

文章编号:1001-6112(2000)02-0152-04

# 塔里木盆地地下石炭统巴楚组米级碳酸盐旋回

齐永安, 胡斌

(焦作工学院, 河南 焦作 454000)

**摘要:**塔里木盆地地下石炭统巴楚组生屑灰岩段发育两类米级碳酸盐旋回,即潮间-潮上旋回和潮下-潮上旋回。根据沉积学特征及Fischer图解分析,这些米级旋回形成在三级层序的高位体系域,受米兰柯维奇轨道参数诱导的高频海平面变化所控制。发育针孔状溶孔的云灰岩储层与高频海平面变化所引起的碳酸盐台地的短期暴露有关。

**关键词:**高频海平面变化;Fischer图解;米级碳酸盐旋回;生屑灰岩段

**中图分类号:**TE122.1

**文献标识码:**A

塔里木盆地地下石炭统巴楚组生屑灰岩段在区内分布广泛,厚度十分稳定,为区域对比的标志层之一。在生屑灰岩段沉积期,塔里木盆地地势十分平坦,周期性的海进、海退可导致大面积碳酸盐台地的淹没与出露,因此,米级旋回发育。受米兰柯维奇轨道参数诱导的高频海平面变化对碳酸盐米级旋回的形成起到了控制作用。根据沉积学特征并结合Fischer图解分析来识别向上变浅的米级旋回及其叠置型式,对于解释复合海平面变化及其控制因素和评价与预测碳酸盐岩储层均具有重要意义。

## 1 米级旋回的类型及沉积特征

根据沉积学分析并结合痕迹化石在剖面纵向上的分布,塔里木盆地东部地区生屑灰岩段共发育有9个米级碳酸盐旋回。这些米级旋回的厚度从1.3m至8.3m不等,由两种类型组成,即潮间-潮上旋回和潮下-潮上旋回。

### 1.1 潮间-潮上旋回

上部:由潮上带的泥晶白云岩组成,白云石晶粒一般为0.01~0.02mm,呈它形和半自形,晶粒间残留有泥晶方解石细粒,发育藻纹层、干裂和大量的鸟眼构造,矿物组分中含有较多的反映蒸发作用的结

核状及脉状石膏、石盐和天青石。

下部:由潮间带的藻屑泥晶灰质白云岩和含颗粒白云质灰岩组成。泥晶灰质白云岩中的白云石常呈自形的粉晶和细晶,可见藻纹层或凝块,还有一些生物碎屑,如介形虫残体等。部分泥晶灰质白云岩中发育有极其细小的痕迹化石 *Chondrites*。

### 1.2 潮下-潮上旋回

上部:由潮上带的泥晶白云岩组成,发育藻纹层、干裂和大量的鸟眼构造。

中部:由潮间带的泥晶灰岩、泥晶灰质白云岩、亮晶砾屑灰岩、核形石灰岩组成。发育反映潮汐作用的脉状层理、透镜状层理、波状层理以及间歇暴露的干裂和鸟眼构造。上部地层受白云石化作用影响,含白云质较高。部分泥晶灰质白云岩中发育有极其细小的痕迹化石 *Chondrites*。

下部:由潮下带的泥晶灰岩、亮晶生屑灰岩、亮晶鲕粒灰岩、亮晶砂屑灰岩组成。在潮下带发育有厘米级的风暴沉积和大量的痕迹化石。一个风暴沉积层的完整序列为(图1):①底部介壳滞积层,介壳由棘皮类、腕足类和介形类碎屑组成,有时可见一些完整的个体,这些生物碎屑常顺层分布,介壳层厚1~4cm,底部发育明显的冲刷界面;②正粒序层,由砂屑灰岩组成,发育痕迹化石 *Thalassinoides*,厚2

收稿日期:1999-06-16;修订日期:2000-02-16.

基金项目:国家“九五”重点科技攻关项目(96-111-01-05-03).

作者简介:齐永安(1963-),男(汉族),河南辉县人,博士,副教授,从事痕迹化石和沉积学的科研与教学工作.

