维普资讯 http://www.cqvip.com

层序地层学研究进展及发展趋势

雷国明 郝洁 陈静静
(中国地质大学资源院 武汉 430074)

摘 要:层序地层学经过20多年的飞速发展,已成为一个具有巨大应用前景的地学分支。文章简述了层序地层学的起源,国际发展状况,分析了目前研究中存在的问题,提出了层序地层学的发展趋势。

关键词:层序地层学 陆相地层 研究进展 发展趋势
中图分类号:P5 **文献标识码**:A **文章编号**:0673-0534(2007)05(a)-0162-02

1 引言

层序地层学(sequence stratigraphy)的概念是Vail[1]等人于1987年在地震地层学的基础上受次提出的,它同时也受益于生物地层学、年代地层学和沉积学。目前被广泛接受的定义为:研究以不整合面或与之相对应的整合面为边界的年代地层格架中具有成因联系的地层(Van Wagoner等,1990)[2]。

在20世纪末期,作为地质学重要学科的地层学得到了史无前例的发展,这主要是得益于层序地层学的崛起。它在石油勘探中的惊人成功,如在美国科罗拉多东南部上石炭统的Moorow组中,把判断河谷充填相的成功率上从32.5%提高到45%。层序地层学的成功应用驱使着以最小的投资来获得最大利益的各国石油公司探索研究新方法和新技术。

2 层序地层学研究新进展

主要根据美国石油地质学家协会[3](AAPG)和加拿大石油地质学家协会(BCPG)等大型世界石油地质学术会议年会讨论反映的层序地层学理论和应用新进展。

2.1 理论的发展

2.1.1 崩塌层序

墨西哥湾北部常见侏罗纪陆架边缘碎屑沉积大规模快速崩塌形成的“崩塌层序”,在低位期常见,进积作用强烈的高位期也时有发生。崩塌层序底界被崩塌基准面不整合所限,顶界可以是洪泛面或后继的崩塌基准面。通过地震资料、测井曲线特征及古生物资料,可以识别这种陆架边缘崩塌地层组合。

2.1.2 气候变化是高频层序的主控因素

米兰柯维奇地球轨道旋回理论对分析层序很有用。有证据表明,40 × 104a的离心率周期造成了白垩纪—古新世全球海平面变化。巴西大西洋边缘中生代裂谷沉积研究亦表明,气候变化与高频的米兰柯维奇振荡旋回关系密切。

2.1.3 运动学层序和体系域

对许多在挤压型、伸展型和盐构造背景下生长的地层调查发现,生长地层的同沉积变形可以构成由运动学体系域组成的“运动学层序”,其地层单元局部被不整合限定,可通过地震剖面或露头的反射终止形式来确定和识别。将运动学体系域与基于露头和地下界面系统的沉积相分布和(或)地质年代学数据对比,研究生长断层、盐构造和同生褶皱的幕式生长特征及沉积相展布,可以恢复生长地层运动学历史。

2.2 新方法的运用

2.2.1 数学模拟法

层序地层数学模拟着重于沉积充填及圈闭形成历史,可视为盆地模拟的延伸,约束条件主要有:①地震剖面层序边界几何形态深度转换;②生物标定的层序边界年龄;③根据生物地层学、地震时深转换和地层几何形态重建的古水深剖面;④测井岩性分析;⑤根据地震属性解释的砂岩分布等。

2.2.2 三D可视化技术的运用

三维可视化技术可以直观展现三维地震勘探以及钻井、测井、沉积相及生物地层研究成果,可用于分析层序地层格架中储集层与圈闭条件。如研究挪威北海Osebtrg油田西侧隐蔽生长裂谷带的沉积学和地质模式时,利用可视化技术及地震模式作出同期裂谷砂体展布图,与构造、地层模式相结合,研究断层和隐蔽圈闭。

2.2.3 古生物化石分析

古生物学是层序地层学研究的支柱之一,生物种群及其丰度可指示层序地层界面,生物形态、生物地层的标定和孢粉学都可在层序地层研究中应用。

有两种方法研究孢子对海平面的反应:①现代模拟方法(比较岩心分析资料与现代花粉、孢囊分布);②实验方法(在实验过程中不断增加化石埋藏史,定量模拟地质时代对孢子收集的影响)。交叉使用这两种方法重现中新世至今的新泽西陆缘海平面,与其它资料(如稳定同位素、遗迹化石等)对比,证明海平面升降(因地球转动影响)是影响新泽西陆缘形态的重要因素。

2.2.4 数值分析和计算机模拟分析

应用计算机模拟技术建立地质相、储集层特性和地震参数的联系后进行三维可视化分析,对高分辨率地震数据及其派生的地震属性进行数理统计及神经网络分析,可以识别体系域中的冲刷面及古河道。如墨西哥湾南部March地区用这种方法发现了中新统的地层圈闭。

