维普资讯 http://www.cqvip.com

层序地层学的研究状况及有关理论问题探讨

肖传桃 （中国地质大学地球科学学院，湖北 武汉 430074；长江大学地球科学学院，湖北 荆州 434023）
刘 莉 （长江大学地球科学学院，湖北 荆州 434023）
陈志勇 （中国地质大学地球科学学院，湖北 武汉 430074；青海油田分公司，甘肃 敦煌 736202）

[摘要] 简要回顾了层序地层学的起源和发展历史，将层序地层学的发展划分为起源阶段、经典层序地层学阶段和高分辨率层序地层学阶段；在总结了层序地层学取得的主要成就和存在的问题以及难点的基础上，展望了层序地层学的未来和前景。最后，对有关层序地层学研究等理论问题作了初步的探讨，提出以初始海泛面作为层序的界线更为合理和实用，且优越于经典层序边界，并从理论上进行了论述；讨论了层序地层学理论在优化年代地层界线层型的作用，认为在海相地层中，层序的初始海泛面应该是选择全球界线层型剖面点的一个重要参考标准；在陆相地层中，作者提出，界线层型剖面点建立在最大洪泛面上是最好的选择，即应将陆相地层的界线层型剖面点建立在最大海泛面上第一个广泛分布的化石带之底。

[关键词] 层序地层学；年代地层；年代界线层型；初始海泛面；最大洪泛面
[中图分类号] TE121.34 [文献标识码] A [文章编号] 1000-9752 (2006) 06-0001-07

作为地球科学研究前沿之一，层序地层学的理论和实践给地质学的研究带来理论和思维上的飞跃，因此近年来倍受地质学界的青睐。下面就层序地层学的起源、发展、研究现状以及存在的问题作一概略性的阐述，并就某些问题论述笔者的初步认识。

1 层序地层学的研究历程

1.1 层序地层学的起源阶段

自从 Sloss 于 1950 年提出了层序的概念[1]之后，层序地层学正式诞生。但在当时没有受到人们足够的重视，因此层序地层学未得到发展。从 20 世纪 50 年代开始，由于计算机技术的应用和地震勘探新技术的兴起，使得地震勘探技术逐渐地被应用于盆地研究和油气勘探中，并取得了显著的成果和经济效益。20 世纪 70 年代，以 Vail 为首的 Exxon 石油公司的地质学家们将地质理论、地震勘探技术与现代计算机技术紧密结合，创立了地震地层学[2]，使得地层学的发展跃上了一个新的台阶。因此，地震地层学的出现被认为是地层学理论和实践上的一项重大突破[3]。

地震地层学通过对地层及其界面的反射特征的分析，逐步弄清反射界面之间的关系、反射界面之间所限定的地层体之间关系以及它们和海平面变化之间的内在关系。在此基础上，地震地层学的发展逐步完善，其成就表现在：在理论上，地震地层学促使人们对地层学以新的思考，并导致现代地层学的产生；在实践上，人们开始利用地震速度来提取岩性信息，并在盆地规模上开始对地层结构、沉积相的变化与区域分布进行分析预测。Vail 首先用地震地层学来研究海平面的变化；Todd 和 Mitchum 对墨西哥湾和非洲西部海上的三叠纪、侏罗纪及早白垩世地震地层学进行研究；Glement 对俄克拉何马格里区韦托加-奇卡沙趋向带的莫洛斯普林格底砂岩进行地震模拟，为油气勘探提供了重要依据。

1.2 经典层序地层学阶段

从 20 世纪 80 年代至 90 年代，随着可容空间概念的建立，层序地层学的理论和方法逐渐完善，主要研究海平面变化周期的不同时期（低水位期、海进期和高水位期）具有成因联系的地层沉积层序[4]，并建立以地层不连续面为界，在成因上有联系的旋回性地层的年代地层学体制，以解释沉积环境及其有

[收稿日期] 2006-09-12
[作者简介] 肖传桃（1962-），男，1986 年大学毕业，教授，博士生，现从事层序地层学、古生态学及古生物地层学研究工作。

