1.2.3 边界 3

位于中泥岩段的顶部和标准灰岩段的底部, 为 1 个 II 型层序边界(SB2), 它也是在盆地范围内将下伏的中泥岩段和上覆的标准灰岩段分隔开来的 1 个岩性界面。地震剖面上在东部具有 1 个明显的强反射同相轴, 反射界面被标定为 T_5^6 。由于标准灰岩段的厚度自东而西的变厚, 导致在和田 1 井以西变为 2 个较强的反射

同相轴。确定此界面为层序边界也是根据其上、下的岩相特征所反映的海平面变化关系而定的。下伏中泥岩段主要由棕红色、褐色、褐灰色的泥岩、泥质粉砂岩及膏泥岩组成。这种岩相组合也代表了干旱蒸发环境下的障壁海岸潮间一潮上的砂泥混合坪及潮上的膏泥坪环境; 而标准灰岩段的形成代表了另一次海侵事件。

1.2.4 边界 4

位于上泥岩段的顶部和砂泥岩段的底部, 这一界面也可以在盆地范围内追踪对比的。在研究区东部(康 2 井以东), 界面上、下岩相特征清楚, 下伏中泥岩段以棕红色、褐色、褐灰色的泥岩为主, 为干旱蒸发环境下的障壁海岸潮上环境; 上覆砂泥岩段下部以较粗粒的中厚层砂砾岩与泥岩互层为特征, 代表的是海岸平原与陆源冲积交互沉积的环境, 并且砂泥岩段的底部在很多井中都有对下伏泥岩的侵蚀和河流回春, 因此, 此界面应为 I 型层序边界(SB1)(图 3)。

1.2.5 边界 5

在研究区内这一界面大致位于砂泥岩段的顶部和小海子灰岩段的底部, 将此界面定为 II 型层序边界(SB2)。界面之下主要为障壁海岸的碎屑岩潮间坪、潮上沼泽夹碳酸岩薄层, 界面之上是盆地范围内的一次海侵事件, 形成了海侵期的小海子灰岩, 反映快速海侵而形成的层序界面在岩性上也十分清晰。由于此次海侵事件是由西南向东、东北方向不断侵进, 因此, 碳酸盐岩层也是由西南向东北不断上超, 总体上导致小海子组碳酸岩的厚度由西南向东北不断变薄, 在盆地范围内, 小海子组灰岩与下伏砂泥岩段并不是一个严格意义上的等时层序界面。

1.2.6 边界 6

边界 6 是小海子组碳酸岩与上覆二叠系之间的一个界面, 二叠系底部的南闸组则仅分布于研究区的西南缘。这一界面是 1 个 I 型层序边界(SB1), 在塔克拉

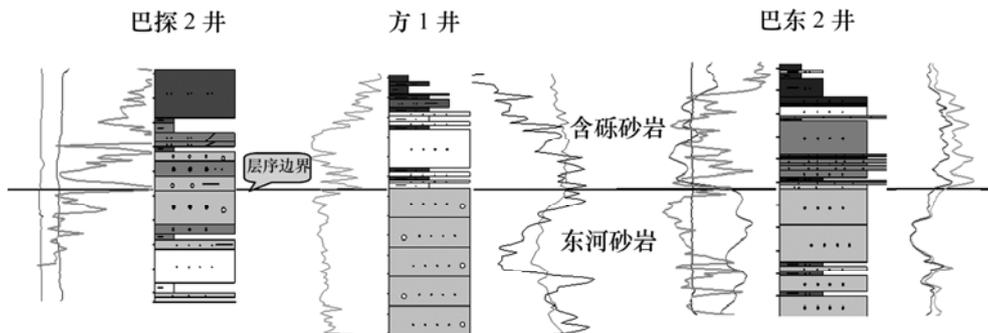


图 2 层序边界 1 上、下的含砾砂岩与东河砂岩之间的岩—电特征及对比

Fig.2 Correlation of lithological-electric property between Donghe sandstone member and pebbly sandstone member upper and down the first sequence boundary

