

文章编号: 1009-3850(2003)01-0031-06

酒西白垩纪盆地沉积构成及盆地演化动力学分析

付国民¹, 李永军², 梁志录³

(1. 成都理工大学, 四川 成都 610059; 2. 长安大学, 陕西 西安 710050; 3. 甘肃地质矿产开发局, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 酒西白垩纪盆地是酒西含油气盆地的一个单型盆地, 发育了冲积扇、水下重力流扇、扇三角洲、湖泊、河流沉积体系。在湖盆演化的不同阶段形成冲积扇-扇三角洲-滨浅湖-砾质辫状河、近岸水下重力流扇-中深湖-扇三角洲和扇三角洲-中浅湖-河流沉积体系组合型式。依据等时界面, 将湖盆充填序列划分为3个构造层序, 相对应于初始裂陷、扩张裂陷-热衰减沉降和湖盆萎缩关闭3个演化阶段。地幔热柱的形成和衰减、燕山运动等远程应力作用控制着盆地的演化。

关键词: 沉积构成; 盆地动力学; 白垩纪; 酒西盆地; 甘肃
中图分类号: P512.2 文献标识码: A

酒西西部盆地是祁连山褶皱系河西走廊边缘拗陷西部的一个小型盆地, 是中国西部能源勘探的重要领域。酒西白垩系盆地是在侏罗纪拉张裂陷基础上发育起来的断拗盆地, 沉积厚达4600m的早白垩世河湖相碎屑建造, 是酒西盆的主要的含油气层位。笔者旨在沉积体系及成因相分析的基础上, 探讨酒西白垩纪盆地沉积构成及盆地演化动力学背景。

1 盆地地质概况

酒西盆地是酒泉-民乐盆地的一个组成部分, 属祁连山北麓的山前拗陷, 在区域构造上南接祁连山褶皱系, 北临阿拉善地块和宗山海西活动带, 夹持于祁连山前和阿拉善山前断裂、阿尔金断裂之间(图1)。盆地基底为下古生界变质岩系, 是一内陆叠合型盆地。

根据盆地形成的盆地动力学背景及物质充填建造, 酒西盆地可分为: (1) 晚古生代海陆交互相单型

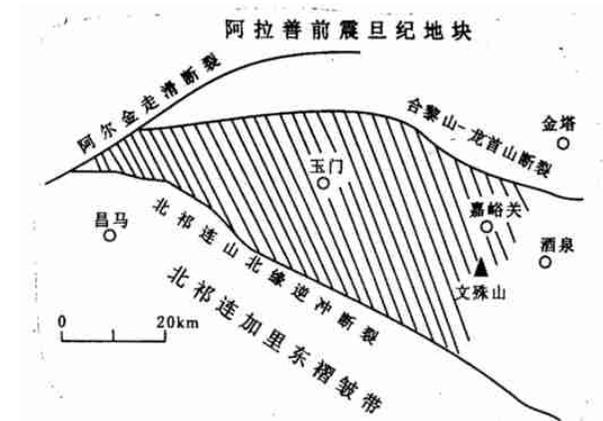


图1 酒西盆地构造位置图

Fig. 1 Tectonic settings of the West Jiuquan Basin

盆地, 仅发育在南部。(2) 侏罗纪断陷单型盆地, 主要发育陆相碎屑含煤建造。(3) 白垩纪断拗单型盆地, 是酒西盆地组成的主体, 也是主要的含油气层系, 发育于燕山构造旋回, 由于盆地基底存在北西西向和北东东向的相互交织的两组断裂, 形成凸凹相

间的古地理格局,沉积了下白垩统新民堡群典型的河湖相碎屑建造,在盆地广泛分布,但厚度变化极大,存在多个沉积中心,发育了丰富生烃泥岩。(4)新生代陆相单型盆地,形成东浅西深、南北浅中央深的不对称凹陷,接受了一套河湖、河流相至山麓相红色碎屑建造。

