

准噶尔盆地西北缘吐孜阿克内沟中三叠统一 下侏罗统油砂矿沉积和储层特征

顾兴明^{1,2} 柳永清³ 旷红伟³ 岑超^{1,2} 李家华⁴ 彭楠⁵ 王西宁⁶

(1. 长江大学 油气资源与勘探技术教育部重点实验室, 湖北 荆州 434023; 2. 长江大学 地球物理与石油资源学院, 湖北 荆州 434023; 3. 中国地质科学院 地质研究所, 北京 100037; 4. 胜利油田 海洋采油厂, 山东 东营 257237; 5. 中国地质大学 地球科学与资源学院, 北京 100083; 6. 长江大学 地球科学学院, 湖北 荆州 434023)

摘要:通过对准噶尔盆地西北缘吐孜阿克内沟中三叠统克拉玛依上组顶部和下侏罗统八道湾组底部的油砂露头剖面的精细野外实测,在克拉玛依上组油砂露头共识别出11个单砂层,岩性以灰褐色含砾粗砂岩、粗砂岩以及中砂岩等粗粒岩石为主;在八道湾组底部砂岩中共识别出12个单砂层,为多期河道迁移叠加的产物,每一单砂层均以含砾砂岩、中粗砂岩、中细砂岩以及粉砂岩的向上变细正韵律组成。通过对油砂岩薄片鉴定发现油砂岩均以岩屑砂岩为主,长石和石英含量均很低,表明岩石的成分成熟度低,砂岩稳定性较差,距物源较近,同时砂岩结构成熟度中等。克拉玛依上组剖面共识别出了湖泊和辫状河三角洲两种相,滨浅湖和辫状河三角洲前缘两种亚相,湖泊沼泽、水下分流河道、分流间湾3种微相,其中油砂主要发育于水下分流河道砂体中,油砂岩含油率高达9.62%;八道湾组剖面共识别出辫状河的河床、堤岸和河漫3种沉积亚相,河床滞留、心滩、天然堤、河漫滩及河漫沼泽5种微相,油砂主要发育于辫状河道心滩中,油砂岩含油率为5.8%。油砂岩的孔隙度渗透率均很好。油砂油族组分均以非烃和沥青质为主,仅含少量的饱和烃和芳烃,反映油砂遭到了严重的降解。

关键词:准噶尔盆地西北缘 吐孜阿克内沟 克拉玛依上组 八道湾组 油砂

中图分类号: P618.13

文献标识码: A

文章编号: 1000-6524(2011)02-0215-10

Sedimentation and reservoir characteristics of Middle Triassic-Lower Jurassic oil sand deposits at Tuziakeneigou of northwestern Junggar Basin

GU Xing-ming^{1,2}, LIU Yong-qing³, KUANG Hong-wei³, CEN Chao^{1,2}, LI Jia-hua⁴, PENG Nan⁵
and WANG Xi-ning⁶

(1. Key Laboratory of Exploration Technologies for Oil and Gas Resources, Ministry of Education, Yangtze University, Jingzhou 434023, China; 2. School of Geophysics and Oil Resources of Yangtze University, Jingzhou 434023, China; 3. Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 4. Haiyang Oil Recovery Factory of Shengli Oil Field, Dongying 257237, China; 5. School of the Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 6. School of Geoscience, Yangtze University, Jingzhou 434023, China)

Abstract: Based on detailed field survey of oil sand outcrops at the top of the middle Triassic Upper Karamay Formation and on the bottom of lower Jurassic Badaowan Formation in Tuziakeneigou on the northwest edge of Junggar basin, the authors measured 11 single sand beds in the oil sand outcrop of Upper Karamay Formation whose lithology is mainly grayish-brown pebbly coarse sandstone and medium-coarse sandstone, and identified 12 single sand beds which are products of multistage migration and superposition of channels in the oil sand outcrop located on the bottom of Badaowan Formation, where every single sand is composed of fining-upward positive

收稿日期: 2010-06-08; 修订日期: 2010-11-25

基金项目: “全国油气资源战略选区调查与评价国家专项(第二批)资助项目(2009GYXQ14-1)”

作者简介: 顾兴明(1985-), 男, 硕士研究生, 主要从事测井地质学方向的学习和研究, E-mail: gxm8485@163.com

rhythm composed of pebbly sandstone, medium coarse sandstone, fine sandstone and siltstone. Thin section analysis reveals that oil sand beds are mainly lithic sandstone and the content of feldspar and quartz is very low, which indicates that rock compositional maturity is low, stability of sandstone is in a low degree and these beds are fairly close to the source area. Textural maturity of sandstone is in a medium degree. In Upper Karamay Formation, lake and delta sedimentary facies, 2 subfacies composed of shore and shallow lake and braided delta front and 3 microfacies composed of lacustrine swamp, subaqueous distributary channel and interdistributary bay were recognized, and it is found that oil sand beds are mainly developed in the subaqueous distributary channel sand bodies, with a high oil content of 9.62%, the average porosity of oil sands of 28.6%, and the average permeability of $65.3 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$. In Badaowan Formation, 3 sedimentary subfacies were recognized, i. e., riverbed, bank and alluvial flat deposit of braided river, with 5 microfacies, namely, channel lag, mid-channel bar, natural levee, alluvial flat and back swamps. The oil sand beds are mainly developed in the mid-channel bar sand bodies of braided river, with an oil content of 5.8%, the average porosity of oil sands of 31%, and the average permeability of $2602 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$. It is thus concluded that oil sand beds in Tuziakeneigou have good reservoir quality and oil-bearing property. Group composition of oil sand beds is mainly non-hydrocarbon and asphaltite, with only a small amount of saturated hydrocarbon and aromatic hydrocarbon, reflecting the serious degradation of oil sands.

Key words: northwest edge of Junggar Basin; Tuziakeneigou; Upper Karamay Formation; Badaowan Formation; oil sand

油砂又称沥青砂,是一种含有天然沥青的砂岩或其他岩石的混合物,通常由砂、沥青、矿物质、粘土和水组成(贾承造,2007;赵群等,2008;胡文瑞等,2008),一般出露于地表或近地表(常规石油资源深度以浅范围)。随着人类对油气资源需求的不断增加,油砂作为一种非常规油气资源,已经越来越多地受到各国的关注(Frances and Darrell,2006)。准噶尔盆地西北缘是目前我国发现的规模最大的油砂分布区(贾承造,2007),也是整个盆地主要的油砂成藏区。准噶尔盆地西北缘经历了较强烈的构造活动演化历程,许多深部油气藏遭受了严重的破坏,常规油气藏中的油气沿断裂和不整合面运移到地表浅层,甚至出露地表形成油砂矿藏,因此,准噶尔盆地西北缘是寻找油砂和开展油砂系统研究的重要地区(胡文瑞等,2008;刘人和等,2008)。前人对西北缘油砂特征进行了较多的研究,而沉积特征研究较少,本文着重对研究区内吐孜阿克内沟油砂矿的沉积特征进行系统研究,以期发现油砂储集的有利相带。

