

文章编号: 1000-0550(2008) 04-0593-09

二连盆地白音查干凹陷下白垩统腾格尔组沉积相

岳信东¹ 林春明¹ 李艳丽¹ 徐深谋¹ 张志萍¹
漆滨汶^{1,2} 王秀林³ 张放东³

(1 南京大学地球科学系 成矿作用国家重点实验室 南京 210093)

(2 中国海洋石油股份有限公司上海分公司勘探部 上海 200030)

(3 中国石油化工股份有限公司中原油田分公司勘探开发科学研究院 河南濮阳 457001)

摘要 根据岩心、电测曲线、录井、分析化验、地震等资料,研究了白音查干凹陷下白垩统腾格尔组沉积相类型和沉积特征,以及腾格尔组沉积相分布规律。结果表明,腾格尔组发育扇三角洲、辫状河三角洲、湖泊和浊积扇 4 种沉积相,扇三角洲分布在北部陡坡,辫状河三角洲分布南部缓坡,从盆地边缘到盆地中心,沉积相由扇三角洲、辫状河三角洲沉积渐变为半深湖—深湖相沉积,在三角洲侧翼发育滨—浅湖相沉积,在三角洲前缘以及前三角洲和半深湖中发育浊积扇,整体呈南北分异、东西分化,这种沉积格局受盆地周边断层和古地形控制。扇三角洲和辫状河三角洲前缘亚相带仍然是油气聚集的重要相带,而与断层相关的其前缘近岸浊积扇是岩性油气藏勘探的有利目标。

关键词 沉积相 三角洲 浊积扇 断陷盆地 白音查干凹陷

第一作者简介 岳信东 男 1974 年出生 硕士研究生 沉积学与石油地质学 E-mail yuexindong@tom.com

中图分类号 P 512.2 **文献标识码** A

0 引言

白音查干凹陷是二连盆地西缘川井拗陷西北部的一个次级构造单元,是在上古生界海西褶皱基底上发展起来的中生代沉积盆地,形态狭长,长轴呈 NE—WE 展布,长约 127 km,宽约 12~33 km,面积约 3 200 km²;在构造上为一北陡南缓、东西分区、南北分带、受边界正断层控制形成整体北断南超的箕状凹陷;基底岩性为上太古界—上古生界变质岩和不同期次岩浆岩,其上自下而上沉积有下白垩统巴彦花群的阿尔善组(K₁ba)、腾格尔组(K₁bt)、都红木组(K₁bd¹/K₁bd²/K₁bd³)、赛汉塔拉组(K₁bs)和厚度不大的上白垩统二连达布苏组(K₂ber),局部发育古近系、新近系(图 1)。

据前人研究^[1-3],二连盆地白音查干凹陷的沉积具有物源多、物源小、沉积变化快,岩性、岩石成分复杂等特点。但随着新钻井和新地震资料的实施,一些认识也有待深化,因此,笔者根据岩心、录井、测井和分析化验资料,结合地震资料,运用沉积学基本原理和方法,对白音查干凹陷下白垩统腾格尔组沉积相类型和特征及其控制因素进行了研究,这对于该区油气藏的进一步勘探具有理论和现实意义。

1 地层特征

白音查干凹陷下白垩统腾格尔组发育广泛,埋藏深度在 150~2 600 m 之间,其钻遇视厚度在 112~1 157 m 之间,是该凹陷主要勘探开发目的层之一。

腾格尔组基本沉积特征为下粗上细,下灰上红。岩石颜色有深灰色、灰色、紫红色、棕红色,以灰色、深灰色为主;岩性有泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩、白云质泥岩、浅灰色砾状砂岩、含砾不等粒砂岩、细砂岩、粉砂岩、白云质粉砂岩等,横向变化比较大,整体表现为由凹陷边缘往凹陷中心沉积物由粗变细。

腾格尔组介形虫类化石种类丰富,但数量较少;孢粉化石丰富,以克拉梭粉为主;遗迹化石较常见。

腾格尔组与下伏阿尔善组呈不整合接触,与上覆都红木组都一段整合接触,依据岩性、电性和生物资料可以区分。

2 沉积相类型及特征

根据 24 口井的岩心观察和描述,结合 77 口井的录、测井资料和 15 口井的分析化验结果,以及钻井所处地理位置、岩石形成机制、岩石组成等因素综合分析,白音查干凹陷腾格尔组沉积以扇三角洲—湖泊和

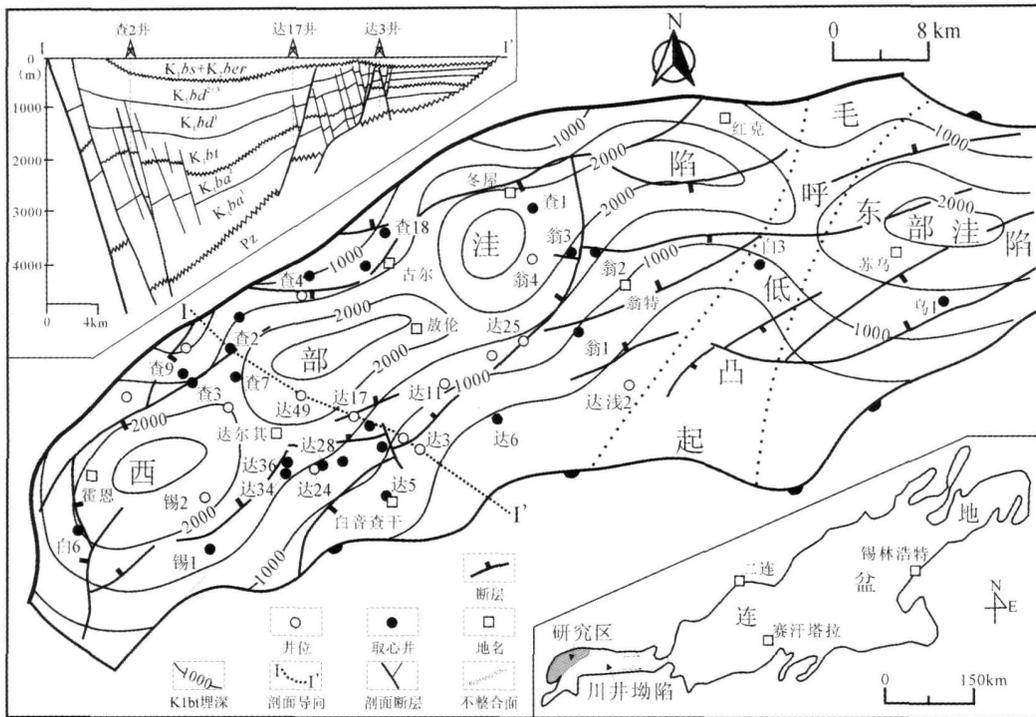


图 1 白音查干凹陷早白垩世构造略图及其地理位置和沉积地层格架

Fig. 1 Tectonic sketch map of the early Cretaceous BY CG Depression with its sedimentary strata pattern and geographical location

