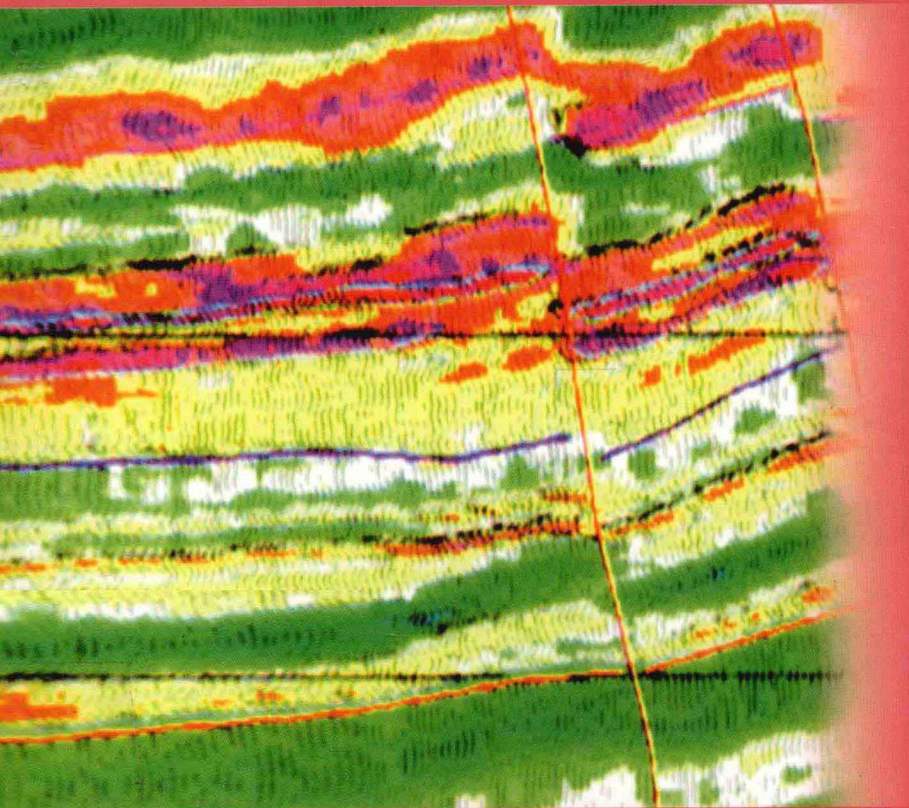


现代油气勘探理论
和技术培训教材

中国石油天然气总公司勘探局 编

层序地层学原理及应用

四



● 石油工业出版社

现代油气勘探理论和技术培训教材·四

层序地层学原理及应用

中国石油天然气总公司勘探局 编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书系统阐述了层序地层学的基本原理和概念体系,明确了层序地层学的基本研究内容,叙述了海(湖)平面升降、构造沉降、沉积速率和气候以及可容空间的综合分析方法。指出海相沉积盆地与陆相沉积盆地层序地层主控因素和地质特征的差异性,并系统阐述了海相碎屑岩和碳酸盐岩层序地层样式及其在油气勘探中的应用以及拗陷型和断陷型湖盆层序地层样式及其在油气勘探中的应用。本书不但注重层序地层研究的理论系统性,而且加强了层序地层在油气勘探中的实用性研究。

本书可供从事沉积学、石油地质学、沉积盆地分析等地质学科的科研技术人员和大专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

层序地层学原理及应用/中国石油天然气总公司勘探局编.
北京:石油工业出版社,1998.5

现代油气勘探理论和技术培训教材 4

ISBN 7-5021-2317-2

I. 层…

II. 中…

III. 地层层序-地层学-技术培训-教材

IV. P53

中国版本图书馆CIP数据核字(98)第13022号

石油工业出版社

(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)

石油工业出版社印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092毫米 16开本 7.25印张 189千字 印3001—5000

1998年5月北京第1版 2005年7月北京第2次印刷

ISBN 7-5021-2317-2/TE·1933

定价:18.00元

《现代油气勘探理论和技术培训教材》

编委会

主任 邓隆武
副主任 朱筱敏
委员 (按姓氏笔划排序)
孙镇城 张厚福 张霞 陆克政 李承楚 金之钧
赵澄林 尚作源 钟宁宁 欧阳健 周家尧 高德利

《层序地层学原理及应用》

著者 朱筱敏

序

石油工业的迅速稳步发展必须依靠先进的油气勘探理论和能切实解决生产难题的技术。中国数十年油气勘探实践已证明，油气勘探方面的理论发展和技术进步在深入油气勘探、增加油气储量、提高勘探效益等方面发挥着极为重要的作用。

自 1978 年以来，中国原油产量已超过亿吨，并保持稳步发展的势头，成为世界产油大国之一。中国油气资源是丰富的，但与世界石油资源平均探明程度和常规天然气资源平均探明程度相比，中国油气资源的探明程度还很低，所以油气资源勘探潜力还比较大。众所周知，对于具有复杂地质结构的中国含油气盆地，随着勘探程度的加深，油气资源勘探的难度越来越大。在本世纪末至下世纪初，中国石油工业的发展都将坚持“稳定东部、发展西部、油气并举，以及合理利用国外油气资源”的勘探战略。