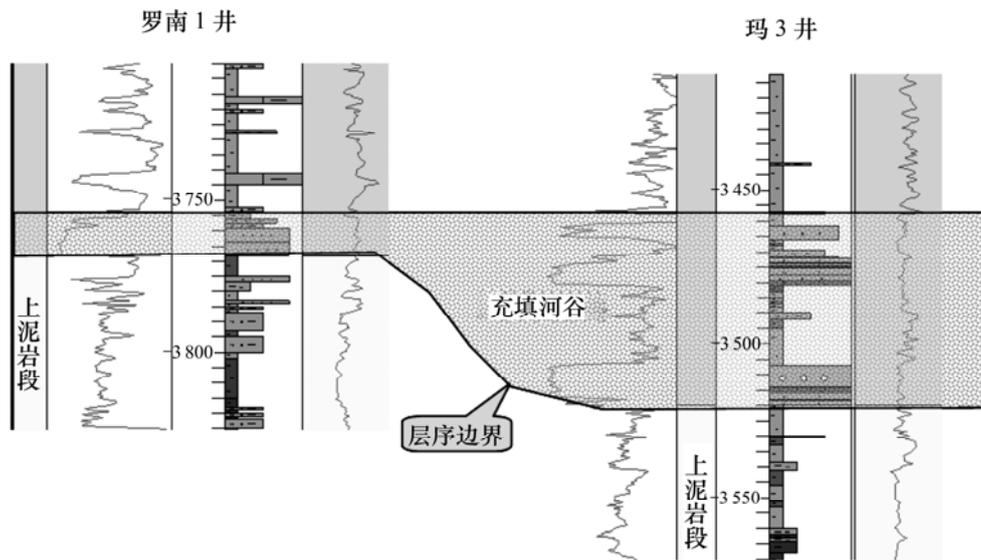


图 3 边界 4 之上的河流回春及充填沉积(罗南 1 井—玛 3 井)

Fig.3 Stream rejuvenation and fill deposition upper fourth sequence boundary from Luonan well No.1 to Ma well No.3

玛干地区, 此界面之上普遍缺失晚石炭世达拉阶的顶部及逍遥阶, 盆地内大部分区域还缺失早二叠世底部的南闸组。

在巴楚地区小海子与南闸组分界面露头剖面上有硅质碎屑与古土壤层; 另一方面, 在玛扎塔格构造带及往北的和田 1 井区南闸组碳酸岩的底部还发育陆相冲积碎屑岩层和河流的回春, 代表了 I 型层序边界之上发育的低位体系域。地震剖面上具有一区域范围内的强反射同相轴, 反射界面被标定为 T_5^4 。

2 层序划分及其内部构成和对比

根据在石炭系内所识别出的 6 个层序边界, 将石炭系划分为 5 个层序, 分别命名为 Csq1, Csq2, Csq3, Csq4 和 Csq5(图 4)。层序的内部组成及特征如下。

2.1 Csq1 层序

Csq1 层序自下往上由含砾砂岩段和底泥岩段组成, 厚度为 50~160 m, 由层序边界 1 和边界 2 所限, 为 1 个 I 型层序, 低位体系域, 海进体系域及高位体系域发育齐全。低位体系域由含砾砂岩段组成, 在巴楚小海子露头剖面中, 含砾砂岩段分布不均匀, 仅在局部有含砾砂岩以河流充填的方式出现, 与下伏东河砂岩呈现出明显的突变接触。代表低水位体系域的含砾砂岩段具有向上变细的粗粒退积测井相(图 2), 反映了低位晚期海平面缓慢上升的充填沉积特征, 与下伏层序由进积型突变为粗粒退积型。海侵体系域和高位

