

国外油气勘探开发新进展丛书

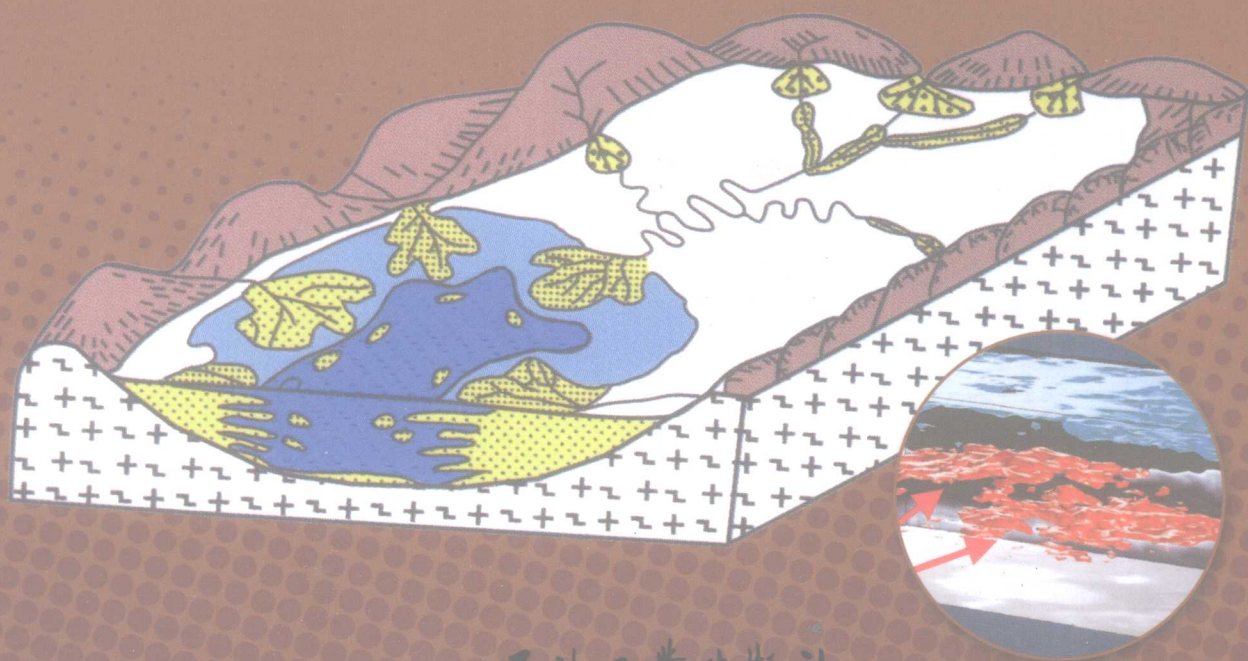
GUOWAIYOUQIKANTANKAIFAXINJINZHANCONGSHU



Principles of Sequence Stratigraphy

层序地层学原理

[加] 奥克塔文·卡图尼努 著
吴因业 等译



石油工业出版社

国外油气勘探开发新进展丛书（七）

层序地层学原理

Principles of Sequence Stratigraphy

[加] 奥克塔文·卡图尼努 著

吴因业 张志杰 张 琴 杜业波 陈瑞银 侯宇安译

石油工业出版社

内 容 提 要

本书在回顾层序地层学发展历史的基础上,叙述了层序地层学的分析方法,介绍了岸线迁移和层序界面,主要研究了体系域及其特征,论述了层序地层学模式,并讨论了地层界面的时间属性问题。

本书可供从事地质、地球物理勘探的科技工作者及油藏工程师使用,也可作为大专院校相关专业的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

层序地层学原理 / (加) O. Catuneanu 著, 吴因业等译.
北京: 石油工业出版社, 2009.6

书名原文: Principles of Sequence Stratigraphy

ISBN 978-7-5021-7088-2

I . 层…

II . ①卡…②吴…

III . 地层层序 - 地层学

IV . P539.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 047036 号

出版发行: 石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: www.petropub.com.cn

编辑部: (010) 64523786 发行部: (010) 64523620

经 销: 全国新华书店

印 刷: 石油工业出版社印刷厂

2009 年 6 月第 1 版 2009 年 6 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 25

字数: 580 千字 印数: 1—1500 册

定价: 120.00 元

(如出现印装质量问题, 我社发行部负责调换)