维普资讯 http://www.cqvip.com

关岩相的分布，这些岩相单元可能限于以层面为界面的等时段内，也可以跨越时间面[5]。该阶段通常称为经典层序地层学阶段。

经典层序地层学学派中大致有 3 种层序划分方案。其一是以 Vail 为代表[5]，以地层不整合或与该不整合对比的整合界面为层序的边界；主要利用地震资料来解释地震地层，通过地震反射确定界面（沉积面或侵蚀面）的形态和分布，再根据在层序内与层序不整合界面的关系来解释沉积体系与沉积体系域，特别强调全球海平面变化是层序发育的主控因素。其二是以 Galloway 为代表[6]，采用最大洪泛面及其对应的沉积间断面作为层序的边界，主要利用井的资料来进行沉积体系分析，在确定的三维相格架内分析寻找层序界面，特别强调层序是在相对基准面或构造稳定时期沿盆地边缘沉积的一套沉积物组合，考虑了沉积旋回产生的 3 个变量，而且认为陆架边缘和斜坡上的侵蚀作用是一个不断发生的过程，并受多种因素控制。其三是以 Johnson 为代表[7]，采用地层不整合或海进冲刷不整合为界面的海进-海退旋回，即从一个（海水）加深事件到另一个具同等规模的加深事件开始之前的一段时间内沉积下来的岩层。上述 3 种层序类型尽管划分方法不同，但均强调海平面的变化是控制层序成因和相分布的内在机制。

1.3 高分辨率层序地层学阶段（现代层序地层学阶段）

随着盆地油气勘探与开发向更复杂和更深入的方向发展，石油地质学家需要更精确的技术来提高层序地层分析的分辨率和储层预测的准确性。正因为如此，高分辨率层序地层分析理论和技术便应运而生。其中，以 Cross 领导的科罗拉多矿业学院成因地层研究组为代表的高分辨率层序地层学派的崛起[8]，及其在美国和其他一些国家石油公司油气勘探、开发中发挥的显著作用和重要影响，突出地反映了高分辨率层序地层学的新概念、新方法、新进展，例如运用过程-响应沉积学原理进行高分辨率率层序划分与对比技术、正演与反演数值地层模拟技术、地层对储层中流体流动速度与流体单元控制的研究等。与盆地或区域规模的层序分析不同，高分辨率层序地层分析以岩心、三维露头、测井和高分辨率地震反射剖面资料为基础，运用精细层序划分和对比技术将钻井的一维信息变为三维地层关系预测的基础，建立区域、油田乃至油藏及储层的成因地层对比骨架，对储层、盖层及生油层分布进行评价及预测。由于时间分辨率的增加，大大提高了地层预测的准确性，并能为地层流体流动最佳模拟提供可靠的岩石物理模型。高分辨率层序地层学的理论基础可概括为 4 个方面：地层基准面原理、沉积物体积分配原理、相分异原理和基准面旋回等时对比法则。因该方面论述较多，在此本文不再叙述。

2 层序地层学的主要成就、存在的问题及难点

2.1 层序地层学的主要成就

层序地层学由于其学术上的先进性和实践上的巨大应用价值，已被广大的地质工作者所认可和接受，并被广泛应用于油气勘探和盆地分析的实践中，取得了巨大的成就，获得了显著的经济效益。

在理论上，它提出了一个完整统一的地层学概念。正如 Vail 所说："层序地层学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，就象板块构造提供了一个完整统一的构造概念一样。"层序地层学改变了分析世界地层记录的基本原则，因此，它可能是地质学中的一次革命，它开创了研究地球历史的一个新阶段。通过对诸如构造沉降、基准面变化、沉积物供给以及气候等控制沉积作用的几个最基本因素的深入分析，深刻揭示了层序成因，为层序划分和对比、层序特征分析、层序模式建立提供了标准或依据。通过以不整合面和与之可对比的整合面为界，划分出层序、体系域、准层序和准层序组，形成一套独立完整的沉积层序划分原则和体系。全球统一的成因地层划分方案的提出，消除了地层学中长期存在的年代地层、岩性地层与生物地层三重命名的混乱现象，将地层学的研究从描述性提高到具有系统完整的理论阶段。

在研究方法上，一些新的方法被引入到层序地层学研究中来。以不整合面和与之可对比的整合面为界的地层对比方法，与事件地层学、生物地层学、放射性年代学、磁性年代学方法相结合，为层序地层分析的年代地层学研究提供了新的武器。

