

The Overall Understanding of the Sedimentary Characteristics and Reservoir Characteristics of the Jiamuhe Formation, 5-8 District

Lu Li¹, Mingjun Liu², Zhipeng Hu¹, Fuhua Gong^{1*}

¹Graduate School of Yangtze University, Wuhan Hubei

²Reserch Institute of Yanchang Petroleum CO. LTD, Xi'an Shanxi

Email: *446985539@qq.com

Received: May 19th, 2016; accepted: Jun. 4th, 2016; published: Jun. 8th, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

The stratum of Jiamuhe Formation in northwestern margin of the Junggar basin is very thick, which consists of volcano rock and clastic rock. There are 5 facies in the study area including alluvial fan facies, fan delta facies, effusive facies, eruption facies and retransported volcano clastic facies. The first member of Jiamuhe Formation, in which volcanic rock widely distributes along the fault, develops volcano facies, fan delta facies and middle alluvial fan sub-facies. The physical property of the first member of Jiamuhe Formation is better, which develops I or II class reservoir in the volcano clastic rock facies while the class III reservoir mostly develops in the clastic rocks. The fan delta facies are widely developed in the second member and third member of Jiamuhe Formation, and the volcanics in the third member are much more than the second member. The mainly reservoir type in the second member and third member of Jiamuhe Formation is III class reservoir, while I, II class reservoirs are also developed in it. Jiamuhe Formation is a good reservoir, the oil content is high, and so it can be taken as a key position for oil & gas exploration and development. The I class and II class reservoirs in the Jiamuhe Formation are mainly developed in the lower subfacies of effusive facies and hot detrital flow subfacies of outbreak facies. Volcanic rock reservoir is worth paying attention to and focusing on the prediction of fractures and dissolution zone.

Keywords

5-8 District, Jiamuhe Formation, Fan-Delta Facies, Volcanic Facies, Reservoir Evaluation

*通讯作者。

对五八区佳木河组沉积特征和储层特征的整体认识

李璐¹, 刘明军², 胡志鹏¹, 龚福华^{1*}

¹长江大学研究生院, 湖北 武汉

²陕西延长石油集团研究院, 陕西 西安

Email: 446985539@qq.com

收稿日期: 2016年5月19日; 录用日期: 2016年6月4日; 发布日期: 2016年6月8日

摘要

准噶尔盆地西北缘五八区佳木河组地层厚度较大, 火山岩和碎屑岩共存。研究区发育有5个相, 分别是冲积扇相、扇三角洲相、喷溢相、爆发相和再搬运火山碎屑岩相。佳木河组一段发育火山岩相和扇三角洲相以及冲积扇的扇中亚相, 而火山岩分布范围广, 且多岩断层分布。佳木河组一段物性较好, I、II类储层较多, 且多发育在火山相中, 而碎屑岩多为III类储层。佳木河组二段和三段以扇三角洲为主, 三段的火山岩相比二段发育。佳木河组二段和三段以III类储层为主, 同样发育有I、II类储层。佳木河组多为好储层, 且试油量较高, 因此佳木河组可作为油气勘探开发的重点层位。佳木河组的I、II类储层主要发育在喷溢相的下部亚相和爆发相的热碎屑流亚相, 火山岩储层值得重视, 重点对裂缝和溶蚀带进行预测。

关键词

五八区, 佳木河组, 扇三角洲相, 火山岩相, 储层评价

1. 引言

五八区西南部紧邻红山嘴断块区, 北部毗邻南白碱滩断裂带, 东北部与百口泉探区南部相邻, 东南部为玛湖凹陷, 面积约为 460 km², 呈鼻隆形态, 北翼平缓, 以斜坡向玛湖凹陷过渡 [1]。

