

文章编号: 1009-3850(2008) 04-0028-08

乌里雅斯太凹陷南洼槽下白垩统重力流沉积相模式

冯兴雷¹, 马立祥¹, 谢丛娇¹, 涂智杰¹, 郭发军²

(1. 中国地质大学 资源学院, 湖北 武汉 430074; 2 中国石油股份有限公司 华北油田有限公司 勘探开发研究院, 河北 任丘 062550)

摘要: 重力流成因的岩性油气藏是油气藏的重要类型之一。乌里雅斯太南洼槽下白垩统的重力流沉积砂体是盆地主要的储集体类型, 但其分布复杂, 沉积类型多样, 内部的非均质性极强, 对勘探和开发带来了很大的难度。通过精细的岩心观察, 结合测井、3D地震, 以及岩石分析资料等, 笔者总结了盆地内的重力流沉积类型, 分析了其平面的相分布特征, 建立了盆地重力流沉积相模式, 为研究区岩性油气藏的进一步勘探开发提供了依据。
关 键 词: 乌里雅斯太凹陷南洼槽; 重力流类型; 沉积相模式
中图分类号: P512.2 文献标识码: A

重力流成因的岩性油气藏是油气勘探的重要类型。自上世纪 50 年代以来, 重力流理论体系在形态学、运动学机理, 以及动力学成因等方面取得了较大进展。目前, 国内已较为系统地总结了重力流的基本类型、发育机制及相模式^[1~3]。乌里雅斯太凹陷南洼槽下白垩统岩性沉积砂砾体为重力流成因, 其分布复杂, 沉积成因类型多样, 内部非均质性强, 给勘探工作带来了很大难度^[4~7]。笔者通过精细的岩心观察, 结合地区的测井、和 3D 地震资料, 探讨了岩性体的沉积类型、平面沉积相展布, 并建立了沉积模式; 对指导未来勘探方向以及有效开展勘探部署提供一定的依据。

1 沉积背景

乌里雅斯太凹陷位于二连盆地马尼特坳陷东北部, 夹持于巴音宝力格隆起和苏尼特隆起之间, 为一个在海西期褶皱基底上发育起来的中新生代西断东超的箕状断陷^[8] (图 1)。基岩最大埋深为 4.5 km, 凹陷长约 220 km, 宽为 16~20 km, 面积约 3000 km², 分

为南、中、北 3 个次级洼槽, 目前油气勘探主要集中在南洼槽。区内地层自下而上为侏罗系阿拉坦合力群、兴安岭群, 下白垩统巴彦花群阿尔善组、腾格尔组和赛汉塔拉组, 以及新近系。其中阿尔善组和腾格尔组的下亚段为乌里雅斯太凹陷主力勘探目的层^[9]。乌里雅斯太凹陷南洼槽在平面上可以划分为西部陡坡带和东部缓坡带。西部陡坡带受西部控盆边界大断裂控制, 东部缓坡带受坡折及断层控制。

2 重力流的形成条件

乌里雅斯太凹陷南洼槽早白垩世为一半地堑, 盆地基底发生强烈断裂变形, 构成了走向 NE 向的基底断裂系统。西部陡坡带为主断裂面。东部缓坡边界为三级阶状坡折并受断层控制, 凹陷整体窄而长, 深度相差悬殊。

在下白垩统沉积过程中, 湖盆的碎屑物质主要来自西部的巴音宝力格隆起和东部的苏尼特隆起。另外, 洼陷内部一些大小不等的古凸起和古残山, 也是湖盆内部的碎屑物质来源。

收稿日期: 2008-08-12 改回日期: 2008-10-04
作者简介: 冯兴雷 (1982—), 男, 硕士生, 主要从事沉积学与储层地质学研究。Tel: 15871794351; E-mail: fengxinglei_@163.com
资助项目: 中国石油股份有限公司华北油田分公司“乌里雅斯太开发可行性论证及方案编制”

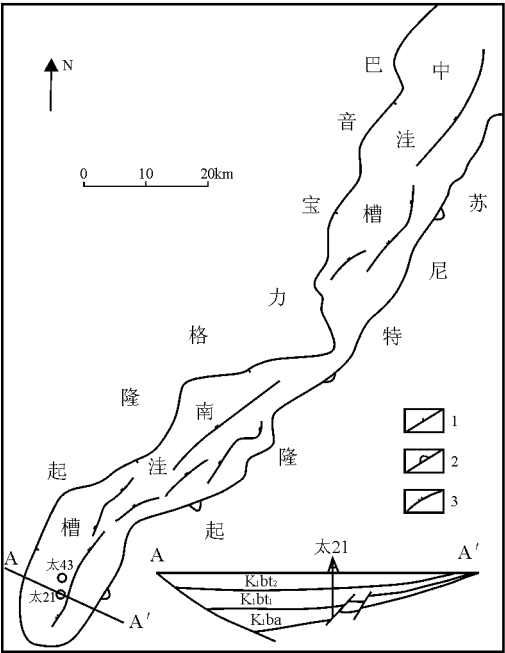


图 1 乌里雅斯太凹陷南洼槽构造位置示意图
1. 边界断层; 2. 剥蚀线; 3. 次级断层
Fig 1 Tectonic setting of the southern sag of the Uliastai depression
1= boundary fault 2= denudation line 3= secondary fault

