

试论沉积学原理在地层学中应用的几个问题

苏德辰¹ 梅幂相²

¹ (中国建筑材料工业地质勘查中心, 北京 100035) ² (中国地质大学, 北京 100083)

提 要 本文简要地讨论了当前沉积学、层序地层学、旋回地层学以及与传统的岩石地层和生物地层有关的一些基本问题及彼此的关系。强调了沉积学原理在地层层序划分工作中的作用。将层序界面划分为四种类型, 提出应以岩相突变面作为层序的界面。结合沉积学原理, 指出层序是由岩相突变面控制的一个较大的相对海平面升降周期中形成的一套有成因联系的岩石序列。在进行地层层序研究中, 要注意层序地层、旋回地层与传统的岩石地层、生物地层的相互结合与借鉴。

关键词 沉积学 地层学 层序 层序界面 旋回层序

第一作者简介 苏德辰 男 32 岁 博士 沉积学与矿床学

沉积学与地层学是地球科学中最基础的学科, 同时也是近十几年来发展最快的学科, 突出表现在自 70 年代末至 80 年代中期发展起来的集沉积学、地层学于一体的层序地层学和“旋回地层学”被广泛接受并成功地用于油气勘探等生产实践。然而, 层序地层学是在特定的大地构造背景(被动大陆边缘)下发展起来的, 有些沉积环境形成的地层层序不能直接套用经典的层序地层学模式。在对沉积盆地进行地层层序对比时, 要处理好沉积学与地层学、层序地层学、旋回地层学等之间的关系。

1 沉积学与地层学的关系

1.1 沉积学(也称沉积地质学)(sedimentology)

是研究沉积物及其成因的科学。它研究各类沉积物的组成、组构、成因及其在时间和空间上的演化规律。

目前, 沉积学的前缘性研究主要集中于: (1) 对全球性气候变化的地质记录的研究(特别是近几百万年来有关温室效应及冰室效应的研究); (2) 对地质史中海平面变化的研究(露头、岩芯及地震记录的详细对比研究, 以期解决与层序地层学的关系问题); (3) 地质速率的定量化研究; (4) 汇聚板块边缘演化史的研究; (5) 水文与环境科学的研究等几个方面^[1]。其中, 主要的前缘性课题均与层序地层学有着紧密的联系。

1.2 地层学(stratigraphy)

在过去被理解为是研究层状岩石的形成顺序和年代关系的学科。按照《国际地层指南》^[2]的定义, 地层学不仅涉及岩层的形成顺序和年代关系, 而且也涉及岩层的形状、分布、岩性成分、化石内容、地球物理性质和地球化学性质。地层学涉及岩层的所有特征、性质或属性以及根据环境或形成方式和地质历史所作的解释。相应地, 地层学可分为岩石地层

学、生物地层学和年代地层学等。

实际地质工作中,地层学与沉积学之间密不可分,互相依赖。如果把地层记录比喻为“一部反映地球有机界和无机界形成、发展和变化的万卷书,那么沉积作用则是这部万卷书的原作者”^[3],而沉积学家和地层学家则可比喻为这部万卷天书的解译者。因此,在进行地层层序研究时,必须从沉积作用上了解地层的形成特征,查明岩石的形成环境及形成过程,摸清由基本岩相(性)单位构成的岩石序列在三维空间上的排布规律和时间上的演化规律。最近,国际上一些著名的地质学家在发表的文章中将“层序”称为“沉积层序”(depositional sequence)^[4],足见人们对层序中蕴含的沉积学意义的重视。在进行层序地层工作时,没有根据沉积学原理对层序的成因进行过分析、解释与必要修正的层序格架显然是不够完善的。反之,忽视地层意义,只对某些沉积特征(沉积构造、岩性等等)进行单纯的沉积学研究也是没有太大意义的。