研究区二叠系佳木河组地层厚度大, 最大厚度可达 2000 m 以上, 将佳木河组地层分为三段。佳木河一段大量发育火山岩相, 以中性、酸性火山岩为主, 同时伴有大面积的凝灰岩及火山碎屑岩, 佳木河组二段以碎屑岩为主, 夹有少量中、基性火山岩及凝灰岩, 佳木河三段岩性以基性火山岩、火山碎屑岩及碎屑岩为主。五八区佳木河组的物性整体较好, 主要原因为碎屑岩中存在大量的剩余粒间孔和溶蚀孔隙, 火山岩中发育溶孔和裂缝。试油数据显示, 585 井(2834~2848 m)碎屑岩储层日产油高达 13.08 吨, 累计产油 418.31 吨; 克 007 井(3069~3079 m, 3103~3109 m)火山岩储层日产油高达 50.53 吨, 累计产油 1945.72 吨。因此, 笔者认为佳木河组储层物性好、含油量高, 应加强对佳木河组的勘探与开发(图 1)。

2. 沉积相/火山岩相类型

研究区佳木河组有碎屑岩、火山岩, 也包括两者之间的过渡岩性沉凝灰岩和沉火山碎屑岩。佳木河组的沉积相包括冲积扇相和扇三角洲相, 火山相主要包括喷溢相、爆发相、再搬运火山碎屑岩相 [2]。

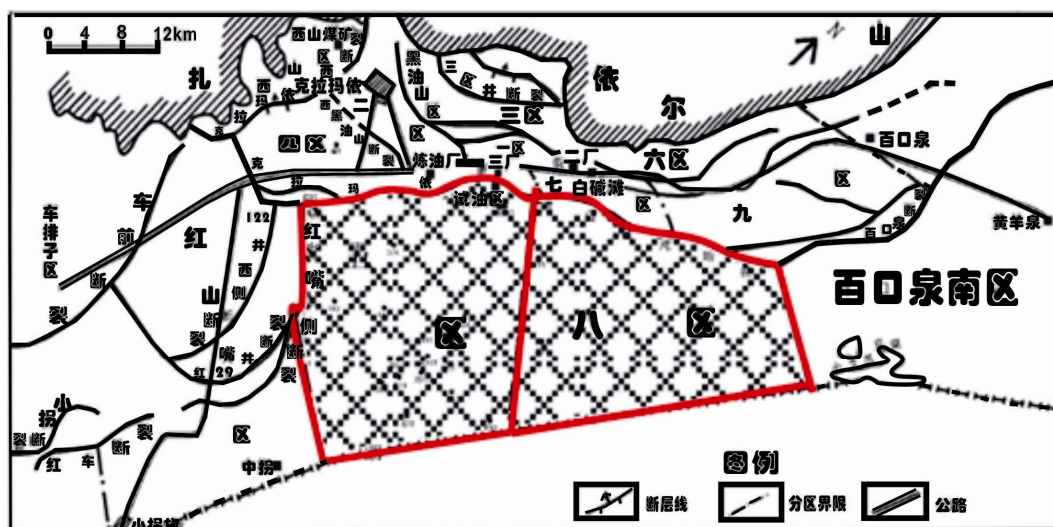


Figure 1. Location map of northwest margin of Junggar
图 1. 准噶尔地区西北缘八区位置图

2.1. 冲积扇相

五八区的冲积扇垂向沉积序列大都为一个“扇复合体”或“复合扇”的沉积序列 [3], 是多期扇沉积作用的结果, 每个扇可进一步分为扇根、扇中和扇缘亚相。但佳木河组地层剥蚀严重, 仅在佳木河组一段中保留了扇中亚相。扇中亚相分为辫流线、辫流砂岛和漫流带。

辫流线微相主要为砾岩和砂砾岩, 粒度中等, 分选略好, 扁平砾石定向排列。发育洪积层理和大型交错层理; 辫流砂岛是辫流线之间或边缘的砂砾滩, 沉积物粒度与辫流线微相相近, 主要发育大型交错层理, 洪积层理次之; 漫流带为辫流线间高部位沉积, 岩性为砂质泥岩及泥质砂岩, 含少量细砾石, 见块状层理及不规则层理 [4]。

2.2. 扇三角洲相

根据扇三角洲的沉积环境特征, 可将其划分成扇三角洲平原、扇三角洲前缘和前扇三角洲 3 个亚相。扇三角洲平原亚相可进一步划分为辫状河道、天然堤、漫流沉积 3 个微相; 扇三角洲前缘亚相主要发育水下分流河道、水下分流河道间等 2 个沉积微相。由于五八区工区范围内没有发育前扇三角洲, 在本文中不做详细描述。

