

文章编号: 0253-2697(2015)06-0688-11 DOI:10.7623/syxb201506005

# 准噶尔盆地吉木萨尔凹陷东部二叠系梧桐沟组湖底扇沉积特征及展布

德勒恰提·加娜塔依<sup>1</sup> 张明玉<sup>2</sup> 陈春勇<sup>3</sup> 谭强<sup>3</sup> 李玲<sup>1</sup>

(1. 新疆大学地质与矿业工程学院 新疆乌鲁木齐 830047; 2. 中国石油新疆油田公司油藏评价处 新疆克拉玛依 834000;  
3. 中国石油新疆油田公司准东采油厂地质研究所 新疆阜康 831500)

**摘要:**准噶尔盆地吉木萨尔凹陷东斜坡二叠系梧桐沟组发育多套厚薄不等的砂砾岩体,是研究区重要的含油气储集体。通过岩心描述、薄片观察、重矿物及粒度分析,结合测井及地震资料解释,从该套砂砾岩体的古地理特征、物源条件及岩石学特征等方面,确定其为湖底扇相沉积。通过研究吉17井区梧桐沟组一段湖底扇相标志、相类型及砂体展布,认为研究区主要为内扇亚相和中部扇亚相,以及主沟堤微相、漫溢微相、辫状沟道微相、主沟道微相等沉积微相。结合储层物性和构造特征分析,认为湖底扇相具备形成岩性油气藏的条件,油气藏形成于辫状河三角洲前缘的外围半深湖区,其沉积厚度大,分布相对稳定,储集物性好,油源充足,油气侧向和纵向上运移通道良好,运移距离较短,是发育在凹陷斜坡区半深湖相中主要的岩性油藏勘探目标。

**关键词:**吉木萨尔凹陷;梧桐沟组;湖底扇相;二叠系;展布

中图分类号:TE111.3

文献标识码:A

## Sedimentary characteristics and distribution of sublacustrine fan in Permian Wutonggou Formation, eastern Jimsar sag, Junggar Basin

Deleqiat Janney<sup>1</sup> Zhang Mingyu<sup>2</sup> Chen Chunyong<sup>3</sup> Tan Qiang<sup>3</sup> Li Ling<sup>1</sup>

(1. Institute of Geology and Mining Engineering, Xinjiang University, Xinjiang Urumqi 830047, China; 2. Reservoir Evaluation Department, PetroChina Xinjiang Oilfield Company, Xinjiang Karamay 834000, China; 3. Geological Research Institute, Zhundong Oil Production Plant, PetroChina Xinjiang Oilfield Company, Xinjiang Fukang 831500, China)

**Abstract:** As important hydrocarbon-bearing reservoirs in the study area, multiple sets of glutenite with different thicknesses are developed in Permian Wutonggou Formation on the east slope of Jimsar sag, Junggar Basin. Through core description, slice observation, heavy mineral and grain size analysis in combination with well logging and seismic data, this region was identified as sublacustrine fan facies sediments in terms of the paleo-geographic characteristics, provenance conditions and petrological characteristics of glutenites. According to the analyses on sublacustrine fan facies marks, facies types and sand body distribution in Member 1 of Wutonggou Formation, Well Ji-17, it is considered that the study area is dominated by inner-fan subfacies and middle-fan subfacies with sedimentary microfacies, such as main levee microfacies, overflow microfacies, braided channel microfacies and main channel microfacies. Based on the analyses on physical properties and tectonic characteristics of reservoirs, it is regarded that sublacustrine fan facies has favorable conditions for the formation of lithologic reservoirs. The reservoirs were formed in the semi-deep lake area in the periphery of braided river delta front, characterized by large sediment thickness, stable distribution, favorable reservoir physical properties, sufficient oil sources, good lateral and vertical migration channels for oil and gas, as well as short migration distance. These reservoirs are the main target of lithologic reservoir exploration and development in the semi-deep lake facies of sag slope area.

**Key words:** Jimsar sag; Wutonggou Formation; sublacustrine fan facies; Permian; distribution

**引用:**德勒恰提·加娜塔依,张明玉,陈春勇,谭强,李玲.准噶尔盆地吉木萨尔凹陷东部二叠系梧桐沟组湖底扇沉积特征及展布[J].石油学报,2015,36(6):688-698.

**Cite:** Deleqiat Janney, Zhang Mingyu, Chen Chunyong, Tan Qiang, Li Ling. Sedimentary characteristics and distribution of sublacustrine fan in Permian Wutonggou Formation, eastern Jimsar sag, Junggar Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2015, 36(6): 688-698.

近年来的油气勘探表明,与三角洲相共生的水下重力流同样蕴藏着丰富的油气资源,尤其是随着新的勘探资料和地质信息的积累,湖底扇作为水下重力流

沉积的一种类型,在国内外油气勘探中受到广泛关注。湖底扇相与油气的形成和储集有着密切的关系,这在中国中生代—新生代陆相盆地中已得到证实,其具有良

**基金项目:**新疆维吾尔自治区自然科学基金项目(2015211C253)资助。

**第一作者及通信作者:**德勒恰提·加娜塔依,女,1962年7月生,1984年获新疆工学院学士学位,1992年获西南石油学院硕士学位,现为新疆大学地质与矿业工程学院研究员,主要从事石油天然气地质综合研究。Email:deleqiat@sina.com

好的生-储-盖组合。对湖底扇进行深入研究对于陆相沉积湖盆的油气勘探具有重要的现实意义。

吉木萨尔凹陷东斜坡是中国石油新疆油田公司在准噶尔盆地新的勘探区域和重点勘探目标之一。前人对东斜坡的沉积、储层、油气圈闭等地质特征以及圈闭的分布规律有不同程度的认识和研究<sup>[1-3]</sup>,但还存在一些问题。笔者在此基础上,在新疆油田吉 17 井区发现了发育在吉木萨尔凹陷斜坡带的多套厚薄不等的砂砾岩体,其都具有鲍马序列,进而将其确定为湖底扇相,并通过分析研究区湖底扇相的形成条件、相类型及相模式,讨论了湖底扇相对油气的控制作用。

### 1 区域地质概况

吉木萨尔凹陷位于准噶尔盆地东部,是一个相对独立的箕状凹陷。西起三台镇,东到吉木萨尔县城,北为沙漠南缘,南止于博格达山北麓,东西长约 60 km,南北宽 50 km,面积约 3 000 km<sup>2</sup>。吉木萨尔凹陷周边边界明显,北为吉木萨尔断裂,西以西地断裂和帐北断带相接,南以三台断裂相邻,东边为逐渐抬升的斜坡,最终过渡到古西凸起上。地层发育齐全,主要为上古生界至新生界地层,地层厚度大,最大厚度约为 5 000 m。在斜坡的东部边缘,二叠系-白垩系地层均表现为由西向东变薄甚至剥蚀尖灭(图 1)。