1 研究区地质概况

准噶尔盆地西北缘邻近玛纳斯湖生油凹陷,该区晚二叠世及三叠纪巨厚的生油岩沉积提供了充足的油气供给(臧春艳等,2006)。印支—燕山期复杂

的构造运动,使得准噶尔盆地西北缘地层抬升、剥蚀,侏罗系的古油藏遭受一定程度的破坏,油气逸散并运移到盆地边缘的浅层,在地表形成了众多不同规模的油砂(吴元燕等,2002;臧春艳等,2006)。吐孜阿克内沟(图1)是准噶尔盆地西北缘的油砂出露点之一,位于克拉玛依市西北10 km处扎伊尔山山脚的西湖公墓,自下而上主要出露石炭系、中三叠统克拉玛依上组(T_2k^2)、侏罗系八道湾组(J_1b)、三工河组(J_1s)、西山窑组(J_2x)、头屯河组(J_2t)、齐古组(J_3q)和白垩系吐谷鲁群(K_1tg)。高新生(1999;王宜林等,2001)。其中克拉玛依上组与八道湾组下部见到油砂岩的层段是此次研究的目的层段。

2 油砂矿沉积特征

克拉玛依组上亚组为灰、灰绿、深灰色泥岩、砂泥岩夹薄层砂岩及黑色炭质泥岩、煤线,见薄层油砂岩,顶部为浅灰色中、厚层砂岩、含砾砂岩夹黑色炭质泥岩、薄煤层及深灰、灰绿色泥岩、粉细砂岩,发育油砂。八道湾组与下伏克拉玛依上组为不整合接触。八道湾组下段为灰白、浅灰色砾岩、砂岩与粘土岩、泥岩、炭质泥岩或煤层组成的5套正韵律,油砂发育于第1套韵律的砂岩之中;中段为深灰色含砾泥岩、砂质泥岩夹薄层泥灰岩、细、粉砂岩;上段为灰

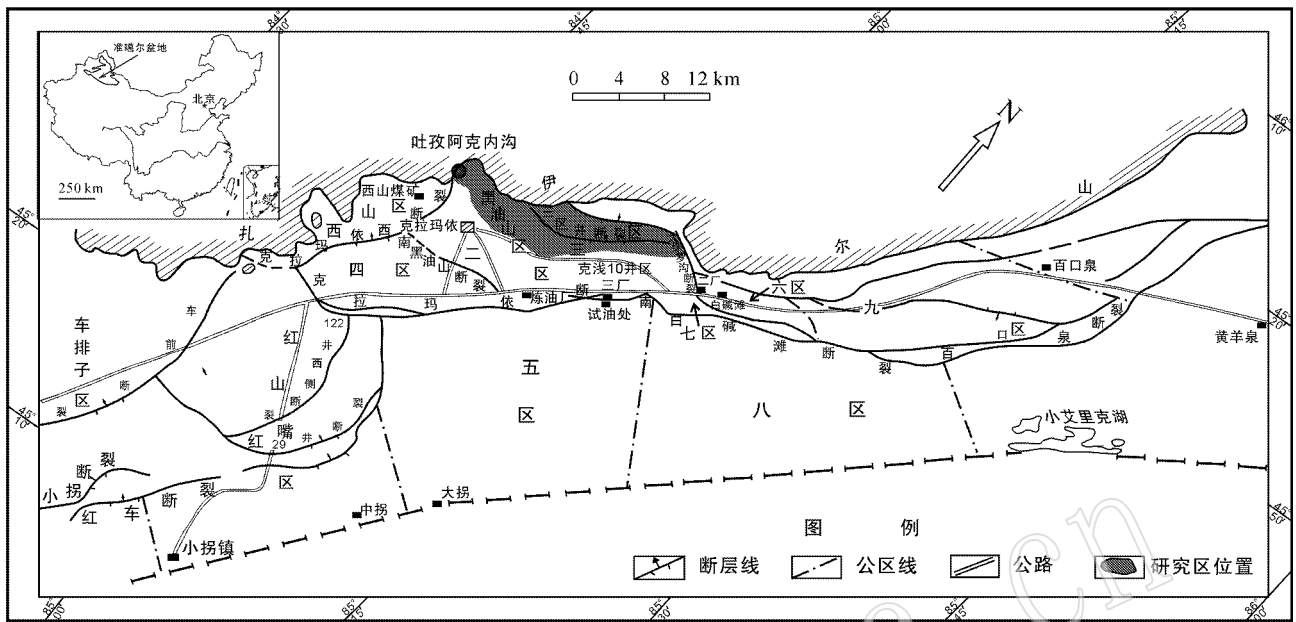


图 1 研究区位置

Fig. 1 Location of the study area

绿色泥岩、砂岩组成的反韵律,夹炭质泥岩和薄煤线。

本研究主要以精确的工程测量点和密集的实测剖面控制为基础,在露头上对吐孜阿克内沟中三叠统克拉玛依上组上部和下侏罗统八道湾组下部这两个出现油砂的层位进行写实测量、编图和统计。为了详细解剖吐孜阿克内沟油砂体的特征,采取测制油砂体断面的方式对研究地层油砂露头进行剖面测制,并分别制作出沉积断面图(图 2、图 3)。

克拉玛依上组油砂露头(图 2)可分为 5 个剖面进行各断面的岩性、沉积构造和含油性的详细描述。整个剖面以底部的黑色碳质泥岩为底界,以与上伏八道湾组底部砾岩的不整合接触面为顶界。在该剖面中共测得 11 个单砂层,除透镜砂体 9 和砂体 11 外,其他砂体都有从右向左厚度变薄并逐渐歼灭的趋势。砂岩岩性以灰褐色含砾粗砂岩、粗砂岩以及中砂岩等粗粒岩石为主,各砂体被浅灰、灰紫色泥质粉砂岩和粉砂质泥岩分隔开来。

八道湾底部含油砂层剖面(图 3)以八道湾底部砾岩顶为底界,以黑色碳质页岩顶为顶界,分 12 条剖面进行野外测制。岩性以灰褐色中粗砂岩和含砾中粗砂岩为主,很少见泥岩和粉砂岩,砂层中可见小规模砾岩夹层。在八道湾组底部砂岩中共识别出 12 个单砂层,为多次河道迁移叠加的产物,砂体累计

厚度 10 m 左右,每一单砂层均以含砾砂岩、中粗砂岩、中细砂岩以及粉砂岩的向上变细正韵律组成,单一韵律厚度以 2~3 m 为主,个别大于 5 m,但在横向上分布不太稳定。

