

文章编号:1000-0550(2000)03-0419-05

陕甘宁盆地中部马五₁ 潮缘碳酸盐岩 沉积旋回及其成因探讨

孟万斌 张锦泉
(成都理工学院 成都 610059)

摘要 陕甘宁盆地中部马五₁ 段由多个向上变浅的潮缘碳酸盐岩沉积序列重复叠置组成,并可分为十三种沉积-成岩微相和六个沉积相带。这种沉积序列的韵律性重复叠置的形成方式为潮缘进积楔的简单退覆和阶段式退覆,其形成机制为自旋回。

关键词 潮缘碳酸盐岩沉积 简单退覆 阶段退覆 自旋回

第一作者简介 孟万斌 男 1968 年出生 助研 博士 古生物学与地层学(含古人类学)

中图分类号 P588.24⁺5 **文献标识码** A

1 研究区位置及区域地质概况

陕甘宁盆地中部气田形成于陕甘宁克拉通盆地中央古隆起东北侧的奥陶系顶部碳酸盐岩风化壳内,西起内蒙城川,东至陕西双城,北抵巴拉素,南达陕西志丹、富县,东西宽 100 km,南北长 170 km,面积逾 10 000 km²。

早古生代寒武纪和奥陶纪盆地经历了两次海侵与海退,其中奥陶纪海侵在古隆起东西侧存在着明显的差异,西侧为深水区,东侧为浅水区,形成大范围湖坪相沉积。马家沟组,古隆起东侧主要沉积环境为局限的潮间坪及泻湖-膏盐湖环境,而且反复出现向上变浅的沉积序列^[1](图 1)。加里东运动使盆地整体抬升,遭受 1.2 亿年的风化剥蚀,马家沟组在准平原化背景上形成了古岩溶地貌,为风化壳碳酸盐岩储层的发育奠定了古水文地质基础。

据前人研究,马家沟组自下而上可分为马一至马六段,其中马五段自上而下又可划分为 10 个岩性段,马五₁ 进一步划分为马五₁⁻—马五₁⁺ 四个小段。

2 沉积-成岩微相划分及其特征

根据岩心观察和薄片鉴定,盆地中部马五₁ 段岩石类型主要有白云岩类、灰岩类和泥岩类及三者过渡类型。由于本区沉积物所经历的长期而复杂的成岩作用,给沉积相的研究带来了很大困难。为了便于研究,本文采用沉积-成岩微相概念来综合描述马五₁ 的岩石学特征。

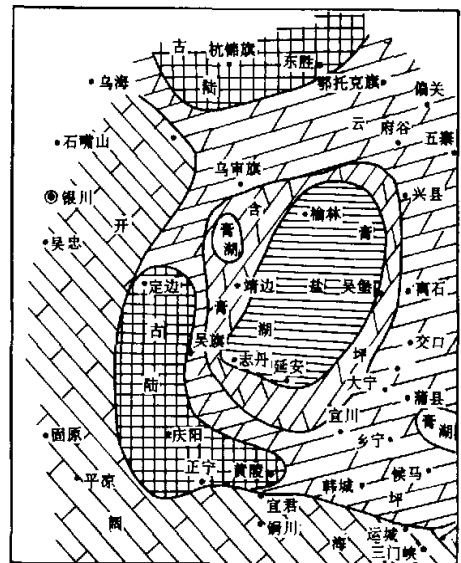


图 1 陕甘宁盆地马五期岩相古地理图(据杨俊杰,1996)

Fig. 1 Lithofacies and palaeogeography of M5 period in Shangannan basin

碳酸盐岩沉积-成岩微相是既能反映沉积特征又能反映成岩作用特征的碳酸盐岩石类型的物质组成、结构及其成岩作用等特征的总和。根据研究区六口井岩心中马五₁ 段的沉积特征和成岩作用特征可划分十三种沉积-成岩微相类型(以下简称微相),分别用 SF1、SF2……SF13 表示。

(1)微晶云岩微相(SF1)

灰色薄至中层,具水平纹层、干裂、鸟眼等构造,局部含石膏假晶。

(2)微一粉晶云岩微相(SF2)

