

文章编号: 1000-0550 (2005) 04-0672-05

试论短周期幕式构造沉降对陆相断陷盆地高频沉积旋回的控制

任拥军 王冠民 马在平 钟建华 陈清华

(中国石油大学地球资源与信息学院 山东东营 257061)

摘要 近年来,在构造背景稳定的海相地层中,基于米兰科维奇旋回控制下的高频旋回逐渐成为进行地层精细划分、定年和探讨盆地演化的重要手段,并被逐渐尝试着应用到陆相断陷盆地中。但陆相断陷盆地为构造盆地,断裂构造理论以及大量地表、地下的构造、沉积现象都表明,在高频旋回沉积过程中可能存在着短周期幕式构造沉降的影响,这就使得在陆相断陷盆地中应用米兰科维奇旋回理论必须要考虑和去除这种影响。

关键词 米兰科维奇旋回 陆相断陷盆地 幕式沉降 高频旋回;

第一作者简介 任拥军 男 1968 年出生 博士研究生 副教授 地球化学与矿物岩石矿床学

中图分类号 P539.2 **文献标识码** A

1 有关湖相高频沉积旋回的研究现状

高频沉积旋回是指包括、、级旋回在内的一系列沉积旋回。Mitchum 等将这类旋回称之为“高频层序”^[1];郑荣才等称之为“中、短期基准面旋回和超短期基准面旋回”^[2]。类似于 Anderson^[3]和梅冥相^[4]所称的“米级旋回”,包括 Vail^[5]所定义的“准层序”和王鸿祯^[6]等所称的“小层序”。高频旋回在露头上的厚度可从几十米至几米,时间跨度从周期为 0.01~0.5Ma。

早在 1895 年, Gilbert 就指出一定的旋回韵律形式是相对敏感的地球轨道韵律的反映^[7]。Milankovitch^[8]提出第四纪冰期成因的天文假说:地球绕日轨道的三个重要参数——偏心率(e)、地轴倾斜角度或称黄赤交角(δ)和岁差(ω)是形成第四纪亚冰期和间冰期更替(或者说气候变化)的主要原因,即米兰科维奇旋回理论。目前所应用的 e 短周期约为 100 ka,长周期约 400 ka, δ 为 41 ka, ω 为 19~23 ka^[9]。1976 年, Hays 利用深海沉积物中的氧同位素资料证实了地层中米兰科维奇沉积旋回的存在。

由于地层中的米兰科维奇沉积旋回与高频旋回的持续时间相当,高频旋回从 20 世纪 80 年代以来已经逐渐成为地层沉积研究的热点之一。在全球范围

内不仅在深海,而且在滨浅海尤其是大地构造背景稳定条件下的碳酸盐岩地层中,这些高频旋回的成因被越来越多的研究成果证明与受米兰科维奇轨道旋回所驱动的全球气候变化密切相关^[11~17]。由于轨道旋回周期是可以准确计算的,这就使得高频旋回一方面正在逐渐成为局部或区域精细地层划分、对比甚至精细定年^[16]的一种新方法;另一方面根据轨道变化所产生的气候周期也正在成为探讨地层形成、古环境演化的重要手段。

正如层序地层学起源于稳定大陆边缘,经过发展,现在已经广泛应用于陆相构造盆地中一样,上述高频旋回的成因理论近年来也开始应用于陆相构造盆地中。比如: Olsen 对美国 Newark 盆地三叠纪湖相沉积不同岩相所代表的水深级别进行标定,识别出了米氏频段的沉积旋回^[18]。Bum 等^[19]通过识别海岸线迁移和叠置方式,识别了西班牙北部 Montserrat 扇三角洲的米氏旋回,并对气候等的影响进行了讨论,贝加尔湖 400 万年来的环境演化历史的研究,也证实明显存在 10 万年和 4.1 万年周期^[20]。绝大部分轨道周期在不同时代、不同类型的陆相沉积环境中均已获得了对应的高频沉积旋回证据^[12]。