2.1 油砂岩性特征

通过对吐孜阿克内沟油砂岩薄片进行鉴定(图 4),可见克拉玛依上组和八道湾组底部油砂岩均以岩屑砂岩为主,有机质充填于原生孔隙中,次生孔隙少见。

克拉玛依上组岩屑砂岩中主要为花岗质酸性岩浆岩屑,岩屑平均含量为 67.3%,石英含量为 19.1%,长石含量为 13.6%(图 5);八道湾组砂岩矿物同样以岩屑为主(图 5),岩屑的平均含量达 80.6%,长石含量为 11.3%,石英含量较低仅为 8.1%。

岩石中的填隙物含量较大,其中克拉玛依上组砂岩中填隙物含量为 31.1%,八道湾组砂岩中填隙物含量为 30.2%。填隙物以硅质胶结物为主,杂基含量较少,其中克拉玛依上组砂岩中胶结物含量为 29.3%,杂基含量为 1.8%;八道湾组砂岩中胶结物含量为 29.23%,杂基含量为 1.0%。

可见吐孜阿克内沟的砂岩类型主要为岩屑砂岩,岩石的成分成熟度低,砂岩稳定性较差,距离物源较近。

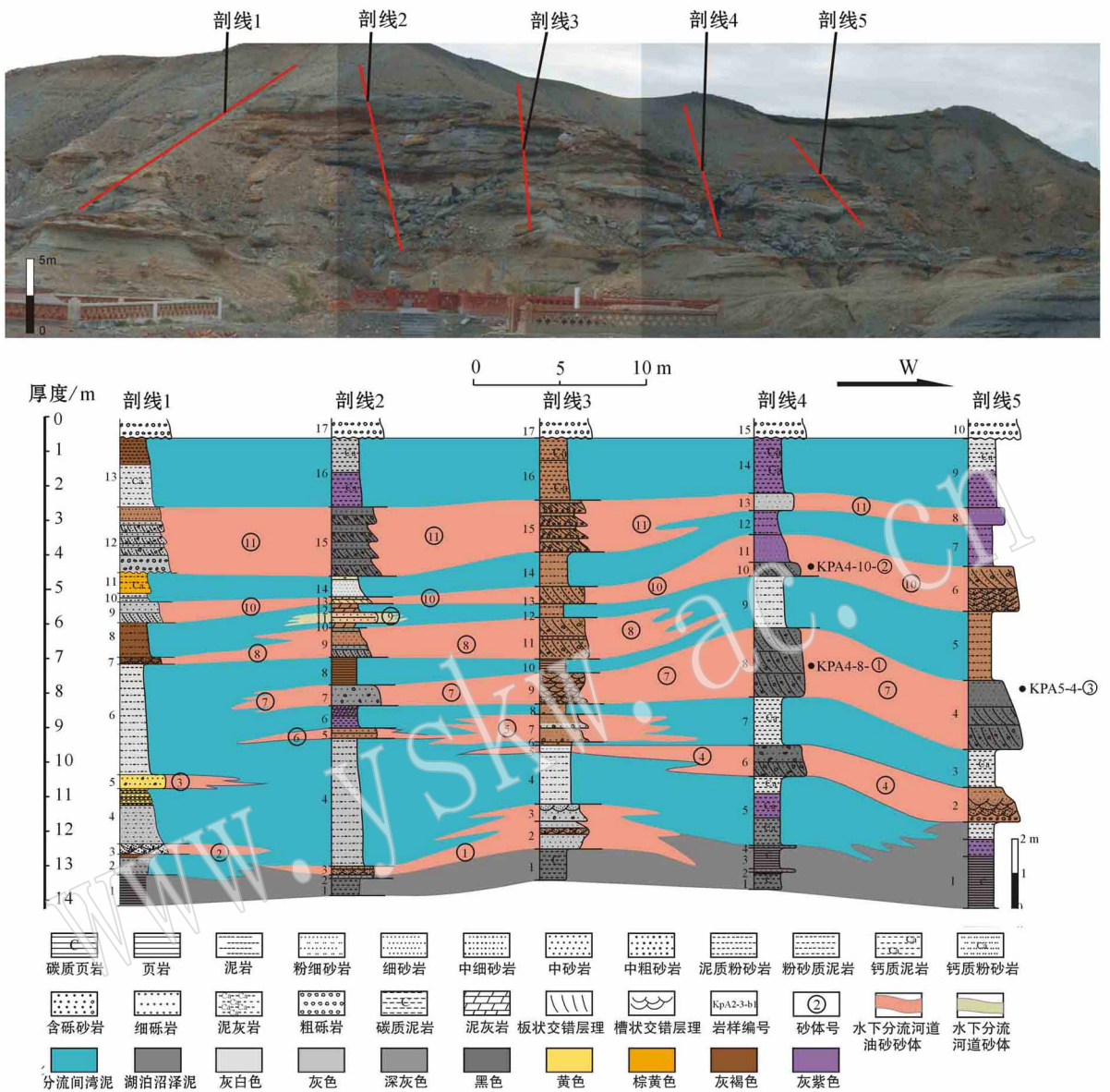


图2 吐孜阿克内沟克拉玛依上组沉积剖面

Fig. 2 Depositional section of Upper Karamay Formation in Tuziakeneigou

通过薄片观察,克拉玛依上组砂岩碎屑颗粒的主要粒径为 0.3 mm 左右,岩性以中砂岩为主,并含有较多粗砂岩,岩石的分选中等偏差;八道湾组砂岩碎屑颗粒主要粒径为 0.2 mm 左右,岩性以中细砂岩为主;岩石分选中等。两处砂岩的磨圆均以次棱状为主,支撑方式以颗粒支撑为主,接触方式以点、线接触为主,胶结方式为基底式胶结,储集空间以原生孔隙为主。可见,吐孜阿克内沟的砂岩的结构成熟度中等(赵澄林等,2001)。

2.2 沉积相特征

根据对克拉玛依上组和八道湾组下部两条剖面的野外观察、精细描述,结合大量的分析化验资料,综合分析了它们的沉积体系和沉积相类型(图6、图7)。研究表明,研究区克拉玛依上组主要由湖泊-辫状河三角洲沉积体系构成(王郑库等,2007; Peter and Darwin, 1982),而八道湾组下部主要为辫状河(Peter and Darwin, 1982; 高新生,1999; 焦养泉等,1999; 旷红伟等,2007; 王昌勇等,2008)河床滞留-河