辫状河三角洲—湖泊沉积体系为主,发育扇三角洲相、辫状河三角洲相、湖泊相、浊积相 4 种沉积相。

2.1 扇三角洲相

扇三角洲属成因类型名词,是三角洲的一种特殊类型。1885年 Gilbert 最早对其沉积模式进行研究,其后 1965 年 Holmes 把扇三角洲定义为,临近高地直接进入稳定水体中的冲积扇^[4],与断陷湖盆陡岸有关^[5]。国内外许多学者认为,扇三角洲沉积属于陆地形、近物源背景下快速沉积的粗碎屑岩^[6-8]。

根据扇三角洲沉积环境和沉积相特征以及岩心观察,白音查干凹陷腾格尔组扇三角洲相分布于凹陷北坡,可划分为扇三角洲平原、扇三角洲前缘和前扇三角洲 3 个亚相;在地震剖面上,地震反射同相轴呈楔形向湖盆方向收敛,而向陆地方向、断层根部反射较为杂乱。

2.1.1 扇三角洲平原亚相

根据本区岩心和录井资料,扇三角洲平原发育有分流河道和分流间湾沉积。岩性以灰白色厚层块状砂砾岩为主,夹灰色泥岩,砾径一般多在 5~20 mm,最大可达 10 cm 及以上,无定向性,次棱角状,分选差,内部无层理,颗粒—杂基支撑,基质为无粘性的砂,泥质胶结,较为致密(图 2 查 4 井)。砾石成分复

杂,有石英、长石、燧石、灰岩、泥岩以及火成岩。电阻率曲线呈高值,伽马曲线数值较低,自然电位曲线异常幅度非常低。

一般认为,厚层状砂砾岩的形成有泥石流、颗粒流和牵引流三种方式^[9]。颗粒流成因的砂砾岩主要依靠颗粒间的相互作用以及水基质的浮力来支撑粗碎屑和保持流体运动,一旦这些作用力解除,流体迅速停止,颗粒没有优选方位的机会而杂乱地堆积下来,形成厚层状砂砾岩^[10]。

2.1.2 扇三角洲前缘亚相

本区扇三角洲前缘亚相粒度较其平原亚相细一些,颜色以灰色、深灰色为主,砂质含量明显增加,层理类型和含物丰富,其内主要发育水下分流河道、水下分流间湾微相,偶尔发育河口坝微相,沉积微相电特征明显。扇三角洲前缘砂体孔隙度多在 10% 以下,但也有极少数砂体孔隙度能达到 20% 左右,平均孔隙度仅为 8.9%,渗透率多在 100 μm^2 以下,也有少量样品渗透率可达 200 μm^2 以上,平均渗透率为 87.6 μm^2 ,孔隙度与渗透率有较好的正相关性。

1) 水下分流河道微相 扇三角洲平原分流河道入湖后,由于河流与湖泊相互作用,分流河道流速减缓,下切作用变弱,侧向侵蚀作用变强,水道加宽、变

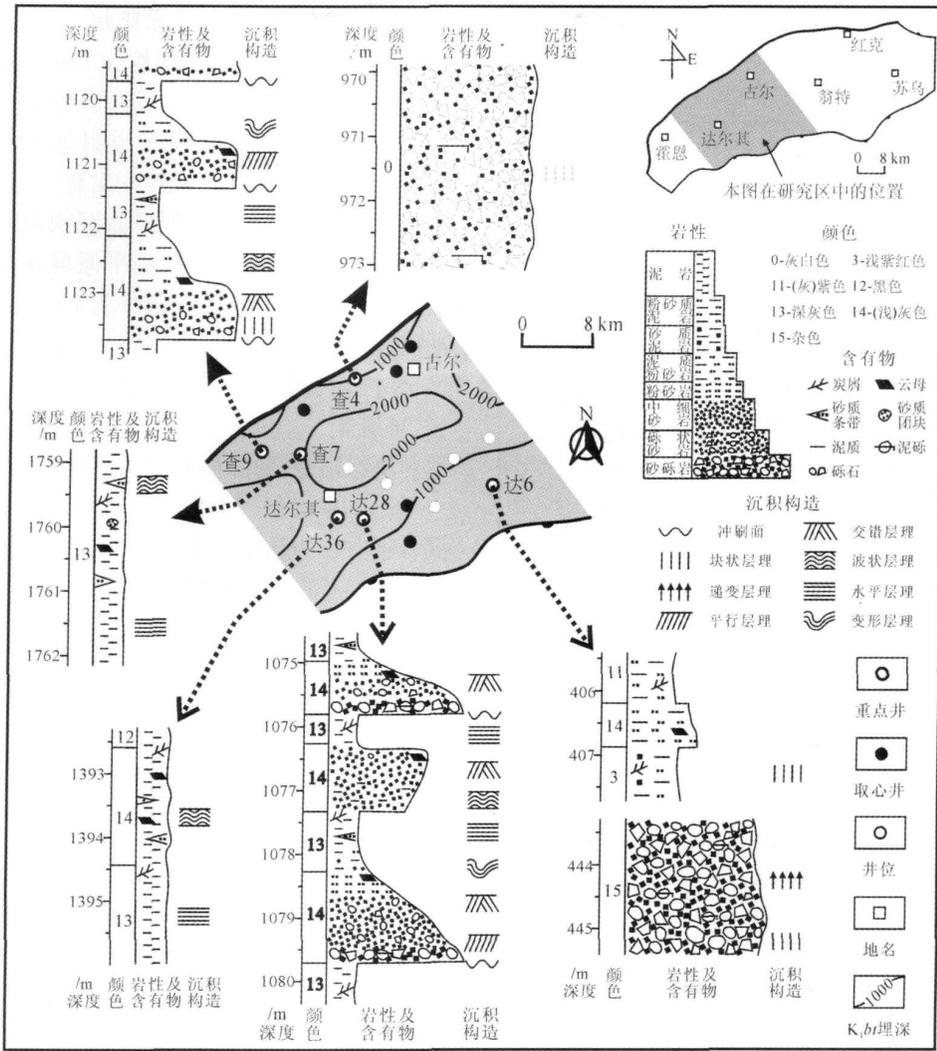


图 2 白音查干凹陷腾格尔组钻井取心沉积特征

Fig 2 Sedimentary characteristics of drilling cores in Tengger Formation, BYCG Depression