丰富的物源和盆地断裂形成深度差异大的坡度,为重力流沉积在凹陷内的发育提供了充分的条件。

3 重力流的特征及分类

重力流是由液体(海水或湖水)和固体岩块(包括碎屑和成层透镜体)以及塑形体(未固结的岩层和碎屑)组成的重力作用下发生流动的高密度流。由于重力流为高密度流,沉积作用进行很快,粗颗粒沉积随即被埋藏,因而组分中缺乏滚动颗粒。其结果是,在 C-M图上重力流沉积物的 C值与 M值密切相关,形成与 C=M 基线平行的图形(图 2)。重力流主要可以分为碎屑流、颗粒流、液化流和浊流 4 种(图 3)^[10];乌里雅斯太南洼槽,碎屑流、浊流、颗粒流十分发育,液化流沉积少见。

3.1 颗粒流

颗粒流是水下重力流的一种,它主要以砂砾颗粒间相互摩擦碰撞产生的扩散应力为支撑,以自身重力沿水下斜坡流动的流体。颗粒之间产生的扩散应力可支撑粗砂和砾石,因而颗粒流沉积中常含有较粗大的颗粒。研究区颗粒流沉积物的颗粒级别从粗砂到粗砾岩,砾石含量一般为 1%~7%,局部达 12%,砾石成分以花岗岩、石英岩为主,次有砂岩、喷出岩、凝灰岩、板岩;砂级颗粒中碎屑含量大于 80%,杂基含量为 2%~25%。主要为颗粒支撑的岩相,多发育无粒序的块状构造(图 4-2),颗粒的方向部分平行于流向,在部分泥质含量较高层段发育变形构

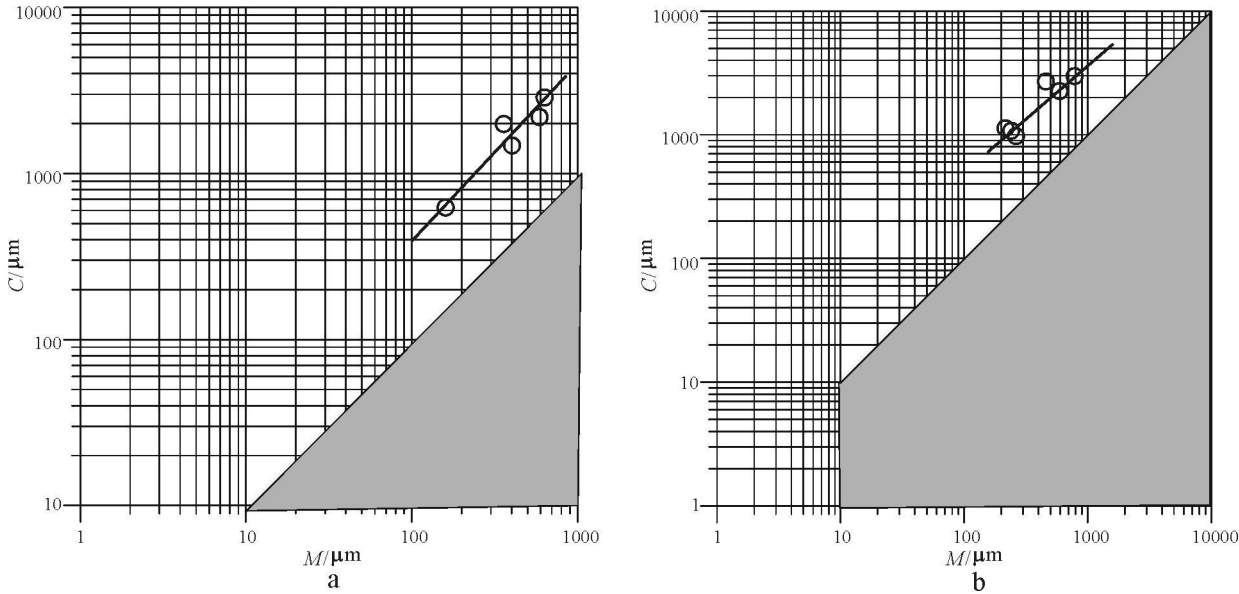


图 2 乌里雅斯太凹陷南洼槽重力流沉积的 C-M图
a T17井 2224 24~2356 36m段; b T39井 2001 45~2339 16m段
Fig 2 C-M Patterns for the gravity flow deposits in the southern sag of the Uliastai depression
a 2224 24—2356 36 m in T17 well b 2001 45—2339 16 m in T39 well

造(图 4-1),此外还发育 逆粒序的沉积构造平行于流向,在部分泥质含量较高层段发育变形构造(图 4-1),此外还发育逆粒序的沉积构造(图 4-3)。岩石的颜色多为灰色,灰褐色,反映一个较深的水下沉积环境。颗粒流沉积物磨圆较差,多为棱角状、次棱状和极少的次圆状。粒度累积百分含量曲线为两段式,即跳跃段和悬浮段缺少滚动段,两段的斜率都

较大,且从跳跃段到悬浮段斜率变化不大(图 5-9),反映了沉积物颗粒分选相对较好。

3.2 碎屑流(泥石流)

碎屑流既可以发生在水上(泥石流),也可以发生在水下。它主要指杂基含量很高,由基质强度起支撑作用,在重力的拖拽作用下顺坡向下缓慢运动的流体。研究区的碎屑流(泥石流)为基质支撑的