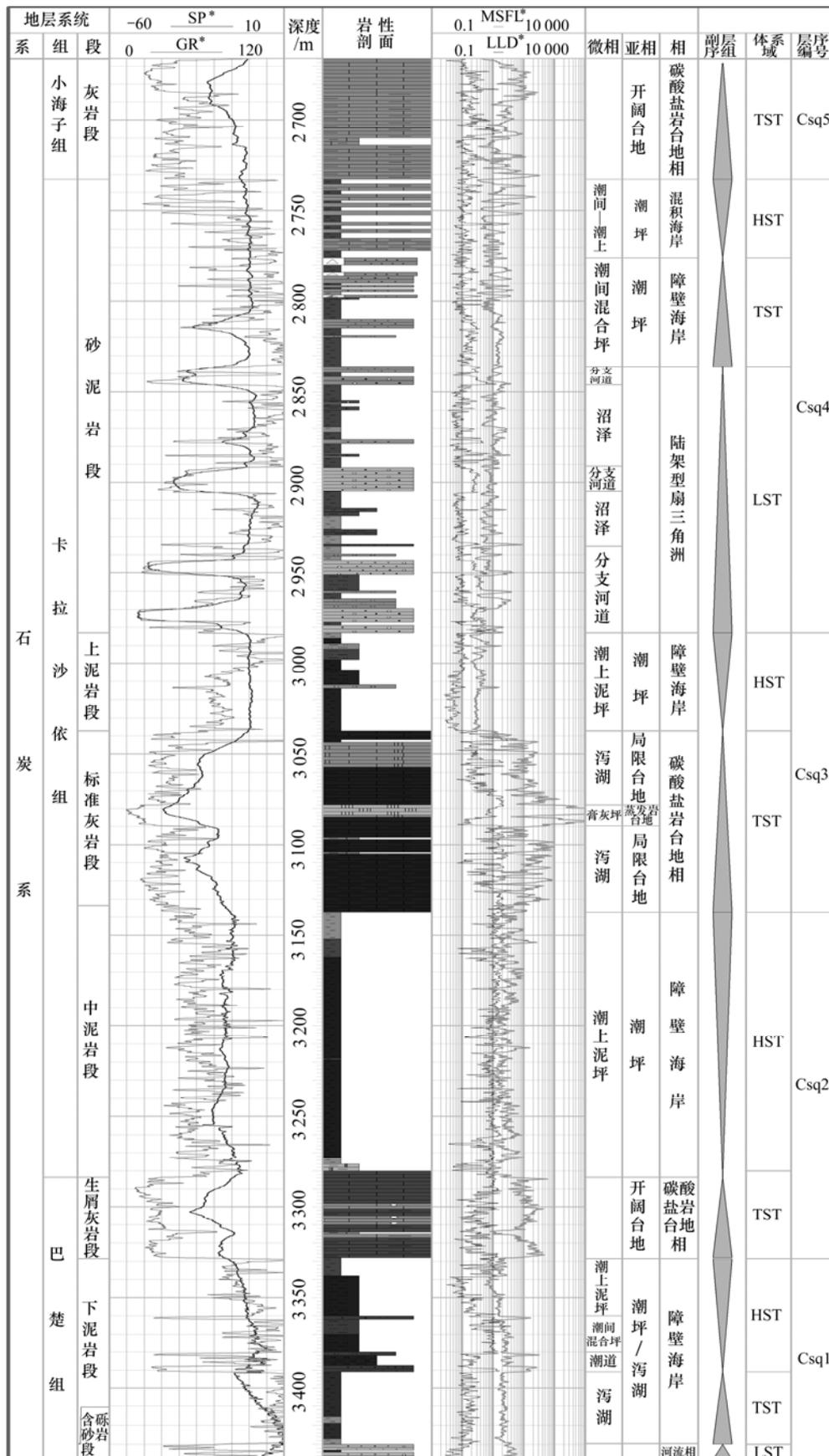
体系域均由下泥岩段组成, 而海侵体系域则主要为一套高放射性、低电阻率的泥岩, 代表海侵期海平面上升所形成的碎屑泻湖沉积, 高位体系域电性上主要表现为锯齿状, 代表的是以潮下砂坝—潮上泥坪的沉积产物。该层序在区内分布稳定, 可进行横向对比。

