

南鄂尔多斯盆地的成因地层格架 及沉积演化过程

夏文臣 雷建喜 张学义 王超勇

(中国地质大学 武汉)

采用过程沉积学分析和沉积构成研究相结合的方法,在古代沉积岩系中划分沉积总体(夏文臣等,1989)和建立沉积模式是宏观沉积学研究的基本思路。如果在此基础上,以沉积总体为基本构成单位,研究整个盆地的充填样式和成因地层格架,无疑会对盆地的演化历史和形成机制有更深入的认识,因而也就可以更有效地把握沉积矿产或层控矿产的分布规律及成矿过程。现以南鄂尔多斯盆地为例,对中国东部早中生代大型内陆坳陷盆地的充填样式成因地层格架和演化过程给予概要的讨论。

一、概述

在中国地壳发展过程中,印支运动期是一个重要的转折期(王鸿祯,1982)。鄂尔多斯盆地也不例外,印支运动前,虽然也出现了内陆湖泊型和冲积-湖泊型沉积体系,但它的分布范围和古地理格架都不同于后来的鄂尔多斯盆地,因而下侏罗统与上三叠统之间的印支期古构造运动面应作为盆地的基底面。印支运动之后,由于差异侵蚀作用,在盆地基底面上产生了相互分隔的侵蚀盆地。早侏罗世富县期,侵蚀盆地被近源碎屑物充填,形成一定类型的盆地充填物。延安早期,盆地开始下沉,出现了坳陷型内陆盆地,在其发育过程中,沉积了由湖进开始,到最大湖进再到湖退的延安组含煤岩系(图7)。中侏罗世,受始燕山期古构造运动的影响,盆地曾一度被抬升并遭受剥蚀,从而形成了延安组与直罗组之间的古剥蚀面。中侏罗世的直罗期至安定期,盆地再度下沉,从而形成了由辫状河沉积体系开始到半干旱型湖泊体系的杂色和红色岩系。中侏罗世末期,受早燕山期运动的影响,盆地再次抬升并长期遭受剥蚀,早中生代的鄂尔多斯盆地也到此结束。

二、沉积盆地的基本构成单位

以地表露头和钻孔岩心研究为主,同时应用地下资料进行沉积学编图,在南鄂尔多斯盆地中识别出了五种沉积总体。

1. 扇三角洲沉积总体(FD)

出现在盆地基底面上的侵蚀盆地或盆地边缘的亚盆地中。这种沉积总体明显具有近源

和受突发性洪水事件影响的特点, 各类洪泛性成因单位十分发育(夏文臣等, 1989)。作为沉积总体, 时常具数个生长层序, 每个生长层序的底部为湖泊沉积, 向上出现以洪泛性水下重力流沉积为主的扇三角洲水下平原相, 顶部有时出现厚度不大的扇三角洲平原相或扇三角洲边缘平原相(图 1-B)。以生长层序为单位编绘砂岩累计厚度图表明砂分散体系为伸长朵叶状(图 1-A), 其空间分布明显受古地形控制。砂质朵状体分布在狭长古洼地之中, 向盆地中央砂分散体系与湖泊泥岩指状交互, 而向陆地地方向过渡为具河间湖沼的辫状河沉积总体。