扇三角洲平原亚相: 辫状河道微相主要为棕红色细砾岩、砂质砾岩和含砾砂岩, 含砾砂岩和砂岩中常见槽状、板状交错层理、波状交错层理和少量平行层理; 天然堤微相主要为粉砂、泥质粉砂及粉砂质泥, 分选较差, 常含泥砾、植物根茎等残留沉积物, 其颜色以棕红色或褐色为主; 漫流沉积微相的岩性以泥岩为主, 含少量透镜状粉砂岩和细砂岩 [5] [6]。

扇三角洲前缘亚相: 水下分流河道沉积相以细砾岩、小砾岩、砂质砾岩和砂砾岩为主, 含有少量细砂岩、粗砂岩, 砂砾岩的磨圆度和分选性较好, 杂基含量较低。水下分流河道在扇三角洲沉积中所占厚度最大, 是其主体沉积; 分流河道间微相主要发育于水下分流河道的中部—末端, 其岩性主要以砂质泥岩和泥质细砂岩为主, 其中也常夹有含砾砂岩。

2.3. 喷溢相

喷溢相指火山喷发过程中岩浆熔体从地下深处以火山通道上升至地表, 自火山口向外溢流, 最终冷

凝沉积于火山斜坡处 [7] [8]。熔岩岩心在垂向上呈现出上下不同的特征，下部熔岩致密但多发育有裂缝，上部多发育气孔。根据熔岩的此种特征，将喷溢相分为上部亚相和下部亚相。

喷溢相的岩石类型有安山岩、流纹岩、玄武岩等熔岩，研究区以安山岩为主。上部亚相多为气孔型熔岩，孔隙类型以原生的气孔为主，也有杏仁孔和冷凝收缩孔，但气孔的连通性较差，属于中孔特低渗透层。下部亚相的熔岩气孔相对不发育，但岩石较为脆弱，易形成构造裂缝、成岩裂缝、风化裂缝等次生裂缝。下部亚相的储层多为中低孔特高渗透层。

2.4. 爆发相

爆发相是火山爆发的火山碎屑物、火山灰在地表堆积而成，岩性以凝灰岩为主。根据火山喷发物的动力条件以及流动搬运方式的不同，将爆发相分为热碎屑流亚相和热基浪亚相 [9]。

热碎屑流亚相指火山喷出物由于自身重力及喷出物的后续推动的作用沿地表流动，最终冷凝堆积下来。热碎屑流亚相以岩屑、晶屑凝灰岩为主，可见不明显的正韵律，基质支撑，以冷凝胶结为主，溶蚀发育。热碎屑流亚相的孔隙多为粒内溶孔、粒间溶孔，孔隙度较高，可作为良好的储集相带。基浪亚相指火山碎屑物质以高含气的气固混合物近地表搬运，靠爆发产生的惯性力和气体推动力前进，当这些能量被摩擦力消耗尽时，碎屑物堆积成岩。岩性以晶屑、玻屑凝灰岩为主，相对致密，溶蚀不太发育，储集物性差。

2.5. 再搬运火山碎屑岩相

再搬运火山碎屑岩相是火山岩与沉积岩的过渡相，为距离火山口较远处的边缘相带沉积，可出现在火山活动的各个时期。以沉凝灰岩和沉火山角砾岩为主，呈现正韵律。

沉凝灰岩由塑变玻屑、晶屑的火山灰组成，在后期压实作用下，岩性致密，孔隙以原生的微孔隙为主，也有少量的次生溶孔，孔隙度和渗透率较低，难以形成有效储层。沉火山角砾岩的组成成分主要包括各种火山角砾岩屑，晶屑及凝灰质等。沉火山角砾岩孔隙类型以微孔和粒内、粒间溶孔为主，处于断层发育带位置也可发育裂缝，形成粒内、粒间溶孔+裂缝型的孔缝组合类型，可以作为良好的储集空间。

3. 沉积相平面展布特征

沉积相控制着油气储层的分布和储集性能。碎屑岩储集层的不同类型的砂体中，由于沉积亚相和微相的差异，砂体展布和储集性能都会有明显的不同。同样在火山岩储层中，不同相带火山岩的岩性及储层特征有着明显的不同。多年的勘探与研究表明，研究区的沉积相与油气分布具有密不可分的。因此，开展沉积相带展布规律的研究就显得尤为重要。

