

doi:10.3799/dqkx.2012.112

# 塔里木盆地石炭系卡拉沙依组旋回地层 与层序地层综合研究

刘占红<sup>1</sup>, 陈 荣<sup>2</sup>, 宋成兵<sup>3</sup>, 李思田<sup>4</sup>

1. 中国地质大学构造与油气资源教育部重点实验室, 湖北武汉 430074
2. 武汉地质矿产研究所, 湖北武汉 430223
3. 中国大洋矿产资源研究开发协会, 北京 100860
4. 中国地质大学地球科学与资源学院, 北京 100083

**摘要:** 塔里木盆地石炭系卡拉沙依组形成于盆地演化相对稳定的陆表海陆棚环境, 由多层碎屑岩与碳酸盐岩及膏岩相互叠置而成, 是重要的成藏组合之一。根据古生物研究及地层对比, 卡拉沙依组在国际地层表上对应于维宪阶和谢尔普霍夫阶, 时限约为±27 Ma。目前卡拉沙依组层序地层学方面的研究工作尚较薄弱, 由于内部难以识别出明显的古间断面, 有的研究将其划分为3~4个三级层序, 这与其所跨越的地质时限之间存在较大的矛盾。通过频谱分析和小波分析等处理方法对卡拉沙依组的自然伽马、自然电位等测井曲线进行了旋回地层学研究, 同时结合岩心观察及基准面分析, 对塔中及邻近区域的麦6井、中1井、中17井及顺6井的卡拉沙依组地层分别划分出了9~11个层序地层单元, 每个层序的延续时限约为2.40 Ma, 对应于地球轨道3个参数组合形成的天文周期。这在实现精细划分了三级层序的同时, 也在一定程度上反映了此处三级层序成因于天文气候因素的形成机理。

**关键词:** 塔里木盆地; 卡拉沙依组; 层序地层; 旋回地层; 能源地质。

中图分类号: P539.2

文章编号: 1000-2383(2012)05-1051-15

收稿日期: 2012-01-16

## Cyclostratigraphy and Sequence Stratigraphy on Carboniferous Karashayi Formation of Tarim Basin, China

LIU Zhan-hong<sup>1</sup>, CHEN Rong<sup>2</sup>, SONG Cheng-bing<sup>3</sup>, LI Si-tian<sup>4</sup>

1. Key Laboratory of Tectonics and Petroleum Resources of Ministry of Education, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China
2. Wuhan Institute of Geology and Mineral Resources, Wuhan 430223, China
3. China Ocean Mineral Resources R&D Association, Beijing 100860, China
4. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China

**Abstract:** Carboniferous Karashayi Formation of Tarim basin formed in the continental shelf environment, is composed of several sedimentary assemblages of clastic rocks, carbonate rocks and gypsum rocks. It is one of the important reservoir combination in the Tarim basin. According to the research results of paleontology, the formation can be approximately correlated with the Visean and Serpukhovian Stage of the International Stratigraphic Chart, about ±27 Ma. Currently, the research of sequence stratigraphy on Karashayi Formation is relatively weak. Due to lack of obvious discontinuity surfaces, a limited number of studies have been divided the formation into 3—4 third-order sequences, which leads to a conflict as to the time limits ±27 Ma. In this paper, the cyclostratigraphy was carried on well logs GR (Natural Gamma-Ray Log), SP (Spontaneous Potential Log), U, Th, K, etc. of Karashayi Formation with spectral analysis and wavelet analysis methods. Integrated with core observation and sedimentary base level study, 9—11 third-order sequences were identified in Karashayi Formation of Well Mai6, Zhong1, Zhong17 and Shun6. The average time duration of each cycle is about 2.40 Ma. This value corresponds to the intersection astronomical period of the three Earth orbital parameters. Not only do the results reflect the application value of the method, but

**基金项目:** 中石化前瞻性项目(No. YPH08114); 石油化工联合基金项目(No. 40839910); 中国地质大学(武汉)优秀青年教师资助项目(No. CUGQNL0826); 中央高校基金项目(No. CUGL120253)。

**作者简介:** 刘占红(1977—), 男, 博士, 讲师, 从事能源及海洋地质研究。E-mail: lences@163.com

also reflect that the climatic cycles are the controlling factors on the development of third-order sequences.

**Key words:** Tarim basin; Karashayi Formation; sequence stratigraphy; cyclostratigraphy; petroleum geology.

塔里木盆地石炭系卡拉沙依组发育多层碎屑岩与碳酸盐岩及膏岩叠置的沉积组合,是重要的成藏组合之一(图 1),自 1991 年发现砂泥岩段油藏以来,不断有新的发现。随着勘探程度的不断深入,人们对其沉积特征、储层特征、生物化石及时代归属等方面的研究也益加重视(赵秀岐等,1995; 王毅,1998; 朱怀诚等,1998; 朱怀诚和赵治信,1999; 郭齐军和赵省民,2002; 宋彬林等,2002; 朱如凯等,2002; 樊怀阳等,2004; 何发岐等,2004; 魏福军等,2004; 黄智斌等,2005; 刘辰生和郭建华,2005)。目前盆地区已有多口钻井钻遇了该套地层,但目前针对该套地层开展的层序地层学研究尚较薄弱,这在一定程度上制约了该层系的勘探与开发工作。已有的少量层序地层工作多是针对该套地层中的某一岩性段而开展的,缺乏对整个层系较系统的认识,概括起来多将卡拉沙依组划分为 3~4 个三级层序(阎相宾和李永宏,2002; 许杰等,2009)。但根据已有的地层学及牙形石、孢粉化石带等古生物学的研究成果,卡拉沙依组可对比为大塘阶、德坞阶和罗苏阶;另外通过中国石炭系孢粉组合带的研究成果,大塘阶可对比国际地层表中的维宪阶(朱怀诚,2001),德坞阶和罗苏阶对比国际地层表中的谢尔普霍夫阶(张师本等,2009)。根据国际标准剖面的测定,维宪阶—谢尔普霍夫阶所延续的时限约为 27 Ma(ICS, 2008),而层

序地层学的定义中,每个三级层序的时限约为 2~3 Ma,这就使得该套地层的延续时限与 3~4 个三级层序的划分方案之间存在较大的矛盾。针对这一问题,本文在前人研究的基础上,利用频谱分析和小波分析的处理方法,对塔中及邻近区域 4 口钻井卡拉沙依组的自然伽马测井(GR, 即 Natural Gamma-Ray Log)、自然电位测井(SP, 即 Spontaneous Potential Log)等测井曲线进行了详细的旋回地层学研究,同时结合岩心观察及岩相和基准面变化的分析,建立了层序地层序列,并进一步探讨了三级层序的成因机制。

## 1 区域地质背景

### 1.1 构造古地理背景

塔里木盆地位于新疆维吾尔自治区南部,面积约  $56 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,是古生界克拉通与中新生界前陆盆地组成的大型叠合盆地(贾承造,1997; 贾承造和魏国齐,2002)。塔里木盆地在经历了奥陶纪末的晚加里东运动之后,早、中泥盆世整体抬升,遭受剥蚀,形成了奥陶与志留系之间全盆性质的角度不整合,及盆地东高西低的古地理格局。

之后,中晚泥盆世发生的早海西运动,又导致了塔里木盆地的大范围抬升,并遭受不同程度的剥蚀、

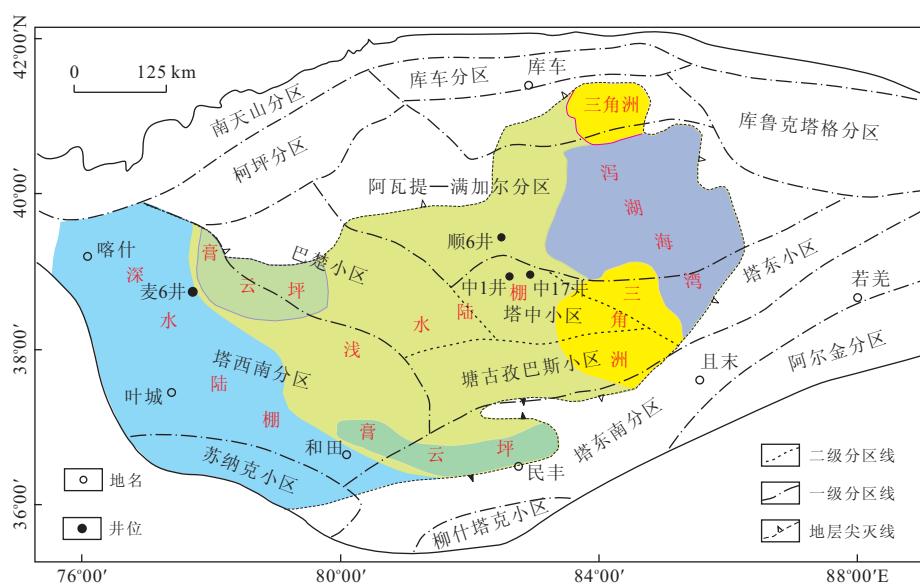


图 1 塔里木盆地分区及石炭系沉积环境分布

Fig. 1 Depositional environment distribution of Carboniferous and zone partition of Tarim basin