浅、分叉增多, 沉积物堆积速度加快, 向湖方向与湖成泥岩互层^[11]。同时, 水下分流河道受湖浪、湖流、水流动力、风暴浪、浮力等多种地质营力的作用, 其分选性一般较好。

本区水下分流河道以砾状砂岩为主, 含少量泥质沉积物, 发育块状层理、平行层理、交错层理、同生变形构造, 以及波痕、充填沟、侵蚀面等, 沉积构造类型丰富, 含有物中有较多的云母(图 2 查 9 井)。本区水下分流河道砂体多在 1~3m。其自然电位曲线特征较为明显, 根据自然电位曲线形态和光滑程度, 可以推断水下分流河道主轴位置^[12]。查 9 井水下分流河道自然电位曲线以钟型为主, 1152m 处水下分流河道为靠近主河道位置, 1140m 和 1144m 处中心偏边部, 而电阻率曲线受流体影响, 不能较好地反映

岩性特征(图 3)。

2)水下分流间湾微相 该微相主要由灰色泥岩组成, 偶夹薄层泥质粉砂岩, 水平层理发育, 见有变形层理, 层理面上含较多的云母, 可见植物炭屑。由于水下分流河道冲刷力强, 水下分流间湾泥岩往往被冲刷减薄, 以至完全被冲刷掉, 因此, 水下分流河道间泥岩一般较薄, 多以夹层形式出现(图 2 查 9 井)。其自然电位测井曲线为或接近泥岩基线, 伽马曲线为块状或指状高值, 如查 9 井 1150m 和 1146m(图 3)。

3)河口坝微相 河口坝分布于水下分流河道入湖末端, 其上下与湖相或水下分流间湾相邻, 其自然电位测井曲线为漏斗状, 从查 9 井 1147m 和 1153m 处(图 3), 河口坝保存下来的规模较小, 可能与水下分流河道能量较大和经常改道有关。

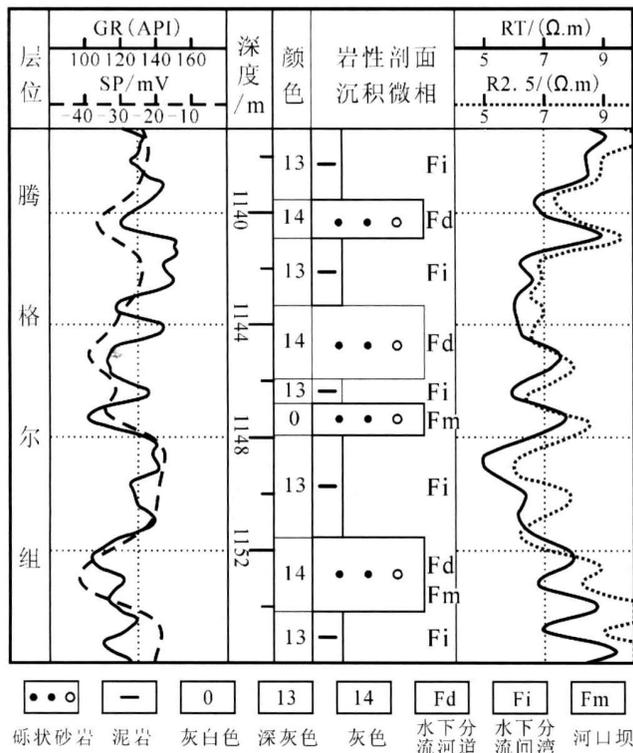


图3 白音查干凹陷查9井腾格尔组扇三角洲前缘岩-电特征

Fig 3 Lithological and electrical characteristics of fan delta front of Well Cha 9 in Tenggeer Formation, BYCG Depression

2.1.3 前扇三角洲亚相

前扇三角洲亚相主要由深灰色泥岩组成, 夹有砂质条带或砂质团块, 水平层理为主, 偶有波状层理、透镜状层理, 含有炭屑和云母, 岩性致密(图2查7井)。自然电位曲线平直, 伽马曲线值较高, 电阻率值, 视有机质含量, 可较高。

2.2 辫状河三角洲相

辫状河三角洲的概念最早是指发育在断陷盆地缓坡一侧, 由辫状河进积到滨浅湖而形成的浅水型三角洲, 与扇三角洲同属粗粒三角洲^[13]。在国内岱海^[14]、鄂尔多斯^[15]等盆地均发现有辫状河三角洲沉积, 其水上平原和水上前缘部分相互叠置, 沉积厚度可较大, 尤其是水下分支河道较为发达^[16], 沉积面积可达数十平方千米, 甚至更大。

据岩心观察, 白音查干凹陷辫状河三角洲分布在凹陷南部缓坡带, 总体岩性较扇三角洲细, 由平原、前缘和前三角洲三个部分组成。辫状河三角洲的鉴别标志为入湖的是辫状的分支河道。辫状河三角洲的地震反射形态与扇三角洲不同, 总体呈雁行式, 其内部前积反射特征最为明显。

2.2.1 辫状河三角洲平原亚相

白音查干凹陷腾格尔组沉积时期, 由于气候干旱, 缺少泥炭和褐煤沉积, 而且湖盆规模较小, 河流流程较短, 水流能量大, 分流河道侧向迁移频繁, 正常三角洲中的天然堤、决口扇等不发育。据岩心观察, 白音查干凹陷辫状河三角洲平原沉积由辫状河道和越岸沉积组成。辫状河三角洲平原辫状河道砂体平均孔隙度为16.8%, 平均渗透率为 $76.5 \mu m^2$, 较扇三角洲前缘孔隙度大, 但渗透率低, 反映其分选稍差一些。

1) 辫状河道 具有河道沉积的特点, 常含有泥砾、炭屑等^[17], 以杂色砂砾岩为主, 颗粒支撑, 整体表现为块状构造, 局部显递变层理(图2达6井)。

2) 越岸沉积 是指洪水季节水流携带来的砂泥混合物中的悬浮成分, 越过河道而沉积形成, 一般以灰色泥质粉砂岩和粉砂质泥岩为主的细粒沉积物, 也见有紫红色泥岩, 含植物炭屑(图2达6井)。