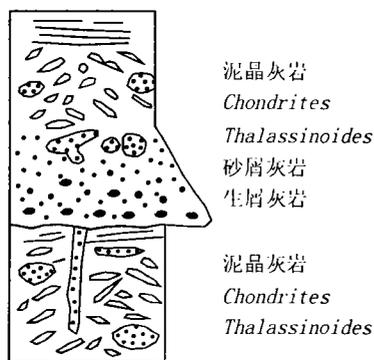


图 1 塔中 4 井巴楚组生屑灰岩段厘米级风暴沉积与痕迹化石分布示意图

Fig. 1 Centimeter-scale storm deposit and distribution of trace fossils in the Bioclastic Limestone Member of the Bachu Fm., well TZ4

~5cm; ③强生物扰动泥晶灰岩层,泥晶灰岩被造迹生物强烈扰动改造,痕迹化石有 *Chondrites* 和 *Thalassinoides*,代表一个风暴沉积序列结束的能沉积,厚 3~10cm。

## 2 米级旋回的 Fischer 图解

米级旋回的 Fischer 图反映某一地层单元内平均旋回厚度的离差,它可用于解释沉积容纳空间随时间的相对变化关系<sup>[1]</sup>。每个旋回被设定代表平均旋回时间,但并不表示每个旋回形成在相同的时间间隔内。根据塔中 4 井、塔中 10 井、满参 1 井等资料分析,生屑灰岩段所识别出的 9 个米级旋回反映了 9 次高频海平面震荡变化。对这些米级旋回进行 Fischer 图解分析表明(图 2),这 9 次高频海平面震荡变化纵向上受 3 个长周期(低频)海平面变化所控制(图 3),岩心中白云石和方解石等矿物成分含量的变化也反映了这种周期性。在长周期海平面变化的上升期,叠加于其上的高频海平面上升将产生有利于碳酸盐沉积的水体环境,碳酸盐沉积速率基本上与沉积物容纳空间的增长速率保持同步,加上向上变浅的碳酸盐米级旋回变浅而暴露于水面的时间较短,故发育较厚的碳酸盐米级旋回。在 Fischer 图解中,厚层米级旋回叠置的 Fischer 图为正斜率;而在长周期海平面变化的下降期,沉积容纳空间逐渐减小,叠加于其上的高频海平面上升将产生有限的沉积物容纳空间,叠加于其上的高频海平面下降将使碳酸盐米级旋回向上变浅而暴露于水面

的时间相对较长,因此发育较薄的碳酸盐米级旋回,在 Fischer 图解中,薄层米级旋回叠置的 Fischer 图为负斜率。

根据上述分析,9 个米级旋回可叠置为向上变浅的 3 个进积大旋回,反映了向海进积时沉积速度大于容纳空间增长速度的特点。由此可见,整个生屑灰岩段代表了下石炭统巴楚组三级层序的高位体系域。Bechstadt<sup>[2]</sup>等指出,当陆源碎屑被沉积在边缘上超区时,碳酸盐段指示为高位体系域,研究区内生屑灰岩段所在沉积层序与之吻合。

## 3 米级旋回的成因机制与复合海平面变化

米级旋回的形成通常与 3 个因素有关,即自旋回性、幕式沉降和海平面变化。

自旋回模式是指由沉积物供应速度、潮汐、波浪或风暴的变化引起的旋回性沉积。这种模式可以用来解释潮缘旋回演变,但不能解释潮下旋回的变化。

幕式沉降可以为不对称旋回的发展提供突发性容纳空间,可以用来解释潮缘旋回和潮下旋回的共存,但旋回侧向连续性差,难以解释在广阔台地上碳酸盐旋回的分布。幕式沉降引起的旋回主要出现在构造活动地带,在被动大陆边缘或稳定克拉通盆地内则表现不明显。

由冰川体积变化所引起的海平面振荡变化,可以对潮缘和潮下旋回的发育提供很好的解释。不同频率的复合海平面变化控制了单个旋回的向上变浅特征、旋回叠置型式及碳酸盐台地上旋回的广泛分

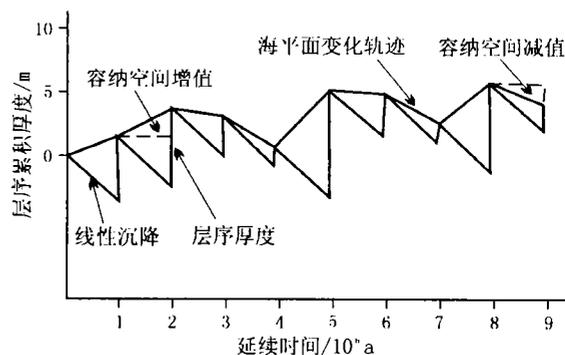


图 2 塔中 4 井巴楚组生屑灰岩段米级旋回的 Fischer 图解

Fig. 2 Fischer plot of meter-scale cycles in the Bioclastic Limestone Member of the Bachu Fm., well TZ4

