

文章编号: 1009-3850(2001)04-0034-08

柴达木第三纪转换裂陷盆地形成演化及动力学

付国民¹, 李永军², 石京平³

(成都理工大学, 四川 成都 610059; 2. 长安大学, 陕西 西安 710050; 3. 大庆石油公司, 黑龙江 大庆 163712)

摘要: 运用沉积体系组合、构造地层分析和岩浆热流体标志综合分析的方法, 探讨了柴达木第三纪转换裂陷盆地形成演化及动力学过程。笔者认为: 柴达木第三纪盆地是以扩展裂陷为主的单型盆地, 可划分为扇三角洲沉积体系、水下洪积扇-近岸浊流沉积体系、辫状河三角洲沉积体系、常态湖三角洲体系和湖泊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、扇三角洲-中浅湖-河流三种湖盆充填形式。依据古构造运动界面和相应整合界面, 将第三纪盆地划分为三个构造层序, 分别对应于初始裂陷、伸展扩张裂陷和转换拗陷三个发展过程。柴达木第三纪转换裂陷盆地形成演化主要受控于地幔热柱的形成和衰减作用, 同时喜马拉雅运动等运程应力作用对盆地的演化至关重要。

关键词: 沉积体系组合; 构造层序; 岩浆热流体; 柴达木

中图分类号: TE121.1

文献标识码: A

Evolution and dynamics of the Qaidam Tertiary transform rift basin in Qinghai

FU Guo-min¹, LI Yong-jun², SHI Jing-ping³

(1. Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China; 2. Chang'an University, Xi'an 710050, Shaanxi, China; 3. Daqing Corporation of Petroleum, Daqing 163712, Heilongjiang, China)

Abstract: The evolution and dynamics of the Qaidam Tertiary transform rift basin in Qinghai are explored on the basis of the analysis of sedimentary system associations, tectonics and stratigraphy, and magmatic hydrothermal fluid indicators. The Qaidam

Tertiary basin is a simple basin created by extensional faulting-dominated processes, and may be composed of the following depositional systems such as fan delta, subaqueous pluvial fan-nearshore turbidity currents, braid delta, perennial lake delta, and lake depositional systems. During different stages of the basin evolution, there occurred three types of filling patterns of alluvial fan-fan delta-littoral and shallow lake-gravelly braided stream deposits, nearshore subaqueous gravity flow-deep lake-fan delta deposits, and fan delta-littoral and shallow lake-river deposits. Furthermore, the Tertiary basin may undergo three evolutionary stages of initial rifting, extensional faulting, and transform and subsidence, all of which led to the formation of three tectonic sequences identified with the aid of palaeotectonic bounding surfaces and associated conformities. The formation and evolution of the basin are considered to be constrained by the formation and waning of mantle plumes and stress processes of the Himalayan orogeny.

Key words: sedimentary system association; tectonic sequence; magmatic hydrothermal fluid; Qaidam

柴达木盆地是发育在柴达木地块基础上的大型内陆叠合型盆地,整个盆地由中生代的同造山期前陆盆地,第三纪的转化伸展裂陷盆地和第四纪的挤压挠曲单型盆地叠合而成(夏文臣, 1997)。其中第三纪盆地特指中生代前陆盆地经早白垩世克拉通后,于晚白垩世末至新近纪上新世板内伸展裂陷背景下形成的盆地,是柴达木盆地的主要组成部分和含油气层系,因此,研究其形成演化和动力学背景对揭示整个柴达木盆地的形成演化和油气勘探具有重要意义。

1 沉积体系及组合模式

1.1 沉积体系类型

柴达木第三纪常见的沉积体系类型以冲积型和湖泊型为主^[1],主要有:

1. 扇三角洲沉积体系

该沉积体系在第三纪各沉积时期均十分发育,其主要特征是粗粒岩相带比例高且变化大,常见洪积砾岩直入湖盆直接与灰绿色湖相泥岩、灰岩相伴生,向上形成楔状体,迅速向前尖灭,总体以混杂砾岩为主,该沉积体系的构成单位主要由六种骨架成因相构成:①泥石流混杂砾岩相;②扇面辫状河道砂砾岩相;③漫流席状砂体相;④水下分流河道及河口坝砂体相;⑤洪水性水下重力流沉积相;⑥滨浅湖暗色细粒沉积相。扇三角洲沉积体系发育在湖盆演化的不同阶段,在初始裂陷和扩张裂陷期以退积型三角洲为主,转换拗陷期以建设型三角洲为主,常见多期次扇体垂向叠加,围绕老山边缘呈裙边状展布。