在测井曲线上, 辫状河道表现为较高的电阻率值, 低伽马值, 其曲线形态为高幅箱状, 自然电位曲线为齿状箱形, 越岸沉积电阻率值相对较低, 伽马值较高, 其曲线形态为低幅指状。

2.2.2 辫状河三角洲前缘亚相

受多种地质营力的影响, 沉积作用和再沉积作用活跃, 为辫状河三角洲沉积的主体, 其垂向沉积主要由多个向上变细的正旋回水下分支河道和水上支流间湾叠加而成。辫状河三角洲前缘砂体平均孔隙度为17.5%, 与辫状河三角洲平原亚相辫状河道砂体相差不大, 但平均渗透率为 $134.2 \mu m^2$, 比其平原亚相辫状河道砂体要高, 与扇三角洲前缘砂体相比, 辫状河三角洲前缘砂体物性要好得多。

1) 水下分支河道微相 与扇三角洲前缘水下分流河道的沉积原理相似。本区水下分支河道砂体厚度多为0.5~3m, 其岩性与辫状河道相似, 但岩性变细, 颜色以灰色、浅灰色为主, 岩性以砾状砂岩、粉细砂岩为主, 砾径2~4mm, 次圆状为主, 发育块状层理、平行层理、槽状交错层理、波状层理、变形层理, 同时, 浪成对称波痕、冲刷、侵蚀面较常见, 偶尔含有泥砾(图2达28井)。自然电位曲线多为钟型, 伽马曲线反映其中含有较多的泥质条带, 可根据自然电位的光滑程度, 推断水下分支主河道的位置, 如达25井1285m和1310m(图4)。

2) 水下支流间湾微相 岩性为泥岩、粉砂质泥岩, 夹粉砂质条带, 其颜色为灰、浅灰、绿灰、黑色等, 泥岩层面上富含云母、炭屑(图2达28井)。水下支

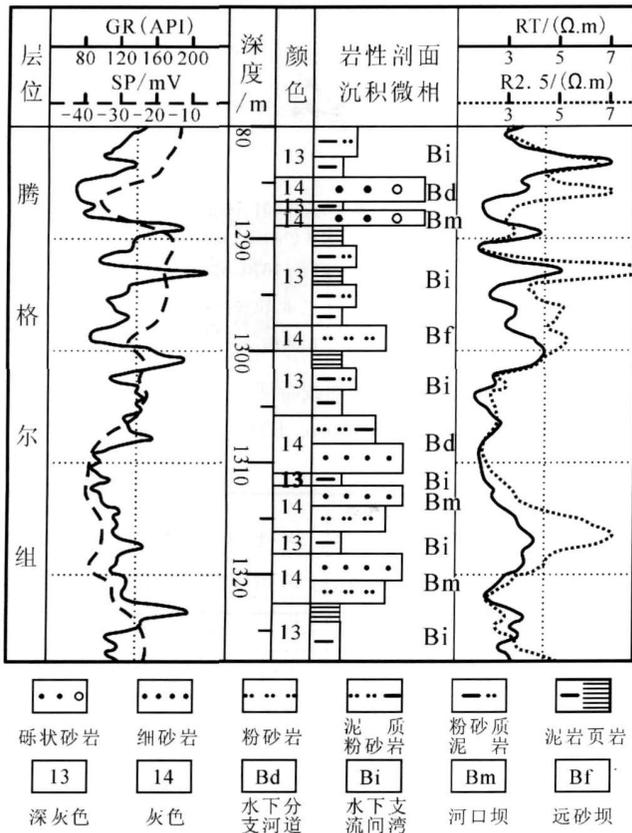


图 4 白音查干凹陷达 25 井腾格尔组辫状河三角洲前缘岩—电特征

Fig. 4 Lithological and electrical characteristics of braided channel delta front of Well Da 25 in Tenggeer Formation, BYCG Depression

流间湾泥岩多以薄夹层形式出现,自然电位曲线为泥岩基线,伽马曲线以指状为主,如达 25 井(图 4)。

3)河口坝和远砂坝或席状砂 河口坝是位于水下分支河道末梢,因水流能量减弱而沉积形成,远砂坝位于河口坝的前端,与河口坝是一体的,总体为向上变粗的反韵律沉积,如达 28 井 1 076~1 077 m(图 2)和达 25 井(图 4),是三角洲中最具特色的沉积体,其分选性较好;河口坝和远砂坝砂体以及水下分支河道砂体容易受到波浪和沿岸流的改造,发生侧向迁移,使之呈席状或带状广泛分布于三角洲前缘远端,形成前缘席状砂,与深灰色泥岩、页岩交互沉积,如达 49 井区。

2.2.3 前辫状河三角洲亚相

前辫状河三角洲岩性主要为暗色泥岩、粉砂质泥岩,局部井段有黑色泥页岩,偶尔含少量细砂,常夹一些粉砂质条带,局部富集炭屑、云母,以水平层理为主(图 2,达 36 井),此外,达 34 井 1 259~1 262 m 井段

见有黄铁矿。伽马测井曲线数值较高。

2.2.4 辫状河三角洲与扇三角洲在水动力特征上的差别

粒度曲线能够较好地反映分流河道沉积的水动力特征,辫状河三角洲与扇三角洲粒度概率累积曲线均为两段型,偶有三段型,以典型牵引流的跳跃搬运为主,悬浮搬运为次,一般缺乏滚动组分,二者悬浮组分占总组分的比例均为 20%~30%,但扇三角洲粒度概率累积曲线跳跃段较辫状河三角洲跳跃段缓,扇三角洲跳跃组分段斜率为 50°左右,辫状河三角洲跳跃段斜率接近 70°,反映扇三角洲分选性较辫状河三角洲差;而且两者跳跃次总体与悬浮次总体的截点 φ 值不同,扇三角洲的截点 φ 值为 2.0,而辫状河三角洲的截点 φ 值为 3.5~4(图 5),跳跃次总体与悬浮次总体的交截点 φ 值可反映搬运介质的扰动强度,交截点 φ 值越大(3.3~3.5),搬运介质的扰动强度越低,说明辫状河三角洲的水动力条件较扇三角洲弱,沉积物粒度总体较细。而一般河流相的跳跃次总体段斜率为 60°~65°、交截点 φ 值为 2.75~3.5^[18]。