为了贯彻实施中国石油工业发展的战略方针，使中国油气产量及储量处于世界前列，就必须发挥科学技术是第一生产力的作用，造就一大批既懂先进油气勘探理论，又熟悉现代油气勘探技术；既有丰富的油气勘探实践经验，又能从事石油勘探经营管理的油气勘探高级人才。为此，中国石油天然气总公司勘探局先后多次组织各油田的勘探处长、勘探公司经理和总地质师进行现代油气勘探理论和技术以及经营管理的继续教育。为了更好地提高油气勘探高级管理技术人才的油气勘探理论和技术水平，中国石油天然气总公司勘探局决定，成立《现代油气勘探理论和技术培训教材》编委会，公开出版相关系列教材。本套教材共计 11 册，包括 6 册油气勘探理论基础、4 册油气勘探技术和 1 册油气勘探经营管理。即第一册《现代地层学在油气勘探中的应用》、第二册《石油构造地质学》、第三册《储层沉积学》、第四册《层序地层学原理及应用》、第五册《石油地质学新进展》、第六册《石油地球化学进展》、第七册《油气资源评价技术》、第八册《地震勘探新技术》、第九册《油气钻探新技术》、第十册《测井新技术与油气层评价进展》和第十一册《油气勘探经营管理》。与其他教材相比，本教材着重反映国内外油气勘探新理论、新方法、新技术，结合国内外油气勘探实例分析，解决实际问题。希望这套教材的出版能在提高广大油气勘探技术和管理人才的油气勘探综合素质方面发挥积极的作用。

高瑞祺

1997 年 4 月

序 言

本人有幸先读了石油大学朱筱敏教授最新编著的《层序地层学原理及应用》一书，颇有感想。本书以层序地层学的基本原理和在油气勘探开发中的应用为主线，把地震、测井、地质（包括地下和露头研究）、油藏模拟和油藏工程等专业全面有机地统一起来，加以应用，充分反映了编者知识的广博和功底的扎实。而且编者从浩瀚的文献海洋中有重点地选取并进行去粗取精、去伪存真的筛选综合，取其精华，以科学合理的思维，精炼的笔调和流畅的语言把深邃的理论阐述得通俗易懂。

本书分绪论、第一章至第四章及结语等六部分论述。绪论提纲挈领地介绍了层序地层学的发生、发展，对国际地层学界的影响以及它的实践性，并重点介绍了各章的内容及编写时的指导思想和方法，使人未读全书就已对本书有了总体的认识，起到了指南作用。

第一章至第四章是本书的重点。第一章“层序地层学理论框架”，抓住了层序地层学理论基础和概念体系这个核心，对大量的新名词、新概念进行了严格的定义和解释，而且就对层序地层发育最具影响的全球海平面变化和相对海平面变化作了深入的论述。

第二章“层序地层学研究方法”清楚明确地提出了层序地层学研究内容和必须采用的方法；内容虽多而不杂乱，方法新颖科学且能解决实际问题，使读者感到虽身处波涛连天的一方，但对达到彼岸却充满信心。

第三章和第四章就是用上述两章已学的理论、方法去解决海相、陆相的实际问题，由于其主控因素不同、概念格架的差异，需通过不同的方法、建立不同的模式、达到准确地预测油气成藏、运移、聚集的规律和预测油气分布的有利区带。

最后一部分结语是在深入分析研究现今中国陆相层序地层学进展情况的基础上，指出今后工作的重点，为使中国陆相层序地层学研究朝着正确方向发展提出建议。

总之，该书资料翔实、丰富，定义论述科学合理，语言流畅，理论与实例紧密结合，图表精美，是一本较全面系统论述层序地层学的优秀论著，是从事沉积学、石油地质学、沉积盆地分析以及一切从事油气勘探研究人员的良师益友。该书的出版必将推动我国陆相层序地层学的研究，使之取得长足的进展。

顾家裕

1998年3月26日

前 言

当代地球科学正在不断地朝着全球化、科学化、综合化和数量化的方向发展，这就要求人们不断的修改传统的地质观点，充分地利用多种信息，使众多地学分支学科相互交叉渗透，产生新的边缘学科，以满足或适应地球科学的迅速发展。80年代末期诞生并被人们广为接受的层序地层学正是顺应了地球科学发展的历史潮流，它的出现在沉积学、地质学以及一切与沉积岩相关的科学领域引起了极大的震动。层序地层学概念在沉积岩分析中的应用有可能提供一个完整统一的地层学概念，就象板块构造学说曾经提供一个完整统一的构造概念一样，它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，它开创了了解地球历史的一个新阶段。层序地层学不但提出了一套全新的概念体系，而且所划分确定的层序和体系域与特定的沉积体系、岩相和油气富集地区密切相关。它能提供一种更准确的年代地层对比框架，通过恢复古地理面貌，在钻前预测烃源岩、储集层和盖层的组合关系，预测潜在的地层岩性油气藏分布区和可能的成藏组合。很显然，层序地层学已展现出了强大的生命力。所以，有必要总结国内外层序地层学的研究成果，以发挥层序地层学在推动地球科学的发展、提高油气资源勘探效率等方面的积极作用。

本书共由四章组成。第一章介绍了层序地层学的理论基础、概念体系和全球海平面升降变化的特征；第二章表明了层序地层学的基本研究内容、层序边界识别和层序年代标定的方法，阐述了海（湖）平面升降变化、沉积物供给、盆地沉降和气候变化及可容空间的分析方法；第三章介绍了海相碎屑岩和碳酸盐岩层序地层样式、准层序组类型及其叠置样式，海相层序地层在油气田勘探开发中的应用；第四章在讨论了湖盆构造作用与气候变化、湖盆沉积旋回特征和湖平面升降变化关系的基础上，说明了拗陷型和断陷型湖盆层序地层特征及其在油气田勘探中的应用。本书的编写注意反映国内外层序地层学的前沿动态；注重层序地层学理论与研究方法的介绍；强调不同类型盆地层序地层特征和主控因素的差异性；努力表明层序地层学与油气勘探开发、提高油气勘探效率的关系。作者希望该书的出版对我国层序地层学研究的深化发展起到积极作用。

承蒙中国石油天然气总公司石油勘探开发研究院顾家裕教授级高级工程师审阅了书稿并提出了许多宝贵意见；本书的出版得到了中国石油天然气总公司勘探局局长高瑞祺教授级高级工程师、副总地质师邓隆武教授级高级工程师的指导帮助；本书的文稿录入得到了马立驰、李滨阳和李永宏的帮助，在此一并深表谢意。