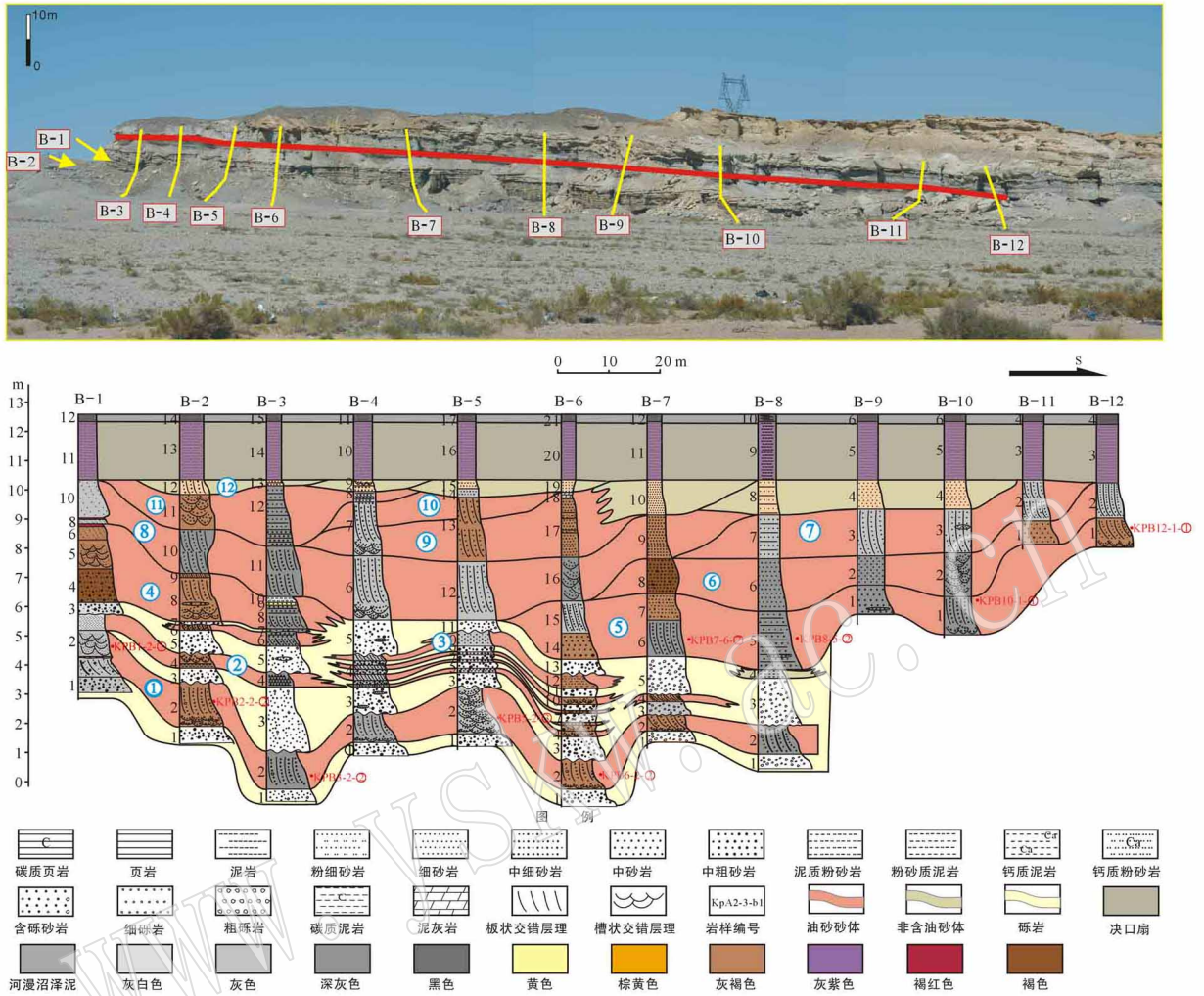


图 3 吐孜阿克内沟侏罗系八道湾组底部沉积断面
 Fig. 3 Depositional section of Jurassic Badaowan Formation in Tuziakeneigou

道心滩-河漫的沉积体系。

2.2.1 克拉玛依上组沉积特征

克拉玛依上组剖面共识别出了滨浅湖和辫状河三角洲前缘两种亚相，湖泊沼泽、水下分流河道、分流间湾 3 种微相，自下而上基本上由浅湖相碳质泥页岩、辫状河三角洲前缘水下分流河道砂体、分流间湾粉砂或泥组成。油砂主要发育于辫状河三角洲前缘水下分流河道砂体中，砂岩岩性以灰褐色含砾粗砂岩、粗砂岩以及中砂岩等粗粒岩石为主，各砂体被分流间湾相的浅灰、灰紫色泥质粉砂岩和粉砂质泥岩分隔开来。在砂层中可见槽状交错层理，板状交错层理以及少量平行层理，在泥岩层中可见水平层理。

湖泊沼泽微相以黑色或深灰色碳质泥岩或碳质页岩为主，见少量灰紫色泥岩，分布在克拉玛依上组

剖面的底部，其间发育水平层理(图 7c)。

在克拉玛依上组剖面中辫状河三角洲前缘亚相主要识别出了水下分流河道和分流间湾两个微相，它由多个水下分流河道-分流间湾的沉积序列组成(图 7b)。水下分流河道微相以灰褐色或深灰色含砾粗砂岩、粗砂岩以及中砂岩等粗粒岩性为主，见少量中细砂岩，主要为硅质岩屑砂岩，成分成熟度低，分选中等偏差，颗粒次棱状为主，表明其结构成熟度中等；槽状交错层理和板状交错层理发育，局部可见递变层理和水平层理。分流间湾微相沉积物颗粒较细，以浅灰、灰紫色泥质粉砂岩、粉砂质泥岩和泥岩为主，其间可见水平层理。