2. 水下洪积扇-近岸浊流沉积体系

该沉积体系主要于下干柴沟组沉积期和上干柴沟组沉积早期发育,形成坡度陡、水流强、湖盆直抵老山边缘这一古构造环境下,是湖盆最大扩张期产物。主要相构成单位有:①洪泛性水下重力流沉积;②局部滑塌性水下重力流沉积;③洪泛扩散流沉积;④近岸浊流沉积;⑤较深湖沉积。水下洪积扇-近岸浊流沉积体系出现于湖盆最大扩张期,边缘断裂强烈

拉张, 泥石流和洪泛重力流事件频繁, 砂分散体系为多个朵状体叠覆的帷幕状。

3. 辫状河三角洲沉积体系

该体系主要发育于上油砂山组及狮子沟组的沉积期, 是在陆源区较近和坡度相对较陡的条件下, 由辫状河流注入湖盆形成朵状沉积体, 主要相构成单位: ①辫状河道沉积; ②洪泛溢岸细粒沉积; ③滨湖沉积; ④水下分流河道沉积; ⑤河道间洼细粒沉积。辫状河三角洲沉积体系主要发育于第三纪湖盆转换拗陷阶段, 因而具建设性特点, 其砂分散体系总体形态表现为由源区向盆地方向展布的朵叶状或伸展状。

4. 常态湖三角洲体系

常态湖三角洲体系仅发育于上油砂山组沉积期, 其内部成因相的构成与辫状河三角洲十分相似, 主要为河道充填砂砾岩及河漫滩砂泥岩互层沉积; 三角洲体系发育在湖盆萎缩阶段, 沉积层序以进积型为主, 但典型的三层结构并不明显, 其形成于物源供给稳定, 坡度进一步变缓, 构造相对宁静的这一特定的古构造及古地理背景。

5. 湖泊沉积体系

湖泊沉积体系在盆地发育的每个阶段都出现有以泥岩和粉砂岩为主的湖泊沉积, 在平面上其与三角洲沉积呈指状穿插过渡, 垂向上因沉积中心逐渐东移, 湖盆边缘老山不断逆冲推覆, 沉积总体以进积型向上变粗层序为主, 但因各阶段的湖泊沉积发育的同沉积构造、气候和水动力条件不同, 因此, 形成了半氧化的滨浅湖泊和还原的中深湖泊沉积两种不同类型的湖泊沉积体系。

1.2 沉积体系的组合模式

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定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, 划分出三种沉积体系的组合模式(图 1)。

(1) 冲积扇-扇三角洲-滨浅湖-砾质辫状河沉积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。

2 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, 综合地震剖面解释和露头调查分析, 在第三纪盆地可识别出四个构造运动界面, 可划分出三个构造层序^[2](图 2)

2.1 Tr

该构造层序为晚燕山构造运动面, 为第三纪盆地底界面, 代表了约 70Ma 无沉积和剥蚀过程, 标志着第三纪盆地是在漫长的克拉通化过程之后新产生的大幅度裂陷和快速沉积所形成的盆地域。

