维普资讯 http://www.cqvip.com

层序地层学的研究进展及发展方向

苗爱生[1,2],张亚平[2],唐发春[3],李西得[2],陈 冬[4],徐志伟[5]

(1.中国地质大学(武汉)地球科学学院,430074;2.核工业208地质队,014010;
3.青海省湟中县水务局设计室,811601;4.中国黄金集团公司;
5.中石油吉林油田勘探开发研究院,131100)

摘 要:层序地层学经过二十多年的快速发展,已成为一个具有巨大应用前景的地学分支。作为当今地质学界研究的热点问题之一,备受国内外地质学界的关注。笔者在综合国内外大量研究成果的基础上,回顾了层序地层学的起源和发展历史,总结了层序地层学的研究进展,评述了层序地层学的发展方向。

关键词:层序地层学;研究进展;发展方向

1 层序地层学概述

层序地层学是研究以侵蚀面或无沉积作用面以及可与之对比的整合面为界的、有成因联系并具旋回性的地层格架内的岩石关系为主要内容的一门学科[1]。是上个世纪70年代末由美国Rice大学Vail及其在Exxon公司卡特研究中心的同行Mitchum和Sargree等在地震地层学基础上创立起来的一门新的地层学分支科学[2]。Vail提出的层序地层学认为:层序发育的主要控制因素是全球海平面升降,并提出它是研究一套由侵蚀面或无沉积面、或与之相当的不整合面所限定的、重复出现并有成因联系的、限制在一定年代地层格架内的岩石关系,从而体现了成因地层学本质。并且Vail等提出层序是层序地层学研究的基本单元,并定义:层序是一个成因上相关、内部相对整合连续的地层单元,其顶、底被不整合面或与之相对应的整合面所限定。由于层序界面的等时性和层序内沉积的连续性,使层序体现了年代地层和岩石地层的双重属性。层序地层学代表了地质学领域里的一场新的革命,是一种划分、对比和分析沉积岩系的新方法,其理论指导的地层研究极大地改变了人们对地层形成过程和盆地建造控制作用的认识,其模式分析对地层格架的建立和数字模拟研究提供了一个强有力的手段,使地层学的研究前进了一大步[3]。层序地层学与沉积体系和岩相分析相结合的研究方法已成为层序地层学研究的重点。其研究已逐步转向各种沉积体系和岩相分析的地层层序、与油气藏的勘探的勘探开发过程有关的储层层序及各种方法综合的高分辨率层序地层研究等方面,并且已进入理论研究、广泛实践与全面发展的新时期,并在油气田的勘探开发过程中发挥着巨大的作用。

2 层序地层学研究现状

2.1 陆相层序地层学研究现状

陆相盆地层序地层研究作为层序地层学的一个主要方面,自二十世纪90年代以来,就成为了源于海相沉积研究发展起来的层序地层学发展史上的一大亮点。目前,国外均已大规模地运用传统层序地层学理论和方法,开展陆相湖盆层序地层学研究。高分辨率层序地层学和成因层序地层学在陆相沉积研究中也得到了广泛应用[4-9]。

由美国科罗拉多区矿业学院Cross教授(1994提出的高分辨率层序地层学理论,是近年来新掘起的层序地层学新学派,该理论经邓宏文、徐怀大等传入我国后,在我国陆相盆地储层预测研究中发挥着重要的作用,极大地提高了陆相盆地的储层预测精度。

在陆相层序的研究中,中国学者据该领域的领先地位。陆相沉积体系层序地层学研究早期被翻译介绍到中国(刘茂强,1995),李思田、林畅松[10]、徐怀大[11]等国内学者开始探讨大型陆相盆地层序地层学研究方法。特别是顾家裕,建立了陆相坳陷盆地层序模式及陆相断陷盆地中陡坡型和缓坡型两类地层层序模式,为油气勘探提供有用的理论指导。由于陆相沉积物可容纳空间变化与海平面升降没有内在直接联系,陆相层序地层学并未形成统一的模式。但随着新技术,新方法的不断应用,陆相湖泊、沙漠以及河流相的层序地层学研究不断深入并取得了一些新认识[12-16]。王东坡(1994)研究了松辽盆地的白垩纪湖相沉积的层序地层,并对海陆相层序的可比性进行了有益的探索和总结,他把此项研究纳入全球沉积地质计划的第一个试点项目全球海相白垩纪地层的对比。徐怀大、顾家裕(1996)研究了松辽盆地的层序地层特征,为塔里木的油气勘探提供了有用的证据。至于松辽盆地、渤海湾、鄂尔多斯、四川、柴达木、准噶尔、吐哈、我国南方及海域诸盆地的地层层序的研究更是硕果累累。