2.3 湖泊相

湖泊相沉积物与扇三角洲、辫状河三角洲相比,岩性整体偏细,砂岩百分含量低,分布于扇三角洲和辫状河三角洲的侧翼和远端,由滨—浅湖亚相和半—深湖亚相组成。湖泊相在地震反射剖面上,同相轴清晰、稳定,反映沉积水体相对宁静,但向湖盆边部位,反射有些杂乱。

2.3.1 滨—浅湖亚相

滨—浅湖亚相受波浪作用较大,砾质、砂质供应充分时,可形成砾质、砂质湖滩沉积,若湖滨地形平缓,水动力较弱,波浪作用不能波及岸边,物质供应以泥质为主,可形成泥滩沉积。处于枯水期,滨—浅湖亚相局部暴露,可出现氧化现象。砂岩含有较多白云质、灰质成分。

据白音查干凹陷达 24 井 960~1 040 m 录井岩性,滨—浅湖亚相岩性以粉砂岩为主,见有细砂岩,砂岩百分含量低于 20%,这是区别于三角洲前缘的特征之一。

2.3.2 半—深湖亚相

半深湖—深湖亚相沉积物主要受湖流和风暴浪的作用,处于弱还原—还原环境^[19]。该相带岩性特征表现为粒度细、颜色深、有机质含量高。岩石类型以暗色泥岩沉积为主,常夹粉砂岩、细砂岩、化学岩、少量砾状砂岩的薄层或透镜体,泥岩有机质丰富。

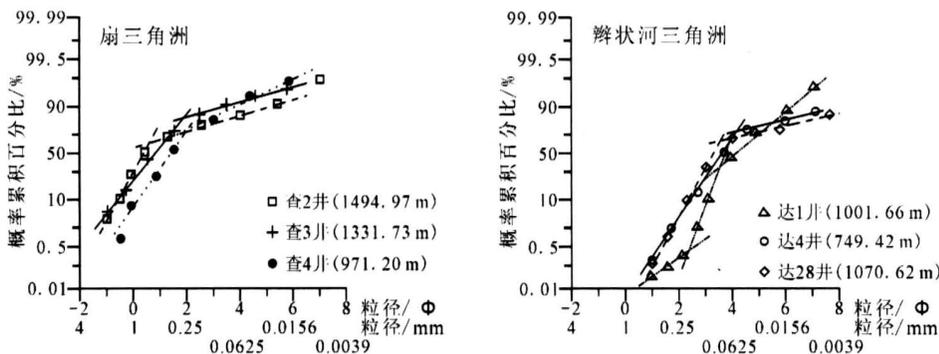


图 5 白音查干凹陷腾格尔组扇三角洲和辫状河三角洲粒度概率累积曲线特征

Fig 5 Characteristics of probability accumulation curves of grain sizes in Tenggeer Formation, BYCG Depression

白音查干凹陷白参 1 井腾格尔组以大段深灰色泥岩沉积为主, 夹有少量粉砂、泥质粉砂, 砂岩百分含量小于 10%。

2.4 浊积相

浊积相是指一些未固结的沉积物在某种外界触发机制下, 发生搬运并重新沉积的沉积体, 或外界陆源碎屑突然增加而快速沉积的沉积体, 多属于事件沉积, 镶嵌在三角洲相、湖相中, 多为杂基支撑, 岩心观察可见包卷层理、滑塌等现象, 沉积机制多为牵引流, 也有重力流。浊积扇的触发机制一般有重力、地震、波浪、风暴浪以及盆地底形, 改造型三角洲容易发育浊积扇^[20]。根据其沉积位置, 分为近岸浊积扇和远岸浊积扇, 前者位于三角洲前缘亚相, 一般与断层相邻, 岩性相对粗一些, 后者发育于前三角洲亚相和半深湖亚相中, 泥质含量高。浊积扇内也可发育一些浊积水道, 其砂体也有一定的分选性。浊积扇的地震反射特征为透镜状, 内部充填较为杂乱。

近岸浊积扇如达 17 井 1 362~1 386 m, 岩性比上下围岩粗, 颜色较围岩浅, 伽马曲线数值较高, 反映其泥质含量较重, 自然电位曲线负异常明显, 反映其孔渗性较好 (图 6)。远岸浊积扇如查 1 井 1 822~1 836 m 和 1 946~1 961 m 井段的含砾不等粒砂岩。在查 3 翁 2 翁 3 达 8 等井也发育一些浊积扇。

3 沉积规律及其控制因素

白音查干凹陷在腾格尔组沉积时期, 沉积有扇三角洲、辫状河三角洲、湖泊、浊积扇 4 种沉积相, 其中扇三角洲沉积在凹陷北坡霍恩、桑合、古尔、查腊格和红克等地, 与北部边界断层陡坡带相联系, 辫状河三角洲沉积在凹陷南坡锡 1 井区、白音查干一翁特、乌 1 井区等地, 相对北坡地势变得平缓, 湖泊相沉积在

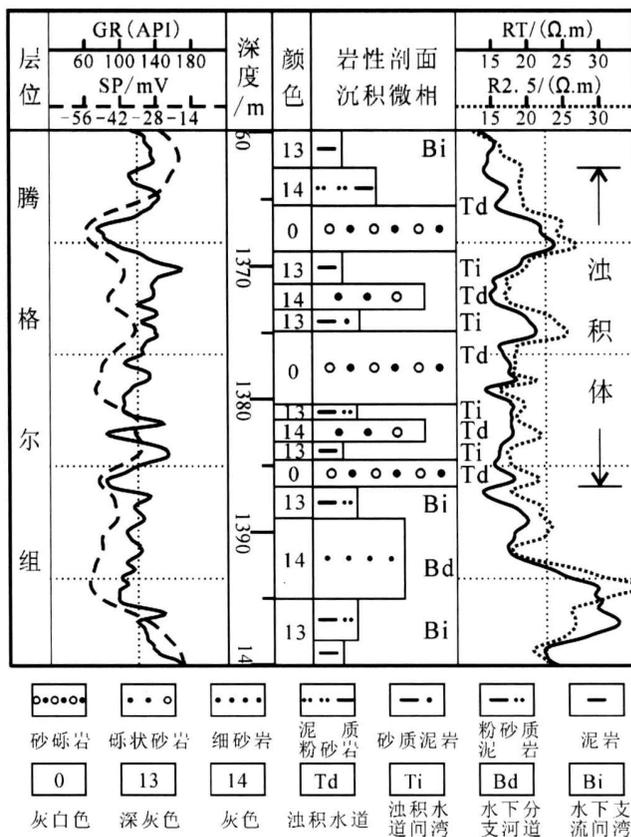


图 6 白音查干凹陷达 17 井腾格尔组浊积体岩性和电性特征
Fig 6 Electrical property and lithologic character of the turbidities of Well Da17 in Tenggeer Formation, BYCG Depression

