

文章编号: 1009-3850(2001)02-0039-09

柴达木盆地干柴沟地区第三系湖盆边缘斜坡带沉积体系及湖盆充填模式分析

付国民¹, 李永军², 邓颖³

(1. 成都理工学院, 四川 成都 610059; 2. 长安大学, 陕西 西安 710050;
3. 西南石油局, 四川 成都 610081)

摘要: 通过地面调查及钻井地质资料分析, 对柴达木盆地干柴沟地区第三系湖盆边缘斜坡带沉积体系构成进行分析研究, 该体系主要由扇三角洲沉积体系, 水下洪积扇-近岸浊流沉积体系, 辫状河三角洲沉积体系, 常态湖三角洲沉积体系和湖泊沉积体系组成。对其成因地层格架及湖盆充填模式进行了探讨分析。

关键词: 沉积体系; 成因地层格架; 湖盆充填模式; 柴达木

中图分类号: TE121.3

文献标识码: A

Depositional systems and filling patterns of the Tertiary Qaidam lake basin in the Ganchaigou region, Qinghai

FU Guo-min¹, LI Yong-jun², DENG Ying³

(1. Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China;
2. Chang'an University, Xian 710050, Shaanxi, China; 3. Southwest China Bureau of Petroleum, Chengdu 610081, Sichuan, China)

Abstract: The sediments from the margin-slope zone of the Tertiary Qaidam lake basin in the Ganchaigou region, Qinghai are explored on the basis of surficial investigation and well logs. Five depositional systems have been distinguished: fan-delta, submarine pluvial fan-nearshore turbidity current, braided channel-delta, normal lake-delta and lake depositional systems. The genetic stratigraphic framework and model

收稿日期: 2001-04-06

for the lake basin filling are constructed in terms of temporal-spatial distribution and tectonic-stratigraphic sequences in the Ganchaigou region.

Key words: depositional system; genetic stratigraphic framework; model for lake basin filling; Qaidam

柴达木盆地是在柴达木地块基础上发育的中新生代内陆叠合型盆地,其第三系盆地是在中生代内陆前陆盆地基础上发育的转换伸展裂陷盆地,其上不整合第四纪挤压挠曲盆地,是柴达木盆地主要的含油层系。干柴沟地区位于柴达木盆地茫崖坳陷西北端,阿尔金山南麓,是柴达木第三纪湖盆的边缘斜坡带的重要组成部分(图1),其第三纪沉积巨厚,沉积体系类型复杂,是近年来柴达木盆地石油勘探的主要靶区。

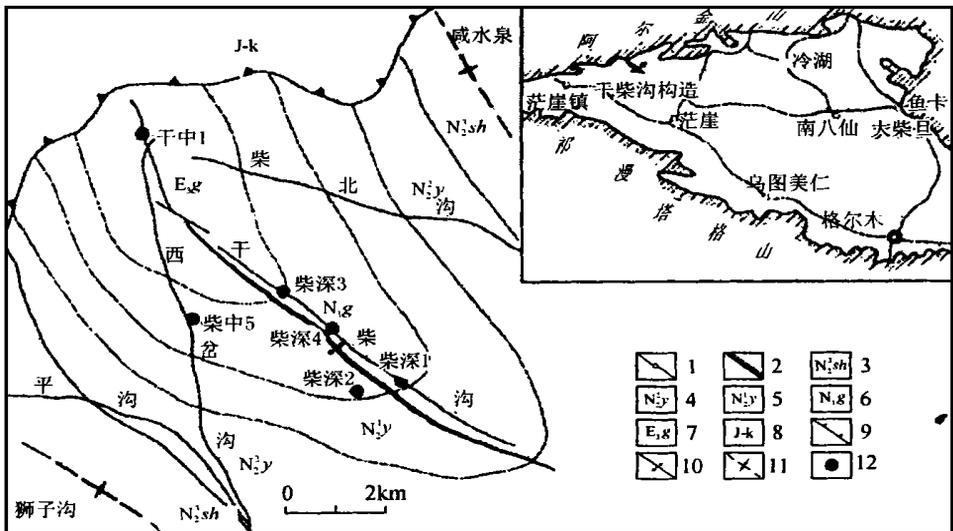


图1 干柴沟地区构造地质图

1. 小镇及公路; 2. 盆地周边前中生界; 3. 狮子沟组; 4. 上油砂山组; 5. 下油砂山组; 6. 上干柴沟组; 7. 下干柴沟组; 8. 白垩系-侏罗系; 9. 逆冲断层; 10. 背斜; 11. 向斜; 12. 油井