版权所有, 翻印必究

《国外油气勘探开发新进展丛书（七）》

编 委 会

主 任：赵政璋

副 主 任：杜金虎 张卫国

编 委(按姓氏笔画排序)：

马 纪 王俊亮 邓金根

刘德来 吴因业 冷鹏华

周家尧 徐利军 章卫兵

序

为了及时学习国外油气勘探开发新理论、新技术和新工艺，推动中国石油上游业务技术进步，本着先进、实用、有效的原则，中国石油勘探与生产分公司和石油工业出版社组织多方力量，对国外著名出版社和知名学者最新出版的、代表最先进理论和技术水平的著作进行了引进，并翻译和出版。

从2001年开始，在跟踪国外油气勘探、开发新理论新技术和最新出版动态的基础上，从生产需求出发，通过优中选优已经翻译出版了六辑34本专著。在这套系列丛书中，有些代表了某一专业的最先进理论和技术水平，有些非常具有实用性，也是生产中所亟需。这些译著发行后，受到了企业和科研院校广大生产管理、科技生产实践人员的欢迎，在实用中发挥了重要作用，达到了促进生产、更新知识、提高业务水平的目的。该套系列丛书也获得了我国出版界的认可。2002年丛书第2辑整体获得了中国出版工作者协会颁发的“引进版科技类优秀图书奖”，2006年丛书第4辑的《井喷与井控手册》再次获得了中国出版工作者协会的“引进版科技类优秀图书奖”，产生了很好的社会效益。

2009年在前六辑出版的基础上，经过多次调研、筛选，又推选出了国外最新出版的6本专著，即《天然气测量手册》、《地面工程合同》、《盆地分析与模拟》、《油井生产实用手册》、《层序地层学原理》、《石油工程岩石力学》，以飨读者。

在本套丛书的引进、翻译和出版过程中，勘探与生产分公司和石油工业出版社组织了一批专家、教授和有丰富实践经验的工程技术人员担任翻译和审校人员，使得该套丛书能以较高的质量和效率翻译出版，与广大读者见面。

希望该套丛书在相关企业、科研单位、院校的生产和科研中发挥应有的作用。

中国石油天然气股份有限公司副总裁

译者的话

近年来,随着中国岩性地层油气藏勘探开发的深入,层序地层学得到了广泛应用。但是由于不同学者对层序地层学原理的理解有差异,加之层序地层学概念术语又太多,使得层序地层学在石油地质学界显得有些混乱。Octavian Catuneanu 先生所著的《层序地层学原理》一书,是一本非常有价值的参考书,该书避开一般著作的思路,将写作目的定位于如何将层序地层学转变成一门更加通俗易懂的分析地质记录的方法。作者没有对任何一种层序模式作出批判,而是重点讲述各种不同模式之间的联系以及各自的适用条件。毋庸置疑,各种层序模式都有其各自的价值,并且都有各自不同的沉积构造背景。这也从另一方面说明了为什么会有这么多的层序地层学观点和不同的思路被提出。

本书主要内容共分五个部分。第一部分叙述了层序地层学的分析方法,第二部分介绍了岸线迁移和层序界面,第三部分主要研究体系域及其特征,第四部分重点论述层序地层学模式,第五部分讨论了地层界面的时间属性问题。本著作不仅是对过去和现在文献的一个回顾,也包含了关键的原始观点,并展示了新的图像材料和大量的露头、岩心、测井和全彩色三维地震资料实例。

本书的翻译工作,是在所有翻译、校译人员的共同努力下完成的。主要翻译人员由六位从事层序地层学、储层沉积学和石油地质学研究的博士完成,他们是中国石油勘探开发研究院教授级高级工程师吴因业博士、张志杰博士、陈瑞银博士、中油国际海外研究中心杜业波博士、中国石油大学(北京)副教授张琴博士、中国地质大学(北京)侯宇安博士。吴因业负责前言、第一章、第二章、第七章(部分),张志杰负责第四章,张琴负责第六章,杜业波负责第二章(部分)、第三章,陈瑞银负责第七章(部分)、第八章、第九章,侯宇安和程长青负责第五章,参加本书翻译工作的还有部分博士生和硕士研究生。最后由吴因业和张志杰统稿。

翻译工作分三步完成,第一步完成第一稿后自己校译,第二步是相互校译,并请沉积学和层序地层学专家审阅,第三步是统稿,重点对各章节内容和翻译术语的一致性作了大量工作。本译著的完成,得到了中国工程院胡见义院士、中国石油天然气集团公司、中国石油勘探开发研究院有关领导和专家的大力支持,石油工业出版社周家尧副总编对本书的出版和版权获取给予了支持和帮助,在此一并致谢!