国内的学者在这方面也进行了一些有益的探索。对青藏高原中更新世以来若尔盖地区长达 310 m 的

钻孔岩心柱进行的综合研究表明,高原的气候特征受地球轨道力驱动的冰期、间冰期影响;滇池湖水演化具有 10 万年周期,反映了干湿气候的明显交替^[21]。

但与陆相层序地层学所取得的进展不同的是:高频旋回成因理论在陆相盆地中的应用目前整体还处于探索阶段,对陆相盆地中的高频旋回的成因机理还是普遍直接引用稳定大地构造背景下的海相碳酸盐高频旋回的成因机理——米兰科维奇气候旋回。

在中生代和第三纪(古近纪、新近纪)陆相断陷盆地的大量研究中,包括级旋回(相当于层序)在内的低频旋回是由构造运动控制^[22~26]的观点已经得到了广泛的认同。但对高频旋回发育的原因,则无论是从沉积旋回发育特征的角度,还是从利用测井曲线所反映的不同级别旋回叠加的角度^[27],大多直接笼统地归于米兰科维奇气候旋回的控制。

2 构造高频沉积旋回在陆相断陷盆地中存在的可能

可是,形成陆相断陷盆地最基本的因素就是构造沉降,既然盆地的幕式构造沉降是形成级旋回(层序)的主要因素,那么在形成盆地的高频旋回过程中,幕式构造沉降是不是就不起任何作用了?

我们认为,断陷盆地中的幕式构造沉降对高频旋回发育的控制问题目前尽管还没有更详细的研究成果出现(池英柳^[22]曾从盆地拉张裂隙作用的多层次性角度出发,认为盆地的幕式沉降作用不仅控制了层序,也控制了准层序组、大多数准层序的发育),但实际上影响断陷盆地高频旋回形成的短周期幕式构造沉降(相对于控制包括级旋回在内的低频旋回的长周期幕式构造沉降而言)还应该是存在的,理由是:

(1) 如果构造运动仅仅控制级旋回(相当于层序)的发育,那么在沉积近百米或几百米厚地层(一般陆相盆地单个层序的地层厚度)的数百万年的时间内,主控断层的活动只能解释为持续的稳滑(断层不间断地稳定滑动,应变能连续释放而不积累),只是稳滑速率在一定程度上有快慢的变化。

但根据对断层摩擦行为的研究^[28],在近地表岩石脆性拉张条件下,断层的粘滑(断层应变能在长期积累之后突然释放,伴随断层两侧的快速运动。周期短的稳滑逐渐与粘滑趋同)则是很常见的,并且不受断层规模或级别的限制。这样,在高频旋回沉积过程中,也会发生一系列规模较小的、不同频率的幕式构

造沉降。解习农等^[23]也曾指出,很难用准确数学函数来描述盆地的构造运动轨迹,事实上沉降过程可能是非线性或间断函数。

(2) 地表条件下,断陷盆地常有较多的短周期幕式构造运动的表现,如:盆地边缘构造河流阶地的形成;沿大陆裂谷或地堑分布的地震带;在人类历史中古城的快速沉陷,如近年发现的巢湖水下古城验证了春秋时期古代居巢国一夜之间的突然消失,以及云南抚仙湖等其它水下古城(互联网上均可搜索)均表明盆地构造沉降的突发性。

(3) 断陷盆地内部的一些现象和过程也常表现出突发性的快速构造运动,如济阳拗陷古近系中的震积岩^[29]、与断层活动有关的幕式排烃^[24]等都是短期内盆地幕式构造沉降的反映。

(4) 如果高频旋回的形成都是由米兰科维奇气候旋回控制的,那么由于气候变化引起的湖平面频繁升降会在滨浅湖相的高频旋回中形成大量的暴露剥蚀面或古土壤层,但据我们对岩芯的大量实际观察,湖相高频旋回中暴露剥蚀面在垂向上并不是很常见(当然也不排除这种短期暴露面在岩芯中确实难以识别的可能)。