收稿日期:2008-01-12

作者简介:苗爱生(1967—),男,高级工程师,在核工业208队从事生产科研工作。现就读于中国地质大学(武汉),在读博士,专业为矿物学、岩石学、矿床学。

维普资讯 http://www.cqvip.com

2.2 海相层序地层学研究进展

在海相层序研究方面[17]，Christopher 和 Kendall 等(1989)一起研究了全球海平面变化，Scoot，Weimer，1Richard 和 Vail(1991)等研究了墨西哥湾沿岸、阿拉伯东南早白垩世的海平面变化，加拿大北极群岛三叠纪的海平面变化事件，修订 Exxon 曲线并对侏罗纪海平面变化进行重新评价。总之，与海平面变化相结合的层序地层学研究，是 Vail 等学者的杰出贡献，为全球性海平面变化及海相地层的全球性对比做了大量的工作。同时也为全球海平面变化提供了证据。目前，利用计算机手段对可容空间变化进行模拟，以此揭示层序变化的原因，为层序地层学的定量化研究作出了贡献。

海相层序地层学的研究进展主要表现在如下几个方面：

2.2.1 层序地层与盆地分析

刘宝、许效松、徐强(1991)等学者在中国西部大型盆地动力学的研究中提出了盆山转换、盆山耦合的观点，受到国内外地质学家的关注；目前盆山耦合及盆山转换成为揭示盆地和造山带之间相互作用关系及大陆动力学探索的热门和前沿思想生长点。沉积地质学家和构造地质学家把盆地和造山带之间的结构型式结合起来，从盆地内的层序结构揭示造山过程的响应，从造山带中探索盆地边缘的性质，研究地壳的形成演化和动力机制，作为恢复古大陆和古大洋的重要依据。他们在研究中国西部的大型盆地中，以盆山系统为整体目标，以全球构造活动论和沉积一构造地质学、对比沉积学、层序地层学为指导，选择不同性质的盆地进行分析，从各种充填堆积物的式样、序列中寻找已经消失了的古动力学和古构造环境指标，恢复各盆地的相对位置。该领域的研究已发展成为具有中国特色的地质创新。

2.2.2 层序界面的成因分类

陈洪德、许效松教授等在研究中国南方海相地层的过程中，从层界面的成因分析入手，以盆山转换和海平面与构造活动叠加效应为指导思路，把被动大陆边缘和活动大陆边缘由盆地成生、发展转为前陆盆地过程中的成层界面分成如下四种：a. 代表盆地新生的升降侵蚀层序不整合方面；b. 代表盆地扩大的海侵上超层序不整合面；c. 标志盆地稳定发展和最大海泛的水下间断层序不整合面；d. 表积盆地发生转换的水下侵蚀切割层序不整合面。上述几种成因层序界面代表大陆边缘盆地演化至前陆盆地、盆地形成、盆山转换等一系列演变过程，该项成果将层序界面的成因研究与盆地演化阶段紧密结合，扩展和丰富了层序地层学理论。

2.2.3 层序充填动力学的兴起

陈洪德教授等(2000)从地球系统科学的观点出发，以层序一盆地一地球系统科学理论为指导，从层序界面与地质事件、层序级别与盆地充填格架、层序发育与盆地构造活动、层序充填过程与盆地演化史四个方面对右江盆地进行了初步的层序充填动力学研究，其结果表明：右江盆地是由不同性质的等时界面所分割出的不同级别的成因地层单元所构成的复合建造块体，其空间形态、内部结构及构造轮廓受盆地性质、构造活动、沉积机理及海平面变化等的综合控制，右江盆地层序充填过程包括陆内裂陷、陆缘裂谷、弧后裂谷和前陆盆地四个阶段，经历了一个完整的构造旋回。陈洪德教授等的研究表明以地球系统科学为依托的层序充填动力学在盆地分析中具强大的生命力。