3.1. 佳木河组 1 段沉积相平面展布特征

佳木河组 1 段沉积时期大量发育火山岩相，此时研究区主要受西准噶尔活动带的影响，处于裂陷期，断层广泛发育，并伴随较强的火山喷发。五区火山岩相集中在 581 北断裂、561 北断裂、五区南断层和拐 114 东断裂附近，呈连片式发育；八区火山岩相广泛发育在克一乌断裂带一侧(图 2)。

该时期发育大面积扇三角洲平原亚相，主要沉积微相为辫状河道，沉积物为火山碎屑岩，常含凝灰质。五区中部为一个沉积中心，发育扇三角洲前缘亚相，主要沉积微相为扇三角洲前缘水下分流河道，沉积物中常含有大量凝灰质等火山物质。

3.2. 佳木河组 2 段沉积相平面展布特征

佳木河组 2 段沉积时期的火山活动减弱，但在五、八区仍有安山岩和凝灰岩等火山岩分布，整个五

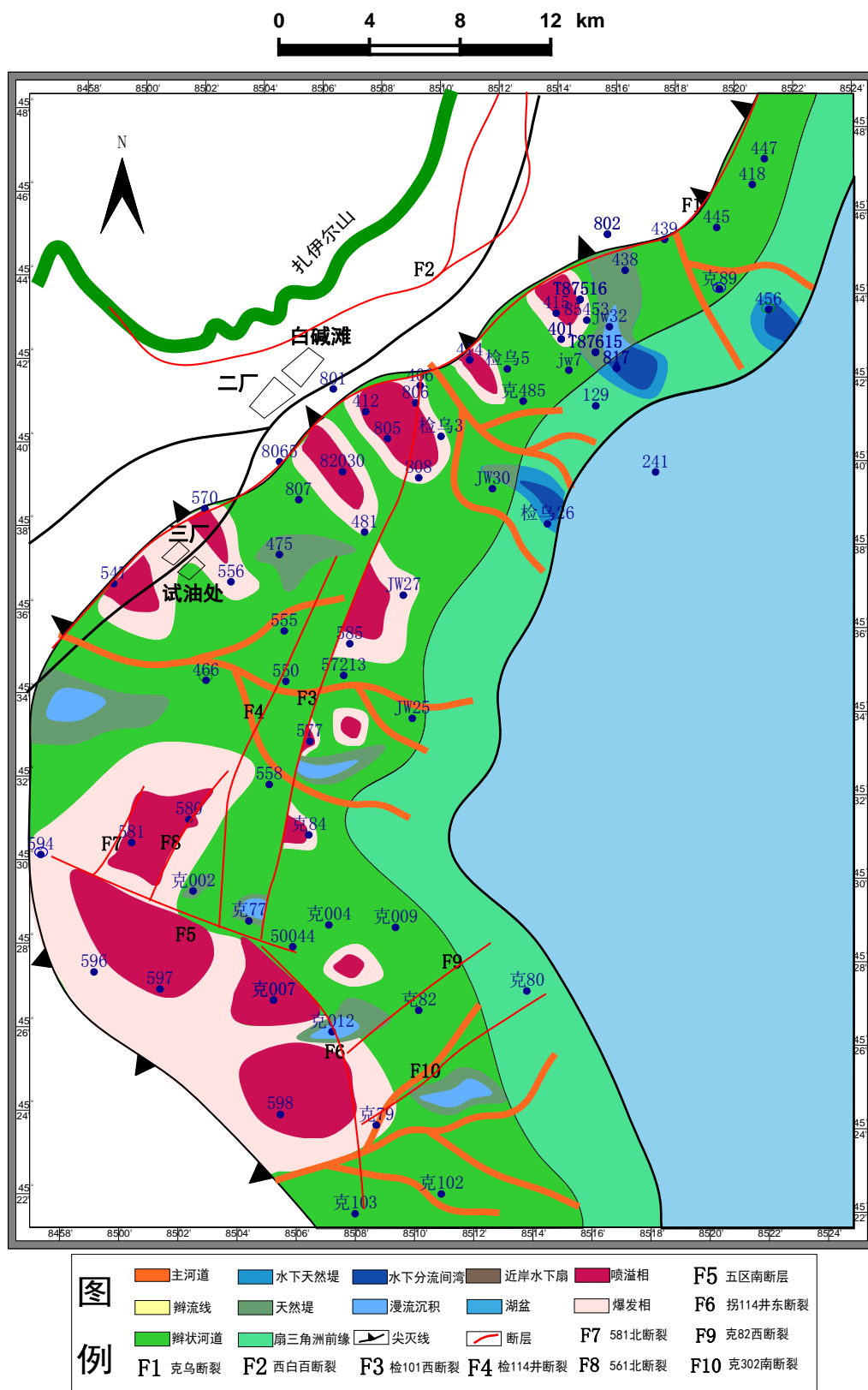


Figure 2. Jiamuhe formation sedimentary facies section
图 2. 佳木河组一段沉积相图

八区主要为扇三角洲平原、前缘亚相沉积,发育辫状河道、漫流沉积、水下分流河道、水下分流河道间微相。沉积面积较大,这些相带整体呈条带状展布,走向与断裂带以及该组地层尖灭线基本一致(图 3)。

此时西准噶尔褶皱带的隆升作用明显增加,伴随一系列的断裂发育,陆相物源区面积扩大,西高东低的地势更加明显,而此时水域面积也向东部萎缩,导致五区南西南部缺失该组地层。该期断层的发育,一方面为油气的输导提供了条件;另一方面断裂带的发育,为形成构造圈闭、后期油气充注及油气藏创造了空间上的条件。

3.3. 佳木河组 3 段沉积平面展布特征

五、八区上佳木河组(P1j3)仅有少量火山角砾岩和安山岩等火山岩分布,主要发育扇三角洲平原、前缘亚相沉积,发育辫状河道、漫流沉积、水下分流河道、水下分流河道间微相。相带展布情况与佳木河组 2 段类似,该组沉积尖灭线继续东移,陆地剥蚀区面积扩大(图 4)。