在生产实践中，由于层序地层学建立的先进的成因模式，能够有效地阐明生、储、盖层的配置规

维普资讯 http://www.cqvip.com

律，提高了地层对比的精度以及对相带展布、砂体分布和各种地层参数的预测能力，为圈定有利地层-岩性圈闭提供了科学依据，从而取得了显著的经济效益。

2.2　层序地层学研究中存在的问题及难点

层序地层学研究尽管取得了多方面的成果，但也存在着许多难以解决的问题和难点[9]，特别是体现于经典层序地层学的研究中。

1）*在海相盆地中存在的问题*　首先，就海相盆地而言，确定全球性海平面变化是非常困难的。尽管 Vail 等经过多年努力建立了中、新生代海平面变化年代表，并大胆提出由于海平面变化的全球性，层序地层学可以成为全球性地层对比的手段，重建全球地层对比系统，但许多学者认为，在任何区域所建立的海平面变化周期，均受控于构造、气候、全球性海平面变化、沉积物供给等多种复杂因素，因此这些因素在地层中留下的标志，只能说是相对海平面变化。在没有可靠方法滤去这些非全球性因素的情况下，确定全球性变化影响是十分困难的。其次，关于不同级别层序的划分标志也存在较大问题。由于层序地层的研究在西欧、北美多集中于新生代，这些标准能否适用于中生界甚至更古老地层则受到质疑，一些盆地缺乏海进体系域，海侵初期即为最大海侵（即突变的最大海侵）。目前国内学者已注意到从古生代到新生代，海平面变化具有阶段性，海平面升降旋回频率有逐渐增高的趋势。此外，层序地层学术语体系与已形成规范的年代地层和岩石地层术语体系的对应也存在着问题。

2）*在陆相含油气盆地应用中受到的严峻挑战*　经典层序地层学之所以在陆相含油气盆地，尤其是在以冲积体系为主的陆相盆地的应用中受到严峻挑战，其主要原因在于经典层序地层学是建立在被动大陆边缘海相地层层序之上，其基础具有以下特征：一是全球海陆变迁容易识别；二是大地构造背景、古气候、古地理稳定；三是具单向远程物源且沉积物供给速率变化不大；四是沉积层序主要受控于海平面变化，沉积旋回周期较长、频率较低，沉积体系分异明显，沉积有规律变化；五是生物化石丰富，界面易于对比等特征。

而陆相盆地却具有如下不同特征：①大地构造背景复杂——中国大陆古板块规模小、活动性极强、演化具多旋回性及边界条件复杂，因而决定了中国陆相盆地大都经历多旋回演化和多期拼合、叠加、改造阶段，因此陆相盆地主要受控于构造因素，而与海平面变化没有多大关系；②古地理复杂多变，具近物源、多物源、多沉降沉积中心、高沉积速率等特点，导致陆相盆地层序内部体系域的分布样式和叠置形式比海相盆地复杂得多，陆相盆地湖底扇或深水重力流沉积主要发育于深湖相泥岩段，而大陆边缘海底扇则发育于低水位体系域，岩相侧向相变快，储层物性总体变差，三维空间上各沉积体系物理分异也不明显；③物源对陆相断陷盆地影响较大，当盆地较小时，甚至在深湖区也不发育水下扇，相反物源不足时，即使在坳陷期也只能形成欠补偿沉积；④同一盆地的不同构造单元往往存在差异性构造运动，盆地分割性强、沉降分异大，盆地不同方向，即使同一物源不同部位，沉积物供给速率也不同，导致同一时期形成不同体系域，从而为体系域对比带来困难；⑤同时段内，陆相湖盆的湖平面无可对比性。