3 层序地层学的发展方向

3.1 陆相地层中沉积程序模式

关于陆相环境下沉积的层序，学者们已做了不少研究[18]。虽然陆相层序地层学的研究存在更多的特殊性与困难性，陆相盆地与海相盆地存在较大的差异性，但大量的研究成果表明，原有层序地层学的研究思路和原则在陆相盆地地层研究中是可行的，海相沉积层序及体系域的划分原则同样可以用于陆相地层。但对其具体工作方法和工作重点还需进一步完善，例如陆上部分的基准面的确定以及沉积层序的影响控制因素等，都需深入研究。

3.2 层序地层学的研究正在向高分辨率方向发展

通过对不同岩层、岩体、相带的叠置特征、分布、彼此间的分异和联系，以及它们对储油物性及油气的生、储、运、聚、保条件影响的研究，在更高精度上进行油气预测和定量化分析。高分辨率层序地层学研究要求高分辨率的地面研究、测井资料，高分辨率的地震资料等，这就需要增强地面研究的力度、提高测井资料的精度、增加地震资料的分辨率，即需要相关学科能进一步发展，以推动高分辨率层序地层学的发展。

3.3 成岩层序地层学研究

长期以来，人们在进行层序地层学研究过程中，往往只注重测井、地展及野外露头资料的宏观分析，而忽略了沉积记录中各种微观现象固有的意义. 近年来通过研究表明，在沉积岩粒间胶结物、次生加大边、次生矿物和孔洞充填矿物中，准确记载着当时地球动力学和物理化学条件及各种自然变迁的信息[19]。自 90 年代以来，一些具有远见卓识的沉积学家已意识到成岩微观资料在层序地层学研究中的重要性，并很快把成岩作用与层序研究有机结合起来，从此，成岩层序地层学(diageneitc sequence stratigraphy)应运而生。成岩层序地层学研究内容主要包括：①沉积相、层序和区域成岩作用的关系；②成岩作用与层序边界的关系；③不同成因层序，其成岩物理、化学特征及其变化；④胶结成岩事件的区域对比和连续性研究；⑥层序边界代表胶结物晶体生长间断研究；⑥成岩层序作为胶结物结晶生长过程中一系列沉积、加大事件的总和研究。⑦孔隙和孔隙流体阶段性演化与海平面周期性变化的关系。

3.4 细碎屑岩的层序地层学研究

层序地层学的概念常被用于储集岩中，主要是为了研究有利的储集层分布。然而，在许多勘探区，并不缺乏储集层，而是因为缺乏有利的生油岩和封闭条件导致了勘探的失败，而生油岩和盖层，都与泥

维普资讯 http://www.cqvip.com

岩、页岩等细粒岩石有密切关系。因此，从层序地层学角度研究它们在三维空间的分布规律，再从有机地球化学角度研究它们在三维空间中的有机地化标志的变化规律，将大大提高油气系统的研究水平。而且综合层序地层学概念和沉积学原理建立精确的地层模式对于预测生油岩和盖层的分布，从而降低勘探的风险是十分重要的。

3.5 层序地层学与油气勘探

尽管层序地层学有其局限性，但它代表了一种强有力的地质研究方法。已经证实，层序地层学在油气勘探中是极其有用的。正确应用层序地层学的原理和分析方法，可以对生油层、储集层和盖层作出更为准确的预测，提高勘探的成功率。在油田开发阶段，通过高分辨率层序地层学研究可以更好地确定和预测储层的分隔性，有效地选择完井和开发井目标，从而达到提高采收率、增加储量并降低勘探开发成本之目的。

层序地层学是一门非常年轻的学科，也是当前地质领域发展最为迅速的学科之一，全球范围内的研究和应用正方兴未艾，相信层序地层学的明天必将更加辉煌。

[参考文献]

[1] Van Wagoner J C ,et al.. An Overview of the Fundamentals of Sequence Stratigraphy and Key Definitions. In: Wilgus C K et al. eds. Sea — Level Change: an Integrated Approach. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication 42, 1988. 15～154.