2.2 Csq2 层序

Csq2 层序由下部的生屑灰岩段和上覆的中泥岩段组成, 厚度为 100~250 m, 由层序边界 2 和边界 3 所限。该层序仅发育海侵体系域和高位体系域。海侵体系域由生屑灰岩组成, 中泥岩段则组成高位体系域。在下伏碎屑潮坪的背景上沉积了一套纯净、分布广泛、生物化石丰富的碳酸盐岩, 无疑反映了一次较大的海平面上升和海侵事件。对生屑灰岩段的研究表明, 生屑灰岩内部具有明显的向上变深, 而后又向上变浅的变化序列, 即在该层序内的最大海泛面不应该在生屑灰岩的顶部, 而是在生屑灰岩段之中。但是, 为了便于将生屑灰岩段特殊的岩性特征、测井响应特征和地震反射特征进行区域对比, 仍将最大海泛面确定在生屑灰岩的顶部, 生屑灰岩代表的是海侵体系域。棕红色含膏盐的中泥岩段很显然代表潮上泥坪沉积环境, 组成该层序的高位体系域。迄今为止, 没有其他资料表明层序边界 2 是 1 个 I 型层序边界, 因此, 认定这个层序是 II 型层序。Csq2 层序在盆地范围内分布稳定, 可进行横向对比。

2.3 Csq3 层序

Csq3 层序由下部的标准灰岩段和上覆的上泥岩段组成, 厚度为 90~180 m, 由层序边界 3 和边界 4 所



注: SP 表示自然电压, V; GR 表示电阻率, $\Omega\cdot\text{m}$; MSFL 表示微电阻率, $\Omega\cdot\text{m}$; LLD 表示侧向电阻率, $\Omega\cdot\text{m}$ 。

图4 巴楚地区和田1井石炭系层序地层综合柱状图

Fig.4 Carboniferous sequence stratigraphy comprehensive histogram of Well HT1 in Bachu area

限。该层序也只能区分出海侵体系域和高位体系域,海侵体系域由标准灰岩组成,上泥岩段则组成高位体系域。这个层序与下伏的 Cs_{q2} 层序类似,也被确定为 II 型层序,盆地内分布稳定。

2.4 Cs_{q4} 层序

Csq₄ 层序主要由砂泥岩段组成,厚度变化大,最薄处约为 67 m(康 2 井),最厚处达 277 m(玛 4 井),由层序边界 4 和边界 5 所限。在该层序内可识别出低位体系域、海侵体系域和高位体系域。

低位体系域由侵蚀河谷的充填和低位陆架型扇三角洲沉积体系组成^[8],但分布范围较小(陆架型扇三角洲仅发育在巴楚东南部的玛扎塔格构造带及其周边,向北止于和田 1 井与和田 4 井之间),在其他范围内均缺失低位体系域。海侵体系域和高位体系域均由潮间和潮上坪组成。但在巴楚地区的东北角高位体系域中有从盆地东部、北东部插入的粗粒扇三角洲。该层序为 I 型层序,除了低位体系域在区内分布受限外,海侵体系域和高位体系域区内分布均稳定。

2.5 Cs_{q5} 层序

Csq₅ 层序由小海子组灰岩段组成,厚度为 25~250 m,区内向西南缘厚度增加,向北、向东厚度依次减小。顶、底由层序边界 5 和边界 6 所限,在这个层序中只保留了海侵体系域,为一个不完整的 II 型层序。