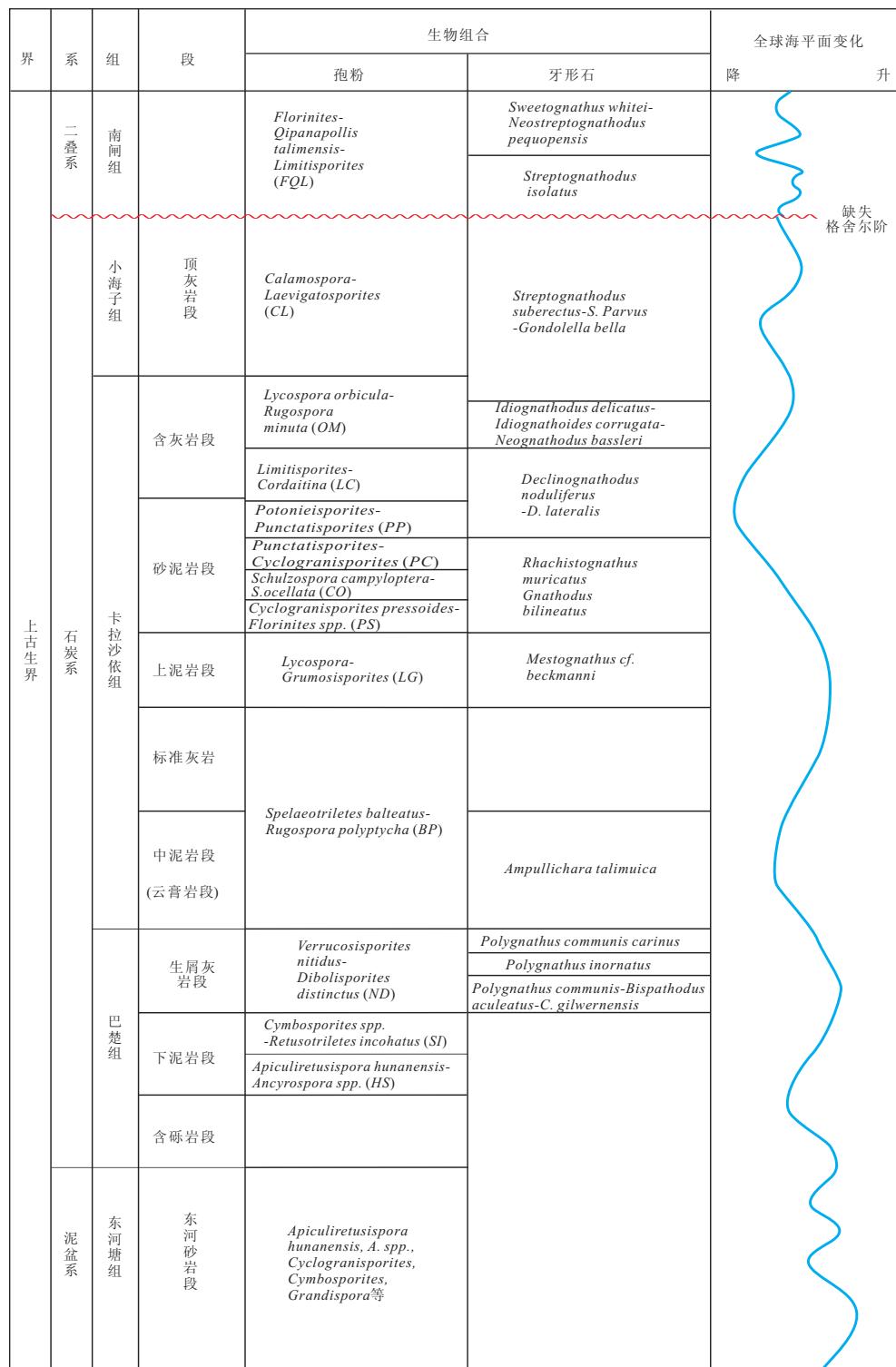


图2 塔中地区石炭系地层划分(古生物组合据张师本等,2004,2009. 海平面变化曲线据 Markello et al., 2006)

Fig. 2 Carboniferous stratigraphic column of the central Tarim area

夷平,形成了中、晚泥盆世之间,即东河塘组底部,全盆大范围分布的不整合。自晚泥盆世开始,伴随着全球性的海平面上升,海水自西向东推进,在起伏不平的剥蚀面之上,发育了分布稳定、具有海侵初期填平

补齐作用的东河塘组砂岩沉积(顾家裕等,2006)。自晚泥盆世末开始,构造运动逐渐减弱,并继续保持了东高西低的古地理格局。到了石炭纪时期,在较为稳定的构造背景之下,整个塔里木盆地的大部分地区

主要形成了宽阔的内陆表海的沉积环境。这也使得其地层层序的形成、发展主要受气候及海平面变化的控制。

总的来说,塔里木盆地石炭纪时的构造—沉积古地理格局表现为克拉通边缘坳陷盆地与克拉通内坳陷的分异(张水昌等,2004)。自早石炭世早期开始,海水仍由西部地区向塔里木盆地进侵,继续发育自西向东的海侵。随着海平面的不断上升,海水从西南、西北向盆地进侵,沉积范围不断扩大,盆地中除少数孤岛外,大部分地区被海水淹没。自卡拉沙依组沉积开始,除塔中区以外,柯坪区的边缘也开始接受沉积(王大锐等,2001)。整体看来,石炭纪时期只有南天山区和塔中区之间东西向的北部隆起区未接受沉积。沉积区域在气候干湿变化及海平面升降的作用下,主要发育了深水陆棚、浅水陆棚、泻湖海湾、三角洲等沉积环境(图 1)。

## 1.2 地层划分及分布

石炭系广泛分布于塔中地区,自上而下划分为小海子组、卡拉沙依组和巴楚组。顶部地层在部分钻井中缺失,与上覆二叠系呈不整合接触;底部与下伏泥盆系东河塘组为连续沉积(图 2)。其中卡拉沙依组的地面露头仅见于小海子水库东岸及卡拉沙依两地,除库车坳陷、塔北隆起等地缺失外,在广大覆盖区分布比较稳定。

卡拉沙依组自下而上包括中泥岩段、标准灰岩段、上泥岩段、砂泥岩段及含灰岩段 5 个岩性段。中泥岩段为一套深灰、灰褐色泥岩和深灰色粉砂质泥岩组合;标准灰岩段为一套厚层浅灰色泥晶灰岩组合;上泥岩段为一套灰褐色泥岩、深灰色粉砂质泥岩及黑色炭质泥岩为主夹浅绿色泥质粉砂岩组合(图 3a,3b);砂泥岩段为一套褐灰色泥岩、绿灰色砂质泥岩、含砾砂岩、细砂岩、粉砂岩及泥质粉砂岩不等厚互层(图 3c,3d);含灰岩段为一套中—厚层状褐色、灰色灰岩,泥岩夹浅褐色、浅灰色灰岩组合。另外,中泥岩段向塔西南地区相变为云膏岩段,如本文中的麦 6 井(图 3e,3f)。

下伏巴楚组包括含砾砂岩段、下泥岩段、生屑灰岩段 3 个岩性段。含砾砂岩段为一套浅灰、棕褐色砂岩、灰绿色砂岩夹含砾不等粒砂岩组合;下泥岩段为一套棕褐色泥岩夹薄层灰色、灰绿色粉砂质泥岩组合;生屑灰岩段为一套泥质灰岩、生屑灰岩、浅灰色鲕状灰岩、泥晶砾屑灰岩夹褐灰色针孔状微晶灰岩组合。另外,巴楚组的下两个岩性段或整个巴楚组,向塔北相变为角砾岩段。

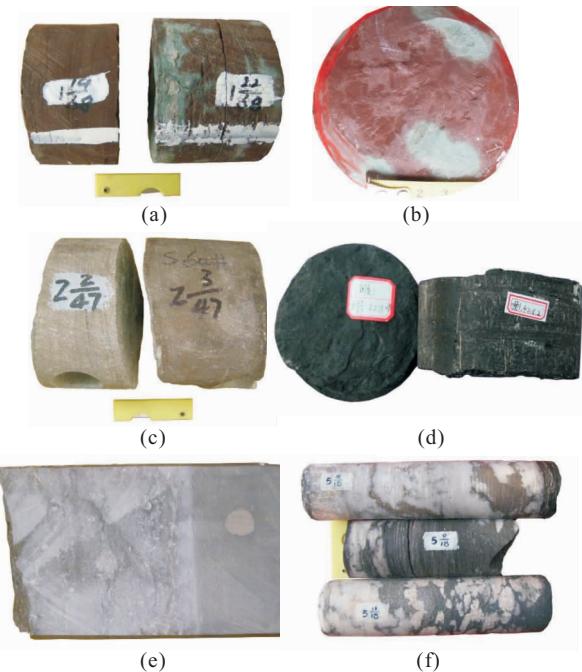


图 3 塔里木盆地石炭系卡拉沙依组典型岩性

Fig. 3 Typical lithologic cores of Karashayi Formation in Tarim basin

a. 和田 1 井 3 010 m 处灰绿色泥岩;b. 和田 1 井 3 014 m 处紫红色泥岩;c. 沙 60 井 4 102 m 处绿灰色细砂岩;d. 顺 1 井 5(22/69)煤层;e. 和田 1 井 2(8/70)处生屑—砂屑灰岩;f. 麦 6 井卡拉沙依组下部云膏岩段