[2] 罗立民. 河湖沉积体系三维高分辨率层序地层学[M]. 北京：地质出版社，1999，1.

[3] 池秋鄂. 层序地层学原理及在油气勘探开发中的应用. 中国石油天然气集团公司.

[4] Sloss l l . Forty years of sequence stratigraphy[M]. Geological Society of American Bulletin ,10,1988.

[5] Van Wagoner J C. Mitchum R M, Campion K M,et al. Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs ,cores and outcrops; concepts for high—resolution correlation of time and faces[J]. AAPG Methods in Exploration Series, 1990,(7): 1～55.

[6] Mitchum R M ,II. ,et al. Seismic stratigraphy and global changes of sea level, part2: the depositional sequence as a basic unit for stratigraphy analysis [M]. AAPG Memoir26,1977.

[7] Galloway W E. Genetic stratigraphy sequence in basin analysis I: architecture and genesis of flooding—surface bounded depositional units [J]. AAPG Bull, 1989, 73: 125～142.

[8] 王冰. 松辽盆地上白垩统QYN组成因地层层序地层格架、沉积类型、烃类分布[J]. 国外油气勘探，1994，6(5)：555～569.

[9] SHANLEY K W, MCCABE P J Perspectives on the scquence stratigraphy of continental strata[J]. AAPG Bulletin, 1994, 78[4]: 544～568.

[10] 李思田，林畅松. 大型陆相盆地层序地层学研究——以鄂尔多斯中生代盆地为例[J]. 地学前缘，1995，2(4)：133～136.

[11] 徐怀大. 陆相层序地层学研究中的某些问题[J]. 石油与天然气地质，1997，18(2)：83～89.

[12] 顾家裕. 陆相盆地层序地层学格架概念及模式[J]. 石油勘探与开发，1995，22(4)：6～10.

[13] 胡受权. 湖平面变化及物源供给对陆相层序影响机理的计算机模拟[J]. 断块油气田，2000，7(6)：1～4.

[14] 程守田，刘星古. 沙漠沉积及其层序单元——以鄂尔多斯白垩纪内陆古沙漠盆地为例[J]. 地球科学：中国地质大学学报，2000，25(6)：587～591.

[15] 方石，蔡尧忠. 河流相层序地层学研究[J]. 世界地质，2000，19(2)：132～137.

[16] 王多云. 沉积盆地地震—层序地层学研究辅助系统—1. 沉积学报，1994，12(1)：8～15.

[17] 侯明才. 层序地层学的研究进展. 矿物岩石，2001，21(3)：130～133.

[18] 廖远涛. 层序地层学的研究现状及发展方向. 重庆石油高等专科学校学报，4(2)：10～12.

[19] Allen, P. A. et al. Basin analysis: principles and applications [M]. BSP, Ltd., 1990.

Research Status and Development Direction of Sequence Strategraphy

MIAO Ai—sheng[1,2], *ZHANG Ya—ping*[2], *TANG Fa—chun*[3], *LI Xi—de*[2], *CHENG Dong*[4]

(1. Faulty of earth sciences , CUG, 430074; 2. Geologic Party No. 208, CNNC, 014010;
3. The Design Studio of water bureau in Huang Zhong , Qinghai Province, 811601;
4. China national gold group corporation; 5. Exploration Institute of Jilin Oil field, Songyuan 131100)

Abstract: With the rapid development of over 20 years, sequence stratigraphy has been a geological offset with tremendous foreground. On the basis of previous research at home and abroad, this paper reviews the origin and history of sequence stratigraphy, and summarizes its research progress, and future directions of sequence stratigraphy is also emphasized in this paper.

Key words: Sequence stratigraphy; research status; development direction