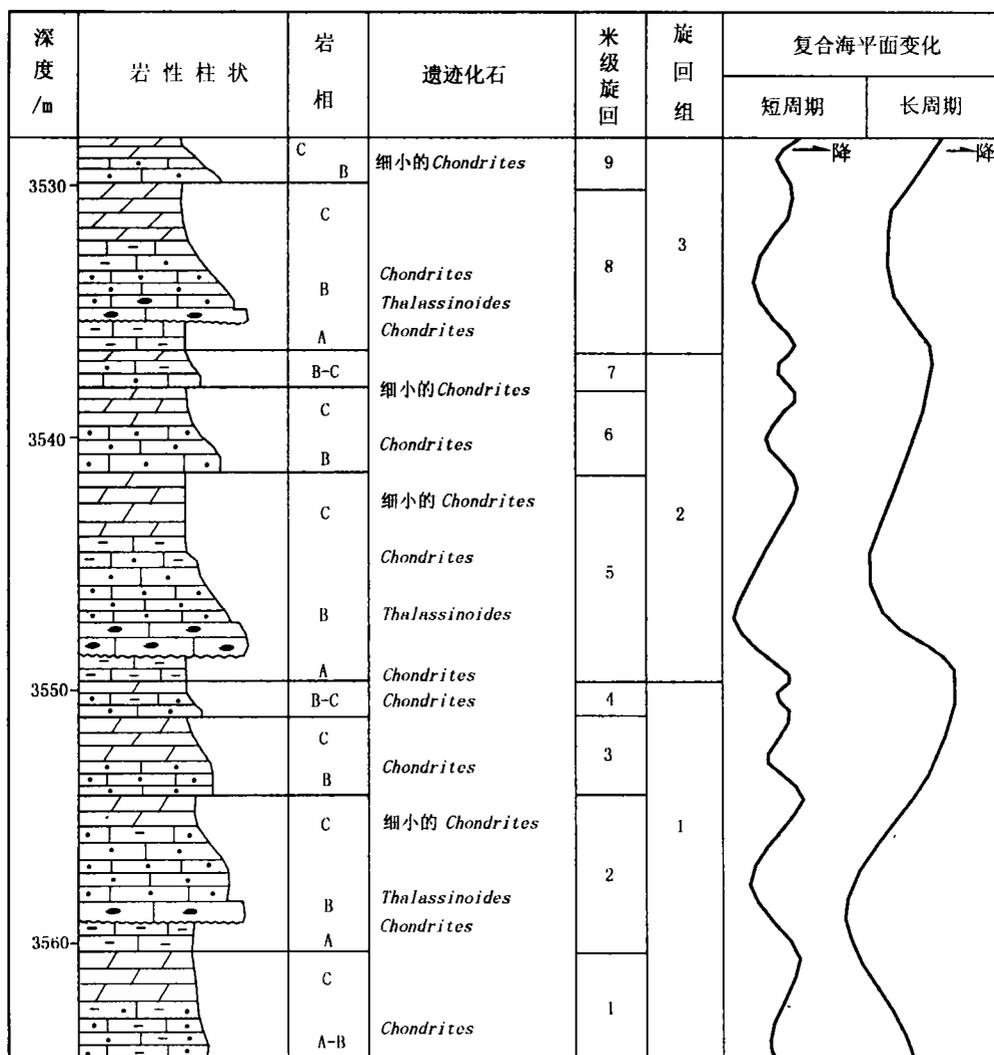


图3 塔中4井生屑灰岩段米级旋回与痕迹化石分布及复合海平面变化

A. 潮下带; B. 潮间带; C. 潮上带

Fig. 3 Relations of meter-scale cycles to trace fossil distribution and composite sea-level fluctuation in the Bioclastic Limestone Member of the Bachu Fm., well TZ4

布。

根据近年来的研究,新生代的高频海平面变化与米兰柯维奇轨道参数诱导的太阳辐射有关<sup>[3]</sup>。Goldhammer等<sup>[4,5]</sup>使用了5:1的重现比率(即5个米级旋回组成了一个长旋回)代表短周期偏心率调制的岁差信号,作为中生代米兰柯维奇天文控制的证据。米兰柯维奇轨道变化和冰川海平面变化或许是形成石炭、二叠纪米级旋回的趋动力<sup>[6]</sup>。但对于更老的地层,其米级旋回的成因是否受米兰柯维奇轨道变化的控制,目前尚不清楚。米兰柯维奇轨道三要素中的岁差和斜率周期在地质历史中是变化的,但偏心率周期则稳定不变。因此,古老地层中的

米级旋回如果与米兰柯维奇轨道变化有关的话,则可能受长、短偏心率周期的控制。

根据上述分析,生屑灰岩段中的米级旋回具有异旋回特征,即受长、短周期海平面变化所控制。如果说这种周期性海平面振荡变化与米兰柯维奇轨道参数有关的话,则很可能受到了偏心率周期的调制,即每个米级旋回对应于一个偏心率短周期,这样平均每个米级旋回的形成年限大约为 $1 \times 10^5$ a,那么整个生屑灰岩段的形成年限即为 $9 \times 10^5$ a。而在TZ10井等几口钻井生屑灰岩段所识别出的3个海平面变化长周期是否受偏心率长周期的调制,值得进一步研究。