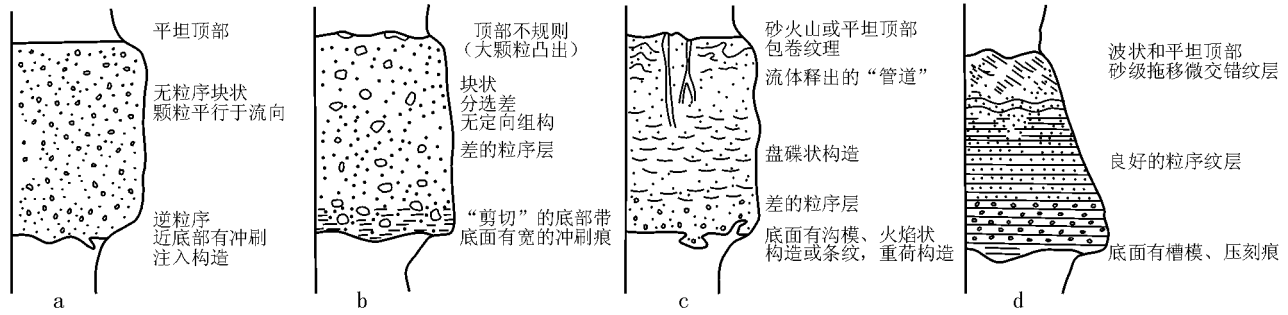


图 3 单一机制的沉积物中由不同类型的水下重力流所产生的结构、沉积构造和接触面的垂向序列(据 Middleton and Hampton 1973)

a 颗粒流; b 碎屑流(泥石流); c 液化流; d 浊流

Fig 3 Vertical sequences of sedimentary textures, structures and contact surfaces produced by subaqueous gravity flows of varying types (after Middleton and Hampton, 1973)

a Grain flow; b Debris flow (mud-rock flow); c Liquid flow; d Turbidity current

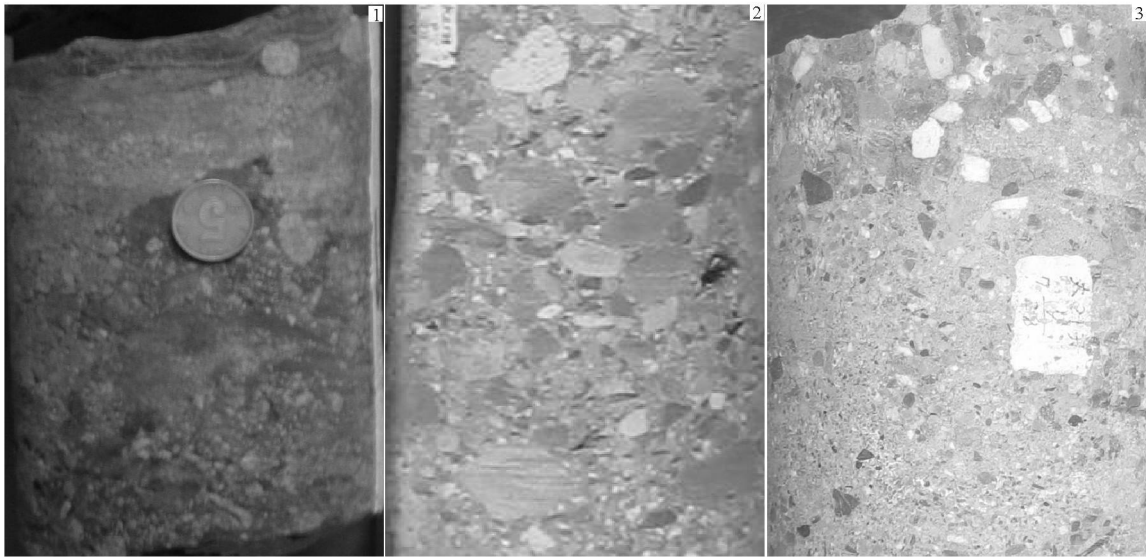


图 4 乌里雅斯太凹陷南洼槽下白垩统岩心照片

1 具变形构造灰色泥质中砾岩相, T17 井, 井段: 2238m 2 块状层理杂色粗砾岩相, T21 井, 井段: 1798m 3 具向上变粗逆粒序灰白色中砾岩相, T21 井, 井段: 2260m

Fig 4 Photographs of the Lower Cretaceous cores from the southern sag of the Uliastai depression

1= grey muddy medium-grained conglomerate facies with deformation structures 2238 m in T17 well 2= variegated coarse-grained conglomerate facies with massive beddings 1798 m in T21 well 3= grayish white medium-grained conglomerate facies with coarsening upward inverse grading 2260 m in T21 well

砂砾岩岩相, 沉积物多为厚层块状、富含粘土基质、分选差或无分选、无层理的粘土质砂砾沉积或砂砾质粘土沉积(图 6-1, 6-2)。岩石中砾石含量为 1% ~3%, 粘土杂基和粉砂质填隙物含量大于 80%。其中, 砾石的主要成分为凝灰岩、砂岩、花岗岩, 次有石英岩、酸性喷出岩、板岩、安山岩; 沉积物的颜色为