吉木萨尔凹陷为一长期负性沉积单元,凹陷形成于石炭纪末。中晚石炭世,吉木萨尔地区东部奇台凸起表现为活动上升,到石炭纪末期,奇台凸起已隆升较

高。此时吉木萨尔凹陷属于昌吉凹陷的东段部分。凹陷的沉积中心在靠近三台断裂的南部,二叠系梧桐沟组的厚度由南向北减薄(图 2)。

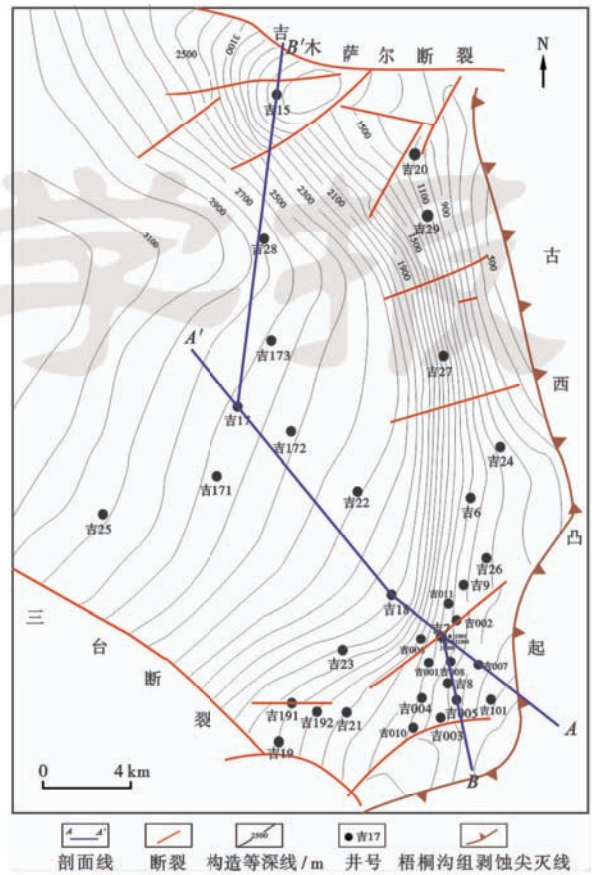
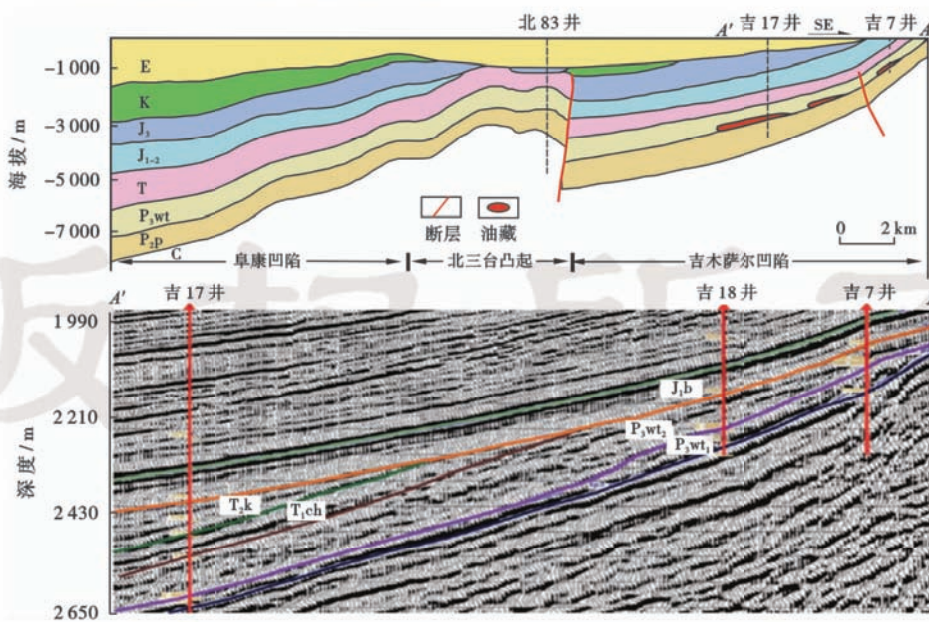


图 1 研究区位置

Fig. 1 Location of the study area



注: P<sub>2</sub>p—中二叠统平地泉组; P<sub>3</sub>wt<sub>1</sub>—上二叠统梧桐沟组一段; P<sub>3</sub>wt<sub>2</sub>—上二叠统梧桐沟组二段; T<sub>1</sub>ch—下三叠统仓房沟群; T<sub>2</sub>k—中三叠统克拉玛依组; J<sub>1</sub>b—下侏罗统八道湾组。

图 2 研究区构造演化及地层出露情况(剖面位置见图 1)

Fig. 2 Tectonic evolution and exposed strata situation of study area(location see Fig. 1)

吉木萨尔凹陷地层自下而上主要为石炭系宝塔玛依内山组(C<sub>2</sub>b),二叠系将军庙组(P<sub>2</sub>j)、平地泉组(P<sub>2</sub>p)、梧桐沟组(P<sub>3</sub>wt),侏罗系八道湾组(J<sub>1</sub>b)、三工河组(J<sub>1</sub>s)、西山窑组(J<sub>2</sub>x)、头屯河组(J<sub>2</sub>t),古近系(E),新近系(N)和第四系(Q),缺失白垩系吐谷鲁群。目的层梧桐沟组可细分为梧桐沟组一段(梧一段、P<sub>3</sub>wt<sub>1</sub>)和梧桐沟组二段(梧二段、P<sub>3</sub>wt<sub>2</sub>),其中梧一段

细分为P<sub>3</sub>wt<sub>1</sub><sup>1</sup>、P<sub>3</sub>wt<sub>1</sub><sup>2</sup>、P<sub>3</sub>wt<sub>1</sub><sup>3</sup>、P<sub>3</sub>wt<sub>1</sub><sup>4</sup>、P<sub>3</sub>wt<sub>1</sub><sup>5</sup>共5个砂层组,梧二段细分为P<sub>3</sub>wt<sub>2</sub><sup>1</sup>、P<sub>3</sub>wt<sub>2</sub><sup>2</sup>、P<sub>3</sub>wt<sub>2</sub><sup>3</sup>共3个砂层组,其中P<sub>3</sub>wt<sub>1</sub><sup>1</sup>、P<sub>3</sub>wt<sub>1</sub><sup>2</sup>、P<sub>3</sub>wt<sub>1</sub><sup>3</sup>、P<sub>3</sub>wt<sub>2</sub><sup>2</sup>、P<sub>3</sub>wt<sub>2</sub><sup>3</sup>砂层组在全区保存较好,而P<sub>3</sub>wt<sub>1</sub><sup>4</sup>、P<sub>3</sub>wt<sub>1</sub><sup>5</sup>砂层组只在凹陷中心吉17井区有所保存(吉17井),具体特征见表1。梧桐沟组与其上、下地层为不整合或假整合接触。

表1 吉木萨尔凹陷东斜坡梧桐沟组地层划分及特征

Table 1 Stratigraphic classification and characteristics of Wutonggou Formation in east slope of Jimsar sag

段	砂层组	主要岩性	电性特征
梧二段 (P <sub>3</sub> wt <sub>2</sub> )	P <sub>3</sub> wt <sub>2</sub> <sup>1</sup>	泥岩、含砾细砂岩、砾状砂岩、小砾岩互层	电阻率表现为漏斗型高阻,自然电位高幅正异常,高幅自然伽马
	P <sub>3</sub> wt <sub>2</sub> <sup>2</sup>	泥岩、含砾细砂岩、砂砾岩互层	电阻率表现为锯齿状箱型低阻,自然电位负异常,自然伽马变化幅度不大
	P <sub>3</sub> wt <sub>2</sub> <sup>3</sup>	底部细砂岩和含中砾、小砾岩为主	电阻率表现为指状或锯齿状箱型高阻,自然电位异常中幅正异常,自然伽马变化幅度不大
梧一段 (P <sub>3</sub> wt <sub>1</sub> )	P <sub>3</sub> wt <sub>1</sub> <sup>1</sup>	含砾中粗砂岩、粉砂岩与泥岩互层	电阻率表现为指状箱型-钟形高阻,自然电位中幅正异常,自然伽马变化幅度不大
	P <sub>3</sub> wt <sub>1</sub> <sup>2</sup>	泥岩、含砾粗砂岩为主,砂砾岩、泥质粉砂岩为次	电阻率表现为齿状叠合漏斗型高阻,自然电位低幅正异常,自然伽马局部高幅突变
	P <sub>3</sub> wt <sub>1</sub> <sup>3</sup>	以砂砾岩为主,夹粉砂质泥岩	电阻率表现为漏斗-钟形-箱型组合,自然电位低幅正异常,自然伽马变化幅度不大
	P <sub>3</sub> wt <sub>1</sub> <sup>4</sup>	砂岩、砂砾岩,中间夹深灰色泥岩薄层,吉17井区	电阻率表现为漏斗齿化箱型组合,自然电位低幅正异常,自然伽马中值低幅
	P <sub>3</sub> wt <sub>1</sub> <sup>5</sup>	砂砾岩,夹薄层砂岩及深灰色泥岩薄层,吉17井区	电阻率表现为钟型-箱型组合,自然电位高幅正异常,自然伽马中值低幅

## 2 湖底扇发育控制因素

吉17井区接近吉木萨尔凹陷的中央,地层保存较好,沉积厚度大,沉积物粒度适中。通过岩心观察与描述,结合电测井资料和录井资料分析认为,吉17井区梧二段为牵引流沉积,主要为湖泊沉积环境,进一步发育浅湖和半深湖亚相,其主要包括砂坪或泥坪微相。而吉17井区梧一段为湖底扇相。本文重点讨论划相依据及相标志<sup>[4-10]</sup>。

