

文章编号: 1000-0550(2000)01-0043-07

米级旋回层序的成因类型及其相序结构特征^①

梅冥相 徐德斌 周洪瑞

(中国地质大学地矿系 北京 100083)

摘要 与米兰柯维奇旋回存在成因联系的幕式地层堆积作用的结果, 是在地层记录中形成各种类型的米级旋回层序。在不同的古地理背景中, 受物质来源及沉积动力学背景的控制, 故发育具有不同相序结构的不同类型的米级旋回层序。因此, 相序结构特征就成为米级旋回层序类型划分的基本准则。地层记录中米级旋回层序的广泛发育, 以及它们在长周期层序中的有序垂直叠加形式和地史演化特征, 由不同相序结构所反映的成因类型以及由不同类型所指示的沉积动力背景等等, 不但表明了米级旋回层序是描述地层结构的基本工作单位, 而且是对“准层序”的延展和补充。在海相地层中, 不管是碳酸盐岩还是陆源碎屑岩地层, 这种厚几厘米至几米的米级旋回层序, 大致都可以划分为正粒序和反粒序两种相序结构, 正粒序结构主要是潮汐作用的结果, 而反粒序主要是以波浪作用为主的浅海环境的产物; 不管是正粒序还是反粒序序列, 均构成总体向上变浅序列。由此, 碳酸盐岩米级旋回层序可划分为 L—M 型、深水非对称型、潮下型及环潮坪型; 碎屑岩米级旋回层序可划分为潮汐动力型及波浪动力型。米级旋回层序的界面是由高频率海平面变化所产生的非沉积作用面, 包括瞬时暴露间断面和瞬时加深淹没间断面乃至它们的相关面, 这些在区域上延伸较远, 甚至在盆地范围内可以追索的不连续面, 限制了在解释沉积相的时空展布时瓦尔特相律的应用, 重新肯定了地层记录的桑德尔法则。米级旋回层序及其在长周期层序中的有序叠加形式的研究, 说明了旋回性研究是从复杂而不完整的地层记录中寻找更多的规律性的有效途径。

关键词 成因类型 相序结构 米级旋回层序

第一作者简介 梅冥相 男 1965 年出生 博士 副教授 沉积学与地层学专业

中图分类号 P539.2 **文献标识码** A

米级旋回层序源自 Anderson 和 Goodwin^[1] 所称的“米级旋回”, 它是指地层记录中在露头上能直接识别的、几十厘米至几米厚的地层堆积作用单元, 是异成因机制控制下的间断—加积作用过程的产物^[2,3]。作为沉积节律的基本表征, 它类似于王鸿祯等所称的“小层序”和 Mitchum 等^[5] 所称的“高频层序”, 也类似于 Vail 等^[6] 所定义的“准层序”和魏家庸等^[7] 所定义的“岩石地层单位的旋回性基本层序”。在 Fischer 等^[8] 的节律性谱系 (Rhythmicity spectrum) 中, 米级旋回层序属米兰柯维奇频带 (Milankovitch band) 范畴的旋回层序。在地层记录中, 单个米级旋回常 5 个或 4 个有序叠加成米级旋回层序组, 这种 5:1 或 4:1 的叠加形式反映了地层记录的米兰柯维奇性质, 同时说明了单个米级旋回层序可能是与岁差旋回或短偏心率旋回有成因联系的高频率海平面变化旋回的产物, 也意味着米级旋回层序可以作为时间地层单元^[9,10,11]。作为基本地层结

构单元的米级旋回层序, 在不同的古地理背景中由于沉积动力机制和物质来源的不同, 形成特征迥异的相序结构, 这为米级旋回层序的系统分类奠定了必要的沉积学基础, 从而成为本文所介绍的主题。

1 碳酸盐岩米级旋回层序的成因类型

通过正常的沉积作用过程如潮坪进积作用、潮汐岛的水平迁移、碳酸盐砂体的进积作用、潮下沉积物(和生物礁及颗粒滩)的垂直加积作用等, 台地碳酸盐均能生长或营建到海平面的位置或位于海平面之上, 形成由潮下相经潮间相到潮上坪相的向上变浅沉积序列。因此, 小级别的高频率海平面变化, 将在碳酸盐岩中产生明显的沉积作用与成岩作用烙印; 随着海平面相对上升, 潮下环境漫遍台地, 局限潮坪只局限于靠近海岸的狭窄地带; 反之, 海平面相对下降将使碳酸盐台地变浅或暴露于水面, 如果气候干燥并且存在足够的海水来源的话将会产生萨布

① 国家自然科学基金项目(批准号: 49802012)及九五攀登专项(SSER)的研究成果之一。

收稿日期: 1998-08-17 收修改稿日期: 1999-04-20

哈蒸发盐的沉淀作用,在半干旱气候条件下就会产生土作用而形成钙结壳、渗流豆等,潮湿气候条件下会产生喀斯特化作用。由于碳酸盐沉积作用对相对海平面变化的响应极为敏感,所以碳酸盐岩米级旋回层序的研究比较成熟。从 Einsele^[12]关于 L—M 灰岩对偶层的系统描述,到 Read^[13]关于环潮坪碳酸盐旋回的研究,Osleger^[14]关于潮下型碳酸盐旋回的研究以及 Masettic^[15]关于深水非对称型旋回的研究,就已奠定了把碳酸盐米级旋回层序划分为四大类型的基础(图 1)^[2,3]。