2 沉积学原理在层序地层学的应用问题

层序(sequence)是一个古老而又崭新的概念。早在18世纪便提出了层序的术语,但直到1977年Vail把这一术语引入到地震地层学中并作了精确的定义后,才使层序的概念得到普遍接受。层序地层学(sequence stratigraphy)认为,层序是由不整合及可与之对比的整合为界的一套岩石组合。层序及其基本组成一体系域受全球海平面变化、构造沉降以及沉积物供应速率等条件制约。通过研究层序(主要指三级层序)及其体系域在空间的叠置规律,结合古生物学及构造沉降分析,“提供了一种更精确的地层时代对比、古地理再造和钻井前预测储油岩、生油岩和盖岩的方法。层序地层学的概念在沉积岩上的应用有可能提供一个完整统一的地层学概念。”^[6]。层序地层学的主要工作是通过识别某一地区三级层序的边界类型及其内部组成(体系域)的空间叠置规律,确定海平面变化旋回及级次,以期与Hag等人(1988)建立的全局旋回表进行对比。近期主要集中对沉积层序的内部格架,特别是体系域内米级旋回的空间叠置规律进行研究^[4]。

在进行层序划分时,经典的层序地层学强调“暴露间断面”作为层序的边界。根据河流回春作用的有无和岩相是否向盆地方向转移,可将层序界面分为2种类型:I型层序界面为海平面降到沉积滨线坡折以下,以河流回春作用、岩相向盆地方向转移、海岸上超的向下转移以及与上覆地层的上超伴生的陆上暴露和侵蚀作用为特征。层序由低水位体系域(LST)、海进体系域(TST)和高水位体系域(HST)组成。I型层序边界以水上暴露和海岸上超的向下转移为特征,无河流回春作用,岩相也没有向盆地方向转移,即海平面没有降到陆架坡折之下。II型层序的组成为:陆架边缘体系域+海进体系域(TST)+高水位体系域(HST)。

这种以暴露间断面划分层序的方法在特定的大地构造背景下(被动大陆边缘)及以地震资料为基础的地层剖面上进行层序识别时是成功的。然而在倾角很缓的缓坡和被动大陆边缘上的平顶碳酸盐岩台地,往往缺失以暴露间断面为特征的层序边界。亦即是说,层序地层学忽视了沉积作用中另一种间断面——“淹没间断面”。沉积体系特别是碳酸盐岩成岩过程中,由海平面快速上升、沉积物供给缺失或不足形成的淹没间断面经常发生。这种淹没间断面亦可作为层序界面。与间断面过程相伴生的岩石单元常是“凝缩段(CS)”或“凝缩层”。

即“凝缩段”直接覆盖在层序界面上,与其上部的高水位体系域一起构成第三类型层序(CS+HST)。相应地,我们可将这种间断面称为Ⅲ型层序界面,该界面之下的岩层没有或缺乏暴露特征,界面上下的岩石单元属“整合性”接触,故又称“整合性界面”^[6]。

大量资料表明,碳酸盐岩地层在沉积过程中,I—Ⅲ型间断是频繁交替发生的,其空间分布范围及时限隶属于不同周期的海平面变化,若单凭I型和Ⅱ型暴露间断面进行层序划分,势必过于片面。这个问题在单个露头上进行层序划分工作时,尤为突出。

除了I型、Ⅱ型和Ⅲ型层序界面外,我们还识辨出另一类层序界面,该类界面在岩石学上亦表现为界面上下的岩相明显不同,界面两侧分别为两个长周期海侵—海退旋回形成的层序。例如在北京西山及邻区,毛庄组与徐庄组之间为整合接触,但二者之间有明显的岩相变化,毛庄组顶部为清水潮坪相灰质白云岩和具漂移层理的泥砂质条带灰质白云岩,其上为徐庄组泥水潮坪相泥页岩,二者间的界面既不同于典型的暴露型的I型和Ⅱ型层序界面(无暴露间断),也不同于典型的淹没型的Ⅲ型层序界面(不存在水体突然变深的证据),界面上下的岩性又明显不同,我们可称其为Ⅳ型层序界面。