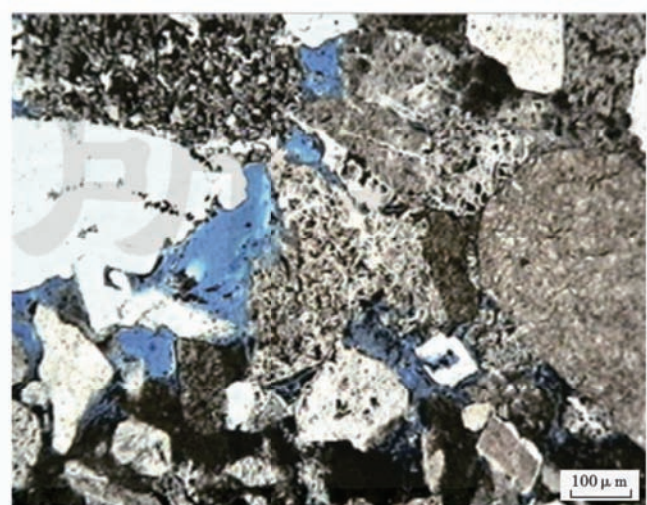
### 2.1 湖底扇相标志

#### 2.1.1 低结构成熟度和低成分成熟度

前已述及,研究区目的层具有较低的成分成熟度。位于凹陷中心的吉17井区储层岩石成分成熟度较低,碎屑颗粒多呈次棱角状-一次圆状,分选中一差,杂基含量均较高(约为11%),多见杂基支撑结构(图3)。据岩心观察,砾岩砾间均为砂泥质充填,杂基支撑,具有结构成熟度低的特征。这种低结构成熟度和低成分成熟度反映了短距离搬运和高密度底流快速沉积的特



(a) 杂基支撑正交铸体薄片, P<sub>3</sub>wt<sub>1</sub>, 吉17井3 051.37 m



(b) 杂基支撑正交铸体薄片, P<sub>3</sub>wt<sub>1</sub>, 吉17井3 030.22 m

图3 研究区湖底扇相岩屑砂岩的镜下特征

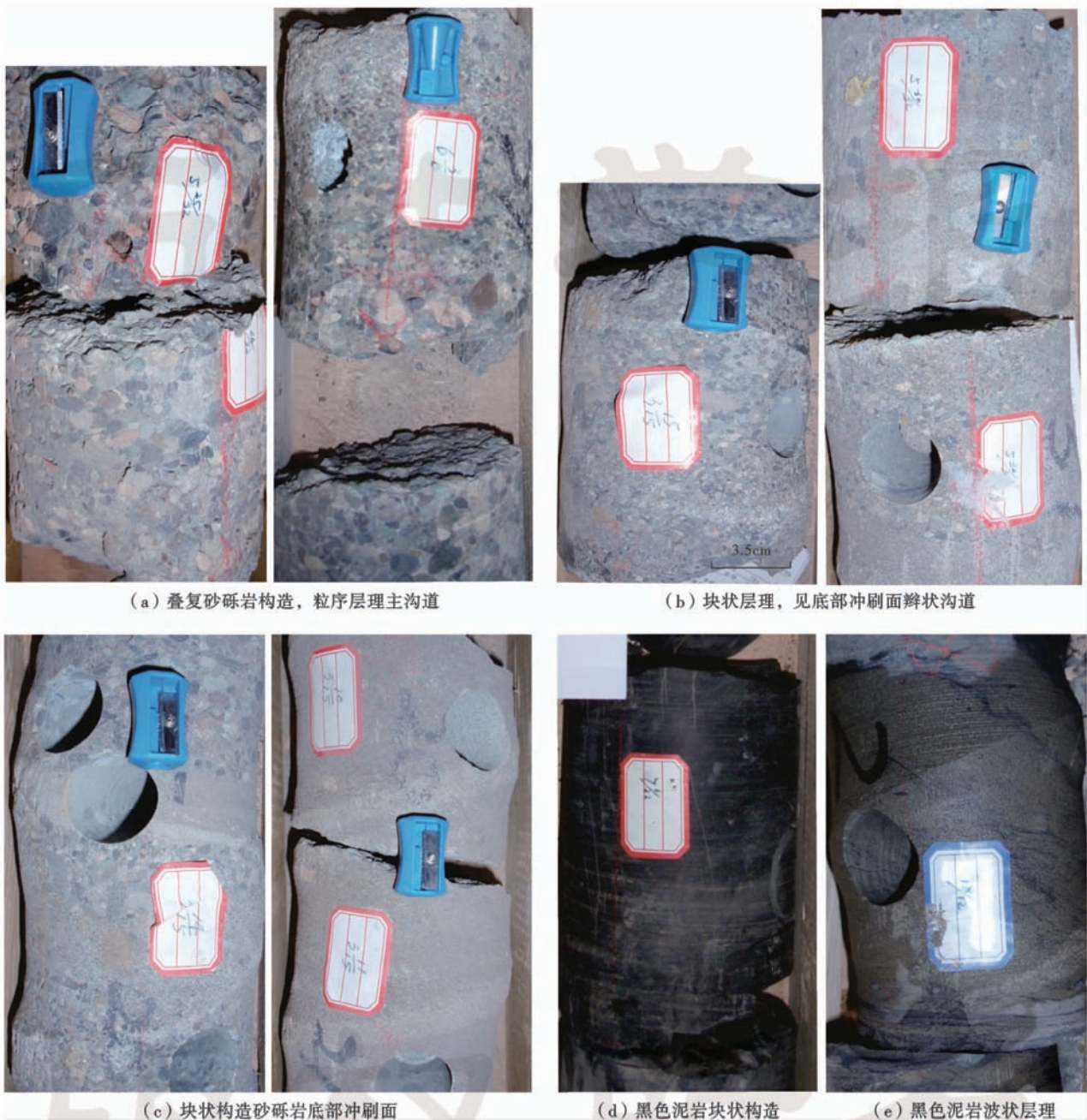
Fig. 3 Microscopic appearance of sublacustrine fan sedimentary lithic sandstones of the study area

点,是重力流的重要标志。

### 2.1.2 岩石颜色及沉积构造特征

吉17井区梧一段灰色、灰黑色及黑色泥岩相中夹有

具粒序层理的粗碎屑岩相,包括块状砂砾岩相、平行层理砂岩相,还含具鲍玛层序的典型浊积岩,反映了半深湖的还原环境,也是沉积物重力流的重要标志(图4)。



(a) 叠复砂砾岩构造, 粒序层理主沟道

(b) 块状层理, 见底部冲刷面辫状沟道

(c) 块状构造砂砾岩底部冲刷面

(d) 黑色泥岩块状构造

(e) 黑色泥岩波状层理

图4 研究区吉17井岩心湖底扇沉积构造特征

Fig. 4 Sublacustrine fan sedimentary structural features of the core in Well Ji-17 in study area

### 2.1.3 粒度分布特征及C-M图

吉木萨尔凹陷东斜坡边缘吉17井区粒度概率曲线表现为斜率较缓的“一段式”及“多段式”,主要由悬浮总体组成,缺乏滚动次总体,属于典型深水重力流沉积的粒度概率累积曲线特征。

“一段式”粒度概率曲线为稍上拱弧形特征[图5(a)],粒度区间大,分选差,悬浮总体占粒度分布的大部分,倾斜多在 $40^{\circ}\sim 60^{\circ}$ ,跳跃组分较少,不含滚动组分,是

由较强水动力沉积物快速沉积形成。该类型在研究区主要见于较深水的湖泊浊积岩相(吉17井区)。“多段改造式”的粒度概率曲线,主要发育在凹陷中部区域吉17井区,以悬浮总体为主,缺乏滚动次总体[图5(b)、图6],属于典型深水重力流沉积的粒度概率累积曲线特征。

粒度C-M图属于典型的湖底浊积岩相,点群集中分布在平行于 $C=M$ 基线, $C=M$ 基线范围附近,显示发育QR段,反映了高密度重力流的递变悬浮沉积(图7)。综