此外，经典层序地层学体系域的划分，即低水位体系域、海进体系域、凝缩段、高水位体系域，也不能无选择地应用于陆相盆地。例如，陆相沉积初期发育的粗碎屑沉积，相当于海相沉积的低位扇，但在陆相断陷盆地沉积初期，汇水区并不大，而冲积扇从山口出发延伸很远，难道它们真的是低水位吗？再者，中国东部许多盆地凝缩段直接发育于粗碎屑岩之上，与海相层序显然不同。微体、超微体和孢粉专家发现，陆相地层中存在着气候周期性变化的证据，而沉积物供给类型及供应量随气候变化波动较大。多数陆相地层缺乏古生物化石，加之长期以来根据古地磁资料进行的层序对比花钱、费时且不准确，地层学一直被陆相地层对比问题所困扰。Jervey 和 Posamentier 等的层序模式认为，河流呈一抛物线或地势线向下递降，直至河流与滨海或三角洲平原之间的湾线为止（平衡点），随着海平面下降，此平衡点朝海方向迁移，这一假设过于简化。位于海面或湖面以上的陆相地层，其可容空间的变化规律可能有很大差异，甚至相反。

正是由于上述海、陆相沉积层序之间有很多不同，尤其是各大控制因素在层序形成过程中的作用更具有争议性，因而许多学者认为，虽然层序地层学已成功地应用于海相盆地，但对于湖泊沉积盆地，尤其是对以冲积沉积体系为主的陆相盆地或海陆过渡型沉积盆地而言，层序地层学的概念、理论和模式受到严峻挑战。

维普资讯 http://www.cqvip.com

3）层序地层学研究中的难点 层序地层学作为一门年轻的新兴的地层学分支学科，自它诞生以来，一直受到人们的广泛关注以及持续的学术争论，这说明了以下两点：一是层序地层学具有旺盛的生命力；二是层序地层研究具有相当大的难度，尚需不断完善和加强。这种难度主要体现在两大方面，一方面是预测的难度；另一方面是实际应用中，与油气勘探开发直接结合的难度，具体表现为以下几方面。①海平面升降曲线的精度和可靠性；②井剖面层序与地震层序的矛盾，层序边界确定和层序级别的划分难度大；③等时层序格架的建立较难，无法准确划分和对比三级层序边界和凝缩段；④层序地层特别是陆相层序主要控制因素研究难度大；⑤层序地层模式适用范围小，推广难度较大，应加强不同构造背景的陆相盆地层序地层模式研究；⑥碳酸盐岩和细粒沉积物层序地层研究难度较大；⑦层序地层学生储盖和隐蔽圈闭的预测评价与油气系统关系研究难度较大；⑧层序地层学定量研究和计算机模拟难度较大。

3 层序地层学的应用前景

经典层序地层学在陆相沉积盆地中应用受阻，许多问题长期争鸣未决，加上低频层序难以满足当前油气田勘探开发的需要，这就需要不断探索并逐步完善陆相地层的层序模式，进而形成陆相层序地层学的理论体系[9]，此即预示着该学科重大突破已经来临。以 Cross 为核心的科罗拉多矿业学院成因地层研究组抓住了这个机遇，提出了高分辨率层序地层学概念和研究思路，为陆相地层的研究开拓了思路，拓展了层序地层学在非海相地层中的研究领域，具有广阔的应用前景。

非海相沉积地层同样具有旋回性、韵律性和周期性，与各种周期的构造运动幕相联系。沉积基准面会发生规律性变化，尽管这些变化在不同盆地表现强度不一，时间上略有差异，但是存在着某种周期性或准周期性。高频的基准面变化来自于局部的构造运动和特定地区、特定地理气候与区域构造运动、区域气候变化的叠加，其对应的高频层序适合于盆地局部的地层对比和油气预测；低频基准面变化可能受控于区域构造运动或全球构造运动变迁和区域气候变化，其对应的低频层序则适合于全盆地乃至不同沉积盆地在相同构造域内的地层对比，并建立全盆地层序地层格架。这决定了以基准面旋回原理为核心的高分辨率层序地层学在陆相盆地中应用的可行性。

高分辨率层序地层学以三维露头、岩心、测井和高分辨率地震剖面为基础，运用精细层序划分和对比技术将钻井一维信息变为三维地层关系预测的基础，建立区域性油田乃至油藏级储层的成因地层对比格架，对储层、盖层及生油层分布进行评价和预测。时间分辨率增加大大提高了地层预测的准确性。对油藏进行精细的层序划分和小层对比，确定储层非均质性，并为地层内流体最佳模拟提供可靠的岩石物理模型，有利于预测小层剩余油分布规律，提高采收率，挖潜增效。