由于水平有限,译文中不足之处,恳请读者批评指正。



作者 O. Catuneanu 简介

本书提供了层序地层学领域内现有模式的折衷方案。考虑到层序地层学方法怎样应用于岩石记录中，可供选择的途径在于从统一平台的视角，提出足够的共同点，以便使层序地层学标准化。在所有“院校”使用的基本核心概念和依据模式进行的琐细内容之间本书进行了区分。本著作不仅是对过去和现在文献的一个回顾，也包含了关键的原始观点，并展示了新的图像材料和大量的露头、岩心、测井和全彩色三维地震资料实例。本书力求适用于对沉积盆地充填分析有兴趣的任何人，从学生到地质家、地球物理家和油藏工程师。层序地层学保留了沉积地质学中广泛领域内的最新范例，对解译地球地质记录从局部到全球的变化，以及指导勘探开发具有极大的潜力。

Octavian Catuneanu 是加拿大 Alberta 大学地球与大气科学系的教授，具有 Toronto 大学博士学位（1996 年）和 Bucharest 大学博士学位（1992 年）。他在地质学领域得到多项荣誉，包括美国地质协会（2002）优秀论文奖和罗马尼亚学术奖（1994）。Octavian Catuneanu 目前在北美地层命名委员会（NACSN）和加拿大沉积研究组（加拿大地质协会的分支机构）就任要职。他也是《非洲地球科学》杂志的编委和《加拿大石油地质》杂志的副主编。他是几部书和特定栏目的共编者或高级编辑，在沉积地质学、地层学和盆地分析领域发表了许多论文。目前参加多个国际研究项目，并给世界性的会议和公司讲授层序地层学和盆地分析。

前言

层序地层学是分析基准面变化的沉积响应、研究可容纳空间（充填沉积物的空间）与沉积作用相互影响及其引起的沉积趋势变化的一门学科。层序地层学可以对地球的区域性或者全球性变化的地质记录作出解释，指导勘探生产。正是因为上述原因，当前，层序地层学无论在学术领域还是实际生产领域研究都非常活跃。

很大程度上，层序地层学的“原理”适用于各种沉积盆地决定的沉积环境的类型（如硅质岩、碳酸盐岩），而且，层序地层学的概念常常是用碎屑岩体系中的一些概念进行解释和实例验证的。不过，碎屑岩与碳酸盐岩对基准面变化所作出的地层响应是不同的，此书讨论了两者的差异，并且分析了海相碳酸盐岩层序地层模式与“标准的”碎屑岩层序地层模式的不同。同样，层序地层学的原理适用于不同尺度的沉积区域。层序地层学研究工作的分辨率是研究区域的函数，所以可以随着研究区域大小从次一级沉积体系尺度到整个沉积盆地充填的变化而作出相应的调整。上面所说的这些在不同的时空发生的地质过程都是相互关联的。利用沉积相关系建立的层序地层框架提供了一个模式，允许人们观察小规模沉积过程与沉积元素怎样与大范围的沉积图像吻合。同样地，层序地层学也是一种理解沉积体系的四维发展，利用地形数据解释代表性的地层信息，洞察沉积体的演化（沉积过程）的方法。其实，任何一门传统学科都与层序地层学具有多多少少的联系，当然其密切程度与这门学科的研究领域、对象、深度有关。层序地层学方法的应用也依赖于露头、岩心、测井以及地震数据的解释。

即使沉积学界普遍对层序地层学非常感兴趣，层序地层学仍是一门比较难的课程，因为层序地层学的概念体系仍不统一，在怎样利用层序地层学相应方法解释地质记录上还存在有争议。本书综合考虑了这些方法，力求在概念术语上求同存异，以利于不同学派之间的相互交流。此书适合于任何对沉积体系分析感兴趣的人，无论学生还是地质、地震、油藏工程工作者。