Fig. 1 Tectonic-geological map of the Ganchaigou region

1= town and highway; 2= pre Mesozoic strata around the Qaidam Basin; 3= Shizigou Formation; 4= Upper Youshashan Formation; 5= Lower Youshashan Formation; 6= Upper Ganchaigou Formation; 7= Lower Ganchaigou Formation; 8= Cretaceous-Jurassic strata; 9= thrust; 10= anticline; 11= syncline; 12= oil well

1 沉积体系类型及特征

在对本区纵横剖面相构成分析的基础上,根据其沉积过程中的成因联系,在本区划分为五种不同类型的沉积体系。

1.1 扇三角洲沉积体系

扇三角洲沉积体系发育于研究区西部, 近临老山边缘, 在第三纪各沉积时期均十分发育, 约占沉积总体的60%以上, 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, 内部不均一性非常显著。该沉积体系主要由以下6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。在该沉积体系中洪水性水下重力流沉积十分发育, 常见冲积含砾砂岩与湖相暗色泥岩及泥灰岩呈互层状叠置, 或侧向过渡, 砾岩的砾石略定向排列, 发育正递变和粗糙平行层理, 以砂基支撑为主, 与正常水下沉积接触截然, 多见强烈冲蚀构造(图2), 其为水上洪积物直接入湖并经湖水改造而成, 由洪泛事件所触发。

本区扇三角洲砂体主要围绕老山边缘呈裙边状展布, 不同成因类型的砂体垂向上交错叠置, 横向上相互过渡。砂分散体系长轴呈东南向的朵叶状。由于扇三角洲在不同时期发育的水动力条件和构造-沉积演化阶段的不同, 在研究区扇三角洲沉积具有不同叠覆序列, 大致可分为退积型和高位填积型两种。退积型扇三角洲主要发育在湖盆主陷阶段早期, 常见于上、下干柴沟组沉积期, 总体呈水进型正旋回层序(图3), 是在水域不断扩大, 湖岸线不

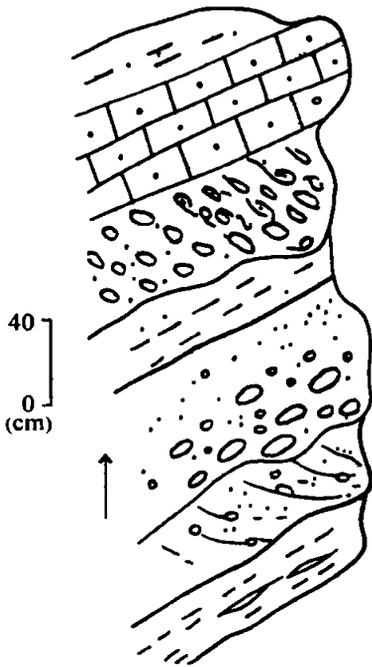


图2 洪水性水下重力流沉积(西岔沟)

Fig. 2 Vertical sequence of the pluvial submarine gravity-flow deposits in Xichagou

