

甘肃酒西白垩纪盆地沉积构成及盆地演化动力学分析^①

苏建平^{1 2} 吴保祥³ 雷怀彦³ 付国民⁴

1(中国科学院寒区旱区环境工程研究所 兰州 730000)

2(甘肃省地质矿产勘查局第三地质矿产勘查院 兰州 730050)

3(中国科学院兰州地质研究所 兰州 730000) 4(成都理工大学 成都 610059)

摘要 甘肃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,并在湖盆演化的不同阶段分别形成冲积扇—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、扇三角洲—中浅湖—河流沉积体系组合型式。依据等时界面,湖盆充填序列可划分为三个构造层序,相对应于初始裂陷、扩张裂陷—热衰减沉降、湖盆萎缩关闭三个演化阶段。研究证明,地幔热柱的形成和衰减、燕山运动等远程应力作用控制盆地的演化。

关键词 酒西白垩纪盆地 沉积构成 盆地演化 动力学分析

第一作者简介 苏建平 男 1970 年出生 高级工程师 在职博士 环境工程

中图分类号 P512.2 **文献标识码** A

酒西盆地属于甘肃酒泉西部祁连山褶皱系河西走廊边缘拗陷西部的一小型盆地,在中国西部能源勘探中占有相当重要的地位。本文在详细分析论述沉积体系及成因相分析的基础上探讨了其演化的动力学背景。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,发育的湖盆充填组合形式包括:冲积扇—扇三角洲—滨浅湖—砾质辫状河、近岸水下重力流—中深湖—扇三角洲、扇三角洲—中浅湖—河流沉积体系组。研究从沉积体系与湖盆的动力学演化机制的关系出发,结果表明,地幔热柱的形成和衰减作用与燕山运动等远程应力作用控制湖盆动力学演化过程,即初始裂陷、伸展扩张裂—热衰减和萎缩关闭三个阶段。文中第一次对酒西盆地的动力学演化机制进行了研究,其意义毋庸置疑。

1 构造背景及地层系统

构造区划上酒西盆地是酒泉—民乐盆地的一个组成部分,属祁连山北麓的山前拗陷。它南接祁连山褶皱系,北接阿拉善地块和北山海西活动带,东以嘉西和文殊山隆起与酒东盆地相邻,夹持于祁连山前和阿拉善山前断裂、阿尔金断裂之间(图 1)。区域性盆地基底属早古生代变质岩系,因此具内陆叠合型盆

地特征。盆地形成背景和物质充填建造把盆地划分为晚古生代海陆交互相单型盆地、侏罗纪断陷单型盆地、白垩纪断拗单型盆地、新生代陆相单型盆地四种,其中白垩纪断拗单型盆地是酒西盆地的主体。

酒西盆地白垩系主要发育下白垩统新民堡群(K_1x),下伏侏罗纪地层,二者角度不整合接触。其上缺失上白垩统。研究所划分的地层系统如下:

中沟组 (K_{1z})

新民堡群(K_1x) 下沟组 (K_{1x})

赤金堡组 (K_{1c})

赤金堡组下部为紫红—紫色花岗质砾岩、角砾岩及紫红色粉砂岩、石英砂岩;上部黄褐色砂岩与灰绿色—紫红粉砂岩、细砂岩与泥岩互层。下沟组下部以紫红色砾岩、杂色粉砂岩等不等厚互层为特征;上部为灰绿色—紫红色粉砂岩、泥岩,偶夹细砾岩。中沟组下部以灰黑色粉砂质泥岩、泥灰岩夹砂砾岩为主;上部为砖红色砂砾岩夹细砂岩。整个沉积序列基本反映了酒西盆地早白垩世时期干湿相间、湖水进退频繁的气候特点。

2 沉积体系及相构成分析

在酒西白垩纪盆地,沉积体系总体以冲积型及湖泊型为主,次级沉积划分体系分包括冲积扇、扇三角洲、河流、近岸水下重力流及湖泊沉积。

① 国家重大自然科学基金(批准号 90102003)、中科院知识创新重大项目(批准号:KZCX1-10-03)及祁连山西段 1:25 万遥感地质调查项目(批准号:DK0022019)资助