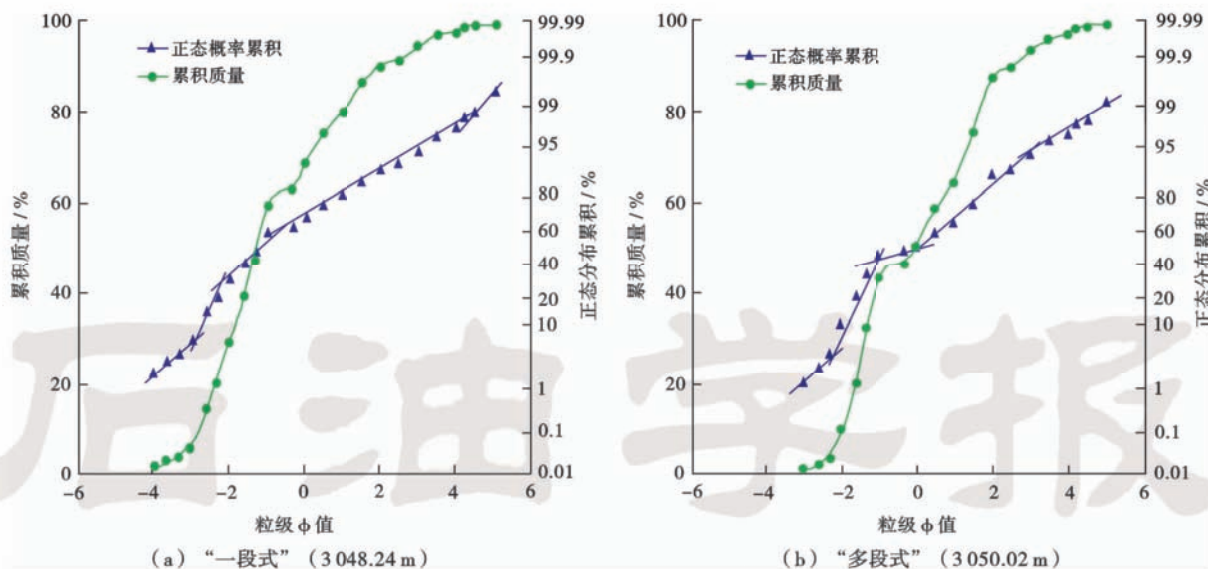


图5 吉17井概率累积曲线

Fig. 5 Probability cumulation curves in Well Ji-17

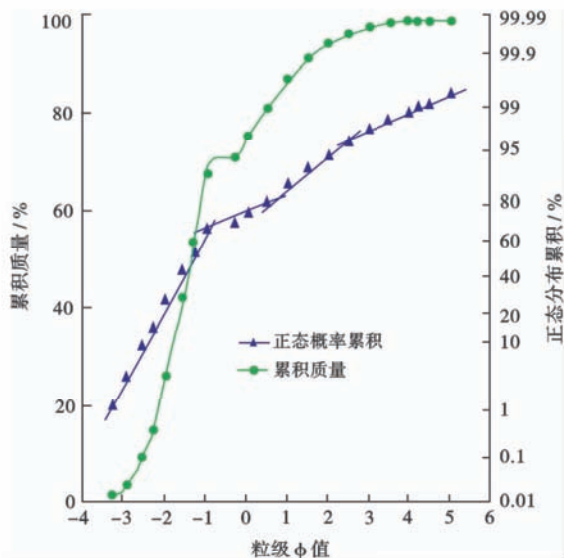


图6 吉171井“多段式”概率累积曲线(3026.14 m)

Fig. 6 “Multi stage” probability cumulation curves in Well Ji-171 at 3026.14 m

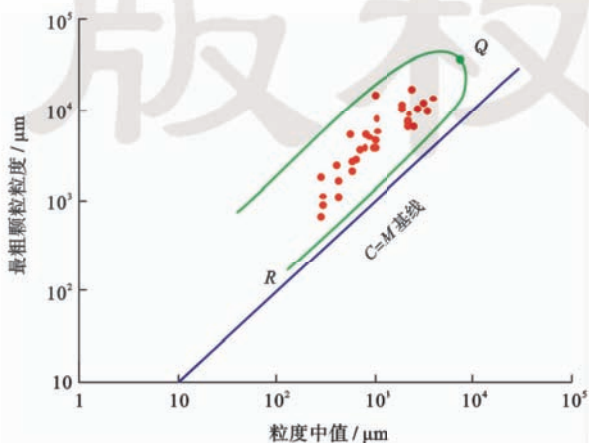


图7 梧一段粒度C-M图

Fig. 7 Particle C-M diagram of Member 1 of Wutonggou Formation

上所述,吉17井区在梧桐沟组沉积时期,水下重力流沉积比较发育。

2.1.4 萨胡判别函数

Sahu等[11]在碎屑沉积物研究中应用了判别函数,本文在对样品分析研究的基础上,求得了各类沉积环境的判别函数。利用萨胡判别函数:

$$\begin{cases}
 Y_r = 0.7215M_z - 0.4030\delta_1^2 + 6.7322SK_1 + 5.2927K_G \\
 Y_r > 9.8433 \text{ 为河流}; Y_r < 9.8433 \text{ 为浊流} \\
 Y_s = 0.2852M_z - 8.7604\delta_1^2 - 4.8932SK_1 + 0.0482K_G \\
 Y_s > -7.4190 \text{ 为浅海}; Y_s < -7.4190 \text{ 为河流}
 \end{cases}
 \quad (1)$$

式中:Y<sub>r</sub>为河流与浊流判别函数;Y<sub>s</sub>为浅海与河流判别函数;M<sub>z</sub>为平均粒径;δ<sub>1</sub>为标准偏差;SK<sub>1</sub>为偏度;K<sub>G</sub>为峰度。

对研究区目的层的粒度参数进行计算的结果显示,Y<sub>s</sub>值中有2个样品大于-7.4190,33个样品小于-7.4190;Y<sub>r</sub>值中有34个样品小于9.8433,1个样品大于9.8433。根据萨胡各类沉积环境的判别函数值,Y<sub>s</sub>>-7.4190为浅海沉积,Y<sub>s</sub><-7.4190为河流(三角洲)沉积;Y<sub>r</sub>>9.8433为河流(三角洲)沉积,Y<sub>r</sub><9.8433为浊流沉积。由此判断,吉17井区在梧桐沟组沉积期,浊流沉积环境比较发育。

2.1.5 地震相

地震相是划分沉积相的另一个重要标志。用于地震相分析的地震参数很多,但常用的主要是反射几何外形、内部反射结构、振幅、频率、连续性等。这些地震参数在

不同程度上间接或直接反映了沉积环境和沉积体系,研究区地震资料也证实了湖底扇沉积的存在。如图 8 所

示,在吉 17 井—吉 18 井—吉 7 井地震连井剖面上,在梧一段地震相之间夹有透镜状反射并在吉 17 井发育最好。

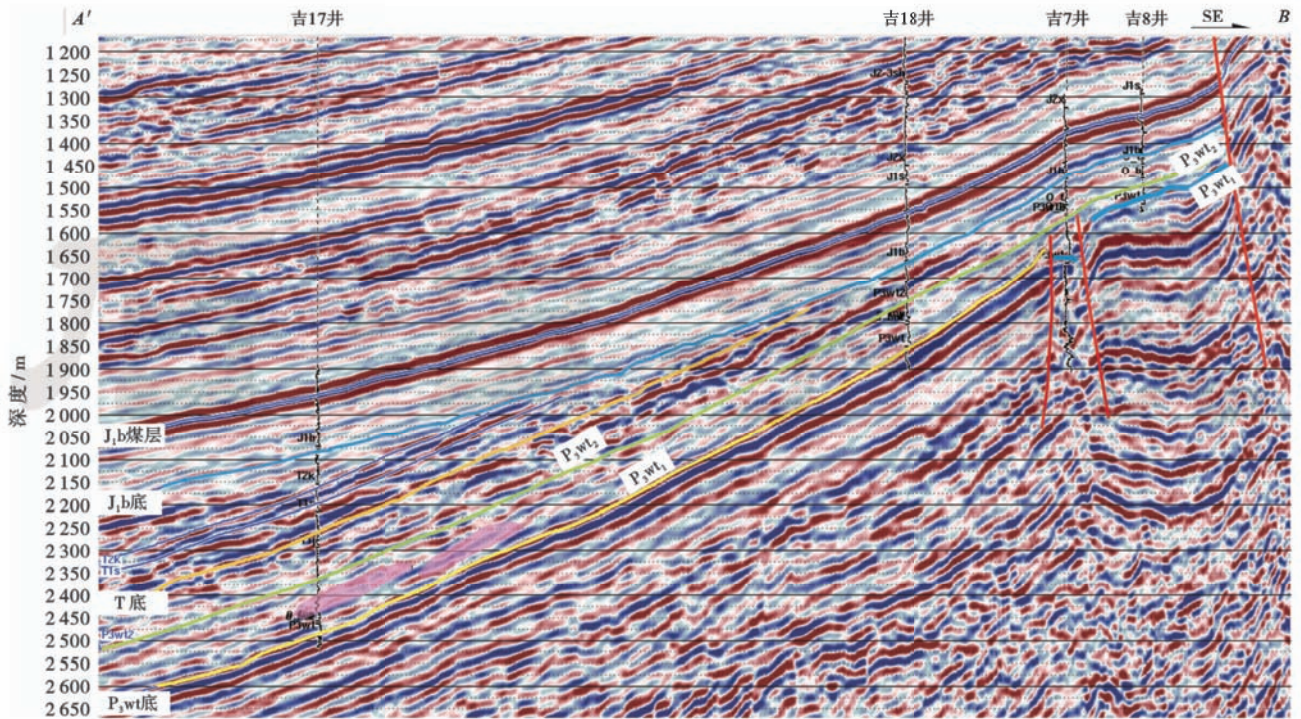


图 8 研究区梧一段湖底扇地震反射特征(剖面位置见图 1)