棕红色和灰、灰黑色为主, 反映水上和水下两种沉积(图 6-3 6-4)。沉积物颗粒的磨圆较差多为次棱状与棱状(图 6-1, 6-2 6-3), 少见次圆状(图 6-4)。粒度累积百分含量曲线为两段式, 跳跃斜率较大, 但到悬浮段斜率突变较小为近水平状, 反映了沉积物的分选差的特征(图 5-b)。

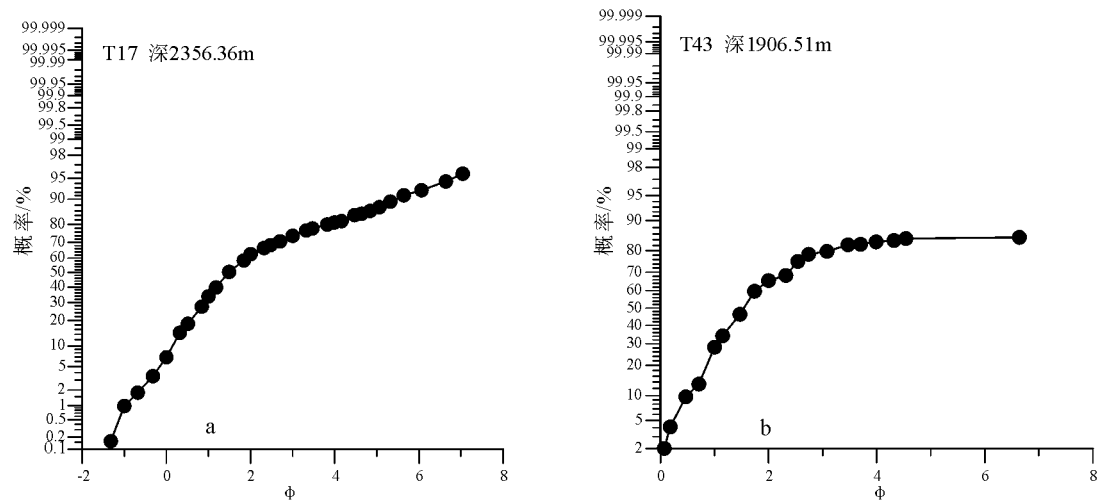


图 5 重力流粒度概率累积曲线

a 颗粒流概率累积曲线(太 17 井); b 碎屑流(泥石流)概率累积曲线(太 43 井)

Fig 5 Grain size probability accumulation curves for the gravity flow deposits

a Grain flow deposits(T17 well); b Debris flow (mud-rock flow) (T43 well)

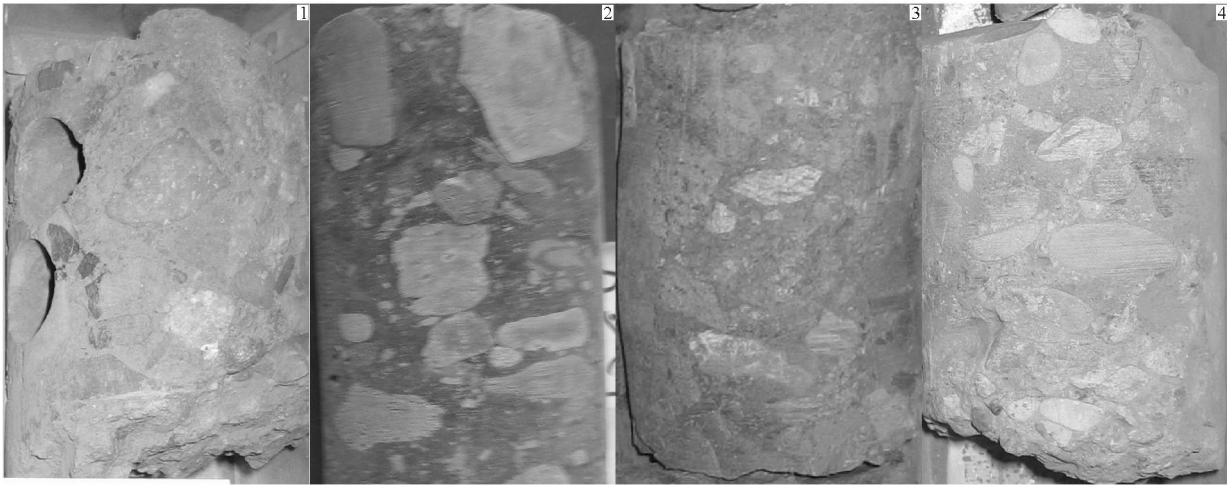


图 6 乌里雅斯太凹陷南洼槽下白垩统岩心照片

1 块状砂砾基质支撑的灰色粗砾岩相, T43 井, 井段: 1872.5m 2 块状泥质基质支撑的灰黑色粗砾岩相, T43 井, 井段: 1827m 3 紫红色粗砾岩相, T33 井, 井段: 1658m 4 块状灰白色粗砾岩相, T53 井, 井段: 1871.4m

Fig 6 Photographs of the Lower Cretaceous cores from the southern sag of the Uliastai depression

1= grey massive sandy matrix supported coarse grained conglomerate facies, 1872.5 m in T43 well 2= grayish black massive muddy matrix supported coarse grained conglomerate facies, 1827 m in T43 well 3= Purplish red coarse grained conglomerate facies, 1658 m in T33 well 4= grayish white massive coarse grained conglomerate facies, 1871.4 m in T53 well