(5) 在远离物源的陆相断陷湖盆内部,沉积水体单一向上变浅的高频旋回比较常见,只在旋回界面上部表现出水体突然加深的特征。郑荣才^[2]、彭军^[27]、胡受权^[30]对类似的高频旋回都曾介绍过(并将其成因解释为底部发育无沉积作用面)。另外,邓宏文^[31]、纪友亮^[32]等许多学者对这种旋回也都曾提及。但这种高频旋回却很难用米兰科维奇旋回理论来解释,而用幕式构造沉降来解释就很明了。

因为,其一从沉积水体的变化上看,米兰科维奇旋回的气候波动与余弦曲线的特定相态有关^[33],由此带来的典型湖泊水位升降过程应该是渐变的,而不是突变;其二从这种旋回界面的成因上看,水域相对狭小、湖流复杂的陆源碎屑湖盆不应该存在类似于海相条件下的无沉积作用面或类似海相碳酸盐岩淹不整合面的形成条件。因为湖流会将进入湖泊的悬浮物质大量带入到湖盆中央,湖泊的水体一般要比陆棚的水体混浊得多,所以在湖泊中心不会形成持续一定时间的无沉积区域,尽管该区域的沉积速率可能会相对比较缓慢,如现代云南滇池、青海湖等现代大型湖泊中央均发育厚层的泥质沉积。

另外,虽然在一些层序地层学的专著中,将沉积水体单一向上变浅的高频旋回(被称为幕式旋回或

准层序)的成因解释为可由沉积作用引起,如三角洲叶状体的突然迁移^[34]或泥岩的压实、水体的快速加深^[32],但在远离物源、缺乏砂体沉积的湖泊内部或水下隆起区,这种旋回就很难用单纯的沉积作用来解释。因为湖泊内部正常沉积的悬浮物质主要由湖流带来,在幕式断陷的间歇期,假设气候也不发生变化,则湖泊水体会在一定时期内保持相对稳定,在一定范围内细碎屑物质的沉积速率也应该是相对稳定的;沉积速率普遍缓慢的情况下,也不会发生泥岩的快速压实;而水体快速加深的原因归根结底也是构造运动或者气候变化的结果。

(6) 少量第四纪构造湖泊的研究也表明,正常湖泊沉积物在垂向上的突变常与气候的变化并不同步,反之与构造运动有一定的对应关系。如若尔盖 RH 和 RM 孔在 700 kaBP、350 kaBP、160 kaBP 层位上向上变粗的粒度变化^[21]、西昆仑山甜水海湖 TS95 岩芯在 30 m 深度向上出现的碳酸盐含量快速增加等均与青藏高原的构造活动有关^[35];也有的湖相沉积在气候基本不变的情况下,出现沉积水体的快速加深,如新疆巴里坤湖 B1-94 岩芯 8.0 m 处表现出的沉积湖水的突然大幅度加深,但界面上下沉积物中的蒸发盐等气候指标却没有明显改变^[36]。

3 陆相盆地米兰科维奇旋回与构造高频旋回之间的关系和研究展望

所以,在陆相断陷盆地中,构造沉降对高频沉积旋回的形成应该存在着控制作用。甚至在靠近断陷盆地主控断裂的一侧,因构造运动可以造成物源进积速率变化,可能出现完全由短周期幕式构造运动控制的高频沉积旋回。尽管向盆地沉积中心方向,这种物源进积速率变化的影响会随距离加大而减小,但还不能否认短周期幕式构造沉降至少可能控制一些高频旋回沉积界面的形成(在随后的高频旋回主沉积期可由气候变化占主导)。