由于编著者知识水平有限，在编著该书过程中难免有不足之处，恳请读者批评指教。

著 者

1998年4月

目 录

绪论	(1)
第一章 层序地层学理论框架	(3)
第一节 理论基础和概念体系	(3)
第二节 全球海平面变化周期	(14)
第二章 层序地层学研究方法	(19)
第一节 层序地层学研究基础	(19)
第二节 层序地层学研究方法	(27)
第三章 海相层序地层学	(36)
第一节 碎屑岩层序地层样式	(36)
第二节 碳酸盐岩层序地层样式	(48)
第四章 陆相层序地层学	(69)
第一节 陆相湖盆地质特征	(69)
第二节 陆相湖盆层序地层学	(78)
结语	(102)
参考文献	(103)

绪 论

层序地层学就是根据露头、钻测井和地震资料,结合有关沉积环境和岩相古地理解释,对地层层序格架进行地质综合解释的地层学分支学科。它是划分对比和分析沉积岩的一种新方法,当它与生物地层学及构造沉降分析相结合时,便提供了一种更为精确的以不整合面或与之可对比的整合面为边界的地质时代对比、岩相古地理再造和钻前预测生储盖地层的方法。从本质上讲,层序地层学分析提供了被称为层序和体系域成因地层单元的年代地层格架。这些层序和体系域的几何形态及地层叠置样式是由海平面相对变化造成的,它们与特定的沉积体系和油气产出具有密切的联系。对于油气勘探来说,层序地层学具有良好的理论和实际预测作用。从理论上讲,通过海(湖)平面相对变化的研究,可以预测尚未钻探地层的年代,预测某些体系域的地层叠置样式和分布范围,科学地预见盆地沉积充填历史和地质发展史。从实际上讲,通过体系域和沉积岩相分布规律以及高分辨率地震勘探研究,可以预测形成油气藏及其他沉积矿产的有利地区,预测钻前油藏类型和油层产量,以及预测已开发油田的扩边和开发效率。

层序地层学是一门相对新兴的地层学分支学科,它是在本世纪70年代地震地层学的基础上发展起来的,它的发展历史大体可以划分成概念萌芽阶段、地震地层学形成和发展阶段及层序地层学综合发展阶段。概念萌芽阶段(1949~1977)是以 Sloss, Krumbein 和 Dapples (1949) 同时提出地层层序概念为标志, Sloss 等人将层序定义为“以主要区域不整合为边界的地质集合体”。1963年, Sloss 等人将北美克拉通前寒武纪晚期至全新世地层划分成以区域不整合面为边界的六套地层层序,并以北美印地安部落的名字对层序进行命名。尽管 Sloss 等人提出的层序概念为当今层序地层学的发展提供了概念基础,但他的层序思想当时仅被他的学生和朋友们所接受。地震地层学形成和发展阶段(1977~1988)是随着高分辨率地震勘探和处理技术的发展而诞生的,是以 Vail (1977) 等人编著的《地震地层学》为标志的。地震地层学提出了全球海平面变化具有相对一致性,海平面变化控制了层序发育的观点。在这个阶段,人们已能在盆地规模上应用地震资料及钻测井资料预测和确定盆地地层结构、沉积相类型和区域分布。层序地层学综合发展阶段(1988至今)是以 P. R. Vail (1988) 等人编著的《海平面变化综合分析》以及 Sangree, Wagoner 和 Mitchum 等人的层序地层学文献的发表为标志。层序地层学建立了一套层序地层概念体系和某些沉积背景下的地层叠置样式。在这个阶段,人们可直接运用露头、岩心和测井资料单独或综合进行层序分析,层序地层研究成果不仅可服务于油气勘探工作,而且可以在油藏规模上进行分析预测工作。90年代以来,层序地层学进入了理论研究和生产应用全面发展的时期,在理论上出现了诸如高分辨率层序地层学(Cross)、成因地层学(Galloway)等学派;在实践中,层序地层学开始深入到油气勘探开发的各个阶段。如从盆地分析到圈闭的成因解释,从油藏描述、数值模拟到后续动态模拟,从勘探开发各个阶段的软件开发到油藏管理,都应用了层序地层学的理论、方法和研究成果。所以, Vail 认为:“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,就象板块构造曾经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纪录的基本原则。因此,它可能是地质学中的一次革命,它开创

了解地球历史的一个新阶段”。前苏联科学院主席团就层序地层学作出决议：层序地层学对发展地层学、沉积岩石学和构造地质学有重大贡献，而且可以大大提高油气普查勘探工作效果，预计可以收到数以十亿卢布计的经济效益（1988）。

层序地层学的诞生和发展之所以获得如此高度的评价，主要是在于它的科学性、先进性、预测性和定量性，具体有以下几个方面的原因。

(1) 层序地层学的基本指导思想是强调地层层序的形成受控于全球海平面升降、构造沉降、气候和沉积物供给等因素，并表现出不同的级别、规模和不同的时间间隔。显然，层序地层学的基本观点和当前人类把地球作为一个整体研究其演化历史的地球观是一致的，因而受到了地学工作者的重视和支持。

(2) 首次提出了全球统一的成因地层划分方案（成因地层年表）。层序地层学通过对控制地层形态的构造沉降、全球海平面升降、气候和沉积物供应的综合分析，提出了相对海平面（或基准面）变化控制层序形成与发育的概念，确定了层序内部和层序之间的成因联系，将地层学推向了具有完整系统的理性阶段。

(3) 层序地层单元的界面具有物理性界面和生物界面的双重意义。因此，层序地层学清除了地层中长期存在的年代地层、岩石地层和生物地层单位三重命名的混乱现象，为准确的地层划分与对比有可能提供一个全球统一的地层学概念。