灰色,多为中厚层,具水平纹层及藻纹层构造,局部石膏假晶发育。

(3)粉晶云岩微相(SF3)

灰色,多为中厚层,偶见石膏假晶及水平纹层。

(4)豆状孔微晶-粉晶云岩微相(SF4)

灰色薄-中厚层,见石膏假晶,藻迹,大量发育针状孔、芝麻状孔、豆状孔等。

(5)残余颗粒微、粉晶云岩微相(SF5)

灰色,颗粒类型以鲕粒、球粒、砂屑等为主,见介形虫、腹足类等生物碎屑,其原岩应多为亮晶或泥晶颗粒灰岩,沉积环境多属潮间坪下部或潮下浅滩亚相。

(6)角砾状(含泥)微、粉晶云岩微相(SF6)

角砾大小不均,类型单一,无分选、磨圆,成分多为微晶、粉晶云岩。

(7)含泥微晶云岩微相(SF7)

深灰色,薄层,具水平纹层,岩芯上见水平层理、波状层理及透镜状层理等。

(8)泥质微晶云岩微相(SF8)

深灰色,薄层,纹层状构造,岩性致密。

(9)云质泥岩微相(SF9)

灰黑色,薄层,纹层状构造,岩性致密。

(10)凝灰质泥岩微相(SF10)

黑色,薄层,往往顺层裂开呈薄片状、鳞片状,纹层状构造,分布于马五₁底部,为马五₁和马五₂分界的区域标志层。

(11)含灰或灰质微、粉晶云岩微相(SF11)

灰质含量不等,方解石呈粗晶或连生晶,晶体中大量残留微晶-粉晶白云石。

(12)(含云)次生灰岩微相(SF12)

方解石晶体中普遍残留微至粉晶白云石。实为含灰或灰质微晶、粉晶白云石进一步去云化的产物。

(13)含灰含泥云岩微相(SF13)

深灰色,薄层,方解石为去云化的产物,常见纹层状构造,透镜状及波状层理等。

3 沉积一成岩微相组合及沉积相特征

3.1 沉积一成岩微相组合及特征

根据微相特征及其不同组合关系,结合古地理,可将马五₁段分成六个沉积相:

(1)潮上含膏灰泥坪相:由 SF1 + SF2 + SF7 或 SF2 + SF3 组成。普遍发育石膏假晶及水平纹层、藻纹

层等。

(2)潮上灰泥坪相:由 SF3 + SF7 + SF8 或 SF3 + SF7 组成。发育水平泥质纹层,局部含石膏假晶。

(3)潮间灰泥坪相:由 SF3 + SF7 + SF11 组成。

(4)潮间含膏灰泥坪相:由 SF3 + SF4/SF7 或 SF2 + SF3 + SF4 组成。含石膏假晶及溶蚀形成的膏模孔、水平纹层、波状层理及透镜状层理等。

(5)潮下灰泥坪相:由 SF8 + SF9 + SF10 组成,发育泥质纹层等。

(6)颗粒滩相:由 SF3 + SF5 + SF8 组成。

3.2 马五₁段沉积相总体特征

沉积相的纵向变化及平面展布,是储层不均一性的主要控制因素之一。马五期,陕甘宁盆地中区总体上为潮坪沉积,且类型单一,横向变化较小。但由于潮缘地形本身的复杂性,其沉积时古地理环境有斜坡和浅洼之别,沉积物也自然存在相应的差异。基于马五期的古构造和古地理背景,根据单井剖面及四条联井剖面(图2),马五₁段沉积相具如下特点:(1)纵向上,从马五₄到马五₁,沉积环境由潮下、潮间变为潮上坪,并在潮间云坪和潮上云坪相中出现了石膏晶体和结核,它们的后期溶解与白云岩中次生孔洞的发育和储层段的形成关系密切。(2)马五₃层段为潮间坪相,岩相横向稳定,物性好,为主力气层。而马五₁、马五₂受潮水进退控制,岩相横向变化相对较大。由潮间→潮上云坪或潮间、潮上灰泥坪相互交替组成,造成储层的不均一性。马五₁则为潮下环境,沉积物中泥质含量高,不具储集性能。