Fig. 8 Seismic reflection characteristics of sublacustrine fan in Member 1 of WuTonggou Formation in the study area(location see Fig. 1)

### 2.2 物源条件

垂向层序上,湖底扇下部常见厚度较大的重力流沉积充填的下切水道,中上部发育多个叠置的浊积扇体。梧一段沉积期发育的较大规模湖底扇与这一时期的快速构造沉降和充足的物源供给有关。在碎屑组分、重矿物组合、地层厚度及砂砾岩含量展布特征等方面,可以体现出研究区物源性质和方向。

#### 2.2.1 碎屑组分

根据研究区 23 口井的梧一段 201 块岩石薄片资料显示,岩石的碎屑成分主要为岩屑(50%~98%,平均为 83.26%),其次为石英(1%~30%,平均为 9.4%)、长石(0~20%,平均为 7.6%)。根据三者之间的数值关系,绘制了碎屑成分含量分布图(图 9)。从图 9 看到,由 SE—NW 向至凹陷中心(吉 008 井)方向石英含量逐渐增加,长石含量有所减少,岩屑含量变化不明显。另外,由 NNE—SSW 向(吉 15 井)方向至凹陷中心也有此变化趋势,说明存在两个不同的物源方向。在凹陷东斜坡吉 7 井附近向 NE 向和 SW 向石英和长石含量具有相同的变化规律,这两个方向的物源应该来自南东部的同一个物源。这种整体上石英和长石含量较少、岩屑含量变化不明显的特点说明砂岩组分搬运较近。推测吉木萨尔凹陷东斜坡物源区可能来自其南东侧的古西凸起。

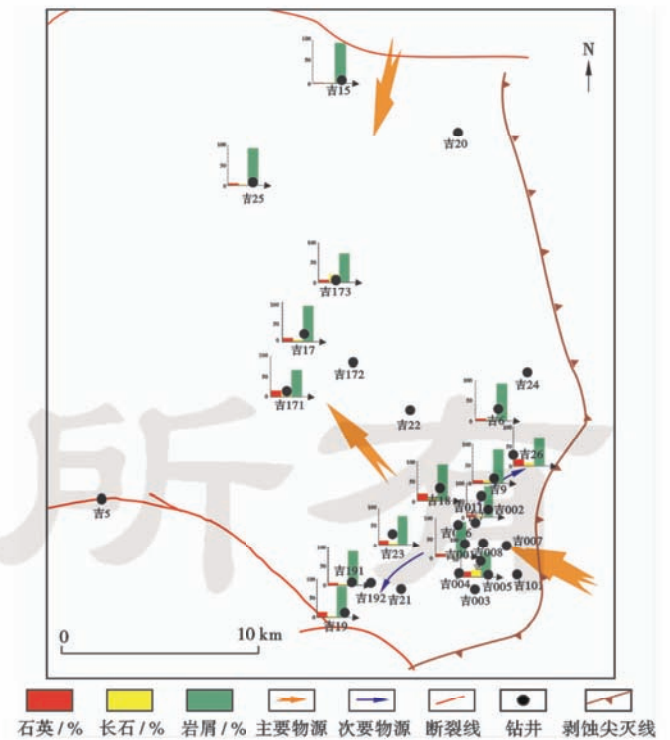


图 9 梧桐沟组碎屑成分含量分布

Fig. 9 Detrital component distribution of Wutonggou Formation

另外,成分成熟度指标表明各砂岩分布区都具有向盆地沉积中心区成熟度变高的趋势,说明研究区主

要受来自于南东侧古西凸起(奇台凸起)和东北侧吉木萨尔断裂方向的物源影响。

### 2.2.2 重矿物组合特征及母岩类型

通过目的层取心段 154 块重矿物分析,重矿物以磁铁矿、褐铁矿、钛铁矿、白钛石、锆石、电气石、石榴石、绿帘石、尖晶石组合为主,其中磁铁矿、褐铁矿、钛铁矿、白钛石含量达到了 50%~65%,表明物源母岩为中基性岩浆岩及火山碎屑岩(凝灰岩),来自南东侧的古西(奇台)凸起。

由稳定矿物锆石、电气石、金红石组成的透明矿物组合的百分含量,称为 ZTR 指数,代表重矿物的成熟度。根据目的层 ZTR 数值统计分析,绘制 ZTR 数值变化图(图 10),图 10 显示梧一段沉积期吉 6 井、吉 7 井 ZTR 指数数值较低,平均在 8%~18%;吉 18 井达到了 29%,表现为从斜坡边缘向凹陷中央增高的趋势,表明该时期沉积物源来自奇台凸起。同时,吉 15 井方向有另一个北东侧的物源。

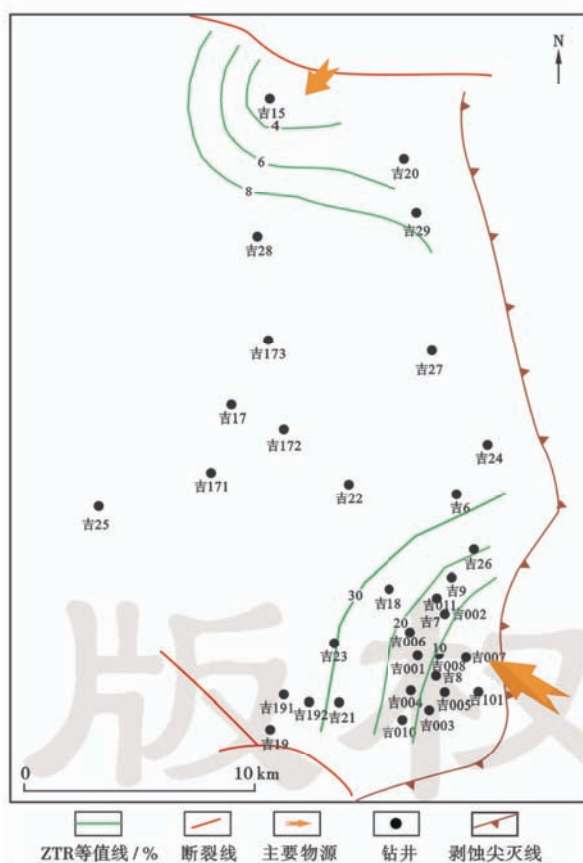


图 10 梧桐沟组 ZTR 指数变化

Fig. 10 ZTR index changes of Wutonggou Formation

### 2.2.3 地层厚度及砂砾岩含量

吉木萨尔凹陷东斜坡地层在吉 17 井和吉 19 井附近沉积较厚,这是由奇台凸起的物源分支形成的两个不同的沉积中心,主要物源方向从东斜坡向凹陷中心

(SE—NW 向),地层厚度逐渐增大。梧一段砂砾岩厚度也显示有从南东部向吉 17 井区变厚的趋势。另外,研究区梧桐沟组  $P_3wt_1$  砂砾岩含量在吉 004 井、吉 003 井、吉 005 井附近最高,分别达到了 93.5%、93.4%、88.3%。从东斜坡边缘向凹陷中心百分含量数值逐渐减小,整体上东部的砂砾岩百分含量数值较西部大。从斜坡边缘向凹陷中心, $P_3wt_1$  和  $P_3wt_2$  地层厚度及砂砾岩含量变化趋势具有很好的继承性,物源方向变化不大,即来自奇台凸起。

据以上分析,结合地震资料解释,认为梧桐沟组沉积物源方向主要为从东斜坡边缘(南东侧)指向凹陷中心,即来自南东侧的古西(奇台)凸起。推测从吉 15 井向凹陷中心也存在一个次要物源。

### 2.3 古气候及古地形条件

在研究区目的层中,根据取心段岩心观察及录井资料显示,吉 7 井区梧桐沟组岩石颜色以灰色为主、深灰色次之;吉 17 井区和吉 19 井区岩石颜色以深灰色、灰黑色为主、灰色次之,局部为黑色;细砂岩中可见碳质、碳线、碳屑,说明当时气候潮湿,植物相对发育,反映了梧桐沟组沉积期气候是半潮湿—半干旱特征。碎屑岩颜色总体表现为暗色特征,表明沉积物处于还原或者弱还原—氧化环境。这种气候条件有利于母岩的机械风化和季节性洪水的形成,为形成湖底扇提供一定的物质来源。

浊流的形成需要一定的坡度。根据 Stefan Luthi<sup>[12]</sup> 实验研究结果,当地形坡度仅  $2^\circ\sim 3^\circ$  时,只要密度流与湖水间有足够的密度差,就具备了形成浊流的条件。