第一类为 L—M 型,主要发育于深水背景下,由远洋相钙质泥岩(Marl)及半远洋相灰岩(Limestone)构成,取其字头而简称 L—M 型(图 1 之 c 示)。

第二类为深水非对称型(图 1 之 d1、d2 示),主要发育在镶嵌陆架型台地边缘斜坡背景中,其相序组与 L—M 型基本相似,只不过在米级旋回层序之顶常发育“低水位角砾岩”而与 L—M 型相区别。

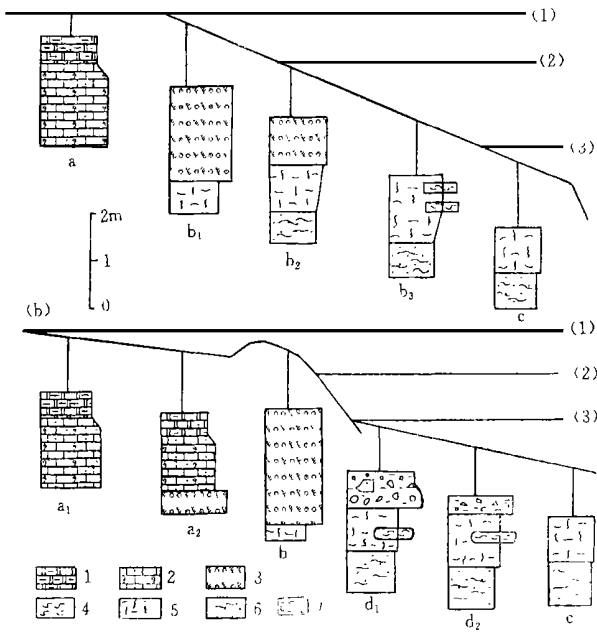


图 1 碳酸盐岩米级旋回层序类型及其环境变化谱系

(a)为缓坡型台地,(b)为镶嵌陆架型台地。1.薄层白云岩,2.颗粒泥晶灰岩,3.颗粒灰岩,4.生物屑(壳)灰岩,5.发育生物潜穴的泥晶灰岩,6.钙质泥岩或泥灰岩,7.低水位角砾灰岩;(1)海平面,(2)正常浪基面,(3)风暴浪基面;a.环潮坪型碳酸盐米级旋回层序,b.潮下型米级旋回层序,c.深水非对称型米级旋回层序,d.L—M型米级旋回层序。

Fig. 1 Genetical types of carbonate meter-scale cyclic sequence and their environment changing spectrum

第三类为潮下型米级旋回层序(图 1 之 b1、b2、b3 所示),主要发育于正常潮下浅水环境中,以向上变浅、颗粒向上变粗、岩层向上变厚为特征,米级旋回层序的界面为瞬时淹没间断面。

第四类为环潮坪型米级旋回层序(图 1 之 a1、a2、a3 示),它主要发育于碳酸盐台地内部、潮汐作用为主要沉积营力的浅水环境中,其总体特征是:沉积环境总体向上变浅、岩层向上变薄、颗粒向上变细,米级旋回层序之顶常发育白云岩、喀斯特角砾、古土壤等淡水成岩作用的产物,表明米级旋回层序的分界面多为瞬时暴露间断面。

从相序组特征看,碳酸盐岩米级旋回层序又大致分为两大类:发育于瞬时淹没间断面之上的以反粒序序列为特征的米级旋回层序(包括 L—M 型、深水非对称型及潮下型),以及发育于瞬时暴露间断面之上的以正粒序序列为特征的米级旋回层序(环潮坪型)。前者发育在正常浪基面附近至更深的沉积背景下,高频率海平面上升所产生的环境加深效应的结果是形成淹没事件,沉积远洋及半远洋沉积物,反之在与高频率海平面下降所产生的环境变浅过程中形成正常浅海沉积物,米级旋回层序向上变浅最多只能达到海平面;而后者则发育于正常浪基之上的浅水背景下,环境加深形成正常浅海沉积物以及相应的沉积物,环境变浅则形成局限潮坪相之类的沉积,而且常变浅至露出水面而产生混合白云岩化和古喀斯特化等淡水成岩作用(潮湿气候条件下),在干旱气候条件下则以膏盐化和渗滤—回流白云石化作用等为特征,在米级旋回层序之顶有时还可见古土壤层等暴露标志,从而使米级旋回层序间的分界面以暴露间断面为特征。在更浅水的陆表海型台地内部常发育的“开阔海台地相颗粒泥晶灰岩—潮坪相白云岩—泻湖相膏盐层”序列构成的米级旋回层序,也属环潮坪型碳酸盐米级旋回层序的范畴,华北奥陶系马家沟组中就普遍发育。

