

文章编号: 1009-3850(2005)03-0057-05

阿北凹陷下白垩统阿尔善组水下扇沉积特征

刘忠宝, 刘 晓, 苗 峰, 黄兴文

(中国地质大学, 北京 100083)

摘要: 本文对二连盆地阿北凹陷主要产油层段阿尔善组水下扇体的沉积构造、粒度、重矿物以及电性等特征进行了详细的分析, 并应用层序地层学方法将阿尔善组划分为 2 个三级层序, 结合地震解释成果, 首次以三级层序为单位勾绘了扇体平面形态展布图, 确定了扇根、扇中和扇端 3 个亚相的沉积区域, 建立了水下扇沉积相模式, 并对其沉积演化做了简要的分析。

关键词: 二连盆地; 阿北凹陷; 下白垩统; 水下扇; 内蒙古

中图分类号: P512.2

文献标识码: A

1 引言

随着油气勘探的不断深入, 分布于断陷湖盆陡坡带的粗碎屑岩沉积体系水下扇引起了广泛的关注。国内外众多学者对扇体的形成机制及其沉积特征做了大量的研究工作。Jacka 等第一次提出了水下扇模式, 但目前被大家普遍认可的是 Walker 的模式, 该模式将水下扇分为内扇、中扇和外扇 3 个部分, 并将水下扇的特征归结为“与水道联系在一起的深水粗碎屑岩相”^[1~3]。曾洪流等对近岸水下扇作了如下定义, 即“近岸水下扇是指发育在凹陷陡坡带断层根部、与暗色泥岩互层的扇形粗碎屑岩体”。张金亮等认为“近岸水下扇是指发育在断陷湖盆中断层的下降盘, 呈楔形体插入深水湖相沉积中, 且是分布于陡坡带的重要含油气储层的扇形体。这一储层类型以高密度浊流和低密度浊流沉积为主, 在搬运机制和沉积作用上有别于分布在湖盆浅水区的水下冲积扇或扇三角洲”。至今为止, 对水下扇还没有一个统一的认识和严格的定义。综合诸多学者的研究成果, 笔者认为: 水下扇应是完全沉积在稳定的湖泊水体之下的一种扇形体, 其沉积物粒度粗, 一般应具

有重力流(浊流)和牵引流双重沉积特征。我国陆相盆地内油气资源丰富, 水下扇是其中重要的油气储集体之一, 所以, 对其进行深入研究具有重要的理论意义和实际。本文对阿北凹陷阿尔善组水下扇砂体的沉积特征进行研究, 旨在为今后寻找好的储层发育区, 进一步扩大油气勘探领域提供依据。

2 地质背景

二连盆地位于亚洲板块与西伯利亚板块的缝合带上, 是我国陆上大型沉积盆地之一, 是由许多沉积发育特征相似的、分散的小型湖盆构成的湖盆群。阿北凹陷是其中的小型湖盆之一, 位于马尼特坳陷东部, 南与二连盆地油田主要分布区阿南凹陷相邻, 北以扎英花断层为界与阿拉坦合力凹陷相连, 东靠布林凸起, 西接沙那凹陷。凹陷东西长约 40km, 南北宽 15km, 面积约 600km²。是一个叠置于海西期褶皱基底之上, 以中生代沉积为主的“西北断东南超”、呈北东向展布的单断箕状凹陷(图 1)。长期以来, 阿北凹陷勘探成效极低, 经过反复钻探, 始终未有大的突破, 因此对凹陷地层的沉积特征进行更深刻的认识, 对于今后的勘探开发工作具有十分重要的实