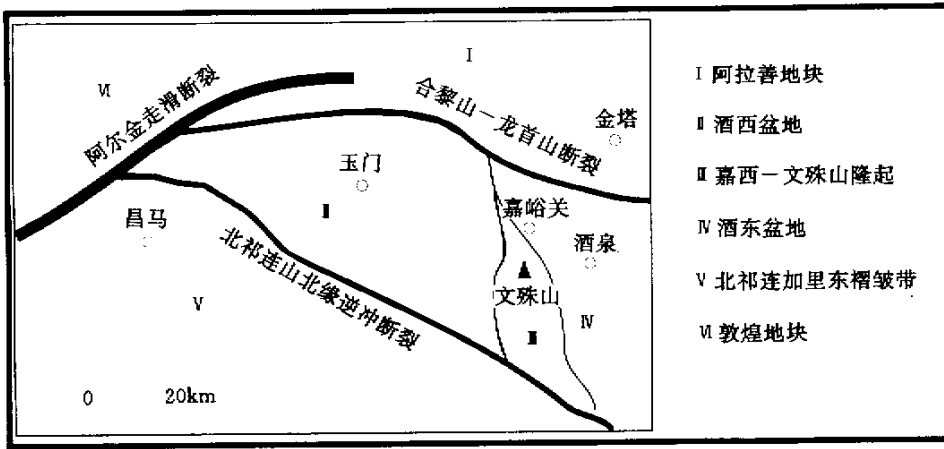


图1 酒西盆地构造位置图

Fig.1 Tectonic location of the Jiuxi Cretaceous Basin

2.1 冲积扇沉积体系

冲积扇沉积体沿老山边缘呈裙状展布。早白垩世早期为冲积扇沉积体系发育的最主要阶段,当时总体处于气候干燥、古地形差异较大的古地理背景和盆缘同沉积断裂拉张—走滑古构造应力状态之中。成因相包括泥石流混杂砂砾岩、扇间洼地粉细砂岩、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极其发育,岩性组合以紫红色砂砾岩为主夹杂色粉砂岩为主,发育洪积层理及泥质角砾。砾岩中砾石呈棱角状无定向排列,泥基支撑,并有漂砾不均匀排列,底部具有明显的冲刷。由于成因单位构造特征的不同,泥石流的进一步划分包含了均一块状、正递变型、反递变型、双向递变型、双正递变五种类型。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,但它们均表现为岩性相构成简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

扇三角洲是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体发育于初始裂陷阶段,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。成因单元主要包括(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2):自下而上由洪积泥石流、悬杂砾岩(Sgh)递变层理含砾砂岩(Sgmg)纹层状暗色泥岩(Fi)粉砂岩组成,是泥石流伸入湖水中经改造沉降的产物,时常被洪泛性事件所触发,常保存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)扇面河道砂砾岩: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:于泥石流与河道砂砾岩之间呈席状展布,发育水流皱纹交错层和高流态平行层理,冲刷—充填构造明显。大体上,漫流席状砂体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:含介形虫及双壳化石,由灰绿色粉砂及泥岩互层组成(图2)。

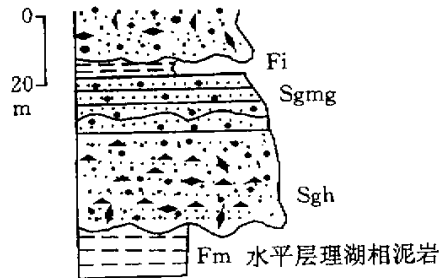


图2 酒西盆地水下重力成因单位

Fig.2 Genetic units of sub-gravity flow in Jiuxi Cretaceous Basin

扇三角洲沉积体系自老山至湖盆相带可分为水上冲积扇、水下洪积扇及扇三角洲前缘、滨浅相。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,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纪中期,亦即湖盆最大扩张期,湖水直抵老山边缘,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,成因单元包括(1)洪水型水下重力流:由砂砾岩组成夹于湖相泥岩之中,较典型单位(图3A)厚度为10~30cm,底冲蚀及重荷模发育,其上依次为递变层理含砾砂岩(Sgmg)、小型交错层理细砂岩(Sr)及水平纹理极细砂岩(Shi)。这种成因单位可与鲍玛层序对比。此外,局部发育向上变粗的反粒序水下重力流成因单位(图3B)。(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—变形构造泥质粉砂岩(图4),成因单位中碎屑成熟度的,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。