基准面旋回与生储盖组合关系密切，在基准面从上升到下降的转换位置发育大套泥岩段是区内主要烃源岩和良好的区域盖层。基准面旋回上升、下降阶段形成的各类砂体是区内主要储集层。生储盖组合在纵向上的配置也与基准面旋回关系密切，基准面上升阶段易形成上生下储和自生自储组合，基准面下降阶段易形成下生上储组合，基准面上升阶段形成的储盖组合更有利于油气聚集[10~11]。

随着高分辨率层序地层学的发展及其在陆相地层中的应用，只需通过有限的盆内地层对比，即可精确预测沉积相几何形态及其变化，这对陆相石油储层、层控矿床及地下含水层等的预测都有重大的理论和现实意义[10~11]。

总之，高分辨率层序地层学由于其科学性、预测性、定量性和实践性等特点，将成为层序地层学未来发展的第一分支，必将成为本世纪盆地分析、矿产资源勘探、开发与预测的一种强有力的科学工具。

4 层序地层学研究的理论问题探讨

4.1 层序界线的划分方案

迄今为止，关于层序界线的划分有 3 种方案：一是以 Vail[5] 为代表的经典层序界线，以高水位体系域与低水位体系域或陆棚边缘体系域之间的不整合或与之相当的整合面作为层序的界面，这种方案完全沿袭地震地层学的划分；二是以 Galloway[6] 为代表，采用最大海泛面作为层序的界面；三是以殷鸿

维普资讯 http://www.cqvip.com

福[12]和 Johnson 等[7]为代表，以低水位体系域或陆棚边缘体系域与海进体系域之间的初始海泛面作为层序的界面，认为以一个海平面升降周期中形成的海进—海退旋回地层作为一个层序更符合自然变化的节律。王训练[13]曾对上述 3 种划分方案作了较为详细的评述，并认为以殷鸿福[12]和 Johnson 等[7]所主张的初始海泛面作为层序的边界更为优越、合理。本文中生物层序地层的界线也采用此方案。

由于经典层序地层学是在地震地层学的基础上发展起来的，因此其层序界线的划分方案则是完全的继承。笔者认为，尽管层序地层学是研究等时地层格架内的岩层及其间的相互关系，但层序的实质是在一个海平面升、降周期中形成的地层，它反映的是一个自然变化的节律（一个海平面的上升到下降的过程）。因此，理论上讲，层序地层的划分也要体现这个自然节律。

在二级和三级层序地层研究中，经典层序界面通常较易识别，在露头和地震剖面上都较容易操作和运用。随着层序地层研究精度的不断提高，在三级以上的层序地层和高分辨率层序地层研究中，以经典层序地层界面为边界的层序地层的研究也显露出其较大的局限性和致命的弱点。因为在三级以上的层序地层和高分辨率层序地层研究中，没有不整合面可作为其边界划分的参考，其结果反而容易造成层序划分和对比的混乱。其原因有：①经典层序边界之上的低水位体系域或陆棚边缘体系域与层序边界之下高水位体系域的副层序叠置方式是逐渐过渡的，换句话说，经典层序边界不是地层的结构转换面，因此在露头和地震剖面上都难以识别；大量的事实也证明，在三级以上的层序地层和高分辨率层序地层研究中，低水位体系域或陆棚边缘体系域与高水位体系域的界线很难辨认确定。②经典层序边界之下、上体系域中的生物处于衰退和灭亡时期，生物种类大幅度地减少，即经典层序边界亦不是生物的转换面。因此，致使经典层序地层学所倡导的“等时地层格架”难以建立，导致层序划分和对比的混乱。③经典层序边界之下、上的海平面的变化处于连续的下降状态，即是说，经典层序边界也不是海平面变化的转换面。因此，导致经典层序的划分不符合自然变化的节律。④经典层序边界之下、上的沉积相呈现向上逐渐变浅的过程，即经典层序边界不是沉积相的转换面，从而导致层序划分和对比的困难。