收稿日期: 2004-12-30

第一作者简介: 刘忠宝, 1978 年生, 博士研究生, 主要从事层序地层学与沉积学方面的研究工作。

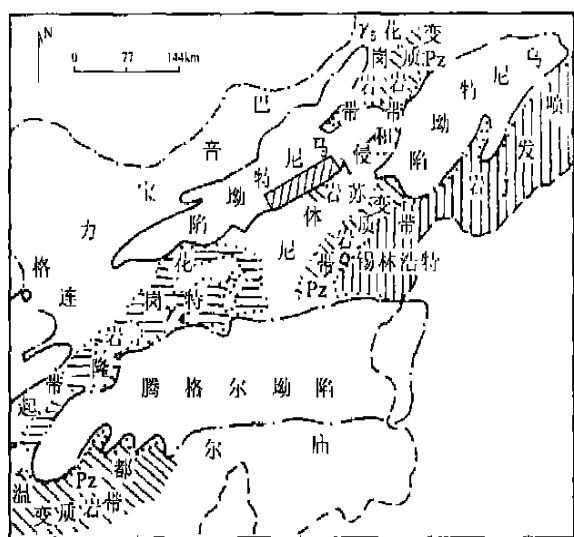


图1 研究区位置图

Fig. 1 Location of the study area

际意义。

下白垩统巴颜花群为阿北凹陷的主要沉积层, 地层厚度可达2800m, 它明显的可分成粗一细一粗三大部分, 从下到上为阿尔善组的粗段, 腾格尔组的细段(从上至下依次为腾二段和腾一段)和赛汉组的粗段沉积, 从而构成了一个发育很完整的大的沉积旋回。凹陷基底主要为上侏罗统的安山玢岩、安山岩及凝灰岩。凹陷基底及岩块受左旋应力作用形成了单一的断超型结构, 其走向北东、西北断、东南超, 长宽比约为3:1, 西北边界为扎英花同生大断层, 东南为超覆尖灭带, 沉积中心早期在北侧, 后期南移至阿参1、阿62井一带。凹陷分为4个构造带: 东部的阿东构造带、南部的扎拉格构造带、北部的欣苏木构造带和中部的扎北地垒带。

3 水下扇沉积特征

水下扇是分布在湖盆底部的扇形砂砾岩体, 常呈裙边状分布于毗邻山区的箕状凹陷同生断层陡坡一侧。就单个扇体而言, 其平面形态一般呈扇状; 而在纵剖面中则呈楔形或透镜状伸入到湖盆内, 扇体随水道摆动而侧向迁移, 形成多个扇体相叠合成裙边形。可以分为扇根、扇中和扇端3个亚相类型^[4-6]。

研究区内阿尔善组为凹陷形成早期沉积的一套水下扇, 滨浅湖相陆相碎屑岩建造, 分布遍及全区。扇根主要分布于欣苏木构造带, 为一套快速堆积、分选很差的块状杂色砾岩、砂质砾岩, 总厚度和单层厚度都很大, 储集物性较差。扇中前缘位于扎拉格断

裂带上, 砂质细砾岩、含砾砂岩为主, 属水下分流河道成因。地层厚度一般大于200m, 普遍在500m以上。与下伏地层呈不整合接触。总观阿北凹陷下白垩统的沉积面貌, 阿尔善沉积时期沉降中心应位于北部大断层根部, 地层厚且粗, 随地层变新, 沉降中心南移至阿62、61、阿参1井区, 沉降中心与沉积中心基本吻合, 即为凹陷现今的生油中心。

3.1 岩相特征

就水下扇组成岩相, Walker 的分类赋予了各类岩相以结构构造特征及沉积背景, 并被广泛使用。具体归结为5种岩相类型: 经典浊积岩相、块状砂岩相、砾质砂岩相、颗粒支撑砾岩相、基质支撑岩相(包括泥石流沉积、泥流沉积及滑塌岩)^[3]。

研究区阿尔善组岩性比较粗, 主要为一套杂色砂砾岩与浅灰色、深灰色泥岩不等厚互层, 其中凹陷中心沉积的主要是深灰、浅灰色泥岩夹些钙质粉砂岩、钙质砂岩。根据对该区15口取心井的岩心观察, 主要发育块状砂岩相、砾质砂岩相、颗粒支撑砾岩相及浊积岩相。

3.2 沉积构造

通过对取心井的观察、描述, 阿北凹陷沉积构造以类型多、规模小、组合类型多和分布广泛为特征。砂岩、泥岩中具丰富的沉积构造, 归纳起来主要有层理构造和同生变形构造。

研究区内广泛发育着平行层理、波状层理、楔状交错层理、槽状交错层理等, 并且可以见到压扁、透镜状层理、递变层理、韵律层理等。

研究区发育冲刷变形构造、球枕构造、负载构造、泥岩撕裂构造以及丰富的碳化植物屑。其中A62井粉砂岩中见生物潜穴构造发育。从潜穴形态特征, 且与波状层理伴生来看, 该段地层应处于相对浅水环境中。

3.3 粒度分析

本次研究中对区内16口重点井的所有粒度数据进行了分析, 并对每个样品做了概率累计曲线图, 旨在研究各种沉积类型的概率累计曲线特征粒度, 从中找出规律, 为我们更进一步的进行沉积相分析提供有力依据。

