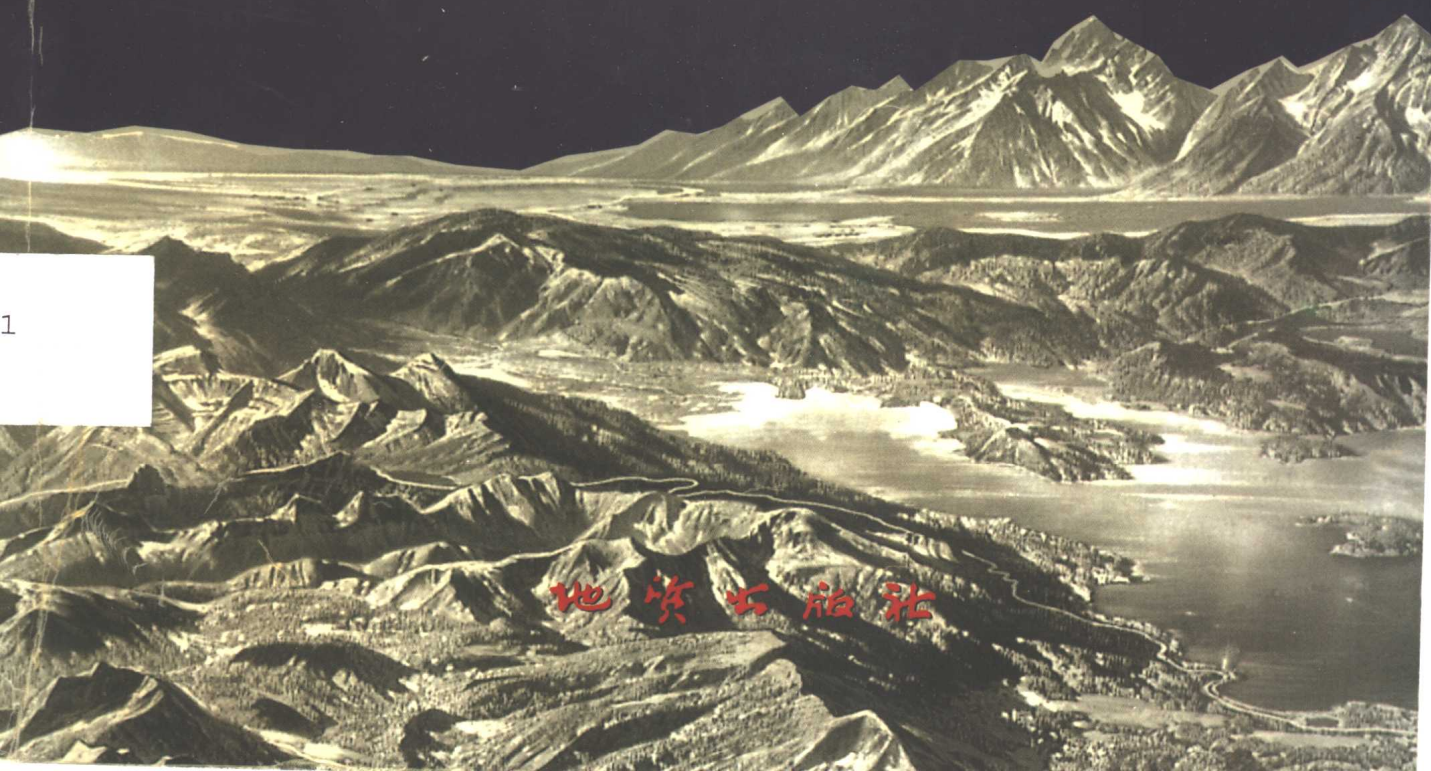


李增学 魏久传 魏振岱 韩美莲 李学文 编著

# 含煤盆地层序地层学

SEQUENCE STRATIGRAPHY OF  
COAL-BEARING BASINS



地质出版社

国家自然科学基金资助项目

# 含煤盆地层序地层学

李增学 魏久传 魏振岱 韩美莲 李学文 编著

地质出版社

· 北 京 ·

## 内 容 简 介

本书分两篇,共13章。第一篇系统地介绍了含煤盆地层序地层分析的基础理论和研究方法,主要有经典层序地层学的概念体系、成因地层层序、高频层序地层、高分辨率层序地层、旋回层序地层,以及陆相盆地层序地层等;第二篇介绍了国内外含煤盆地层序地层分析的一些实例,重点介绍了作者近年进行高分辨率层序分析、高频层序地层分析和含煤盆地煤聚积规律的科研成果,如华北陆表海盆地东南缘高频层序划分、黄县断陷盆地高分辨率层序地层分析等。本书对海侵过程成煤和海侵事件成煤等成煤作用新的理论或观点进行了论述。

本书可供从事煤田与油气地质及勘探、沉积学及盆地分析、层序地层研究的科技人员、生产技术人员,以及大专院校师生参考。也可作为地质及相关学科研究生的教学参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