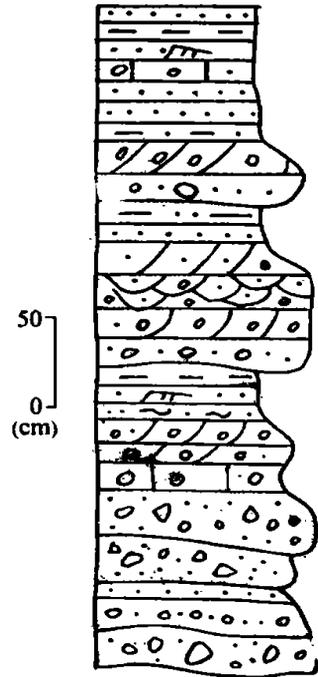


图3 退积型扇三角洲沉积层序

Fig. 3 Vertical sequence of the retrogradational fan-delta sequence

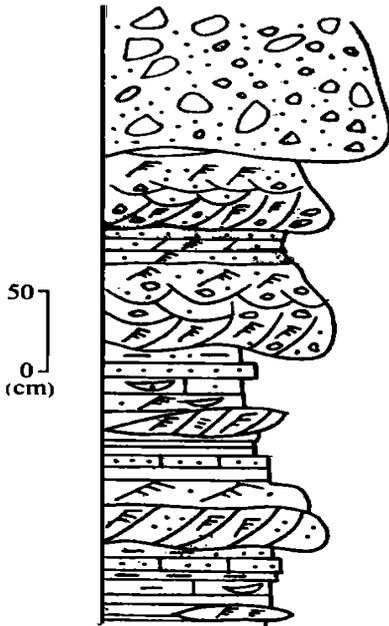


图4 高位充填型扇三角洲沉积层序

Fig. 4 Vertical sequence of the highstand filling fan-delta sequence

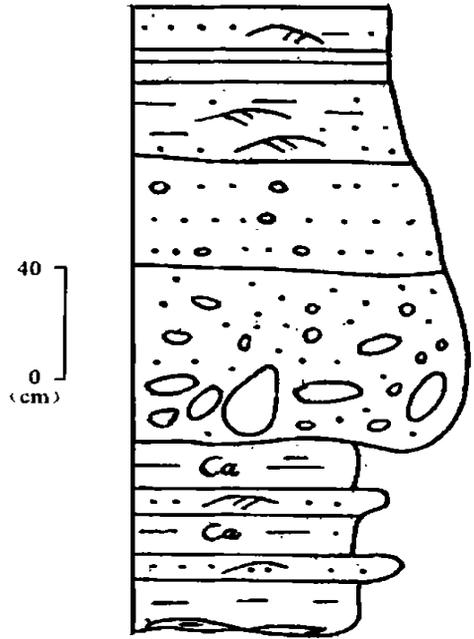


图5 沟道浊积岩(西岔沟西北 N_{1g})

Fig. 5 Vertical sequence of the channel turbidites in western Xichagou

断向老山方向迁移,碎屑物质向后加积的背景下形成。高水位充填型扇三角洲主要形成于湖盆主陷阶段晚期,主要见于上、下油砂山沟组,沉积总体呈典型的反旋回层序叠置(图4),总体反映了砂体不断向湖进积和湖水变浅的过程。

1.2 水下洪积扇-近岸浊流沉积体系

该沉积体系主要见于下干柴沟组沉积期和上干柴沟组沉积早期,分布于柴深1井以西,形成坡度陡、水流强、湖盆直抵老山边缘这古构造环境下,岩相组合以灰绿/褐灰色砾岩、含砾砂岩为主夹浅灰色/灰黄色粉砂岩及砂屑灰岩、泥灰岩,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。其中浊流沉积在本体系中极其发育,按产出状态不同可分为近岸浊流与远源浊流。近岸浊流常见于上、下干柴沟组沉积期,与半深湖相暗色泥岩相伴生,岩性组合以中细砾岩、含砾砂岩为主,夹有中细砂岩、粉砂岩,厚0.5~1.5m,砾石成分复杂,多呈棱角状,砂泥支撑。根据沉积构造的差异,将本区近岸浊积岩分为两类,一是沟道浊积岩(图5),岩性组合以砾岩和含砾砂岩为主,砂砾岩体具典型的叠置冲刷充填构造,直立砾石发育,底冲蚀深度达10cm,下部中细砾岩发育正粒序层理,砾石大小混杂,较大砾石悬浮于较细砾石和砂泥中,上部含砾砂岩发育粗糙平行层理,其构成型式类似于AB型不完整鲍马层序;另一类浊积岩具典型鲍马序列(图6),其岩相组成以含砾砂岩、细砂岩、粉砂质泥岩为主,下部为具粒序层理的含砾砂岩,砾石多富集于砂岩底部,底冲蚀较弱,中部发育平行层理