当前，层序地层学方面的著作主要集中在三个方面：一、提出独特的层序模式；二、批判前人提出的层序模式或假说；三、对前人的观点观念作一综述。本书避开上述一般著作的思路，而是将写作目的定位于如何将层序地层学转变成一门更加通俗易懂的分析地质记录的方法。本书并没有对任何一种层序模式做出批判，而是重点讲述各种不同模式之间的联系以及各自的适用条件。毋庸置疑，各种层序模式都有其各自的价值，并且都有各自提出的不同的沉积构造背景。这也从另一方面说明了为什么会有这么多的观点和不同的思路被提出。层序地层学下一步的进展可能在于模式的提炼方面，这要考虑全部盆地类型的构造变化和沉积体系。

完成本专著涉及的研究工作得到了加拿大自然科学和工程研究委员会（NSERC）和 Alberta 大学的大力支持。NSERC、Marathon 油公司和 Real Resources 公司给予了财政资助并允许本书采用彩色出版。我也感谢代表 Elsevier 出版社的出版编辑 Tirza van Daalen，她

从 2003 年以来一直支持本书的出版工作。非常感谢 Pat Eriksson 和 Tom van Loon 花费大量时间辛勤地阅读书稿，并提出了许多闪光的有建设性的建议。特别是过去十几年来 Pat 的大力支持、友谊和专家的地位，对我帮助很大——非常感谢！Tom 是 Elsevier 出版社“沉积学发展”系列的编辑，也提供了特别的编辑指导。我也感谢 Henry Posamentier、Art Sweet 和 Alex MacNeil 阅读书稿的部分章节并反馈意见。正如不同“院校”的观点一样，通过与下列专家富有成效的讨论使我认识到了层序地层学的复杂性和多面性，他们是 Andrew Miall、Ashton Embry、Henry Posamentier、Bill Galloway、Dale Leckie、Mike Blum、Guy Plint、Janok Bhattacharya、Keith Shanley、Pat Eriksson、Darrel Long、Nicholas Christie-Blick、Bruce Ainsworth、Martin Gibling、Simon Lang 等等。Henry Posamentier 提供了大量著名的地震图片，对提升本书质量有很大贡献。其他的图片或野外照片制作者有 Martin Gibling、Guy Plint、Art Sweet、Murray Gingras、Bruce Hart、Andrew Miall 和 PEMEX 之 Activo de Exploracion Litoral 的地球科学家们。在感谢这些同事们慷慨帮助的同时，我也对本书观点和存在的错误或遗漏负责。

谨以此书奉献给 Ana、Andrei、Gabriela 和我的父母。

Alberta 大学
Octavian Catuneanu
于 Edmonton, 2005 年

目 录

第一章 绪言	1
第一节 层序地层学——回顾	1
一、学科交叉的层序地层学	1
二、层序地层学——沉积地质学的革命	3
第二节 层序地层学的发展历史	3
一、早期的发展	3
二、层序地层学时代——海平面升降和构造作用对沉积的控制	4
三、层序模式	6
第三节 层序地层学方法	8
一、术语	8
二、尺度的概念	9
三、层序地层学和岩石地层学及异地层学	10
第二章 层序地层学分析方法	16
第一节 引言	16
第二节 相分析：露头、岩心和现代模拟	17
一、沉积体系、相和相模式的概念	17
二、沉积环境分类	17
三、沃尔索相律	20
四、沉积岩相学	20
五、古水流方向	23
六、土壤学	24
七、化石遗迹学	30
第三节 测井	39
一、引言	39
二、测井：地质误差	40
三、约束测井解释	43
第四节 地震数据	46
一、引言	46
二、地震数据物理属性	48
三、地震数据分析工作流程	49
第五节 测年技术	57
第六节 层序地层学分析工作流程	59
一、步骤 1——构造研究（盆地类型分析）	60