含煤盆地层序地层学/李增学等著. —北京:地质出版社,2000.9  
ISBN 7-116-03234-7

I. 含… II. 李… III. 煤系-盆地-地层学 IV. P618.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 71145 号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路 29 号)

责任编辑:刘德勇 张新元

责任校对:张德强

\*

北京印刷学院实习工厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092 1/16 印张:11 字数:247 千字

2000 年 9 月北京第一版·2000 年 9 月北京第一次印刷

印数:1~500 册 定价:24.00 元

ISBN 7-116-03234-7

P·2045



(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行处负责调换)

# 前 言

层序地层学是 20 世纪 80 年代形成和发展起来的一门地球科学的新兴边缘学科，对地质学及相关学科产生了深刻的影响。经过国内外地质学家和地球物理学家，以及相近学科领域科技工作者的艰苦努力，层序地层学在最近 10 年来发展很快，形成了理论体系比较完善、分析方法领先、可应用于分析各种盆地类型和进行资源预测及评价的前沿学科体系，而且在指导能源勘探特别是油气储层预测与评价，以及煤聚积规律分析等方面，发挥了重要作用，取得了令人瞩目的经济效益。

近 10 余年来，层序地层学的分析理论及分析方法出现了多样性，新的理论不断涌现，形成了层序地层学许多分支理论，如高分辨率层序地层学、高频层序地层学、成因地层层序、旋回层序地层、应用层序地层学、成岩层序地层学、层序生物地层学、模拟层序地层学、勘查层序地层学等。这些分支理论的形成与发展，反映了层序地层研究领域的十分活跃的学术研究景象，是令人振奋和鼓舞的。其中最具代表性的是成因地层层序、高分辨率层序地层学、陆相层序地层学。这些分支理论的出现和发展，极大地丰富了层序地层学理论体系和方法系统。

本书试图比较完整地介绍上述各层序地层学分支理论和方法，特别是这些理论与方法在含煤盆地分析中的应用，并力争在系统性方面具有显著特色。需要指出的是，尽管目前层序地层学理论与研究方法比较繁多，但其核心仍然是层序地层单元各级界面的确定、定年及层序地层格架的建立等关键问题，因此这些分支理论仍然具有一些共性问题。本书编著者认为，层序地层学已形成代表地球科学的一个前沿方向的新兴学科体系，而且在实践中已发挥重要指导作用，因此各种分支理论与方法不应是相互抵触和矛盾的，而应该是互相补充、互相利用的。本书尽管将这些理论和方法分别进行了论述，但有些理论与方法并不能严格地分隔开来，如高分辨率层序地层学与陆相盆地层序地层学就是如此。高分辨率层序地层学应该说是从研究陆相盆地发展而来的，而陆相盆地层序地层学只是从有别于 Vail 等的经典层序地层学（或称沉积层序学派）提出和形成的原源而言的，沉积层序模式来源于边缘海含油气盆地的研究成果，但陆相盆地类型多而复杂，与边缘海盆地有着根本性区别。因此，陆相盆地的层序地层学模式也应是多样化的。一种学术思路和研究方法可以推而广之，但一种模式则不能照搬。所以，我们认为，本书介绍的各种层序地层学（分支）理论，既相互融合，又各自有其独立性，亦即各自有其系统性和完整性，又相互联系和促进。这也是层序地层学发展和演化的必然结果。

本书分为两篇：第一篇含煤盆地层序地层学基础，主要介绍层序地层学的概念体系、近年提出与发展的层序地层学分支体系的新理论、新方法，是编著者们在研究生教学与科研工作基础上综合、归纳而成的。第二篇为含煤盆地层序地层分析实例，介绍了国内外含煤盆地层序地层分析的具体实践与方法，并将近几年来编著者们的科研成果收入书中，如国家自然科学基金项目“大型陆表海盆地东南缘沉积充填及海侵成煤机制”（编号：

49872057)的部分成果——陆表海盆地高频层序划分及海侵事件成煤;山东省自然科学基金项目“山东中新生代沉积盆地层序地层及成矿规律研究”(编号:Q94E0432)研究成果——黄县断陷盆地高分辨率层序地层划分及层序构成模式;煤炭科学基金项目“山东-两淮煤田二叠系高频层序划分”(编号:97地10507)部分成果——南华北二叠系高分辨率层序地层划分等。

本书由13章组成。由李增学、魏久传、魏振岱、韩美莲和李学文共同完成。具体分工是:第一章由李增学、魏久传执笔;第二章由李增学、魏振岱执笔;第三章由魏久传、魏振岱、李增学执笔;第四章由李增学、魏久传、韩美莲执笔;第五章由李增学、韩美莲执笔;第六章由魏振岱、李增学、李学文执笔;第七章由魏久传、韩美莲执笔;第八章由韩美莲、李增学、魏久传执笔;第九章由李增学、李学文执笔;第十章由李增学、魏久传执笔;第十一章由李增学、魏久传、韩美莲执笔;第十二章由魏久传、魏振岱、李学文执笔;第十三章由李增学、魏久传、韩美莲执笔。全书最后由李增学统编、定稿。

在本书编写过程中,得到了山东科技大学和安徽煤田地质局领导的关心和支持;山东煤田地质局、安徽煤田地质局、山东各矿务局及所属煤矿给予资料上的支持和研究工作上的大力帮助;山东科技大学硕士研究生刘德勇、张德强、于林平和冯艳芳等同志录入全部书稿并用微机绘制插图。由于上述领导和同仁的支持和帮助,使本书得以顺利完成出版前的繁杂准备工作,在此,一并表示诚挚的谢意!