2.3 新的应用

2.3.1 层序地层与成岩作用

在意大利MonteCamposaura的白垩系碳酸盐岩成岩作用与层序地层研究中,提出了成岩矿化度旋回的概念。成岩矿化度旋回保存于海相的文石相和方解石相中,可以根据上倾方向成岩作用预测下倾方向的沉积层序,也可以根据下倾方向的层序地层预测上倾方向成岩作用。

2.3.2 含油气系统研究

在层序地层格架(尤其是大型的三角洲沉积)中,经常发育含油气系统的各组成要素。低水位体系域常发育砂岩储集体,高水位体系域和海侵体系域发育盖层和圈闭,层序地层间相关性和工业制图描述了储、盖层的分布,有利于盆地建模和确定烃类运移路径。通过岩心、测井及地震资料,可以研究层序格架中的沉积相展布、地层结构及隔层分布,作为油气成藏建模基础,结合三维可视化技术,可以更直观地展现含油气系统,预测砂体及圈闭的展布。

2.3.3 古油藏动态预测

油藏动态与其在层序和整个体系域框架内的单元位置有关。在Starfak油田和Louisiana油田的研究中证实了第四级体系域(高水位区、海进区和低水位区)的孔隙度和渗透率有明显差别,导致体系域不均衡,各开采区的特征可用于预测未来全油田的产量。

2.3.4 烃源岩研究

根据对Po、Rhune、Orinoco和密西西比三角洲层序地层学、古生态学和浅层地下水运动规律的研究,在气候和基准面驱动的营养物平衡作用下,可以形成大型三角洲体系烃源岩层序,其分布在时间和空间上都可预测。

3 存在的问题

与其它地质学科一样,层序地层学也处于不断发展和完善之中。层序地层学理论自其问世以来,就存在一些颇具争议的难点,面临许多急待解决的问题:

(1)新一代海平面变化曲线(Haq曲线)虽然综合了许多学科的最新成果,但它仍然不是一个公认的全球标准,使其在使用时具有很大的局限性,因此,导致对比的不确定性;2)编制曲线所用资料的构造背景的影响;3)沉积速率对不整合面的影响。

(2)层序边界的确定和层序级别的划分难度大,存在着标准不统一的问题。

(3)等时层序格架难以建立,无法准确地划分和对比四级层序边界和凝缩层的延伸终止点。进而导致对沉积体系识别的不精确。

(4)层序地层学模式适用性脆弱,推广难度大。许多学者发现,层序地层学“经典”模式在很多研究区并不适用。尤其是针对不同构造背景、不同岩石类型的陆相盆地层序地层的研究,是一个需要深入探索的问题。

(5)层序地层学定量研究和计算机模拟的研究有待深入。主要原因是以目前的理论和方法技术(包括数学模拟分析法)还不成熟,还未找到适合模拟各种地质因素在盆地层序形成过程中的作用。

(6)针对我国的特殊情况,陆相层序地层学在我国油气勘探领域中起着至关重要的作用,但目前研究尚不深入,面临许多急待解决的问题(倪新锋等)[4];

(下转164页)

维普资讯 http://www.cqvip.com

承认宋诗的某些长处，但认为“以议论为诗”等不一定能概括为宋诗的主要特点。胡念怡在《关于宋诗的成就和特色》中就提出了“以文字为诗，以才学为诗，以议论为诗”能否概括为宋诗的特征的质问。

最多的就是对于“以议论为诗”的否定。认为“以议论为诗”是“反形象思维”的，是缺乏形象和“意境”的。如苏者聪先生说：“宋人以文为诗，以议论为诗，直抒胸臆，故导致诗歌创作上的抽象说教。”(苏者聪《宋诗怎样一反唐人规律》载《武汉大学学报》1979年1月)

的确，宋人“以议论为诗”受到很多人的非难。然而无论苏舜钦《城南感怀呈永叔》王安《桃源行》，还是柳永的《煮海歌》等，无一不是“以文为诗，以议论为诗”的却也都深刻生动，读来淋漓酣畅。有人责难宋人写诗没有诗趣意境，并且多数学者都把这一革新看成是一种弊病。我以为这是不够客观的，在前一节我们已经谈到宋代这一特殊时期下出现“以议论为诗”的必然性。而严羽、刘克庄等人在当时自然是不可能客观认识到它的积极意义。

