

# 准噶尔盆地西北缘玛北地区百口泉组扇三角洲沉积模式<sup>①</sup>

邹妞妞<sup>1,2</sup> 史基安<sup>1</sup> 张大权<sup>1,2</sup> 马崇尧<sup>3</sup> 张顺存<sup>1</sup> 鲁新川<sup>1</sup>

(1.甘肃省油气资源研究重点实验室/中国科学院油气资源研究重点实验室 兰州 730000;

2.中国科学院大学 北京 100049; 3.新疆油田分公司勘探开发研究院 新疆克拉玛依 834000)

**摘要** 准噶尔盆地西北缘二叠纪—三叠纪强烈的同生断裂活动和逆冲推覆构造使西北缘三叠系为大型内陆拗陷湖盆沉积,发育多级坡折,大型拗陷湖盆坡折带控制了玛北地区扇体的发育。通过岩芯、铸体薄片及测井资料,结合地层超覆叠置、岩性纵向组合及砂体的展布分析可知玛北地区三叠系百口泉组发育典型的扇三角洲沉积,根据沉积相标志和扇三角洲内部成因沉积单元的精细刻画,识别出3种亚相和11种微相:即扇三角洲平原亚相的水上泥石流砾岩微相、辫状河道砂砾岩微相、平原河道间砂泥岩微相;扇三角洲前缘亚相的水下主河道砾岩微相、水下河道砂砾岩微相、水下泥石流砂砾岩微相、水下河道间砂泥岩微相、水下河道末端砂岩微相、河口坝—远砂坝砂岩微相;前扇三角洲亚相的前扇三角洲粉砂岩微相和前扇三角洲泥岩微相。玛北地区三叠系是在湖侵背景下多级坡折控制的扇体,扇三角洲是重力流与牵引流综合沉积作用的结果,向北东物源方向呈退积沉积,是一种典型的湖侵退积型扇三角洲。

**关键词** 准噶尔盆地 玛北地区 三叠系 百口泉组 扇三角洲 沉积模式

**第一作者简介** 邹妞妞 女 1989年出生 博士研究生 沉积学和石油地质学 E-mail:niuniu9728@126.com

**中图分类号** TE121.3 **文献标识码** A

扇三角洲是从邻近高地直接前积到停滞水体中的冲积扇<sup>[1-2]</sup>。自Holmes(1965)提出扇三角洲,国内外地质工作者对扇三角洲沉积进行了大量的研究,认为绝大部分的扇三角洲发育于活动大陆边缘和岛弧沉积体系,且大多是近物源,坡降大,沉积物以砾质粗碎屑沉积为主<sup>[1-5]</sup>。随后,石油地质家发现扇三角洲沉积环境中含有丰富的生油母岩、储层发育、构造圈闭条件良好,油气远景大,这使扇三角洲的研究更加炙手可热,目前对入海三角洲的成因机理、沉积环境及内部沉积单元的精细刻画已形成体系,而陆相成因的入湖三角洲研究尚未完善<sup>[6]</sup>。我国大多数含油气储层发育于河流—三角洲沉积体系的陆相盆地,我国陆相断陷和拗陷湖盆是扇三角洲发育的重要场所,如渤海湾盆地济阳拗陷<sup>[7]</sup>,二连盆地白音查干凹陷北部陡坡带<sup>[8]</sup>,苏北盆地高邮凹陷<sup>[9]</sup>,琼东南盆地崖南凹陷<sup>[10]</sup>,南襄盆地泌阳凹陷<sup>[11]</sup>,松辽大型浅水湖盆三角洲<sup>[12-13]</sup>等均为扇三角洲沉积体系。

准噶尔盆地西北缘玛北地区处于玛湖凹陷有利生油气区,由于受古构造、古地貌、物源等地质条件的控制,周期性的湖侵使三角洲各沉积单元相标志明

显,本文从骨架相构成、层理类型、垂向沉积层序、内部相带发育状况及岩相模式和测井曲线规律等方面阐述了研究区三叠系百口泉组扇三角洲的沉积特征,并建立沉积相模式,以期对准噶尔盆地扇三角洲沉积体系的石油勘探和开发进行有效的预测。

## 1 地质背景

准噶尔盆地西北缘处于西准噶尔褶皱山系与准噶尔地块之间,是一北东向的巨型逆掩断裂带,由西南向东北依次为红—车、克—百、乌—夏断裂带(图1)。由于晚古生代准噶尔—吐鲁番板块向哈萨克斯坦板块俯冲、消减以至碰撞,使准噶尔西北缘发育碰撞隆起带及与其相邻的大型陆内拗陷沉积<sup>[14-16]</sup>。前人研究认为准噶尔盆地西北缘是以石炭系为基底的大型陆内叠合盆地,到三叠纪,盆地开始由前陆盆地向陆内拗陷盆地过渡,盆地由断拗陷转向拗陷<sup>[17-18]</sup>,整个三叠系超覆于海西晚期因构造抬升、逆冲形成的边缘隆起上,山前沉降幅度大,沉积厚,广泛发育冲积扇、水下扇、扇三角洲等砾质粗碎屑沉积<sup>[19-23]</sup>。

玛湖凹陷三叠系百口泉组(T<sub>1</sub>b)发育5大扇群,

<sup>①</sup>国家重点基础研究发展规划“973”项目(编号:2011CB201104)、国家科技重大专项(编号:2011ZX05000-01-06)、中国科学院油气资源研究重点实验室开放基金(编号:KFJJ2012-07)与甘肃省重点实验室专项(编号:1309RTSA041)联合资助  
收稿日期:2014-08-04;收修改稿日期:2014-11-07