2.2.2 八道湾组底部沉积特征

八道湾组剖面共识别出辫状河的河床、堤岸和河漫沉积。河床亚相中，可识别出河床滞留和心滩

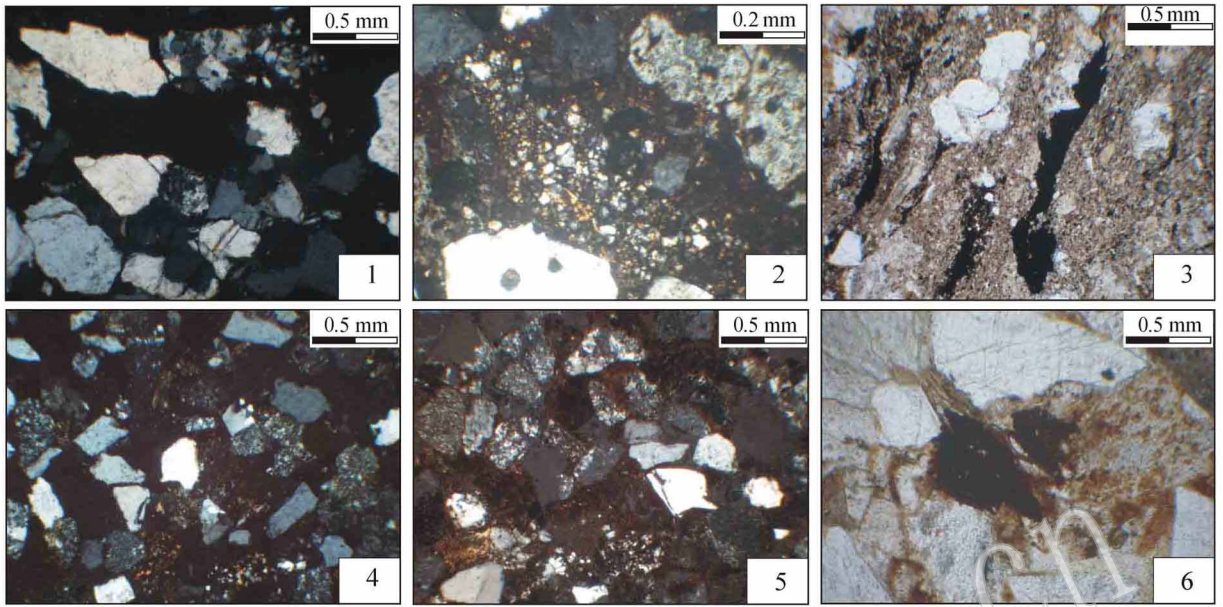


图 4 吐孜阿克内沟油砂岩薄片观察照片

Fig. 4 Photographs of sandstone thin section from Tuziakeneigou

1—石英颗粒粗大,少量次生加大边,部分流纹岩岩屑细化,斑晶粗大,正交; 2—流纹岩岩屑细化,少数斑晶较粗大,斑晶主要为石英与长石质正交; 3—有机质分散于原生孔隙中,条带状分布,单偏光; 4—长石含量较低,流纹岩岩屑细化,少量斑晶粗大,少量浅变质,正交;

5—石英含量较少,大量流纹岩岩屑细化,少量斑晶粗大,正交; 6—有机质充填于原生孔隙中,一般为沥青质物质,单偏光

1—kernel of quartz is bulky, some edges have experienced secondary enlargement, part of rhyolite debris has become felsitic with coarse porphyroblasts, crossed polars; 2—rhyolite debris has become felsitic with a small number of coarse porphyroblasts, and porphyroblasts are mainly quartz and feldspar, crossed polars; 3—organic substance is scattered in primary pores with zonal distribution, plainlight; 4—only a handful of feldspar, rhyolite debris has become felsitic with a small number of coarse porphyroblasts and minor epimetamorphism, crossed polars; 5—only a handful of quartz, a great quantity of rhyolite debris has become felsitic with a small number of coarse porphyroblasts, crossed polars; 6—organic substance which is generally asphaltene scattered in primary pores, plainlight

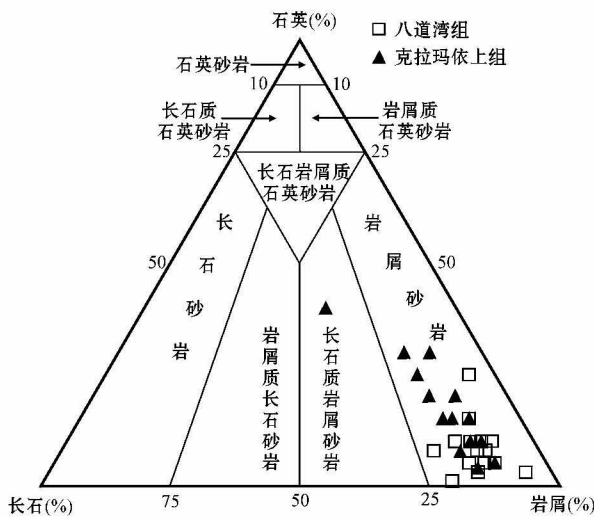


图 5 吐孜阿克内沟油砂岩碎屑组分三角图

Fig. 5 Triangular diagram of detrital components of oil sand in Tuziakeneigou

两种微相,堤岸沉积中可见天然堤微相,河漫亚相中则可以识别出河漫滩及河漫沼泽两种微相。油砂主要发育于辫状河河道心滩中。

河床亚相中河床滞留微相发育于八道湾剖面的中下部,岩性为杂色中细砾岩为主,成分复杂,分选差,磨圆较好,其间夹有大量的心滩砂透镜体(图 7d),局部可见叠瓦状构造。心滩微相以灰褐色中粗砂岩和含砾中粗砂岩为主,很少有泥岩和粉砂岩,砂层中可见小规模砾岩夹层,主要为硅质岩屑砂岩,成份成熟度低,分选中等,磨圆以次棱状为主,可见结构成熟度中等主要发育板状和槽状交错层理,每一单砂层均以含砾砂岩、中粗砂岩、中细砂岩以及粉砂岩的向上变细正韵律组成,发育于剖面的中上部(图 7e),并出现多期河道迁移叠加的现象。