(4) 建立了地层分布模式，提高了地学工作者的预测能力。层序是以不整合面或与之可对比的整合面为边界的、成因上有联系的一套地层。这套地层是在一个海平面变化周期中形成的，常包括低位、海进、高位以及陆架边缘体系域，每个体系域在每个层序中都有一定的几何形态和展布方式，具备三维空间的立体概念，从而提高了地层工作者的预测能力。即预测尚未钻探地层的年代、体系域的分布方向和范围，预测有利生储盖地层的分布，预测钻前油藏类型和油层质量，以提高油气采收率。

(5) 将偏定性的地球科学研究推向定量化。层序地层学研究成果使人们能够更充分地了解地层的时空分布，进而可依据地震勘探技术和计算机技术来定量化地模拟层序地层的充填过程，使人们能够较定量化地了解地层划分、相带分布、古地理恢复、构造发育史、成藏史以及油藏开发效果监测等一套完整油气勘探开发过程。

层序地层学是一门年轻的、新兴的地层学分支学科，自从它诞生以来，一直就受到人们的广泛关注以及持续的学术争论。层序地层学的发展完善还需加强对 Haq（1981）海平面升降曲线精度和可靠性研究；加强非被动大陆边缘盆地地层层序形成时构造作用的研究；加强不同构造背景、不同岩石类型陆相盆地地层层序地层模式的研究；加强碳酸盐岩和细粒沉积物层序地层的研究；加强层序地层形成主控因素分析和计算机模拟工作等等。总之，通过一段时期的研究讨论，层序地层学将会在理论系统上不断完善，在实践上将不断提高生储盖层和油气藏预测的准确性，以提高油气勘探开发的效率。

第一章 层序地层学理论框架

第一节 理论基础和概念体系

一、层序地层学定义和理论基础

1. 层序地层学定义

层序地层学是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、旋回岩性序列间相互关系的地层学分支学科。也可定义为研究年代地层格架中成因关联相的学科 (Van Wagoner, 1988, 1990)。也有人认为,层序地层学是研究层序形成和地层分布模式的一门科学。

层序地层学属于成因地层学的范畴,它是划分、对比和分析沉积岩的一种新方法。当它与生物地层学和构造沉降分析相结合时,便提供了一种更为精确的地层时代对比、沉积相制图和钻前预测生储盖层分布的年代地层格架。从本质上讲,层序地层学分析成果提供了称之为层序和体系域的成因地层单位的、以不整合或与之可对比的整合面为界的年代地层格架。这些层序和体系域与特定的沉积体系类型、岩性分布和油气产出具有密切的联系,是由与海平面相对变化有关的基准面变化引起的。这些基准面变化表现为地震反射剖面上不同类型地震反射终止关系以及露头、钻测井资料上的沉积相带叠置方式的变化,进而可利用生物地层学和其他年代地层学的方法确定基准面变化所处的地质年代,因此,层序地层学的地层单位是由物理界面所限定的等时岩石组合,从而提高了岩相古地理再造、盆地地质历史分析和资源评价的科学性和准确性。

层序地层学的诞生和发展受益于地震地层学、生物地层学、年代地层学和沉积学的发展。但需要指出的是,岩性地层学无益于层序地层学的发展。岩性地层学常是相似岩性的地层对比,因而常是穿时的、没有等时意义的(图1—1)。

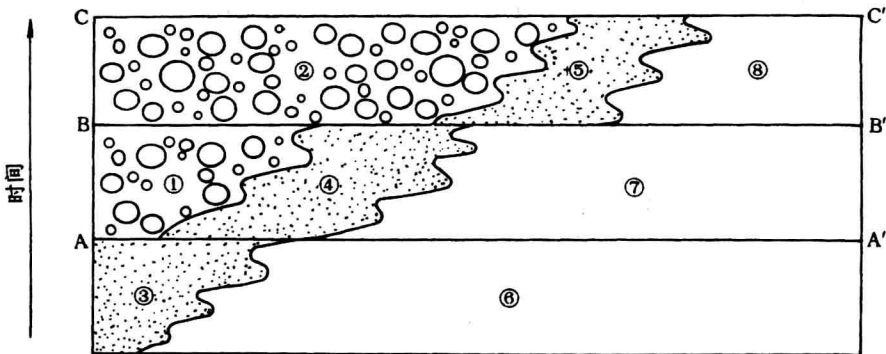


图1—1 层序地层学与岩性地层学地层对比的差异

具有地质年代意义的地层对比线为A—A', B—B', 岩性对比将会把相同岩性的

砾岩①②、砂岩③④⑤、泥岩⑥⑦⑧一起对比起来

2. 层序地层学理论基础

1) 海平面升降变化具有全球周期性

层序地层学是在地震地层学理论上发展起来的, 它继承了地震地层学的理论基础, 即海平面升降变化具有全球周期性, 海平面相对变化是形成以不整合面以及与之可对比的整合面为界的、成因相关的沉积层序的根本原因。Haq 和 Vail (1977, 1987) 建立了显生宙全球海平面 I, II 级变化旋回和中新世海平面变化年表 (图 1—2)。他们认为, 由于海平面变化的全球性, 层序地层学可以成为建立全球性地层对比的手段, 重建全球地层对比系统。尽管还有许多地学研究者对全球海平面升降曲线准确性持怀疑态度, 指出区域海平面变化周期受控于构造、气候、全球性海平面变化、沉积物供给等多种因素, 但是若排除构造运动以及其他干扰因素的影响, 并对具有全球性周期的沉积层序进行准确定年, 就能够提供一种特别适合于沉积相和古地理重建的年代地层格架, 同时还能获得对全球海平面周期升降规律的认识 (图 1—2)。