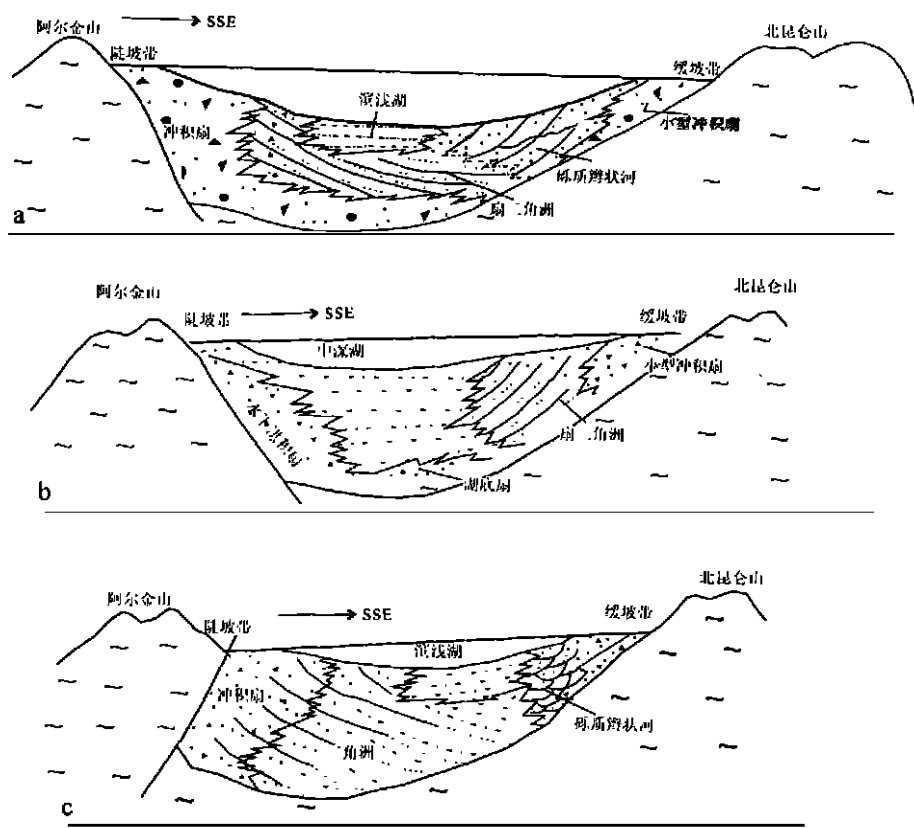


图 1 柴达木第三纪盆地沉积体系组合模式

a. 冲积扇-扇三角洲-滨浅湖-砾质辫状河组合; b. 水下重力流-中深湖-扇三角洲组合; c. 扇三角洲-滨浅湖-砾质辫状河组合

Fig. 1 Models for the sedimentary system associations in the Qaidam Tertiary basin

a= alluvial fan-fan delta-littoral and shallow lake-gravelly braided stream association; b= subaqueous gravity flow-deep lake-fan delta association; c= fan delta-littoral and shallow lake-gravelly braided stream association

2.2 T₅

该构造层序为前喜马拉雅构造运动面, 介于渐新统干柴沟组与古始新统路乐河组之间, 地震剖面上为两个地震层序的分界面, 对下伏地层具有削蚀和截切现象, 上覆地层层序与界面为底超关系, 在测井曲线上表现为十分清楚的物性突变, 在盆地边缘常见干柴沟组超覆于古老基底之上。

2.3 T₂

该构造层序为中喜马拉雅构造运动面, 为中新统与上新统分界面, 在柴西七个泉、红柳泉等地普遍见二者呈明显的角度不整合接触, 上新统油砂山组超覆于不同的层位之上。该界面表现为转换沉降和承受挤压的特点, 是第三纪盆地两大演化阶段的分界面。