顶部小海子组为一套灰色薄—中层灰岩、深灰色泥质灰岩夹杂色石英质砂岩、灰绿色、紫红色泥岩及薄石膏层的组合(张师本等,2004)。

## 2 旋回地层分析的理论依据与数据选择

### 2.1 理论依据

旋回地层学基本的理论依据是天文驱动气候周期性变化的米兰科维奇理论。米氏理论的核心是计算出了 3 个地球轨道运行参数的周期性变化,即偏心率、倾斜度及岁差周期(De Boer and Smith, 1994; Doyle and Bennett, 1998)。其中偏心率是指地球绕太阳公转椭圆轨道的偏心率,即地球公转轨道的形状随时间推移发生着缓慢的变化,其偏心率变化范围在 0.00~0.077 之间,且该变化具有 100 ka 左右的短周期和 400 ka 左右的长周期,分别称为偏心率短周期和偏心率长周期;倾斜度周期,即地球自转轴倾斜的角度也在发生着周期性的变化,其周期在第四纪及当前约为 40 ka;岁差周期,地球在自转的过程中,由于太

阳、月亮等星体的引力,对地轴施加了垂向力矩,使地轴在自转的同时,又以黄极为顶点作周期性的圆锥运动,这造成了春分点的逐年迁移,即岁差现象,其周期当前为 19~23 ka。同时,米氏理论还认为地球轨道的周期性变化会造成地球接收太阳辐射量的周期变化,并会造成地球上气候的周期性变化,进而形成沉积环境的周期性变化并保存到沉积物中,形成地层沉积的旋回性(De Boer and Smith, 1994; Muller and Macdonald, 2000)。

学术界从拒绝到承认轨道驱动气候旋回的概念,至少经历了半个世纪。这些规律性已经不断地从不同区域、不同时间的地质记录中被揭示出来。尤其是深海沉积物的氧同位素分析证明冰期旋回不仅多次发生,而且与计算得出的轨道周期相符,目前米兰科维奇理论已被绝大多数地学工作者承认(Hays *et al.*, 1976; Berger, 1980, 1988; Herbert and Mayer, 1991)。同时由于其在地层定年方面的重要作用,近年来已受到广泛关注,Rio *et al.*(2003)提出了天文年代表(Astronomical Time Scale)的概念,之后不久 Gradstein *et al.*(2004)即在“国际地质年代表 2004”中把天文轨道因素用作确定地质年代的一个重要方法。

不过值得注意的,虽然我们能准确地计算出现在轨道变化周期,但不能认为地质历史中的轨道周期是恒定的,特别是潮汐摩擦正在使地球的旋转速率下降,必然会引起地球轨道参数的变化。研究表明,潮汐摩擦对岁差和倾斜度变化的影响比较明显,而对偏心率基本没有影响(Berger *et al.*, 1989; Berger *et al.*, 1992; Berger and Loutre, 1994),因此岁差与偏心率以及倾斜度与偏心率的周期比值也随着地质时间的演化而发生变化。例如,在中泥盆世,岁差旋回周期大约为 16~18 ka,逐渐变慢至现在的 19~23 ka 左右,因此岁差旋回和短偏心率旋回之间的周期比值,也有可能由现在的 1:5 变为那时的 1:6(或 7)左右,这需要在沉积记录中作进一步的验证。但短偏心率旋回与长偏心率旋回之比约 1:4,这个比值在地质历史中有可能最为稳定,尤其 400 ka 的偏心率长周期最为稳定,可作为整个地质时代计时的“钟摆”(Berger *et al.*, 1989, 1992; Berger and Loutre, 1994; Laskar, 1999; 汪品先, 2006)。

如龚一鸣等(2004)对广西上泥盆统盆地相和斜坡相碳酸盐岩地层开展的轨道旋回研究也表明,泥盆纪时偏心率和长偏心率周期分别为 100 ka 和

400 ka,与现在相同;但当时的岁差则为 8~10 ka 或 16.67 ka,斜度周期为 33.33 ka,即岁差和斜度周期值都比第四纪的较短,但偏心率恒定。

另外,尤其值得注意的是,偏心率周期有规律的叠加还可以形成 2.4 Ma 及更长的周期(Gradstein *et al.*, 2004)或 3 个地球轨道参数同时交点可形成 2.45 Ma 的周期。已有对白垩纪大洋缺氧事件的研究中,也发现了两次缺氧事件存在 2.4 Ma 的时间间隔(Mitchell *et al.*, 2008)。在层序地层学研究中,三级层序的延续时限为 2~3 Ma,因此,2.4 Ma 这一周期的发现,对我们探讨三级层序成因的气候因素具有重要意义。

## 2.2 数据选择

气候级别地层旋回的形成主要与气候引起的沉积物类型供给、基准面的周期性变化有关。进行旋回地层分析,即需要找到一种能反映沉积物或基准面周期性变化的替代性指标,以从中解读出地层周期性变化的信息。

地层中对气候、环境响应敏感的地球化学参数(如碳、氧同位素)、地球物理参数(如自然伽马、磁化率等)均可用于旋回地层学分析(Hinnov, 2000)。目前石油钻井中,测井曲线是最为连续和采样点间距最为密集和均一的资料,其中自然伽马(GR)和自然电位(SP)曲线对地层中泥质含量及与之相关的基准面变化有着很好的响应。GR 是测量岩层中放射性元素衰变过程中伽马射线的强度,粘土物质和有机质对放射性物质的吸附能力较强,而且泥质物质沉降缓慢,使其有足够的空间从溶液中吸附放射性元素。因此,自然伽马测线能够反映沉积物中的泥质或有机质的含量变化,而泥质和有机质的含量又与古气候所引起的古环境及海平面变化息息相关,即自然伽马测线可在一定程度上作为反映古气候、古环境变化的代用指标(Prokoph *et al.*, 2001; 吴怀春等, 2008)。

由此,本文以下对塔中及邻近区域的麦 6 井、中 1 井、中 17 井及顺 6 井卡拉沙依组开展的旋回地层研究,均以 GR 曲线为主进行分析。其中顺 6 井、中 1 井、中 17 井的石炭系发育于浅水陆棚相,麦 6 井的石炭系沉积于浅水—深水陆棚的过渡相。卡拉沙依组地层在各钻井中的深度范围分别为顺 6 井,4 525~4 849 m; 中 1 井,3 953~4 375 m; 中 17 井 3 911~4 281.2 m; 麦 6 井,4 442.55~4 799.25 m,各测井曲线的测点间隔均为 0.125 m。

### 3 旋回及层序地层分析

#### 3.1 频谱分析

目前,旋回地层分析的主要手段是对 GR、SP 等含有旋回信息的曲线数据进行滤波和频谱分析,其中最为常用的处理方法为傅里叶变换(Fourier transform)和小波分析(Wavelet analysis)。

傅里叶变换简单理解就是把一个看似杂乱无章的波动信号(曲线),考虑成一个由一系列具有固定周期、频率的简谐波信号组合、叠加而成的复合信号。即任何一个周期函数都可以展开为傅立叶级数的形式:

$$f(x) \approx \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nx + b_n \sin nx).$$

傅里叶变换的目的就是将这些有固定周期的简单信号逐一分离出来,并找出其中振幅较大(能量较高)的简谐信号的周期,从而找出整个叠加信号的周期变化特征。

对于地层旋回分析而言,我们认为测井曲线的周期性变化反映了地层形成时沉积环境的周期性变化,即在构造稳定的前提下,可认为其主要受控于天文周期的海平面变化。也就是说可以把一条 GR 或 SP 等测井曲线,看作是由一系列具有米氏周期的曲线相互叠加、组合而成,但它们在影响地层形成中所起的作用则强弱有别。对一段地层的测井曲线进行频谱分析,即是要找出这段曲线的主要周期成分,揭示该段地层旋回特征的形成主要受到了哪些天文周期的控制。

本次研究中,首先利用 Paillard *et al.* (1996) 开发的 Analyseries2.0 软件采用傅里叶变换的多窗口法(MTM-multitaper method, Thomson, 1982) 对各钻井的 GR 曲线进行了频谱分析,所得结果见图 4 所示。以其中的顺 6 井为例(图 4a),其横坐标为频率。对于随时间序列变化的信号而言,频率是指单位时间内该信号周期变化的次数。而对于深度序列的地层而言,此处“频率”的含义则是指单位厚度内地层旋回变化的次数,即厚度为 1 m 的一段地层中所包含的旋回个数。纵坐标为“功率”或称“能量”,指示在整个序列中各“频率”的“能量”大小,即主要由哪些频率(周期)构成。

由图 4a 中可以看出,顺 6 井的分析结果显示,该井卡拉沙依组地层中,频率为 0.028, 0.17, 0.67, 1.94 及 3.89 等几个信号的能量较高,计算其对应的旋回厚度分别为(周期为频率的倒数)35.71,

5.88, 1.49, 0.52 及 0.26 m, 也就是说该井卡拉沙依组主要由 35.71, 5.88, 1.49, 0.52 及 0.26 m 等级别的地层旋回构成。但这些旋回代表了什么含义? 是否对应于米兰科维奇的轨道周期? 回答这一问题的常用方法是将各旋回厚度的比值与天文周期之间的固有比值进行比对,以确定地层的旋回性是否成因于天文轨道周期(Hilgen *et al.*, 1997; Weedon, 2003)。由于从“频率”到旋回厚度的计算过程中,采取四舍五入的原则对旋回厚度值仅保留了两位小数,为了避免误差累积,此处未采用旋回厚度的比值进行对比,而是直接采用原始频率的比值进行相关计算。