2) 四个基本变量控制了地层单元几何形态和岩性

层序地层学注重研究以不整合面及与之相关的整合面为界的旋回地层的关系。一个沉积层序是由沉积在一个相对海平面升降旋回之间的各种沉积物组合, 一个层序中地层单元的几何形态和岩性受构造沉降、全球海平面升降、沉积物供给速率和气候等四个基本因素的控制。其中构造沉降提供了可供沉积物沉积的可容空间, 全球海平面变化控制了地层和岩相分布模式, 沉积物供给速率控制了沉积物的充填过程和盆地古水深变化, 气候控制了沉积物类型以及沉积物的沉积数量。实际上, 一个沉积层序和地层叠置样式常受构造沉降、全球海平面升降、沉积物供给速率和气候四个基本因素的综合影响。一般来说, 构造沉降速率、海平面升降速率和沉积物供给速率三个参数控制了沉积盆地的几何形态, 沉降速率和海平面升降变化综合控制了沉积物可容空间的变化。Vail (1987) 曾认为, 全球海平面升降变化是控制地层叠置样式的最基本因素。

二、层序地层学基本概念

自 80 年代末期层序地层学诞生以后, 层序地层学得到了广泛的传播, 并且在油气田勘探和开发工作中得到了积极应用, 究其原因, 除了层序地层学能够提供全球统一的成因地层划分方案、确定地层分布模式以外, 重要的一点就是层序地层学提出了一套系统的层序地层概念体系。下面将着重介绍常用的层序地层学的基本概念。

1. 层序及层序类型

1) 层序 (Sequence)

层序是指一套相对整合的、成因上存在联系的、顶底以不整合面或与之可对比的整合面为界的地层单元 (Mitchum, 1977)。层序是一个具有年代意义的地层单位, 层序内部相对整合的地层形成于同一个海平面升降旋回中, 层序是由成因上有联系的多种沉积相在纵向和横向上的有序组合。层序本身不包括规模甚至时间的含义, 但层序内所有岩层都是沉积在以层序边界年代所限定的地质时间间隔内, 层序边界及内部地层的地质年代可以用生物地层和其他年代地层学的方法加以确定 (图 1—3)。

2) 层序类型

在地层记录中, 可以识别出两种类型的层序, 即 I 型和 II 型层序。I 型层序底部以 I

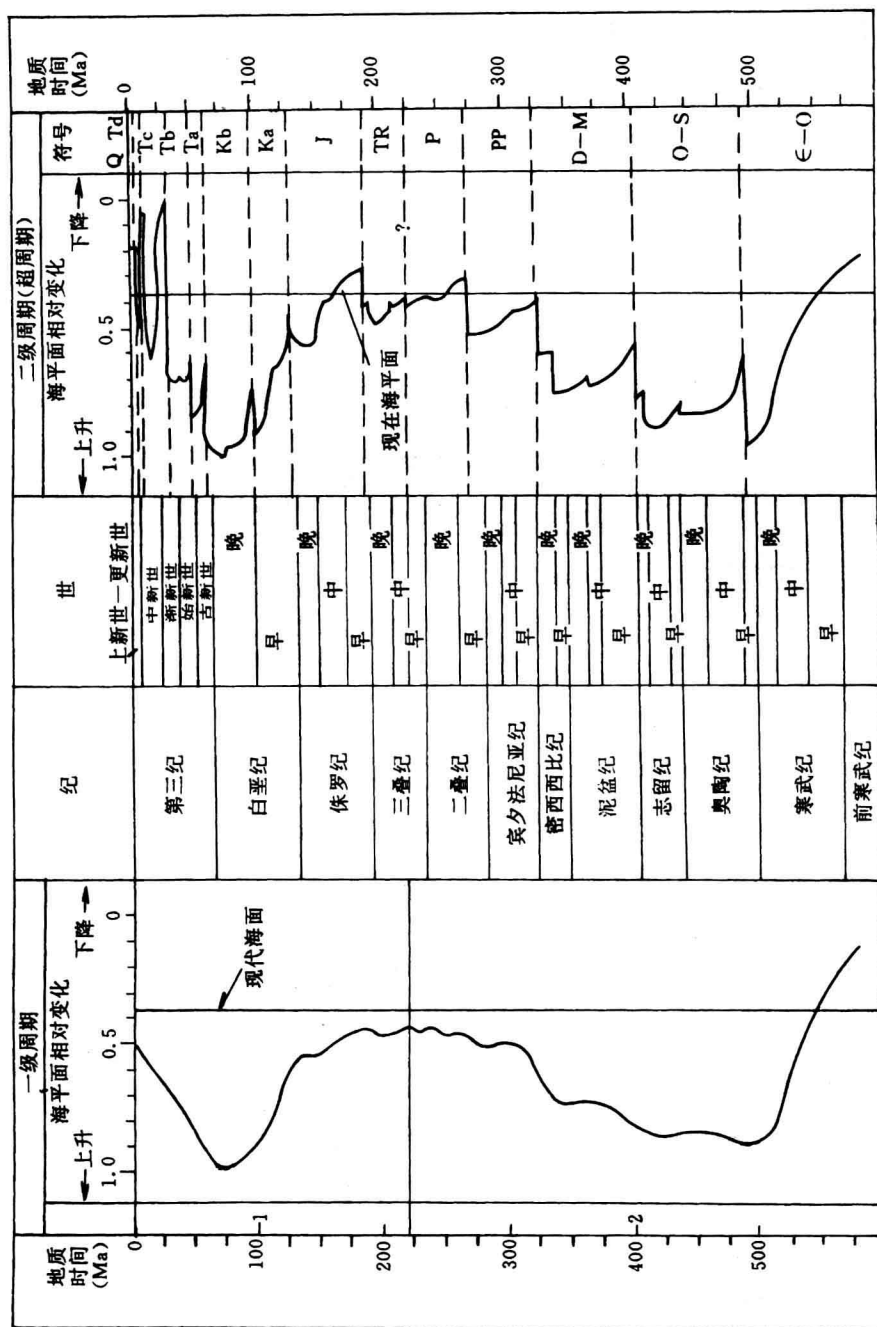


图 1-2 显生宙全球海平面变化旋回 (据 Vail 等, 1977)