在长周期层序中,米级旋回层序常形成有规律的垂直叠加形式,即在长周期海平面上升阶段,叠加于其中的米级旋回层序以明显的“淹没节拍”或不明显的“暴露节拍”为特征;相反在长周期海平面变化的相对下降期,则以明显的“暴露节拍”和不明显的“淹没节拍”为特征。华北北部晚寒武世地层可划分为 4 个长周期三级层序(图 2),由若干类型的潮下型碳酸盐米级旋回层序有序叠加而成,在每一个三级层序中,从下至上由 L—M 型演变为潮下型,代表

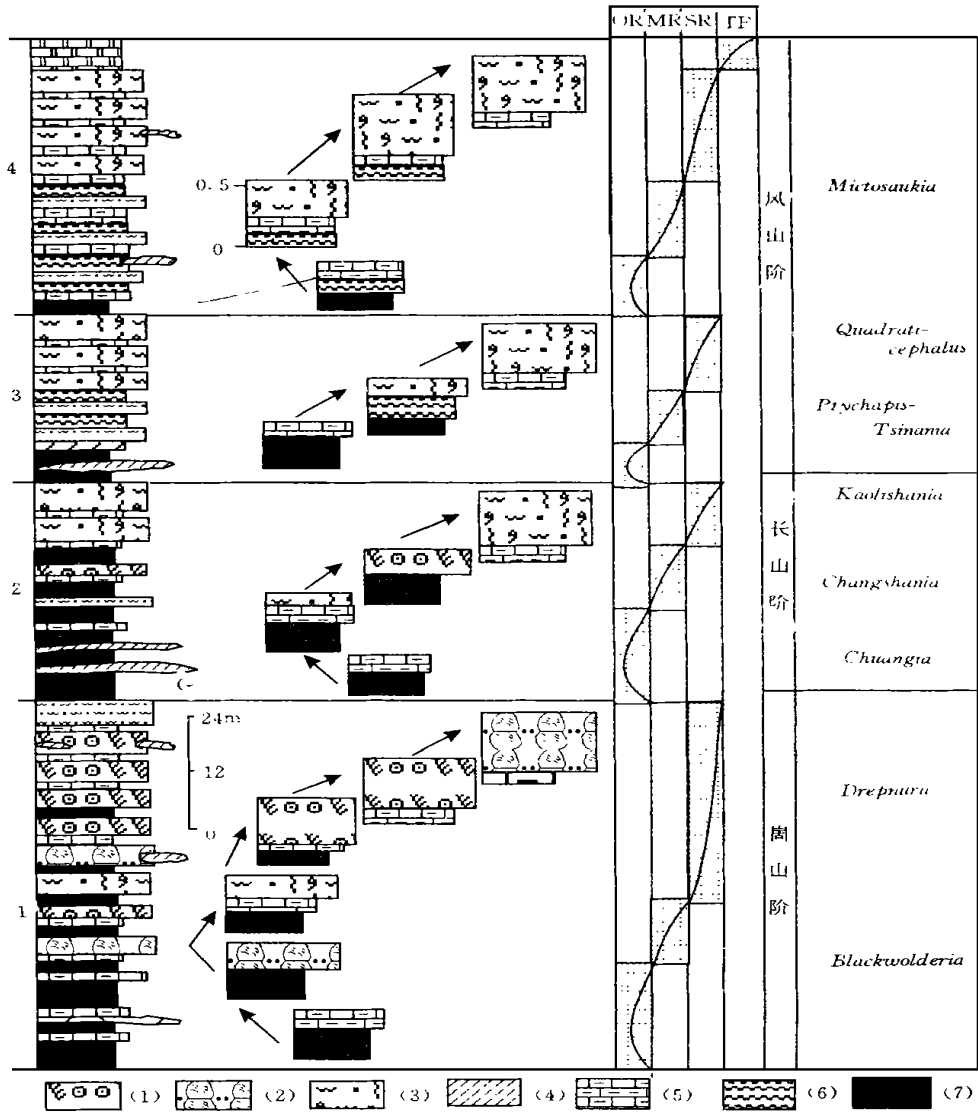


图 2 华北晚寒武世米级旋回层序在长周期三级层序中的有序叠加形式

中 1 至 4 代表 4 个三级层序, DR 为深缓坡, MR 为中缓坡, SR 为浅缓坡, TF 为潮坪; 注意, 由生物地层单位划分的“阶”滞后于三级层序代表的环境变化界线, 以北京西山剖面为例: (1) 鲕粒灰岩, (2) 生物丘灰岩, (3) 生物扰动及生物潜穴灰岩, (4) 风暴砾屑灰岩, (5) 泥质泥晶灰岩, (6) 发育风暴韵律层的泥晶灰岩, (7) 钙质泥岩, G 代表海绿石发育的地层。

Fig. 2 Meter scale cyclic sequences and their regular vertical stacking pattern in long-term third-order sequence example of late Cambrian in North China