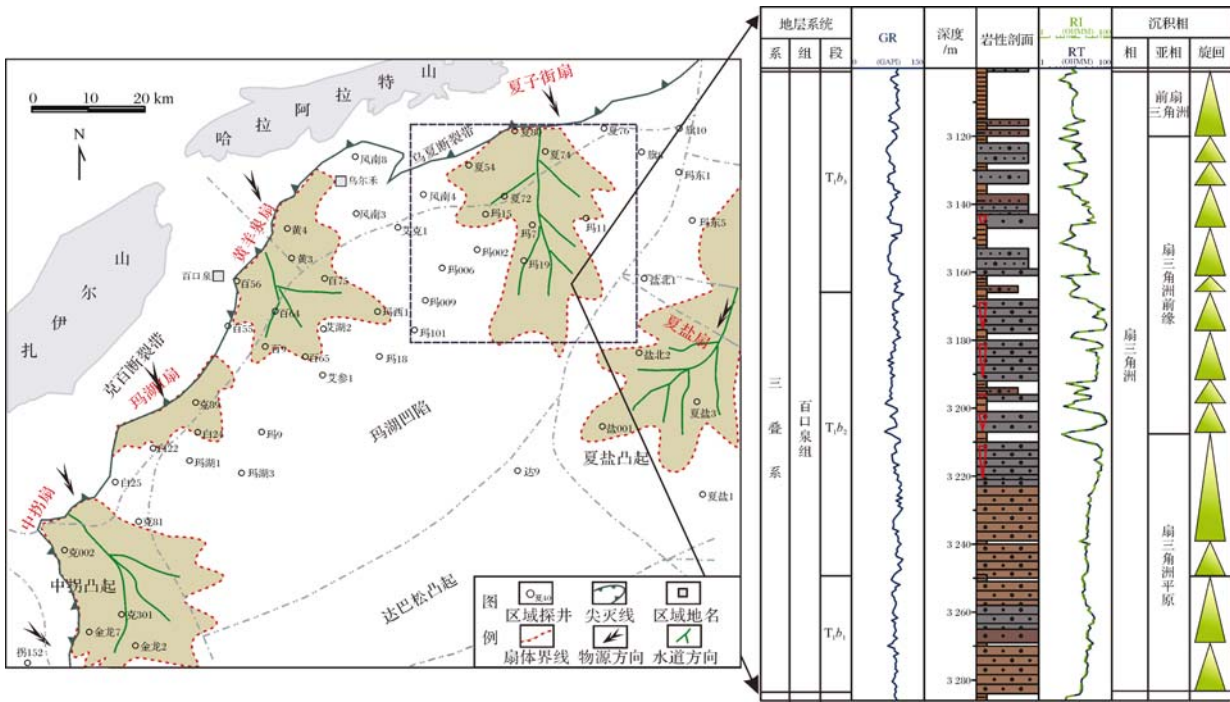


图1 玛北地区构造位置及地层综合柱状图(图中虚线框为研究区)

Fig.1 Structural location and stratigraphic integrated histogram in Mabei region (the dotted box marks study area)

从西南到东北依次发育中拐扇、玛湖1扇、黄羊泉扇、夏子街扇、夏盐扇(图1),玛北地区地处规模最大的夏子街扇群,与西侧黄羊泉扇群和东侧夏盐扇群相邻,扇体的发育和入盆砂体的平面展布是由规模较大且长期活动的同沉积断裂所形成的构造(断裂)坡折带控制的,百口泉组沉积期发育两大东北向西南的面积较大、坡度较缓的坡折带(图2),山口及北东向沟谷控制着扇体与主槽砂体的分布,侧翼平台区控制着扇三角洲前缘相的分布,东西向次级断裂控制坡折带的分布,从而控制着侧翼扇朵体的分布,影响着扇体的展布和相带的分布,使三角洲扇体具有平面上分带,垂向上叠加,继承性较强的特点。如位于2个坡折带间的玛131井、玛15井、玛132井、夏72井、夏7202井,均获高产工业油气流,坡折带具有明显的控制扇三角洲的发育及展布。

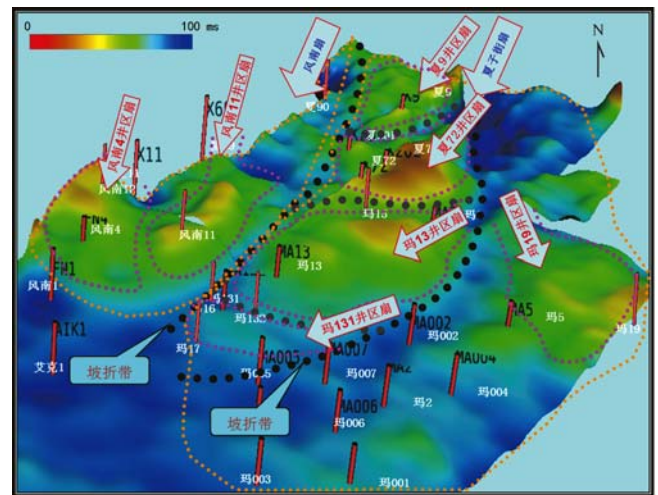


图2 玛北地区百口泉组古地貌三维可视化图

Fig.2 3D palaeogeomorphology visualization of Baikouquan Formation in Mabei region

## 2 扇三角洲沉积标志

### 2.1 岩芯沉积特征

通过对玛北地区20余口钻井岩芯和300多张岩石薄片的观察,结合录井和测井资料分析可知:百口泉组(从下到上依次划分为百一段( $T_1b_1$ )、百二段( $T_1b_2$ )、百三段( $T_1b_3$ ))岩性由砂砾岩相、砂岩相、粉砂岩相和泥岩相组成,岩性从 $T_1b_1-T_1b_2-T_1b_3$ 由砾

岩、砂砾岩、粗砂岩、细砂岩逐渐变细,颜色从褐色、棕褐色及杂色逐渐过渡到灰绿色、灰色(图1,3)。岩石类型主要为砂砾岩、不等粒砾岩、含砾粗砂岩、砂岩为主,其中砂砾岩约占70%,故该区发育的扇体可称“砂砾岩扇体”。砾石的分选和磨圆参差不齐,中砾与中粗砾磨圆最好,呈次圆状至次棱角状;细砾岩的分选相对较好,中粗砾岩分选较差,所占比例大;泥质