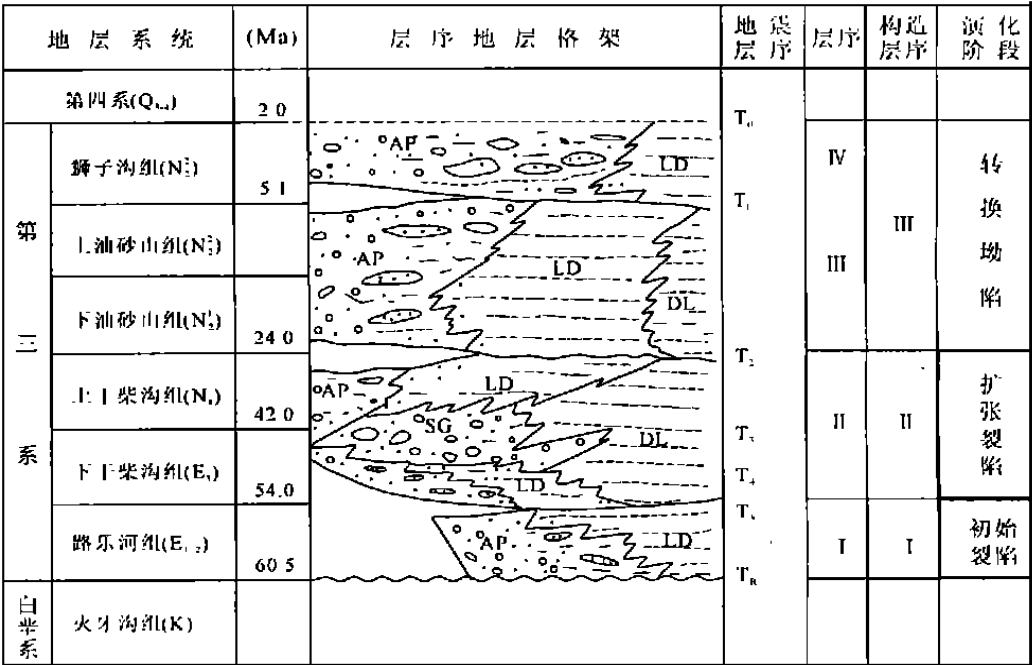


图2 柴达木第三纪盆地层序格架及演化阶段

AP. 扇前冲积平原沉积总体; LD. 三角洲-滨浅湖沉积总体; DL. 较深湖-深湖沉积总体; SG. 近岸水下重力流沉积总体

Fig. 2 Sequence stratigraphic framework and evolutionary stages of the Qaidam Tertiary basin
AP= forefan alluvial plain depositional populations; LD= delta-littoral and shallow lake depositional populations; DL= bathyal lake-deep lake depositional populations; SG= nearshore subaqueous gravity flow depositional populations

2.4 T₀

该构造层序为晚喜马拉雅构造运动面, 为盆地顶界面, 表现为明显的角度不整合关系, 代表了第三系盆地的关闭和剥蚀。

3 第三纪盆地岩浆热流作用

岩浆热流作用, 特别是大量幔源岩浆同期侵入盆地基底或盆地沉积之中, 是陆内裂陷盆地鉴别的一个重要标志, 这种同成盆期的岩浆热活动起源于岩石圈下异常热地幔的上隆过程, 它们不仅会产生古热流体及热异常, 而且会在盆地基底或盆内产生幔源岩浆侵入及喷溢。

3.1 幔源热流值异常

柴达木盆地为一高热值区, 盆地中央热值高出周围山系 4~5 个级别(袁学诚, 1996), 表明在渐新世—中新世伸展裂陷阶段, 幔源岩浆侵入地壳形成区域高热流值, 后虽在中新世和上新世转换拗陷阶段发生岩浆热回沉和热衰减, 但上新世末盆地周缘山系的逆冲推置及纵弯褶皱作用, 重新叠加深断裂疏导热流体, 因而形成现今柴达木盆地热流值分布形式。

3.2 同盆期花岗岩体的大地构造意义

柴达木盆地同盆期花岗岩体仅在柴西南采石岭一带发现(夏文臣, 1997), 岩体以钾长花岗岩和闪长花岗岩为主, 切穿侏罗系含煤岩系, 其上为中新世砂砾岩覆盖, 采用 Bowden 的 QAP图解及 Whalen 的 $w(Rb)/w(Nb)-w(Y)/w(Nb)$ 图解(夏文臣, 1998)(图 3, 图 4), 证明该花岗岩体为板内 A_2 型花岗岩, 形成于造山期后相对稳定的板内拉张环境。

3.3 同成盆期基性岩浆作用的大地构造意义

在柴西南耀灰 1 井下干柴沟组所钻遇的基性火山凝灰质砂岩中发现大量幔源的石榴子石, 其晶形完好, 未受磨蚀, 与白云石及天青石共生。其次, 不少钻并钻遇辉长岩体, 矿物保存完好和未见变质, 据此可推断基性岩浆的喷溢和侵入是第三纪内陆裂陷过程的产物, 代表岩石圈下异常热地幔上隆、岩石圈伸展裂陷和幔源岩浆侵入的过程。

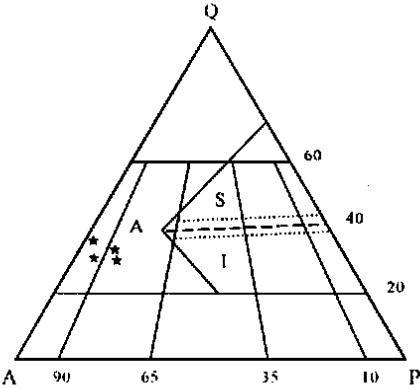


图 3 采石岭花岗岩 QAP 图(据夏文臣, 1998)
Fig. 3 QAP diagram for the granites from Caishiling
(after Xia Wenchen, 1998)