相比之下，初始海泛面（殷鸿福等[12]称之为海侵生物面）则显示出较大的优点和生命力，表现为以下几点：①初始海泛面之下的低水位体系域或陆棚边缘体系域与其上的海进体系域的副层序的叠置方式明显不同，前者呈加积到进积，而后者则呈退积，换句话说，初始海泛面是地层的结构转换面，在露头和地震剖面上都容易识别。②初始海泛面之下的生物处于衰退和灭亡时期，初始海泛面之上的生物处于辐射演化时期，新生生物大量发生，前一体系域中的生物在此面之上出现衰退或灭亡，也就是说，初始海泛面是一典型的生物转换面，容易识别。③初始海泛面之下、上的海平面的变化处于由下降、缓慢上升状态转为明显的上升状态。因此，在实践中，初始海泛面可视为海平面变化的转换面，相当于自然节律的变化始点。④初始海泛面之下、上的沉积相呈现由浅明显变深的过程，因此，在实践中，初始海泛面可视为是沉积相的转换面。

综上所述，笔者认为，无论在理论上还是在实践中，以初始海泛面作为层序的界线更为合理和实用，且优越于经典层序边界。这也充分说明，任何一个新理论的提出，都必须接受实践的检验，也都是在实践中逐步发展和完善的。

4.2　层序地层学理论在优化全球年代地层界线层型中的作用

4.2.1　在优化海相地层界线层型中的作用

研究表明[12]，在已经确定的界线层型中，相当一部分界线是选择在层序初始海泛面之上第一个广泛分布的化石带底部，如泥盆-石炭系界线[14]、二叠-三叠系界线[15]。这类界线层型剖面点确定后一般争议都比较小，即使有争议也仅仅限于对层型剖面的代表性表示怀疑，而不要求修改界线定义，因而不会影响地质年代表的稳定性。另一部分界线层型剖面点选择在层序的海进体系域中，高于初始海泛面至少一个生物带或生物亚带。这类界线层型剖面点确定后争议都比较大，人们对其合理性表示怀疑，要求修改界线定义，如奥陶-志留系界线[16,17]。

近年来的研究证明，层序的关键界面、海平面变化与生物群演替之间存在着必然联系[12,13,18]，一般来说，层序界面上常表现为生物的群集灭绝或急剧衰退，初始海泛面上通常表现为生物爆发式演化或重要的辐射演化，最大海泛面既不是一个生物集群灭绝面也不是一个生物爆发面，甚至不是一个重要的生物辐射面。在最大海泛面上通常仅会发生一些次一级生物辐射演化事件。低位体系域或陆架边缘体系

维普资讯 http://www.cqvip.com

域形成阶段中，生物稀少，分布范围小，而且大多都是前一个层序时期的残余分子；海进体系域形成阶段中，生物逐渐繁盛，分布范围不断扩大，但一般没有重大演化事件发生；早期高位体系域形成阶段，生物依然保持繁盛；至晚期高位体系域形成阶段，生物逐渐衰退，分布范围不断缩小。由此可见，层序界面和初始海泛面是一个沉积层序中由海平面变化直接导致生物群变化的两个最为明显的界面，无疑应属于地球历史演化重大的自然变化的标志界面。

浅海沉积相区往往缺失低位体系域或陆架边缘体系域，层序界面通常表现为不整合面，显然不符合全球界线层型剖面点的标准。在沉积连续的相区，层序界面虽然表现为一个整合界面，但其物理界面一般不明显，可识别性较差。更因为层序界面上没有重要的新生生物群生成，所以不能用于定义界线层型剖面点。

把界线层型剖面点选择在海进体系域内较好地避开了浅海相区的不整合面。但在海进体系域形成阶段，沉积环境逐渐变化，生物演化相对缓慢，一般无重大辐射演化和爆发式演化事件发生，生物演化的阶段性不明显。选择这样背景下的化石带底界作为界线层型剖面点的标志，其可识别性和可操作性都会受到削弱，势必引起较大争议。