如顺 6 井中,0.67 与 0.17 两个频率的比值为 3.94 : 1,那么其周期比为 1 : 3.94,与短偏心率和长偏心率 1 : 4 的周期比值非常接近;推断这两个旋回的成因,可能是由于长偏心率和短偏心率周期的控制。前已述及,400 ka 和 100 ka 这两个偏心率周期在地质历史上是最为稳定的天文周期,尤其是 400 ka 这个周期可以作为地质计时的“钟摆”(Berger *et al.*, 1989, 1992, 1994; Laskar, 1999; 龚一鸣等, 2004; 汪品先, 2006)。因此,我们以 400 ka 这个周期为标准来计算其他周期的时间长度,即首先将 0.17 这个频率所对应的时间周期标定为 400 ka(图 4a),再通过其与另外几个旋回的比值关系计算出相应的周期值。例如,0.17 : 0.028 = 6.07 : 1,那么 0.028 这个旋回的周期应为 400 ka × 6.07 = 2 428 ka ( $\approx 2.43$  Ma)。同理,0.67 对应的周期为 400 ka × 0.17 ÷ 0.67 = 101.49 ka; 1.94 对应于 400 ka × 0.17 ÷ 1.94 = 35.05 ka; 3.89 对应于 400 ka × 0.17 ÷ 3.89 = 17.48 ka。

类似地,中 1、中 17 和麦 6 井的分析过程与顺 6 井相同,频谱分析图谱见图 4b~4d,数值计算结果见表 1。

由图 4 及表 1 可以看出,通过对 4 口钻井的卡拉沙依组地层分别开展频谱分析及相关计算,得出了非常相近的频谱特征和旋回组成,较一致地反应出米氏旋回的天文周期在该组地层形成过程中起到了重要的控制作用。经计算各旋回周期的平均值分别为 2 400, 400, 99.55, 34.36 和 17.16 ka。即在认为长偏心率周期为 400 ka 的前提下,以其为标准进行计算,所得石炭纪时期的短偏心率平均周期为 99.55 ka, 斜率和岁差平均周期分别为 34.36 ka 和 17.16 ka, 这与前人所得晚古生代时期 100, 33.33 和 16.67 ka 的结果较为接近(龚一鸣等, 2004),也

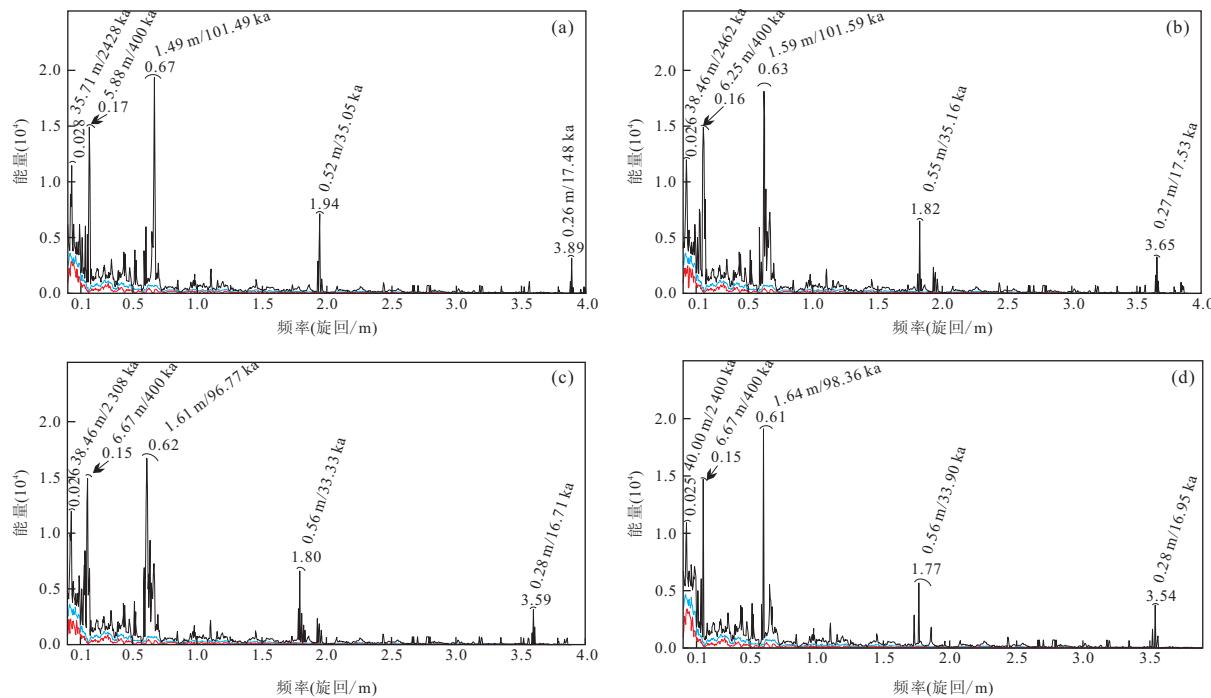


图4 自然伽马测井曲线多窗口法频谱分析图谱

Fig. 4 MTM power spectra of GR logging curves

a. 顺6井卡拉沙依组GR频谱图;b. 中1井卡拉沙依组GR频谱图;c. 中17井卡拉沙依组GR频谱图;d. 麦6井卡拉沙依组GR频谱图

表1 卡拉沙依组旋回分析结果

Table 1 Results of cycle analysis for Kalashayi Formation

顺6井		中1井		中17井		麦6井		平均周期
频率/	0.028/35.71 m/2.43 Ma	0.026/38.46 m/2.46 Ma	0.026/38.46 m/2.31 Ma	0.025/40.00 m/2.40 Ma	2.4 Ma			
旋回厚度/	0.17/5.88 m/400 ka	0.16/6.25 m/400 ka	0.15/6.67 m/400 ka	0.15/6.67 m/400 ka	400 ka			
周期值	0.67/1.49 m/101.49 ka	0.63/1.59 m/101.59 ka	0.62/1.61 m/96.77 ka	0.61/1.64 m/98.36 ka	99.55 ka			
	1.94/0.52 m/35.05 ka	1.82/0.55 m/35.16 ka	1.80/0.56 m/33.33 ka	1.77/0.56 m/33.90 ka	34.36 ka			
	3.89/0.26 m/17.48 ka	3.65/0.27 m/17.53 ka	3.59/0.28 m/16.71 ka	3.54/0.28 m/16.95 ka	17.16 ka			

进一步验证了天文周期在卡拉沙依组地层中的记录。另外,尤其需要指出的是,此处还揭示了2.4 Ma这一周期的存在,其对于本文卡拉沙依组三级层序的划分及成因分析具有重要意义。

### 3.2 地层旋回与层序划分

通过上述旋回分析,本文在塔中及临区4口钻井的卡拉沙依组地层中均识别出了基于天文周期的地层旋回。其中最稳定的400 ka长偏心率周期,其在各钻井中对应的旋回厚度在5.88~6.67 m之间;另外一个值得关注且对于三级层序划分最具指导意义的是2.4±Ma这一周期的检出,各钻井中对应的旋回厚度在35.71~40 m之间(表1),在延续时限上正好对应于三级层序的规模(2~3 Ma)。依据这一旋回厚度,可以初步判断出每个三级层序大致的发育规模大约在35~40 m。但实际上地层的沉积速

率不可能是稳定不变的,因此在同一周期控制下形成的一系列地层旋回,其厚度也不可能完全相同。也就是说,上述计算出的各旋回厚度值其实是一个平均值,代表了各级别地层旋回的平均发育规模,若要完成旋回的系统划分,尚需进一步确定各旋回分界面的具体位置。

仍以顺6井为例,由以上计算可知该井处每个最大旋回的平均厚度约为35.71 m,但也只是表明该井处一系列该级别旋回的厚度多在35.71 m上下,而各旋回的具体厚度还有待进一步确定,才能实现该井旋回地层的系统划分。

针对这一问题,为了检出该井处一系列与2.4 Ma这一周期相关的各旋回在整套地层中的分布特征。本文接下来以0.028这个频率值为基本滤波制约参数,采用Stanford大学开发的Matlab小

波软件包 Wavelab850 对该钻井的 GR 测井曲线进行高斯滤波处理和小波分析,所得滤波曲线记作  $GR_{filter}$ (图 5)。另外,为了验证其结果的可靠性,还对该井的自然电位和伽马能谱 U、Th、K 等测井曲线一并进行了类似分析,并将其结果与 GR 曲线的处理结果一起成图对比(图 5)。

由图 5 中可以看出,GR 曲线经滤波后所得的曲线  $GR_{filter}$  在保持原始曲线基本变化趋势的基础上

与小波图谱及其他曲线的滤波结果均具有非常一致的周期性变化。由此,综合各滤波曲线及小波分析结果共同的周期性变化特征,可将顺 6 井卡拉沙依组地层划分为 9 个地层旋回,如图 5 中编号  $C_1$  ( $Cycle_1$ )、 $C_2$ 、…、 $C_9$  所示。