正是由于短周期幕式沉降与米兰科维奇气候旋回的彼此叠加、干扰、影响,使陆相断陷盆地高频沉积旋回的成因变得更复杂,难以直接应用米兰科维奇旋回理论。

但鉴于米兰科维奇旋回理论在进行地层精细划分、对比和预测盆地演化等方面存在着巨大的优越性,因此需要尽快认清高频旋回沉积过程中的短周期幕式沉降的沉积学响应,使之与单纯由米兰科维奇气候旋回控制下的高频沉积旋回相区别,以便排除干

扰,在陆相盆地中更有效地应用米兰科维奇旋回理论。

还有,国内外在地层中已确定的米兰科维奇气候旋回多是首先通过沉积物所反映的水深以及气候变化来确定的^[18~20],而对于国内中生代和古近纪陆相盆地高频旋回的研究成果,大多是对米兰科维奇旋回理论的直接引用,或根据测井曲线、旋回性特征利用米兰科维奇不同轨道旋回之间的叠加比例关系做的理论推测^[27,30,37]。

Kauffman 1988 年^[38]曾提出鉴别沉积旋回是否属于米兰科维奇旋回的 3 个条件:(1)该旋回的年限及其在地层中的重复性必须符合米兰柯维奇旋回的周期性;(2)该旋回必须与米兰柯维奇提出的气候效应有内在的联系,气候效应表现在沉积记录的物理、化学、生物的特征;(3)该旋回必须同时发育于不同的沉积地点和不同的沉积相区。

除了 Kauffman 提出的第三点以外,目前单纯利用测井曲线或沉积旋回,根据不同周期旋回间的重复叠加关系来确定米兰科维奇旋回的研究还只符合第一点,尚缺乏有力的沉积学证据来对第二点、第三点提供支持。

现在看来,尽管米兰科维奇气候旋回对湖盆高频沉积旋回的控制作用毋庸置疑,但短周期幕式构造沉降对湖盆高频沉积旋回形成的控制作用也是不可忽视的。所以,对于陆相断陷湖盆的高频沉积旋回,如何确定其成因;米兰科维奇气候旋回和短周期的幕式构造沉降对湖泊高频沉积旋回的形成是如何控制的,是否有主因和次因;两种成因的高频沉积旋回在沉积特征上的区别等等,都尚需要做认真的研究和讨论。

因此,在陆相断陷盆地中正确应用米兰科维奇旋回理论之前,还有许多基础工作要做。

参考文献 (References)

- 1 Mitchum R M. High frequency sequences stratigraphy. *Sedimentary Geology*, 1991, 70 (2/4): 215 ~ 307
- 2 郑荣才,彭军,吴朝容. 陆相盆地基准面旋回的级次划分和研究意义. *沉积学报*, 2001, 9 (2): 249 ~ 254 [Zheng Rongcai, Peng Jun, Wu Chaorong. Grade division of base level cycles of terrigenous basin and its implications. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2001, 9 (2): 249 ~ 254]
- 3 Anderson E J, Goodwin P W. The significance of meter-scale albcycles in the quest for a fundamental stratigraphic unit. *Journal of Geology*, 1990, 7: 507 ~ 518
- 4 梅冥相,徐德斌,周洪瑞. 米级旋回层序的成因类型及其相序组构特征. *沉积学报*, 2000, 8 (1): 43 ~ 48 [Mei Mingxiang, Xu Debin,