该时期,整个玛湖凹陷区沉积地层表现为进积式,下部粒度较小,有利于烃源岩的发育,上部发育相对较粗的河道沉积以及滨浅湖等相带,可以作为油气的有利储集相带。这种进积式的沉积会发育垂向上反粒序的沉积,对扇体来讲,平原相带会超覆于之前的前缘相带,而前缘相带超覆于前扇三角洲相带,这种超覆作用会使砂体向盆地凹陷内部延伸。由于扇三角洲平原分流河道为辫状河道,这种河道的堤岸强度较弱,河道摆动性强,加上其本身沉积物粒度较粗,分选较差,往往会发育横向上连续性好的砂砾岩。而前缘相带主要发育的是水下分流河道砂体,这种砂体一方面经过湖水的淘滤作用,相对于平原砂体,除粒度变小之外,泥质杂集含量也会变少,会形成多层河道充填物嵌入泥岩背景中,有利于捕获烃类油气 [10]。

4. 储层特征

4.1. 孔缝类型

通过岩芯观察、薄片观察、扫描电镜分析发现,研究区佳木河组孔隙类型按成因可分为两大类,即原生孔隙和次生孔隙,同样裂缝也分为原生裂缝和次生裂缝(表 1) [11]-[13]。

碎屑岩储层中,原生粒间孔隙、次生粒内溶孔以及微裂缝的含量较高(图 5)为其主要的储集空间,这些孔缝主要发育在辫流线、辫状河道、水下分流河道的砂砾岩和砂岩中;火山岩储层中,次生溶孔为凝灰岩及沉火山角砾岩的主要储集空间,主要发育在热碎屑流亚相和再搬运火山碎屑岩亚相中。而在安山岩、流纹岩等熔岩储层中,裂缝则是其最重要的储集类型,裂缝主要发育在喷溢相的下部亚相。

4.2. 物性特征

本文对五八区 40 口井 1582 个佳木河组的分析化验数据点分析研究,编制了佳木河组各段的孔隙度、渗透率直方图(图 6)。孔隙度 0.35%~30.73%,平均值为 10.13%;五八区佳木河组渗透率 $0 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2 \sim 1709.63 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,均值为 $15.27 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。并选取 680 块样品按不同岩性分别统计其物性,具体数据见 表 2。从整体上看,五八区佳木河组为中孔中低渗储层。