淹没节拍由明显演变为不明显的叠置特征。诸如此类的研究成果很多, 如 Goldhammer 等^[10]对欧洲三叠系的研究, Osleger 和 Read^[16]对北美寒武系及奥陶系的研究, 也都说明了上述规律。

2 陆源碎屑岩米级旋回层序的成因类型

在浅海相陆源碎屑岩地层中, 常发育两种类型的米级旋回层序: 潮汐动力型及波浪动力型, 同碳酸

盐岩米级旋回层序一样, 它们也是异成因机制控制下的自旋回沉积作用过程的产物。如图 3 之(A)所示, 在以潮汐作用为主要沉积营力的碎屑岩地层中, 主要发育以下岩相单元: a、潮下高能砂岩, 以发育大型交错层理及冲刷面为特征, 成分成熟度及结构成熟度均较高, 属潮下高能动荡浅水环境下的产物; b、潮下坪砂岩, 发育交错层理及脉状潮汐层理, 为潮下坪环境的产物; c、潮间坪泥质砂岩, 见波浪及波状潮汐层理, 偶见波状交错层理, 属潮间坪环境的产物;

d、潮上坪砂质泥页岩,发育透镜状潮汐层理和泥裂,见水平纹层,为潮上坪极浅水静水环境的产物。这些岩相单元常有序叠置成若干类型的潮汐动力型碎屑岩米级旋回层序,其基本特征是:沉积环境总体向上变浅、岩层向上变薄、颗粒向上变细,米级旋回层序间以“瞬时暴露间断面”或相应的突然相变面为界。在地层记录中,由完整的岩相序列,如图3(A)之“abcd”序列构成的米级旋回层序较少见,多由两到三个单元构成若干种类的米级旋回层序,如图3(A)中的 ab、abc、ac、bc、bd 等序列所组成的许多类型。

如图3之(B)所示,在以波浪作用为主要沉积营力的浅海环境中,其陆源碎屑岩地层主要以下岩相单元构成:a、陆棚相泥岩,发育水平纹层,见风暴

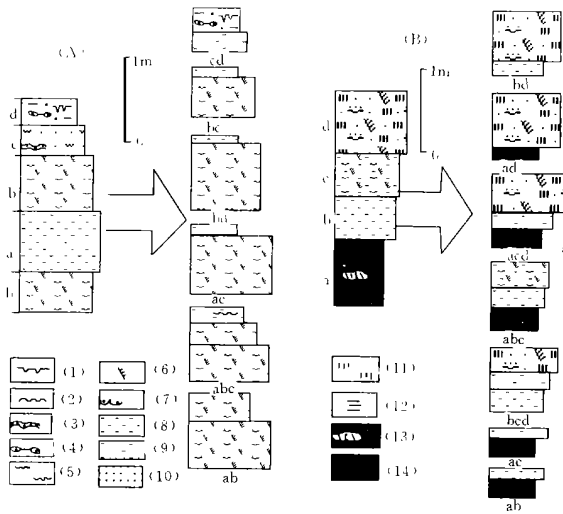


图3 碎屑岩米级旋回层序的成因类型

(A)为潮汐动力型,(B)为波浪动力型;图中的 a、b、c、d 分别代表不同的岩相单元,说明见正文;(1)泥裂,(2)波痕,(3)波状层理,(4)透镜状层理,(5)脉状层理,(6)交错层理 (7)冲刷面,(8)砂质泥页岩,(9)泥质砂岩,(10)砂岩,(11)钢管迹,(12)水平纹层,(13)风暴介壳缩聚层,(14)钙质泥页岩。

Fig. 3 Genetic types of clastic meter-scale cyclic sequence

介壳缩聚层,为浪基面之下的较深水静水环境下的产物;b、远临滨相砂质泥页岩,发育水平纹层,偶见波状交错层理,为浪基面附近的弱动荡水体环境之产物;c、近临滨相泥质砂岩,发育波状交错层理及波痕,为浪基面之上的中等动荡水体环境之产物;d、滨岸相砂岩,发育交错层理及冲刷面,见钢管迹(Skolithos)等遗迹化石,属浅水动荡环境之下的产物。这些岩相单元有序叠置成若干种类的波浪动力型碎屑岩米级旋回层序,其总体特征是:沉积环境总

体变浅、岩层向上变厚、颗粒向上变粗,米级旋回层序间以“瞬时淹没间断面”或其相关面为界。如果说潮汐动力型米级旋回层序以正粒序为特征,那波浪动力型则以反粒序相序为特征^[16]。在地层记录中,完整的相序所构成的米级旋回层序(如图3B)之“abcd”序列较少见,大多由两到三个岩相单元构成。

碎屑岩米级旋回层序在长周期三级层序中常形成有规律的垂向叠加形式,表现在以下几种形式:

第一、在既发育波浪动力型也发育潮汐动力型米级旋回层序的地层中,在长周期三级海平面上升阶段主要发育波浪动力型米级旋回层序,反之叠加在三级海平面下降阶段则主要发育潮汐动力型米级旋回层序,从下至上,从以淹没节拍为主演变为以暴露节拍为特征。

第二、在由波浪动力型米级旋回层序所构成的地层中,于三级海平面上升阶段构成米级旋回层序的下部单元——陆棚相泥岩较厚,形成明显的淹没节拍,反之在三级海平面下降阶段则米级旋回层序的上部岩相单元——滨岸相砂岩较厚,淹没节拍越来越不明显。

第三、在由潮汐动力型米级旋回层序构成的地层中,在三级海平面上升阶段发育的米级旋回层序以较厚的潮下高能砂岩和不明显的暴露节拍为特征,反之在三级海平面下降阶段则以较厚的潮上坪砂页岩和明显的暴露节拍为特征。

如图4所示,河北兴隆以东的元古界大红峪组,广泛发育潮汐动力型碎屑岩米级旋回层序,米级旋回层序在长周期三级层序中常构成有规律的垂直叠加形式,在三级海平面上升阶段特别是最大海泛期,主要发育厚基底类碎屑岩米级旋回层序——即米级旋回层序由较厚的潮下高能砂岩为特征;在三级海平面下降阶段,基本不发育潮下高能砂岩,发育由较厚的潮上坪砂页岩所构成的薄基底类米级旋回层序。由此,在大红峪组中可识别出3个三级层序,这是上文所述的第三种情况的典型代表。

3 碳酸盐岩与碎屑岩交互沉积的米级旋回层序的成因类型

在碳酸盐岩、碎屑岩交互沉积的地层中,米级旋回层序的识别常引起争论,争论的焦点是哪一个岩相单元在上,哪一个岩相单元在下的问题。实际上,由于在与高频率海平面变化所产生的环境加深及环境变浅的响应过程中,陆源碎屑沉积物进入沉积区

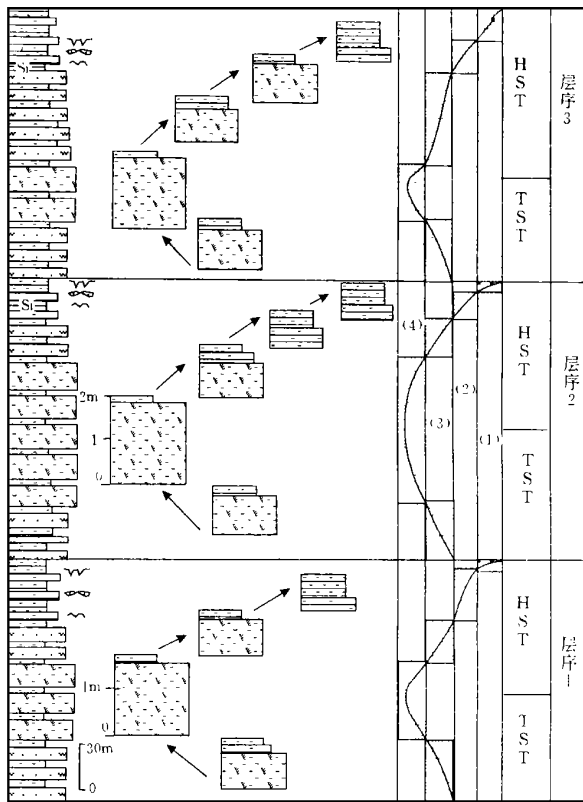


图 4 潮汐动力型米级旋回层序及其在长周期三级层序中的有序叠加形式

图中岩性符号同图 3, (1)代表潮上带, (2)代表潮间坪, (3)代表潮下坪, (4)代表潮下高能带, 所示曲线为古水深变化曲线, 以河北兴隆半壁山剖面元古界大红峪组为例。

Fig. 4 Meter-scale cyclic sequences of tidal-dynamic type and their regularly vertical stacking pattern in long-term third-order sequence

的动力机制不同, 故会出现以下两种情况, 从而形成两种不同类型的米级旋回层序:

第一: 碎屑岩—碳酸盐岩型。这种类型的基本情况是陆源碎屑沉积物进入沉积区与河流作用无关或关系不大, 而是波浪回流、潮汐回流、风暴回流等沉积营力从陆源区带入沉积区的结果。因此, 在高频率海平面变化的上升阶段所产生的环境加深过程中, 海岸线向古陆推进, 陆源碎屑沉积物由波浪回流、潮汐回流及回流等从陆源区带入沉积区, 从而形成构成米级旋回层序下部岩石单元的碎屑岩单元; 反之, 在高频率海平面下降阶段, 海岸线从剥蚀陆源区向海方向退缩, 注入沉积区的陆源碎屑物减少, 沉积环境变为清水环境, 从而沉积米级旋回层序的上部岩石单元——碳酸盐岩单元。上述过程的作用结果形成“碎屑岩—碳酸盐岩”型米级旋回层序(图 5 之(A)示)。