的席状砂岩,上部为具沙纹层理粉砂岩和暗色泥岩,富含脉状石膏和沥青,形成较典型的鲍马ABD或ACE层序。较深湖远源浊积岩鲍马层序完整,厚0.5~1m,少数仅10~30cm,底部以冲蚀构造和变形层理等同沉积构造与下伏泥岩界面截然不同,不同岩性组合依次为正粒序细小砾岩(可见泥质同生角砾),平行层理细砂岩,波状层理粉细砂岩或上叠爬升沙纹层理粉砂岩,水平纹层泥岩。从下到上组成较典型的ABD或ABE层序或AE层序(图7),砂体呈席状体,延伸稳定。此外,较深湖沉积在花北高点及狮子沟一带,含有巨厚的膏盐和泥灰岩,形成裂缝型优良储层。

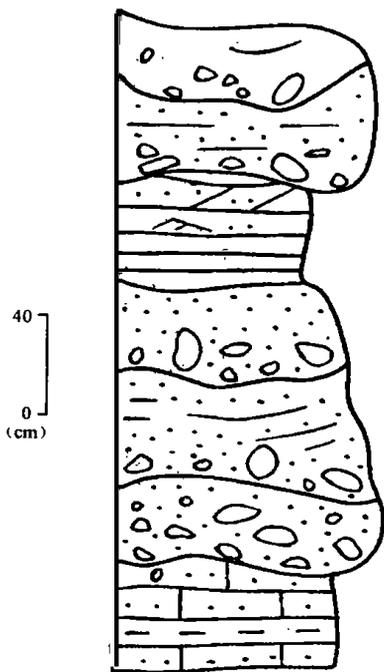


图6 近岸浊积岩(西岔沟 E_{3g^2})

Fig. 6 Vertical sequence of the nearshore turbidites in Xichagou

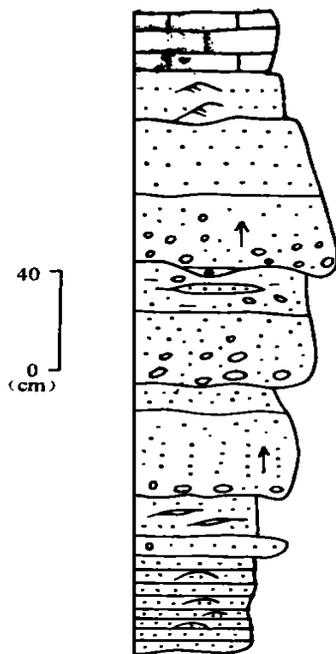


图7 远源浊积岩

Fig. 7 Vertical sequence of the distal turbidites

水下洪积锥-近岸浊流沉积在本区厚度巨大,洪泛性重力流沉积呈扇形绕老山分布,在平行于物源供给的东南向上表现快速尖灭的楔形,在垂直于物源供给的东北方向上呈透镜体,物质构成由西北至东南逐渐变细,深湖暗色泥岩比例增大,水下洪积锥-近岸浊流沉积体系内部构成较为简单,不同的成因相在平面上的不同组合类型和方式直接构成本区由西北展布的3个相带:①近端相分布于柴3井以西,以粗粒水下重力流和泥石流沉积为主夹少量湖相泥岩及灰岩;②中端相分布于柴3井—柴深1井一带,以中粗粒水下重力流沉积与湖泊泥岩、粉砂岩交互出现;③远端相分布于柴深1井以东,以湖泊相泥岩、粉砂岩为主夹近岸浊流沉积砂砾岩,整体砂泥比值较低。

水下洪积锥-近岸浊流沉积体系在垂向层序中填积特征不规则,底下多为湖泊泥岩,其

上中端和远端相交互出现,无明显的进积或退积特征,其砂分散体系为多个朵状体叠覆的帷幕状。尽管形成条件与扇三角洲相似,但沉积构成和发育边界条件有较大区别。一是水下洪积锥-近岸浊流沉积体系是洪水作用所产生的沉积重力流直接入湖的产物,无水冲积扇平原;二是其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。