3.3 浊流

浊流是一种在水体底部形成的高速度紊流状态的混浊的流体,是水和大量呈自然悬浮的沉积物混合成的一种密度流,在重力作用下成涌浪状前进。研究区浊流的岩石类型有细砾岩、长石岩屑砂岩、粉砂岩、泥岩,剖面结构上表现出细砾岩、中细粒砂岩与粉砂岩、泥岩互层。砂岩中杂基含量大于6%~16%,颗粒呈次棱角状、棱角状,分选性中等至差。粉砂岩中的泥质含量较高,岩石多呈灰色。岩层中粒序层理、水平或平行层理、小型沙纹交错层理等较发育,为鲍马沉积序列。如太17井的1964.00~1964.25m发育了缺少D段的不完整鲍马序列(图7)。

4 重力流的沉积体系及其模式

4.1 沉积体系

研究区主要发育高能环境下快速沉积的扇三角洲、斜坡扇和湖底扇砂体。

1. 扇三角洲沉积

扇三角洲沉积指近临高地直接进入稳定水体中的粗粒扇体。形成于区域抬升构造背景和特大山洪爆发时期,属陡地形、近物源、快速沉积的一套粗碎屑岩^[10-11]。研究区下白垩统发育的扇三角洲分布在洼陷的西部陡岸,如T11、T7井区;以及东北部的

T17、T57、T23、T39井区,南部的T79、T31、T85井区(图8)。具有扇三角洲平原、扇三角洲前缘和前扇三角洲的3层结构,其中扇三角洲前缘最为发育,平面上呈扇形,垂向上属一套下粗上细的正旋回叠置层,剖面厚度大,砂砾岩比例高,单层厚度大,砾岩成分杂,成分成熟度和结构成熟度低,平面上相带分布窄相变快,并以重力流为主,其次以牵引流沉积构造为特征。其中,扇三角洲平原以碎屑流(泥石流)为主,多发育棕红色的厚层砂砾岩沉积,如T33井阿尔善组的1650~1670m发育大套棕红色基质支撑的粗砾岩(图6-3)。扇三角洲前缘以颗粒流沉积为主,多发育颗粒支撑的致密细砾岩到粗砾岩,如T17井阿尔善组2938~2943m岩心段。

2 斜坡扇沉积

斜坡扇位于湖盆的缓斜坡边缘,堆积于沉积滨线坡折附近。是因滑塌作用和重力作用,沉积物沿斜坡下滑,整体向下搬运到比湖底扇更近源的斜坡位置上,或洪水搬运的沉积物直接入湖沉积于盆地缓斜坡上而形成的水下扇形堆积体^[12]。研究区斜坡扇主要发育在盆地东部缓坡断裂和坡折控制形成的三级阶状构造的第一阶和第二阶,如东南部的T35、T15、T63井区,东北部的T27、T43井区和T53井区。斜坡扇在平面上呈厚的沉积裙,其内部可进一步划分出扇根、扇中和扇端亚相,研究区以扇中和扇

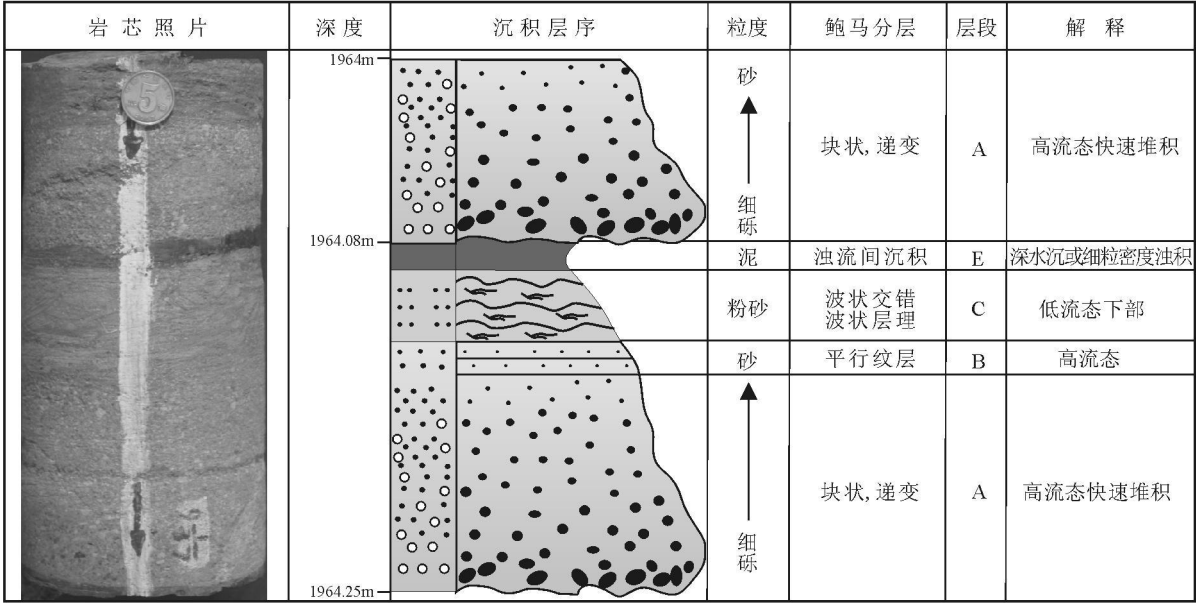


图7 乌里雅斯太凹陷南洼槽 T7井腾一段浊积岩中的鲍马序列

Fig 7 Bouma sequence through the turbidites developed in the first member of the Tengger Formation through T7 well in the southern sag of the Uliyasai depression