堤岸沉积中天然堤微相为一套灰黄色细粉砂岩与泥岩薄互层,岩性致密,覆盖在心滩砂之上,见平

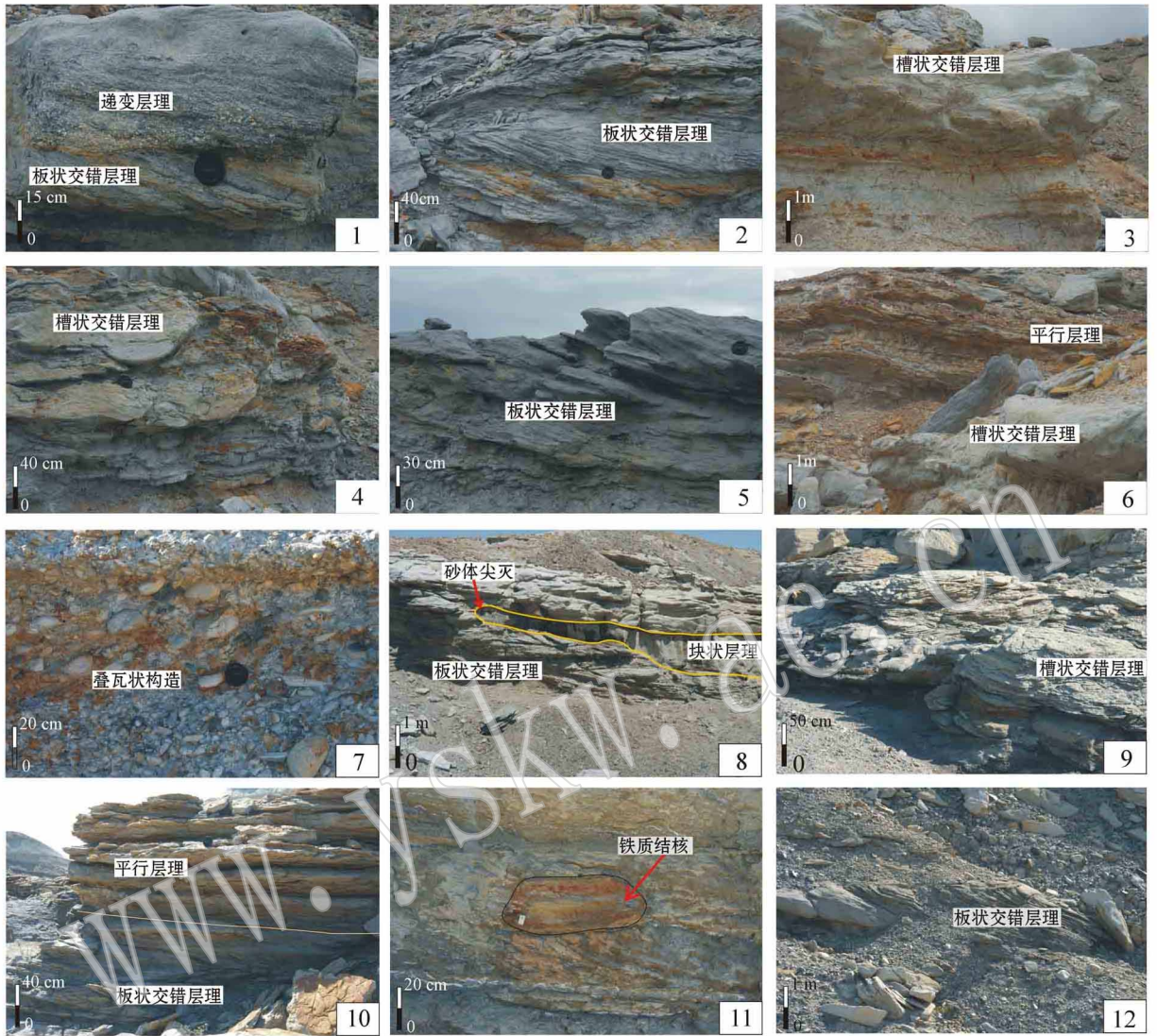


图 6 吐孜阿克内沟克拉玛依上组及八道湾组下部沉积构造

Fig. 6 Sedimentary structures in Upper Karamay Formation and Lower Badaowan Formation in Tuziakeneigou

1—克上组顶部渐变层理和板状交错层理；2—克上组顶部板状交错层理；3—克上组顶部槽状交错层理；4—克上组顶部槽状交错层理；5—克上组顶部板状交错层理；6—克上组顶部槽状交错层理和平行层理；7—八道湾组底部砾岩叠瓦状构造；8—八道湾组底部板状交错层理和块状层理；9—八道湾组底部槽状交错层理；10—八道湾组底部平行层理和板状交错层理；11—八道湾组底部铁质结核；12—八道湾组底部板状交错层理

1—graded bedding and tabular cross-bedding at the top of the Upper Karamay Formation; 2—tabular cross-bedding at the top of Upper Karamay Formation; 3—trough cross-stratification at the top of Upper Karamay Formation; 4—trough cross-stratification at the top of Upper Karamay Formation; 5—tabular cross-bedding at the top of Upper Karamay Formation; 6—trough cross-stratification and parallel bedding at the top of Upper Karamay Formation; 7—imbricated structure of conglomerate on the bottom of Badaowan Formation; 8—tabular cross bedding and massive bedding on the bottom of Badaowan Formation; 9—trough cross-stratification on the bottom of Badaowan Formation; 10—tabular cross bedding and parallel bedding on the bottom of Badaowan Formation; 11—nablock on the bottom of Badaowan Formation; 12—tabular cross bedding on the bottom of Badaowan Formation

行层理。

河漫亚相中河漫滩微相为一套在整个剖面上发育稳定的灰紫色泥、页岩，厚度在 2 m 左右。沼泽微相为一套黑色碳质页岩，局部见煤线，作为八道湾剖面的顶界，见水平层理。

3 油砂矿储层特征

3.1 油砂岩物性特征

对吐孜阿克内沟的 13 件含油砂岩样品进行物

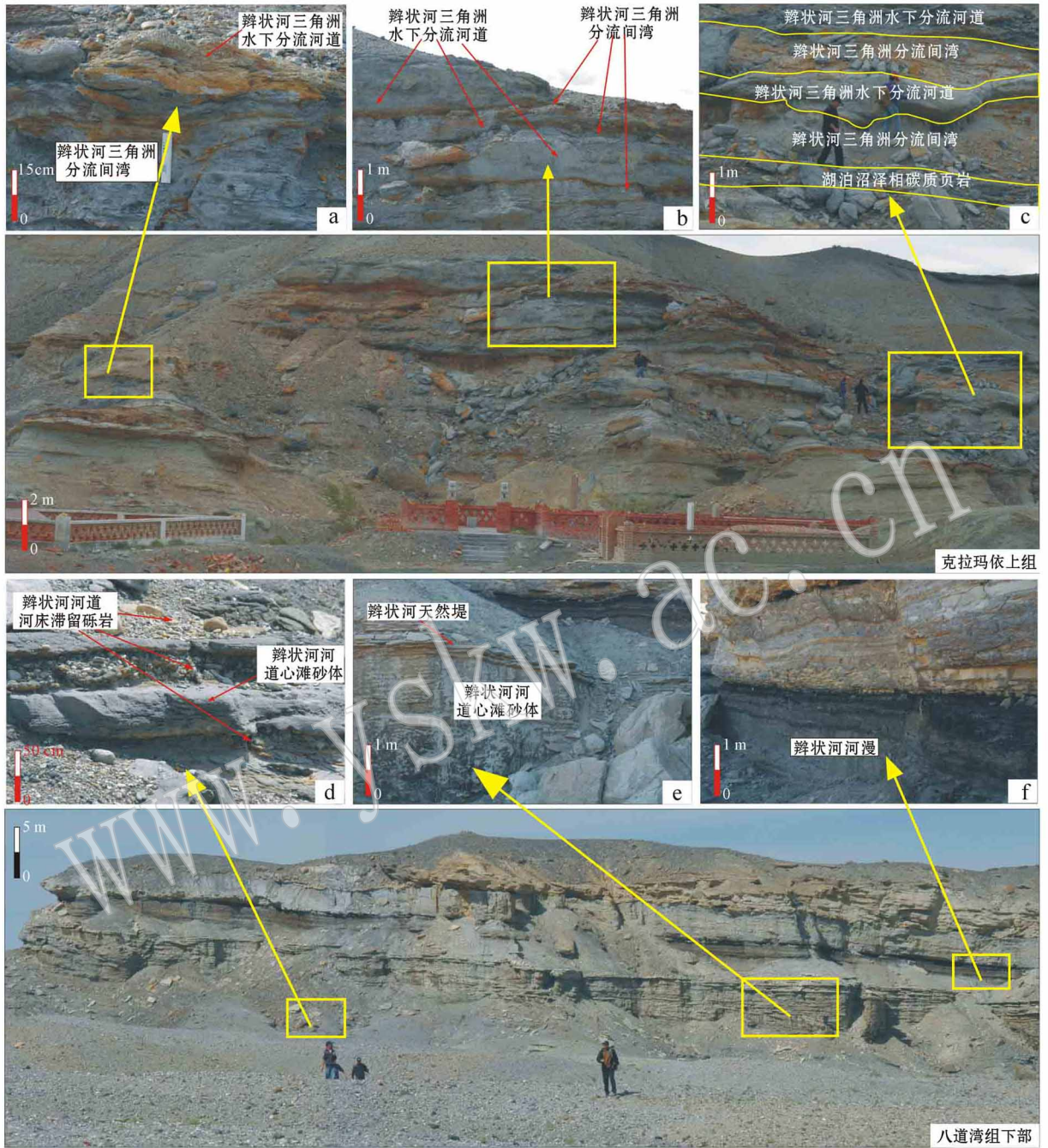


图 7 吐孜阿克内沟克拉玛依上组及八道湾组下部沉积微相构成

Fig. 7 Depositional microfacies composition of Upper Karamay Formation and Lower Badaowan Formation in Tuziakeneigou
 a—辫状河三角洲分流河道和分流间湾沉积; b—辫状河三角洲分流河道和分流间湾沉积; c—湖泊沼泽、辫状河三角洲分流河道和分流间湾沉积; d—辫状河河道床滞留和河道心滩沉积; e—辫状河河道心滩和天然堤沉积; f—辫状河河漫沉积