3 层序形成与发育的控制因素

层序地层学中强调了海平面的相对变化是控制层序的主要因素,而气候、沉积物供给或者变化的洋流等被认为是随海平面变化的次要因素。本文作者认为,区内叠加在超层序石炭系中层序的发育程度与沉积环境密切相关。Schlager^[9]认为在层序地层学的研究中必须将沉积环境的变化作为另一个控制层序的因素来考虑。沉积环境的变化是指所有的能独立于海平面变化而影响层序框架的环境条件的改变。他提出了台地的淹没与进积作用、海流控制近海沉积物及沉积物输入的迁移所控制的层序边界的实例。

区域内的构造运动、沉积古地貌背景、沉积物源供给以及古气候均对区内三级层序的形成与发育起一定的控制作用,导致这些层序形成的时间差异较大。

整个石炭纪时期塔里木陆块处于南、北挤压的应力背景,但是,这种挤压具有自东而西的剪刀式闭合的特点。因此,构造沉降的幅度由东向西迁移,即石

炭纪早期塔里木盆地东部沉降幅度大,西部幅度小;晚期则相反^[10]。位于塔里木盆地内部的巴楚地区是三面(东、南、北面)环山。在早石炭纪中晚期到晚石炭纪早期,区内构造沉降都十分平缓,盆内通过早期的填平补齐,沉积古地貌也变得十分平缓,此时期气候较炎热、干旱,整个盆地内大面积出现强烈蒸发的膏盐层,粗屑物源较贫乏,沉积速率小,全球三级海平面波动(下降)在区内影响很小,不利于风化剥蚀以及河流回春的 I 型层序边界的形成,至少不易识别出更多的 I 型层序,导致在此时期内形成的层序跨时较长。但是,由于较大规模的海侵造成区域性的清水碳酸盐岩的沉积,从而识别出一些以 II 型为主的层序边界。在晚石炭世中晚期,尽管构造活动仍较平缓,但气候又变得温暖、潮湿,致使粗粒碎屑物源的供给量加大,有利于层序的发育和识别。

巴楚地区的西南部是石炭纪时期主要的海水侵进的通道^[11-13],这里离碎屑物源较远,主要形成碳酸盐岩的层序,但仍可通过碎屑岩区所反映的海平面升降变化的特征而识别出相应的层序边,对层序进行划分和研究。

4 层序格架及形成演化模式

塔里木地区在经历了海西早期的强烈构造运动之后^[14],形成塔里木陆块腹地内石炭纪克拉通内部挤压性拗陷原型盆地^[11]。巴楚地区属于这个原型盆地的西部,海水由西南方向的塔西南拗陷和西北方向的阿瓦提拗陷这 2 个通道涌进,在东河砂岩的基础上进一步对准平原化的盆底填平补齐,首先表现为在低位晚期的海平面缓慢回升期沿东河砂岩顶部的侵蚀沟谷的充填作用,而后海侵期限制了粗粒碎屑物质的供给,主要以较深水的陆架泥或较封闭的泻湖沉积;高位期海平面的相对下降主要是以干旱潮坪沉积为主。在石炭纪时期内至少发生过 5 次较大规模的海平面升降旋回(三级旋回),其中 4 次是以海侵期的清水碳酸岩沉积、高位期的碎屑岩沉积,组成区内颇具特色的碳酸盐岩与碎屑岩相间出现的岩相序列。巴楚地区的西南角是海水进入塔里木盆地的主要通道,自岩关晚期生屑灰岩段沉积开始,直至晚石炭世达拉期绝大部分时期内都是远离碎屑物源,以碳酸盐沉积为主,海侵期形成碳酸盐开阔台地或局限台地,海平面相对下降的高位期以局限台地或蒸发台地沉积为主(图 5),强烈蒸发作

用则形成膏盐岩层或夹层。在层序格架的高位体系域中粗粒碎屑沉积不发育的主要原因是干旱的气候条件抑制了粗粒物源, 巴楚地区离物源区较远, 因此, 粗粒碎屑沉积更不发育, 尤其是巴楚地区的西南部比东部更远, 粗粒碎屑更贫乏, 形成了以碳酸盐岩相占绝对优势的沉积层序。