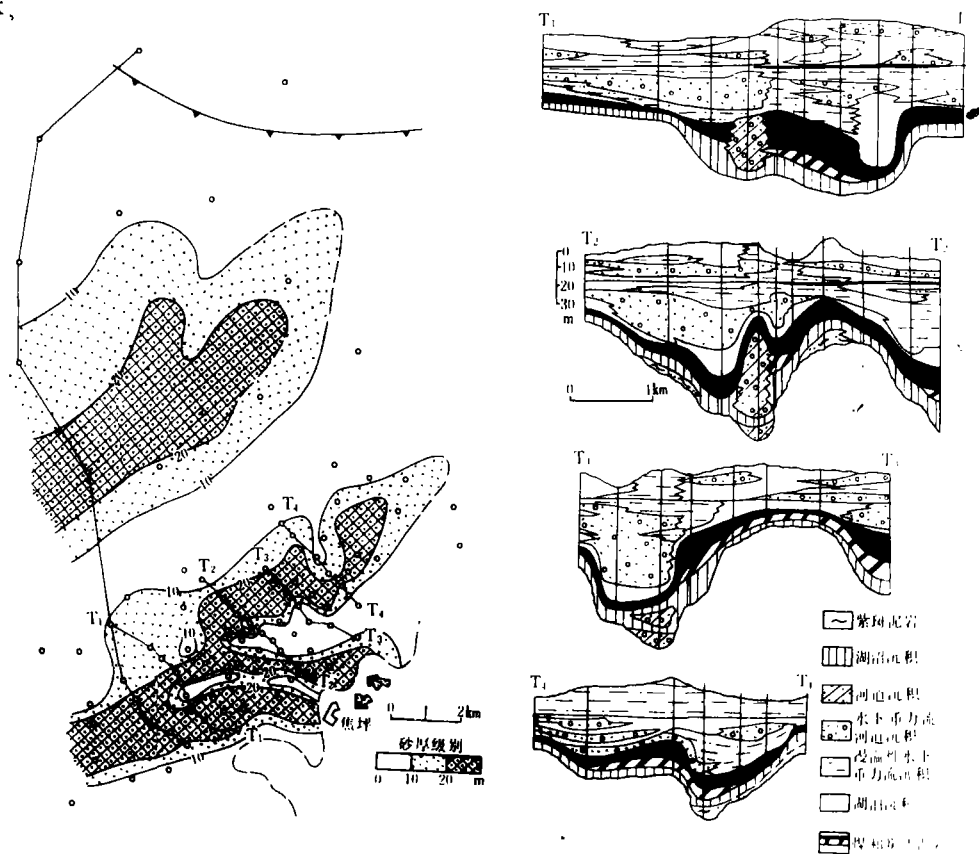


图 1 湖泊型扇三角洲沉积总体的砂分散体系 (A) 及断面沉积构成 (B)

Fig. 1 Sand-dispersal system (A) and cross-sections (B) showing the depositional architecture of lacustrine fan-delta depositional package

2. 具河间湖泊的冲积平原沉积总体

主要发育在盆地初始沉降阶段。受古地形的影响, 早期盆地的连通性差, 因而不同部位可能出现不同类型的河流。在边缘的亚盆地中, 通常为网结河沉积总体, 河道沉积以分选性差的粗至极粗砂岩为主, 并出现多个洪泛性成因单位垂向叠覆的构成型式。而在中央区的广阔盆地中, 则出现以曲流河为主的冲积平原沉积总体, 河道沉积以中细砂岩为主, 其内部构成为多成因单位侧向叠覆型(图 2-B)。砂岩累计厚度图表现为蛇曲形(图 2-A)。在河道旁侧有决口扇或洪泛成因的砂质朵体。远离河道的河间地区, 时常为湖沼或短命湖泊沉积。在冲积平原的废弃阶段, 可以出现广泛分布的泥炭沼泽, 形成厚煤层。

3. 湖三角洲沉积总体

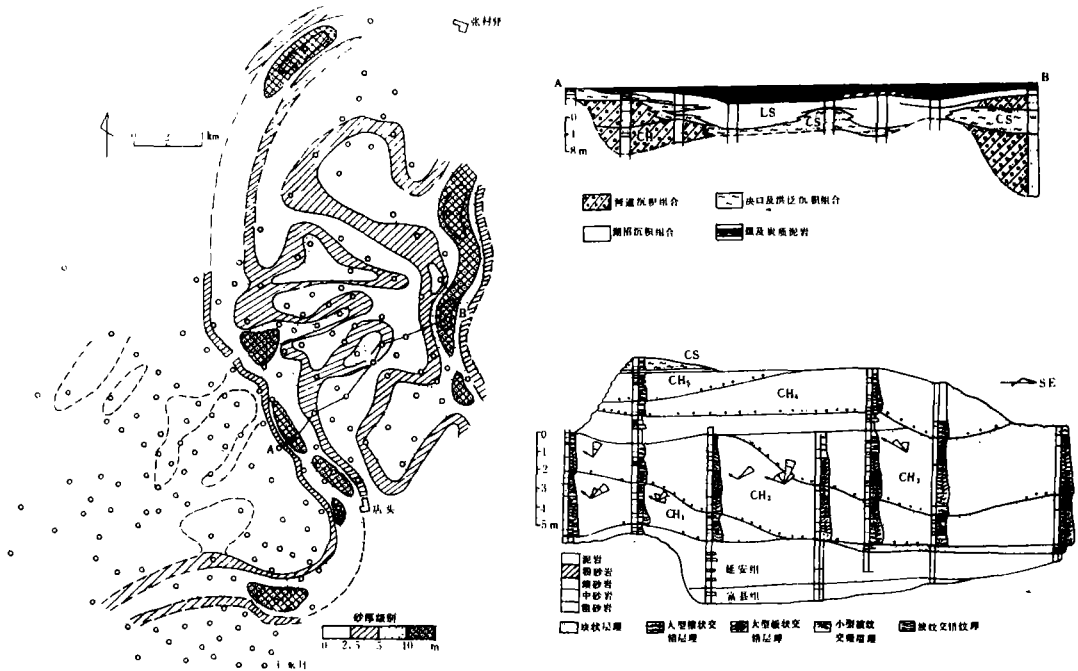


图 2 曲流河沉积总体的砂分散体系 (A) 及断面沉积构成 (B)