吉木萨尔凹陷经历了多期构造运动,形成西部凹陷、东部抬升的地形特征,而凹陷中央(吉 17 井区)为形成于石炭纪末的长期负性沉积单元。这样的构造特征造成东斜坡边缘与吉 17 井区的地形高差。通过采用地层厚度梯度法计算,显示梧一段沉积期其坡度从吉 18 井—吉 22 井—吉 17 井(由 SE 至 NW 向)依次为  $1.999^\circ$ 、 $9.345^\circ$ 。因此,吉 22 井—吉 17 井区的坡度可以达到湖底扇体形成的坡度条件。

## 3 沉积相类型及相模式

根据湖底扇的形成条件,确定了吉 17 井区梧一段为湖底扇相沉积(图 11),该沉积相除了在吉 17 井区有分布外,在吉 29 井附近也有沉积。结合吉 17 井区单井相分析结果,吉 17 井区梧一段湖底扇相主要为内扇亚相和中部扇亚相,进一步可划分为主沟堤微相、漫溢微相、辫状沟道微相、主沟道微相等沉积微相(表 2,图 12)。

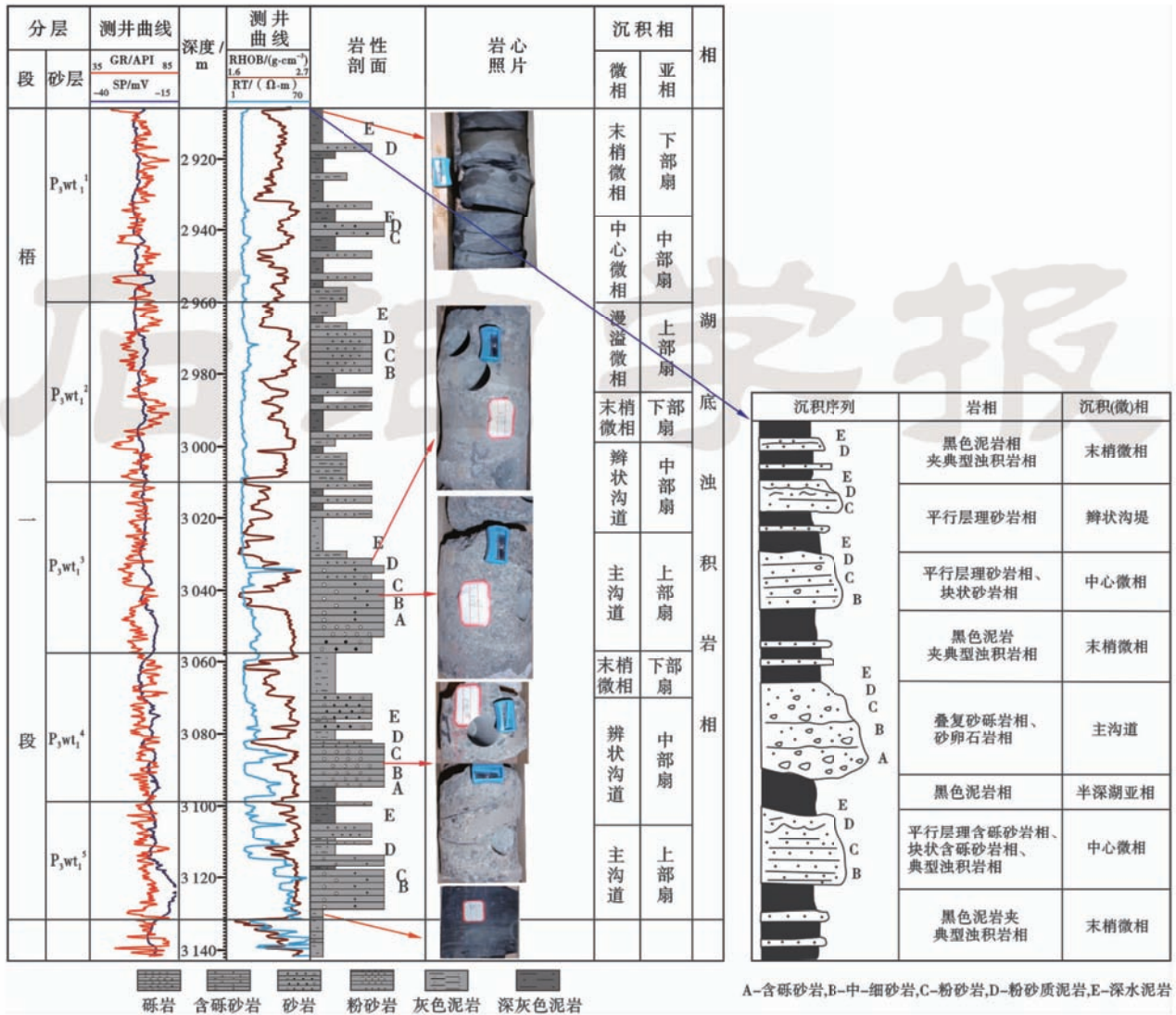


图 11 吉 17 井区梧桐沟组地层柱状图及湖底浊积岩相沉积层序

Fig. 11 Stratigraphic column and sedimentary sequence of lake bottom turbidite facies of Wutonggou Formation in Well Ji-17 area

表 2 研究区湖底扇各亚相的沉积作用及相组合特征

Table 2 Sedimentation and facies combination characteristics of sub-facies of sublacustrine fan in the study area

亚相	微相	沉积作用	岩石及岩相类型
内扇	主沟道	滑塌(陷)作用、 岩屑流、颗粒流	有序和无序的砾岩层, 卵石质砂岩(相)—块状或具递变层理的砂砾岩、砾状砂岩、含砾砂岩以及具交错层理砂岩, 块状砂岩(相)—块状或具递变层理的含砾砂岩、粗砂岩、粗—中砂岩、块状具液体逃逸构造砂岩, 递变层理砂岩无泥岩夹层, 显“A、A、A、A”序, 滑塌岩, 如吉 17 井 3 038~3 055 m
	沟堤	颗粒流、浊流	由粉—细砂岩和粉砂质泥岩组成 BCDE 序、CDE 序的典型浊积岩, 如吉 17 井 2 963~2 979 m
中扇	辫状沟道	颗粒流、液化沉积 物流、浊流	卵石质砂岩(相)—叠复冲刷的递变层理砾状砂岩, 含砾砂岩, 粗—中砂岩, 少量交错层理砂岩, 见“A、A、A、A”序, 块状砂岩(相)—叠复冲刷含砾砂岩、粗砂岩、中—粗砂岩, 具液体逃逸构造的中—粗砂岩, 显“AB、AB”序砂岩, 如吉 17 井 3 075~3 108 m
	中心微相	颗粒流、浊流	中扇无沟道部分, 砂、泥岩不等厚互层, 具递变层理、平行层理、波状层理的粗—中砂岩、中—细砂岩、细—粉砂岩, 见泥质夹层, 显“ABCDE”序、“BCDE”序、“CDE”序, 如吉 17 井 2 938~2 960 m
外扇	末梢微相	颗粒流、远源浊流	粉—细砂岩和泥岩不等厚互层, 波状层理和旋涡状层理粉—细砂岩, 灰色、灰黑色深水泥岩, 显“CDE”、“DE”序, 如吉 17 井 3 058~3 065 m



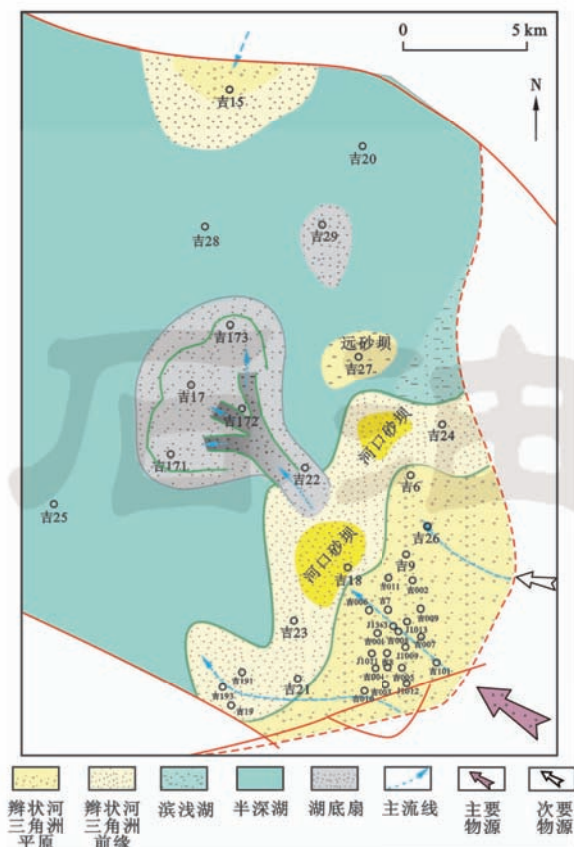


图 12 吉 17 井区梧一段沉积相

Fig. 12 Sedimentary facies of Member 1 of Wutonggou Formation in Well Ji-17 area

(1) 主沟道微相由砂岩相、砂砾岩相和块状砂岩相组成,为向上变细层序。具有典型的“ABCD”序的浊积岩特征。砂层沉积较厚,可达 2~3 m;砂砾岩、砾岩沉积厚度较大,可达 8~10 m,磨圆差。泥岩沉积厚