本文研究的主要目的在于结合旋回地层学的技术方法,提高研究区卡拉沙依组层序地层学研究的精度。通过上述分析,虽然划分出了与三级层序级别

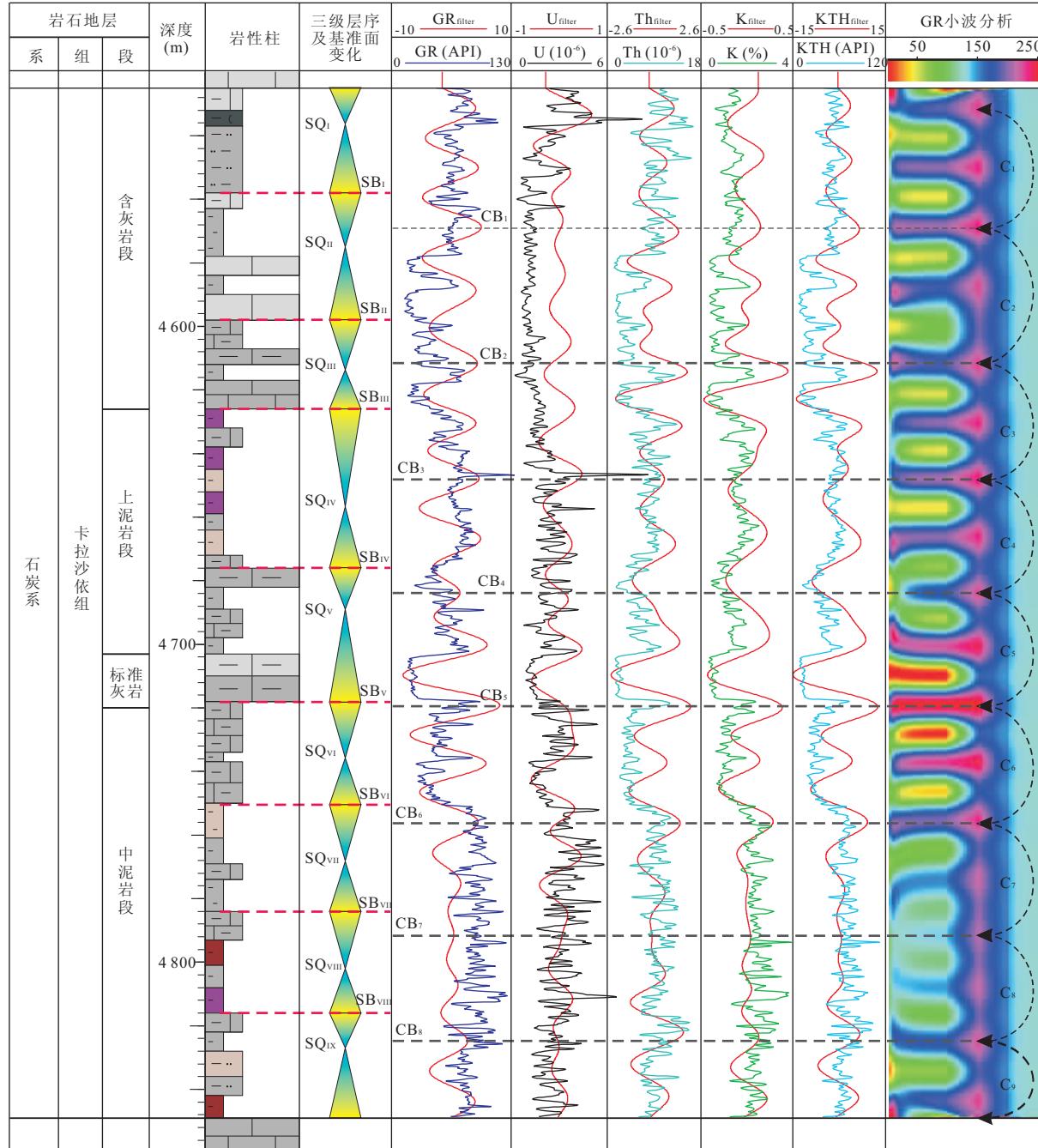


图 5 顺 6 井旋回地层及层序地层划分

Fig. 5 Cycles and sequences division of Karashayi Formation in Well Shun 6

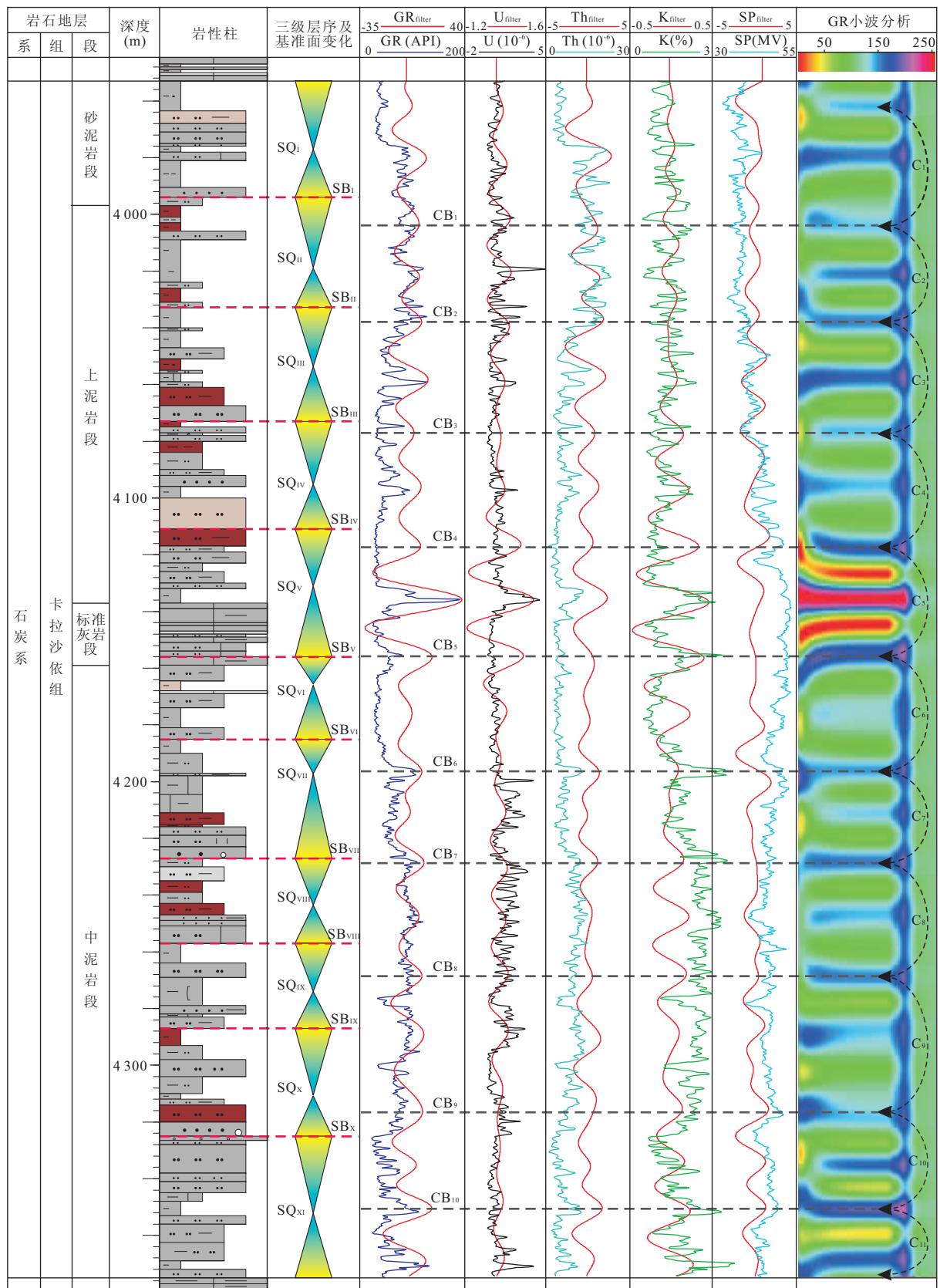


图6 中1井旋回地层及层序地层划分

Fig. 6 Cycles and sequences division of Karashayi Formation in Well Zhong 1

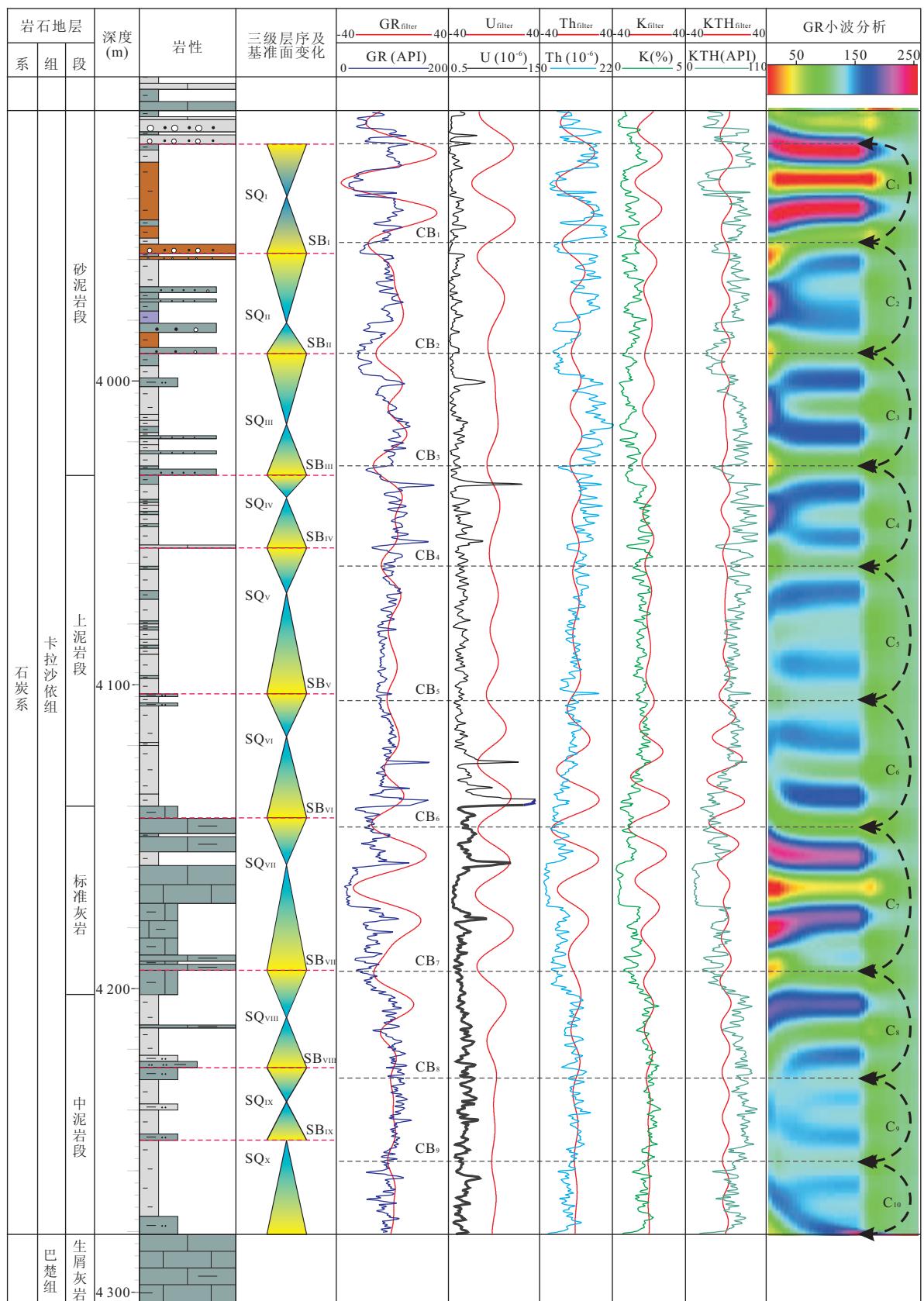


图 7 中 17 井旋回地层及层序地层划分

Fig. 7 Cycles and sequences division of Karashayi Formation in Well Zhong 17

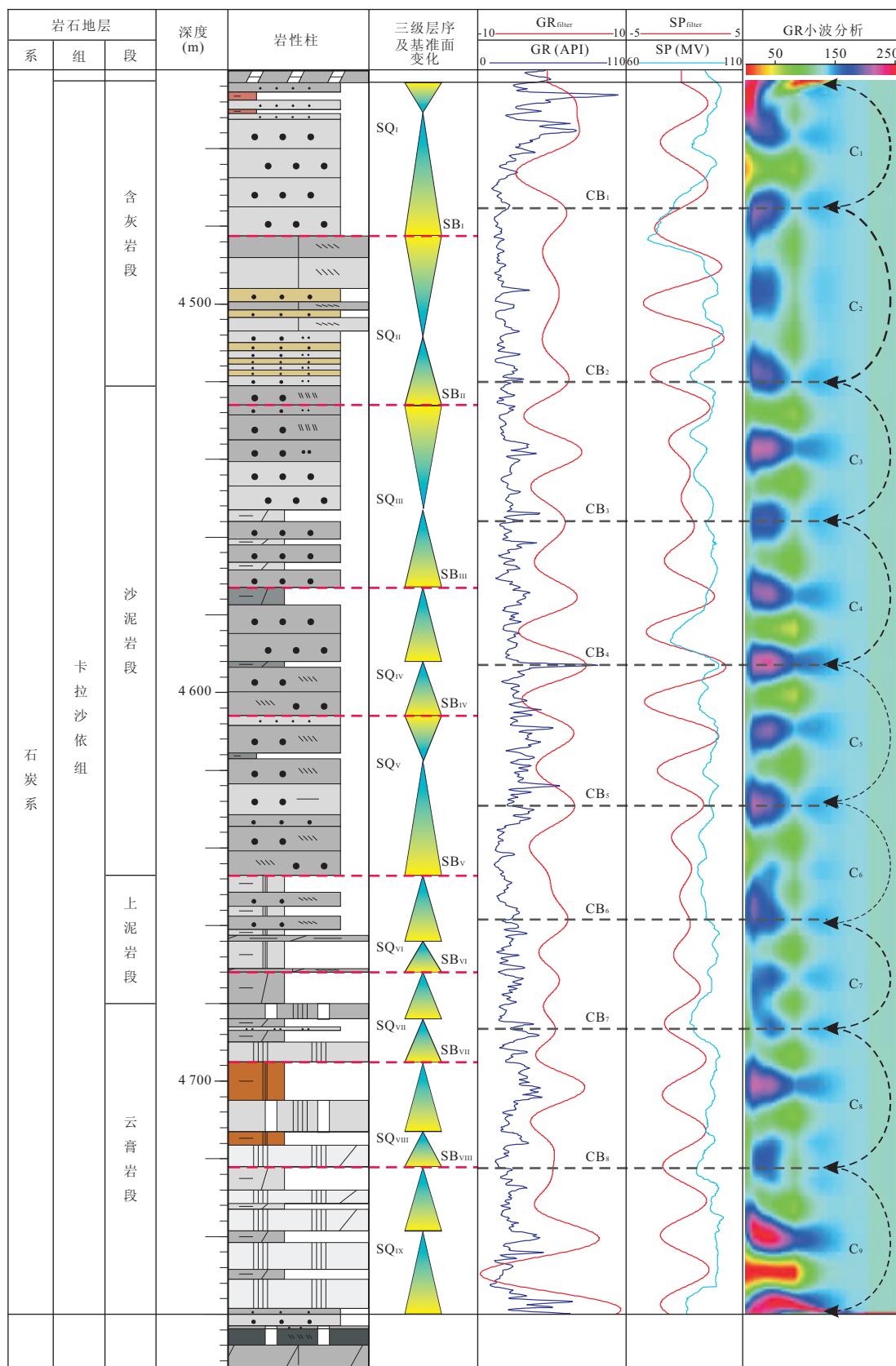


图 8 麦 6 井旋回地层及层序地层划分

Fig. 8 Cycles and sequences division of Karashayi Formation in Well Mai 6

相当的地层旋回,但由于旋回地层学和层序地层学所依托的理论基础并不相同;旋回地层学重在寻找地层记录中重复出现的周期性变化,层序地层学则是重在地层中的不整合面或沉积间断面—即层序界面的识别,因此上述划分出的地层旋回并不能直接对比为三级层序。但根据旋回地层所推断出的地层延续年龄及相当时限内地层的厚度规模,对进行层序地层的划分而言,仍具有重要的参考价值。也就是说由于划分标准的不同,各钻井上层序界面的位置虽不能与各旋回的分界面一一对应,但由于其相似的厚度规模,根据旋回界面仍可判断出层序界面的大致范围,以作为层序划分的重要参考。基于这一原则,本文综合分析了钻井岩心上所体现的基准面变化、不整合、沉积间断及岩相突变界面等特征,并将之与旋回分析结果所指示界面范围相对应,确定出各层序界面的具体位置,对顺 6 井划分出了相应的层序单元(图 5 中编号  $SQ_1$  (Sequence<sub>I</sub>),  $SQ_{II}$ , ...,  $SQ_{IX}$  等所示)。类似地,对于中 1 井、中 17 井及麦 6 井也同样划分出了 9~11 个不等的三级层序(图 6~8)。