Fig. 2 Sand-dispersal system (A) and cross-sections (B) showing the depositional architecture of meandering stream depositional package

通常出现在盆地加速沉降阶段或盆地萎缩阶段, 由于湖三角洲发育的边界条件和主导的沉积过程不同, 出现了两种不同的湖三角洲沉积总体: 河口坝型湖三角洲和分流河道型湖三角洲。二者的主要区别是水下三角洲平原相的构成单位和构成型式不同。河口坝型湖三角洲的水下三角洲平原相主要由分流河口坝和前三角洲沉积构成, 显示进积的构成型式 (图 3-B), 其中的河口坝沉积组合是由多个洪泛性扩散流成因单位叠覆构成, 总体表现为向上成因单位变厚、平均粒度变粗。水下分流河道型湖三角洲的水下三角洲平原相主要由多分支、多期次的水下分流河道、水下决口扇和湖泊沉积构成, 显示不规则填积型沉积构成型式 (图 4-C)。另外, 从单个生长层序的砂分散体系形态特征来看, 分流河口坝型湖三角洲常呈短轴的或伸长的朵叶状 (图 3-A), 而水下分流河道型湖三角洲则呈多分枝和向盆地方向发散的指状或网结状 (图 4-A)。生长层序的发育特点也各不相同, 河口坝型湖三角洲的生长层序三段式结构明显, 三角洲平原相和水下三角洲平原相对等发育, 含煤性好。而在水下分流河道型湖三角洲生长层序中, 则以水下三角洲平原相为主, 三角洲平原相不发育, 含煤性差, 但储集油气的性能较好。在沉积盆地发育的一个构造演化阶段内, 水下分流河道型湖三角洲通常出现在盆地加速沉降和扩张阶段, 而河口坝型湖三角洲则出现在盆地开始萎缩阶段, 并时常是进积型的。

4. 碎屑湖滨带沉积总体

主要出现在盆地最大扩张和相对稳定阶段, 并时常盖在中深湖—深湖沉积总体之上 (图 7)。碎屑湖滨带沉积总体同样由数个进积型生长层序构成 (图 5-C), 每个完整的层序都是下部由深湖及水下重力流相开始, 向上依次出现湖滨过渡带相、低能滨浅湖相和高能湖