度薄,砂/泥比值高。薄片资料显示为杂基支撑结构及颗粒支撑结构。C-M图点区平行 C = M 线,自然电位曲线为高一中幅箱形。

(2) 沟堤微相分布于主水道沉积的两侧,是重力流水道在其两侧较近部位的沉积。由块状砂岩和平行层理粉、细砂岩及“BCDE”序、“CDE”序的典型浊积岩组成。泥岩厚度较大,砂岩厚度多小于 2 m,自然电位曲线为齿形、钟形。

(3) 辫状沟道微相由块状砂岩和平行层理粉、细砂岩及“A、A、A、A”序、“A、B”序的典型浊积岩组成。砂岩厚度较小,但可见较厚灰色砂砾岩。C-M图点区平行 C = M 线,自然电位曲线为中—低幅箱形。

(4) 末梢微相沉积部位远离水道,主要是“CDE”序、“DE”序的典型浊积岩夹于暗色泥岩中,冲刷不明显,具远源重力流特征。自然电位曲线为低幅的齿形。

#### 4 湖底扇相展布与油气成藏的关系

通过对湖底扇相标志、物源条件、古气候及古地形条件、沉积相类型及相模式进行研究,并对沉积相划分、沉积特征、沉积物来源、砂砾岩含量等值线、泥岩含量等值线、储层物性的统计分析,认为在吉木萨尔凹陷东斜坡缺乏大型构造油气藏,其油气分布基本上受控于沉积相。研究区内部构造条件相对简单,表现为继承性演化关系,成藏模式是其上倾方向形成稠油封盖,其下倾部位为正常油藏(图 13)。目的层储层物性表现为中高孔、中渗或高孔、中高渗特征。在构造高部位的

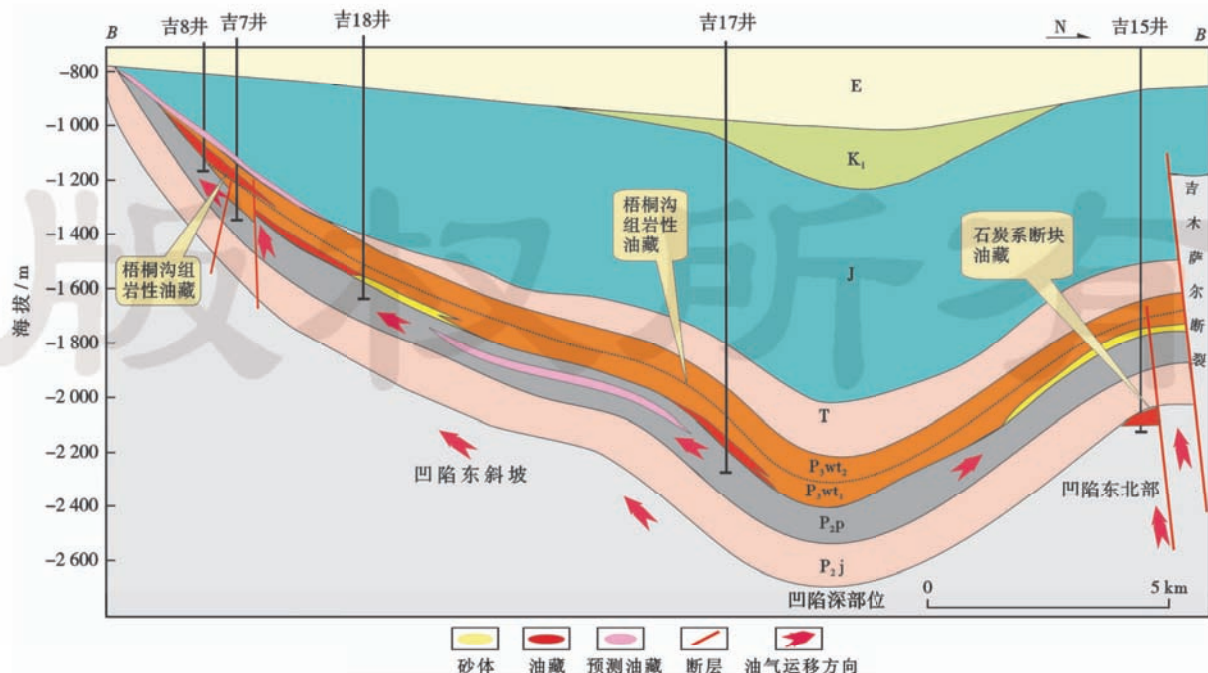


图 13 吉木萨尔凹陷成藏模式(剖面位置见图 1)

Fig. 13 Accumulation model of Jimsar sag(Location see Fig. 1)

三角洲前缘亚相分支河道、三角洲平原亚相分流河道及湖底浊积岩相可以作为有利的储集砂体,可作为有利的勘探目标区<sup>[18-21]</sup>。

梧一段含砂量较高,粗砂岩、含砾砂岩、砂砾岩一般为有利储层。有利目标相对集中,主要为辫状河三角洲前缘的分支河道、席状砂、湖底扇。在吉17井南部和吉18井西南部,砂砾岩厚度多在80m以上,为湖底扇相形成的岩性圈闭,是十分有利的目标区;吉15井、吉6井、吉7井、吉8井孔隙度可达到15%以上,渗透率很高,又位于构造高处,构造位置较为有利,也是有利目标区。

## 5 结 论

(1) 通过分析吉木萨尔凹陷斜坡带的古地理背景、岩性特征、沉积构造、测井及地震相等相标志,认为吉17井区具有形成湖底扇的有利条件。根据取心资料、单井相和地震特征确定了湖底扇相的类型,以及沉积相模式、沉积相展布。结合储层物性和构造特征,认为湖底扇相具备形成岩性油气藏的条件,可作为有利的勘探目标。

(2) 影响湖底扇形成的因素很多,如沉积古地形、水动力条件以及三角洲规模和建设性、沉积物源供应、盆地沉降速率以及构造活动等,不同的影响因素可能控制不同湖底扇体的发育。因此,在寻找湖底扇的有利发育区时,要对沉积体系及构造、沉积演化规律进行综合研究。