1.3 辫状河三角洲沉积体系

该沉积体系主要发育于上油砂山组及狮子沟组沉积期,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,集中分布于西岔沟—柴深1井以西。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所发育的上述5类主要成因相类型在平面上以不同组合方式构成了辫状河三角洲沉积体系的3种沉积相带:辫状河平原相、辫状河三角洲前缘和前辫状河三角洲,并依次呈西北向展布。该沉积体系主要发育于第三纪湖盆萎缩阶段,因而多形成进积型层序,从下到上表现为反旋回,表明辫状河砂体不断在向湖盆进积,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,砂体成因类型丰富,且相互叠置,以含砾砂岩、细小砾岩为其骨架相,岩石结构及成分成熟度较差。

1.4 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,其内部成因相构成与辫状河三角洲十分相似,主要有河道充填砂砾岩及河漫滩砂泥岩呈互层沉积;水下分流河道及河口坝砂岩;河道间洼细粒沉积;前缘席状砂体及滨浅湖沉积,与辫状河三角洲沉积体系相比较,常态湖三角洲沉积体系水上冲积平原以曲流河沉积层序为主,水下河口坝和分流河道砂体为骨架相。河口坝砂体表现为较特征的向上变粗反粒序层序,冲积平原沉积层序表现为褐灰色曲流河砂砾岩,河道砂体与土黄色漫滩细粒沉积近等比例呈韵律产出,河道砂体侧向加积明显,粒度相对较细,越岸细粒沉积多见钙结壳等水上暴露标志。

本区常态湖三角洲体系在平面上相带展布表现为,在西岔沟—平沟一带,主要分布三角洲平原沉积,相带较宽;在柴深1井以东,主要为三角洲前缘和前三角洲沉积,其与滨浅湖沉积向西北过渡。

本区常态湖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。

1.5 湖泊沉积体系

本区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,沉积总体以进积型呈向上变粗层序为主,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,因此形成了不同类型的湖泊沉积。

半氧化的滨浅湖泊沉积 该沉积发育于湖盆萎缩阶段,主要见于上、下油砂山组及狮子沟组沉积期,岩性组合以棕红色/灰绿色/黄绿色中薄层状粉砂岩与泥岩为主,夹有砂屑灰岩、泥灰岩,总体以红色沉积为主,代表了水体较浅盐度较高的半氧化环境。

还原的中深湖湖泊沉积 该沉积发育于湖盆最大扩张期,主要见于上、下干柴沟组沉积期,岩性组合以灰绿色/青灰色中薄层泥岩、粉砂岩为主夹有砂屑灰岩、泥灰岩及含砾砂岩,深湖沉积的显著特征是暗色细粒沉积中夹有重力流及浊流成因的含砾砂岩或砂岩,这在柴深1井钻遇地层中常可见及。

2 湖盆成因地层格架及其充填模式

2.1 成因地层格架特征

成因地层格架是盆地内部几何形态,即构成盆地的岩性地层单元和岩性单元的几何形态及其相互关系,盆地的成因地层格架样式反映了盆地沉积体系的时空配置及其演化过程,实际上盆地的成因地层格架主要受控于盆地基底先存的构造格架,同期的构造运动及物源体系的分布^[1,2],通过对干柴沟地区密集的纵横剖面和多口钻井资料分析,可以充分揭示湖盆边缘斜坡带沉积体系的三维空间配置关系以及盆缘物源体系的分布(图8)。

古始新世路乐河组沉积期 本区为红狮断陷的一部分,少数钻井钻遇了较深湖相的具微细水平纹层的深灰/黑色泥岩,可推测由于边缘断裂持续拉张,在箕状断陷内侧发育冲积扇-扇三角洲粗粒沉积。

渐新世—中新世上、下干柴沟组沉积期 古始新世末的早喜马拉雅运动使阿尔金断裂强烈左行走滑和向盆地内逆冲推置,边缘老山大幅度抬升,湖盆经古始新世的填平补齐作用至此强烈裂隙,湖缘直接老山边缘。本区坡度陡、水流强,极有利于粗相带的形成,水下洪积锥及近岸浊积砂体,在柴深3井以东则为湖,因而在干中1井附近形成扇三角洲,在盆地沉积中心,形成较深湖暗色细粒沉积。在