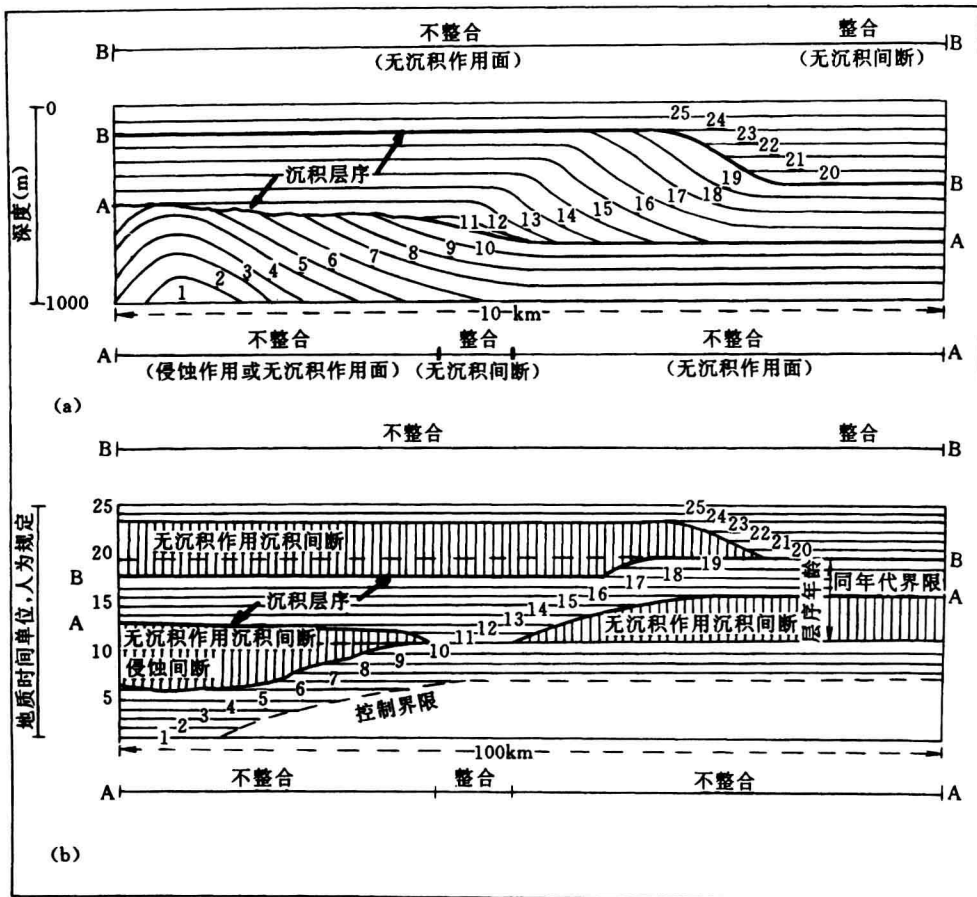


图 1—3 沉积层序及其年代地层剖面 (据 Mitchum, 1977)

型层序界面为底界，顶部以 I 型或 II 型层序边界为顶界。II 型层序底部以 II 型层序界面为底界，顶部以 I 型或 II 型层序边界为顶界。

I 型层序边界是一个区域性的不整合界面，是全球海平面下降速度大于沉积滨线坡折带处盆地下降速度时产生的 (图 1—4)。也就是说在沉积滨线坡折带处是由海平面相对下降时产生的。I 型层序边界以河流回春作用、沉积相向盆地方向迁移、海岸上超点向下迁移以及上覆地层相伴生的陆上暴露和同时发生的陆上侵蚀作用为特征。由于形成 I 型层序边界时，沉积相迅速向盆地方向迁移，必将造成非海相辫状河或浅海相河口湾等沉积物直接覆盖在界面之下的较深水下临滨、陆棚沉积物之上，界面之间缺少中等水深的沉积地层。

II 型层序界面是由于全球海平面下降速度小于沉积滨线坡折带处盆地沉降速度时形成的，因此在这个位置上未发生海平面的相对下降 (图 1—4)。II 型层序界面是一个区域性界面，具有自沉积滨线坡折带向陆方向的陆上暴露、上覆地层的上超以及海岸上超的向下迁移等特征。然而，它没有伴随着河流回春作用造成的陆上侵蚀，也没有沉积相明显向盆地方向的迁移。

不同类型的层序及其界面的形成与全球海平面下降速度、沉积滨线坡折带处沉降速度的

大小密切相关。沉积滨线坡折带 (depositional shoreline break) 是指陆架剖面上的一个位置, 是沉积作用活动的地形坡折, 在此坡折向陆方向, 沉积表面接近基准面, 而向海方向沉积表面低于基准面。因此, 在硅质碎屑沉积盆地中, 沉积滨线坡折带的位置大致与三角洲河口沙坝向海一端或与海滩上临滨位置一致, 通常位于岸线向海 100~1000m 处, 水深在 8~15m 之间, 相当于正常浪基面位置。随着海平面升降变化, 沉积滨线坡折带的位置也随着发生变化。