因此,结合沉积学原理,层序的定义应该是:由“岩相突变面”控制的一套沉积岩石,这套岩石是在一个较大(几百万年—近千万年)的相对海平面升降周期中形成的一套具有成因联系的岩相序列(简称相序)。这种岩相突变面既包括通常所讲的水上暴露形成的一般性不整合面,也包含水下间断形成的淹没型不整合面,还包括由于沉积水体环境突然变化而形成的岩相突变面。

层序界面的识别及体系域的划分是在进行地震地层研究时,为研究盆地总体的沉积规律而采用的一种有效的方法。在露头研究中,我们所能观察的是沉积作用的直接产物—具体的岩性以及由不同岩性所反映的岩相及相序。根据岩性—岩相—相序及相序在空间的反复叠加规律所得到旋回地层层序,其清晰度是最高的。它不但能更客观更准确地反映地层堆积作用的沉积学规律,而且还为地震地层解释提供了一个实用而详细的模式和标准。

3 从沉积学原理看层序地层、旋回地层以及岩石地层、生物地层之间的关系

就在层序地层学刚刚兴起不久,对沉积层序的旋回性研究也逐渐深入。其中,较有代表性的学说或著作如 Goodwin & Anderson 提出的间断加深旋回模式^[7](PAC 旋回, punctuated aggradational cycles)、《Cycles and Events in Stratification》^[8]、《Cycles and Events in Stratigraphy》^[9]等等,都显示出人们对地层记录的旋回性予以了较高的重视。

3.1 旋回地层学

(cyclostratigraphy) 是研究由气候和大地构造所形成的具旋回性沉积地层格局的学科^[10]。早在地质学形成初期,人们就认识到沉积地层在空间及时间的分布上具有一定的旋回性^①。著名的瓦尔特相律就是当时人们对地层层序空间变化规律的最好总结。近百年来,人们在划分地层层序时,基本上都要考虑地层形成过程中的海侵—海退旋回。可以认为旋

① 可以认为旋回性是自然界中普遍存在的基本规律之一,更早关于海侵—海退旋回的概念应始于我国人民关于苍桑巨变的认识。

回地层学的研究方法与地质学本身一样古老。

作者认为,地层的沉积记录具有旋回性,旋回性的主因是相对海平面变化。层序地层学与旋回地层学之间并无本质区别,二者均以相对海平面变化为基础,具有很多共同的特性。一般来讲,在露头剖面或岩芯上对沉积地层进行层序划分均是以海侵—海退旋回为基础的,在确定层序的边界类型和级别时,均是以岩性、岩相及相序在空间的变化规律为基础,将岩相突变面(即岩相所代表的海侵—海退转换面)作为不同级别的层序界面。前面已经谈到,层序界面(特别是碳酸盐岩层序的界面)并不一定皆是暴露型不整合面,在对露头或岩芯进行层序划分时,如果仅将暴露间断面作为层序界面,就会漏掉许多层序。以北京西山及邻区为例,自毛庄期开始,至亮甲山期结束,沉积了一套数百米厚以碳酸盐岩为主的地层,这套地层的形成时限约几千万年,中间没有任何明显的暴露间断,将这一套巨厚的碳酸盐岩岩系划为一个层序显然是不合适的。根据岩相在空间的分布规律,结合本区岩石地层和生物地层资料,我们对这套地层的旋回层序格架进行了初步的划分,取得了较理想的效果。