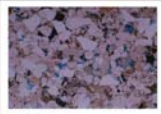

岩芯相	颜色	粒度	分选	磨圆	支撑类型	搬运机制	沉积构造	岩芯照片	岩石薄片	构造特征	沉积相带
砂砾岩相	褐色 棕褐色 杂色	砂砾为主 偶见 巨砾—粗砂	较差 杂基含量 变化大	中等 棱角—次 棱角状	杂基支撑 多级颗粒 支撑	牵引流 重力流	槽状交错层理 厚层块状构造 砂砾岩呈楔状 常见冲刷面 偶见叠瓦状砾石			玛132井, T.Δ, 块状构造	扇三角洲平原 辫状河道为主 分流河道间 为辅
	灰绿—杂色 灰—灰绿色 灰色	砂砾为主 偶见 大砾—粗砂	中等 杂基含量 变化大	较好 次圆—次 棱角状	颗粒支撑	牵引流 重力流	厚中层砂砾岩体 板状 槽状交错层理			玛001井, T.Δ, 块状构造	扇三角洲前缘 分流河道为主 分流河道间 为辅
砂岩相	褐色 杂色	含砾砂岩 粗中砂岩 含泥	较差 杂基含量 多	中等	多级 颗粒支撑	牵引流	薄层状发育于 砂砾岩体中 层系呈透镜状 和楔状 板状交错层理			玛152井, T.Δ, 槽状交错层理	扇三角洲平原 辫状河道
	灰色 灰绿—灰色	含砾砂岩 粗中砂岩	中等—好	较好 次圆—次 棱角状	同级 颗粒支撑	牵引流	厚中层砂岩 板状 槽状交错层理 程序层理			玛001井, T.Δ, 板状交错层理	扇三角洲前缘 分流河道 河口坝
粉砂岩相	灰—深灰色 为主 褐色—杂色 少见	细粉砂岩 泥质砂岩	中等—好 杂基含量 多	中等	颗粒支撑	牵引流	波纹层理 水平层理			玛152井, T.Δ, 波纹层理	扇三角洲平原 分流河道间 扇三角洲前缘 远砂坝 前扇三角洲
泥岩相	灰—灰黑色 为主 褐色—杂色 少见	泥岩 粉砂质泥	好 黏土含量 高	无	杂基支撑	牵引流	水平层理			玛134井, T.Δ, 水平层理	扇三角洲平原 分流河道间 前扇三角洲

图3 玛北地区百口泉组典型岩芯相特征

Fig.3 Typical sedimentary feature of wells in Baikouquan Formation of Mabei region

杂基含量变化较大,说明水动力变化较大;碎屑岩类型以岩屑砂岩为主,岩屑含量高,发育少量长石岩屑砂岩,成分成熟度较低(图4);填隙物以泥质和钙质胶结为主,胶结类型主要为压嵌式和孔隙式胶结;支撑结构以颗粒支撑为主,常见同级颗粒支撑、多级颗粒支撑、砂质颗粒支撑、砾石质颗粒支撑,偶见杂基支撑,反映强水动力的洪流携带沉积物的快速沉积(图3)。以上岩性特征均具明显的扇三角洲近源快速沉积的特点<sup>[11]</sup>。

研究区沉积构造随岩性和水动力的不同而变化,其中砾岩和砂砾岩中发育大型槽状、板状交错层理、递变层理、底冲刷构造,局部发育较强水动力条件下快速混杂堆积的厚层块状层理;含砾粗砂岩和砂岩以板状和波状交错层理为主,为较稳定的水动力环境;细粉砂岩和泥质粉砂岩以波状交错层理和变形层理为主,并可见块状层理、递变层理、平行层理和小型槽状交错层理;泥岩中常见块状层理和水平层理(图3)。

2.2 粒度特征

碎屑岩的粒度是反映水动力状况和沉积环境的

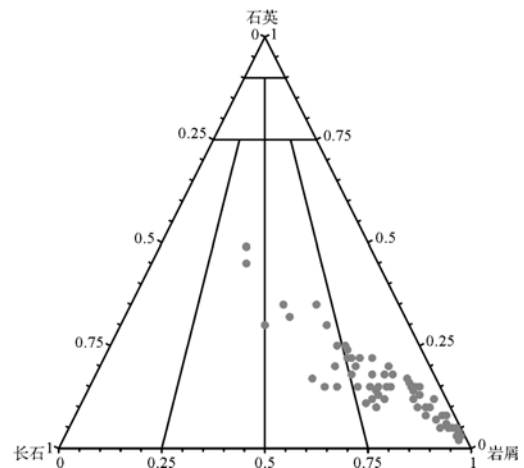


图4 研究区碎屑岩分类三角图

Fig.4 The clastic rock composition in the study area

标尺,也是细致划分沉积相的基础。本文通过对百口泉组典型取芯井段的粒度概率曲线特征进行分类总结,可知其粒度概率曲线有3种主要类型:①一段式(图5a);说明岩石粒级分布广,斜率小,分选差,截点不明显,典型的强水动力条件下重力流的沉积;②三

段式(图 5b,c):曲线具有跳跃、滚动和悬浮三段式,曲线斜率较大,分选性中等,具有牵引流的典型特征,为扇三角洲平原辫状河道和扇三角洲前缘分流河道和远砂坝等的河道沉积,水动力持续稳定;③二段式(图 5d,e,f):具明显的河道沉积特点,以跳跃总体为主,含量约为 50%~70%,粒度分布范围大约在 0.5~4 φ 之间,斜率大致为 60°~65°,分选中等,跳跃和悬浮总体的截点变化较大,悬浮总体含量较少,有时可高达 30%左右,沉积物在牵引流作用下主要以跳跃的方式搬运,反映了较强和中等水动力条件下的河道沉积。

### 2.3 测井相特征

测井曲线的形态和幅值是反映沉积环境特征的良好指标,通过取芯井段的测井曲线特征,建立了研究区扇三角洲不同沉积微相的测井模式图(图 6),常见的测井曲线有高幅箱型,中、低幅齿状箱形、高幅齿状钟形、漏斗形、高、中、低幅齿状指状、指状、齿化线形及线形及其组合。

## 3 扇三角洲沉积相

### 3.1 扇三角洲平原

扇三角洲平原是冲积扇的陆上与水下部分,是主辫状河道和平原分流河道的发育区,研究区扇三角洲平原具有重力流和牵引流的成因特征,发育泥石流沉积、辫状河道充填和水下分流河道沉积等多种成因类型,根据岩性特征和成因类型将扇三角洲平原分为 3 个微相。

#### (1) 扇三角洲平原水上泥石流砾岩微相

扇三角洲平原水上泥石流砾岩微相(图 3,6,7)是扇三角洲的水上部分,其结构和构造具有重力流和泥石流的沉积特征。其最重要的标志是共生的砾岩、砂砾岩及泥岩多为氧化色(褐色、棕色及杂色),发育冲刷充填构造、板状交错层理及厚层块状构造。砂砾岩在垂向上以块状韵律层叠置为特征,底部见冲刷构造。该微相粒度较粗,沉积物无规律排列、分选性差,具有明显的动荡环境中能量不稳定的重力流沉积特点。岩石杂基含量高,电性特征曲线特征为高幅箱型,沉积能量较高。