凹陷中部和两种三角洲侧翼, 如东达、呼热等地, 浊积扇分为近岸浊积扇和远岸浊积扇, 呈镶嵌状沉积在三角洲的前缘以及前三角洲和半一深湖亚相的部位, 而东洼和西洼以毛呼低凸起为分隔, 沉积相分布不同, 东洼以湖泊相为主, 西洼以三角洲相为主 (图 7)。

白音查干凹陷两种三角洲均具有三角洲的三分特征, 其前缘亚相是其主体, 但也有些不同, 北坡扇

三角洲平面呈朵状,相带分布相对较窄,而南坡辫状河三角洲平面呈朵叶状,前缘亚相横向展布面积较大;在剖面上,两种三角洲三分性明显,三角洲远端与半—深湖亚相相接,近岸浊积扇一般与断层相邻,如查 3 井和达 17 井,而在腾格尔组沉积末期,湖面扩张,湖泊相面积略有扩大,扇三角洲和辫状河三角洲有向湖岸退积的趋势(图 7)。

白音查干凹陷腾格尔组沉积时期,总的地层沉积特征是地层厚度和暗色泥岩厚度西厚东薄、砂体发育西富东贫。其地层厚度变化也可反映该时期湖盆沉降幅度和古地形的基本轮廓,地层厚度数据显示腾格尔组沉积时期,达尔其一敖伦地区盆地沉降幅度最大,而且向湖盆东西两侧延伸,向南向北地层厚度减薄,古地形为一凹槽状,北陡南缓,推测其沉降中心在达尔其一敖伦一带,而东部洼陷在苏乌有一次沉降中心;暗色泥岩厚度反映沉积中心,腾格尔组沉积时期白音查干凹陷沉积中心与沉降中心基本一致;砂体主要分布在凹陷边部位,而且呈相对孤立状,与冲积扇、辫状河入湖位置相对应,砂岩百分比与砂岩厚度趋势相似,但在达 8 井区,砂岩厚度仅为 200 m,而砂岩百分含量可达 60%,这与达 8 井区地层厚度相对较薄有关(图 8)。

白音查干凹陷南北分异、东西分化的沉积格局与凹陷构造发育和古地貌有关。在白音查干凹陷腾格尔组沉积之前,白音查干地区地壳抬升,结束阿尔善

组沉积,并遭受剥蚀,之后地壳回返,接受腾格尔组沉积,腾格尔组与阿尔善组呈不整合接触,此时白音查干凹陷北坡塔拉断层活动性增强,盆地处于强断陷湖盆发育期,当时为干旱的亚热带—热带气候,物源区风化作用强烈,在山前或大型隆起陡坡带,冲积扇发育,向湖盆方向进入水体,在北部陡坡带,沉积物可容空间大, A/S 比值较大,沉积物沉积迅速,易于保存,延伸较短,分选性较差,形成扇三角洲,在南部地形较缓, A/S 比值相对小一些,沉积物易于发生再次沉积作用,因此分流河道容易散开,沉积面积较大,延伸较远,形成辫状河三角洲,向三角洲侧翼和三角洲远端分别发育滨—浅湖和半深湖—深湖沉积。此外,腾格尔组沉积时期,断层活动性北强南弱也是形成南北沉积分异的原因之一,在断层附近向湖盆方向易于发育浊积扇(图 1 图 7),以及凹陷南坡坡折带同生正断层还造成了南部斜坡带局部井区地层超厚的沉积现象,如达 49—达 8 井之间的区域(图 8)。

4 总结

沉积相分析表明,白音查干凹陷腾格尔组剖面上自下而上,岩性由粗变细,颜色由深变浅,横向上从盆地边缘到盆地中心,岩性由粗变细,沉积物颜色由浅变深,时间上从早到晚,湖泊面积逐渐扩大的过程。在凹陷西洼,以三角洲相为主,从盆地边缘到盆地中心,沉积相由扇三角洲、辫状河三角洲逐渐演变为湖

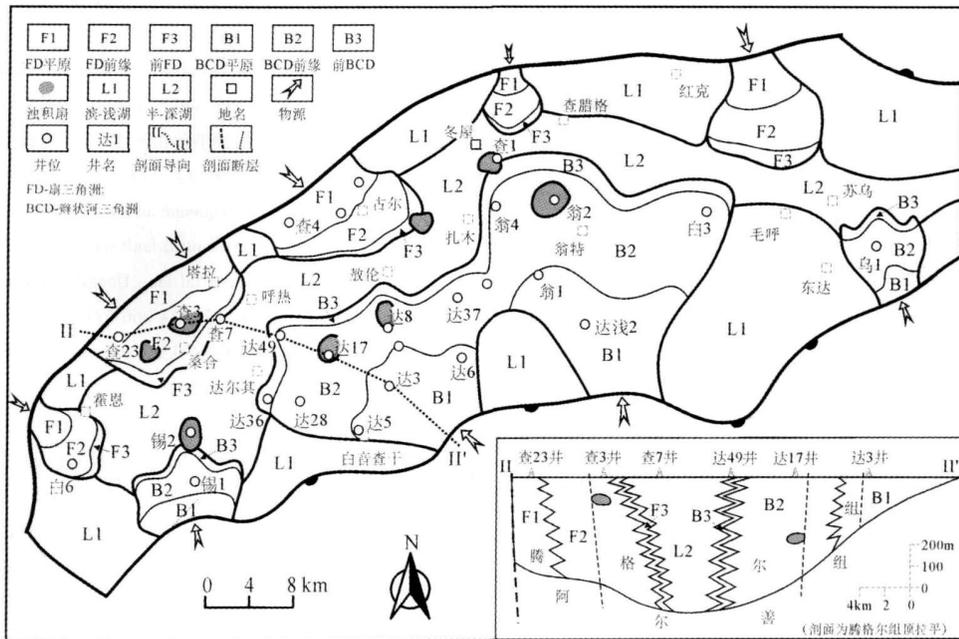


图 7 白音查干凹陷腾格尔组沉积相分布图

Fig 7 Distribution map of sedimentary facies in Tenggeer Formation, BYCG Depression