酒西盆地白垩系主要发育下统新民堡群,钻井及地面调查证实新民堡群与下伏侏罗系角度不整合接触,其上缺失上白垩统。

根据岩性组合和古生物特征,新民堡群自下而上分为赤金堡群(K_{1c})、下沟组(K_{1x})、中沟组(K_{1z})。赤金堡组下部为紫红色、紫色花岗质砾岩、角砾岩及紫红色粉砂岩、石英砂岩;上部为黄褐色砂岩和灰绿色、紫红粉砂岩、细砂岩与泥岩互层。下沟组下部为紫红色砾岩、杂色粉砂岩、泥岩、细砂岩不等厚互层;上部为灰绿色、紫红色粉砂岩、泥岩,偶夹细砾岩。中沟组下部为灰黑色粉砂质泥岩、泥灰岩夹砂砾岩,上部为砖红色砂砾岩夹细砂岩。整个沉积序列反映了酒西盆地白垩纪气候干湿相间,湖水进退频繁。

2 沉积体系及相构成分析

酒西白垩纪盆地沉积体系主要以冲积型及湖泊型为主,包括冲积扇沉积、扇三角洲体系、河流体系、近岸水下重力流扇体系及湖泊体系。

2.1 冲积扇沉积体系

冲积扇沉积体系发育于白垩纪初期,沿老山边缘呈裙状展布,形成于气候干燥、古地形差异较大的古地理背景下和盆缘同沉积断裂拉张-走滑古构造应力状态下。成因相主要有泥石流混杂砂砾岩、扇间洼地粉砂岩和细砂岩、片流席状砂砾岩体、漫流较细粒沉积及扇前冲积河道砂砾岩、溢岸较细粒沉积。其中泥石流成因单位及其发育,岩性组合以紫红色砂砾岩为主夹杂色粉砂岩,以发育洪积层理及泥质角砾为特征。主要由块状和递变层理砾岩组成,砾石呈棱角状无定向排列,泥基支撑,并有大量漂砾不均匀排列,成因单位底部具有明显的冲刷。按照构造特征的不同,可进一步划分为5种主要的类型——均一块状、正递变型、反递变型、双向递变型和双正递变型。其中均一块状和正递变型最为发育,泥石流成因单位长于漫流较细粒砂砾岩组成泥石流-漫流沉积组合(图2)。但它们均表现为岩性相构成简

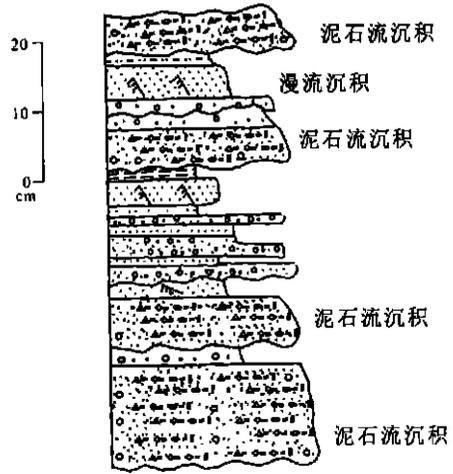


图2 酒西白垩纪盆地泥石流-漫流沉积

Fig. 2 Clastic flow-overbank deposits in the West Jiuquan Basin

单和成因单位厚度大的特点,代表了突发型的泥石流的快速沉积过程。

冲积扇体系相带展布表现为以泥石流为骨架成因单元的冲积扇沉积和以具二元结构的河道砂砾岩体为骨架成因单元的扇前冲积平原,沿老山至盆内呈带状不均匀展布,钻井和露头多见大型扇体复合砂砾岩带平行老山呈透镜状产出,沿水流方向呈楔形状展布。