## 参 考 文 献

- [1] 赵澄林,刘孟慧,纪友亮. 东濮凹陷下第三系碎屑岩沉积体系与成岩作用[M]. 北京:石油工业出版社,1992:7-32.  
Zhao Chenglin, Liu Menghui, Ji Youliang. Sedimentary system and diagenesis in Tertiary clastic rock, Dongpu depression[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1992: 7-32.
- [2] 方世虎,徐怀民,宋岩,等. 准噶尔盆地东部吉木萨尔凹陷复合含油气系统特征及其演化[J]. 地球学报,2005,26(3):259-264.  
Fang Shihu, Xu Huaimin, Song Yan, et al. Characteristics and evolution of the composite petroleum system in Jimsar depression, east Junggar Basin[J]. Acta Geoscientica Sinica, 2005, 26(3): 259-264.
- [3] 贺凯,何治亮,屈伟,等. 准东地区吉木萨尔凹陷石炭纪层序划分及重要意义[J]. 新疆地质,2010,28(2):171-173.  
He Kai, He Zhiliang, Qu Wei, et al. The classification and significance of carboniferous stratigraphic sequence in Jimushaer sag, eastern part of Junggar Basin[J]. Xinjiang Geology, 2010, 28(2): 171-173.
- [4] 廖健德,罗力崇,吴运强,等. 吉木萨尔凹陷东斜坡区油气成藏分析[J]. 油气地质与采收率,2005,12(4):52-54.  
Liao Jiande, Luo Lichong, Wu Yunqiang, et al. Oil and gas reservoir-forming analyses in east slope region of Jimusaer sag[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2005, 12(4): 52-54.
- [5] 刘春慧,金振奎,朱桂芳,等. 准噶尔盆地东部吉木萨尔凹陷二叠系梧桐沟组储层物性特征及控制因素[J]. 天然气地球科学,2007,18(3):375-379.  
Liu Chunhui, Jin Zhenkui, Zhu Guifang, et al. Physical properties and control factors of Permian Wutonggou Formation in Jimusaer sag, east of Junggar Basin[J]. Natural Gas Geoscience, 2007, 18(3): 375-379.
- [6] 王厚坤,王斌,杨和山,等. 准噶尔吉木萨尔凹陷二叠系梧桐沟组沉积相[J]. 天然气技术,2010,4(3):20-22.  
Wang Houkun, Wang Bin, Yang Heshan, et al. Sedimentary facies of Permian Wutonggou Formation, east Jimusaer depression, Junggar Basin[J]. Natural Gas Technology, 2010, 4(3): 20-22.
- [7] 曾军,陈世加,康素芳,等. 吉木萨尔凹陷东斜坡区成藏地球化学特征[J]. 西南石油学院学报,2005,27(2):6-9.  
Zeng Jun, Chen Shijia, Kang Sufang, et al. Geochemical character of oil reservoir formation in the eastern slope of Jimusaer Sag[J]. Journal of Southwest Petroleum Institute, 2005, 27(2): 6-9.
- [8] 王威. 吉木萨尔凹陷东斜坡二叠系梧桐沟组油藏沉积特征研究[D]. 乌鲁木齐:新疆大学,2011:1-76.  
Wang Wei. Sedimentary characteristics research of reservoir of the Permian Wutonggou Formation in the east slope of Jimusaer depression[D]. Urumchi: Xinjiang University, 2011: 1-76.
- [9] 张关龙,陈世悦,鄢继华,等. 三角洲前缘滑塌浊积体形成过程模拟[J]. 沉积学报,2006,24(1):50-55.  
Zhang Guanlong, Chen Shiyue, Yan Jihua, et al. Simulation of luxoturbidite in front of delta[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2006, 24(1): 50-55.
- [10] 王起琼,李文厚,赵虹,等. 鄂尔多斯盆地东南部三叠系延长组一段湖相浊积岩特征及意义[J]. 地质科学,2006,41(1):54-63.  
Wang Qiqiong, Li Wenhui, Zhao Hong, et al. Characteristics and significance of lacustrine turbidites in the member 1 of Yanchang Formation, upper Triassic in the southeastern Ordos Basin[J]. Chinese Journal of Geology, 2006, 41(1): 54-63.
- [11] Sahu B K. Depositional mechanisms from the size analysis of clastic sediments[J]. Journal of Sedimentary Research, 1964, 34(1): 73-83.
- [12] Lüthi S. Some new aspects of two dimensional turbidity currents [J]. Sedimentology, 1981, 28(1): 97-105.
- [13] 德勒恰提,王威,王利,等. 粒度分析在吉木萨尔凹陷梧桐沟组沉积相研究中的应用[J]. 新疆大学学报:自然科学版,2012,29(2):142-149.  
Deleqati, Wang Wei, Wang Li, et al. Application of particle size characteristics analysis in sedimentary facies research of the Permi-

- an Wutonggou Formation in the Jimusaer depression[J]. Journal of Xinjiang University: Natural Science Edition, 2012, 29(2): 142-149.
- [14] 张景军,柳成志,曹彬彬,等. 乌尔逊凹陷南屯组湖底扇沉积特征研究[J]. 科学技术与工程, 2011, 11(27): 6550-6555.  
Zhang Jingjun, Liu Chengzhi, Cao Binbin, et al. The sedimentary characteristics of the lacustrine fans of Nantun Formation in Wuerxun sag, Hailaer Basin[J]. Science Technology and Engineering, 2011, 11(27): 6550-6555.
- [15] 彭勇民,黄捍东,罗群,等. 泌阳凹陷毕店地区核三段湖底扇与重力流沉积[J]. 岩石矿物学杂志, 2008, 27(1): 32-38.  
Peng Yongmin, Huang Handong, Luo Qun, et al. Sublacustrine fans and sedimentary gravity flows within the 3rd Member of Hetaoyuan Formation in Bidian area of Biyang sag[J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 2008, 27(1): 32-38.
- [16] 葛云锦,任来义,贺永红,等. 鄂尔多斯盆地周缘地区长9油积岩特征及致密油意义的研究[J]. 延安大学学报:自然科学版, 2015, 34(1): 69-71.  
Ge Yunjin, Ren Laiyi, He Yonghong, et al. Turbidity characteristics and tight oil significance of Chang 9 oil bearing formation in Zhouchang area of Ordos Basin[J]. Journal of Yan'an University: Natural Science Edition, 2015, 34(1): 69-71.
- [17] 董贵能,邓勇,盖永浩,等. 北部湾盆地涠西南凹陷湖底扇的沉积特征[J]. 沉积学报, 2014, 32(2): 220-222.  
Dong Guineng, Deng Yong, Gai Yonghao, et al. Sedimentary characteristics of sublacustrine fan in Weixi'nan sag of Beibuwan Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2014, 32(2): 220-222.
- [18] 陈广坡,王天奇,李林波,等. 箕状断陷湖盆湖底扇特征及油气勘探—以二连盆地赛汉塔拉凹陷腾格尔组二段为例[J]. 石油勘探与开发, 2010, 37(1): 63-69.  
Chen Guangpo, Wang Tianqi, Li Linbo, et al. Characteristics of sublacustrine fan in half-graben rift lake basin and its petroleum prospecting: case study on the second member of Tenggeer Formation, Saihantala sag, Erlian Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2010, 37(1): 63-69.
- [19] 张庆石,张革,陈彬滔,等. 松辽盆地坳陷期湖底扇沉积特征与分布规律——以英台地区青山口组为例[J]. 天然气地球科学, 2014, 25(3): 318-325.  
Zhang Qingshi, Zhang Ge, Chen Bintao, et al. Deposition characteristics and distribution pattern of sublacustrine fan in Qingshankou Formation, Songliao Basin[J]. Natural Gas Geoscience, 2014, 25(3): 318-325.
- [20] 吴涛,赵长永,吴采西,等. 准噶尔盆地湖底扇沉积特征及地球物理响应—以克拉玛依油田五八区二叠系下乌尔禾组为例[J]. 石油与天然气地质, 2013, 34(1): 85-104.  
Wu Tao, Zhao Changyong, Wu Caixi, et al. Sedimentary characteristics and geophysical responses of sublacustrine fan in the Junggar Basin: a case study on the Lower Urho Formation of the Permian in the Wuba block, Karamay oilfield[J]. Oil & Gas Geology, 2013, 34(1): 85-104.
- [21] 李文科,张研,方杰,等. 海拉尔盆地贝尔凹陷岩性油藏成藏控制因素[J]. 石油学报, 2015, 36(3): 337-346.  
Li Wenke, Zhang Yan, Fang Jie, et al. Control factors of hydrocarbon accumulation for lithologic reservoirs in Beier depression, Hailar Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2015, 36(3): 337-346.
- (收稿日期 2014-11-07 改回日期 2015-04-30 编辑 王培玺)
- ~~~~~
- (上接第 672 页)
- [25] 陈波,兰正凯. 上扬子地区下寒武统页岩气资源潜力[J]. 中国石油勘探, 2009, 14(3): 10-14.  
Chen Bo, Lan Zhengkai. Lower cambrian shale gas resource potential in Upper Yangtze region[J]. China Petroleum Exploration, 2009, 14(3): 10-14.
- [26] 郭岭,姜在兴,姜文利. 页岩气储层的形成条件与储层的地质研究内容[J]. 地质通报, 2011, 30(2): 385-392.  
Guo Ling, Jiang Zaixing, Jiang Wenli. Formation condition of gas-bearing shale reservoir and its geological research target[J]. Geological Bulletin of China, 2011, 30(2): 385-392.
- [27] 田华,张水昌,柳少波,等. 压汞法和气体吸附法研究富有机质页岩孔隙特征[J]. 石油学报, 2012, 33(3): 419-427.  
Tian Hua, Zhang Shuichang, Liu Shaobo, et al. Determination of organic-rich shale pore features by mercury injection and gas adsorption methods[J]. Acta Petrolei Sinica, 2012, 33(3): 419-427.
- [28] 杨峰,宁正福,胡昌蓬,等. 页岩储层微观孔隙结构特征[J]. 石油学报, 2013, 34(2): 301-311.  
Yang Feng, Ning Zhengfu, Hu Changpeng, et al. Characterization of microscopic pore structures in shale reservoirs[J]. Acta Petrolei Sinica, 2013, 34(2): 301-311.
- [29] 姜在兴,张文昭,梁超,等. 页岩油储层基本特征及评价要素[J]. 石油学报, 2014, 35(1): 184-196.  
Jiang Zaixing, Zhang Wenzhao, Liang Chao, et al. Characteristics and evaluation elements of shale oil reservoir[J]. Acta Petrolei Sinica, 2014, 35(1): 184-196.
- (收稿日期 2014-11-03 改回日期 2015-03-23 编辑 宋宁)