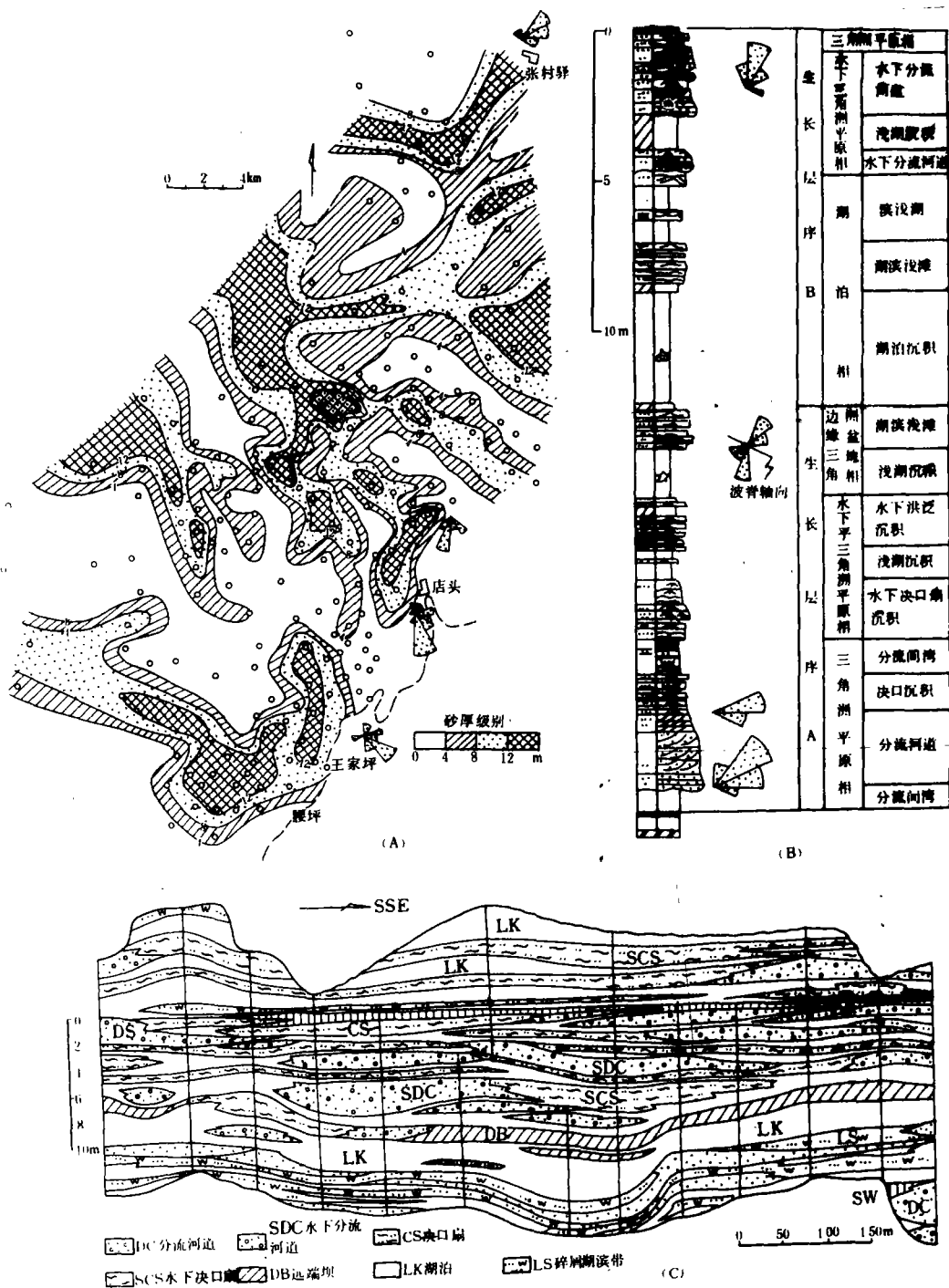


图4 水下分流河道型湖三角洲的砂分散体系(A)、垂向层序(B)及断面沉积构成(C)

Fig. 4 Sand-dispersal system (A), vertical sequence (B) and cross-section (C) showing the depositional architecture of a lacustrine delta with subaqueous distributary channel

