

Research on Development of Carboniferous in Chunfeng Oilfield

Xuezhong Wang, Weijun Xi

Shengli Oilfield Company, Sinopec, Dongying
Email: wxzxlywlt@sina.com

Received: Jun. 4th, 2014; revised: Jul. 1st, 2014; accepted: Jul. 9th, 2014

Copyright © 2014 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

According to Chunfeng Oilfield Carboniferous in Junggar Basin with volumes of reserves, while there is a productivity of great difference by production test, a practical development technology study is launched. It is shown that reservoir lithology of Chunfeng Oilfield Carboniferous is volcanic rocks, which is mainly pore-fracture type reservoir and ordinary heavy oil. Industrial oil flow is obtained by normal producing of volcanic tuff reservoir of 6 wells (e.g. Pai61 Well), and the yield is stable. Pai66 Well whose producing interval is grey oil spot volcanic tuff has produced for 652 d continuously, having cumulative oil production of 7099 t; and the oil viscosity is 154 mPa·s at 50°C. Industrial oil flow of hydraulic sand blast fracturing is obtained in the volcanic breccias reservoir of Pai666 and Pai681 Well. Based on the wide and stable development in the Carboniferous reserves of Chunfeng Oilfield, the development of continuous large-size stratigraphic oil pool is more possible. The first horizontal well (Pai664C) has successfully drilled to the horizontal section of 486 m, obtaining industrial oil flow.

Keywords

Development Technology, Hydraulic Sand Blast Fracturing, Carboniferous, Pore-Fracture Type Reservoir, Volcanic Rock, The West Edge of Junggar Basin, Chunfeng Oilfield

春风油田石炭系开发技术研究

王学忠, 席伟军

中国石化股份有限公司胜利油田分公司, 东营
Email: wxzxlywlt@sina.com

收稿日期：2014年6月4日；修回日期：2014年7月1日；录用日期：2014年7月9日

摘要

针对准噶尔盆地春风油田石炭系已落实规模储量但试采产能差异较大的情况,开展了实用开发技术研究。发现,春风油田石炭系储层岩性均为火山岩,以孔隙-裂缝性储层、普通稠油为主。排61等6口井火山凝灰岩储层常规试采均获得工业油流,且保持了持续稳定生产。其中,排66井生产井段岩性为灰色油斑火山凝灰岩,已连续生产652 d,累计产油量7099 t,50℃脱气原油黏度154 mPa·s。排666和排681井火山角砾岩储层水力喷砂压裂获得工业油流。基于石炭系储层在春风油田发育广泛且比较稳定,发育连续型大型地层油藏的可能性很大,部署的第一口水平井排664侧井成功钻遇水平段486 m,已获得工业油流。

关键词

开发技术,水力喷砂压裂,石炭系,孔隙-裂缝型储层,火山岩,准噶尔盆地西缘,春风油田

1. 引言

春风油田位于准噶尔盆地西缘车排子凸起,2009年以来应用水平井蒸汽吞吐技术成功开发了沙湾组薄浅层超稠油,2013年产油 65×10^4 t。同时,以2010年排60井石炭系见油花、2011年排61井获工业油流、2012年排66井获高产工业油流为契机,石炭系逐步成长为春风油田一套重要的开发接替层系[1],先后有29口探井钻遇石炭系油层,其中9口井获工业油流,占33%。由于孔隙、裂缝双重介质储层变化快,预测难度大,试采井产量差异也较大。2014年7月,开井5口,日产油25 t/d,含水41%,累产油12,938 t。一方面积极攻关勘探技术,广泛采用了磁力异常预测技术、三维地震预测技术、岩相识别技术、测井响应预测技术、核磁共振储层识别技术和地球化学储层识别技术。另一方面积极进行水力喷砂压裂、水平井等开发实践,初步形成了实用开发技术。

2. 油藏概况

车排子凸起属于准噶尔盆地西部隆起的次一级构造单元,东面以红-车断裂带与昌吉凹陷相连,南面是四棵树凹陷,西面及西北面为扎伊尔山(图1),北面为克-夏断阶带。春风油田二叠系、三叠系全部缺失,侏罗系、白垩系地层部分缺失,沙湾组直接覆盖在石炭系之上,该区石炭系地层埋深较浅[2],从55 m到2200 m。春风油田38口井钻揭石炭系大于100 m。其中,排667井钻井揭示石炭系火山岩地层厚度2738 m(未钻穿),据地震资料推测该区石炭系厚度大于5000 m。