2.2 扇三角洲沉积体系

扇三角洲为有突发性事件控制的,展现出一种瞬时的甚至是突发性事件的记录,它们以最短的沉积时期、最大的流量与最大的可突变性为特征,因此事件性的成因单位非常发育。

酒西白垩纪盆地扇三角洲体系主要发育在初始裂陷阶段,主要表现为冲积扇砂砾岩直接进积于湖盆水体之中,以水下重力流沉积发育和洪积砾岩与湖相暗色泥岩、泥灰岩上下叠置或侧向过渡为特征。主要成因单元为:(1)泥石流砂砾岩,发育高流态的粗糙平行层理、洪积层理及巨大漂砾和泥砾,泥基支撑。(2)水下重力流沉积(图3),从下到上由洪积砂砾岩(S_{gh})、递变层理含砾砂岩(S_{gmg})、纹层状暗色泥岩(F_i)和粉砂岩组成,是泥石流伸入湖水中经改造沉降的产物,时常是洪泛性事件触发的,常存在于扇三角洲的近端坝中,最大特点是其与正常水下沉积呈冲刷或明显接触,平均粒度粗,发育高流态递变层理。(3)扇前河道砂砾岩,底部多具冲刷面,发育牵引流成因的大型槽状及平行层理,内部显示向上

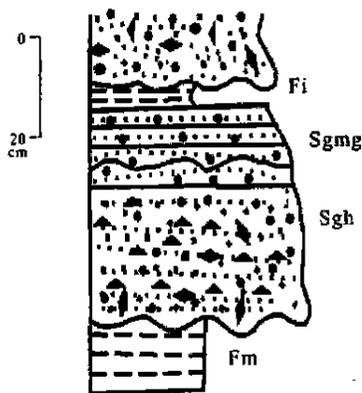


图3 酒西盆地水下重力流成因单位

Fi. 纹层状泥岩; Sgmg. 递变层理砂砾岩; Sgh. 洪积层理泥石流混杂砾岩; Fm. 水平层理湖相泥岩

Fig. 3 Genetic units of the subaqueous gravity flow deposits in the West Jiuquan Basin

Fi= laminated mudstone; Sgmg= sandstone and conglomerate with graded bedding; Sgh= clastic flow m'langes with alluvial bedding; Fm= lacustrine mudstone with horizontal bedding

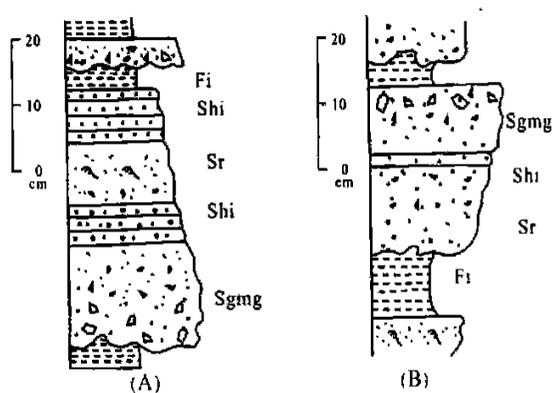


图4 酒西白垩纪盆地水下重力流沉积

Shi. 平行纹层细粉砂岩; Sr. 小型交错层理细砂岩。其它图例见图3

Fig. 4 The subaqueous gravity flow deposits in the West Jiuquan Basin

Shi= parallel laminated fine siltstone; Sr= fine sandstone with small-scale cross-bedding. See Fig. 3 for the explanation of the other symbols

变细的构造层序,与泥石流砂砾岩相互产出,多呈透镜状。(4)漫流席状砂体,夹于泥石流与河道砂砾岩之中,呈席状展布,发育水流皱纹交错层和高流态平行层理,冲刷-充填构造及其发育,其为洪泛期沉积物在整个扇面上扩展形成的片流沉积。(5)滨浅湖砂泥岩,含有介形虫及双壳化石,由灰绿色粉砂及泥岩互层状组成。

扇三角洲沉积体系自老山至湖盆相带分为水上冲积扇、水下洪积扇、扇三角洲前缘及滨浅海相,在湖盆演化早期形成退积型扇三角洲,以水下重力流沉积发育为特征,在演化后期形成进积型扇三角洲,常见冲洪积砂砾岩体进积于湖相泥岩之上,形成向上变粗层序。