由于我们水平有限,时间较为紧迫,而目前层序地层学仍处于发展之中,书中对层序地层学各分支体系的划分和论述不一定准确,可能的谬误之处,敬希专家、同行指正。

**编著者**

2000年9月于泰安

# 目 录

## 第一篇 含煤盆地层序地层学基础

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| <b>第一章 层序地层学概念体系</b> .....    | 1   |
| 第一节 层序地层学术语系统.....            | 1   |
| 第二节 层序地层学研究方法 .....           | 10  |
| <b>第二章 成因地层层序</b> .....       | 19  |
| 第一节 成因地层层序的基本理论 .....         | 19  |
| 第二节 成因地层层序模式 .....            | 21  |
| 第三节 沉积幕的成因 .....              | 29  |
| <b>第三章 高频层序地层</b> .....       | 34  |
| 第一节 高频层序地层的基本理论 .....         | 34  |
| 第二节 高频层序的旋回频率及特点 .....        | 34  |
| 第三节 控制高频层序分布的因素 .....         | 38  |
| 第四节 高频层序地层典型实例 .....          | 39  |
| <b>第四章 高分辨率层序地层分析</b> .....   | 47  |
| 第一节 基本原理 .....                | 47  |
| 第二节 成因层序内部单元分析 .....          | 56  |
| 第三节 高分辨率层序地层分析方法应用实例 .....    | 60  |
| 第四节 高分辨率事件地层分析 .....          | 71  |
| <b>第五章 陆相盆地层序地层</b> .....     | 79  |
| 第一节 陆相盆地层序地层研究特点 .....        | 79  |
| 第二节 陆相层序控制机制 .....            | 81  |
| 第三节 陆相盆地体系域模式 .....           | 83  |
| <b>第六章 旋回层序</b> .....         | 90  |
| 第一节 旋回层序的理论基础 .....           | 90  |
| 第二节 海平面变化与沉积旋回 .....          | 93  |
| 第三节 地层旋回级次与旋回层序 .....         | 95  |
| <b>第七章 层序地层学的其他重要方向</b> ..... | 97  |
| 第一节 构造层序地层学 .....             | 97  |
| 第二节 层序生物地层学 .....             | 97  |
| 第三节 成岩层序地层学 .....             | 98  |
| 第四节 应用层序地层 .....              | 99  |
| 第五节 模拟层序地层学 .....             | 99  |
| 第六节 勘探层序地层学.....              | 100 |

## 第二篇 含煤盆地层序地层分析实例

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| <b>第八章 国外含煤地层层序地层分析——含煤岩系的层序地层分布</b> | 103 |
| 第一节 富含陆源有机质源岩的聚积                     | 103 |
| 第二节 在层序地层格架中预测煤层形成及其几何形态             | 109 |
| <b>第九章 中国主要含煤盆地类型</b>                | 118 |
| 第一节 中国煤田地质系统的分类                      | 118 |
| 第二节 地矿系统的含煤盆地分类                      | 119 |
| 第三节 地洼学说理论指导下的中国聚煤盆地分类               | 120 |
| <b>第十章 华北陆表海盆地东南部高频层序划分</b>          | 122 |
| 第一节 陆表海盆地的高频海平面变化特点                  | 122 |
| 第二节 陆表海盆体系域分布模式                      | 124 |
| 第三节 陆表海盆地高频层序分析                      | 124 |
| <b>第十一章 黄县断陷盆地高分辨率层序地层</b>           | 129 |
| 第一节 盆地充填特征                           | 129 |
| 第二节 盆缘断裂活动阶段性与构造层序                   | 131 |
| 第三节 高分辨率层序地层                         | 133 |
| 第四节 煤聚积规律                            | 138 |
| <b>第十二章 南华北二叠系高分辨率层序地层</b>           | 141 |
| 第一节 沉积体系及典型沉积序列                      | 141 |
| 第二节 基准面旋回的识别                         | 145 |
| 第三节 高分辨率层序划分                         | 149 |
| <b>第十三章 海侵过程成煤和陆表海盆地海侵事件成煤特点</b>     | 152 |
| 第一节 海侵过程成煤概述                         | 152 |
| 第二节 陆表海盆地海侵事件成煤                      | 160 |
| <b>参考文献</b>                          | 163 |