层序界面的具体确定过程如下。如顺 6 井中层序  $SQ_1$  与  $SQ_{II}$  之间的界面  $SB_1$  (Sequences Boundary<sub>I</sub>),首先根据其与旋回界面  $CB_1$  (Cycles Boundary<sub>I</sub>)之间大致对应关系,可判断出其大致的分布范围;其次根据层序界面的基本定义和层序内部体系域的构成原则,层序界面应对应于不整合面、岩性突变面以及基准面由下降(水体变浅)到上升(水体变深)的转换面。由此可将层序  $SQ_1$  与  $SQ_{II}$  之间的界面标定于  $SB_1$  的位置(图 5)。又如中 1 井的  $SQ_{II}$  与  $SQ_{III}$  之间的界面  $SB_{II}$ (图 6),以及中 17 井的  $SQ_1$  与  $SQ_{II}$  之间的界面  $SB_1$ (图 7),也均以水体变至最浅时的底砾岩为上覆层序的底界,层序界面为下伏层序高位体系域和上覆层序低位体系域的转换面。

## 4 讨论与结论

正确的地层划分和对比是能源盆地研究中一个不可或缺的工作重心。塔里木盆地重要的储集层段卡拉沙依组,目前已开展的层序地层工作尚较薄弱且存在较大问题,主要是三级层序的划分与其所跨越的时限之间存在着较大的矛盾。

一般而言,地层层序是构造沉降、古气候以及它们引起的海平面变化联合作用的产物。对于层序成因分析,很多情况下很难把构造和气候因素截然分

开。塔里木盆地卡拉沙依组沉积时期,恰为构造活动较不发育的稳定时期,地层分布平稳,鲜有变形和明显的削蚀不整合发育,这虽为层序界面的识别带来不便,但可作为开展旋回地层研究的良好载体。

本文利用频谱分析的方法,在对塔中及邻近区域顺 6 井、中 1 井、中 17 井及麦 6 井进行旋回地层分析的基础上,对以上各钻井的卡拉沙依组地层分别划分出了 9 个、11 个、10 个和 9 个三级层序。