在广阔盆地的低洼带，以河道体系为主，并沉积形成了以河道和河道边缘沉积为格架的沉积总体。而在远离河道的河间地区，时常出现短命的浅水湖泊和沼泽环境，沉积了以

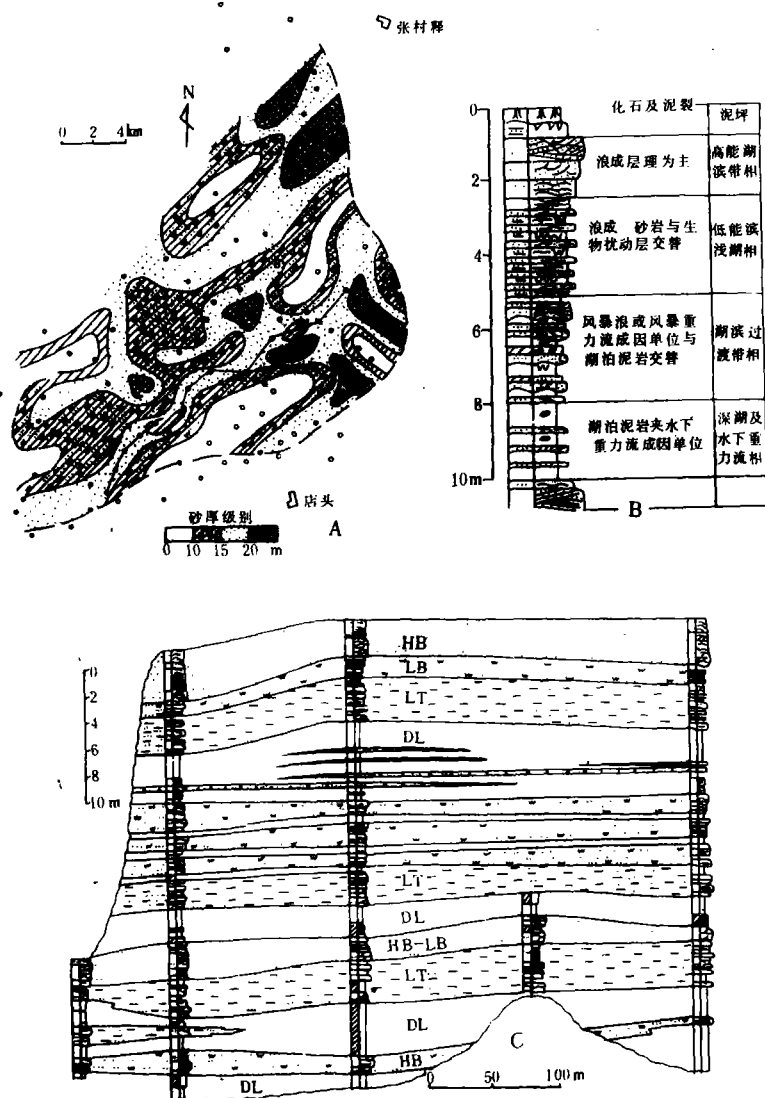


图5 碎屑湖滨带沉积总体的砂分

散体系 (A)、垂向层序 (B) 及断面沉积构成图 (C)

Fig. 5 Sand-dispersal system (A), vertical sequence (B) and cross-section (C) showing the depositional architecture of lacustrine clastic shoreline depositional package

泥岩和粉砂岩为主的河间湖沼沉积总体 (图 6-A)。河间湖沼淤浅或河道废弃可以发展为泥炭沼泽, 因而此种充填样式中常保存有巨厚的工业煤体。

2. 扇三角洲-湖泊型

在基底起伏较大的边缘盆地中, 时常以接受近源突发性洪泛沉积物为主, 从而在顺向谷地中形成了近端为扇三角洲沉积总体, 而远端和侧翼与湖泊沉积指状交互的充填样式 (图 6-B)。在谷地间的平台上, 则以浅水湖泊或湖沼沉积为主。

3. 冲积平原-湖三角洲-湖泊型

这是大型内陆拗陷盆地中最常见的充填样式, 由盆地边缘向盆地中心分带性明显。在

近端部位出现由短流程河道组成的冲积平原沉积总体, 进入湖泊之后, 中端出现湖三角洲沉积总体, 远端为湖泊沉积总体 (图 6-C)。湖水面升降或基底沉降速率和源区侵蚀作用的周期性变化, 时常引起三角洲的进积或退积, 因而相邻的不同沉积总体之间为指状交互关系。

4. 湖三角洲-碎屑湖滨带-深水湖泊型

通常出现在盆地最大扩张和相对稳定阶段。由盆地边缘向盆地中心依次出现湖三角洲沉积总体, 碎屑湖滨带沉积总体和深水湖泊沉积总体 (图 6-D)。

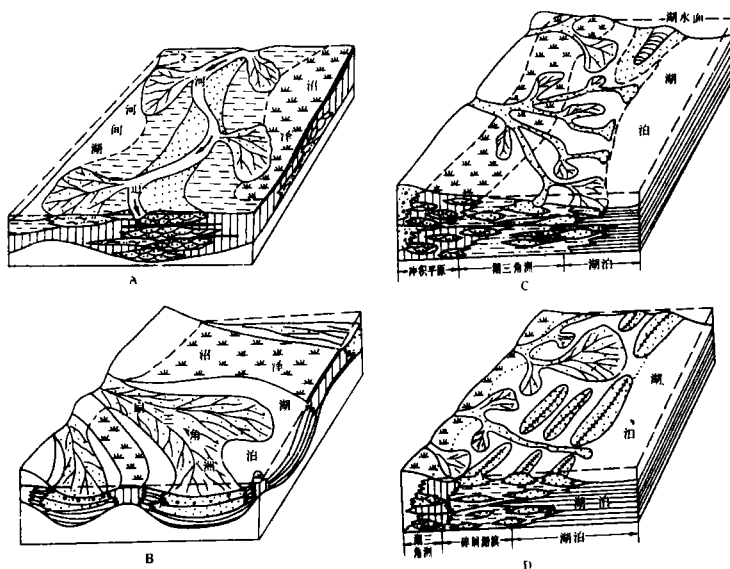


图 6 鄂尔多斯盆地中常见的四种充填样式类型

A-冲积平原及河间湖泊型; B-扇三角洲-湖泊型; C-冲积平原-湖三角洲-湖泊型;
D-湖三角洲-碎屑湖滨带-深水湖泊型

Fig. 6 Schematic diagram of four types of basin-fill patterns in the Ordos Basin

A=alluvial plain and interchannel lake basin-fill pattern; B=fan-delta/lake basin-fill pattern; C=alluvial plain/lacustrine delta/lake basin-fill pattern; D=lacustrine delta/lacustrine clastic shoreline/deep lake basin-fill pattern