# CONTENTS

## PART ONE BASIS OF SEQUENCE STRATIGRAPHY OF COAL-BEARING BASIN

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>CHAPTER 1 CONCEPTIONAL SYSTEM OF SEQUENCE STRATIGRAPHY</b>                     | 1  |
| 1.1 Technical terminology of sequence stratigraphy                                | 1  |
| 1.2 Study method of sequence stratigraphy                                         | 10 |
| <b>CHAPTER 2 GENETIC STRATIGRAPHIC SEQUENCE</b>                                   | 19 |
| 2.1 Fundamental theory of genetic stratigraphic sequence                          | 19 |
| 2.2 Models of genetic stratigraphic sequence                                      | 21 |
| 2.3 Genesis of depositional episodes                                              | 29 |
| <b>CHAPTER 3 HIGH-FREQUENCY SEQUENCE STRATIGRAPHY</b>                             | 34 |
| 3.1 Fundamental theory of high-frequency sequence stratigraphy                    | 34 |
| 3.2 Cyclic frequency and characteristics of high-frequency sequence stratigraphy  | 34 |
| 3.3 Controlling factors of distribution of high-frequency sequence stratigraphy   | 38 |
| 3.4 Example of high-frequency sequence stratigraphy                               | 39 |
| <b>CHAPTER 4 ANALYSIS ON HIGH-RESOLUTION SEQUENCE STRATIGRAPHY</b>                | 47 |
| 4.1 Fundamental principles                                                        | 47 |
| 4.2 Analysis on the units of genetic sequence                                     | 56 |
| 4.3 Applied examples of analysing method of high-resolution sequence stratigraphy | 60 |
| 4.4 Analysis on high-resolution event stratigraphy                                | 71 |
| <b>CHAPTER 5 SEQUENCE STRATIGRAPHY OF TERRESTRIAL BASIN</b>                       | 79 |
| 5.1 Studying characteristics of sequence stratigraphy of terrestrial basin        | 79 |
| 5.2 Controlling mechanism of terrestrial sequence                                 | 81 |
| 5.3 Models of system tract of terrestrial basin                                   | 83 |
| <b>CHAPTER 6 THE CYCLIC SEQUENCE</b>                                              | 90 |
| 6.1 Basic theory of cyclic sequence                                               | 90 |
| 6.2 Sea-level changes and depositional cycles                                     | 93 |
| 6.3 Cyclic orders of strata and cyclic sequence                                   | 95 |
| <b>CHAPTER 7 OTHER IMPORTANT DIRECTIONS OF SEQUENCE STRATIGRAPHY</b>              | 97 |
| 7.1 Tectonic sequence stratigraphy                                                | 97 |

|     |                                         |     |
|-----|-----------------------------------------|-----|
| 7.2 | Sequence biostratigraphy .....          | 97  |
| 7.3 | Diagenetic sequence stratigraphy .....  | 98  |
| 7.4 | Applied sequence stratigraphy .....     | 99  |
| 7.5 | Modeling sequence stratigraphy .....    | 99  |
| 7.6 | Exploration sequence stratigraphy ..... | 100 |

## PART TWO ANALYSING EXAMPLES OF SEQUENCE STRATIGRAPHY OF COAL-BEARING BASIN

|                   |                                                                                                                                                    |            |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>CHAPTER 8</b>  | <b>ANALYSIS ON SEQUENCE STRATIGRAPHY OF COAL<br/>BEARING STRATA FROM ABROAD-ANALYSIS ON SEQUENCE<br/>STRATIGRAPHY OF COAL BEARING SERIES .....</b> | <b>103</b> |
| 8.1               | Accumulations of significant volumes of terrigenous organic-rich rocks<br>.....                                                                    | 103        |
| 8.2               | Predicting coal occurrence and geometry within a sequence stratigraphic<br>framework .....                                                         | 109        |
| <b>CHAPTER 9</b>  | <b>MAIN TYPES OF COAL BEARING BASIN IN CHINA .....</b>                                                                                             | <b>118</b> |
| 9.1               | Classification of the Coal Geology sectors in China .....                                                                                          | 118        |
| 9.2               | Classification of the Geology and Mineral sectors in China .....                                                                                   | 119        |
| 9.3               | Coal-accumulation basin types classified under the geodepression theory<br>.....                                                                   | 120        |
| <b>CHAPTER 10</b> | <b>HIGH-RESOLUTION SEQUENCE STRATIGRAPHIC<br/>DIVISION OF THE SOUTHEAST PART OF NORTH<br/>CHINA EPICONTINENTAL BASIN .....</b>                     | <b>122</b> |
| 10.1              | Characteristic of high-frequency sea level changes of epicontinental basin<br>.....                                                                | 122        |
| 10.2              | Distribution model of systems tracts of epicontinental basin .....                                                                                 | 124        |
| 10.3              | High-resolution sequence stratigraphic division of epicontinental basin<br>.....                                                                   | 124        |
| <b>CHAPTER 11</b> | <b>HIGH-RESOLUTION SEQUENCE STRATIGRAPHY<br/>OF HUANGXIAN FAULT BASIN .....</b>                                                                    | <b>129</b> |
| 11.1              | Filling character of the basin .....                                                                                                               | 129        |
| 11.2              | Active stage of the fault and the tectonic sequence in the margin<br>of the basin .....                                                            | 131        |
| 11.3              | High-resolution sequence stratigraphy .....                                                                                                        | 133        |
| 11.4              | Coal accumulation .....                                                                                                                            | 138        |
| <b>CHAPTER 12</b> | <b>PERMIAN HIGH-RESOLUTION SEQUENCE STRATIGRAPHY<br/>OF THE SOUTH PART OF NORTH CHINA .....</b>                                                    | <b>141</b> |