4 潮坪沉积序列重复叠置的形成机制探讨

如上述,马五₁段由一个向上变浅的沉积序列组成,若考虑马五₂至马五₄,则从马五₄至马五₁,由潮间→潮上→潮间半旋回形成具一定韵律性的重复叠置(图3)。每一半旋回中都有(含)膏云坪相,其中石膏的后期溶解及其对白云岩溶解能力的影响强烈地影响了碳酸盐岩储层的发育。而沉积相横向不连续性是控制储层非均质性的重要因素之一。因此,对碳酸盐岩潮缘向上变浅序列的成因模式及其重复叠置的机制进行研究,将有助于对储层发育规律的认识。

4.1 潮缘向上变浅序列的成因模式

目前,对于潮缘向上变浅序列有三种成因解释模式:进积楔(prograding wedges)、同期加积席(simultaneously sheet)、和潮坪群岛(tidal flat islands)^[2]。

进积楔模式指从陆地由一个中心开始向海(或从台缘建隆向大陆架)沉积,最终形成一个向上变浅的沉

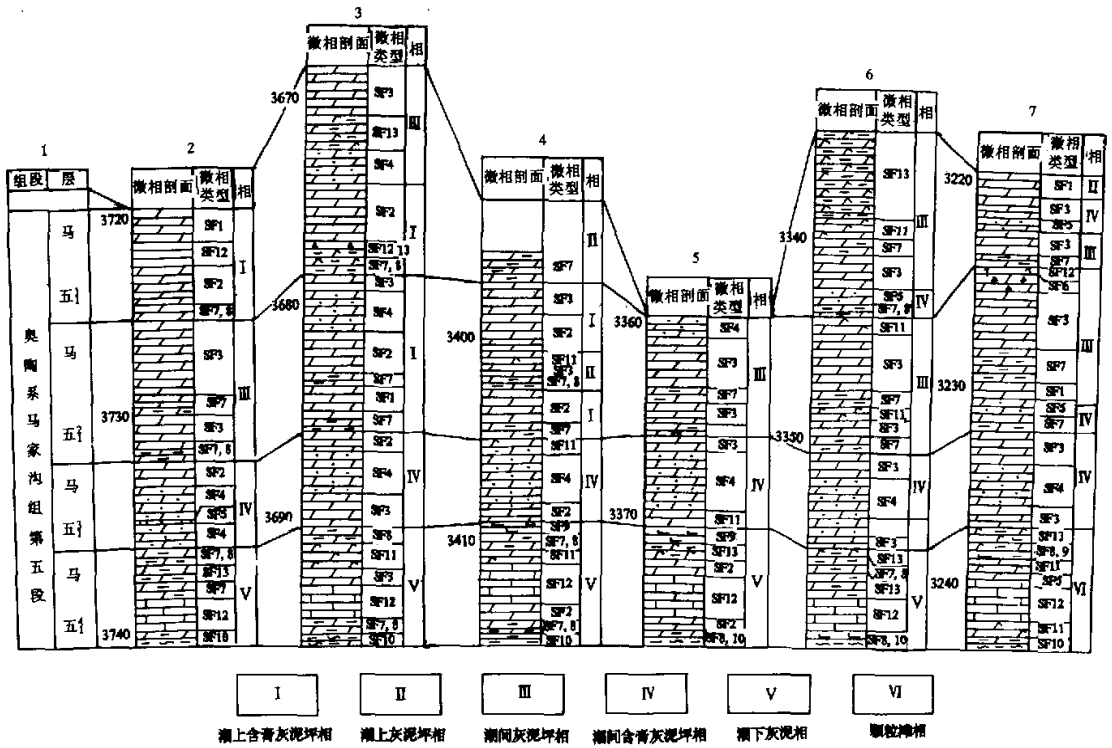


图 2 陕 62—陕 106 井横剖面岩相图

Fig.2 Cross section of well Shan62 - Shan106 illustrating lithofacies change

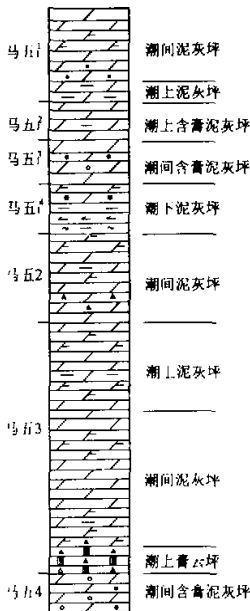


图 3 陕 95 井马五段潮坪沉积旋回剖面

Fig.3 Tidal sedimentation section of M5 in well Shan95

积楔状体。通常有两种沉积方式,即简单退覆(simple offlap)和阶段退覆(staggered offlap)。前者指在水文条件相对稳定条件下,沉积作用连续进行,形成连续的楔状体;后者指由于障壁的阻挡使沉积作用不连续,发生“跳跃式”的前进,形成的沉积体横向不连续。

同期加积席模式认为,原地碳酸盐不断生成,沉积物由海底稳定向上加积至海面,最后形成向上变浅的序列。它要求台地本身具有生成相当数量沉积物的能力。

潮坪群岛模式认为沉积作用发生在有岛屿和潮间堤的台地上,当水文条件变化时,沉积体系随时间发生纵向和横向迁移,形成横向上明显不连续的潮缘序列。