在阿尔善组依据所有样品曲线形态特征进行了较为细致的类型划分, 分为3个大类型、7个小类型(图2)。

(1) 类型1(单段式)。该类型概率曲线近似成一条直线段, 反映沉积物分选差、快速沉积的高密度搬运方式。这种曲线往往代表水下扇扇根砾岩或含

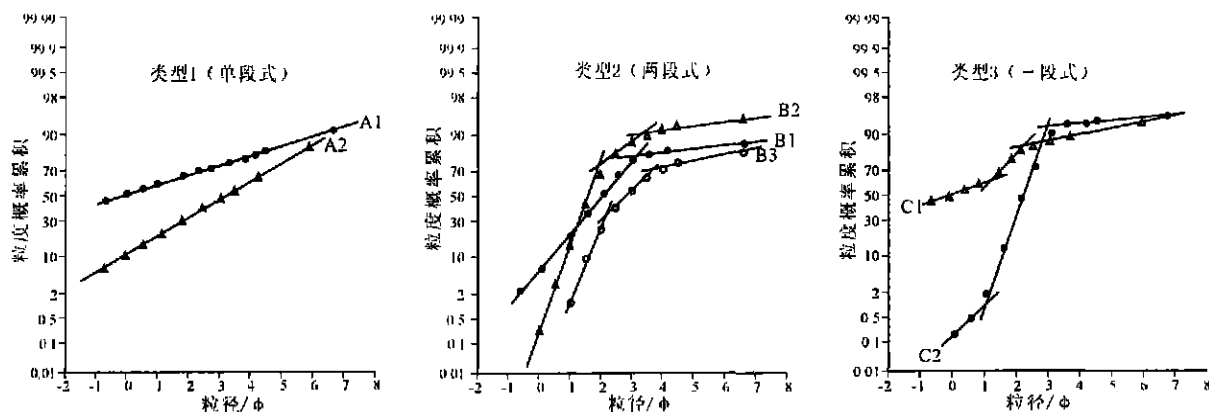


图2 阿尔善组粒度概率曲线图

Fig.2 Grain size probability cumulative curves for the Arxan Formation

砾含泥混合碎屑岩。按碎屑颗粒的粗细程度可以分为A1型粗单段式和A2型细单段式,粗单段式粒级百分含量在50%~90%之间,细单段式粒级百分含量在10%~70%之间。

(2)类型2(两段式)。该类型概率曲线由跳跃总体和悬浮总体构成,缺少滚动总体。按其总体形态、含量、斜率等可以细分为3种类型。

B1型跳跃总体斜率为 $40^{\circ} \sim 50^{\circ}$,含量较高,为65%~80%;悬浮总体斜率小,一般在5%~10%之间,含量为10%~30%。反映水动力条件较强,碎屑颗粒分选较差,属水下扇扇中主水道微相沉积中具大型交错层理的中粗砂岩的曲线特点。

B2型主要特点是跳跃总体斜率大,一般在 $60^{\circ} \sim 75^{\circ}$,含量为55%~70%;悬浮总体斜率为10%~15%,含量为20%~40%,跳跃总体与悬浮总体之间存在小段的过渡带。反映水动力处于中等条件下,颗粒分选较B1型好,属水下扇扇中分流河道沉积中具小型交错层理的中细砂岩的曲线特点。

B3型跳跃总体分为两个次总体,说明水流冲刷-回流作用明显,斜率 $45^{\circ} \sim 60^{\circ}$,含量为25%~45%;悬浮总体斜率10%~15%,含量35%~70%。反映水动力条件较弱,碎屑颗粒分选好。这种曲线类型往往发育在具波状层理的泥质粉砂岩、粉细砂岩中,属水下扇扇端亚相沉积。

类型3(三段式)。该类型曲线滚动、跳跃和悬浮三总体发育齐全。从曲线形态特征来看可以细分为两种类型。

C1型为缓三段式,各总体斜率均较低,粒级范围宽。滚动总体总体含量高,一般在45%~65%之间;跳跃总体含量低,在10%~30%之间;悬浮总体

含量低于10%。反映水动力条件强,沉积速率快,碎屑颗粒分选差,属水下扇扇根主河道沉积中砾岩曲线特点。

C2型为陡三段式。其中滚动总体含量小于2%,粒级范围 $0 \sim 1\phi$;跳跃总体含量70%~90%,斜率为 $65^{\circ} \sim 75^{\circ}$;悬浮总体含量低5%~10%,斜率小于 10° 。反映水动力条件较强,碎屑颗粒分选较好,属水下扇扇中分流河道沉积中具交错层理的中细砂岩曲线特点。