在那个纷乱的年代，诗人们也许只能用这种直抒胸臆的诗歌来宣泄他们的一腔热情，他们在议论中酣畅淋漓，欲罢不能。他们倾注了全部热情，抨击封建集团的投降派，描写沦陷人民的悲恸，赞美祖国的大好河山，歌颂壮烈牺牲的民族英雄。唯有用议论，方能真正将感情溢于纸上。恐怕责难倒不如客观地看这一现象，它是宋人对唐诗地革新，是宋代一派豪壮诗人地大刀阔斧地改革，是历史发展的必然趋势在文学中的反映。在内忧外患的艰难国事中，必须出现一种质朴平易，严肃而不失热情的诗风来扶正艳冶浮靡的风气。不仅如此，宋代一批优秀诗人在议论中展现了人民不受凌辱，誓死捍卫祖国尊严的精神面貌，激励了整个民族的爱国精神。在广大人民中间起了相当重要的爱国主义教育作用，单从这一点看，“以议论为诗”在宋诗革新运动中就有其不可抹煞的价值。

放着褒贬不一的议论不谈，“以议论为诗”使诗能够更好地表现诗人主题内心世界，更好的达到了写意传神的效果，对传统诗歌在表情达意，创造新的境界方面起开拓的历史性作用。“以议论为诗”也是诗史发展内在规律及时代审美潮流变化的必然产物。无论是文天祥“人生自古谁无死，留取丹心照汗青”，还是李清照的“生当做人杰，死亦为鬼雄”这一句句千古名句，都说明议论的方式事实上已经成为诗人使用的最主要的艺术方式之一，对于后代的诗坛有着巨大的影响力，在整个宋代的文学史尤其宋诗革新运动的进程中有着不可忽视的功绩！

注释：①严羽是南宋文学批评家，字仪卿，号沧浪逋客。其《沧浪诗话》一卷分五部分：“诗辩”、“诗法”、“诗体”、“诗评”、“诗证”，是一部相当系统的诗歌理论、诗歌批评著作。

②出自蓝华增《说意境》。

③江西诗派：这是宋诗中最大的一个流派，后人多认为这个诗派重视形式，忽略社会内容，专求诗法句法，用典炼字。每个诗人都有自己的特色，不能用一种风格来界定他们。

(上接162页)

4 层序地层学发展趋势

层序地层学经过多年的发展，取得了很高的评价，但也存在着许多有争议的或未解决的问题，这些问题的解决正是层序地层学今后的发展方向。

(1)多学科综合，将古生物学、地层学、岩石物理学、有机地球化学以及岩石学等综合应用已经成为层序地层学研究的总趋势；

(2)区域性或全球性的海平面(或基准面)变化曲线仍需要编制。在层序级次的划分上、不同级次层序的组合结构、不同级次层序的命名，仍需要继续做工作。

(3)科学研究必须为经济建设服务。层序地层学在油气勘探、开发油气资源上有着巨大的潜力，因此应当把重点放在应用研究上。以下是层序地层学在应用上的几个发展方向。

①陆相地层中沉积层序模式。研究[5]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但对其具体工作方法和工作重点还需进一步完善。

②高分辨率层序地层学的应用研究。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，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成岩层序地层学研究。近年来的研究表明，在沉积岩在沉积成岩过程中，准确记载着当时地球动力学和物理化学及各种自然变迁的信息[6]。为今后层序地层分析指明了方向。

④层序地层计算机模拟。在当前技术条件下，计算机模拟揭示特定控制过程与层序界面和体系域分布等的成因关系[7]技术尚不完善，有待进一步深入研究。

⑤层序地层学的工作站解释技术。建立层序地层学工作站进行层序地层分析，为油气勘探开发服务，这是今后层序地层学应用很重要的一个发展方向

参考文献

[1] Vail P R.Seismic stratigraphy interpretation using se-quence stratigraphy. Partl:Seismic stratigraphy interpretation procedure [A].In:Bally A W, ed. Atlas of seismic stratigraphy. American Association of Petroleum Geologists,Studies in Geology,1987,27: 1-10.

[2] Van.Wagoner,J.C.,Mitchum,R.M., Campion,K.M.and Rahmanian,V.D., etal.Siliclastic sequence stratigraphy in welllogs,cores,and outcrop concepts for high-resolution correlation of time and facies:AAPG Methods in Exploration Series7,1990.55.

[3] 2006 AAPG Annual[C]. Convention, March 10-13,Houston,Texas,Official Program,Vol.1.

[4] 倪新锋等 陆相层序地层学理论体系及其发展趋势[J] 沉积与特提斯地质,2002,22(4):34-43.

[5] 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.

[6] Allen,P.A.etal.Basin:principles and appli-cations[M].BSP,Ltd.,1990.

[7] 林畅松,张燕梅,刘景彦等.高精度层序地层学和储层预测[J].地学前缘,2000,7(3):117.