和层序界面相比，初始海泛面更符合 Hedberg[19]，Bassett[16]和 Cowie[20]提出的确定界线层型剖面点的标准。首先，在地层连续沉积区，初始海泛面上下的地层沉积序列在结构上虽然发生了显著的变化，有明显的物理标志，但地层沉积过程仍然是连续的。其次，初始海泛面的形成过程具有瞬时性。由于低海平面阶段的夷平作用等，海平面的迅速升高使得陆架坡折带以上地区很快遭受海侵，初始海泛面的形成过程通常是非常短暂的。另外，初始海泛面上生物的重要辐射演化或爆发式演化事件是生物演化自然阶段的分界标志。因此，以层序初始海泛面之上第 1 个广泛分布的化石带底界定义界线层型剖面点，争议一般不大。泥盆-石炭系界线层型就是这样的实例。

综上所述，层序的初始海泛面应是选择全球界线层型剖面点的一个重要参考标准，界线层型剖面点的生物地层学定义应选择在初始海泛面之上第一个广泛分布的化石带底界。这样既满足了《国际地层指南》对界线层型剖面点的要求，又可以最大限度地维护地质年代表的稳定性，还大大地提高了年代地层界线标准的可识别性，有利于全球精度对比。

牙形石 *Hineodus parvus* 首次出现事件或 *Hineodus parvus* 带底界已被选定为全球二叠－三叠系界线划分标准，而含 *Hineodus parvus* 的三叠纪生物群则是从海进体系域开始出现的[21]。*Hineodus parvus* 带是初始海泛面之上第 1 个广泛分布的牙形石带，其底界仅比初始海泛面高 8cm。从层序地层学观点来看，以 *Hineodus parvus* 带底界作为二叠-三叠系界线的定义是非常理想的。因此，可以相信，以 *Hineodus parvus* 带首次出现为标志的二叠-三叠系界线一旦确立，对界线定义本身不会有大的争议。

4.2.2 在优化陆相地层界线层型中的作用

与海相地层相比，陆相地层具有沉积环境、沉积相变化快、相同环境的地层分布较为局限等特征。因此，在陆相地层中开展界线层型研究工作难度很大，界线层型即使选定后，也可能会产生较大的争议。而高分辨率层序地层学的理论在优化陆相地层界线层型的研究中具有重要作用。

研究表明，高分辨率地层对比是同时代地层与界面的对比，不是旋回幅度和岩石类型的对比。Cross 认为[8]，在成因层序的对比中，基准面旋回的转换点，即基准面由下降到上升或由上升到下降的转变位置，可作为时间地层对比的优选位置。因为转换点为可容空间增加到最大值或减少到最小值的单向变化的极限位置，即基准面旋回的二分时间单元的划分界线。转换点在地层记录中某些位置表现为地层不连续面，某些地理位置则表现为连续的岩石序列。岩石与界面出现的位置和比例，是可容空间和沉积物供给的函数。因而在对比中，要通过地层过程的分析掌握什么时候岩石与岩石对比、岩石与界面或界面与界面对比。界线层型的选取要求选择在连续的地层序列中，因此，将界线层型剖面点选择在基准面由上升到下降的转变位置是较理想的，而这个转换位置对应于最大洪泛面。将界线层型剖面点选择在基准面由上升到下降的转变位置有以下依据：

首先，在地层分布上，基准面由上升到下降的转变位置对应于最大洪泛面，最大洪泛面上、下的地层序列不仅具有纵向连续性，更重要的是该时期地层具有横向的广泛性和可对比性。该时期的地层很好地展示了地层和界线对比的可操作性。

维普资讯 http://www.cqvip.com

其次，在生物演化上，最大洪泛面上，生物演化与海相地层不同，通常表现为生物爆发式演化或重要的辐射演化，生物的分异度达到最大值。在湖相地层中，该界面对应于最大湖泛面，在河流相地层中，该界面对应于泛滥平原亚相。因此，最大洪泛面是进行地层和界线对比最好的界面。

第三，在地层结构上，最大洪泛面之下的地层与之上的地层具有不同的结构，在该面之下，基准面处于上升状态，地层结构为退积方式叠置，而在该面之上，地层结构为进积方式叠置。因此，该界面具有很好的物理识别标志，具有较好的可操作性。

而在基准面下降阶段，生物逐渐衰退，分布范围较小，而且大多都是最大洪泛面时期的残余分子，此外基准面下降阶段所形成的界面多为不整合面，并造成地层的不连续，不符合界线层型的定义和要求；在基准面上升阶段，初始水进面上尽管有新的生物开始出现，但在陆相地层中的分布范围较为局限，相应地其地层对比意义较小。