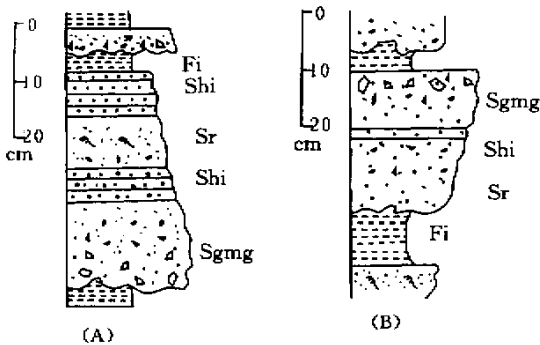


图3 酒西盆地白垩纪盆地地下水重力流沉积

Fig.3 Sediments of sub-gravity flow in Jiuxi Cretaceous Basin

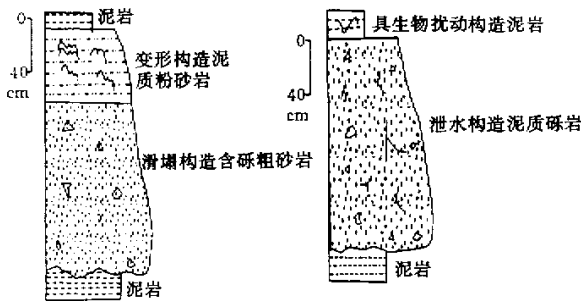


图4 酒西盆地白垩纪盆地地下滑性水下重力流成因单位

Fig.4 Genetic units of sub-gravity flow in Jiuxi Cretaceous Basin

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,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。

2.4 河流沉积体系

发育于早白垩世中晚期,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5),底冲刷构造及其发育,之上为块状层理或粗糙平行层理砾岩(Gim-Gh),大部分砾石呈叠瓦式排列,再向上则变为大型槽状层理含砾砂岩(Sgt)或大型板状层理砂砾岩(Sh),上覆低角度交错层理砂岩(Sp),砂纹层理棕红色粉砂岩(Sr),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。

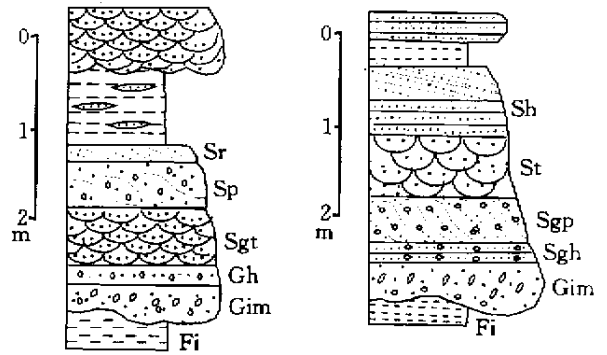


图5 酒西盆地白垩纪盆地辫状河道成因单位

Fig.5 Genetic units of braided stream in Jiuxi Cretaceous Basin

2.5 湖泊沉积体系

盆地演化的各个时期均有发育。在早期裂陷扩张时期形成半还原中深湖沉积。主要由暗色泥岩、泥灰岩、粉砂岩、中细砂岩互层状组成。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即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。系统分析盆地各部位的沉积断面之后,现划分出三种沉积体系组合模式(图6)。

(1) 冲积扇—扇三角洲—滨浅湖—砾质辫状河 沉积体系组合

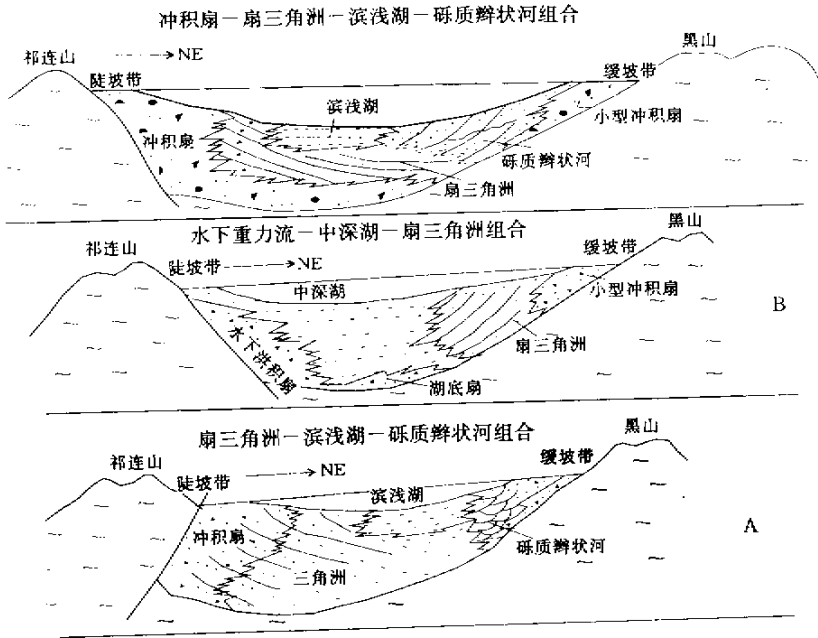


图6 酒西白垩纪盆地沉积体系组合模式

Fig.6 Integrated patterns of the sedimentary system in Jiuxi Cretaceous Basin

湖盆演化早期发育,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—扇三角洲沉积体系组合模式

湖盆水域最大扩张期发育,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—河流沉积体系组合模式

湖盆萎缩阶段发育,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,见大量膏盐生成。

4 盆地构造层序划分

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^{[4],[6]},综合地震剖面解释和露头调查分析,在酒西盆地鉴别出三个古构造运动面,将盆地充填序列分为二个构造层序,对应于盆地演化的不同阶段。