- Zhou Hongrui. Genetic types of meter-scale cyclic sequences and their fabric features of facies-succession. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2000, 8(1): 43 ~ 48]
- 5 Van Wagoner J C, Mitchum R M, Campion K M. Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs, cores, and outcrops: concepts for high-resolution correlation of time and facies. AAPG, *Methods in Exploration*, 1990, (7): 1 ~ 55
 - 6 王鸿祯, 史晓颖. 沉积层序及海平面旋回的分类级别. *现代地质*, 1998, 2(1): 1 ~ 16 [Wang Hongzhen, Shi Xiaoying. The graduation of sedimentary sequence and sea level cycle. *Contemporary Geology*, 1998, 2(1): 1 ~ 16]
 - 7 刘立, 薛林福. 旋回地层学的基本原理与研究方法. *世界地质*, 1994, 3(3): 86 ~ 90 [Liu Li, Xue Linfu. The fundamental theorem and research approach of cyclostratigraphy. *World Geology*, 1994, 3(3): 86 ~ 90]
 - 8 Berger A. Milankovitch theory and climate. *Reviews of Geophysics*, 1988, 6: 625 ~ 657
 - 9 De Boer P L, Smith D G. Orbit forcing and cyclic sequences. In: De Boer P L, Smith D G, eds. *Orbital Forcing and Cycle Sequences*. International Association of Sedimentologists, Special Publication, 1994, 19: 1 ~ 14
 - 10 吴智勇. 米兰柯维奇韵律层及其年代地层意义. *地层学杂志*, 1995, 9(2): 156 ~ 159 [Wu Zhiyong. Rhythmites with milankovitch periods and their chronostratigraphic implications. *Journal of Stratigraphy*, 1995, 9(2): 156 ~ 159]
 - 11 Balog A, Haas J, Read J F, *et al*. Shallow marine records of orbitally forced cyclicity in a late Triassic carbonate platform, Hungary. *Journal of Sedimentary Research*, 1997, 67(4): 661 ~ 675
 - 12 Fischer A G, Bottjer D J. Orbital forcing and sedimentary sequence. *Journal of Sedimentary Petrology*, 1991, 1(7): 1063 ~ 1069
 - 13 Fischer A G. Orbital cyclicity in Mesozoic strata. In: Einsele G, Ricken W, Seilacher A, eds. *Cycles and Events in Stratigraphy*. Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hongkong, Barcelona, Budapest: Springer-Verlag, 1991. 48 ~ 62
 - 14 Berger A, Loutre M F, Laskar J. Stability of the astronomical frequencies over the earth's history for paleoclimate studies. *Science*, 1992, 255: 560 ~ 565
 - 15 Grötsch J. Cycle stacking and long-term sea level history in the lower Cretaceous (Gavriovo Platform, NW Greece). *Journal of Sedimentary Research*, 1996, 66(4): 723 ~ 736
 - 16 金之钧, 范国章, 刘国臣. 一种地层精细定年的新方法. *地球科学*, 1999, 24(4): 379 ~ 381 [Jin Zhijun, Fan Guozhang, Liu Guochen. A new method for accurate dating of strata. *Earth Science-Journal of China University of Geosciences*, 1999, 24(4): 379 ~ 381]
 - 17 吕炳全, 王红翌, 赵会民, 等. 主频算法对测井曲线沉积旋回的精细分析. *海洋地质动态*, 2002, 18(4): 27 ~ 30 [Lu Bingquan, Wang Honggang, Zhao Huimin, *et al*. Fine analysis of sedimentary cycles for logging curve by main frequency arithmetic method. *Marine Geology Letters*, 2002, 18(4): 27 ~ 30]
 - 18 Olsen P E, Kent D V. High-resolution stratigraphy of the Newark rift basin (early Mesozoic, eastern North America). *Bulletin of the Geological Society of America*, 1996, 108(1): 40 ~ 77
 - 19 Bum B A, Heller P L, Marzo M, *et al*. Fluvial response in a sequence stratigraphic framework: Example from the Montserrat delta, Spain. *Journal of Sedimentary Research*, 1997, 67(2): 311 ~ 320
 - 20 Williams D F, Peck J, Karabanov A A, *et al*. Lake Baikal record of continental climate response to orbital isolation during the past 5 million years. *Science*, 1997, 278: 1114 ~ 1117
 - 21 李玉成, 王苏民, 黄耀生. 气候环境变化的湖泊沉积学响应. *地球科学进展*, 1999, 14(4): 412 ~ 415 [Li Yucheng, Wang Sumin, Huang Yaosheng. The lake sediments responses to environmental and climatic change. *Advance in Earth Sciences*, 1999, 14(4): 412 ~ 415]
 - 22 池英柳, 张万选, 张厚福, 等. 陆相断陷盆地层序成因初探. *石油学报*, 1996, 17(3): 19 ~ 25 [Chi Yingliu, Zhang Wanxuan, Zhang Houfu, *et al*. Genesis of stratigraphic sequence in continental rift basins. *Acta Petrolei Sinica*, 1996, 17(3): 19 ~ 25]
 - 23 解习农, 程守田, 陆永潮. 陆相盆地幕式构造旋回与层序构成. *地球科学*, 1996, 21(1): 27 ~ 33 [Xie Xinong, Cheng Shoutian, Lu Yongchao. Episodic tectonic cycles and internal architectures of sequences in continental basin. *Earth Science-Journal of China University of Geosciences*, 1996, 21(1): 27 ~ 33]
 - 24 焦养泉, 周海民, 刘少峰, 等. 断陷盆地多层次幕式裂陷作用与沉积充填响应—以南堡老第三纪断陷盆地为例. *地球科学*, 1996, 21(6): 633 ~ 635 [Jiao Yangquan, Zhou Haimin, Liu Shaofeng, *et al*. Multistage episodic rifting and its controls on filling in rift basin: taking the eogene nanpu rift basin as an example. *Earth Science-Journal of China University of Geosciences*, 1996, 21(6): 633 ~ 635]
 - 25 林畅松, 李思田, 任建业. 断陷湖盆层序地层研究和计算机模拟—以二连盆地乌里雅斯太断陷为例. *地学前缘*, 1995, 2(3-4): 124 ~ 130 [Lin Changsong, Li Sitian, Ren Jianye. Sequence architecture and depositional systems of erlian lacustrine fault basin North China. *Earth Science Frontiers*, 1995, 2(3-4): 124 ~ 130]
 - 26 冯有良, 李思田, 解习农. 陆相断陷盆地层序形成动力学及层序地层模式. *地学前缘*, 2000, 7(3): 119 ~ 129 [Feng Youliang, Li Sitian, Xie Xinong. Dynamics of sequence generation and sequence stratigraphic model in continental rift-subsidence basin. *Earth Science Frontiers*, 2000, 7(3): 119 ~ 129]
 - 27 彭军, 郑荣才, 陈景山, 等. 百色盆地那读组短期基准面旋回层序分析. *沉积学报*, 2002, 20(2): 203 ~ 208 [Peng Jun, Zheng Rongcai, Chen Jingshan, *et al*. Short term base level cycle sequence analysis of nadu formation in Baise Basin. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2002, 20(2): 203 ~ 208]
 - 28 庄培仁, 常志忠. 断裂构造研究. 北京: 地震出版社, 1996. 24 ~ 46 [Zhuang Peiren, Chang Zhizhong. *Fracture Structure Research*. Beijing: Earthquake Publishing House, 1996. 24 ~ 46]
 - 29 袁静. 山东惠民凹陷古近纪震积岩特征及其地质意义. *沉积学报*, 2004, 22(1): 41 ~ 44 [Yuan Jing. The property and geological significance of seismites of paleogene in Huimin sag, Shandong Province. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2004, 22(1): 41 ~ 44]
 - 30 胡受权, 郭文平. 断陷湖盆陆相层序中高频层序的米氏旋回成因