春风油田石炭系储层岩性均为火成岩,含油岩性主要为凝灰岩、玄武岩和火山角砾岩,宏观上油气主要沿裂缝面及溶蚀孔洞富集。镜下和扫描电镜分析储集空间以裂缝、裂缝-溶蚀孔为主,油气主要沿裂缝面及溶蚀孔隙(洞)富集,距离石炭系顶面比较近、距离断层比较发育的区域岩石风化作用相对较强,易形成裂缝-孔隙型储层(图2)。排665井纵裂缝、斜裂缝和横裂缝的缝长为50~400 mm,缝宽0.5~2 mm,最高裂缝密度15条/m[3]。春风油田石炭系原油以普通稠油为主,地面原油密度 0.9264 g/cm^3 ,50℃脱气原油黏度149 mPa·s。

春风油田石炭系受强烈构造改造影响,纵横向都极为复杂;地震资料主频低、信噪比低、资料品质差、反射杂乱,解释难度大,构造体系认识不清;油层与水层电测曲线特征无明显差异,测井评价难度

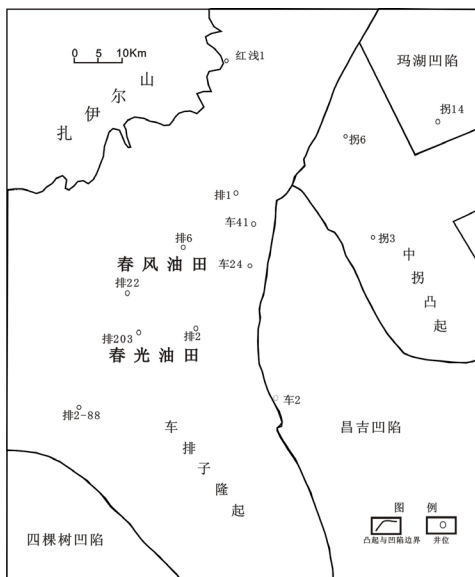


Figure 1. Chunfeng Oilfield structural location graph
图 1. 春风油田构造位置图

| 岩石类型 | 储集空间类型 | 镜下特征 | | | 扫描电镜特征 |
|-------|----------------------------------|------|--|--|--------|
| 火山角砾岩 | 角砾间孔 角砾内斑晶溶孔 角砾内残余气孔 裂缝 | | | | |
| 玄武岩 | 斑晶溶孔 裂缝 | | | | |
| 安山岩 | 斑晶溶孔 裂缝 | | | | |
| 凝灰岩 | 角砾残余孔（角砾状凝灰岩） 裂缝 | | | | |

Figure 2. Carboniferous reservoir space type in Chunfeng Oilfield
图 2. 春风油田石炭系储集空间类型

大；火成岩裂缝有利发育区预测难度大；勘探程度低。为此，近几年采用了磁力异常预测、三维地震预测、岩相识别、测井响应预测、核磁共振储层识别和地球化学储层识别等多项储层识别技术。通过对石炭系油藏成藏规律研究发现，春风油田石炭系埋藏浅、厚度大、展布广泛、原油物性好、孔隙-裂缝性储层发育。本身具有生油条件，纵向上火山岩巨厚且多种岩性都能发育优质储层，玄武岩、安山岩、火山角砾岩和凝灰岩四种岩性均见到油气显示且常规试采获得了工业油流，横向上各种岩相都有成藏潜力；石炭系储层在春风油田发育广泛且比较稳定，发育整体连片、连续型大型地层油藏的可能性很大。上报控制储量 3519×10^4 t，上报预测储量 1498×10^4 t。同时，2014 年，中石油新疆油田在车排子凸起中南段钻探的车 541、车 542 井、车 544 井均在石炭系获工业油流，进一步证实该区石炭系勘探潜力。