2.3 近岸水下重力流沉积体系

该体系发育于早白垩世中期,亦即湖盆最大扩张期,湖水直抵老水边缘,洪水作用所产生的重力流直接注入陡坡深水湖泊之中,在坡基一带形成水下重力流沉积。主要成因单元有:(1)洪水型水下重力流,由砂砾岩组成夹于湖相泥岩之中,较典型成因单位(图4A),厚度为10~30cm,底冲蚀及重荷模发育,其上依次为由泥基支撑、磨圆度及分选性极差的递变层理含砾砂岩(Sgmg)、平行纹层细粉砂岩(Shi)、小型交错层理细砂岩(Sr)、水平纹理极细砂岩(Shi)及纹层状暗色泥岩(Fi),这种成因单位可与鲍马层序对比。此外,局部发育向上变粗的反序水下重

力流成因单位(图4B)。(2)局部滑塌型水下重力流,仅局部发育,沉积层序为:在底冲刷面之上依次为具滑塌构造的含砾粗砂岩或具泄水构造的泥质砾岩至变形构造泥质粉砂岩(图5)。成因单位中碎屑成熟度的岩石含有大量同生角砾。(3)较深湖暗色泥岩、粉砂岩,含有大量生物碎片及钙质、膏盐。近岸水下重力流沉积内部相构成较为简单,可大致分为近端砂砾岩相和中端砂岩粉砂岩相。近端细粉砂岩相,由近至远砂泥岩比迅速降低。

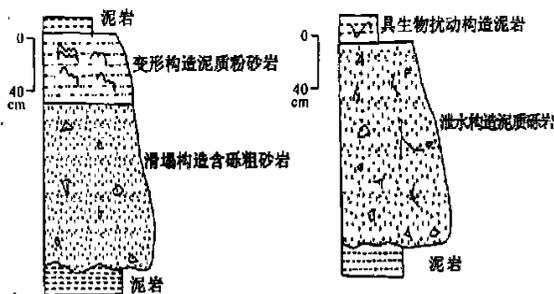


图5 酒西白垩纪盆地滑塌性水下重力流成因单位

Fig. 5 Genetic units of the slumped subaqueous gravity flow deposits in the West Jiuquan Basin

2.4 河流沉积体系

河流沉积体系发育于早白垩世中晚期,主要由砂砾岩组成,可大致分为砾质曲流河沉积和砾质辫状河沉积。曲流河沉积层序由侧向加积河道砂砾岩与杂色泥岩、砂岩组成二元结构;辫状河沉积砂砾岩

多形成透镜状叠合砂体, 单个成因单位厚约 2 ~ 3m (图 6), 底冲刷构造极其发育, 之上为块状层理 (Gim) 或粗糙平行层理砾岩 (Gh), 大部分砾石呈叠瓦式排列, 再向上变为大型槽状层理含砾砂岩 (Sgt) 或大型板状层理砂砾岩 (Sgh), 上覆低角度交错层理砂岩 (Sp)、砂纹层理棕红色粉砂岩 (Sr) 和泥岩 (Fi)。河流沉积体系形成于地势较为平坦、气候干燥、构造变动弱的古构造-地理背景下。

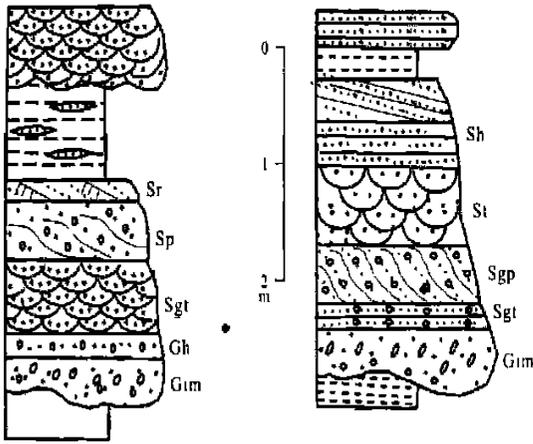


图 6 酒西白垩纪盆地辫状河道成因单位

Sp. 低角度交错层理砂岩; Sgt. 大型槽状层理含砾砂岩; Gh. 粗糙平行层理砾岩; Gim. 块状层理砾岩; Sh. 大型板状层理砂砾岩; St. 大型槽状层理砂岩; Sgp. 板状层理砂砾岩; Sgh. 平行层理砂砾岩。其它图例见图 4