4.1 构造运动界面

T_0 界面:为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。

T_1 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的昌马、旱峡等地表现为一超覆不整合界面,下沟组直接超覆于前白垩系不同层系之上,缺失赤金堡组。盆内为一平行不整合面,该界面代表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。

T_2 界面:在盆内为一相应整合界面,即下沟与中沟组分界面,在旱峡谷沟口一带该界面上玄武岩浆大量喷溢。其它地区,界面之上冲洪积快速进积于下部湖相泥岩之上,代表湖盆萎缩和地壳反弹回隆的过程。

T_3 界面: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系及部分下白垩系,是燕山晚期运动的产物。

4.2 构造层序组成

上述四个构造运动界面限定了三个构造层序:

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,分别代表较大的湖泛事件。

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。根据冲积扇的多次堆积作用,可划分为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三个阶段。

(1) 初始裂陷盆地发育阶段(图7A、B)

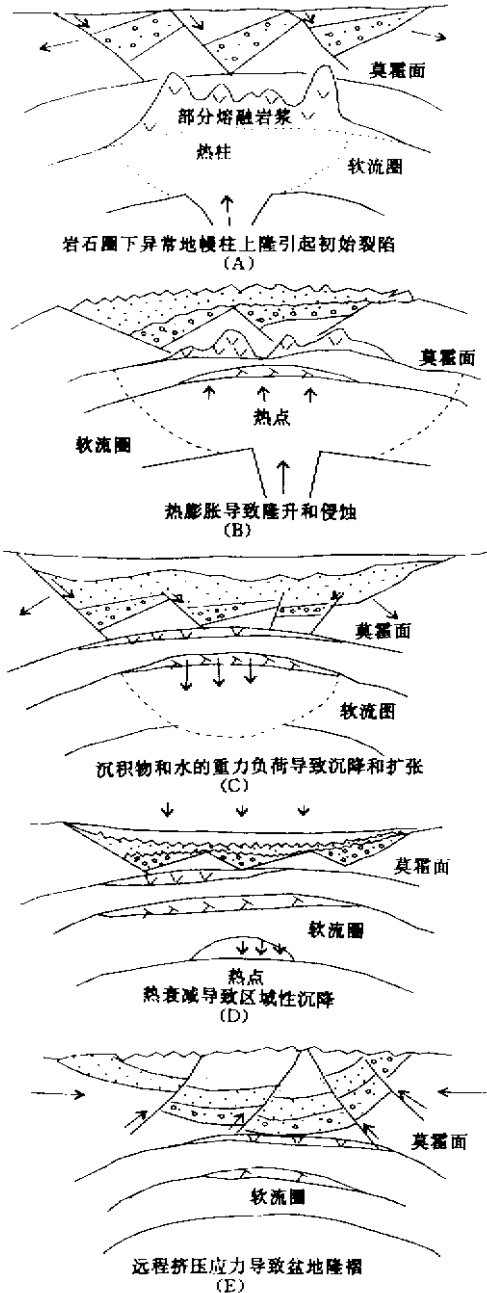


图7 酒西白垩纪盆地演化动力学模式

Fig.7 The dynamic patterns showing the evolution of Jiuxi Cretaceous Basin

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^[3],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。

(2) 扩张裂陷—热衰减发育阶段(图7C、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7E),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

基于以上分析可以得出如下结论:

(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。沉积类型包括冲积扇、扇三角洲、河流、水下重力流等。在不同阶段的湖盆演化时期分别形成三种湖盆充填形式,即:冲积扇—扇三角洲—滨浅湖—砾质辫状河、近岸水下重力流—中深湖—扇三角洲、扇三角洲—中浅湖—河流沉积体系组合。

(2) 依据构造运动面和相应整合界面性质,酒西白垩纪盆地被划分为三个构造层序,它们分别代表盆地演化发育的不同阶段。

(3) 酒西白垩纪盆地的动力学演化分为初始裂陷、伸展扩张裂—热衰减和萎缩关闭三个发展过程。地幔热柱的形成和衰减作用与燕山运动等远程应力作用在盆地演化中起着至关重要的控制作用。