a—distributary channel and interdistributary bay of braided deltaic deposit; b—distributary channel and interdistributary bay of braided deltaic deposit; c—lacustrine swamp deposit, distributary channel and interdistributary bay of braided deltaic deposit; d—channel lag and mid-channel bar deposit of braided stream; e—mid-channel bar deposit and natural levee deposit of braided stream; f—alluvial flat deposit of braided stream

性分析,其中克拉玛依上组的孔隙度为 24.3% ~ 35.1%,平均孔隙度为 28.6%,渗透率为 $19.5 \times 10^{-3} \sim 111 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均渗透率为 65.3×10^{-3}

μm^2 ,岩石密度为 2.03 g/cm^3 ;而八道湾组的孔隙度为 26.43% ~ 33.6%,平均孔隙度为 31%,渗透率为 $601 \times 10^{-3} \sim 7569 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均渗透率为 2602

$\times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 岩石密度为 1.85 g/cm^3 (表 1)。可见吐孜阿克内沟油砂岩的孔渗性很好,但由于砂体沉积相不同和地层具非均质性等原因导致克拉玛依上组与八道湾组的渗透率相差较大。

表 1 吐孜阿克内沟岩样物性分析化验数据表

Table 1 Analytical data for physical property of rock samples from Tuziakeneigou

层位	样号	岩性	孔隙度 / %	水平渗透率 / $10^{-3} \mu\text{m}^2$	岩石视密度 / $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$
克拉玛依上组	KPA4-8-①	油砂岩	35.1	-	1.99
	KPA4-10-②	油砂岩	26.3	111	1.94
	KPA5-4-③	油砂岩	24.3	19.5	2.17
	层位平均值		28.6	65.3	2.03
八道湾组	KPB1-2-①	油砂岩	32.9	1 470	1.81
	KPB2-2-②	油砂岩	30.9	2 094	1.82
	KPB3-2-②	油砂岩	32.1	2 374	1.77
	KPB5-2-③	油砂岩	33.6	2 527	1.8
	KPB6-2-②	油砂岩	33.0	1 668	1.82
	KPB7-6-②	油砂岩	26.4	7 569	2.01
	KPB8-5-①	油砂岩	27.2	4 423	1.93
	KPB10-1-③	油砂岩	32.0	601	1.84
	KPB12-1-③	油砂岩	31.9	770	1.86
	层位平均值		31	2602	1.85

由中国石化江汉油田分公司勘探开发研究院石油地质测试中心测试。

对吐孜阿克内沟克上组上段和八道湾组的 23 件含油砂岩样品氯仿“ A ”分析实验,得出克拉玛依上组的油砂岩含油率较高,为 $5.87\% \sim 13\%$,平均含油率为 9.62% ;而八道湾组的油砂岩含油率较克拉玛依上组稍差,为 $3.74\% \sim 10.91\%$,平均含油率为 5.8% 。

3.2 油砂岩地球化学特征

对吐孜阿克内沟油砂样品做族组分分析得到,该处油砂的族组分主要以含沥青质和非烃为主(图 8)。样品沥青含量分布范围为 $29\% \sim 87.62\%$,平均可达 61.45% 。相对而言,饱和烃和芳烃含量则较低,饱和烃平均含量为 15.79% ,芳烃的含量仅为 3.0% 。其中克拉玛依上组的饱和烃平均含量为 17.22% ,芳烃的含量仅为 3.39% ,沥青质和非烃含量为 77.16% ;八道湾组的饱和烃平均含量为 17.6% ,芳烃的含量仅为 2.88% ,沥青质和非烃含量为 78.34% ,反映出该区油砂遭到了很严重的降解(赵群等,2008;刘人和等,2008;方朝合等,2008; Zhou Shuqing *et al.*, 2008)。

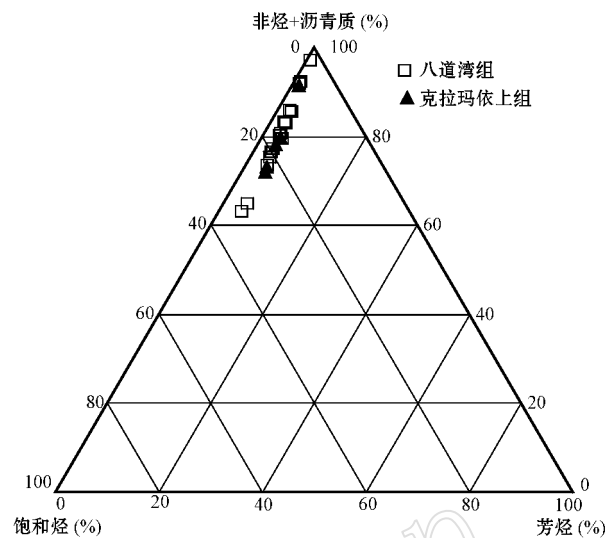


图 8 吐孜阿克内沟油砂族组成三角图

Fig. 8 Triangular diagram of group compositions of oil sand in Tuziakeneigou

4 结论

(1) 吐孜阿克内沟油砂岩为岩屑砂岩,油砂岩的成分成熟度低,结构成熟度中等。

(2) 克拉玛依上组剖面共识别出了滨浅湖和辫状河三角洲前缘两种亚相,湖泊沼泽、水下分流河道、分流间湾 3 种微相,油砂主要发育于辫状河三角洲前缘水下分流河道砂体中;八道湾组剖面共识别出辫状河的河床、堤岸和河漫沉积 3 种亚相,河床滞留、心滩、天然堤、河漫滩及河漫沼泽 5 种微相,油砂主要发育于辫状河河道心滩中。

(3) 克拉玛依上组油砂岩平均孔隙度为 28.6% ,平均渗透率为 $65.3 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,含油率高达 9.62% ;八道湾组油砂岩的平均孔隙度为 31% ,平均渗透率为 $2 602 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,含油率为 5.8% 。