## 4 云灰岩储层的评价与分布

巴楚组生屑灰岩段是塔里木盆地自晚泥盆世晚期由西向东发生大规模海侵以来,海平面达到最大值时所形成的一套碳酸盐岩沉积。生屑灰岩段在盆地内厚度均匀,分布稳定,在塔中和塔北地区均可以追踪对比,为下石炭统主要的区域对比标志层。在盆地西部,由于水体较深,高频海平面变化对沉积物的形成与分布影响较小,沉积物岩性单一,主要由亮晶或泥晶灰岩组成;而盆地东部离岸距离较近,覆水较浅,频繁的海水进退使碳酸盐岩台地时常暴露地表,沉积物岩性变化较大,主要发育泥晶灰岩、生屑灰岩、砂屑和砾屑灰岩、薄层白云岩及泥质纹层与藻纹层。常见一些暴露标志,如薄层石膏、斑状分布的石膏团块、干裂和鸟眼构造。根据孔渗资料<sup>[7]</sup>,塔中4井的有效孔隙度为4.26%~22.61%,水平渗透率为 $0.1 \times 10^{-3} \sim 6.11 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ;塔中10井的有效孔隙度为0.51%~4.06%,水平渗透率除个别可达 $0.64 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 外,多数小于 $0.01 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ;由塔中10井向西,储层物性普遍较差,但在盆地西缘的巴楚地区储层物性则又明显变好。由此可见,云灰岩储层有利区带主要分布在盆地东、西缘。云灰岩储层的这种物性变化与高频海平面变化所引起的碳酸盐台地的短期暴露有密切关系。另外,在局部地带,构造活动所形成的大量构造缝或溶孔、溶

洞也能促使储层物性变好。

### 参考文献:

- [1] Read J F, Goldhammer R K. Use of Fischer plots to define 3<sup>rd</sup> order sea level curves in peritidal cycles carbonate, Early Ordovician, Appalachians[J]. *Geology*, 1988, 16:895-899.
- [2] Bechstadt T, Schweizer T. The carbonate-clastic cycles of the East-Alpine Raibl Group; result of third-order sea-level fluctuations in the Carnian[J]. *Sedimentary Geology*, 1991, 70: 241-270.
- [3] Arthur M A, Dean W E, Bottjer D, et al. Rhythmic bedding in Mesozoic-Cenozoic pelagic carbonate sequence: the primary and diagenetic origin of Milankovitch-like cycles[A]. Berger, et al. Milankovitch and Climate, part 1 [C]. Dordrecht: D Reidel Publ Comp. 191-222.
- [4] Goldhammer R K, Dunn P A, Hardie L A. High-frequency glacio-eustatic oscillation with Milankovitch characteristics recorded in northern Italy [J]. *American Journal of Science*, 1987, 287:853-892.
- [5] Goldhammer R K, Dunn P A, Hardie L A. Depositional cycles, composite sea-level change, cycle stacking patterns, and the hierarchy of stratigraphic forcing: examples from Alpine Triassic platform carbonates [J]. *Geological Society of American Bulletin*, 1990, 102:535-562.
- [6] Osleger D, Read J F. Relation of eustasy to stacking patterns of meter-scale carbonate cycles, Late Cambrian, USA [J]. *Journal of Sedimentary Petrology*, 1991, 61:1225-1252.
- [7] 郭建华, 翟永红, 刘生国. 塔中地区石炭系高水位期“生屑灰岩”[J]. *石油勘探与开发*, 1996, 23:27-31.

## METER-SCALE CARBONATE CYCLES IN THE BACHU FORMATION OF THE LOWER CARBONIFEROUS IN THE TARIM BASIN

QI Yong-an, HU Bin

(Jiaozuo Institute of Technology, Jiaozuo, Henan 454000, China)

**Abstract:** Two kinds of meter-scale carbonate cycles are developed in the Bioclastic Limestone Member of the Bachu Formation in the Lower Carboniferous of the Tarim Basin, i. e. the intertidal-supratidal cycle and the subtidal-supratidal cycle. According to the characteristics of sedimentology and the analysis of the Fischer Plot, the cycles are formed in the upland system domain of the 3<sup>rd</sup> order sequence and controlled by Milankovitch-induced high-frequency sea-level fluctuation. The dolomitic limestone reservoirs developed with needlehole-like solution openings may be related to the short-term exposure of carbonate platforms caused by the high-frequency sea-level fluctuation.

**Key words:** high-frequency sea-level fluctuation; the Fischer Plot; meter-scale carbonate cycles; the Bioclastic Limestone Member