以上多口钻井、多项指标较一致的周期性变化,均说明塔里木盆地卡拉沙依组的地层中确实记录着明显的周期性信号。虽然目前尚无十分精确定年资料,但通过天文周期的标定和计算,仍可确定出各层序的延续时限大致为 2.4 Ma, 对应于地球轨道 3 个参数组合形成的天文周期。这在一定程度上反映了构造稳定的背景下,卡拉沙依组的层序发育主要受控于天文成因气候旋回。该研究结果在揭示此处三级层序成因的基础上,也为回答三级层序的延续时限为什么是 2~3 Ma, 提供了相应的理论解释。

其次,通过每个层序的延续时限以及层序的个数,还可以计算出各钻井中卡拉沙依组地层总的延续时限在 21.6~26.4 Ma 不等,这与古生物地层对比的研究结果约 27 Ma 的结论相接近,也在一定程度上验证了本文研究结论的合理性。

另外,同为卡拉沙依组地层,但在各钻井上出现了旋回及层序的划分个数不一致的问题,这可能是由于卡拉沙依组地层在各钻井处发育、保存程度的不一致所致。如顺 6 井和麦 6 井中该组地层较薄,各为 324 m 和 317.32 m; 而中 1 井该组地层较厚,为 422 m; 中 17 井居中,卡拉沙依组总厚 370 m,反映了各井处该组地层的沉积过程除共同受控于天文周期之外,尚存在动力过程的具体差异,有待深入研究。

总的来说,本文通过对卡拉沙依组开展以旋回地层研究方法为基础的层序地层研究,较大程度地提高了对该组地层层序的划分精度和准确性,并揭示了三级层序与天文轨道周期之间的对应关系,反映了该区的层序发育形成于天文气候周期对沉积过程的控制作用。同时也表明将天文旋回的分析方法与层序研究相结合进行综合分析,在层序的划分和成因分析方面具有重要的应用价值和理论意义。

致谢:本文在撰写过程中得到了李思田和冯庆来两位老师的悉心指导,在岩心观察和资料收集过程中,得到了邢凤存博士及中石化总公司和西北分公司各级领导及相关部门负责同志的热心帮助,在

此一并表示感谢!同时也对审稿人提出的宝贵意见表示衷心的感谢!

## References

- Berger, A. , 1980. The Milankovitch astronomical theory of paleoclimates: a modern review. *Vistas in Astronomy*, 24(2): 103—122. doi: 10.1016/0083-6656(80)90026-4
- Berger, A. , 1988. Milankovitch theory and climate. *Reviews of Geophysics*, 26 (4): 624 — 657. doi: 10.1029/RG026i004p00624
- Berger, A. , Loutre, M. F. , 1994. Astronomical forcing through geological time. In: De Boer, P. L. , Smith, D. G. , eds. , Orbital forcing and cyclic sequences. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 15—24.
- Berger, A. , Loutre, M. F. , Dehant, V. , 1989. Influence of the changing lunar orbit on the astronomical frequencies of Pre-Quaternary insolation patterns. *Palaeoceanography*, 4(5): 555—564. doi: 10.1029/PA004i005p00555
- Berger, A. , Louter, M. F. , Laskar, J. , 1992. Stability of the astronomical frequencies over the earth's history for paleoclimate studies. *Science*, 255: 560 — 566. doi: 10.1126/science.255.5044.560
- De Boer, P. L. , Smith, D. G. , 1994. Orbital forcing and cyclic sequences. Blackwell, Oxford. doi: 10.1002/9781444304039.ch2
- Doyle, P. , Bennett, M. R. , 1998. Unlocking the stratigraphical record—advances in modern stratigraphy. John Wiley & Sons Ltd. , Chichester.
- Fan, H. Y. , Chen, W. , Liu, B. C. , 2004. Kalashayi formation reserve and comprehensive evaluation in Tahe oil field. *Xinjiang Geology*, 22(4): 417—421 (in Chinese with English abstract).
- Gong, Y. M. , Xu, R. , Tang, Z. D. , et al. , 2004. The cyclostratigraphy and the conodont dating. *Science in China (Ser. D)*, 34(7): 635—643 (in Chinese).
- Gradstein, F. M. , Ogg, J. G. , Smith, A. G. , 2004. A geologic time scale 2004. Cambridge University Press, UK.
- Gu, J. Y. , Zhang, X. Y. , Guo, B. C. , 2006. Characteristics of sedimentation and reservoir of the Donghe sandstone in Tarim basin and their synthetic analysis. *Journal of Palaeogeography*, 8(3): 285 — 294 (in Chinese with English abstract).
- Guo, Q. J. , Zhao, X. M. , 2002. Depositional characteristics of Carboniferous in Tahe region. *Oil & Gas Geology*, 23 (1): 99—102 (in Chinese with English abstract).
- Hays, J. D. , Imbrie, J. , Shackleton, N. J. , 1976. Variations in the Earth's orbit: pacemaker of the ice ages. *Science*, 194: 1121—1132. doi: 10.1126/science.194.4270.1121
- He, F. Q. , Zhai, X. , Yu, R. L. , et al. , 2004. Deposition and genetic analysis of Carboniferous Kalashayi Formation in Tahe oilfield. *Oil & Gas Geology*, 25(3): 258—262 (in Chinese with English abstract).
- Herbert, T. D. , Mayer, L. A. , 1991. Long climatic time series from sediment physical property measurements. *Journal of Sedimentary Research*, 61 (7): 1089—1108. doi: 10.1306/D4267843-2B26-11D7-8648000102C1865D
- Hilgen, F. J. , Krijgman, W. , Langereis, C. G. , et al. , 1997. Breakthrough made in dating of the geological records. *EOS, Transactions American Geophysical Union*, 78 (28): 285, 288—289. doi: 10.1029/97EO00186
- Hinnov, L. A. , 2000. New perspectives on orbitally forced stratigraphy. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 28: 419—475. doi: 10.1146/annurev.earth.28.1.419
- Huang, Z. B. , Du, P. D. , Zhang, S. B. , et al. , 2005. Revision of the Carboniferous Kalashayi Formation of the Tarim basin. *Journal of Stratigraphy*, 29(1): 55 — 70 (in Chinese with English abstract).
- International Commission on Stratigraphy (ICS) , 2008. Geologic time scale. <http://eps.berkeley.edu/courses/eps50/documents/timescale.pdf>
- Jia, C. Z. , 1997. The structure characteristics of Tarim basin, China. Petroleum Industry Press, Beijing (in Chinese).
- Jia, C. Z. , Wei, G. Q. , 2002. The tectonic feature and oil-bearing properties of Tarim basin. *Chinese Science Bulletin*, 47(Suppl.): 1—8 (in Chinese).
- Laskar, J. , 1999. The limits of earth orbital calculations for geological time-scale use. *Philos. Trans. Royal Soc. London*, 357 (757): 1735 — 1759. doi: 10.1098/rsta.1999.0399
- Liu, C. S. , Guo, J. H. , 2005. The clastic reservoir rocks from the Kalashayi Formation on the Akkol uplift of the Tarim basin, Xinjiang. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 25(3): 68 — 73 (in Chinese with English abstract).
- Markello, J. R. , Koepnick, R. B. , Waite, L. E. , et al. , 2006. The carbonate analogs through time (CATT) hypothesis—a systematic and predictive look at Phanerozoic carbonate reservoirs. Extended abstract prepared for presentation at AAPG Annual Convention, Calgary, Alberta, June 19—22, 2005.
- Mitchell, R. N. , Bice, D. M. , Montanari, A. , et al. , 2008. Oceanic anoxic cycles? Orbital prelude to the Bonarelli Level (OAE2). *Earth and Planetary Science Letters*, 267(1—2): 1—16. doi: 10.1016/j.epsl.2007.11.026
- Muller, R. A. , Macdonald, G. J. , 2000. Ice ages and astro-