|                                                                                                                                                              |                                                                                             |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 12.1                                                                                                                                                         | Depositional system and typical depositional succession .....                               | 141        |
| 12.2                                                                                                                                                         | Identification of the cycle of base level .....                                             | 145        |
| 12.3                                                                                                                                                         | Division of the high-resolution sequence stratigraphy .....                                 | 149        |
| <b>CHAPTER 13 COAL ACCUMULATION IN THE PROCESS OF TRANSGRESSION<br/>AND THE COAL FORMATION IN TRANSGRESSIVE EVENTS IN<br/>THE EPICONTINENTAL BASIN .....</b> |                                                                                             | <b>152</b> |
| 13.1                                                                                                                                                         | General discussion of the coal accumulation in the process of marine<br>transgression ..... | 152        |
| 13.2                                                                                                                                                         | Coal formation in transgressive events in the epicontinental basin<br>.....                 | 160        |
| <b>REFERENCES .....</b>                                                                                                                                      |                                                                                             | <b>163</b> |

# 第一篇 含煤盆地层序地层学基础

## 第一章 层序地层学概念体系

层序地层学理论引入我国后,迅速掀起了层序地层研究热潮,20世纪80年代末,特别是90年代提出了大批研究成果,也出版了大量介绍层序地层学理论体系和研究方法的著作,以及研究成果论著,使层序地层学理论和方法体系更加完善。本章将有关层序地层学常用术语和研究方法进行归纳和综合,以便与以后各章对照和呼应。

### 第一节 层序地层学术语系统

#### 一、层序地层学常用术语 (表 1-1)

#### 二、层序地层学重点术语解释

##### 1. 巨层序或大层序

层序地层学术语体系中的 Megasequence 一词争议最大,目前对其理解和解释尚未完全统一。随着层序地层研究的不断深入,大多数研究者认为它是比层序大得多的最高一级层序,可以与旋回层序中的一级旋回对应,包括若干个层序。在层序地层分级体系中应为一级层序。

##### 2. 超层序

超层序是比层序大的二级层序,包括几个层序,也有的学者认为它与巨层序或大层序相当。笔者认为超层序应是比巨层序小比层序大的一类层序,是与二级旋回相对应的二级层序。据 Vail 等人 (1988) 分析,大部分超层序是在相对海平面变化的二级周期 (超周期) 期间沉积的,是从水域最大到最小时期沉积的地层层序。

##### 3. 构造层序

构造层序是以古构造运动界面为边界的一类层序,盆地形成、演化至消亡,再从形成到消亡是一个连续的地质演化过程,因而构造层序被认为是一个巨型盆地充填序列,每一个构造层序代表一个具有特定充填类型的原型盆地充填序列,具有特定的地层或岩性组合,形成于不同的地壳演化阶段和构造环境 (林畅松, 1995)。因此,可以认为构造层序与巨层序或大层序相当,是一级层序。

##### 4. 层序组

以明显的进积、加积和退积堆叠型式或排列而成的一套层序 (Mitchum 等, 1991)。层序组这一术语属于高频层序的范畴,在基本涵义上类似于“小层序组”,但其关键点是层序以不整合面为边界,而层序规模要比层序小得多。

##### 5. 层序

层序是由不整合面或其对应的整合面限定的一组相对整合的、具有成因联系的地层序列 (Mitchum 等, 1977)。小层序和小层序组是层序的地层建造块 (Van Wagoner 等, 1990)。层序也称基本层序、沉积层序, 也称为“三级层序”。对层序涵义的理解和划分, 目前比较统一。

## 6. 复合层序

是高频层序地层术语范畴。为一组有成因联系的层序, 其中单个层序堆叠成低水位、海侵和高水位层序组。复合层序的沉积时限为 1~3Ma (Mitchum 等, 1991)。在高频层序中, 复合层序与三级层序相当, 关键是复合层序中的单个层序间均以不整合为边界。