#### (2) 扇三角洲平原辫状河道砂砾岩微相

扇三角洲平原辫状河道砂砾岩微相(图 3,6,7)主要是辫状河道的沉积,由水上氧化环境的褐色、杂色砂砾岩、砂质砾岩和砾状砂岩所构成。砾岩多为碎屑颗粒支撑,砾石间混合杂基充填,砾石成分复杂,大小不等,杂乱分布,分选差。发育槽状交错层理、块状构造、递变层理及板状交错层理,显示牵引流的沉积特征。此外,辫状河道砂砾岩中发育冲刷面,在水体能量最强处,砂砾岩的杂基被冲刷掉,形成同级颗粒支撑结构。测井曲线为多个齿化或弱齿化的箱形的垂向叠加。

#### (3) 扇三角洲平原河道间砂泥岩微相

扇三角洲平原河道间砂泥岩微相(图 3,6,7)是洪水溢出辫状河道后在河道侧缘沉积而成。岩性主要为褐色、棕褐色、杂色泥岩夹泥质粉砂岩和粉砂岩,

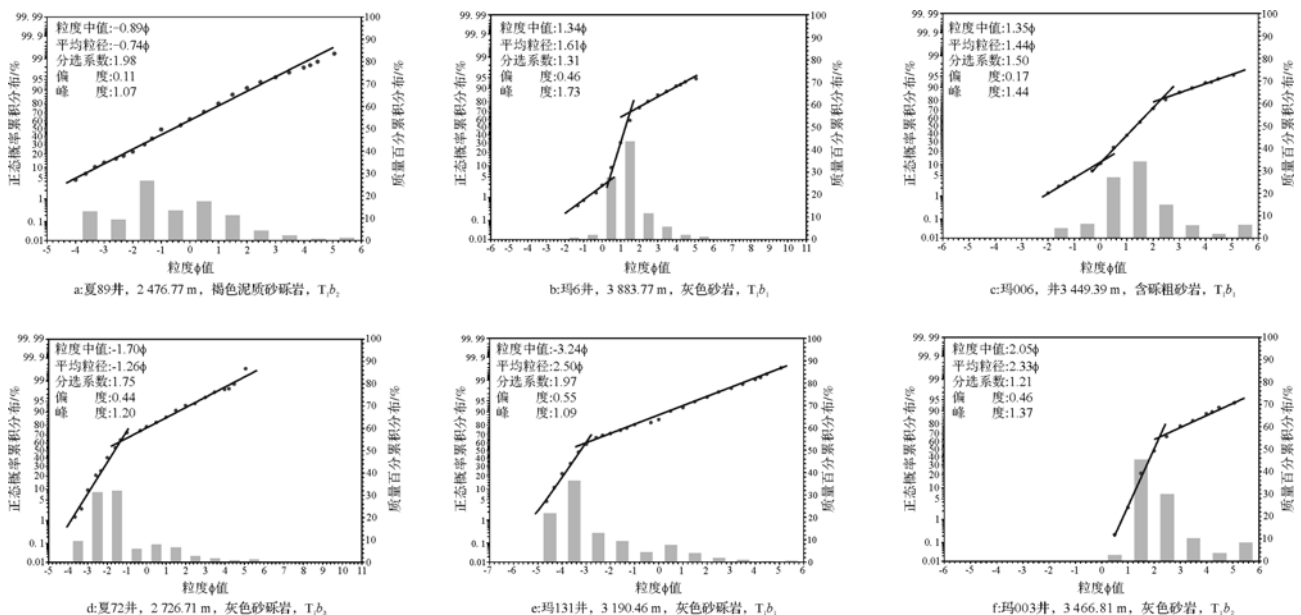


图5 研究区扇三角洲沉积物粒度概率曲线

Fig.5 Grain size cumulative probability curves of fan delta deposits in the study area