(4) 油砂族组分中以非烃和沥青质为主,仅含少量的饱和烃和芳烃,反映油砂遭到了严重的降解。

致谢 在研究过程中,王晓光和陈铭培给予宝贵建议,董超帮助完成部分绘图工作,在此表示感谢。

References

Fang Chaohe, Liu Renhe, Wang Hongyan, *et al.* 2008. Origin analysis and geological characteristics of oil sands in the Fengcheng area,

- northwest Junggar Basin [J]. *Natural Gas Industry*, 28(11): 127 ~ 130(in Chinese with English abstract).
- Frances J H and Darrell K C. 2006. The athabasca oil sands - A regional geological perspective, Fort McMurray Area, Alberta, Canada [J]. *Natural Resources Research*, 15(2): 85 ~ 102.
- Gao Xincheng. 1999. High-Resolution Sequence Stratigraphy of the Jurassic in Northwestern Junggar Basin [D]. Chengdu University of Technology (in Chinese with English abstract).
- Hu Wenrui, Zhai Guangming, Lei Qun, *et al.* 2008. New Fields and New Technology of Exploration and Development on Unconventional Oil and Gas [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 121 ~ 144(in Chinese).
- Jiao Yangquan, Yan Jiabin, Yang Shengke, *et al.* 1999. Analysis and evolution sequence of depositional systems on Badaowan formation, outcrop area of Karamay oil field [J]. *Earth Science Frontiers*, 6 (extra edition): 258(in Chinese).
- Jia Chengzao. 2007. Oil Sands Resources and Evaluation Methods of Reserves [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1 ~ 60(in Chinese).
- Kuang Hongwei, Gao Zhenzhong, Wang Changyong, *et al.* 2007. Well logging sequence stratigraphy of the Badaowan Formation in the 8th block of the Karamay Oil Field, Xinjiang [J]. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 27(1): 62 ~ 66 (in Chinese with English abstract).
- Liu Renhe, Wang Hongyan, Fang Chaohe, *et al.* 2008. Oil sands characteristics of Hongshanzui area in northwest edge of the Junggar basin [J]. *Natural Gas Industry*, 28(12): 114 ~ 116(in Chinese with English abstract).
- Peter A S and Darwin S. 1982. Sandstone Depositional Environments [M]. The American Association of Petroleum Geologists, 115 ~ 178.
- Wang Changyong, Zheng Rongcai, Wang Jianguo, *et al.* 2008. Sedimentary characteristics and evolution of Badaowan Formation of Lower Jurassic in northwest margin of Junggar Basin [J]. *Lithologic Reservoirs*, 20(2): 37 ~ 42(in Chinese with English abstract).
- Wang Yilin, Wang Yingmin, Qi Xuefeng, *et al.* 2001. Classification of stratigraphic sequences of Jurassic in Junggar Basin [J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 23(5): 382 ~ 385(in Chinese with English abstract).
- Wang Zhengku, Ou Chenghua, Li Fengxia, *et al.* 2007. Application of high-resolution sequence stratigraphy theory in stratigraphic correlation [J]. *Natural Gas Technology*, 1(6): 21 ~ 24(in Chinese with English abstract).
- Wu Yuanyan, Ping Junbiao, Liu Xiuxiang, *et al.* 2002. Quantitative research on preservation and destruction of hydrocarbon accumulation in the northwest edge of Junggar Basin [J]. *Acta Petrolei Sinica*, 23(6): 24 ~ 28(in Chinese with English abstract).
- Zang Chunyan, Shan Xuanlong, Li Jian, *et al.* 2006. Distribution characteristics and developmental prospects of Mesozoic oil sands resources in northwestern margin of Junggar Basin [J]. *Global Geology*, 25(1): 49 ~ 53(in Chinese with English abstract).
- Zhao Chenglin and Zhu Xiaomin. 2001. *Sedimentary Petrology* (Third Edition) [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 37 ~ 110(in Chinese).
- Zhao Qun, Wang Hongyan, Liu Renhe, *et al.* 2008. Oil sand mine realization mode and distribution features in Heiyousha area of the Junggar Basin [J]. *Natural Gas Industry*, 28(12): 117 ~ 120(in Chinese with English abstract).
- Zhou Shuqing, Huang Haiping and Liu Yuming. 2008. Biodegradation and origin of oil sands in the Western Canada Sedimentary Basin [J]. *Pet. Sci.*, 5: 87 ~ 94.

附中文参考文献

- 方朝合, 刘人和, 王红岩, 等. 2008. 新疆焉耆地区油砂地质特征及成因浅析 [J]. *天然气工业*, 28(11): 127 ~ 130.
- 高新生. 1999. 准噶尔盆地西北缘侏罗系高分辨率层序地层学研究 [D]. 成都理工学院.
- 胡文瑞, 翟光明, 雷群, 等. 2008. 常规油气勘探开发新领域与新技术 [M]. 北京: 石油工业出版社, 121 ~ 144.
- 贾承造. 2007. 油砂资源状况与储量评估方法 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1 ~ 60.
- 焦养泉, 颜佳新, 杨生科, 等. 1999. 克拉玛依油田露头区八道湾组沉积体系分析与体系演化序列 [J]. *地学前缘*, 6(增刊): 258.
- 旷红伟, 高振中, 王昌勇, 等. 2007. 克拉玛依油田八区八道湾组测井层序地层学研究 [J]. *沉积与特提斯地质*, 27(1): 62 ~ 66.
- 刘人和, 王红岩, 方朝合, 等. 2008. 准噶尔盆地西北缘红山嘴油砂特征 [J]. *天然气工业*, 28(12): 114 ~ 116.
- 王昌勇, 郑荣才, 王建国, 等. 2008. 准噶尔盆地西北缘八区下侏罗统八道湾组沉积特征及演化 [J]. *岩性油气藏*, 20(2): 37 ~ 42.
- 王宜林, 王英民, 齐雪峰, 等. 2001. 准噶尔盆地侏罗系层序地层划分 [J]. *新疆石油地质*, 23(5): 382 ~ 385.
- 王郑库, 欧成华, 李凤霞, 等. 2007. 高分辨率层序地层学在地层划分对比中的应用——以黑油山油田克拉玛依组为例 [J]. *天然气技术*, 1(6): 21 ~ 24.
- 吴元燕, 平俊彪, 吕修祥, 等. 2002. 准噶尔盆地西北缘油气藏保存及破坏定量研究 [J]. *石油学报*, 23(6): 24 ~ 28.
- 臧春艳, 单玄龙, 李剑, 等. 2006. 准噶尔盆地西北缘中生代油砂分布特征及开发前景 [J]. *世界地质*, 25(1): 49 ~ 53.
- 赵群, 王红岩, 刘人和, 等. 2008. 准噶尔盆地黑油山地区油砂成矿模式及分带 [J]. *天然气工业*, 28(12): 117 ~ 120.
- 赵澄林, 朱筱敏. 2001. *沉积岩石学* (第3版) [M]. 北京: 石油工业出版社, 37 ~ 110.