二、步骤2——古沉积环境分析	63
三、步骤3——层序地层格架的建立	65
第三章 可容空间与滨线迁移	69
第一节 引言	69
第二节 沉积作用的异源控制因素	69
一、异源控制因素的重要性	69
二、异源控制因素的特征	70
三、异源因素重要性比较	72
第三节 沉积物供给及沉积能量变化	73
一、沉积物供给	73
二、沉积物供给与沉积环境能量	74
第四节 沉积可容空间	77
一、可容空间、基准面和河流均衡剖面的概念	77
二、基准面和可容空间的近似	79
三、可容空间的变化	82
第五节 滨线轨迹	85
一、定义	85
二、海侵	88
三、强制海退	90
四、正常海退	93
第四章 地层界面	100
第一节 引言	100
第二节 地层终止类型	101
第三节 层序地层界面	104
一、陆上不整合面	107
二、相对应整合面	114
三、强制海退底面	117
四、海退侵蚀面	122
五、最大海退面	128
六、最大洪泛面	133
七、海侵侵蚀面	139
第四节 趋势内相接触面	145
一、趋势内正常海退面	146
二、趋势内强制海退面	148
三、趋势内洪泛面	150
第五章 体系域	155
第一节 引言	155
第二节 高位体系域	160

一、定义和叠置方式	160
二、经济潜力	168
第三节 下降期体系域	169
一、定义和叠置模式	169
二、经济潜力	179
第四节 低位体系域	189
一、定义和叠置模式	189
二、经济潜力	196
第五节 海侵体系域	197
一、定义和叠置模式	197
二、经济潜力	206
第六节 海退体系域	211
一、定义和叠置样式	211
二、经济潜力	215
第七节 低和高可容空间体系域	215
一、定义和叠置样式	215
二、经济潜力	223
第六章 层序模式	226
第一节 引言	226
第二节 地层层序类型	228
一、沉积层序	228
二、成因层序地层	231
三、海侵—海退 (T—R) 层序	232
四、准层序	234
第三节 河流体系层序	237
一、引言	237
二、受基准面变化控制的河流旋回性	239
三、与基准面变化无关的河流旋回性	242
四、低与高可容空间环境	244
第四节 海岸到浅水碎屑层序体系	245
一、引言	245
二、物理过程	245
三、与滨线迁移有关的海岸到浅水体系的旋回性	251
第五节 深水碎屑岩层序体系	253
一、引言	253
二、物理过程	254
三、沉积单元	258
四、与滨线迁移有关的深水体系的旋回性	266

五、小结	270
第六节 碳酸盐岩层序体系	273
一、引言	273
二、碳酸盐岩层序地层模式	274
三、讨论：碳酸盐岩序列中的层序边界	279
第七章 层序界面的时间属性	282
第一节 引言	282
第二节 定义地层界面的参照曲线	283
第三节 滨线迁移、粒序与水深	290
一、对沉积物粒序和水深变化的控制	290
二、讨论	294
第四节 定义地层界面的方法	299
一、引言	299
二、相对应整合面	300
三、最大海退面和最大洪泛面	301
第五节 总结：地层界面的时间特性	311
一、陆上不整合面	311
二、相对应整合面	312
三、强制海退的底面	313
四、海退侵蚀面	314
五、最大海退面	314
六、最大洪泛面	315
七、海侵侵蚀面	316
八、趋势内相接触面	316
九、结论	317
第八章 层序级别与层序界面	319
第一节 引言	319
第二节 基于旋回周期性（边界频率）的分级系统	321
第三节 基于基准面变化规模的分级系统	323
第四节 讨论	324
第九章 讨论与结论	328
第一节 基本原则	328
一、应用范围	328
二、滨线迁移的重要性	330
三、层序地层学的理论与实践	330
四、构造环境的重要性	331
五、层序地层学的应用与滥用	332
第二节 前寒武纪与显生宙层序地层比较	333

第三节 标准层序地学的展望.....	333
第四节 总结与结论.....	335
参考文献.....	337
常用层序地层学术语.....	378

第一章 绪 言

第一节 层序地层学——回顾

一、学科交叉的层序地层学

层序地层学是沉积地质学领域最现代的革命性范例。该学科包含的概念已经在地质思维中产生了根本变化，尤其是在相分析和地层分析方面。在过去的 15 年中，层序地层学方法被地质科学家作为地层分析的工具优先使用，并与许多学科的观察结果紧密结合。事实上，层序地层学方法的关键在于促使多种资料和多种研究方法的综合。多学科的综合研究导致了更丰富的解释及相应的科学进步。因此，层序地层学方法改善了人们对地层单元、相域、沉积单元在沉积盆地内时间和空间上的相互关系的理解（图 1-1）。层序地层学应用范围很广，从石油、煤和沉积矿产的预测勘探，到加深了解地球局部变化和全球变化的地质记录。