3. 开发技术研究

3.1. 火山凝灰岩常规试采技术

从核磁共振录井、成像解释以及生产情况看,凝灰岩储层物性优于安山岩和火山角砾岩储层物性(表1、表2)[4]。

排61等6口井常规试采均获得工业油流,且保持了持续稳定生产(表3)。其中,排66井生产井段岩性为灰色油斑火山凝灰岩,自2012年10月18日投产以来,日产油一直稳定在15 t/d左右,含水20%,到2014年7月,已连续生产652 d,累产油7099 t,累产水2176 m³,50℃脱气原油黏度154 mPa·s。排663井钻揭石炭系115 m,见油斑级别显示6 m/2层,井段928~1031 m投产后,日产油9 t/d,不含水。

3.2. 火山角砾岩水力喷砂压裂技术

春风油田3口井火山角砾岩储层试采仅获1 t/d左右油流,为此进行了水力喷射压裂改造。该技术集射孔、压裂、隔离为一体[5],通过2套泵压系统分别向油管和环空中泵入流体,完成喷砂射孔和压裂而无需机械封隔装置。

3.2.1. 排666井水力喷砂压裂

2013年钻探的排666井石炭系取心进尺199 m,心长195 m,钻遇油斑65 m(图3)。排666井1068~1072 m井段岩性为火山角砾岩,岩心观察裂缝发育,见油气显示,荧光下裂缝较亮,基质含油,含油性好;

Table 1. Core NMR logging result table of Carboniferous in Chunfeng Oilfield
表1. 春风油田石炭系岩心核磁共振录井成果表

| 井号 | 样品数 | 岩性 | 孔隙度% | 渗透率 × 10 ⁻³ μm ² | 可动流体饱和度% | 初始状态可动水饱和度(%) | 含油饱和度% |
|-------|-----|-------------|------|--|----------|---------------|--------|
| 排61 | 6 | 灰色油斑凝灰岩 | 0.57 | <0.01 | 5.88 | 1.5 | 61.8 |
| | 31 | 灰黑色油迹火山角砾岩 | 7.39 | 1.83 | 29.4 | 26.1 | 4.6 |
| | 46 | 绿灰色凝灰岩 | 0.36 | <0.01 | 8.53 | | 0 |
| 排666井 | 25 | 灰黑色油斑凝灰岩 | 0.36 | <0.01 | 12.03 | | 86.7 |
| | 79 | 褐红色安山岩 | 0.28 | <0.01 | 8.8 | | 0 |
| | 61 | 褐红色油斑安山岩 | 0.34 | <0.01 | 10.78 | | 78.0 |
| 排66井 | 9 | 灰色油斑凝灰岩 | 3.71 | 0.03 | 4.57 | 0.05 | 63.3 |
| | 25 | 灰色油斑构造火山角砾岩 | 8.17 | 0.33 | 7.2 | 61.4 | 31.8 |

Table 2. Magnetic resonance imaging interpretation results of Pai66 Well
表2. 排66井核磁共振成像解释结果

| 井深(m) | 孔隙度(%) | 渗透率(×10 ⁻³ μm ²) | 含油饱和度(%) | 可动流体饱和度(%) | 岩样描述 |
|---------|--------|---|----------|------------|----------|
| 1209.1 | 9.53 | 0.07 | 21.07 | 3.02 | 褐红色油斑凝灰岩 |
| 1209.27 | 9.35 | 0.09 | 25.78 | 1.24 | 褐红色油斑凝灰岩 |
| 1209.43 | 11.11 | 0.14 | 23.13 | 0.7 | 褐红色油斑凝灰岩 |
| 1209.6 | 0.59 | 0 | 88.3 | 5.83 | 灰色油斑凝灰岩 |
| 1209.76 | 0.55 | 0 | 61.87 | 5.98 | 灰色油斑凝灰岩 |
| 1209.93 | 0.77 | 0 | 88.85 | 5.71 | 灰色油斑凝灰岩 |
| 1210.2 | 0.53 | 0 | 79.53 | 5.78 | 灰色油斑凝灰岩 |