表 1-1 层序地层学常用术语中英文对照

| 中 文        | 英 文                               | 中 文       | 英 文                             |
|------------|-----------------------------------|-----------|---------------------------------|
| 巨层序或大层序    | Megasequence                      | 高频层序      | High-Frequency Sequence         |
| 超层序        | Super-sequence                    | 高分辨层序     | High-Resolution Sequence        |
| 构造层序       | Tectonic Sequence                 | 层序边界      | Sequence Boundary               |
| 层 序        | Sequence                          | 小层序边界     | Parasequence Boundary           |
| 亚层序        | Sub-Sequence                      | I 型层序     | Type-1 Sequence                 |
| 小层序组       | Parasequence Set                  | 小层序组边界    | Parasequence Set Boundary       |
| 小层序        | Parasequence                      | 层序组       | Sequence Set                    |
| 加积小层序组     | Aggradational Parasequence Set    | II 型层序    | Type-2 Sequence                 |
| 退积小层序组     | Retrogradational Parasequence Set | I 型层序边界   | Type-1 Sequence Boundary        |
| 进积小层序组     | Progradational Parasequence Set   | II 型层序边界  | Type-2 Sequence Boundary        |
| 复合层序       | Composite Sequence                | 高水位体系域    | Highstand Systems Tract         |
| 海侵 (进) 体系域 | Transgressive Systems Tract       | 海平面相对上升   | Relative Rise in Sea Level      |
| 低水位体系域     | Lowstand Systems Tract            | 海侵滞流沉积    | Transgressive Lag               |
| 低位楔        | Lowstand Wedge                    | 海侵面       | Transgressive Surface           |
| 下切谷        | Incised Valleys                   | 凝缩段 (密集段) | Condensed Section               |
| 盆底扇        | Basin-Floor Fan                   | 对应面       | Correlative Surface             |
| 斜坡扇        | Slope Fans                        | 不整合       | Unconformity                    |
| 基准面        | Base Level                        | 进积        | Progradation                    |
| 可容空间       | Accommodation                     | 退积        | Retrogradation                  |
| 海泛面        | Marine-Flooding Surface           | 全球海平面变化   | Global Eustasy                  |
| 相对海平面变化    | Relative Change in Sea Level      | 全球海平面升降   | Eustasy                         |
| 海平面相对下降    | Relative Fall in Sea Level        | 陆棚边缘体系域   | Shelf Margin Systems Tract      |
| 沉积体系       | Depositional System               | 最大海泛面     | Maximun Marine-Flooding Surface |

## 7. 亚层序

是比层序小, 比小层序大的层序。但这一级层序一般不单独划出, 有时与小层序级别相当。因此, 亚层序不常使用。

## 8. I 型层序边界和 I 型层序

I 型层序边界是以河流复活下切作用、岩相的向盆地方向转移、海岸上超的向下转移, 以及上覆地层的上超伴生的陆上暴露及同时发生的陆上侵蚀作用为特征。作为岩相向盆地方向转移的结果, 非海相或浅水海相地层如层序边界之上的辫状河道或河口湾砂岩, 可能直接盖在界面以下的较深水海相岩之上。

I 型层序由低水位、海侵和高水位体系域组成, 下由 1 个 I 型不整合及其对应的整合面所限定, 其顶部以 I 型或 II 型层序边界为界 (图 1-1 和图 1-2)。这与盆地中层序观察的位置有关, 因此, 由于削蚀和无沉积作用, 并不是所有的体系域都出现。这类层序被解释为当全球海平面下降速率超过沉积滨线坡折下沉的速率时, 在沉积区海平面相对下降期形成 (Van Wagoner 等, 1987, 1988, 1990; Posamentier 和 Vail, 1988)。

#### 9. II 型层序边界和 II 型层序

II 型层序边界的特征是沉积滨线坡折带朝陆地方向的水上暴露, 以及海岸上超的向下转移 (Van Wagoner 等人, 1988)。但是它既没有与河道回春作用伴生的陆上侵蚀, 也没有岩相的朝盆地方向的转移。沉积滨线坡折朝陆地方向上覆地层的上超, 也是 II 型层序边界的特征。II 型层序边界是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形成的, 因为, 在该位置上没有发生海平面相对下降。

II 型层序底部以 II 型层序边界为界, 顶部以 I 型或 II 型层序边界为界, 由底部的陆架边缘体系域、中部的海侵体系域和上部的高水位体系域组成 (图 1-3)。现在, Exxon 公司研究者们已不再承认有 II 型层序, 现在 II 型层序界面被认为是小层序组界面的同义词, II 型层序也被认为是连接进积和退积小层序组的同义词。