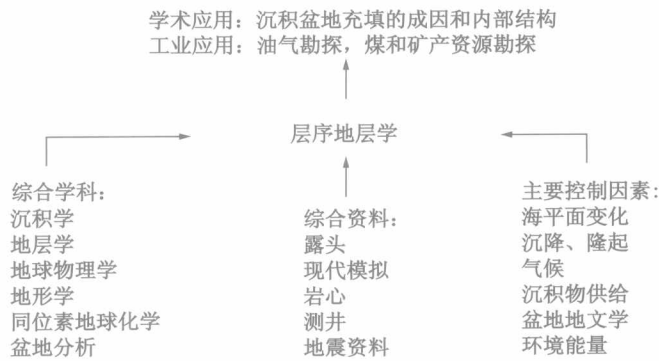


图 1-1 学科交叉的层序地层学——主要控制因素、综合资料、学科范围和应用

作用沉积学和经典地层学的常规学科与层序地层学关系密切（图 1-2）。层序地层学通常被认为仅仅是地层学的一个类型，主要强调沉积趋势的变化以及与盆地的关系（图 1-3）。而这种说法一部分是对的，但人们不应忽略强大的沉积要素，它强调了单一沉积体系限制下的沉积相形成过程，特别是与基准面变化的对应关系。在这种尺度下，层序地层学常常应用于解决和解释相旋回、相组合和相关关系问题，以及储层隔层问题。对于大尺度的情况，没有必要应用这一信息。

由于层序地层学方法的“成因”特性，作用沉积学是其不可分割的重要先决条件，是层序地层学的组成部分。在识别岩石记录的层序地层学界面时，作用沉积学在层序地层学分析中的重要性变得非常明显。正像本书详细讨论的一样，包含在地层界面解释中的大部分标志都具有相的成因特性，分析时需要沉积作用和沉积环境有良好的理解。作用沉积学的重要性在解释不同类型不整合的成因和分布、以及不同部分体系域内相的特征和变化

时也十分明显。不同类型的不整合可以出现在非海相、海岸或完全海相环境。层序地层学的地层学部分包括它在时间格架内的对比能力，通常大于单一沉积体系尺度，尽管沉积相的侧向变化出现在任何沉积盆地。除了与沉积学和地层学密切相关外，层序地层学也开创了沉积相预测能力的新领域，这与工业定向研究有关（图 1-2）。

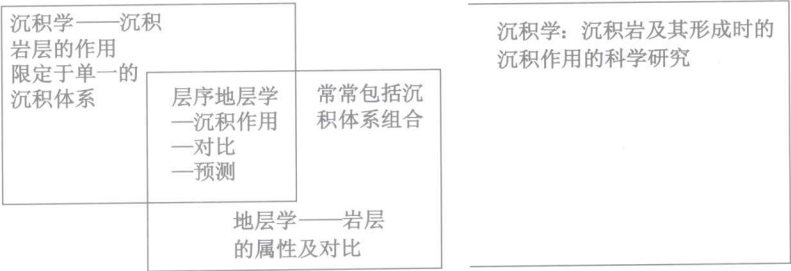


图 1-2 层序地层学与沉积学和地层学

常规原理的叠覆关系（定义来自 Bates 和 Jackson，1987）

用于特定沉积体系时，层序地层学有助于理解相的形成过程、相关系以及和基准面变化对应的相旋回。在大尺度下，同时代的沉积体系侧向对比变得更有意义，由此也产生了沉积相成因预测成分，这是基于盆地范围的它旋回因素对沉积作用的控制

地层学	属 性
岩石地层学	岩石
生物地层学	化石
磁地层学	磁极性
化学地层学	化学属性
年代地层学	绝对年龄
异地层学	不连续性
地震地层学	地震资料
层序地层学	沉积趋势
沉积趋势与加积—侵蚀作用、进积—退积作用有关。沉积趋势的变化受控于沉积作用和基准面变化的相互影响	