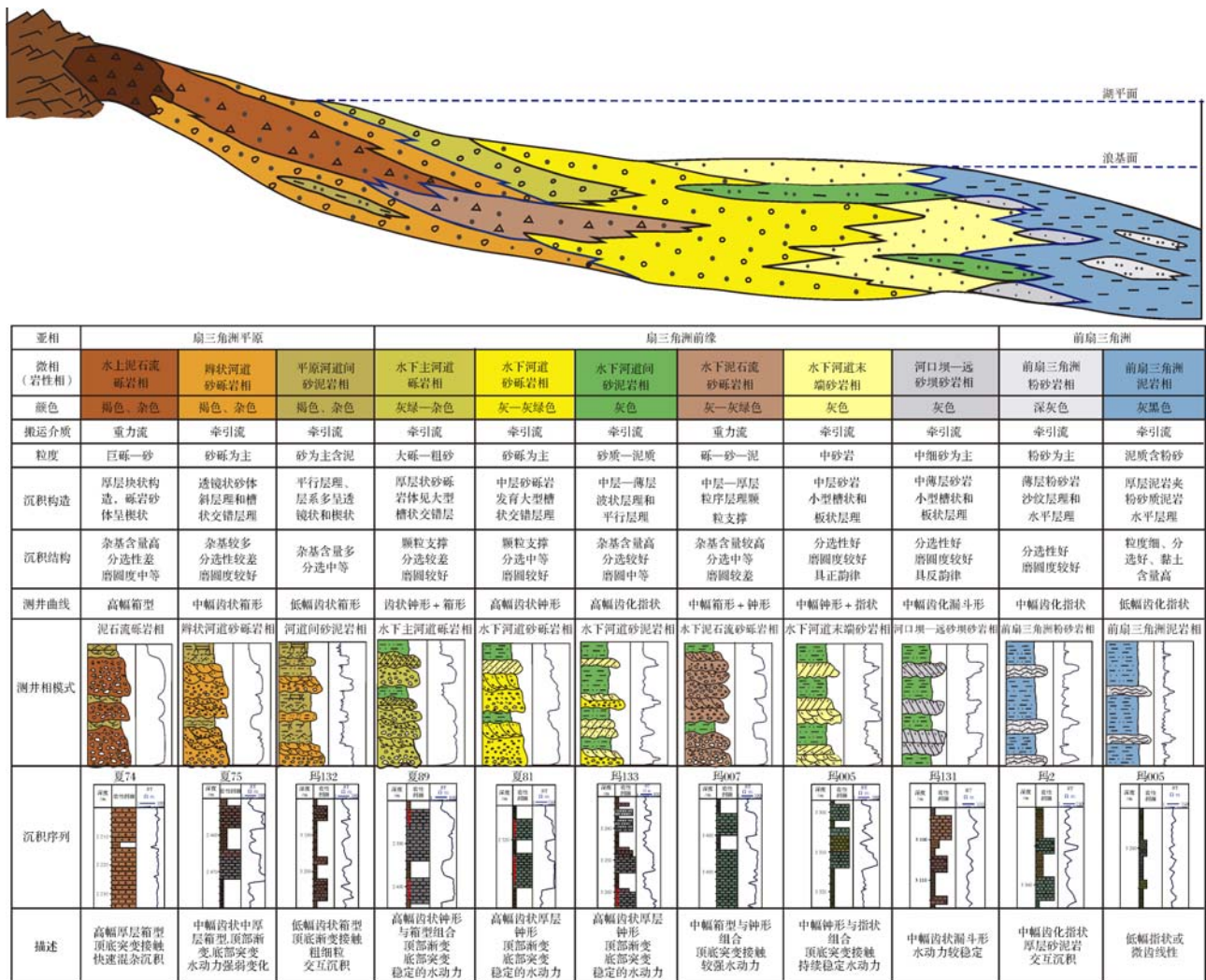


图6 研究区扇三角洲沉积相特征及沉积序列

Fig.6 Sedimentary characteristics and sequence model of fan delta in the study area

在垂向上和平面上夹于辫状河道之间,常为黏土夹层,杂基含量多,分选中等,常见平行层理和波状层理,有时可见洪水季节河床漫溢沉积的砂砾质夹层。测井曲线表现为薄层低幅齿化箱型。

3.2 扇三角洲前缘

扇三角洲前缘是扇三角洲的主体,发育面积较大,它是冲积扇入湖后形成的水下沉积部分,主要发育水下河道、水下分流河道间和河口坝—远砂坝等沉积微相,研究区扇三角洲前缘可分为6个微相。

(1) 扇三角洲前缘水下主河道砾岩微相

扇三角洲前缘水下主河道砾岩微相(图3,6,7)是扇三角洲沉积的主体,也是砂体最发育部位,处于水下,分布范围最大。主要为灰绿、杂色砾岩、砂砾岩和粗砂岩,分选较差、磨圆较好,呈次圆状—一次棱角,以颗粒支撑为主,厚层状砂砾岩体中可见大型槽状交

错层理。电阻曲线主要为齿状钟形+箱形的复合型。

(2) 扇三角洲前缘水下河道砂砾岩微相

扇三角洲前缘水下河道砂砾岩微相(图3,6,7)是随着扇三角洲平原辫状河道向湖推进,河道变宽变浅,分叉,形成水下分流河道。沉积物主要为灰色、灰绿色含砾砂岩和砂岩,砾岩量少,以颗粒支撑为主,磨圆较好,具明显的河道沉积特点。发育大型槽状交错层理,局部见砾石定向排列及小型冲刷面。电阻曲线主要为高幅齿状钟形或为因水道退缩呈钟形叠在箱形之上的复合型。

(3) 扇三角洲前缘水下河道间砂泥岩微相

扇三角洲前缘水下河道间砂泥岩微相(图3,6,7)主要是灰绿色、灰色块状或具水平层理的砂质、粉砂质泥岩夹薄层或透镜状砂岩组成。由于水下分流河道的频繁改道,该沉积物易被冲刷。电阻率曲线多

为齿状、指状或齿化指状。

#### (4) 扇三角洲前缘水下泥石流砂砾岩微相

扇三角洲前缘水下泥石流砂砾岩微相(图3,6,7)主要由灰色、灰绿色的砾岩、砂砾岩、砂岩、泥岩混合沉积,砂质颗粒支撑漂浮的砾岩,杂基含量高,分选相对较差、磨圆中等,物质混杂,水体密度大,明显重力流的特征。测井曲线为中幅箱形+钟形的复合型。

#### (5) 扇三角洲前缘水下河道末端砂岩微相

扇三角洲前缘水下河道末端砂岩微相(图3,6,7)是扇三角洲水下分流河道末端的细粒沉积,主要由灰色中粗砂岩组成,夹杂含砾砂岩,发育小型槽状和板状层理,分选性好,磨圆度较好,具正韵律。测井曲线为中幅钟形+指状。河道末端砂经过稳定的水动力冲刷,沉积物被充分淘洗,杂基含量低,是良好的储集岩。

#### (6) 扇三角洲前缘河口坝-远砂坝砂岩微相

扇三角洲前缘河口坝-远砂坝砂岩微相(图3,6,7)是水下分流河道向湖盆的延伸。沉积物粒度变细,由灰色中细砂岩、粉砂岩和含砾细砂岩组成;岩芯可见清晰的交错层理和板状层理,冲刷面少见,上部常见波状交错层理和波状层理。岩石杂基含量低,分选性好、磨圆度较好,在岩性剖面及电性上均表现为由下向上变粗的反韵律旋回。电阻率曲线为中幅齿化的漏斗型,由于研究区三叠纪沉积期西北缘为退积的沉积序列,波浪作用较弱,使该砂体在研究区较为发育,是有利的勘探目的储集岩。

### 3.3 前扇三角洲

前扇三角洲是扇三角洲前缘向浅湖区或深湖区过渡的斜坡带,它是扇三角洲体系中分布最广、沉积最厚的地区,主要沉积灰色、深灰色粉砂岩和泥岩夹粉砂质泥岩,研究区前扇三角洲亚相可分为2个微相(图3,6,7):①前扇三角洲粉砂岩微相:沉积物中的沉积构造不发育,见沙纹层理和水平层理。粉砂岩的磨圆和分选都较好,水动力较为稳定,电阻率测井曲线为中幅齿化指状。若扇三角洲前缘沉积速率快,可形成滑塌成因的浊积砂砾岩体包裹在前扇三角洲或深水盆地泥质沉积中<sup>[24]</sup>。②前扇三角洲泥岩微相:位于扇三角洲的最前缘并与湖泊相过渡,由灰色泥岩夹薄层泥质粉砂岩和细砂岩互层组成,水平层理。电阻率曲线呈指状或齿状。

## 4 扇三角洲沉积模式

沉积相模式是以相序递变规律为基础,对沉积相

的演化加以高度的概括,是沉积相的空间组合,而相序的递变规律受构造沉降、物源供给、湖平面变化、气候变化等多种因素综合控制,因此研究区扇三角洲模式的建立可直观的显现沉积体系的空间演化和沉积相的平面展布规律<sup>[25-27]</sup>。