根据研究区的古构造与古地理,马五期斜坡向东南倾伏,沉积作用从中央古隆起到富县、黄陵古隆起边缘开始,逐渐向海推进。马五₁期,潮缘局部发育颗粒滩相,沉积物于其后不断向上加积,当加积至海面时便跳过颗粒滩,并在另一颗粒滩后重新开始加积充填作用,从而,整个潮缘沉积跳跃式地向海推进。并且由于海水相对较深,主要发育潮下沉积。马五₂期,由于潮缘不发育起阻挡作用的障壁滩,此时沉积作用以简单

退覆的方式向海进积。马五₂¹-马五₁¹期,潮缘颗粒滩再度发育,于是沉积作用再次变为阶段退覆,只是此时由于沉积物的快速堆积和海平面变化相对缓慢,使潮缘水体总体来说变浅,沉积作用以潮间和潮上为主。

根据上述分析,可用图4所示的模式来解释马五₁潮缘向上变浅序列的形成过程。

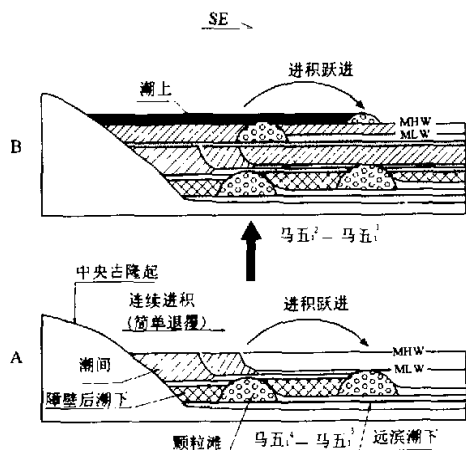


图4 马五₁潮缘向上变浅层序沉积模式图

Fig. 4 Depositional model of peritidal shallowing-upward succession of M5₁

4.2 潮缘沉积序列重复叠置的形成机制

对于古代潮缘碳酸盐岩向上变浅序列带有韵律性重复叠置的形成机制主要有两种观点:即“自旋回”和“他旋回”机制^[2]。

“自旋回”机制认为,假定其它条件合适,当海平面处于相对静止或缓慢变化时,碳酸盐的高生产率能够产生足够的沉积物使潮坪加积至海面。前述三种沉积方式的不断进行都可形成潮缘向上变浅序列的重复叠置。

对于进积楔,由于其在向海推进过程中逐渐覆盖台地,使潮下沉积区逐渐变小并最终封闭从而沉积作用终止。海平面再次上升,台地又变成潮下环境,经过一段停滞期,沉积作用重新开始,形成新的进积楔并叠

置于以前形成的进积楔之上。同进积楔相同,在潮坪群岛体系中,当海平面长期静止或缓慢变化时,沉积环境也会逐渐变小并最终完全封闭,沉积作用终止。经过短暂停滞和长期暴露后,海平面再次快速上升并不断形成新的堆积空间,沉积作用也再次发生。这种作用的不断重复,便会形成一系列横向不连续的沉积单元,并在纵向上形成有一定韵律性的重复。同期加积席沉积作用与此类似。