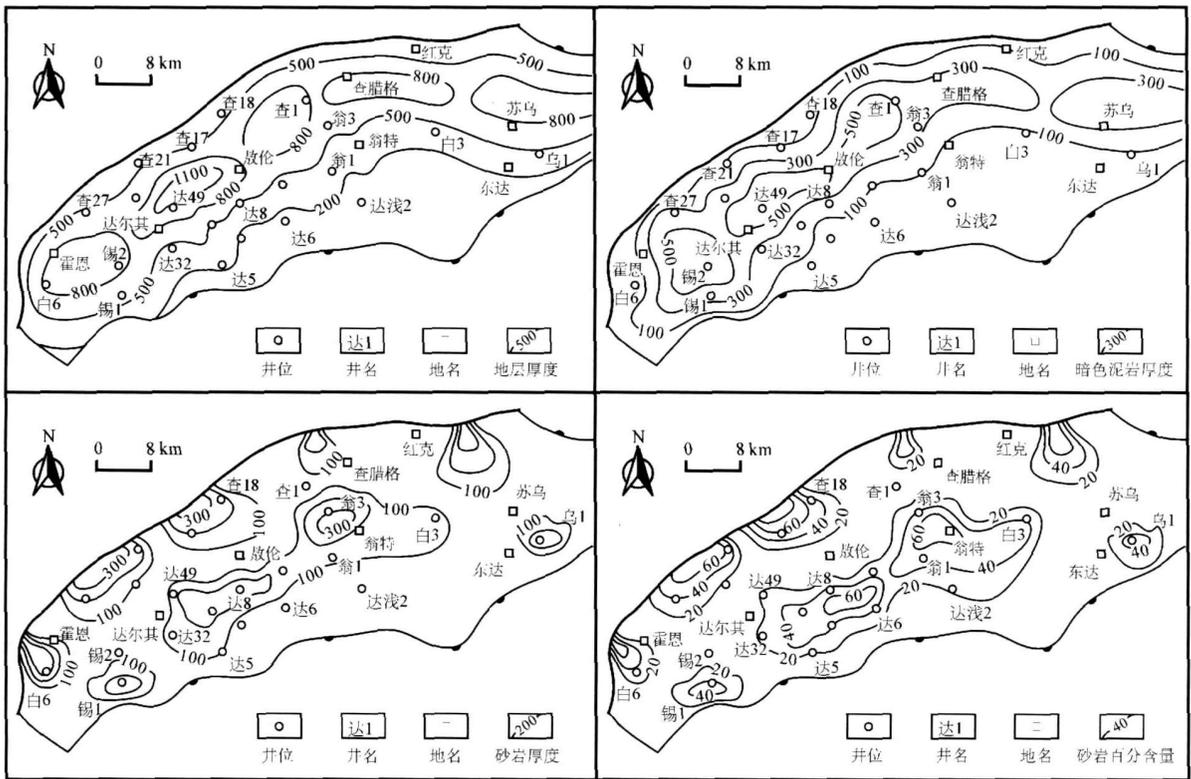


图8 白音查干凹陷腾格尔组地层属性等值线图

Fig 8 Contour maps of strata attributes in Tenggeer Formation, BYCG Depression

泊相,在凹陷东洼,以湖泊相为主,整体为南北分异,东西分化,这种沉积格局受凹陷周边断层和古地形控制,它们除了限制湖盆的范围、演化外,还为湖盆提供大量陆源物质,这些变化可由沉积物组合和沉积相分布变化得到反映。扇三角洲和辫状河三角洲前缘亚相带水下分流河道和水下分支河道砂体物性较好,是油气富集的有利相带,而与断层相邻的近岸浊积扇位于油源断层附近,可能成为下一步岩性油气藏勘探的目标。

致谢 本文得到中原油田勘探开发科学研究院有关人员的大力支持,在此致以衷心的感谢!

参考文献 (References)

- 1 许书堂, 马维民, 王德仁, 等. 二连盆地白音查干凹陷下白垩统层序地层研究 [J]. 沉积学报, 2004, 22(4): 644-650 [Xu Shutang Ma W ein in, Wang D eren, *et al.* Sequence strata of Lower Cretaceous in Baiyinchagan Depression Erlian Basin [J]. *Acta Sedimentologica Sinica* 2004, 22(4): 644-650]
- 2 张福顺, 王生朗, 孙宜朴, 等. 白音查干凹陷层序地层研究 [J]. 石油勘探与开发, 2003, 30(4): 32-34 [Zhang Fushun, Wang Shenglang, Sun Yipu, *et al.* Framework of sequence stratigraphy and filling style of Baiyinchagan Sag [J]. *Petroleum Exploration and Development* 2003, 30(4): 32-34]
- 3 张福顺. 白音查干凹陷扇三角洲与辫状河三角洲沉积 [J]. 地球学报, 2005, 26(6): 553-556 [Zhang Fushun. Fan delta and braided delta sediments in Baiyinchagan Depression [J]. *Acta Geoscientica Sinica* 2005, 26(6): 553-556]
- 4 Holmes A. Principles of Physical Geology [M]. 2nd Ed. London and Edinburgh: Thomas Nelson and Sons Ltd., 1965: 553-554
- 5 董冬. 断陷湖盆陡坡带碎屑流沉积单元的沉积序列和储集特征——以东营凹陷永安地区为例 [J]. 沉积学报, 1999, 17(4): 566-571 [Dong Dong. On vertical sequence and reservoir characteristics of alluvial debris flow sedimentary unit in fault basins Eastern China based on a case study of Yong'an alluvial fan, Dongying Basin [J]. *Acta Sedimentologica Sinica* 1999, 17(4): 566-571]
- 6 Falk P D, Dorsey R J. Rapid development of gravelly high-density turbidity currents in marine Gilbert-type fan deltas, Loreto Basin, Baja California Sur, Mexico [J]. *Sedimentology*, 1998, 45(2): 331-349
- 7 邵龙义, 罗文林, 顾家裕, 等. 塔里木盆地古近系层序地层研究 [J]. 古地理学报, 2007, 9(3): 283-292 [Shao Longyi, Luo Wenlin, Gu Jiayu, *et al.* A basin-wide sequence stratigraphic analysis of the Taimur Basin [J]. *Journal of Palaeogeography*, 2007, 9(3): 283-292]
- 8 Veevers S J, Thomas A T, Turner P. Fan-delta sedimentation in the Silurian Coralliferous Formation of SW Wales: implications for the structure of the southern margin of the Welsh Basin [J]. *Geological Magazine* 2007, 144(2): 319-331