- 探讨. 中山大学学报 (自然科学版), 2002, 41 (6): 91 ~ 93 [Hu Shouquan, Guo Wenping Discussion on Milankovitch Orbit Cycle in high frequency sequence of terrigenous sequence in fault-depressed lacustrine basin. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni*, 2002, 41 (6): 91 ~ 93]
- 31 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. 石油与天然气地质, 1995, 16 (2): 89 ~ 96 [Deng Hongwen A new school of thought in sequence stratigraphic studies in U. S: High-resolution sequence stratigraphy. *Oil and Gas Geology*, 1995, 16 (2): 89 ~ 96]
- 32 纪友亮, 张世奇. 层序地层学原理及层序成因机制模式. 北京: 石油工业出版社, 1998. 36 ~ 37, 148 ~ 151 [Ji Youliang, Zhang Shiqi The Principle of Sequence Stratigraphy and Sequence Genetic Type. Beijing: Petroleum Industry Press, 1998. 36 ~ 37, 148 ~ 151]
- 33 Perinutter M A, Matthews M D. Global cyclostratigraphy—a model. In: Cross T A, ed. *Quantitative Dynamic Stratigraphy*. Prentice Hall, 1989. 233 ~ 260
- 34 钱奕中, 陈洪德, 刘文均. 层序地层学理论和研究方法. 成都: 四川科学技术出版社, 1994. 17 ~ 25 [Qian Yizhong, Chen Hongde, Liu Wenjun. The Theory and Research Approach of Sequence Stratigraphy. Chengdu: Sichuan Science Press House, 1994. 17 ~ 25]
- 35 李世杰, 区荣康, 朱照宇, 等. 24 万年来西昆仑山甜水海湖岩芯碳酸盐含量变化与气候环境演化. 湖泊科学, 1998, 10 (2): 58 ~ 64. [Li Shijie, Qu Rongkang, Zhu Zhaoyu, *et al* A carbonate content record of late quaternary climate and environment changes from lacustrine core TS95 in Tianshuihai Lake Basin, Northwestem Qinghai-Xizang (Tibet) Plateau. *Journal of Lake Sciences*, 1998, 10 (2): 58 ~ 64]
- 36 顾兆炎, 赵惠敏, 王振海, 等. 末次间冰期以来新疆巴里坤湖蒸发盐的沉积环境记录. 第四纪研究, 1998, (4): 328 ~ 333 [Gu Zhaoyan, Zhao Huimin Wang Zhenhai, *et al* Evaporation salt records of environmental response to climate change in Barkol lake basin, northwestern China. *Quaternary Sciences*, 1998, (4): 328 ~ 333]
- 37 刘泽纯, 陈晔, 袁林旺, 等. 应用自然伽玛测井曲线反演 2.85Ma B. P. 来古气候变化. 中国科学 (D 辑), 2000, 30 (6): 609 ~ 617 [Liu Zechun, Chen Ye, Yuan Linwang, *et al* Inverse palaeoclimate change from 2.85Ma B. P. using natural gamma-ray log curved line. *Science in China (Series D)*, 2000, 30 (6): 609 ~ 617]
- 38 Kauffman E G. Concepts and methods of high-resolution event stratigraphy. *Annual Review of Earth and Planet Science*, 1988, 16: 605 ~ 654