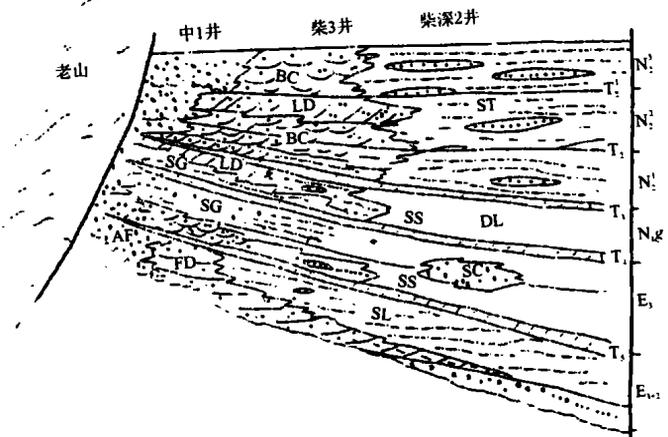


图8 柴达木盆地干柴沟地区成因地层格架

AF. 冲积扇沉积; BC. 辫状河沉积; FD. 扇三角洲沉积; SL. 滨浅湖沉积; SG. 水下洪积扇及近岸浊流; DL. 较深湖沉积; SS. 湖泛层; T_2 - T_3 . 地震反射界面

Fig. 8 Genetic stratigraphic framework for the Ganchaigou region of the Qaidam Basin

AF=alluvial fan deposits; BC=braided channel deposits; FD=fan-delta deposits; SL=littoral and shallow lake deposits; SG=submarine pluvial fan and nearshore turbidity current deposits; DL=deeper lake deposits; SS=flooding beds; T_2 - T_3 =seismic reflection interface

中新世早期,本区为最大湖泛期,西岔沟以西可见数层泥灰岩直接超覆于前期洪积砾岩之上,以发育扇三角洲-滨浅湖沉积为主,而在柴深2井一带为湖盆沉积中心,发育中深湖沉积。中新世晚期,由于边缘老山进一步向湖盆推置,使本区处于构造强化和过补偿阶段,以

发育建设性扇三角洲-滨浅湖沉积体系为特征,湖盆中心东移至英雄岭一带。

上新世早中期上、下油砂山组沉积期 该时期山体隆升、沉积中心东移,在本区西北部形成较宽的扇前辫状河平原沉积,柴深2井以东形成湖泊三角洲沉积,但在总体构造强化和湖盆萎缩过程中,间歇性出现构造宁静期和稳定沉降阶段,使局部发育湖泛层和较稳定常态三角洲-湖泊沉积。

上新世晚期狮子沟组沉积期 该时期湖盆已强烈萎缩,沉积中心再次东移,扇前冲积平原更发育,仅在研究区东南角形成滨浅湖沉积。

2.2 沉积体系的时空配置特征

结合古构造、古地理背景分析,本区恰处北东东向阿尔金走滑-逆冲断裂系和南北向古断裂交汇处,这一特定的构造位置以及沉积基底西北向隆凹相间和总体西北高东南低这一古地势背景下,沉积体系的时空配置具有如下显著特点:

(1) 阿尔金剪切-逆冲同沉积断裂系的活动自始至终控制了盆内物质充填的类型和沉积体系的展布。在断裂初始拉张时期,形成退积性冲积扇-扇三角洲沉积体系;在断裂大规模走滑拉张期,形成水下洪积锥及近岸浊流沉积体系,湖盆中心紧靠断裂内侧;在断裂走滑逆冲推置及湖盆萎缩时期,形成进积性辫状河三角洲沉积体系,并具明显的分带性,从盆缘断裂至盆地中央,东南方向依次出现冲积扇-扇三角洲-湖泊沉积。

(2) 由于阿尔金剪切-逆冲同沉积断裂系产生的扭断及强烈挤压逆冲作用,不仅快速产生了阿尔金南东缘斜坡环境,使碎裂强度大,为湖泊近岸提供了大量粗碎屑物,而且在研究区西部造成粗相带的快速堆积,形成窄而厚的角砾岩带,甚至沉积“柱体”,在横向上变化极大,角砾岩带和泥岩带直接接触,呈“跳相过渡”,局部似呈“不整合”接触。