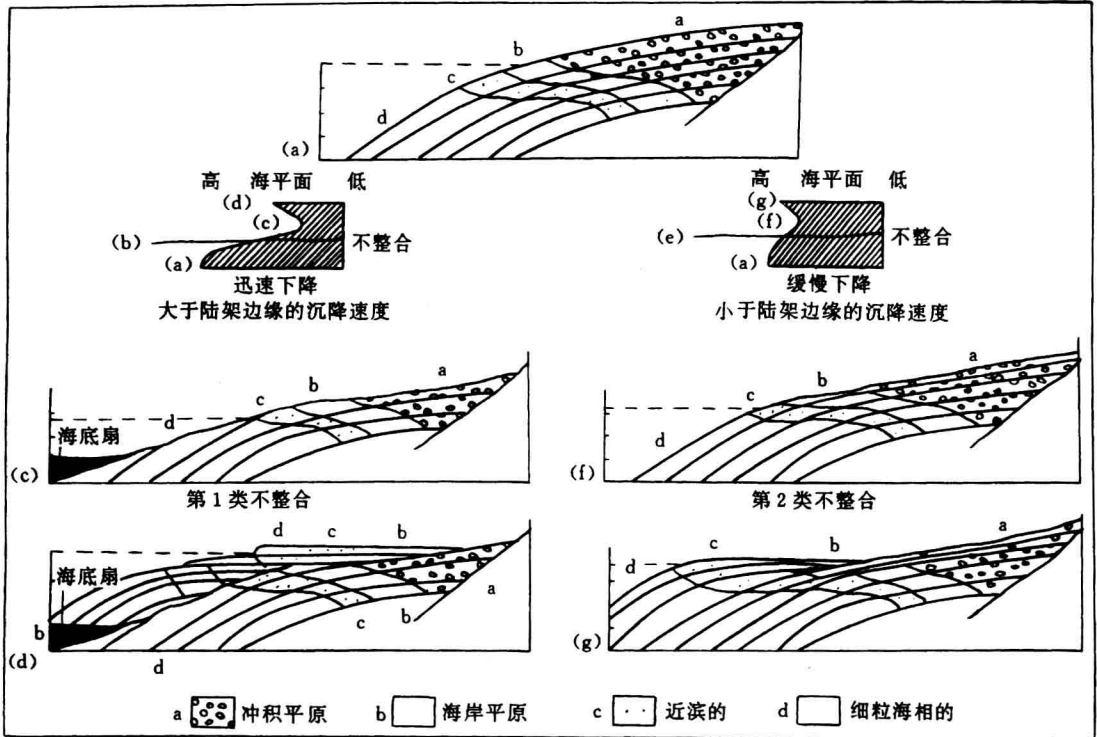


图 1—4 I, II 型不整合及造成这两类不整合的海平面升降 (据 Wilson, 1991)

2. 整合和不整合

1) 整合

整合面是一个将新老地层分开的界面, 沿此界面没有陆上和海底侵蚀作用的证据, 也不指示存在重大沉积间断。但整合可包括沉积作用缓慢、在很长地质时间内仅沉积很薄沉积物的界面。

2) 不整合

不整合是一个将新老地层分开的界面, 沿着这个界面有证据表明存在指示重大沉积间断的陆上侵蚀削截 (或与之可对比的海底侵蚀) 或陆上暴露现象。这个定义将不整合这个术语局限于重大的陆上侵蚀面, 并且修改了 Mitchum (1977) 的不整合定义。Mitchum 把不整合定义为“一个把较新地层与较老地层分开的侵蚀面或无沉积作用面, 并且代表一个重要沉积间断”。这个早年较宽的不整合定义包括了陆上和海底侵蚀面, 不能充分区分层序和准层序边界。局部的、与地质作用伴生的准周期侵蚀和沉积, 如分流河道侵蚀, 不包括在层序地层学的不整合定义中。

3. 体系域

1) 体系域

体系域 (Systems tract) 是指一系列同周期沉积体系的集合体 (Fisher and Brown, 1967)。因此体系域是一个三维沉积单元, 体系域的边界是上超、下超等沉积边界, 可以通过对体系域边界的性质和内部几何形态来识别体系域类型。体系域是进行有利地层预测的基本作图单元。在一个海平面升降旋回中, 在旋回的不同阶段发育了不同的体系域 (图 1—5)。

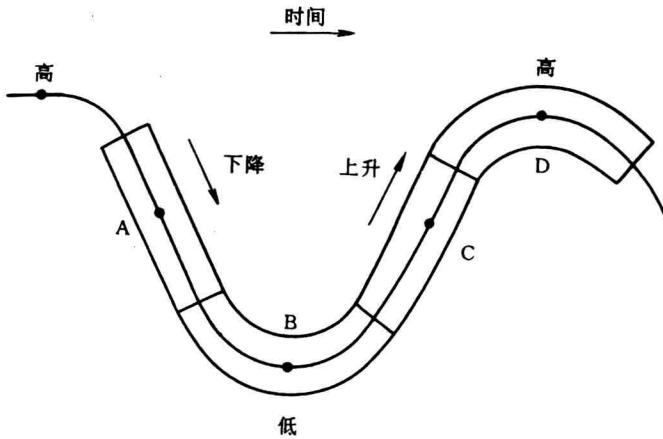


图 1—5 沉积体系域与海平面升降旋回的关系
(据 Posamentier 等, 1988)

2) 低位体系域

低位体系域 (Lowstand systems tract, 简称 LST) 是指 I 型层序中位置最低、最老的体系域, 是在相对海平面下降到最低点并且开始缓慢上升时期形成的。在具有陆棚坡折和深水盆地沉积背景中, 低位体系域是由海平面相对下降时形成的盆地扇、斜坡扇和海平面开始相对上升时形成的低位前积楔状体以及河流深切谷充填物组成的 (图 1—6)。盆底扇的形成与海底峡谷进入陆坡的侵蚀作用和河谷进入陆架的下切作用密切相关。