Table 3. Exploratory well production test of Carboniferous in Chunfeng Oilfield
表 3. 春风油田石炭系探井试采情况

| 井号 | 完钻时间 | 石炭系井段/m | 油斑 | 测井解释油层 | 油层中深/m | 日产油/t | 含水率/% | 累产油/t (2014年7月) | 50 ℃ 原气原油黏度/mPa·s |
|-------|------|-----------|-----------|----------|--------|-------|-------|--------------------|----------------------|
| 排 61 | 2011 | 879~1284 | 22 m/3 层 | 39 m/5 层 | 902 | 10 | 1 | 333 | 370 |
| 排 66 | 2012 | 962~1504 | 14 m/4 层 | 42 m/8 层 | 1173 | 16 | 9 | 7099 | 154 |
| 排 661 | 2012 | 1060~1250 | 3 m/2 层 | | 1122 | 19 | 0 | 995 | 145 |
| 排 663 | 2013 | 928~1031 | 4.8 m/2 层 | | 980 | 15 | 4 | 1927 | 1182 |
| 排 665 | 2013 | 781~916 | 8 m/2 层 | | 849 | 15 | 6 | 170 | |
| 排 666 | 2013 | 1060~1075 | 65 m/11 层 | | 1068 | 9 | 13 | 2028 | |
| 排 668 | 2014 | 953~1070 | 7.9 m/4 层 | | 1012 | 4 | 66 | 248 | |
| 排 667 | 2013 | 960~1143 | 5.9 m/2 层 | | 1001 | 7.1 | 15.4 | 15 | 476 |

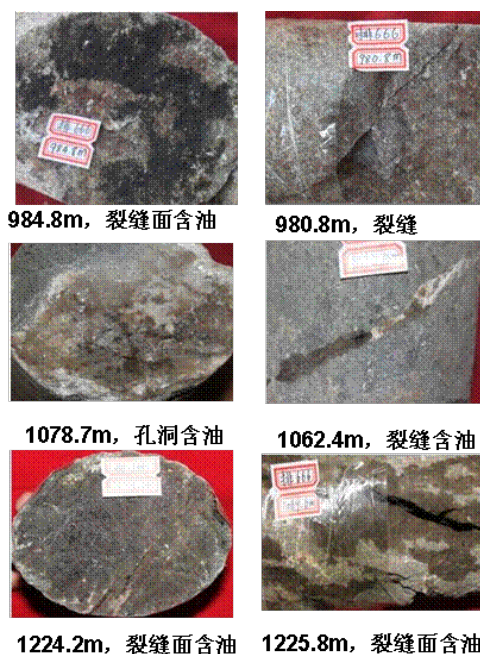


Figure 3. Carboniferous reservoir space type in Chunfeng Oilfield
图 3. 春风油田石炭系储集空间类型

荧光薄片下裂缝和基质都呈亮黄色；成像显示发育多条裂缝且孔洞发育。排 666 井 1060~1079 m 的储集层岩石热解分析 S'_0 为 0.9 mg/g, S_{11} 为 8.26 mg/g, S_{21} 为 4.21 mg/g, S_{22} 为 37.96 mg/g, S_{23} 为 0.9 mg/g; 储集层岩石热蒸发烃色谱分析, 碳数范围为 $nC_{12} \sim nC_{37}$, 主峰碳为 29, $\Sigma C_{21}^- / \Sigma C_{22}^+$ 为 0.2615; 二维定量荧光录井分析, 荧光强度为 5320, 含油浓度为 10,254 mg/l, 地化指标较高。

2013 年 10 月, 排 666 井(井段 1060~1075 m)实施了水力喷砂压裂(图 4)。破裂压力 33 MPa, 加砂 46 m^3 。压裂前后对比, 日产液由 1.4 t/d 增加到 12 t/d, 日产油由 1.4 t/d 增加到 10 t/d(图 5)。已连续生产 264 d, 平均日产油 7.7 t/d, 含水 37%, 累产油 2028 t。