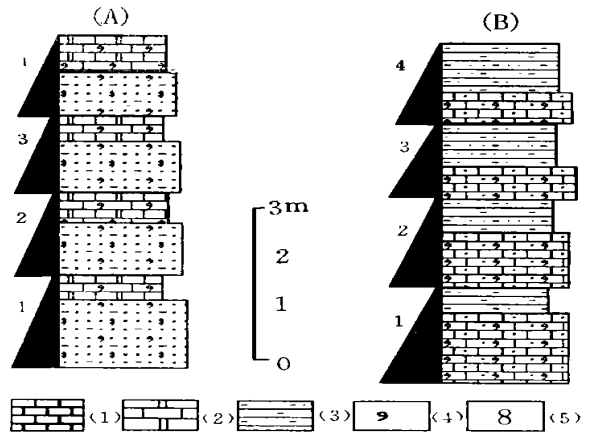


图 5 碎屑岩与碳酸盐岩交互沉积的地层中的米级旋回层序类型

(A)为“碎屑岩—碳酸盐岩”型, (B)为“碳酸盐岩—碎屑岩”型, 图中之 1—4 代表单个米级旋回层序; (1)灰岩 (2)白云质灰岩, (3)含泥质砂岩, (4)生物屑, (5)海绿石。

Fig. 5 Types of meter-scale cyclic sequence developed in strata of alternation between clastic rock and carbonate rock

果, 形成“碎屑岩—碳酸盐岩”型米级旋回层序。第二: 碳酸盐岩—碎屑岩型。形成这种岩相序列为特征的米级旋回层序是由于陆源碎屑沉积物进入沉积区与河流沉积作用有关, 在与高频率海平面上升阶段所产生的环境加深过程中, 河流沉积作用的强度与影响变弱, 使沉积环境变为清水环境, 从而沉积碳酸盐岩单元; 反之, 在高频率海平面变化的下发阶段, 河流沉积作用增强, 由河流带入沉积区的陆源碎屑沉积物增加使沉积环境变为浑水环境, 从而形成碎屑岩单元。上述过程的作用结果形成“碳酸盐岩—碎屑岩”序列为特征的米级旋回层序(图 5 之(B)示)。

在“碎屑岩—碳酸盐岩”型米级旋回层序中, 碎屑岩单元常含海绿石及生物壳(屑), 碳酸盐岩单元常具白云石化现象, 这种类型米级旋回层序在华北地台南部寒武纪馒头阶及毛庄阶地层中广泛发育; 而“碳酸盐岩—碎屑岩”型米级旋回层序, 碎屑岩单元中常见泥裂等变浅标志, 碳酸盐岩单元中则含较多的生物屑及其他颗粒, 这种类型米级旋回层序在辽南石炭系本溪组中上部、贵阳乌当志留系高寨田群中广泛发育。

4 米级旋回层序的地史演化特征及其年代地层学意义

从 1895 年 Gilbert 时代开始, 地质学家们对地

层记录中的韵律形式已进行了多年研究,这些韵律形式——各种类型的米级旋回层序是与地球轨道效应相关的高频率冰川型海平面变化响应的自旋回沉积作用的产物^[8, 11, 17, 18],这一点已逐渐取得了共识。在冰室效应地史时期(如石炭纪、震旦纪全球大冰期时代),由于极地冰盖发育,与地球轨道效应有关的冰川型高频率海平面变化的变化速率大、变化幅度也大,其结果是形成相变突然、相带不连续的米级旋回层序,在华北地台东部石炭系本溪组下部发育的米级旋回层序及长江三峡震旦系灯影组中发育的米级旋回层序(图6),就代表了冰室效应地史时期的米级旋回层序特征。而在温室效应的地史时期,高频率海平面变化的速率小、变化幅度也小,所形成的米级旋回层序相带较连续,华北奥陶系马家沟组(图7A)及元古界雾迷山组(图7(B))中发育的米级旋回层序就属这一类型。

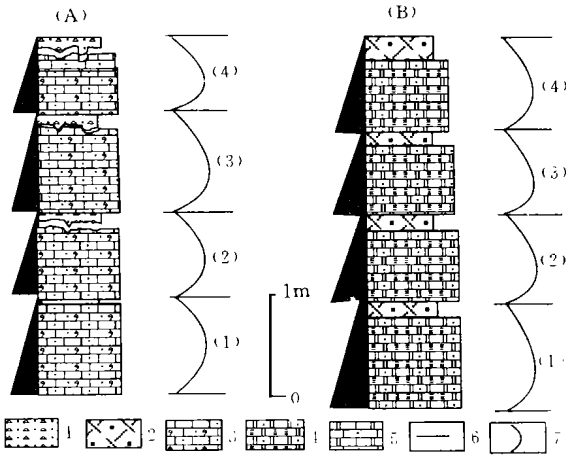


图6 冰室效应地史时期米级旋回层序的相序特征
图中(A)为华北东部石炭系本溪组中发育的米级旋回层序,(B)为三峡震旦系灯影组中发育的米级旋回层序;1.喀斯特角砾岩,2.红土型铁质风化壳,3.含砂屑生物屑泥晶灰岩,4.叠层石及藻屑白云岩,5.含颗粒灰质白云岩,6.米级旋回层序界面,7.相对海平面变化曲线。