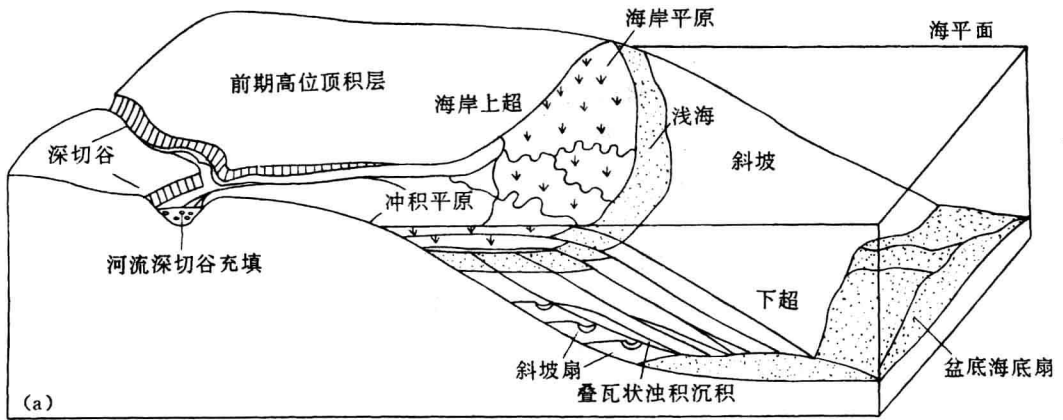
盆底扇底面是 I 型层序界面, 其顶面是下超面。陆坡扇以陆坡中底部浊流沉积为特征, 其沉积作用可与盆地扇或低位楔早期部分同期。低位前积楔状体常上超在层序界面之上、下超于盆地扇或陆坡扇之上, 其顶面也是低位体系域的顶界面——初次海泛面。在斜坡构造背景中, 低位体系域是由海平面相对下降时形成的下部前积楔和由海平面相对上升时期形成的上部前积楔及深切谷 (滑塌浊积扇) 组成。在生长断层背景中, 低位体系域由盆底扇、斜坡扇、互层砂泥岩加厚层和深切谷 (滑塌浊积扇) 组成。

3) 海侵体系域

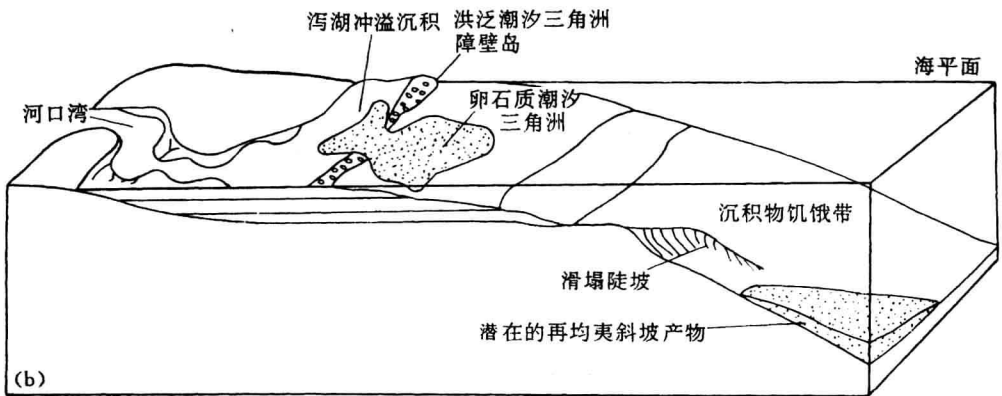
海侵体系域 (Transgressive systems tract, 简称 TST) 是 I 型和 II 型层序中部的体系域, 它是在全球海平面迅速上升与构造沉降共同产生的海平面相对上升时期形成的, 以沉积作用缓慢的低砂泥比值的一个或多个退积型准层序组为特征。主要沉积体系类型是陆架沉积、三角洲沉积、海岸平原沉积以及障壁岛及泻湖、受潮汐影响的沉积 (图 1—6)。其顶部是一个分布较广的下超面, 顶部沉积物以沉积慢、分布广、富含有机质、沉积物细为特征。

4) 高位体系域

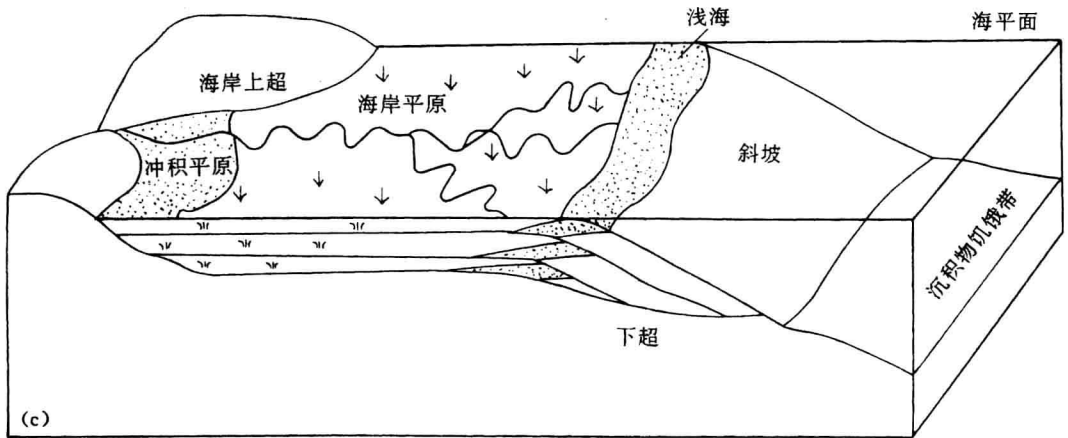
高位体系域 (Highstand systems tract, 简称 HST) 是 I 型和 II 型层序上部的体系域, 是在海平面由相对上升转变为相对下降时期形成的, 此时沉积物供给速率大于可容空间增加的速率, 因而形成了向盆内进积的一个或多个准层序, 主要沉积体系类型相似于海侵体



(a)



(b)



(c)

图 1—6 具陆架边缘坡折带的 I 型层序体系域 (据 Myers, 1996)

系域，但河流作用更明显，河道砂发育，潮汐影响变小，泻湖和煤系地层不太发育（图 1—6）。高位体系域顶部以 I 型或 II 型层序界面为界，底部以下超面为界。

5) 陆架边缘体系域

陆架边缘体系域 (Shelf margin systems tract, 简称 SMST) 是与 II 型层序边界伴生