#### 10. 小层序和小层序组

小层序是由海泛面及其对应面所限定的一组相对连续的、有成因联系的层和层组。在层序中的特殊位置上, 小层序可能要么上面、要么下面被层序界面所限定 (Van Wagoner, 1985; Van Wagoner 等, 1987, 1988, 1990)。parasequence 一词国内翻译有不同的术语, 如“准层序”、“副层序”、“亚层序”、“小层序”等。“准”或“亚”都带有略差一些或稍低一点的涵义, 而实质上 sequence 和 parasequence 在等级上差别较大。将 parasequence 译为“小层序”较之其它译名更能准确地反映其原本含意, 因为一个层序要包括十几或几十个小层序, 两者存在级别上的差异 (李思田, 1992)。作为一种沉积实体, 小层序往往是某一沉积体系域中的一个沉积旋回的产物。因此, 本书采用小层序这一术语。

小层序组是由主海泛面和其对应面所限定的一组有成因联系的小层序构成的具有显著叠置方式的地层序列 (Van Wagoner, 1985; Van Wagoner 等, 1987, 1988, 1990)。小层序组内的小层序叠置方式可以是进积式的、退积式的或加积式的 (图 1-4), 这主要取决于沉积速度与可容空间腾空速度的比值, 因此, 一个层序内的小层序叠置方式是可以预测的。

**进积小层序组** 向盆地远处沉积的、连续的年轻小层序组, 总体上, 沉积速率大于可容空间形成速率 (Van Wagoner 等, 1990)。

**加积小层序组** 一组相互叠置的连续的无明显侧向迁移的年轻的小层序组, 总体上可容空间形成的速度近似于沉积速度 (Van Wagoner, 1990)。

**退积小层序组** 以台阶状后退叠置的型式向陆地方向沉积的一套连续的年轻小层序。总体上, 沉积速率小于可容空间形成的速率 (Van Wagoner 等, 1990)。

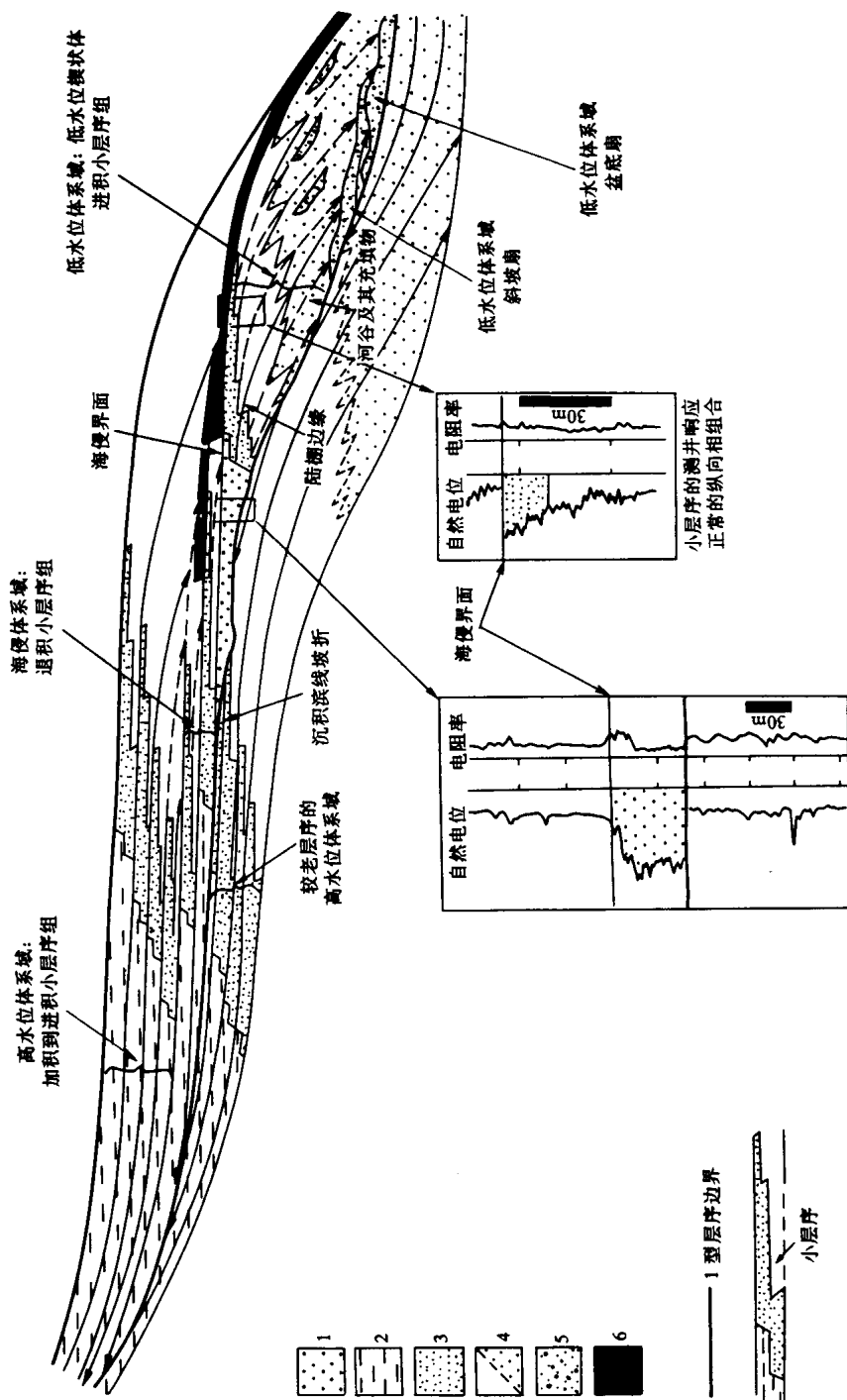
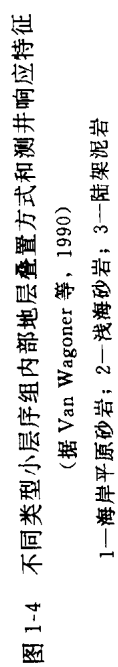