垂向上,研究区发育典型的向上变细的正旋回沉积序列(图7):其中底部为扇三角洲平原的砂砾岩粗碎屑沉积,厚层块状构造,与下伏层呈冲刷突变接触,向上粒度逐渐变细,见透镜状砂体,发育板状和槽状交错层理,杂色的粉细砂岩、粉砂质泥岩多呈透镜状和楔状夹层;扇三角洲前缘底部为厚层状砂砾岩体,见大型槽状交错层,向上变为中-薄层波状层理和平行层理,夹杂重力流沉积的灰绿色砂砾岩,粒序层理颗粒支撑,向上逐渐变为小型槽状和板状层理的中层砂岩;前扇三角洲主要为水平层理的厚层泥岩夹粉砂质泥岩。

平面上,百一段沉积期(图7T<sub>1</sub>b<sub>1</sub>),主要发育扇三角洲平原沉积,扇三角洲前缘的沉积范围相对较小,物源主要来自研究区东北部及北部,仅在山前东北部见有冲积扇相发育,在靠近滨浅湖的区域可见到零星的河口坝发育,该时期是扇三角洲平原最为发育时段,沉积物以褐色、灰色砾岩和砂砾岩为主;百二段沉积期(图7T<sub>1</sub>b<sub>2</sub>),湖水面积扩大,早期发育扇三角洲平原水上泥石流及扇三角洲前缘水下泥石流沉积,中期该区的沉积平台不再发育,晚期主要发育扇三角洲前缘沉积,扇三角洲平原沉积范围缩小,此时扇三角洲平原主要发育褐色、杂色和棕色砾岩及砂砾岩,扇三角洲前缘则主要发育灰色、灰绿色砾岩、砂砾岩和中粗粒砂岩,在靠近西部滨浅湖发育河口坝及水下河道末端的细砂岩和粉砂岩;百三段沉积期(图7T<sub>1</sub>b<sub>3</sub>),研究区湖水范围进一步扩大,扇三角洲平原相沉积区也进一步向东北方向退缩,扇三角洲前缘及滨浅湖沉积范围扩大,扇三角洲平原亚相和扇三角洲前缘亚相的沉积岩性明显变细,砾岩和砂砾岩不仅沉积面积减少,厚度也明显减薄,细砂岩、粉砂岩及砂质泥岩分布更为广泛,沉积厚度也显著增加。

## 5 结论

(1) 玛北地区三叠系百口泉组主要发育近源快速堆积的扇三角洲沉积,断裂坡折带控制扇体的发育和平面展布,扇三角洲按其成因可划为3亚相和11个微相:即扇三角洲平原水上泥石流砾岩微相、辫状河道砂砾岩微相、平原河道间砂泥岩微相;扇三角洲

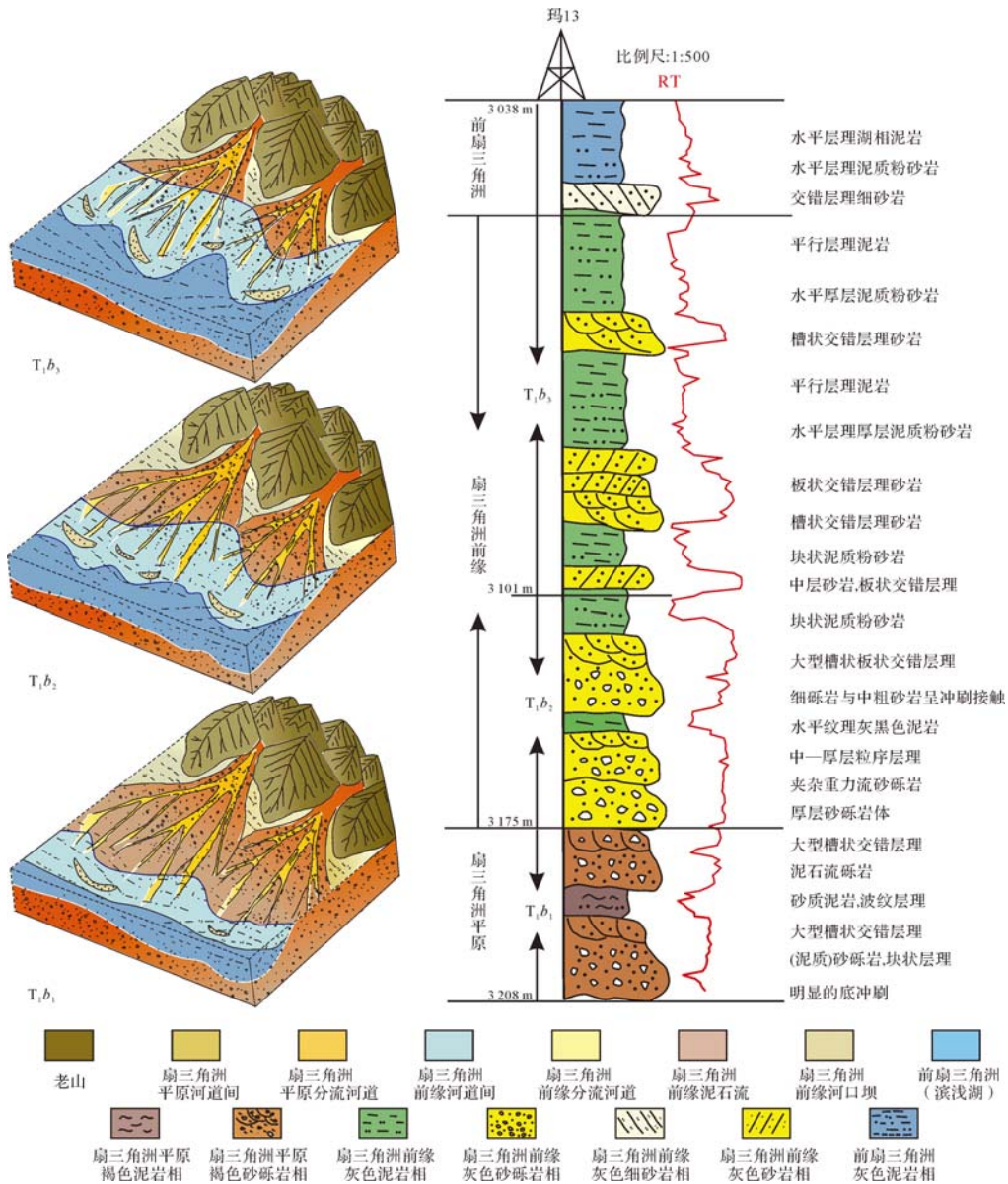


图7 研究区扇三角洲沉积相模式图及相层序  
 Fig7 The sedimentary facies model and microfacies sequences of fan delta in the study area