相比而言，最大海泛面具有较好的优势，不仅生物繁盛、地层结构转换清晰，而且最重要的是，所建立的生物带具有广泛的分布特征和对比性。因此，将陆相地层的界线层型剖面点建立在最大洪泛面上是最好的选择，具体地讲，应将陆相地层的界线层型剖面点建立在最大洪泛面上第一个广泛分布的化石带之底。

[参考文献]

[1] Sloss L L. Sequences in the cratonic interior of North America [J]. Geologica Socieity of America Bulletin, 1963, 46 (6): 1050～1057.

[2] Vail P R, Michum R M, Thonoson S. Seismic stratigraphy and global changes of sea level [J]. AAPG Memorir, 1977, 26 (1): 63～81.

[3] 姜衍文，朱忠德，肖传桃. 全息地层学——新的挑战 [J]. 石油与天然气地质，1995，16 (2)：110～118.

[4] Haq B U, Hardenbol J, Vail P R. Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic [J]. Science, 1987, 235: 1156～1167.

[5] Vail P R. Seismic stratigraphy interpretation using sequence stratigraphy. Part 1: Seismic stratigraphy interpretation procedure [J]. American Association of Petroleum Geologists, Studies in Geology, 1987, 27: 1～10.

[6] 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.

[7] Johnson J H, Klaper G. North American midcontinent devonian T-R cycles [J]. Oklahoma Geological Survey Bulletin, 1992, 145: 127～135.

[8] Cross T A. Controls on coal distribution in transgresssive-regressive cycles. Upper Cretaceous, Western Interior. U. S. A [A]. Wilgus C K. Sea-level changes: An integrated approach [C]. SPEM Special Publish, 1988, 42: 371～380.

[9] 吴富强，刘家铎，胡雪 等. 经典层序地层学与高分辨率层序地层学 [J]. 中国海上油气地质，2001，15 (3)：220～226.

[10] 邓宏文，王洪亮，李小孟. 高分辨率层序地层对比在河流相中的应用 [J]. 石油与天然气地质，1997，18 (2)：90～95.

[11] 樊太亮，李卫东. 层序地层应用于陆相油气藏的成功实例 [J]. 石油学报，1999，20 (2)：12～17.

[12] 殷鸿福，童金南. 层序地层界面与年代地层界线的关系 [J]. 科学通报，1995，40 (6)：539～541.

[13] 王训练，苏文博. 选择全球界线层型剖面点 (Gssp) 的一个重要参考 [J]. 科学通报，1999，44 (18)：2008～2016.

[14] Flajs Gerd, Feist Raimund. Index conodonts, trilobites and environment of the Devonian-Carboniferous Boundary beds at La Serre (Montagne Noire, France) [J]. Cour Forsch-Inst Senckenberg, 1988, 100: 53～107.

[15] Yin Hongfu, Wu shunbao, Ding Meihua, *et al*. The Meishan section, candidate of the global stratype section and point of the permian-triassic boundary [A]. Yin Hongfu. The Palaeozoic-Mesozoic boundary, candidates of global stratotype section and point of the permian-triassic boundary [C]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1996. 113～124.

[16] Basset M G. Towards a "common language" in stratigraphy [J]. Episodes, 1985, 8 (2): 87～92.

[17] 汪啸风，柴之芳. 奥陶系与志留系界线处生物灭绝事件及其与铱和碳氧同位素异常的关系 [J]. 地质学报，1989，60 (3)：283～290.

[18] Holland S M. The stratigraphic distribution of fossils [J]. Palaeontology, 1995, 21 (1): 92～109.

[19] Hedberg H D. International stratigraphic guide-A guide to stratigraphic classification, terminology, and procedure, a wiley-interscience [M]. New York: John Wiley and Sons, 1976. 1～200.

[20] Cowie J W. Guidelines for boundary stratotypes [J]. Episodes, 1986, 9 (2): 78～82.

[21] 张克信，童金南，殷鸿福 等. 浙江长兴二叠系-三叠系界线剖面层序地层学研究 [J]. 地质学报，1996，70 (3)：270～281.

[编辑]　深　谷