5. 储层评价

5.1. 储层评价标准

通过对五八区碎屑岩和火山岩的岩相、岩性、物性、孔缝发育情况等多因素分析,分别制定了五八区碎屑岩储层分类表(表 3) [10]-[14]。

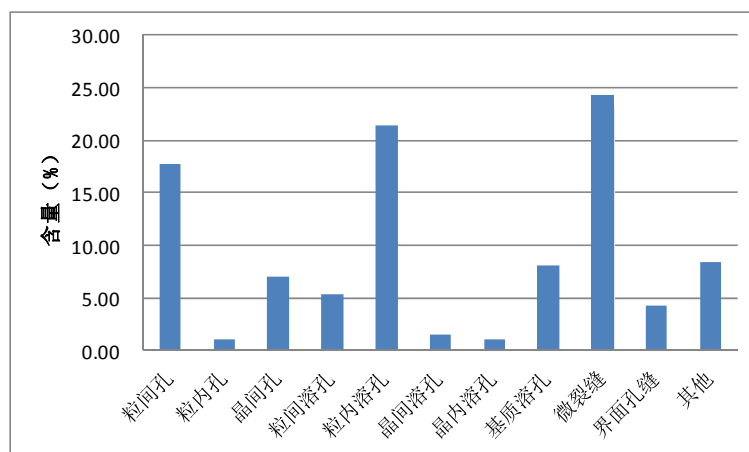


Figure 5. Five eight clastic rock pores content histogram

图 5. 五八区碎屑岩孔缝含量柱状图

Table 1. The hole group of Jiamuhe five eight types of fracture zone

表 1. 五八区佳木河组孔缝类型

储集空间类型	形成机理	岩性	岩相	
原生孔隙	气孔	岩浆的挥发分在冷凝成岩过程中逸散而形成的孔隙	安山岩、玄武岩	上部亚相
	杏仁孔	熔岩中的气孔被矿物不完全充填所保留的孔隙	安山岩	上部亚相
	粒间孔	颗粒与颗粒之间未被凝灰质充填的孔隙	砂砾岩、砂岩、岩屑凝灰岩、沉火山角砾岩、沉凝灰岩	辫流微相、水下分流河道微相、热碎屑流亚相、再搬运火山碎屑岩亚相
	晶间孔	火山岩矿物结晶所产生的孔隙		
次生孔隙	冷凝收缩孔	岩浆在冷凝过程中，岩浆体积变小所形成的孔隙	流纹岩、玄武岩、凝灰岩	上部亚相、热基浪亚相、热碎屑流亚相
	粒内、粒间溶孔	碎屑岩、火山碎屑岩颗粒及颗粒间的填充物被溶蚀而形成的孔隙	砂砾岩、砂岩、岩屑凝灰岩、沉火山角砾岩	热碎屑流亚相、再搬运火山碎屑岩亚相
	晶内、晶间溶孔	火山岩中充填在晶体及晶体间的基质，在溶解和交代作用下形成的孔隙	砂砾岩、砂岩、岩屑/晶屑凝灰岩、沉火山角砾岩、沉凝灰岩	辫流微相、水下分流河道微相、热碎屑流亚相、热基浪亚相、再搬运火山碎屑岩亚相
	晶模孔	火山岩及碎屑岩中晶体被完全溶蚀而形成的孔隙		
	基质溶孔	易溶基质成分内部发生局部溶解而形成的溶蚀孔隙	各类岩石	各类火山相及沉积相
原生裂缝	杏仁体溶孔	杏仁构造中的填充物质受溶蚀作用形成的溶蚀孔隙	安山岩	上部亚相
	界面缝	岩石中颗粒因不均一收缩，沿颗粒表面产生的孔隙	砂砾岩、沉火山角砾岩	辫流微相、再搬运火山碎屑岩亚相
	冷凝收缩缝	岩浆冷凝、结晶过程中形成的裂缝	流纹岩、玄武岩、凝灰岩	上部亚相、热基浪亚相、热碎屑流亚相
	隐爆裂缝	熔浆中的挥发分在熔岩体的某一部位集中，形成内部压力面发生隐蔽爆破	安山岩	上部亚相
	次生裂缝	构造裂缝	受构造断裂运动形成的裂缝	碎屑岩、安山岩、流纹岩
成岩裂缝		在成岩阶段受风化剥蚀等外力作用所产生的裂缝	各类岩石	各类火山相及沉积相