前缘水下主河道砾岩微相、水下河道砂砾岩微相、水下泥石流砂砾岩微相、水下河道间砂泥岩微相、水下河道末端砂岩微相、河口坝—远砂坝砂岩微相；前扇三角洲粉砂岩微相和扇三角洲泥岩微相。

(2) 扇三角洲平原亚相主要由混杂砾岩和砂砾岩夹褐色、灰色、灰绿色和杂色泥岩组成,发育交错层理和平行层理,电阻率曲线多为齿化的低幅箱状;扇三角洲前缘亚相主要为灰、灰绿色砂砾岩和砂岩夹灰绿色泥岩,由水下分流河道、河口坝及远砂坝等组成,层理构造发育,电阻率曲线有箱状、漏斗—钟形、指状等类型,水下河道砂砾岩和河口坝及远砂坝砂岩微相

是优质储集岩微相;前三角洲亚相已进入湖区,由深灰色泥岩夹纹层状砂岩组成,电阻率曲线多为齿化指状。

参考文献 (References)

- Holmes A. Principles of Physical Geology[M]. London: Nelson, 1965.
- McGowen J H. Gum Hollow fan delta, Nueces Bay, Texas[M]. Austin: Bureau of Economic Geology, University of Texas at Austin, 1971: 69-91.
- Galloway W E. Sediments and stratigraphic framework of the Copper River fan-delta, Alaska[J]. Journal of Sedimentary Research, 1976, 46(3): 726-737.
- William W A, Wescott F G. Fan-delta sedimentology and tectonic setting; Yallahs fan delta, Southeast Jamaica[J]. AAPG Bulletin, 1980,

- 64(3): 374-399.
- 5 Gloppen T G, Steel R J. The deposits, internal structure and geometry in six alluvial fan-delta bodies (Devonian-Norway)-a study in the significance of bedding sequence in conglomerates[J]. *Special Publications*, 1981, 31: 49-69.
  - 6 裘亦楠, 肖敬修, 薛培华. 湖盆三角洲分类的探讨[J]. *石油勘探与开发*, 1982(1): 1-11. [Qiu Yanan, Xiao Jingxiu, Xue Peihua. Discussion on category of lake deltas[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 1982(1): 1-11.]
  - 7 王桐, 姜在兴, 张元福, 等. 罗家地区古近系沙河街组水进型扇三角洲沉积特征[J]. *油气地质与采收率*, 2008, 15(1): 47-49. [Wang Tong, Jiang Zaixing, Zhang Yuanfu, et al. Sedimentary characteristics of transgressive fan delta of Shahejie Formation of Eogene in Luoia area [J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2008, 15(1): 47-49.]
  - 8 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.]
  - 9 纪友亮, 李清山, 王勇, 等. 高邮凹陷古近系戴南组扇三角洲沉积体系及其沉积相模式[J]. *地球科学与环境学报*, 2012, 34(1): 9-19. [Ji Youliang, Li Qingshan, Wang Yong, et al. Fan delta sedimentary system and facies models of Dainan Formation of Paleogene in Gaoyou sag[J]. *Journal of Earth Sciences and Environment*, 2012, 34(1): 9-19.]
  - 10 解习农, 李思田, 葛立刚, 等. 琼东南盆地崖南凹陷海湾扇三角洲体系沉积构成及演化模式[J]. *沉积学报*, 1996, 14(3): 64-71. [Xie Xinong, Li Sitian, Ge Ligang, et al. Internal architectures and evolution model of bay fan delta system in Yanan sag of Qiongdongnan Basin[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1996, 14(3): 64-71.]
  - 11 邱荣华, 李纯菊, 郭双亭. 泌阳凹陷三类三角洲沉积特征及储集性能[J]. *石油勘探与开发*, 1994, 21(1): 99-105. [Qiu Ronghua, Li Chunju, Guo Shuangting. The sedimentary and reservoir characteristics of three types of deltas Biyang depression [J]. *Petroleum Exploration and Development*, 1994, 21(1): 99-105.]
  - 12 吕晓光, 李长山, 蔡希源, 等. 松辽大型浅水湖盆三角洲沉积特征及前缘相储层结构模型[J]. *沉积学报*, 1999, 17(4): 572-577. [Lu Xiaoguang, Li Changshan, Cai Xiyuan, et al. Depositional characteristics and front facies reservoir framework model in Songliao shallow lacustrine delta[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1999, 17(4): 572-577.]
  - 13 孙雨, 马世忠, 姜洪福, 等. 松辽盆地三肇凹陷葡萄花油层河控浅水三角洲沉积模式[J]. *地质学报*, 2010, 84(10): 1502-1509. [Sun Yu, Ma Shizhong, Jiang Hongfu, et al. Sedimentary mode of shallow lacustrine fluvial-dominated delta of Putaohua reservoirs in the Sanzhao depression, Songliao Basin [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2010, 84(10): 1502-1509.]
  - 14 蔚远江, 李德生, 胡素云, 等. 准噶尔盆地西北缘扇体形成演化与扇体油气藏勘探[J]. *地球学报*, 2007, 28(1): 62-71. [Yu Yuanjiang, Li Desheng, Hu Suyun, et al. Fans sedimentation and exploration direction of fan hydrocarbon reservoirs in foreland thrust belt of the northwestern Junggar Basin[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 2007, 28(1): 62-71.]
  - 15 雷振宇, 卞德智, 杜社宽, 等. 准噶尔盆地西北缘扇体形成特征及油气分布规律[J]. *石油学报*, 2005, 26(1): 8-12. [Lei Zhengyu, Bian Dezhi, Du Shekuan, et al. Characteristics of fan forming and oil-gas distribution in west-north margin of Junggar Basin[J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2005, 26(1): 8-12.]
  - 16 雷振宇, 鲁兵, 蔚远江, 等. 准噶尔盆地西北缘构造演化与扇体形成和分布[J]. *石油与天然气地质*, 2005, 26(1): 86-91. [Lei Zhenyu, Lu Bing, Yu Yuanjiang, et al. Tectonic evolution and development and distribution of fans on northwestern edge of Junggar Basin [J]. *Oil & Gas Geology*, 2005, 26(1): 86-91.]
  - 17 吴孔友, 查明, 王绪龙, 等. 准噶尔盆地构造演化与动力学背景再认识[J]. *地球学报*, 2005, 26(3): 217-222. [Wu Kongyou, Zha Ming, Wang Xulong, et al. Further researches on the tectonic evolution and dynamic setting of the Junggar Basin[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 2005, 26(3): 217-222.]
  - 18 何登发, 尹成, 杜社宽, 等. 前陆冲断带构造分段特征——以准噶尔盆地西北缘断裂构造带为例[J]. *地学前缘*, 2004, 11(3): 91-101. [He Dengfa, Yin Cheng, Du Shekuan, et al. Characteristics of structural segmentation of foreland thrust belts: A case study of the fault belts in the northwestern margin of Junggar Basin[J]. *Earth Science Frontiers*, 2004, 11(3): 91-101.]
  - 19 张功成, 陈新发, 刘楼军, 等. 准噶尔盆地结构构造与油气田分布[J]. *石油学报*, 1999, 20(1): 13-18. [Zhang Gongcheng, Chen Xiafa, Liu Loujun, et al. The tectonic evolution, architecture and petroleum distribution in the Junggar Basin in China[J]. *Acta Petrolei Sinica*, 1999, 20(1): 13-18.]
  - 20 方世虎, 郭召杰, 张志诚, 等. 准噶尔盆地中生代演化的地层学和沉积学证据[J]. *高校地质学报*, 2004, 10(4): 554-561. [Fang Shihu, Guo Zhaojie, Zhang Zhicheng, et al. Mesozoic tectonic evolution of southern Junggar Basin, northwestern China: Constraints from stratigraphic and sedimentologic evidence[J]. *Geological Journal of China Universities*, 2004, 10(4): 554-561.]
  - 21 蔡忠贤, 陈发景, 贾振远. 准噶尔盆地的类型和构造演化[J]. *地学前缘*, 2000, 7(4): 431-440. [Cai Zhongxian, Chen Fajing, Jia Zhenyuan. Types and tectonic evolution of Junggar Basin[J]. *Earth Science Frontiers*, 2000, 7(4): 431-440.]
  - 22 陈发景, 汪新文, 汪新伟. 准噶尔盆地的原型和构造演化[J]. *地学前缘*, 2005, 12(3): 77-89. [Chen Fajing, Wang Xinwen, Wang Xinwei. Prototype and tectonic evolution of the Junggar Basin, northwestern China[J]. *Earth Science Frontiers*, 2005, 12(3): 77-89.]
  - 23 张继庆, 汪新胜, 刘志刚, 等. 准噶尔盆地西北缘三叠—侏罗系沉积模式[J]. *新疆石油地质*, 1992, 13(3): 206-216. [Zhang Jiqing, Jiang Xinsheng, Liu Zhigang, et al. Depositional model for the Triassic and Jurassic strata of the northwestern margin in Junggar Basin[J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 1992, 13(3): 206-216.]
  - 24 吴志雄, 杨兆臣, 丁超, 等. 准噶尔盆地西北缘三叠系克拉玛依组扇三角洲沉积微相特征——以 W16 井区为例[J]. *天然气地球科学*, 2011, 22(4): 602-609. [Wu Zhixiong, Yang Zhaochen, Ding Chao, et al. Characteristics of fan delta in Triassic Karamay Forma-