3.2.2. 排 681 井水力喷砂压裂

排 681 井 953~1070 m 岩性为褐红色油斑安山质火山角砾岩, 常规试油日产油 0.3 t/d, 含水 70%, 50℃

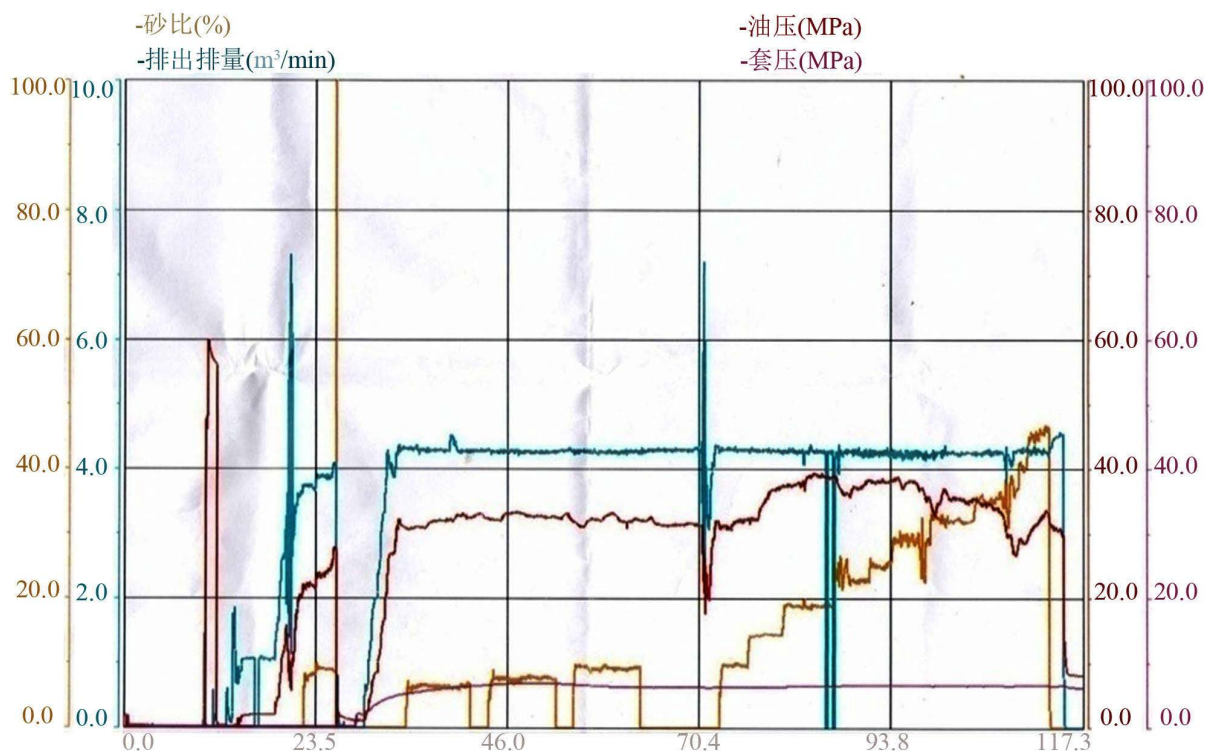


Figure 4. Hydraulic fracture operating curve of Pai666 Well

图 4. 排 666 井压裂施工曲线

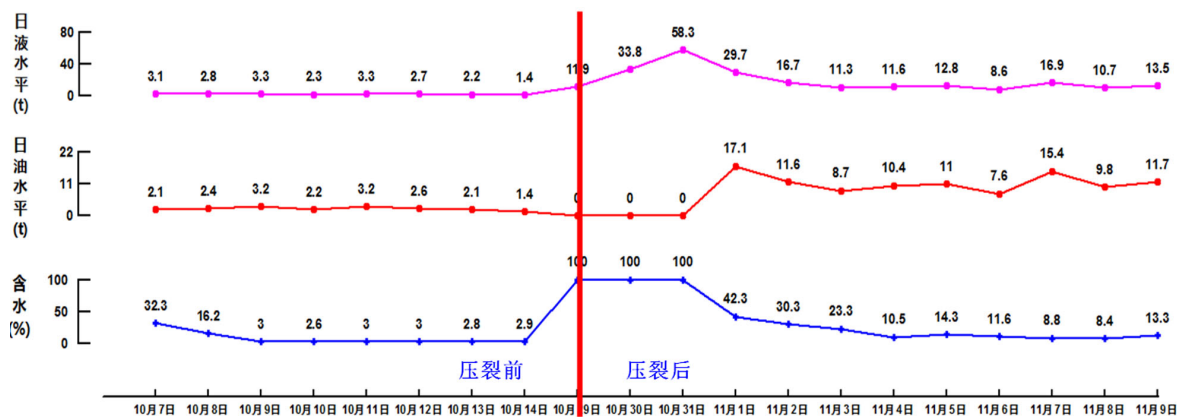


Figure 5. Hydraulic fracture operating comparison of precurve of Pai666 Well

图 5. 排 666 井压裂施工前后对比曲线

脱气原油粘度 1620 mPa·s。2014 年 6 月进行了水力喷砂压裂。压裂施工分 10 个段塞，共挤入压裂液 233 t，加砂 24.1 t，纤维 0.2 t。6 月 16 日试采开井，已连续生产 22 d，平均日产油 7.4 t/d，含水 49%，累产油 163 t。

3.2.3. 排 672 井水力喷砂压裂

2014 年 6 月，排 672 井钻遇火山角砾岩油斑 33 m，1152.6 m 井壁取心见到原油沿裂缝面和溶蚀孔洞分布。排 672 井 1193~1205 m 井段中途测试获低产油流，2014 年 7 月 4 日，对该井段实施了水力喷砂压裂，最高压力 35 MPa，共挤入压裂液 275 m³，加砂 16.4 m³，纤维 122 kg。

3.3. 水平井开发技术

国际上石炭系时代为(290~340 Ma),排60井储层锆石测年为 334.7 ± 6.1 Ma,判断为石炭系。排66井2127~2747 m井段孢粉鉴定结果为晚石炭世。火山喷发时产生的气体及火山灰能在海水中释放出部分细菌及藻类生存必须的营养元素,促进藻类/细菌大量生长,从而导致石炭系凝灰质泥岩中富集有机质[6]。