四、盆地的成因地层格架

为了建立盆地的成因地层格架, 野外实测了数十条控制性沉积剖面, 在南鄂尔多斯盆地应用较密集的剖面和钻孔资料编绘了十余条成因地层对比断面图。在此基础上, 又选择邻区的前人实测剖面和石油钻井资料进行全盆地的成因地层对比, 编绘出横穿盆地的成因地层断面图 (图 7)。编图分析与野外露头研究相结合, 鉴别出 10 条等时性地层界面, 其中古构造运动面 3 条, 沉积间断面 1 条, 由湖水面升降而产生的相转换面 6 条。3 条古构造运动面将沉积盆地分割为两个构造沉积幕, 而在每个构造沉积幕中又被其它类型的等时界面分割为若干个沉积幕。

1. 古构造运动面和构造沉积幕

包括顶、底界面在内, 早中生代鄂尔多斯盆地共发育 3 条古构造运动面, 它们虽然所

表现的构造变动强度较弱,但都有明显的标志说明古构造运动和古剥蚀作用曾经发生。现将3个古构造运动面的特点分别描述如下:

(1) 印支期古构造运动面(T_b),它是盆地的基底面,位于上三叠统延长群与下侏罗统富县组或延安组之间,除在界面上发现有古风化壳之外,还可以看到界面上、下地层之间的侵蚀不整合和微角度不整合。通过编绘沉积断面图更可发现该界面的波状起伏形态和上三叠统顶部被不均衡剥蚀的特点。该界面所记录的种种特征表明,晚三叠世末期的晚印支期古构造运动虽然没有导致基底岩系的强烈褶皱,但是由于区域性的抬升运动,确实造就了一个明显的古剥蚀面。

(2) 始燕山期古构造运动面(T_0),它是出现在盆地中间的古构造运动面,位于中下侏罗统延安组和中侏罗统直罗组之间(图7)。由于直罗组底部时常出现厚而分布广的辫状河道砂体,因而容易过分强调河流的冲刷作用,而忽略了构造运动的剥蚀作用。在野外不仅可以看到界面之上的古风化壳,而且多处可见下伏地层的剥蚀程度与河道冲刷作用的不协调现象,即下伏地层遭受剥蚀最强的地段,上覆地层中不存在巨厚的河道砂体。通过编绘区域性成因地层对比图(图7),更能清楚地表现出下伏地层被不均衡剥蚀和界面上、下地层的区域不整合特点。另外,成岩作用研究结果表明,界面上下沉积岩的压固程度和胶结作用也相差很大。上述特征均说明延安组沉积末期和直罗组开始沉积之间有一次以抬升为主的古构造运动,从而产生了 T_0 古剥蚀面。直罗组底部河流的冲刷作用发生在构造运动之后,而不是导致延安组被剥蚀的主要原因。

(3) 早燕山期古构造运动面(T_1)为盆地的顶界面,位于中侏罗统安定组与下白垩统志丹群之间(图7)。作为古构造运动面除了缺失上侏罗统和上覆地层存在底砾岩之外,下伏地层遭受不均衡剥蚀和区域不整合现象也是重要标志。

上述三个古构造运动面不仅可以在盆地内部对比,而且能延续到邻区的同类盆地之中。它们限定了沉积盆地的两个大的等时性成因地层单位——构造沉积幕。

第一构造沉积幕形成于印支—始燕山阶段。在此阶段内,受同沉积构造沉降、湖水面升降和源区侵蚀周期等因素的共同影响,又在构造幕内产生了4个等时性地层界面、5个沉积幕和各沉积幕中相应的充填样式(图7)。5个沉积幕的叠覆表现了沉积盆地的一次充填过程,即由侵蚀盆地充填阶段到盆地初始沉降阶段,再至盆地加速沉降-扩张阶段和最大扩张-相对稳定阶段,最后以盆地萎缩阶段则告终。

第二构造沉积幕形成于始燕山—早燕山阶段,同样由3个内等时界面分割为4个沉积幕(图7)。各沉积幕的充填样式及由其构成的成因地层序列再现了盆地由初始沉降阶段开始,到盆地加速沉降-扩张阶段,再到盆地最大扩张-相对稳定阶段,以及最后以盆地萎缩阶段告终的沉积演化过程。

从上述分析可以看出,在两次构造运动之间的地质时期内,盆地都经历了一个完整的沉积演化过程,这称作一个构造演化旋回。同一个构造演化旋回所形成的、界于2个古构造运动面之间的多个沉积幕的有序叠置构成了构造沉积幕(简称构造幕)。建立构造沉积幕的基本条件概括如下:

(1) 每个构造幕的顶、底界面都是古构造运动面,特殊情况可能为外星球撞击或火山活动标记面。

(2) 同一个构造幕内,又可根据盆地演化的阶段性和由水面升降、气候变化以及源区

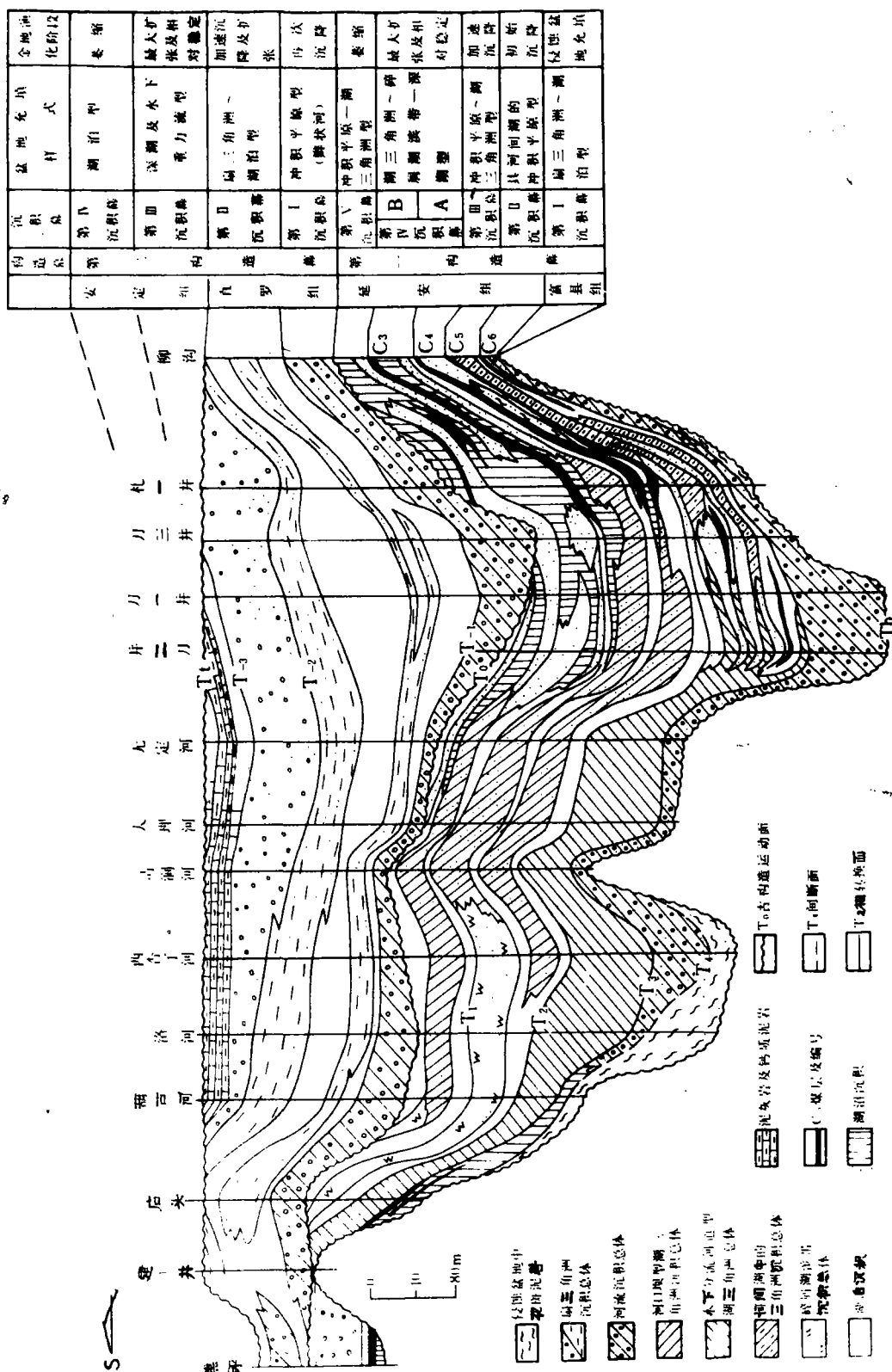


图7 鄂尔多斯盆地成因地层格架图

Fig. 7 Genetic stratigraphic framework of the Ordos Basin

侵蚀周期变化等地质事件产生的内等时界面划分为若干个沉积幕,每个沉积幕都有一定的充填样式。多沉积幕叠置构成的成因地层序列代表了一个完整的沉积充填旋回。在内陆盆地中,初始沉降阶段常出现由粗粒沉积总体和较浅水沉积总体构成的下部退积型充填样式;加速沉降和最大扩张阶段则出现由较细粒沉积总体和深水沉积总体构成的湖泊型充填样式;萎缩阶段或封闭阶段又出现由粗粒沉积总体和浅水沉积总体构成的进积型充填样式。