3.4 重矿物特征

通过对区内重点井的重矿物组合统计,可看出研究区母岩类型以喷出岩为主,包括酸性喷出岩(重矿物组合为锆石、电气石、榍石),基性喷出岩(重矿物组合为磁铁矿、锐铁矿)、其次为变质岩(重矿物组合为石榴石、黑云母、绿帘石)。欣1井以锆石+磁铁矿重矿物组合为主,两者含量较为接近,个别样品以磁铁矿占绝对优势,其相对百分含量之和一般在80%~90%以上。欣2井以锆石+锐铁矿组合为主,以锆石占绝对优势,锐铁矿含量较低,其相对百分含量之和也在80%左右。阿参1井存在两种重矿物组合依次为锆石+锐铁矿(特点同欣2井)、锆石+磁铁矿。阿52井以锆石+磁铁矿组合为主,个别样品黑云母含量增高,达到了36.4%。阿55井为锆石+磁铁矿+锐铁矿+电气石重矿物组合,4种稳定矿物相对百分含量各个样品之间差别较大。

3.5 电性特征

阿尔善组地层自然电位曲线为低幅度对称齿形、箱形、钟形负异常,视电阻率曲线为块状高阻,局部为齿状中阻。曲线特征同沉积相单元对应效果较好,水下分流河道沉积表现为正韵律,曲线相应的呈

现出由高幅至中幅的变化特征,形态组合一般为箱形;非河道沉积的反韵律部分,曲线则表现为由中幅至低幅的变化,且变化幅度较小。

4 水下扇平面展布形态及其特征

研究中以沉积学和层序地层学理论为指导,对区内10口重点井进行了精细的层序地层学划分和单井相分析,并结合地震层序地层划分结果,将阿尔善组划分为两个三级层序。在对区内所有钻井资料沉积相分析的基础上,结合地震资料的相关解释结果,以分别勾绘了两个层序的沉积相平面图(图3)。

1. 层序1

层序1为阿尔善组下部。湖域面积不断扩大,在湖泊范围内,低水位体系域发育水下扇、下切河道和扇三角洲。层序1水下扇发育在研究区的西北部,其中扇根发育在X1、X2、X12、A67、A60井一带,扇中发育在A62、A61、A78、AC1、A72、A55、A68井一带,扇端发育在A71、A53、A52、A73井一带。A54井东南部发育扇三角洲前缘扇体,该扇体目前无钻井资料证实,但其地震反射特征比较清楚,推测该扇三角洲可能来自该区东部。

2. 层序2

层序2为阿尔善组上部,是一个比较特殊的层序,为一套近平行的地震发射同相轴为特征,具有西北厚度大,向东南方向厚度逐渐减小的特征。由于其内部反射没有明显的变化特征,因此不能划分其体系域。但由于其上下都存在明显的不整合接触关

系,说明该套层序是存在的。根据钻井资料及地震在平面上的变化特征,以钻井资料为主,分析认为该层序继承了层序1的沉积相平面展布特征。水下扇扇根发育在X14、X13、X12、X5一带,扇中发育在X2、A61、A78、A52、A55、A68井一带,扇端发育在A71、A62、A54井一带。东南边部地区主要发育湖泊相。

5 沉积演化分析

水下扇在断陷盆地中属特征性较明显的沉积体系,是洪水浊流快速堆积的扇形砂砾岩体,其形成受到多种因素的综合控制,如地形坡度、断裂发育程度、水动力条件等^[7]。各种控制因素的差异,造成了各部位的岩性、岩相特征、沉积序列及地震响应均发生规律性变化,其岩性由粗变细,水动力条件由强变弱。

阿北凹陷呈长条状,构造模式为单断式箕状凹陷,其西北侧为边界主断层,也是同沉积断层,为陡坡带。研究区位于陡坡带和中央洼槽带。在阿尔善组沉积时期,湖域扩大,湖盆陡坡沉积了水下扇。沉积物源来自湖盆陡岸的凸起,沿长轴方向可能有来自北部凸起的物源。自下而上依次分布以混杂组构砂砾岩为特征的扇根沉积,以递变层理和块状层理为特征的扇中沉积及灰色泥岩、粉砂质泥岩为特征的扇端沉积。腾格尔一段沉积时,湖水面积进一步扩大,水下扇沉积向西北方向后移,只在洼槽中央局部沉积低水位楔。在腾二段沉积时,地形高差逐渐变小,深湖区范围变小,滨浅湖范围扩大。