参考文献(References)

- 1 陈发景.含油气盆地地球动力学模式[J].地质论评,1996,42(4):304~309[Chen Fajing. Global dynamic patterns of gas-bearing basins[J]. Geology Review, 1996, 42(4): 304~309]
- 2 李金高.江孜盆地的层序地层分析与沉积充填演化[J].沉积学报,2001,19(4):488~492[Li Jingao. Analysis of sequence stratigraphy and depositional filling in Giangzi Basin, Tibet[J]. Acta Sedimentologica Sini-

- ca ,2001 ,19(4) :488 ~ 492]
- 3 沈守文.吐哈盆地侏罗系层序地层学研究[J]. 沉积学报 ,2001 ,19(2) :263 ~ 270[Shen Shouwen. Sequence stratigraphy of Jurassic in Turpan-Hami Basin ,Tibet[J]. Acta Sedimentologica Sinica ,2001 ,19(2) :263 ~ 270]
 - 4 杨克明.中国西北地区板块构造与盆地类型[J].石油天然气地质 ,1992 ,13(2) :47 ~ 56[Yang Keming. Planetary tectonic and types of basin in northwest China[J]. Oil & Gas Geology ,1992 ,13(2) :47 ~ 56]
 - 5 黄华芳.中国主要含油气盆地构造动力学类型与天然气地质条件[J].沉积学报 ,1999 ,17(增刊) :805 ~ 810[Huang Huafang. Dynamic types and geological conditions of Chinese gas-bearing basins[J]. Acta Sedimentologica Sinica(Supp.) ,1999 ,17 :805 ~ 810]
 - 6 纪友亮,张世奇等编著.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[Ji Youliang ,Zhang Shiqi , *et al.* Analysis of the conditions for sequence stratigraphy and depositional system in the northeastern part of continental fault basin[M]. Beijing :Geological Publishing House ,1992]
 - 7 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[Li Sitian ,Cheng Shoutian , Yang Shigong , *et al.* Analysis of sequence stratigraphy and depositional system in northeast Ordos Basin[M]. Beijing :Geological Publishing House ,1992]
 - 8 宋国奇,刘国华,陈金鹰.临清坳陷东部下第三系沉积体系类型及形成条件分析[J].石油勘探与开发 ,1994 ,21(4) :30 ~ 34 [Song Guoqi ,Liu Guohua ,Chen Jinying. Types of depositional system and analysis of forming conditions of the 1st member of Paleogene in eastern Linqing Faulted Depression[J]. Oil Exploration and Development ,1994 ,21(4) :30 ~ 34]
 - 9 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) :56 ~ 60 [Fen Youliang. Sequence stratigraphy and filling patterns of the 1st member of Paleogene in Dongying Depression [J]. Earth Science ,1999 ,24(6) :56 ~ 60]
 - 10 Van Wgoner J C , Mitchum R M , Campion K M , *et al.* Siliciclastic sequence stratigraphy in well , corer and outcrops : concept for hightresolution correlation of time and facies[J]. AAPG Methods in Exploration Series ,1990 (7) :

The Sedimentary Formation and Analyses for Dynamic Evolution of Jiuxi Cretaceous Basin , Gansu Province

SU Jian-pin^{1 2} WU Bao-xiang³ LEI Huai-yan³ FU Guo-ming⁴

(Institute of Environmental Engineering of Cold and Arid Areas ,CAS ,Lanzhou 730000)

(The 3th Institute of Geology and Mineral Exploration , Langzhou 730050)

(Lanzhou Institute of Geology ,CAS , Lanzhou 730000)

(Chendu Science and Technology University ,Chengdu 610000)

Abstract In Gansu province Jiuxi Cretaceous Basin is a monotype basin , in which grows sedimentary system of fan-shaped alluvial fan delta , subgravity flow , lacustrine and fluvial facies. It was made up of some patterns combined by sedimentary system of fan-shaped alluvium-fan delta-shallow lakeshore-gravelly braided stream , subgravity flow-mid-deep lacustrine-fan delta and fan delta-mid-shallow fluvial facies. According to isochronic surface , filled sequences in lacustrine basin can be divided into three tectonic sequences corresponding respectively to three evolutionary stages of embryonic rift , spread rift-thermal attenuationary subsidence and basin shrinkage closure. On the basis of these evidences , it can be seen that either formation and attenuation of mantle 's thermal column or remote stress , such as Yanshan movement , etc. controlled the evolution of the Jiuxi Cretaceous Basin.

Key words Jiuxi Cretaceous basin , sedimentary formation , basin evolution , dynamic analysis