“他旋回”机制则认为,大规模的潮缘地层型式的形成是受基底沉降和海平面升降等外部因素的强烈控制。一次幅度为几米的海平面上升,可为潮缘沉积提供一个“机会窗”,在海平面上升期和达到最高时发生沉积,而当海平面下降时沉积作用停止。

由此可见,“自旋回”机制强调在海平面缓慢变化情况下,碳酸盐自身的高沉积速率即内因对潮缘变浅序列重复叠置的控制作用;而“他旋回”机制则强调海平面频繁升降即外因的控制作用,但这两种机制并不是完全对立的。

对研究区来说,奥陶纪时,华北地块为一由南北板块的相对俯冲形成的稳定的陆表海碳酸盐台地,而陕甘宁盆地作为华北地台的一部分,早奥陶世沉积环境稳定,沉积作用单一,为陆表海沉积体系。尤其是经过马五期及其以前的沉积之后,盆地内部为有利于碳酸盐生产的广阔的陆表海潮缘环境,具有生成大量碳酸盐的能力,从而使沉积物不断发生加积和进积,形成向上变浅的潮坪沉积序列。同时由于台地构造活动较弱,海平面变化相对缓慢,在这种情况下,受碳酸盐高沉积速率的自身因素的控制,形成了多个向上变浅的潮坪沉积序列的重复叠置,构造运动等外部因素的影响相对较弱,即可以认为马五₁潮缘向上变浅序列的重复叠置是一种“自旋回”机制。

参考文献

- 1 张锦泉,陈洪德,刘文均.鄂尔多斯盆地奥陶系沉积、古岩溶及储集特征.成都:科技大学出版社,1993
- 2 Brian R. Pratt, Noel P. Farnes, Clinton A. Cowan. Peritidal Carbonates, Facies Models: response to sea level change. 1992. 303~322

On the Peritidal Carbonate Cyclicity and Its Origin of the Ordovician M5 Section in Central Ordos Basin

MENG Wan-bin ZHANG Jing-quan

(Chengdu University of Technology, Chengdu 610059)

Abstract

The term peritidal coined by Folk is a useful general name for the spectrum of nearshore and shoreline depositional environments and facies. Ancient peritidal carbonate lithofacies are characteristically organized stratigraphically into meter - to decameter - thick, shallowing - upward successions; their vertical stacking is a valuable record of the dynamics of carbonate platform development. There are currently three models used to explain how a shallowing - upward succession forms, 1) as a prograding wedge, 2) as a simultaneously aggrading sheet or, 3) as a mosaic of tidal flat islands. A prograding wedge is generated by the tidal flats prograding in two styles, simple offlap and staggered offlap. A simultaneously aggrading sheet accretes vertically to sea level and the whole platform becomes sequentially intertidal and then supratidal. Tidal flat islands nucleate and accrete by aggradation and progradation and shift in response to hydrographic forces. Much discussion exists currently as to what causes the rhythmic stacking into thick stratigraphic packages of ancient shallowing - upward successions. Two possible mechanisms are suggested, i.e., allocyclic and autocyclic mechanisms. The driving force behind the autocyclicity is the dynamics of sedimentation on the platform, while the allocyclicity emphasizes the factors of subsidence and eustasy that cause relative sea level change. However, the two mechanisms are not necessarily mutually exclusive. The Ordovician M5 section in central Ordos basin consists of a rhythmic repetition of several shallowing - upward peritidal carbonate successions deposited in epeiric sea. Based on the sedimentary structure and lithologic features of studied area, with the consideration of paleotectonics and paleogeography of the central basin, thirteen carbonate sedimentary - diagenetic microfacies are recognized that make up six sedimentary facies. The facies changes vertically and laterally. The paper presents the possible mechanism of the rhythmic package. Considering the geological settings of the studied area, Autocyclicity may interpret the formation of the repetition of peritidal carbonate shallowing - upward successions as the result of the peritidal prograding through simple offlap and staggered offlap.

Key words peritidal carbonate sedimentation simple offlap staggered offlap autocyclicity