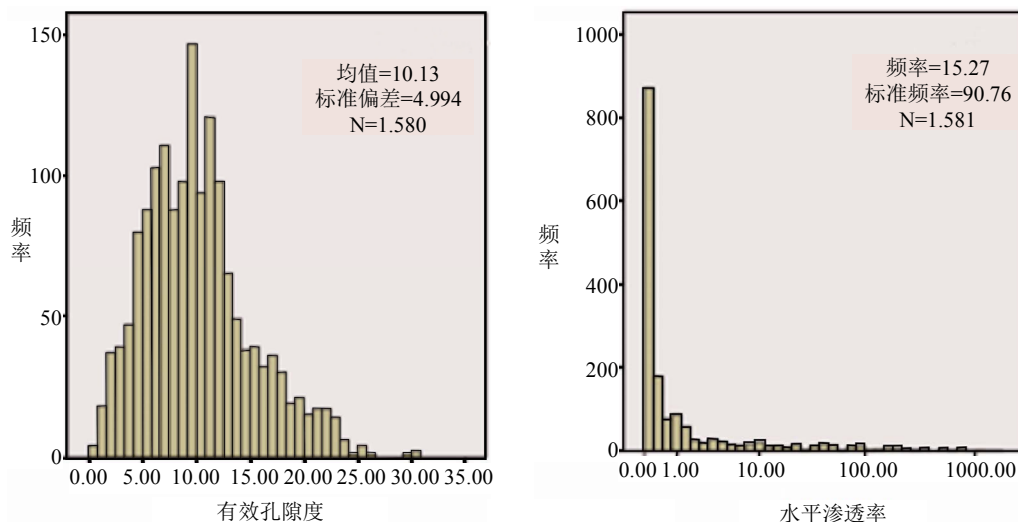


Figure 6. The five eight area of Jiamuhe formation porosity and permeability histogram
图 6. 五八区佳木河组孔隙度、渗透率直方图

Table 2. Statistical table of the physical properties of all kinds of rocks in the five eight area
表 2. 五八区各种岩类物性统计表

物性 \ 岩性		沉积岩	火山碎屑岩	火山岩
孔隙度 (%)	最小值	2	0.35	0.55
	最大值	18.14	20.39	30.73
	平均值	10.37	11.88	10.64
渗透率 (mD)	最小值	0	0	0
	最大值	1685.05	34.43	1709.63
	平均值	27.88	0.75	34.38

Table 3. Classification table of clastic reservoir in five eight area
表 3. 五八区碎屑岩储层分类表

储层孔隙分类		储层渗透率分类		
分类	碎屑岩孔隙度(%)	分类	油藏空气渗透率(%)	气藏空气渗透率(%)
特高	≥30	特高	≥1000	≥500
高	≥25~<30	高	≥500~<1000	≥100~<500
中	≥15~<25	中	≥50~<500	≥10~<100
低	≥10~<15	低	≥5~<50	≥1.0~<10
特低	<10	特低	<5	<1.0

5.2. 佳木河组储层评价

研究过程中，编绘了多种平面图或单井剖面图，主要有火山岩相平面图、孔隙度平面图、渗透率平面图、单井分析图、储集空间类型等，采用叠合法，参照储层分类评价标准，对工区储层进行分层评价(图 7~9)。

从储层分类平面图上可以看出, 火山岩的 I 类、II 类发育多发育在溶蚀较好的爆发相和含裂缝的喷溢相中, III 类储层发育广泛, 在全区火山岩相、碎屑岩相中均有分布。