(3) 阿尔金断裂与其所派生的近南北向断裂,在交汇处形成出山河道,形成了研究区较大范围的浊积砂体。

(4) 沉积体系的展布与水进水退密切相关,水进水退与冲积扇-扇三角洲体系和三角洲体系的进积和退积呈互为消长关系,整个湖盆充填序列总体反映了从水进到水退的全过程。

2.3 湖盆充填模式

根据柴达木第三系盆地沉积体系时空组合及其构造层序序列^[3],其形成演化可分为:初始裂陷阶段,扩张裂陷阶段和转换拗陷阶段。分别形成相应的层序型式及建造单元。此外,柴达木第三系盆地西北部以阿尔金剪切-逆冲同沉积断裂系控制其盆地边缘,使其沉积体系的发育和配置与我国东部由正断层控制的断陷性湖盆有很大差别^[4],这主要反映在湖盆充填序列中(图9),由于阿尔金断裂在整个沉积期不断向湖盆逆冲推置,即使湖面扩张,由低水位向高水位变化时,粗相带向盆内推进,沉积中心后退,垂向上出现向上变粗层序;而以正断层为边界的箕状断陷湖泊,水位向上变化过程中,沉降中心向断裂带靠近,垂向上出现向上变细变薄的充填层序。其次在体系域配置上,前者早期强烈拗陷阶段碎裂强度大,洪积砾岩直入湖中,形成典型的水下洪积锥与近岸浊流体系,在后期盆地萎缩阶段,则以扇三角洲-湖泊体系为主导;而后者在早期强烈断陷期,以扇三角洲-湖泊沉积体系为主,在中期断拗期则以辫状河、曲流河三角洲-湖泊体系为主,在晚期盆地萎缩和分化阶段则以冲积扇和洪泛平原沉积为主。上述两种不同的构造-沉积演化模式对分析不同控盆条件的盆地的岩相变化,

生储盖时空分布与配置具有重要指导作用^[3]。

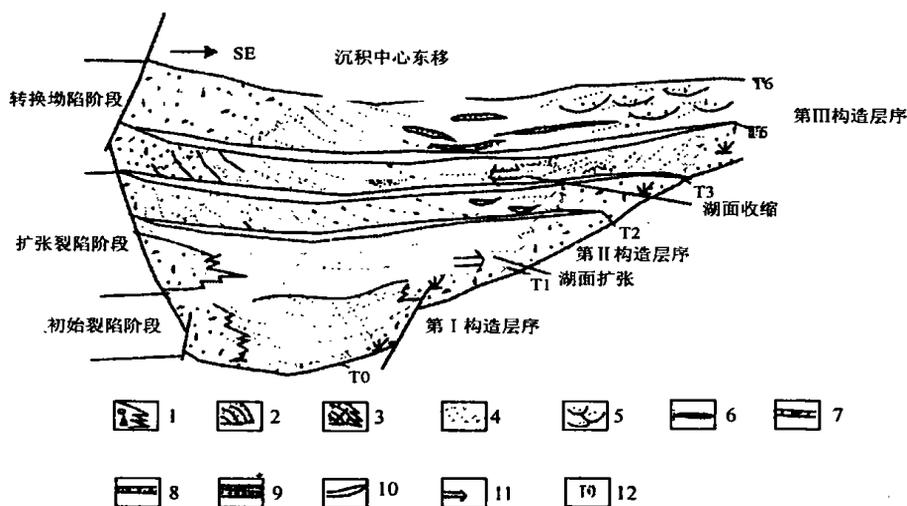


图9 柴达木盆地干柴沟地区第三系湖盆充填模式

1. 冲积扇; 2. 三角洲; 3. 扇三角洲; 4. 浊积砂体; 5. 辫状河道; 6. 膏盐; 7. 灰岩; 8. 滨浅湖粉砂质泥岩; 9. 深湖泥岩; 10. 湖泛面; 11. 湖水面进退; 12. 层序界面

Fig. 9 Model showing the filling patterns of the Tertiary Qaidam Basin in the Ganchaigou region

1= alluvial fan; 2= delta; 3= fan delta; 4= turbidite sandstone; 5= braided channel; 6= gypsum; 7= limestone; 8= littoral and shallow lake silty mudstone; 9= deep lake mudstone; 10= flooding surface; 11= transgression or regression; 12= sequence boundary

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 宋国奇, 刘国华, 陈金鹰. 临清拗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): 17-25.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.