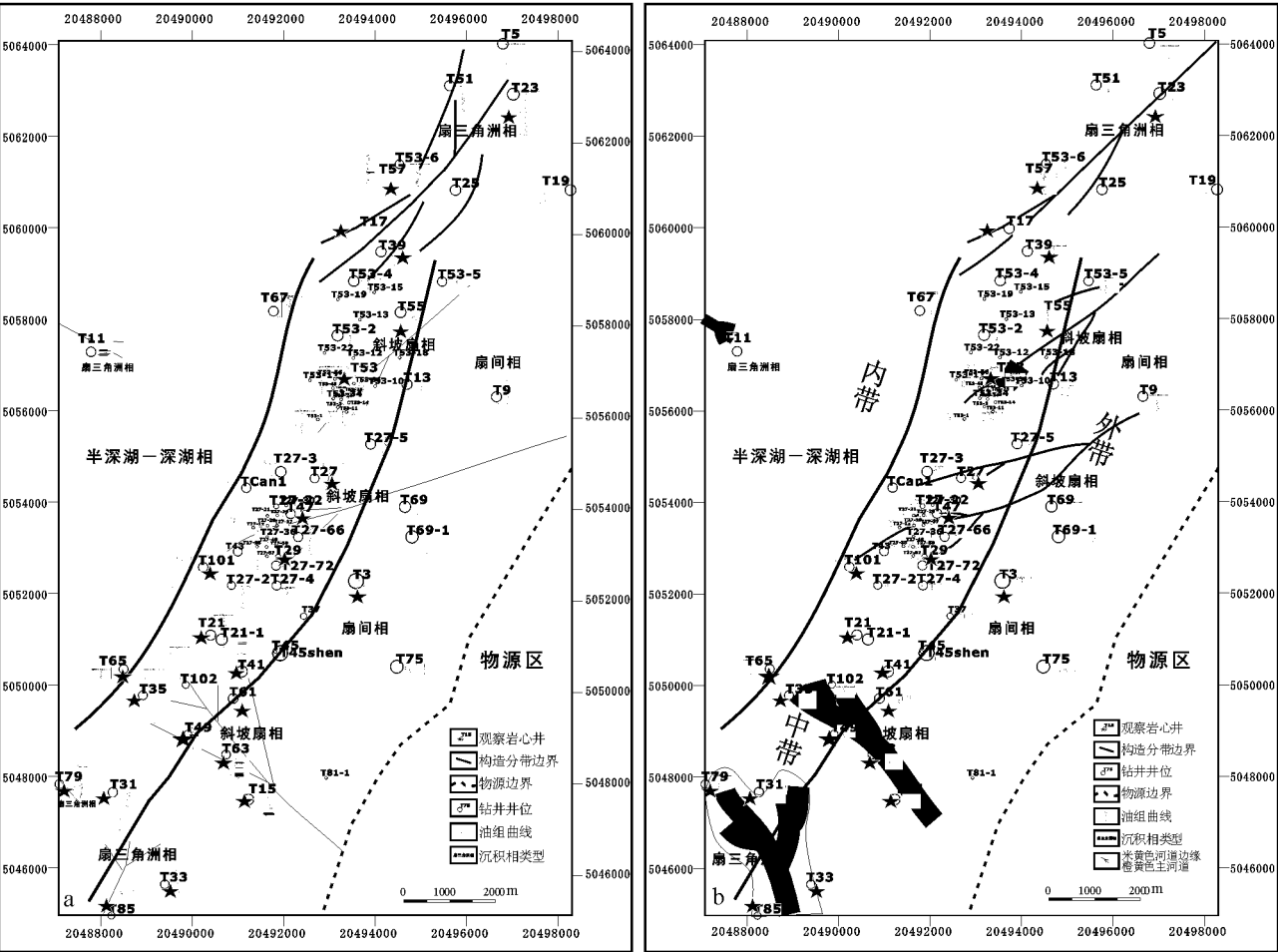


图 8 乌里雅斯太凹陷南洼槽下白垩统沉积相图

a 腾一段三油组; b 阿尔善二油组

Fig 8 Sedimentary facies maps of the Lower Cretaceous deposits in the southern sag of the Uliastai depression

a Third oil measures in the first member of the Tengger Formation b Second oil measures in Alxa

根亚相最为发育。沉积物主要为基质支撑,底部通常为突变的砂砾质、粘土砾质沉积,在垂向上以正韵律为主。

扇根属于主水道粗碎屑沉积,研究区 T43井 1905.31~1909.55m和 1871.22~1874.99m,为扇根亚相沉积,岩性为混杂无结构砂质基质支撑的砂砾岩沉积(图 6-1),岩性横向变化大,沉积序列表现为以向上变细的层序为主。T43井 1822.33~1827.92m发育扇中亚相,随着水深的加深,泥质含量逐渐增多,自下而上由粗变细,沉积物主要发育混杂无结构泥质基质支撑的砾岩(图 6-2)、含砾泥岩和泥岩,岩石颜色多为灰黑色,反映水体较深。