Control of Short-period Episodic Rifting to Sedimentation of High-frequency Cycle in Continental Rift-subsidence Basin

REN Yong-jun WANG Guan-min Ma Zai-ping ZHONG Jian-hua CHEN Qing-hua
(Earth Science and Information College, China Petroleum University, Dongying Shandong 257061)

Abstract Resent years, high-frequency cycle charged by Milankovitch cycle as an important manner for stratigraphic classification, conforming age, and discussing basin evolution, is tried to used to continental rift-subsidence basin. But continental rift-subsidence basin is structure basin, fault structure theory, a lot of sedimentation and structure phenomenon which are on or under the surface show us that there is probably influence which short-period episodic rifting control the sedimentation of high-frequency cycle. The influence is need to eliminate before using Milankovitch cycle in continental rift-subsidence basin. In recent period, the primary research maybe be limited some sides. The first is to find out sedimentary response of short-period episodic settlement within deposit of high-frequency cycle; the second is to research sedimentary feature, lateral change and contrast of tectonic high-frequency cycle with different sedimentary location and source distance; the third is to study accurate index and contrast of paleoclimate and paleo-water depth in lacustrine high-frequency cycle. These sides are very important before to pick-up Milankovitch sedimentary cycle accurately.

Key words Milankovitch cycle, continental rift-subsidence basin, short-period episodic rifting, high-frequency cycle