(3) 同一个构造幕的各沉积幕之间为协调一致和整一关系,并且相互之间多为连续沉积,而不出现严重的缺失或不连续变化。在地震剖面中,一个构造幕通常相当于一个超层序,可能包括数个地震层序。

(4) 同一沉积盆地内,不同构造幕之间尽管在内部构成、古气候标志、古生物群特征、物质成分和含矿性等方面有差别,但是成因地层序列所表现的沉积演化过程都有极大的相似性和重复性。沉积盆地多次重复演化的过程称为盆地演化的多旋回性。

Ⅱ. 沉积盆地演化及与板块运动的关系

通过古构造运动面和构造沉积幕分析,足以说明鄂尔多斯盆地的成因地层构成和沉积演化过程都表现出二元性特征,即分别由多个沉积幕组成的两个构造幕代表了盆地的两次沉积充填过程。中国东部地区的同时代或不同时代的其它沉积盆地也有同样的表现。作为地质学家对沉积盆地的这种特征是容易理解的。对各类盆地进行研究的结果告诉我们,除少数侵蚀盆地之外,构造成因的沉积盆地都有长期的发展演化过程,并多次经受区域性构造运动的影响。每次构造运动不仅会产生具构造变动标志的古构造运动面,而且时常伴随有古剥蚀作用。在两期古构造运动之间的地质时期内,盆地则经历一个由初始沉降开始,到加速沉降和不断扩张,再到最大扩张和相对稳定以及最后以盆地萎缩而告终的沉积演化过程。在此过程中,形成相应的成因地层序列(图7)。

如果我们把盆地成因地层格架研究与盆地所在板块的构造作用联系起来,就不难发现盆地演化的多旋回性与板块边缘的碰撞和俯冲等构造作用密切相关。早中生代鄂尔多斯盆地的形成明显受晚印支期秦岭海槽的封闭和华北、扬子陆块的最后对接碰撞过程控制(王鸿祯等,1990)。中侏罗世早期的始燕山期运动和晚侏罗世一早白垩世的早燕山期运动可能与库拉-太平洋板块向亚洲大陆周期性增强的俯冲作用有关。特别是早燕山期运动不仅表现为强烈的构造变动,而且伴随有大规模的岩浆-火山活动和变质作用。这次构造运动在亚洲大陆东部沿海表现最强,向西渐减弱,但它仍然是导致早中生代拗陷盆地结束的主要原因。

鄂尔多斯盆地成因地层构成的多元性和演化过程的多旋回性虽然与某些前陆盆地相似,但是它的形成和演化与来自不同方向 and 不同性质的板块边缘构造作用有关,而不是受来自同一个方向的造山带负荷作用控制,因此它不属于前陆盆地,而应属于内陆或后陆拗陷盆地。

主要参考文献

- 王鸿祯, 1982, 中国地壳发展的主要阶段, 地球科学, 18 期。
王鸿祯等, 1990, 中国及邻区大地构造划分及构造发展阶段, 《中国及邻区构造古地理及生物古地理》专著论文集, 中国地质大学出版社。

夏文臣、金友渔, 1989, 沉积盆地的成因地层分析, 中国地质大学出版社.

夏文臣等, 1989, 聚煤盆地中的水下重力流沉积, 地球科学, 第 6 期.

Miall, A. D., 1984, Principles of sedimentary basin analysis, Springer-Verlag.

Walker, R. G., 1984, Facies models (second edition), Geoscience Canada Reprint Series 1.

GENETIC STRATIGRAPHIC FRAMEWORK AND SEDIMENTARY EVOLUTION OF SOUTHERN ORDOS BASIN

Xia Wenchen Lei Jianxi Zhang Xueyi Wang Chaoyong

(China University of Geosciences, Wuhan)

Abstract

Four types of basin-fill patterns and the whole genetic stratigraphic framework of a intracontinental basin are established according to internal and external depositional architectures of every kind of the depositional packages in the Ordos basin. The basin-fill patterns include alluvial plain/interchannel lake pattern, fan-delta/lake pattern, alluvial plain/lacustrine delta/lake pattern and lacustrine delta/lacustrine clastic shoreline/deep lake pattern. Furthermore, on the basis of the study of different stratigraphic interfaces, the evolution of the basin may be divided into two tectono-depositional episodes, each of which, in turn, may be subdivided into several depositional episodes. The features described here are thought to be characteristic of multicyclicly of the basin evolution.