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, 结果表明: 巴楚地区石炭纪是塔里木克拉通内部坳陷沉积盆地的一部分^[15], 具有盆底平坦、盆内水浅、气候条件较干旱的沉积环境的特点, 但整体上石炭纪沉积盆地范围由小到大, 海侵规模逐渐增大, 由此建立的层序地层学框架模式如图 6 所示。

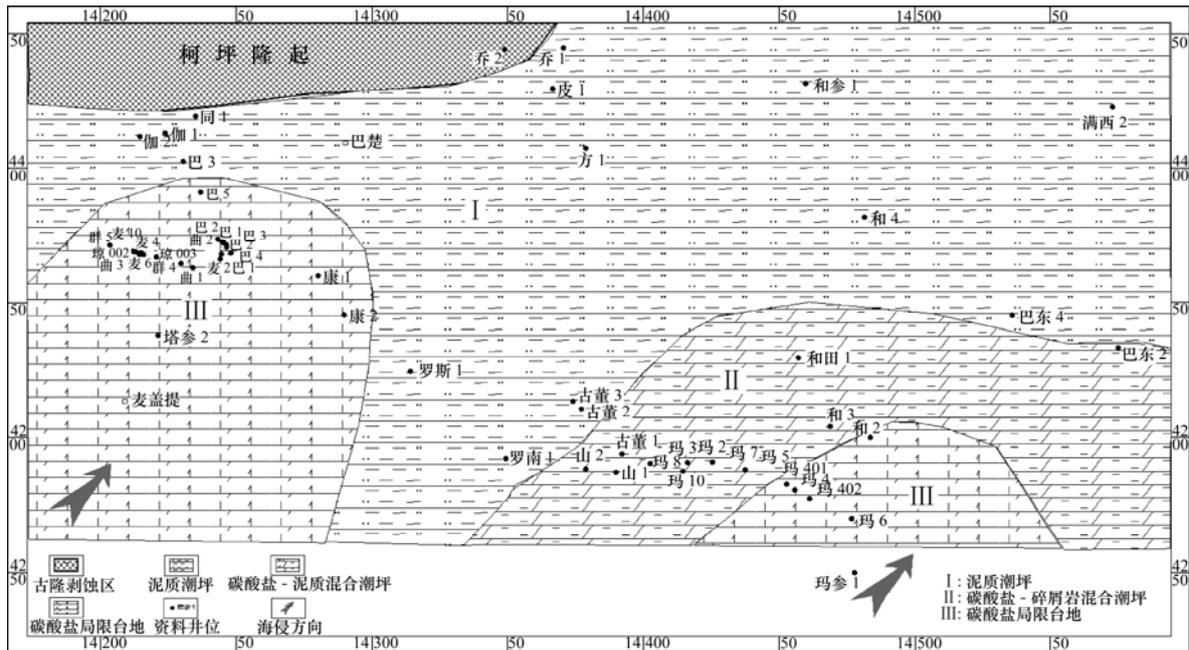


图 5 巴楚地区石炭纪 Csq2 层序高位体系域岩相分布图

Fig.5 Lithofacies distribution of HST in Csq2 sequence of Carboniferous in Bachu area