图 1-3 基于属性分析定义的地层学分类

沉积作用和滨线处基准面变化的相互影响产生了岩石记录的沉积趋势变化，这些变化的分析和（或）对比定义了层序地层学的主要目标

与层序地层学一样，地层学的常规类型，如生物地层学、岩石地层学、化学地层学或磁地层学，既包括资料的收集，也包括对资料的解释。但常规地层对比不需要复杂的解释，而层序地层学解释是基于建立对比模式的解释。因此，层序地层学具有重要的嵌入解释成分，包括异源控制因素在沉积时的重建以及未勘探地区相结构的预测等等。前者引起了强烈的争议，且争议仍在继续，主要在支持相对海平面变化对沉积的控制和构造作用对沉积的控制方面，这对理解地球历史和基本地球作用过程是十分重要的。除了海平面变化和构造作用外，对地层模式的控制因素实际上更广泛，包括附加的沉降机制（如热沉降、沉积压实作用、均衡沉降、弯曲的地壳负荷等）、气候变化的轨道力、沉积供给、盆地地文学和环境能量（图 1-1）。另外，在相预测能力的经济方面，它提供了一个具有新的强大分析工具和对比工具的自然资源勘探工业领域。

尽管层序地层学具有其固有的成因特性,人们也不应把它当作基于资料解释的胜利,或当作独立于其他地质学科的一种方法。事实上,层序地层学形成于许多已有的资料来源之上,需要良好的沉积学和相分析知识,并把沉积地质学的广泛领域与地球物理学、地形学、绝对和相对测年技术及盆地分析相结合。正像任何其他模式一样,层序地层学模式的可靠性也依据于输入资料的质量和变量,因此建议把尽可能多的资料综合进去。层序地层学分析最常见的资料来源包括露头、岩心、现代类比、测井和地震资料(图1-1)。

除了地层本身的相分析(常规沉积学的主要关注点)外,层序地层学也重点强调了分隔特定沉积趋势表征的地层间的接触关系。这种接触关系代表了事件意义的界面,标志着沉积体系的变化,对于区域对比及在特定沉积体系内了解其相关性十分重要。可是,地层接触关系的研究也不能与地层的相分析相割裂,因为后者经常会提供界面识别的鉴别标志。

二、层序地层学——沉积地质学的革命

层序地层学是沉积地质学一系列主要革命中的第三次(Miall, 1995)。每次革命都产生了范例性的质变,改变了地质科学家解释沉积地层的方法。

第一次突破是在20世纪50年代和60年代早期,以发展了水系概念和相应的沉积作用/沉积响应相模式为标志(Harms和Fahnestock, 1965; Simons等, 1965)。第一次革命从水动力学观点提供了统一解释理论,了解沉积构造的成因,在沉积体系内预测相组合。20世纪60年代开始,板块构造学和地球动力学概念引入到区域尺度的沉积作用分析中,标志着沉积地质学的第二次革命。最终,这两项初期的概念突破或革命导致了20世纪70年代盆地分析的发展,为沉积盆地成因研究和沉积史研究提供了科学框架。层序地层学标志着沉积地质学第三次和最新的一次革命,始于20世纪70年代晚期,以AAPG Memoir 26期刊物出版(Payton, 1977)为标记,尽管层序地层学可以追溯到更早。层序地层学作为学科间的方法发展了起来,它混合了自源作用(如来自体系内部)和他源作用(如来自体系外部),形成了解释沉积盆地的演化和地层结构的统一模式(Miall, 1995)。

层序地层学的成功和大众化得力于其在成熟盆地的油气勘探和尖端油气勘探中的广泛应用,其中基于资料和基于模式的侧向相变预测及垂向相变预测都可以明确的表达。这些预测模式被证实在油气勘探中对于减少岩石学预测风险尤其有效,对于煤和矿物资源勘探应用层序地层学方法的需求也在增加。

第二节 层序地层学的发展历史

一、早期的发展

层序地层学通常被认为是从20世纪70年代的地震地层学发展而来。事实上,大多数与层序地层学直接相关的调查沉积作用、不整合和基准面变化的研究都早于地震地层学(例如,Grabau, 1913; Barrell, 1917; Sloss等, 1949; Wheeler和Murray, 1957; Wheeler, 1958, 1959, 1964; Sloss, 1962, 1963; Curran, 1964; Frazier, 1974)。早在18世纪,Hutton就认识到侵蚀作用、沉积搬运和沉积作用随时间的周期性重复,建立了如今称之为“地质旋回”的基础。Hutton的观察可以看作是地层旋回学的第一次解说,它把岩石记录应用不整合进一步划分出重复序列。Barrell(1917)强调不整合和基准面变化间的联系,认为基准面控