图 1-1 沉积于具陆架坡折盆地中的第 I 类层序的地层格架之一

(据 Wagoner 等人, 1990)

1—深切谷内的河流或河口湾砂岩; 2—滨岸平原砂岩和泥岩; 3—浅海砂岩; 4—陆棚和陆坡泥岩及砂岩; 5—海底扇、天然堤、河道砂岩; 6—缓慢沉积或沉积物





## 11. 体系域

由小层序和组成层序的次级单元的一个或多个小层序组形成的同期沉积体系的联合体称为沉积体系域。被确认的有低水位体系域、海侵体系域和高水位体系域。体系域的解释是建立在小层序堆叠型式、与层序的位置关系和层序边界类型的基础上。而不是根据海平面旋回的推测关系来定义体系域 (Brown 和 Fisher, 1977)。

### (1) 低水位体系域 [LST]

低水位体系域是在海平面缓慢下降, 然后又开始缓慢上升阶段的沉积。在不同的盆地边缘发育不同的低水位体系域。在有不连续的陆架边缘的盆地中, 低水位体系域由不同时的上下两部分组成: 下部为低水位扇或盆底扇; 上部为低水位楔。若盆地没有不连续的陆架边缘而为缓坡边缘, 低水位体系域则由两部分楔形体组成: 第一部分形成于海平面缓慢下降期间, 此时河流复活, 沉积物越过海岸平原和陆架, 在沉积滨岸坡折以下的深水部分沉积, 形成颗粒相对较粗的局限盆地楔; 第二部分的特征是在海平面开始缓慢上升导致深切谷被充填, 以及缓慢的滨岸进积和加积。

### (2) 陆架(棚)边缘体系域 [SMST]

陆架边缘体系域是Ⅱ型层序的最下部的体系域, 即2类层序界面之上的第一个体系域, 它由一个或多个微显进积至加积的小层序或小层序组组成。在沉积滨岸线坡折的向海一侧, 该体系域下超在Ⅱ类层序界面之上。在沉积滨线坡折的向陆方向, 由于海平面迅速下降, 河流沉积作用停止, 因而陆架边缘体系域底部表现为海岸上超的向下迁移, 或上超在层序界面上。陆架边缘体系域沉积期间, 随着海退的不断进展, 陆架虽有暴露, 但其大部分可暂时被半咸水淹没, 因此陆架边缘体系域顶部附近可有广泛的煤系分布。一般地, 陆架(棚)边缘体系域内部沉积相的叠置特征是自下而上海相沉积逐渐增多, 与上覆的海进体系域的分界面为海进面。

### (3) 海进(海侵)体系域 [TST]

海进体系域是1类和2类层序的中部体系域, 其下界面为海进面, 下伏体系域为LST或SMST。海进体系域是海平面上升期间的沉积, 因此它由一个至多个退积小层序组成。不同类型的层序中海进体系域发育程度不尽相同, 比较而言, 2类层序中的TST更为发育。在发育1类层序界面的情况下, 海进早期阶段的沉积局限于深切谷内, 而且, LST沉积之后海平面仍在陆架之下, 广大的陆架地区没有海进沉积。只有在海平面开始迅速上升之后, 陆架才逐渐覆水并最终被淹没, 沉积中心也逐渐向陆迁移, 此时才有较为广泛的海进沉积。在发育2类层序界面的情况下, 由于没有深切谷, 而且陆架也未全部露出水面, 因而海进一开始便有沉积的广阔空间, 所以2类层序中的海进体系域更为发育和广泛。

### (4) 高水位体系域 [HST]

高水位体系域是层序最上部的体系域, 是海平面高位期的沉积。在海进体系域形成之后, 海平面上升已非常缓慢, 在其上升到最高水位这段时期内沉积的HST, 以加积小层序为特色, 为早期HST; 此后, 海平面开始缓慢下降, 此阶段形成的HST则以进积小层序为主, 为晚期HST。HST内的小层序在向陆方向可上超在层序界面上, 在向盆地方向则下超在海进体系域或低位体系域之上。

## 12. 盆底扇、斜坡扇和低水位楔

这是低水位体系域三个独立单位。