Fig. 6 Facies-succession natures of meter-scale cyclic sequences developed in ice-house period of earth history

在地层记录中,常见到3至5个米级旋回层序以1:4的形式构成更大级别的旋回层序,或者以4至6个构成1:5的叠加形式,前者可能是长偏心率旋回(40万年)与短偏心率旋回(10万年)相互作用的结果,后者可能代表了短偏心率旋回与岁差旋回(2万年)相互作用的产物,这一特征被形象地称之为“地层记录的米兰柯维奇性质”^[10, 11]。这一性质说明,根据地层记录的米兰柯维奇性质,可以从地层

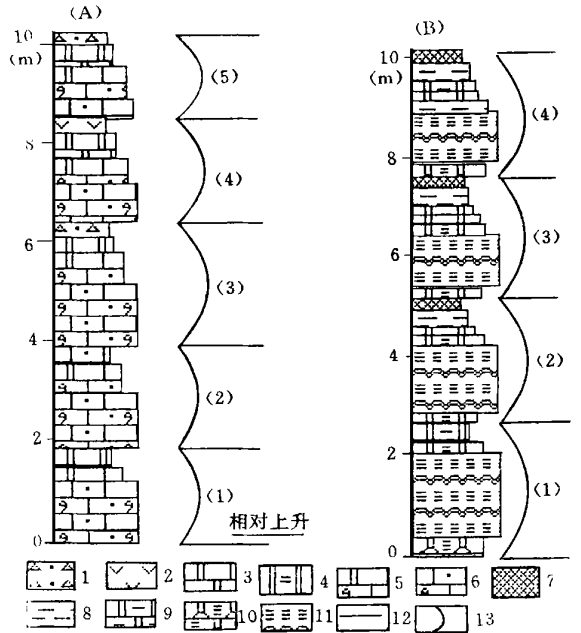


图7 温室效应地史时期米级旋回层序的相序组构

(A)为华北奥陶系马家沟组中的米级旋回层序,(B)为元古界雾迷山组中的米级旋回层序;图中(1)至(5)代表米级旋回层序的个数,1.盐溶角砾岩,2.岩盐,3.泥晶白云岩,4.燧石结核泥晶白云岩,5.白云质泥粒灰岩,6.泥粒灰岩,7.古土壤层,8.白云质泥岩,9.泥质白云岩,10.硅化叠层石白云岩,11.叠层石丘及岩礁,12.米级旋回层序界面,13.相对海平面变化。

Fig. 7 Facies-succession fabric of meter-scale cyclic sequences developed in green-house period of earth history
堆积作用本身估算地层堆积作用的绝对时限。华北地台中寒武统张夏阶发育60~80个潮下型碳酸盐米级旋回层序^[19, 20],米级旋回层序1:4的叠加形式表明单个米级旋回层序的形成时限为10万年,张夏阶的时限即为600万年到800万年左右。米级旋回层序的年代地层学意义正成为当今旋回地层学研究的热点。当然,地层堆积作用时限的确定还需要更细致的多学科研究才能得出合理的结论。

参 考 文 献

- 1 Anderson E J, Goodwin P W. The significance of meter-scale allo-cycles in the quest for a fundamental stratigraphic unit [J]. Journal of Geology, 1990, 147: 507~518
- 2 梅冥相. 碳酸盐米级旋回层序的成因类型及识别标志[J]. 岩相古地理, 1993, 13(6): 35~45
- 3 梅冥相. 碳酸盐旋回与层序[M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 1995, 1~245
- 4 王鸿祯, 史晓颖. 沉积层序及海平面旋回的分类级别[J]. 现代地