- nomical causes. Chichester, Praxis Publishing, UK.
- Paillard, D., Labeyrie, L., Yiou, P., 1996. Macintosh program performs time-series analysis. *EOS, Transactions American Geophysical Union*, 77: 379. doi: 10.1029/96EO00259
- Prokoph, A., Villeneuve, M., Agterberg, F. P., et al., 2001. Geochronology and calibration of global Milankovitch cyclicity at the Cenomanian-Turonian boundary. *Geology*, 29(6): 523—526. doi: 10.1130/0091-7613(2001)029<0523: GACOGM>2.0.CO;2
- Rio, D., Silva, L. P., Capraro, L., 2003. The geologic time scale and the Italian stratigraphic record. *Episodes*, 26(3): 259—263.
- Song, B. L., Zhang, C. D., Wang, Q., 2002. The characteristics and distribution of the hydrocarbon reservoirs in the Carboniferous Karashayi Formation, Tahe oil field, Xinjiang. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 22(2): 53—57 (in Chinese with English abstract).
- Thomson, D. J., 1982. Spectrum estimation and harmonic analysis. *Proc. IEEE*, 70(9): 1055—1096.
- Wang, D. Y., Bai, Y. L., Jia, C. Z., 2001. Stable isotopic geochemistry of the Carboniferous marine carbonates in the Tarim basin. *Petroleum Exploration and Development*, 28(6): 38—41 (in Chinese with English abstract).
- Wang, P. X., 2006. Astronomical “pendulum” for geological clock. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 26(1): 1—7 (in Chinese with English abstract).
- Wang, Y., 1998. Stratigraphic sequence of Tarim basin in Neodevonian Carboniferous period. *Journal of the University of Petroleum, China*, 22(6): 14—20 (in Chinese).
- Weedon, G. P., 2003. Time-series analysis and cyclostratigraphy. Cambridge University Press, Cambridge. doi: 10.2277/0521620015
- Wei, F. J., He, F. Q., Pu, R. H., 2004. Petrophysics and evaluation of the Kalashayi Formation, Tahe oilfield. *Petroleum Geology & Experiment*, 26(4): 344—358 (in Chinese with English abstract).
- Wu, H. C., Zhang, S. H., Huang, Q. H., 2008. Establishment of floating astronomical time scale for the terrestrial Late Cretaceous Qingshankou Formation in the Songliao basin of Northeast China. *Earth Science Frontiers*, 15(4): 159—169 (in Chinese with English abstract).
- Xu, Ji., He, Z. L., Guo, J. H., et al., 2009. Sequence stratigraphy and sedimentary system of Kalashayi Formation sandy mudstone member. *Xinjiang Geology*, 27(2): 155—159 (in Chinese with English abstract).
- Yan, X. B., Li, Y. H., 2002. Division and lateral prediction of Carboniferous sand in Tahe oilfield. *Progress in Exploration Geophysics*, 25(5): 36—51 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, S. B., Huang, Z. B., Du, P. D., et al., 2009. Research progress of Carboniferous to Permian division and correlation. In: Zhou, X. Y., ed., *The 20 anniversary symposium of the oilfield battle in Tarim basin (exploration fascicule)*. Petroleum Industry Press, Beijing (in Chinese).
- Zhang, S. B., Huang, Z. B., Zhu, H. C., et al., 2004. The Phanerozoic stratigraphy in Tarim basin. Petroleum Industry Press, Beijing, 26 (in Chinese).
- Zhang, S. C., Liang, D. G., Zhang, B. M., et al., 2004. The generation of marine hydrocarbon in Tarim basin. Petroleum Industry Press, Beijing (in Chinese).
- Zhao, X. Q., Zhang, Z. S., Li, H. W., 1995. Sequence stratigraphy and petrofacies palaeogeography of Carboniferous system in the Tarim basin. *Oil Geophysical Prospecting*, 30(4): 533—545 (in Chinese with English abstract).
- Zhu, H. C., 2001. Carboniferous miospore zonation in China. *Acta Micropalaeontologica Sinica*, 18(1): 48—54 (in Chinese with English abstract).
- Zhu, H. C., Zhao, Z. X., 1999. Advances on studies of Devonian-Carboniferous sporopollen in Tarim basin. *Xinjiang Petroleum Geology*, 20(3): 248—251 (in Chinese with English abstract).
- Zhu, H. C., Zhao, Z. X., Liu, J. J., et al., 1998. Discovery of the earliest Carboniferous spores from the Tarim basin. *Journal of Stratigraphy*, 22(4): 295—298 (in Chinese with English abstract).
- Zhu, R. K., Luo, P., Luo, Z., 2002. Lithofacies palaeogeography of the late Devonian and Carboniferous in Tarim basin. *Journal of Palaeogeography*, 4(1): 13—24 (in Chinese with English abstract).
- ## 附中文参考文献
- 樊怀阳,陈文,刘百春,2004.塔河油田卡拉沙依组砂组沉积相与储层研究.新疆地质,22(4):417—421.
- 龚一鸣,徐冉,汤中道,等,2004.广西上泥盆统轨道旋回地层与牙形石带的数字定年.中国科学(D辑),34(7):635—643.
- 顾家裕,张兴阳,郭彬程,2006.塔里木盆地东河砂岩沉积和储层特征及综合分析.古地理学报,8(3):285—294.
- 郭齐军,赵省民,2002.塔河地区石炭系沉积特征.石油与天然气地质,23(1):99—102.
- 何发岐,翟晓先,俞仁连,等,2004.塔河油田石炭系卡拉沙依

- 组沉积与成因分析. 石油与天然气地质, 25(3): 258—262.
- 黄智斌, 杜品德, 张师本, 等, 2005. 塔里木盆地石炭系卡拉沙依组的厘定. 地层学杂志, 29(1): 55—70.
- 贾承造, 1997. 中国塔里木盆地构造特征与油气. 北京: 石油工业出版社.
- 贾承造, 魏国齐, 2002. 塔里木盆地构造特征与含油气性. 科学通报, 47(增刊): 1—8.
- 刘辰生, 郭建华, 2005. 塔里木盆地阿克库勒凸起卡拉沙依组储层特征研究. 沉积与特提斯地质, 25(3): 68—73.
- 宋彬林, 张春冬, 王琪, 2002. 新疆塔河油田石炭系卡拉沙依组储层特征及油气分布. 沉积与特提斯地质, 22(2): 53—57.
- 王大悦, 白玉雷, 贾承造, 2001. 塔里木盆地油区石炭系海相碳酸盐岩同位素地球化学研究. 石油勘探与开发, 28(6): 38—41.
- 汪品先, 2006. 地质计时的天文“钟摆”. 海洋地质与第四纪地质, 26(1): 1—7.
- 王毅, 1998. 塔里木盆地晚泥盆世与石炭纪沉积演化. 石油大学学报, 22(6): 14—20.
- 魏福军, 何发岐, 蒲仁海, 2004. 塔河油田卡拉沙依组储层物性及评价. 石油试验地质, 26(4): 344—358.
- 吴怀春, 张世红, 黄清华, 2008. 中国东北松辽盆地晚白垩世青山口组浮动天文年代标尺的建立. 地学前缘, 15(4): 159—169.
- 许杰, 何治亮, 郭建华, 等, 2009. 卡拉沙依组砂泥岩段层序地层及沉积体系. 新疆地质, 27(2): 155—159.
- 阎相宾, 李永宏, 2002. 塔河油田石炭系砂层划分对比及横向预测. 勘探地球物理进展, 25(5): 36—51.
- 张师本, 黄智斌, 杜品德, 等, 2009. 塔里木盆地石炭一二叠系划分对比研究进展. 见: 周新源编, 塔里木油田会战20周年论文集(勘探分册). 北京: 石油工业出版社.
- 张师本, 黄智斌, 朱怀诚, 等, 2004. 塔里木盆地覆盖区显生宙地层. 北京: 石油工业出版社, 26.
- 张水昌, 梁狄刚, 张宝民, 等, 2004. 塔里木盆地海相油气的生成. 北京: 石油工业出版社.
- 赵秀岐, 张振生, 李洪文, 等, 1995. 塔里木盆地石炭系层序地层学及岩相古地理研究. 石油地球物理勘探, 30(4): 533—545.
- 朱怀诚, 赵治信, 1999. 塔里木盆地泥盆—石炭系孢粉研究新进展. 新疆石油地质, 20(3): 248—251.
- 朱怀诚, 赵治信, 刘静江, 等, 1998. 塔里木盆地早石炭世早期孢子化石的发现及其地层意义. 地层学杂志, 22(4): 295—298.
- 朱怀诚, 2001. 中国石炭系孢粉组合带序列. 微体古生物学报, 18(1): 48—54.
- 朱如凯, 罗平, 罗忠, 2002. 塔里木盆地晚泥盆世及石炭纪岩相古地理. 古地理学报, 4(1): 13—24.



## 中国地质大学 60 周年校庆公告 (第二号)

在今秋丹桂飘香的时节,中国地质大学将迎来 60 华诞。在这喜庆时刻到来之际,中国地质大学(武汉)全体师生特向长期以来关心、支持学校建设与发展的社会各界表示衷心的感谢,向海内外广大校友致以诚挚的问候!

中国地质大学是教育部直属、首批进入国家“211 工程”、享有教育部优势学科创新平台专项支持的全国重点大学;经过 60 年的传承与发展,已经建设成为以地球科学为主要特色,理、工、文、管、经、法等学科门类协调发展的多科性大学,现正朝着校友温家宝总理提出的建设“地球科学领域世界一流大学”宏伟目标阔步前进。

一甲子峥嵘岁月,60 年璀璨硕果。自 1952 年建校以来,一代代地大人历经磨难而不弃,心持家国情怀,勇于担当兴国重任,将学校打造成为国家地学人才重要培养基地。从学校走出的 20 余万名毕业生,在各自的岗位上勤奋工作、建功立业、报效祖国,从他们中先后涌现了 29 位中国科学院、中国工程院院士。60 周年校庆之年,学校更是喜讯频传,2012 年 5 月 19 日晨,学校登山队成功登顶珠峰,谱写了我国高校自主组队成功登顶珠峰的纪录,展示了地大人不畏艰险、勇攀高峰的豪情;当天晚上,校友温家宝总理回到母校视察工作、看望师生,在与师生交流的重要讲话中,回忆了难忘的母校求学岁月、抒发了对母校的感恩情怀,进一步指明了地球科学、中国地质大学的发展方向,给全校师生以巨大鼓舞和力量。

东湖之滨友朋相聚,南望山畔师生团圆。2012 年 11 月 7 日,我校将隆重举行以“甲子积淀,世纪腾飞”为主题的系列庆祝活动,以此弘扬地大精神、展示办学成果、凝聚各方力量、共谋发展蓝图。我们热忱邀请长期以来给予学校关心和支持的各级领导、各界贤达、广大校友届时拨冗光临,共襄盛典!

谨此公告,祈望周知。

欢迎垂询:中国地质大学(武汉)60 周年校庆工作办公室

电 话:86-27-67885136,67883871,67880779

传 真:86-27-67885136

校庆网站:<http://cug60.cug.edu.cn>

电子邮箱:cug60@cug.edu.cn;xqb60@cug.edu.cn

地 址:中国湖北省武汉市鲁磨路 388 号

邮 编:430074

中国地质大学(武汉)  
二〇一二年八月六日