- tion, northwest margin of Junggar Basin: Taking W16 well area as an example[J]. *Natural Gas Geoscience*, 2011, 22(4): 602-609.]
- 25 赵澄林,朱筱敏. 沉积岩石学[M]. 3版. 北京:石油工业出版社, 2001:1-407. [Zhao Chenlin, Zhu Xiaomin. *Sedimentary Petrology* [M]. 3rd ed. Beijing: Petroleum Industry Press, 2001: 1-407.]
- 26 朱筱敏,潘荣,赵东娜,等. 湖盆浅水三角洲形成发育与实例分析[J]. *中国石油大学学报:自然科学版*, 2013, 37(5):7-14. [Zhu Xiaomin, Pan Rong, Zhao Dongna, et al. Formation and development of shallow-water deltas in lacustrine basin and typical case analyses[J]. *Journal of China University of Petroleum*, 2013, 37(5): 7-14.]
- 27 史基安,何周,丁超,等. 准噶尔盆地西北缘克百地区二叠系沉积特征及沉积模式[J]. *沉积学报*, 2010, 28(5):962-968. [Shi Ji'an, He Zhou, Ding Chao, et al. Sedimentary characteristics and model of Permian system in Ke-Bai area in the north western margin of Junggar Basin[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2010, 28(5):962-968.]

## Fan Delta Depositional Model of Triassic Baikouquan Formation in Mabei Area, NW Junggar Basin

ZOU NiuNiu<sup>1,2</sup> SHI JiAn<sup>1</sup> ZHANG DaQuan<sup>1,2</sup> Ma ChongYao<sup>3</sup>  
ZHANG ShunCun<sup>1</sup> LU XinChuan<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Petroleum Resources, Gansu Province/ Key Laboratory of Petroleum Resources Research, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000;

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049;

3. Institute of Exploration and Development of Xinjiang oil Company, Karamay, Xinjiang 834000)

**Abstract:** The strong intensely syn-sedimentary faulting and thrust-nappe structures resulted in the northwestern margin of Junggar Basin belongs to the large-scale landlocked depression basin in Late Permian - Triassic Period, within multistage slope-break belt, which controlled the development of fan body in Mabei region. Based on the core observation, rock thin sections and logging, combined with the stratigraphic overlap, the longitudinal lithologic combination and the distribution of sand body concluded that the typical fan delta deposits were developed in Triassic Baikouquan Formation of Mabei area. According to sedimentary microfacies markers and detailed depiction of internal sedimentation unit of fan delta can identify 3 subphases and 11 microfacies; three kinds of submicrofacies named fan delta plain, fan delta front and prodelta. The fan delta plain included super-aqueous mudslides conglomerate microfacies, braided channel glutenite microfacies, plain interchannel sand-mudstone microfacies. The fan delta front can be divided into sub-aqueous distributary channel conglomerate microfacies, underwater channel glutenite microfacies, sub-aqueous mudslides glutenite microfacies, underwater inter-channel sand-mudstone microfacies, the end of the underwater channel sandstone microfacies, mouth bar-distal sandbar sandstone microfacies, and as well as the prodelta can be include pro-fan delta siltstone microfacies, pro-fan delta mudstone microfacies. The fan delta system which formed sudden flood alternating with normal water flow obviously controlled by the slope breaks under the background of lake invasion in Mabei area, and also characterized by retrogradation deposition toward to the NE source direction. The fan body is a kind of a lake invasion retrogradational fan delta in the study area.

**Key words:** Junggar Basin; Mabei area; Triassic; Baikouquan Formation; fan delta; depositional model