- 质, 1998, 12(1): 1~16
- 5 Mitchum R M, Van Wagoner J C. Sedimentary Geology, 1991, 70: 13~160
- 6 Wilgus C K. Sea-level changes—An Integrated approach [C]. Soc Econo. Min Spes Pub, 42, 1988. 1~407
- 7 魏家庸、卢垂明、徐怀艾等. 沉积岩区 1:5 万区域地质填图方法指南 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1991, 29~44
- 8 Fischer A G, Bottjier D J. Orbital forcing and sedimentary sequences [J]. Journal of sedimentary Petrology, 1991, 61 (7): 1063~1069
- 9 梅冥相、马永生、周丕康等. 碳酸盐沉积学导论 [M]. 北京: 地震出版社, 1988. 1~316
- 10 Goldhammer R K, Dunn P A, Hardie L A. Depositional cycles, composite sea-level changes, cycle stacking patterns, and the hierarchy of stratigraphic accumulation [J]. Geol Soc Am Bull, 1990, 102 (5): 535~562
- 11 Schwarzhacher W. Cyclostratigraphy and the Milankovitch Theory. Developments in sedimentology 52 [C]. Elsevier, 1993, 1~221
- 12 Einsele G, Seilacher A. Cyclic and Event Stratification [M]. Springer-Verlag, 1982. 1~306
- 13 Read J F. Carbonate platform facies models [J]. American Assoc. Petrol. Geol. Bull. 1985, 69: 1~21
- 14 Osleger D A. Subtidal carbonate cycles: Implications for allocyclic versus autocyclic controls [J]. Geology, 1991, 19: 917~920
- 15 Masetti D, Nero C, Bosellini A. Deep-water asymmetric cycles and progradation of carbonate platforms governed by high-frequency eustatic oscillations [J]. Geology, 1991, 19: 336~339
- 16 Arnott R W C. The aasequence definition—Are transgressive deposits inadequately addressed? [J]. Journal of Sedimentary Research, 1995, 65(1): 1~6
- 17 Osleger D A, Read J F. Relation of eustasy of stacking patterns, USA [J]. Journal of Sedimentary Petrology, 1991, 61(7): 1225~1252
- 18 梅冥相、马永生、梅仕龙等. 华北寒武系层序地层格架及碳酸盐台地演化 [J]. 现代地质, 1997, 11(3): 275~282
- 19 梅冥相、罗光文、苏德辰. 碳酸盐异成因复合海平面变化旋回层序 [J]. 桂林冶金地质学院学报, 1994, 14(2): 145~153
- 20 梅冥相、梅仕龙. 华北中寒武世张夏组复合海平面变化旋回层序 [J]. 沉积学报, 1997, 15(4): 5~10

Genetic Types of Meter—Scale Cyclic Sequences and Their Fabric Features of Facies—Succession

MEI Ming-xiang XU De-bin ZHOU Hong-rui

(China University of Geosciences Beijing 100083)

Abstract

Different types of meter—scale cyclic sequences in stratigraphical records are the outcomes of episodic accumulation of strata related to Milankovitch cycles. They are marked by particular features of facies—successions resulted from different sediment source and sedimentary dynamics in different paleogeographic background, which become the fundamental rule on the division of meter—scale cyclic sequences. The widespread development in stratigraphic records and the regularly vertical stacking—patterns in long—term sequence, the evolution characters of earth—history and the genetic types reflected by particular fabric features of facies—succession in different paleogeography background, all of these features shows that meter—scale cyclic sequences are not only the fundamental working—unit on stratigraphy and sedimentology but also the replenish and extention of parasequence in sequence stratigraphy. There are generally two kinds of facies—succession for meter—scale cyclic sequence in neretic—facies strata of carbonates as well as clastic rock, which are normal grading succession mainly formed by tidal sedimentation and inverse grading succession mainly made by wave sedimentation, both of them constitutes generally upward shallowing succession, the thickness of succession is from several tens centimeters to several meters. In terms of fabric features of facies—succession, it can be made the division of genetic types for meter—scale cyclic sequences. Carbonate meter—scale cyclic sequences could be divided into four types, which are L—M type, deep—water asymmetrical type, subtidal type and peritidal type. Clastic meter—scale cyclic sequences could be divided into two types, which are tidal—dynamic

(Continued on page 62)

is divided into three sequences and the distribution of sedimentary organic facies in each sequence is discussed in this paper. The results indicate that the distribution of sedimentary organic facies in sequence stratigraphic framework of Majiagou Formation present a certain regularity. In the western and southern part of the basin, the sedimentary organic facies of deeper—water sequence are mainly composed of open platform C facies from bottom to top, in which the content of organic carbon is 0.08% ~ 0.18%. In the middle of the basin, the sedimentary organic facies of transgressive system tract of shallow—water sequence are mainly composed of open platform C facies and restricted platform D facies, in which the content of organic carbon is 0.12% ~ 0.25%, whereas the sedimentary organic facies of highstand system tract are composed of restricted platform D facies and evaporation platform E facies, in which the content of organic carbon is 0.17% ~ 0.49%. The best source rocks are mostly distributed over highstand system tract of shallow—water sequence in the middle of the basin

Key words Ordos basin Majiagou Formation sequence stratigraphy sedimentary organic facies source rocks

(Continued from page 49)

type and wave—dynamic type. The boundaries of meter—scale cyclic sequence are marked by instantaneous punctuated surface formed by non—deposition resulted from high—frequency sea—level changes, which include instantaneous exposed punctuated surface and drowned punctuated surface as well as their correlative surface. The development of instantaneous punctuated surface used as the boundary of meter—scale cyclic sequence lead to the limiting of Walther's Law that is used to explain facies distribution in time and space, and reaffirm the importance of Sander's Rule on analysis of stratigraphical records. These noncontinue surfaces could be traced in long distance and some be correlative in same basin range. The study on meter—scale cyclic sequences and their regularly vertical stacking patterns in long—term sequence indicate that the research on cyclicity of stratigraphic records is a useful way to get more regularity from stratigraphic records that are frequently complex as well as non—integrated.

Key words genetic types fabric features of facies—succession meter—scale cyclic sequences