岩石地层和生物地层是沉积地层层序在岩性和生物化石特征上的两种表现形式,二者均受地层形成时沉积环境的控制,而沉积环境又受相对海平面变化控制。因此,岩石地层、生物地层、层序地层和旋回地层之间应存在着一种统一的成因机制。作者认为这种统一的且最直接的机制也应该归结为直接控制沉积环境的相对海平面变化。例如,华北地台燕山地区徐庄期张夏期之间有一次大规模海侵,这次海侵使华北地台徐庄期形成的巨厚层鲕粒灰岩被张夏初期快速海侵形成的深水沉积物——灰绿色钙质、粉砂质泥岩夹薄层泥灰岩所覆盖。此次大规模海侵不仅在岩相上留下了鲜明的记录,而且在生物化石特征上也有明显的标志。华北地台徐庄组顶部的生物化石带普遍为 *Bailiella* 带,而张夏组底部普遍为 *Crepicephalina* 带。由此可见,三级旋回层序徐庄组三级旋回层序张夏组之间的岩石地层与生物地层是基本统一的。这种一致性的原因即在于三级旋回层序徐庄组与三级旋回层序张夏组之间的相对海平面快速上升(海侵)事件。

随着旋回地层学的建立与完善,对地层沉积作用中的旋回性沉积记录特别是异成因机制的认识将更加深入全面。业已证明,三级或四级以上的相对海平面变化具有全球一致性和一定的周期性。因此,沉积地质学与旋回地层学、层序地层学相互结合,使我们有可能超越层序地层学关于被动大陆边缘层序格架及其所代表的全球海平面变化的研究范畴,对克拉通盆地及活动大陆边缘、深水盆地等由海平面变化引起的旋回性地层层序进行更深入更广泛的研究,而不仅仅局限于套用层序地层学的模式划分识别体系域和层序界面。

需要说明的是,尽管层序地层学与旋回地层学正在被越来越多的人所接受,但并不是说它们可以取代岩石地层和生物地层的工作成果。只有把几者有机地结合在一起,互相借鉴,而不是简单地加以排斥或不加批判地捏合,才是客观的和科学的。

参 考 文 献

- [1] Pratt L M. Frontiers in sedimentary geology. *Journal of Sedimentary Petrology*, 63 (2): 181—182.
- [2] H D 赫德伯格主编,张守信译. 国际地层指南. 科学出版社, 1976.
- [3] 吴瑞棠,王治平. 地层学原理及方法. 地质出版社, 1994.
- [4] Goldhammer R K, Lehmann P J, Dunn P J. The origin of high-frequency platform carbonate cycles and third-order se-

- quences: constraints from outcrop data and stratigraphic modeling. *Journal of Sedimentary Petrology*, 1993, 63 (3): 318—359.
- [5] C K 威尔格斯等编, 徐怀大等译. 层序地层学原理. 北京: 石油工业出版社, 1993.
- [6] 许效松等. 层序地层学研究进展. *岩相古地理*, 1994, 14 (1): 34—39.
- [7] Goodwin P W and Anderson E J. Punctuated aggradational cycles: a general hypothesis of episodic stratigraphic accumulation. *Journal of Geology*, 1985, 93: 515—533.
- [8] Einsele, et al. *Cyclic and Event Stratification*. Springer, 1982.
- [9] Einsele, et al. *Cycles and events in stratigraphy*. Springer, 1991.
- [10] Li Y Y & Perlmutter M A. Global cyclostratigraphy: a model of carbonate growth patterns. *Marine and Petroleum*, 1993, 10.

Discussion on Some Problems Relating to Sedimentology and Stratigraphy

Su Dechen¹ and Mei Mingxiang²

¹ (China National Geological Exploration Center of Building Materials Industry, Beijing 100035)

² (China University of Geosciences, Beijing 100083)

Abstract

Relations between sedimentology and stratigraphy, sedimentology and sequence stratigraphy, sequence stratigraphy and cyclostratigraphy are discussed with the principles of sedimentology being highly emphasized. Four types of sequence boundaries are recognized. Hence, a sequence is defined as a series of genetically closely related sedimentary rocks formed in a long-term (third- or fourth-order) transgressive-regressive cycle. Any rock surface between two different lithofacies which represent two slow long-term different transgressive-regressive cycles can be regarded as the sequence boundary. Sequence, stratigraphy, cyclostratigraphy, lithostratigraphy, biostratigraphy and etc. must be crossreferred.

Key words: sedimentology stratigraphy sequence sequence boundary cyclostratigraphy