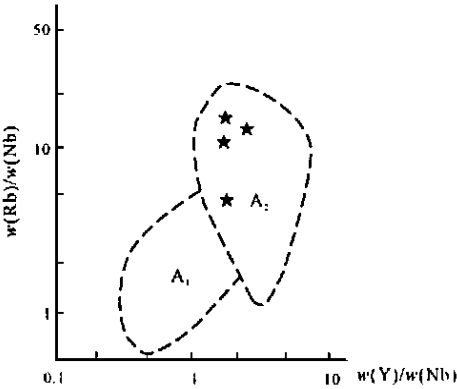


图 4 采石岭花岗岩 $w(Rb)/w(Nb)-w(Y)/w(Nb)$ 图解(据夏文臣, 1998)
Fig. 4 $w(Rb)/w(Nb)-w(Y)/w(Nb)$ diagram for the granites from Caishiling (after Xia Wenchen, 1998)

4 第三纪盆地演化阶段的动力学过程

通过沉积体系组合, 构造层序分析, 结合区域地壳演化, 第三纪盆地演化大致可分为三个阶段。

4.1 初始裂陷盆地发育阶段(66.5~54Ma)(图 5A, B)

早白垩世末, 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, 诱发边缘断裂活动, 从而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。其后, 热地幔逐渐衰减回沉, 基底沉降, 水域扩大。始新世末, 下异常热地幔再次上隆, 导致盆地基底相应抬升, 产生构造层序顶界面 T_5 界面。

4.2 扩张裂陷发育阶段(54~24Ma)(图 5C, D)

始新世末期, 岩石圈下异常地幔的第二次上隆产生新伸展裂陷系统, 在柴达木盆地形成形成两堑夹一隆的构造形式, 在柴西南英雄岭主陷槽和柴北昆特裂陷槽, 边缘断裂强烈拉