3 湖底扇沉积

湖底扇可以是由于扇三角洲、斜坡扇砂及砂砾或砾石沉积物经滑塌作用,在重力作用下搬运至深

湖半深湖中形成,也可以是因碎屑源区砂和砂砾碎屑由洪泛事件直接形成重力流通过补给水道被搬运入深湖半深湖中形成。前者称为滑塌型湖底扇,后者称为洪水型湖底扇^[13]。研究区湖底扇主要发育在东部缓坡断裂和坡折控制形成的三级阶状构造的第三阶。其地震相为丘状反射结构,属多期叠加的丘状相(图 9)。由于研究区在此区域缺乏钻井资料,此地区的湖底扇的其它沉积特征尚不完善。

4.2 沉积模式

乌里雅斯太凹陷南洼槽构造模式为单断式箕状洼陷,其西北侧为同沉积边界主断层,为陡坡带。东南侧为洼陷边缘缓坡带,受次级断层和坡折的控制坡度大(图 10)。下白垩统沉积时期,从阿尔善到腾格尔盆地湖水的面积逐渐增大。在该沉积时期,西部的巴音宝力格隆起和东部的苏尼特隆起为湖盆的

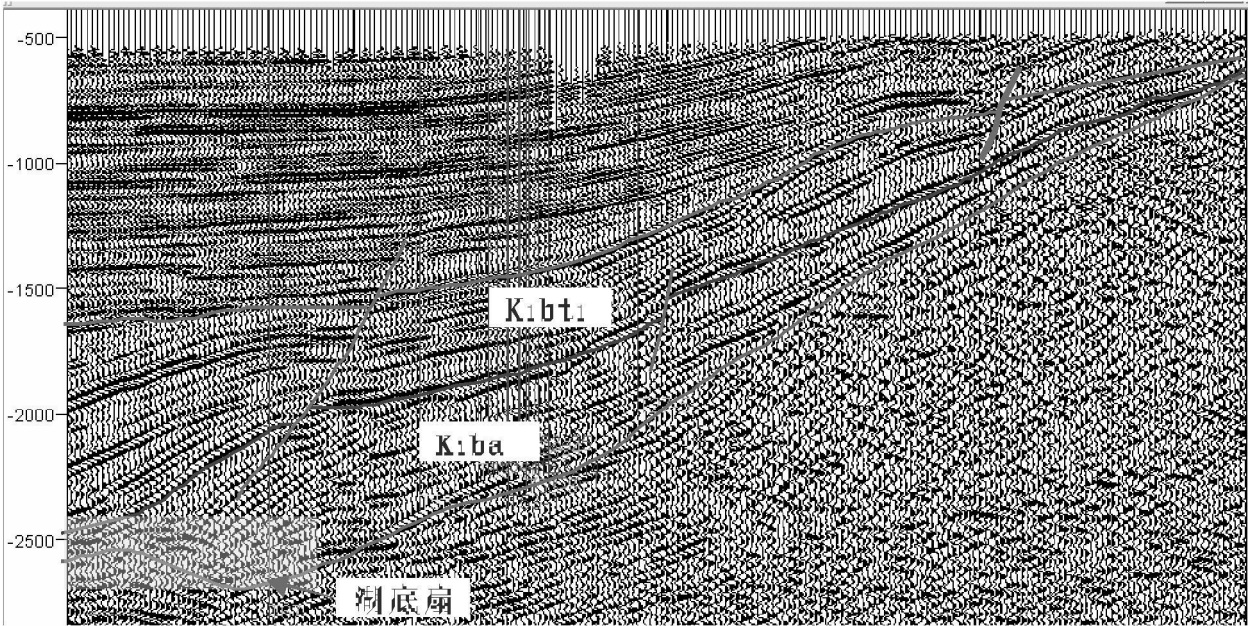


图 9 乌里雅斯太南洼槽地震 In line 525 主测线剖面
Fig 9 Seismic profile through 525 traverse in the southern sag of the Uliastai depression

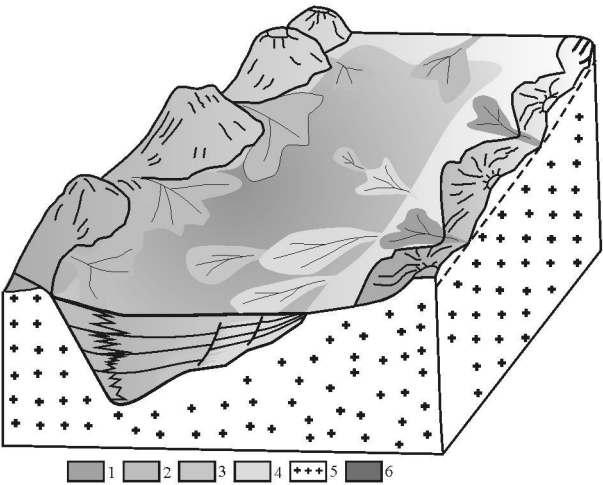


图 10 乌里雅斯太南洼槽重力流沉积相模式
1 冲(洪)积扇; 2 扇三角洲; 3 湖底扇; 4 斜坡扇; 5 花岗岩; 6 浅湖-半深湖
Fig 10 Sedimentary facies model for the gravity flow deposits in the southern sag of the Uliastai depression
1= alluvial(fluvial) fan 2= fan delta 3= sublacustrine fan 4= slope fan 5= granite 6= shallow lake to bathyal lake