Fig. 6 Genetic units of the braided channel deposits in the West Jiuquan Basin

Sp = sandstone with low-angle cross-bedding; Sgt = gravel-bearing sandstone with large-scale trough cross-bedding; Gh = coarse conglomerate with parallel bedding; Gim = conglomerate with massive bedding; Sh = sandstone and conglomerate with large-scale tabular bedding; St = sandstone with large-scale trough cross-bedding; Sgp = sandstone and conglomerate with tabular bedding; Sgn = sandstone and conglomerate with parallel bedding. See Fig. 4 for the explanation of the other symbols

2.5 湖泊沉积体系

湖泊沉积体系发育于盆地演化的各个时期, 在早期裂隙扩张时期形成半还原中深湖沉积, 由暗色泥岩、泥灰岩、粉砂岩、中细砂岩互层状组成, 发育有近岸重力流沉积。在湖盆萎缩时期, 气候干燥, 仅形成相互分割的半氧化中浅湖泊沉积, 由杂色砂泥岩组成。

3 沉积体系组合模式

相关沉积体系的时空组合形式既响应于沉积作用的空间变化, 又响应于原盆地的构造古地理环境, 所以一定类型的沉积盆地在一的演化阶段就会产生反映原盆地构造样式的沉积体系组合型式, 亦即盆地充填样式^[1-4], 系统分析盆地各部位的沉积断面, 划分出 3 种沉积体系组合模式(图 7)。

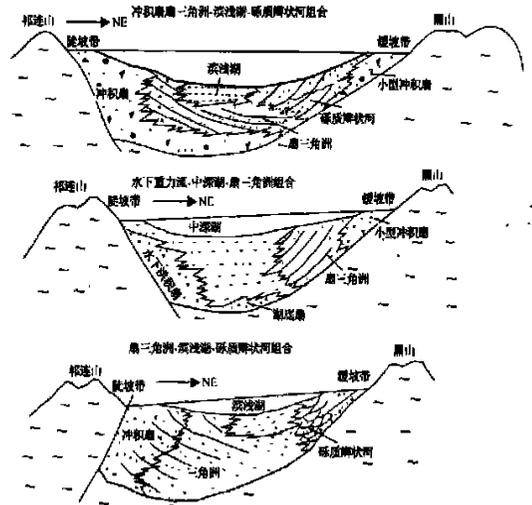


图 7 酒西白垩纪盆地沉积体系组合模式

Fig. 7 Model for the depositional system associations in the West Jiuquan Basin

(1) 冲积扇-扇三角洲-滨浅湖-砾质辫状河沉积组合。该组合发育于湖盆演化早期, 边缘同沉积断裂活动强烈, 陡坡带碎裂强度较大, 形成沿线粗碎屑裙状展布, 缓坡边缘以发育砾质辫状河为主。

(2) 近岸水下重力流扇-中深湖-扇三角洲组合模式。该模式发育于湖盆水域最大扩张期, 陡坡带湖盆直抵老山边缘, 发育水下重力流扇体, 缓坡带以扇三角洲发育为主。

(3) 扇三角洲-滨浅湖-河流组合模式。该模式发育于湖盆萎缩阶段, 陡坡边缘以发育进积型扇三角洲沉积为主, 缓坡带主要发育砾质辫状河沉积, 湖盆水域沉积变浅且逐趋氧化, 见有大量膏盐生成。

4 盆地构造层序的划分

构造层序是在不同构造体制下形成的有成因联系地层序列^[5-7], 综合地震剖面解释和露头调查分析, 在酒西盆地鉴别出 4 个古构造运动面, 将盆地充填序列分为 3 个构造层序, 对应于盆地演化的不同

阶段。

4.1 构造运动界面

(1) T_0 界面。该界面是酒西白垩纪盆地的底界面,是燕山运动的产物,在盆地内表现为一角度不整合面。白垩系超覆于不同的层系之上,发育底砾岩及古风化壳,标志白垩纪盆地是在漫长的克拉通化过程之后又新产生的大幅度拗陷和快速沉积的单型盆地。