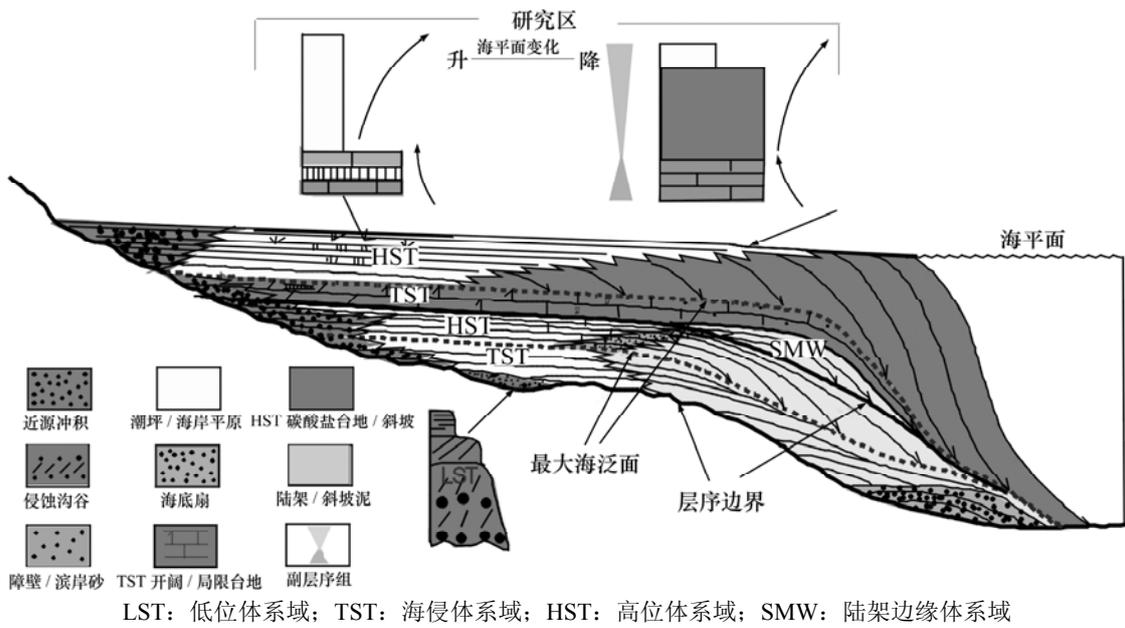


图 6 巴楚地区石炭纪层序地层学格架及岩相分布模式图

Fig.6 Model of Carboniferous sequence stratigraphy framework and lithofacies in Bachu area

5 结论

(1) 巴楚地区石炭系沉积层序与塔里木盆地其他区块具有很好的对比性,反映了石炭纪时期塔里木盆地海平面变化是具有区域性的,区内根据所识别出的层序边界而划分的层序是可信的。

(2) I 型层序中的低位体系域并不发育,这是由于石炭纪时期塔里木盆地属于克拉通内拗陷,低位体系域只具有下切河谷的充填沉积特征。

(3) 生屑灰岩段、标准灰岩段及小海子组灰岩均代表了海侵体系域的沉积,它们具有分布面积大、厚度稳定的特点,可视为塔里木盆地石炭纪 3 次重要海侵的明显标志。

(4) Csq₂, Csq₃ 和 Csq₄ 层序中高位体系域沉积岩相变化大,靠近西南缘基本上是以碳酸盐岩沉积为主,向东则逐渐过渡为泥岩或砂泥岩,反映了研究区海水的侵进方向是沿西南向东,高位体系域中的这种岩相变化带可能是重要的油气富集带。

参考文献:

- [1] 吕修祥,周新源,皮学军,等.塔里木盆地巴楚凸起油气聚集及分布规律[J].新疆石油地质,2002,23(6):489-492.
LÜ Xiu-xiang, ZHOU Xin-yuan, PI Xue-jun, et al. Accumulation and distribution patterns of hydrocarbon in Bachu Arch of Tarim basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2002, 23(6): 489-492.
- [2] 周新源,贾承造,王招明,等.和田河气田碳酸盐岩气藏特征及多期成藏史[J].科学通报,2002,47(增刊):131-136.
ZHOU Xin-yuan, JIA Cheng-zao, WANG Zhao-ming, et al. Characteristics and multi-period reservoiring history of carbonate pools in Hetian gas field[J]. Chinese Journal of Science, 2002, 47(Suppl): 131-136.
- [3] Vail P R, Jr Mitchum R M, Thompson S III. Seismic stratigraphy and global changes of sea level. Part 3-4: Global cycles of relative changes of sea level[C]//Payton C E. Seismic Stratigraphy-Applications to Hydrocarbon Exploration. AAPG, 1977, 26: 63-97.
- [4] 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[J]. AAPG Methods in Exploration Series, 1990: 1-55.
- [5] GUO Jian-hua, ZENG Yun-fu, ZHAI Yong-hong, et al. On the carboniferous sequence Stratigraphy in the Tazhong area, Xinjiang—A model of the sequence stratigraphy framework of intracratonic depressional basin[J]. Acta Geologica Sinica: English Edition, 1997, 71(3): 328-343.
- [6] 郭建华,曾允孚,翟永红,等.塔中地区石炭系东河砂岩层序地层研究[J].沉积学报,1996,14(2):56-65.
GUO Jian-hua, ZENG Yun-fu, ZHAI Yong-hong, et al. Sequence stratigraphy of Carboniferous Donghe sandstone in Tazhong area, Tarim Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1996, 14(2): 56-65.
- [7] 郭建华,朱锐,周小康.塔河地区西南缘东河砂岩的成岩作用与孔隙演化[J].中南大学学报:自然科学版,2006,37(3):572-578.
GUO Jian-hua, ZHU Rui, ZHOU Xiao-kang. Diagenesis and porosity evolution of Donghe sandstone in southwest of Tahe area[J]. Journal Central South University: Science and Technology, 2006, 37(3): 572-578.
- [8] Nemec W, Steel R J. What is fan delta and how do we recognize it?[C]//Nemec W, Steel R J. Fan delta sedimentology and tectonic settings. Glasgow: Blakie and Sons, 1988: 2-13.
- [9] Schlager W. Depositional bias and environmental change—Important factors in sequence stratigraphy[J]. Sediment Geol, 1991, 70: 109-130.
- [10] 张敬艺,罗金海,卿颖,等.塔里木盆地西北缘石炭—二叠系浊积岩的沉积特征及其构造意义[J].西北大学学报:自然科学版,2007,37(5):819-824.
ZHANG Jing-yi, LUO Jin-hai, QING Ying, et al. The sedimentary feature and structure significance of turbidite Carboniferous Permian on the northwestern margin of the Tarim Basin[J]. Journal of Northwest University: Natural Science Edition, 2007, 37(5): 819-824.
- [11] 何登发,贾承造,李德生,等.塔里木多旋回叠合盆地的形成与演化[J].石油与天然气地质,2005,26(1):64-76.
HE Deng-fa, JIA Cheng-zao, LI De-sheng, et al. Formation and evolution of polycyclic superimposed Tarim Basin[J]. Oil and Gas Geology, 2005, 26(1): 64-76.
- [12] 贾承造.中国塔里木盆地构造特征与油气[M].北京:石油工业出版社,1997.
JIA Cheng-zao. The tectonic characters and oil and gas in Tarim Basin of China[M]. Beijing: Oil Industry Press, 1997.
- [13] 谭秀成,昌燕,王振宇,等.塔里木盆地巴楚组沉积格局与演化[J].西南石油大学学报,2007,39(4):39-43.
TAN Xiu-cheng, CHANG Yan, WANG Zhen-yu, et al. Depositional framework and evolution of Bachu formation in Tarim Basin[J]. Journal of Southwest Petroleum University, 2007, 39(4): 39-43.
- [14] KUANG Li-xiong, GUO Jian-hua, HUANG Tai-zhu. Forming mechanism of hydrocarbon reservoirs in Yingshan Formation of Yuqi block in Akekule arch, Tarim Basin[J]. Journal of Central South University of Technology, 2008, 15(2): 244-250.
- [15] 何登发,周新源,杨海军,等.塔里木盆地克拉通内古隆起的成因机制与构造类型[J].地学前缘,2008,15(2):207-221.
HE Deng-fa, ZHOU Xin-yuan, YANG Hai-jun, et al. Formation mechanism and tectonic types of intracratonic paleo uplifts in the Tarim Basin[J]. Earth Science Frontiers, 2008, 15(2): 207-221.

(编辑 陈灿华)