从佳木河组一段 I 类、II 类储层主要分布在克乌断裂带、五区南断层、拐 114 井东断裂附近, 主要为喷溢相和爆发相中溶蚀发育区域, 可作为开发的主要区域。而碎屑岩储层以 III 类储层为主, 主要为辫流微相和辫状河道微相; 佳木河组二段以 III 类储层为主, I 类、II 类储层主要发育在火山口附近的喷溢相下部亚相和爆发相热碎屑流亚相中; 佳木河组三段同样以 III 类储层为主, 但该段火山喷发规模比二段大, 火山岩主要分布在克乌断裂带和拐 114 井东断裂东侧, 多属于 I 类、II 类储层。在检 101 西断裂北段的 480 井、检乌 27 井也发育有火山岩, 以爆发相的凝灰岩为主, 溶蚀发育, 也为好储层。

6. 结论

1) 佳木河组以扇三角洲相和火山相为主, 在佳木河组 1 段发育有冲积扇相。研究区的扇三角洲相主要包括 2 个亚相和 5 个微相, 火山相主要有 3 个相和 5 个亚相。

2) 五八区佳木河组储层孔隙类型多样, 整体上看储层物性较好, 佳木河组储层高, 因此佳木河组应作为勘探与开发的重点层位。

3) 五八区火山岩的储集性能相对于碎屑岩较好, 应加强对火山岩储层的勘探。而火山岩储层中裂缝和溶蚀孔隙起着重要作用, 在对火山岩勘探过程中, 重点进行裂缝和溶蚀发育带的预测。

基金项目

长江大学与新疆油田分公司合作项目“五八区二叠系沉积体系研究与储层评价”。

参考文献 (References)

- [1] 张顺存, 姚卫江, 邢成智, 等. 准噶尔盆地西北缘中拐凸起一五、八区火山岩岩相特征[J]. 新疆石油地质, 2011, 32(1): 7-10.
- [2] 颜耀敏, 王英民, 祝彦贺, 等. 准噶尔盆地西北缘五八区佳木河组含火山岩系沉积模式[J]. 天然气地球学, 2007, 18(3): 376-379.
- [3] 龚福华, 陈开研, 李笑天, 等. 冲积扇扇体沉积特征与形态的刻画[J]. 地球科学前沿, 2014, 4(2): 83-93.
- [4] 李国永, 徐怀民, 张兵, 等. 准噶尔盆地西北缘八区克下组冲积扇沉积微相研究[J]. 特种油气藏, 2010, 17(2): 15-18.
- [5] 朱水桥, 肖春林, 饶政, 等. 新疆克拉玛依油田八区上二叠统下乌尔禾组河控型扇三角洲沉积[J]. 古地理学报, 2005, 7(4): 471-482.
- [6] 刘军钊, 张尚锋, 关键, 等. 准噶尔盆地西北缘车排子地区侏罗系扇三角洲沉积特征[J]. 特种油气藏, 2008, 15(5): 27-30.
- [7] 沈艳杰. 松辽盆地营城组火山碎屑岩: 相·结构·应用[D]: [博士学位论文]. 长春: 吉林大学, 2012: 175-191.
- [8] 王璞珺, 迟元林, 刘万洙, 等. 松辽盆地火山岩相: 类型、特征和储层意义[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2003, 33(4): 449-456.
- [9] 李喆, 王璞珺, 纪学雁, 等. 松辽盆地东南隆起区营城组火山岩相和储层的空间展布特征[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2003, 33(4): 449-456.
- [10] 李兵, 党玉芳, 贾春明, 等. 准噶尔盆地西北缘中拐-五八区二叠系碎屑岩沉积相特征[J]. 天然气地球科学, 2011, 22(3): 432-437.
- [11] 吴晓智, 蒋宜勤, 李佰华, 等. 准噶尔盆地西北缘中拐-五八区佳木河组储层主控因素及发育区预测[J]. 新疆地质, 2010, 28(2): 174-179.
- [12] 高有峰, 刘万洙, 纪学雁, 等. 松辽盆地营城组火山岩成岩作用类型、特征及其对储层物性的影响[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2007, 37(6): 1254-1256.
- [13] 王伟锋, 高斌, 卫平生, 等. 火山岩储层特征与油气成藏模式研究[J]. 地球物理学进展, 2012, 27(6): 2478-2491.
- [14] 兰朝利, 王金秀, 杨明慧, 等. 低渗透火山岩气藏储层评价指标标议[J]. 油气地质与采收率, 2008, 15(6): 32-34.