(2) T_1 界面。该界面为一构造运动凝聚叠加界面,即分割新民群赤金堡组与下沟组,在盆地边缘和局部隆起昌马、早峡等地表现为超覆不整合界面,即下沟组直接超覆于前白垩系不同层系之上,缺失赤金堡组,在盆内主要表现为平行不整合面。该界面代表了一次洪水突发事件即冲积扇体进积于湖盆之中,形成上下完全不同的两套沉积组合。

(3) T_2 界面。该界面在盆内为一相应整合界面,即下沟与中沟组分界面。在早峡谷沟口一带,该界面上玄武岩浆大量喷溢;在其它地区界面之上,冲洪积快速进积于下部湖相泥岩之上,代表了湖盆收萎和地壳反弹回隆的过程。

(4) T_3 界面。亦即白垩纪盆地顶界面,表现为长时期构造剥蚀角度不整合面,钻井地质及露头调查表明该界面之上缺失上白垩统及部分下白垩统,是燕山晚期运动的产物。

4.2 构造层序组成

上述4个构造运动界面限定了3个构造层序。

第一个构造层序相当于赤金堡组,介于 T_0 与 T_1 界面之间,是盆地初期裂陷的产物,在盆内形成半地堑性小型分割性盆地,沉积体系组合形式以冲积扇-扇三角洲及滨浅湖、砾质辫状河为主。该构造层序又可划分为两个基本层序,分别代表了气候及物源幕式变迁。

第二构造层序相当于下沟组,介于 T_1 与 T_2 界面之间,是盆地主陷阶段的产物,形成于湖盆水域最大扩张期,沉积体系组合形式主要以水下洪积扇-中深湖沉积为主,该构造层序可划分为5~6个基本层序,分别代表了较大湖泛事件。

第三构造层序相当于中沟组,介于 T_2 与 T_3 界面之间,湖盆萎缩阶段的产物,主要充填形式表现为扇三角洲-浅中湖-河流沉积,根据冲积扇的多次进积作用,可划分为下8个成因层序。

5 酒西盆地白垩纪盆地演化阶段的动力学过程探讨

通过沉积体系组合,构造层序分析,结合区域地壳演化,白垩纪盆地演化大致可分为3个阶段。

(1) 初始裂陷盆地发育阶段(图8A、B)。侏罗纪末的燕山运动波及该区,岩石圈下异常热地幔上隆导致岩石圈伸展扩张和地壳破裂。在此背景下,地壳密度加大引起断块式沉降,边缘断裂强烈活动,从而在本区形成半地堑式裂陷盆地,沉积了代表初始裂陷过程中冲积扇、扇三角洲-砾质辫状河沉积组合,同时热膨胀导致隆升和侵蚀,形成 T_1 平行不整合界面。

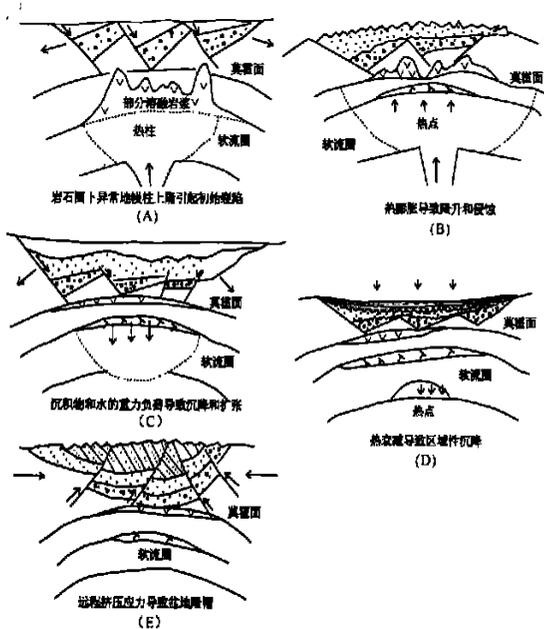


图8 酒西白垩纪盆地演化动力学模式

Fig. 8 Geodynamic model showing the evolution of the West Jiuquan Basin

(2) 扩张裂陷-热衰减发育阶段(图8C、D)。早白垩纪中期,岩石圈下异常地幔的第二次上隆产生的伸展裂陷系统,因老山隆升,边缘断裂强烈走滑逆冲,盆地强烈下陷,沉降可容纳空间迅速增加,深湖相沉积发育巨厚;同时异常热地幔第二次上隆导致部分地壳熔融,形成基性岩浆的喷溢。在伸展裂陷后期,异常热地幔衰减,沉积物和水下负荷沉降致使盆地扩张和水位上升,形成近岸重力流沉积组合。