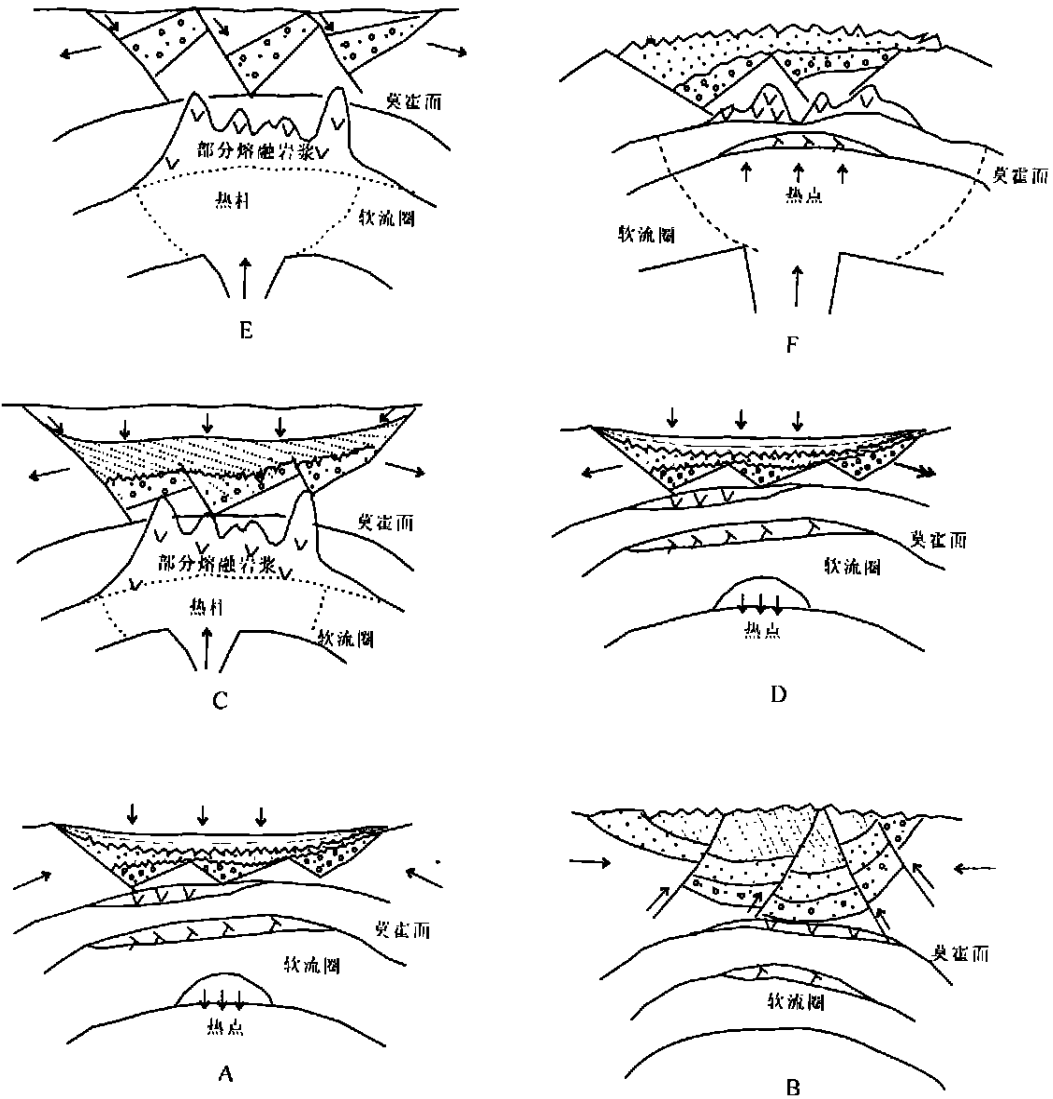


图 5 柴达木第三纪盆地演化的动力学模式

A. 岩石圈下异常地幔柱第一次上隆引起的初始裂陷; B. 下热地幔第二次热膨胀导致隆升和侵蚀; C. 岩石圈下异常地幔柱第三次上隆引起扩张裂陷; D. 热回沉及沉积物和水下负荷导致区域性沉降; E. 区域挤压应力及热回沉形成拗陷湖盆; F. 远程挤压应力导致盆地关闭和隆褶

Fig. 5 Dynamic models for the evolution of the Qaidam Tertiary basin

A= initial rifting produced by the first upwelling of the unusual mantle plumes beneath the lithosphere; B= up-lift and erosion caused by the second thermal expansion of the lower thermal mantle; C= extensional faulting produced by the third upwelling of the unusual mantle plumes beneath the lithosphere; D= regional subsidence caused by thermal resubside and sediments and subaqueous loads; E= subsided lake basin created by regional compressional stress and thermal resubside; F= basin closure and uplift caused by distal compressional stress

张,盆地强烈下陷,沉降可容纳空间迅速增加,形成近岸重力流沉积-深湖相沉积组合,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,而且部分下地壳部分重熔形成重熔型花岗岩。在裂陷发展过程中,异常热地幔衰减回沉,沉积物和水下负荷沉降致使盆地扩张和水位进一步上升,达到全盆最大湖泛面,形成向上变深的层序地层序列和不断超覆式的地层格架。中新世末期,岩石圈下热地幔的第三次隆升和印度板块与欧亚板块的俯冲碰撞所产生的远程挤压应力,叠加产生了 T2 构造不整合面,结束了裂陷盆地的演化。由此可见,柴达木第三纪盆地经历了两个裂陷阶段,每个裂陷阶段分别响应一个岩石圈下异常热地幔上隆和衰减过程,形成一个构造层序。

4.3 转换拗陷阶段(24~2Ma)(图 5E, F)

上新世早期,在区域性挤压应力场和热衰减产生的区域性回沉过程的联合作用下,盆地基底开始较大幅度的挠曲沉降,伸展裂陷盆地转化为陆内拗陷盆地,发育三角洲-滨浅湖-河流的湖盆充填模式,同时,基底沉降时常受幕式构造挤压作用影响,产生响应远程碰撞和喜马拉雅陆内造山过程的次级沉积层序。上新世末,在强烈的挤压应力下,地壳抬升,边缘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,最终在远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^[3],形成如今盆地的展布格局。

5 结论

通过以上分析,可以得出以下结论:

(1) 柴达木第三纪盆地是以扩展裂陷为主的单型盆地,可划分为扇三角洲沉积体系,水下洪积扇-近岸浊流沉积体系,辫状河三角洲沉积体系,常态湖三角洲体系和湖泊沉积体系。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-河流沉积三种湖盆充填形式。

(2) 依据构造运动面及相应整合界面,将第三纪盆地划分为三个构造层序,分别代表盆地演化的不同发育阶段。

(3) 第三纪盆地形成演化表现为初始裂陷,伸展扩张裂陷和转换拗陷三个发展过程,主要受控于地幔热柱的形成和衰减作用,同时喜马拉雅运动等远程应力作用对盆地的演化至关重要。

参考文献:

- [1] 付国民,等.柴达木盆地干柴沟地区第三纪湖盆边缘斜坡带沉积体系及湖盆充填模式[J].沉积与特提斯地质,2001,21(2):39-45.
- [2] 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,2000,22(3):11-18.
- [3] 车自成.从青藏高原的隆起看柴达木盆地的形成与演化[J].石油与天然气地质,1986,7(1):10-16.