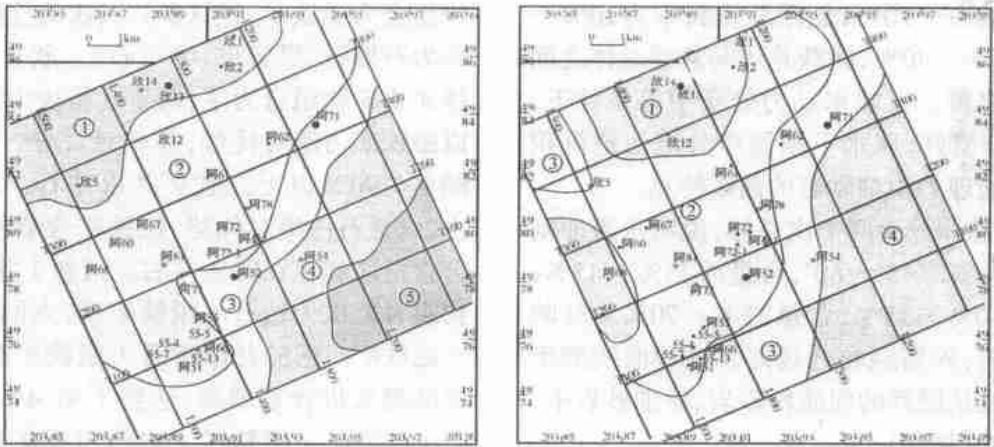


图3 阿尔善组沉积相平面图(左为层序1,右为层序2)

①. 水下扇扇根; ②. 水下扇扇中; ③. 水下扇扇端; ④. 湖泊相; ⑤. 辫状河三角洲前缘

Fig. 3 Plans of the sedimentary facies in the Arxan Formation (Left: sequence 1; right: sequence 2)

①= proximal fan; ②= midfan; ③= distal fan; ④= lacustrine facies; ⑤= braided stream-delta front

6 结 语

在我国东部地区中新生代的许多断陷湖盆内, 水下扇发育较为普遍。扇体多与湖相的暗色泥岩或油页岩在垂向上交错沉积, 具有良好的生储盖组合条件, 是一种很好的油气储集体, 迄今为止已发现了丰富的油气资源, 故水下扇的研究一直是石油勘探开发领域的一个热点。绝大多数研究者认为: 扇中砂体结构成熟度较高, 孔渗性能较好, 是水下扇油气聚集的最佳部位, 存在良好储层的可能性最大, 其次为扇根, 而扇中前缘储集物性最佳。从目前的研究来看, 阿北凹陷阿尔善组水下扇储集体同样具有这一特点。当然, 由于现有资料和研究程度的局限性, 应需做更深入的研究工作加以证实, 这对于阿北凹陷今后的油气勘探工作将具有十分重要的实际意

义。

参考文献:

- [1] 张萌, 田景春. “近岸水下扇”的命名、特征及其储集性[J]. 岩相古地理, 1999, 19(4): 42—52.
- [2] 袁向春, 钟建华, 高喜龙, 等. 埕岛东斜坡水下扇沉积特征[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(2): 146—151.
- [3] 孙连浦, 刘招君, 李本才, 等. 水下扇岩相特征及形成机制[J]. 世界地质, 2001, 20(3): 249—256.
- [4] 张文朝. 二连盆地地下白垩统沉积相及含油性[J]. 地质科学, 1998, 33(2): 204—213.
- [5] 魏魁生, 徐怀大. 二连盆地白垩系非海相沉积层序地层特征[J]. 地球科学, 1994, 19(2): 181—193.
- [6] 祝玉衡, 张文朝. 二连盆地层序地层样式及油气意义[J]. 石油勘探与开发, 1999, 49—53.
- [7] 王金铎, 于建国, 孙明江. 陆相湖盆陡坡带砂砾岩扇体的沉积模式及地震识别[J]. 石油物探, 1998, 37(3): 40—47.

Sedimentary features of the submarine fans in the Lower Cretaceous Arxan Formation, Abei depression, Nei Mongol

LIU Zhong-bao, LIU Xiao, MIAO Feng, HUANG Xing-wen

(China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: The present paper gives a detailed description of sedimentary structures, grain sizes, heavy minerals and electrical properties of the submarine fans in the Lower Cretaceous Arxan Formation as important reservoir intervals in the Abei depression, Eren Basin. The Arxan Formation is divided into two third-order sequences with the aid of sequence stratigraphic analysis. The plans of the fans have been constructed on the basis of the preceding third-order sequences, well logs and seismic data. The depositional areas are delineated for the three sedimentary subfacies, i. e. proximal fan, midfan and distal fan. The sedimentary model is formulated for the submarine fans in the study area.

Key words: Eren Basin; Abei depression; Lower Cretaceous; submarine fan; Nei Mongol