(3) 湖盆萎缩发育阶段(图8E)。早白垩纪晚期,在区域性挤压应力作用下,本区地壳抬升,老山沿山前断裂向盆内逆冲推置,大量碎屑物注入盆内,

湖盆开始关闭,形成了进积性扇三角洲-浅中湖盆充填型式,最终在运程挤压应力传递和盆缘断裂剪切推置导致盆地沉积体隆褶剥蚀,形成如今盆地展布格局。

6 结 论

通过以上分析,可以得出以下结论。

(1) 酒西白垩纪盆地是在前中生代前陆盆地基础上发育起来的以扩展裂陷为主的单型盆地,可划分为冲积扇、扇三角洲、湖泊、河流、水下重力流和中深湖沉积体系,在湖盆演化的不同阶段,形成冲积扇-扇三角洲-滨浅湖-砾质辫状河沉积、近岸水下重力流-中深湖-扇三角洲和扇三角洲-中浅湖-河流 3 种湖盆充填形式。

(2) 依据构造运动面和相应整合界面,将酒西白垩纪盆地划分为 3 个构造层序,分别代表盆地演化的不同发育阶段。

(3) 酒西白垩纪盆地演化为初始裂、伸展扩张裂-热衰减和萎缩关闭 3 个发展过程,主要受控于地幔

热柱的形成和衰减作用,同时燕山运动等运程应力作用对盆地的演化至关重要。

参考文献:

- [1] 李永军,付国民.柴达木盆地干柴沟地区第三系层序地层分析及其油气勘探意义[J].西安工程学院学报,1999,22(3):11-18.
- [2] 纪有亮,张世奇,等.陆相断陷盆地东北部层序地层及沉积体系条件分析[M].北京:地质出版社,1992.30-50.
- [3] 良清,等.层序地层学研究现状、方法与前景[J].石油勘探与开发,1995,22(5):9-13.
- [4] 陈永武,等.储集层与油气分布[M].北京:石油工业出版社,1995.40-60.
- [5] 李思田,程守田,杨士恭,等.鄂尔多斯盆地东北部层序地层及沉积体系分析[M].北京:地质出版社,1992.10-35.
- [6] 杨长清.松辽盆地南部上侏罗一下白垩统层序地层特征及油气勘探意义[J].石油实验地质,1995,17(4):21-25.
- [7] 冯有良.东营洼陷下第三系层序地层学格架及盆地充填模式[J].地球科学,1999,24(6):635-641.

The depositional architectures and geodynamics of the West Jiuquan basin, Gansu

FU Guo-min¹, LI Yong-jun², LIANG Zhi-lu³

(1. Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China; 2. Chang'an University, Xi'an 710050, Shaanxi, China; 3. Gansu Bureau of Geology and Mineral Resources, Lanzhou 730000, Gansu, China)

Abstract: The West Jiuquan Cretaceous basin, a monotypic petroliferous basin in Gansu is composed of alluvial fan, subaqueous gravity flow fan, fan delta, lake, fluvial depositional systems. The depositional system associations such as alluvial fan-fan delta-littoral- to shallow-lake-gravelly braided river, nearshore subaqueous gravity flow fan-moderate to deep lake-fan delta, and fan delta-moderate to shallow lake-fluvial associations record the distinctive phases of the basin evolution. The infilling sequences of the basin may be divided, in the light of isochrous surfaces, into three tectonic sequences corresponding to the initial rifting, extension and subsidence-thermal subsidence, and basin collapse and closure phases. The evolution of the basin is controlled by the distal stresses such as the waxing and waning of the mantle thermal plumes and Yanshanian movement.

Key words: depositional architecture; basin dynamics; Cretaceous; West Jiuquan Basin; Gansu