分别沉积了斜坡扇和湖底扇, 其中斜坡扇多发育在第一阶和第二阶的斜坡低部位, 湖底扇多发于第三阶的深湖和半深湖地区。于是, 便构成了乌里雅斯太南洼槽西部、南部和北缘的扇三角洲沉积体系以及东部的斜坡扇-湖底扇沉积体系(图 10)。

丰富的物源和盆地边缘坡度陡的构造决定了 3 种沉积扇体都为重力流主控的沉积相类型, 是近物源和快速搬运的产物, 沉积特点具有岩性粗, 砂砾岩厚度大, 结构成熟度和成分成熟度较差的特点, 导致物性较差。

5 结 论

(1) 乌里雅斯太凹陷南洼槽在早白垩世为单断式箕状洼陷, 西部陡坡发育扇三角洲沉积体系, 东部缓坡发育斜坡扇-湖底扇沉积体系;

(2) 洼陷的沉积为近物源、快速搬运的重力流沉积, 主要类型为颗粒流、碎屑流和浊流;

(3) 重力流沉积物颗粒粗、厚度大, 结构成熟度和成分成熟度较差。为以扇三角洲前缘、斜坡扇扇根、湖底扇为主要的油气储集砂体。

参考文献:

[1] 方爱民, 李继亮, 侯泉林. 浊流及相关重力流沉积研究综述 [J]. 地质评论, 1998, 44(3): 270—277
[2] SLOW D A V, MAYIL L M. Deep-water sedimentary system. New

沉积提供了丰富的物源, 沿盆地长轴方向有来自南部凸起的物源。湖盆西岸陡岸带发育了大量的扇三角洲沉积, 呈裙带状分布。此外, 南岸和北缘也有扇三角洲发育。湖盆的东部缓坡, 由于受次级断裂和坡折的控制, 在所形成的三级阶状构造的不同位置,

models for the 21 st century[J]. Marine and Petroleum Geology, 2000, 17: 125—135

[3] 何起祥,刘招君,王东坡,等. 湖泊浊积岩的主要特征及其地质意义[J]. 沉积学报, 1984, 2(4): 33—66

[4] 邓毅林,曹正林,裴明利,等. 箕状断陷盆地坡折带与隐蔽油气藏勘探—以二连盆地乌里雅斯太断陷南洼为例[J]. 断块油气田, 2006, 13(2): 1—4

[5] 肖伟,刘震,党虎强,等. 二连盆地乌里雅斯太凹陷南洼槽油气运移特征[J]. 新疆石油地质, 2004, 5(4): 372—375

[6] 杜维良,肖阳,崔永谦,等. 乌里雅斯太凹陷南洼槽低渗透油藏勘探研究方法 & 勘探效果[J]. 科技导报, 2007, 25(13): 60—64

[7] 王元,钱铮,桂训庭,等. 二连盆地乌里雅斯太凹陷南洼槽岩性油藏层序地层特征与勘探[J]. 勘探实例, 2004, (3): 40—46

[8] 肖安成,杨树锋,陈汉林. 二连盆地形成的地球动力学背景[J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(2): 137—141

[9] 任建业,林畅松,李思田,等. 二连盆地乌里雅斯太断陷层序地层格架及其幕式充填演化[J]. 沉积学报, 1999, 17(4): 553—559

[10] 中国石油学会石油地质委员会. 国外浊积岩和扇三角洲研究[M]. 北京: 石油工业出版社, 1986. 20—38

[11] 冯增昭,王英华,刘焕杰,等. 中国沉积学[M]. 北京: 石油工业出版社, 1994. 427—456

[12] VAN WAGONER J V, MITCHUM R M, CAMPION K M, RAHMANIAN V D. Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs, cores and outcrops: Concepts for high-resolution correlation of time and facies[J]. AAPG Bulletin, 1990, 74: 22—41

[13] 蔺连第,朗艳,金蕙,等. 二连盆地乌里雅斯太凹陷早白垩世湖底扇[J]. 石油勘探与开发, 2005, 32(3): 27—32

Sedimentary facies model for the Lower Cretaceous gravity flow deposits in the southern sag of the Uliastai depression

FENG Xing-lei, MA Li-xiang, XIE Cong-jiao, TU Zhi-jie, GUO Fa-jun

(1. Faculty of Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China; 2. North China Oil Field Company Ltd., PetroChina, Renqiu 062550, Hebei, China)

Abstract: The lithologic pools produced by gravity flows are considered as one of the important types in petroleum exploration. The Lower Cretaceous sandstones as the main reservoir sandstones of gravity flow origin in the southern sag of the Uliastai depression are characterized by random distribution, various sediment types and highly inhomogeneity. The present paper deals with the type and planar distribution of the gravity flow deposits, and presents a sedimentary facies model for the Lower Cretaceous gravity flow deposits in the study area on the basis of the examination of cores, well logs, 3D seismic and Petrographic data. The results of research in this study may be helpful to future exploration in lithologic oil pools in the study area.

Key words: southern sag of the Uliastai depression; gravity flow; sedimentary facies model