- 9 Allen P A. Sediments and processes on a small stream-flow dominated Devonian alluvial fan, Shetland Islands [J]. *Sedimentary Geology*, 1981, 29(1): 31-66
- 10 刘宝珺, 余光明, 陈成生. 西藏日喀则地区第三系大竹卡组砾质扇三角洲——片状颗粒流沉积 [J]. *岩相古地理*, 1990, 10(1): 1-11 [Liu Baojun, Yu Guangming, Chen Chengsheng. Sheet grain-flow-dominated gravel fan deltas of the Tertiary Dazhuka Formation in the Xigaze area, Tibet [J]. *Lithofacies and Palaeogeography*, 1990, 10(1): 1-11]
- 11 楼章华, 卢庆梅, 蔡希源, 等. 湖平面升降对浅水三角洲前缘砂体形态的影响 [J]. *沉积学报*, 1998, 16(4): 27-31 [Lou Zhanghua, Lu Qingmei, Cai Xiyuan, *et al.* Influence of lake level fluctuation on sandbody shapes at shallow-water delta front [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1998, 16(4): 27-31]
- 12 于建国, 林春明, 杨云岭, 等. 分流河道特征及其识别方法: 以东营凹陷东部地区为例 [J]. *高校地质学报*, 2002, 8(2): 152-159 [Yu Jianguo, Lin Chunming, Yang Yunling, *et al.* Features of distributary channels and their diagnosis methods exemplified by the Eastern Dongying Depression [J]. *Geological Journal of China Universities*, 2002, 8(2): 152-159]
- 13 McPherson J G, Sharnugan G, Moiola R J. Fan-deltas and braided deltas: varieties of coarse-grained deltas [J]. *Geological Society of America Bulletin*, 1987, 99(3): 331-340
- 14 于兴河, 王德发, 孙志华. 湖泊辫状河三角洲岩相、层序特征及储层地质模型——内蒙古岱海湖现代三角洲沉积考察 [J]. *沉积学报*, 1995, 13(1): 48-58 [Yu Xinghe, Wang Defa, Sun Zhihua. Lithofacies types, vertical profile features and reservoir geological models of braided deltaic sandbodies in faulted lake basin: the observation on deposition of modern deltas in Dahai Lake, Inner Mongolia [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1995, 13(1): 48-58]
- 15 王超勇, 陈孟晋, 汪泽成, 等. 鄂尔多斯盆地南部二叠系山西组及下石盒子组 8 段沉积相 [J]. *古地理学报*, 2007, 9(4): 369-378 [Wang Chaoyong, Chen Mengjin, Wang Zecheng, *et al.* Sedimentary facies of the Shanxi Formation and Member 8 of Xishixizi Formation of Permian in southern Ordos Basin [J]. *Journal of Palaeogeography*, 2007, 9(4): 369-378]
- 16 Okri C, Bhattacharya J P. Terminal distributary channels and delta front architecture of river-dominated delta systems [J]. *Journal of Sedimentary Research*, 2006, 76(2): 212-233
- 17 冯增昭. *沉积岩石学* [M]. 北京: 石油工业出版社, 1993: 84-155 [Feng Zengzhao. *Sedimentary Petrology* [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1993: 84-155]
- 18 赵澄林, 朱筱敏. *沉积岩石学* [M]. 北京: 石油工业出版社, 2001: 67 [Zhao Chenglin, Zhu Xiaomin. *Sedimentology* [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2001: 67]
- 19 林春明, 宋宁, 牟荣, 等. 江苏盐阜拗晚白垩世浦口组沉积相与沉积演化 [J]. *沉积学报*, 2003, 19(4): 553-559 [Lin Chunming, Song Ning, Mu Rong, *et al.* Sedimentary facies and evolution of Late Cretaceous in the Yanfu Depression from Jiangsu Province [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2003, 19(4): 553-559]
- 20 鄢继华, 陈世悦, 宋国奇, 等. 三角洲前缘滑塌浊积岩形成过程初探 [J]. *沉积学报*, 2004, 22(4): 573-578 [Yan Jihua, Chen Shiye, Song Guoqi, *et al.* Preliminary study on the formation of flux-turbidite in the front of delta [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2004, 22(4): 573-578]

Sedimentary Facies in the Early Cretaceous Tenggeer Formation of Baiyinchagan Depression, Erlian Basin

YUE X in-dong¹ LIN Chun-ming¹ LIY an-li¹ XU Shen-mou¹
ZHANG Zh-i-ping¹ Q I B in-wen^{1, 2} WANG X i-lin³ ZHANG Fang-dong³

(1 State Key Laboratory of Mineral Deposits Research, Department of Earth Science, Nanjing University, Nanjing 210093)

2 Exploration Department of Shanghai Branch of CNOOC, Shanghai 200030;

3 Scientific Research Institute of Exploration and Development of Zhongyuan Oilfield Company, SINOPEC, Puyang Henan 457001)

Abstract Based on cores' description, electric log, mud logging, cores' analysis data, seismic survey, etc., the sedimentary facies' types and their characteristics of early Cretaceous Tenggeer Formation, Baiyinchagan (BYCG) Depression were studied, as well as their distribution rule. The research showed that fan delta, braided channel delta, lacustrine facies, and turbidities were present in the formation, of which fan delta was located along the steep north border and braided channel delta in the gently south slope. In addition, from the margin to the depocenter of the depression, the sedimentary environments gradually changed from fan delta or braided channel delta to middle depth lacus and deep lacus, and on the flank of fan delta or braided channel delta were deposited shore sediments and near shore sediments. The turbidities were distributed in the delta front zone as well as in the pro-delta and middle depth lacustrine zone. Generally speaking, the sedimentary facies were different from the east to the west of the depression and differentiated between the south and the north, which were controlled by the neighboring faults and the basin palaeotopography. The fronts of fan delta and braided channel delta are still the important hydrocarbon accumulation area, and the faults-related turbidities in them are the potential targets of exploring the lithological hydrocarbon reservoirs.

Key words sedimentary facies, delta, turbidity, fault subsidence basin, Baiyinchagan Depression