排66、67、68、70、668井钻遇到较厚的石炭系泥岩,其中排66井自2100 m钻遇深灰色泥岩及黑色碳质泥岩,厚度500 m,有机碳含量0.8%, R_o 为0.9%,处于生烃高峰。排67井有机碳含量为0.7%~1.0%,平均0.8%, R_o 为0.8%~1.0%,处于生烃高峰,具备生烃能力。证实春风油田石炭系发育质量较好的烃源岩。春风油田石炭系火山岩储集物性条件较差,但局部仍富集了大量油气,说明油藏形成的其他条件较为优越,其中车排子凸起自海西期形成以来长期继承性隆起非常重要,是油气的有利运移指向区。石炭系经历晚海西期-燕山期多期构造运动,地层遭受强烈挤压、推覆作用及长期风化剥蚀和淋滤改造作用,次生孔隙及裂缝较为发育,局部储集条件较好,另外石炭系圈闭形成时间早,有利于形成自生自储油藏。春风油田在该区石炭系勘探技术不是很成熟的情况下,在670 km²三维区部署的29口井中25口井钻遇石炭系储层,充分证明石炭系储层在春风油田发育广泛且比较稳定。通过以上分析,认为春风油田石炭系属于自生自储整体连片、连续型大型地层油藏的可能性很大。从勘探难度看,在大型地层油藏部署井位显然比在断块油藏部署井位更容易下决心。

借鉴大庆徐深气田火山岩储层成功钻探8口水平井的经验[7]。排664井2013年完钻,石炭系(855~949 m)试油日产油4 t/d,不含水,累产油29 t。为进一步探索水平井开发的可行性,对该井实施了侧钻,2014年6月20日完钻,井深1516 m,成功钻遇到水平段486 m,已获得工业油流。

4. 结论

1) 春风油田石炭系埋藏浅、厚度大、展布广泛、原油物性好、孔隙-裂缝性储层发育。本身具有生油条件,纵向上火山岩巨厚且多种岩性都能发育优质储层,玄武岩、安山岩、火山角砾岩和凝灰岩四种岩性均见到油气显示且常规试采获得了工业油流,横向上各种岩相都有成藏潜力;石炭系储层在春风油田发育广泛且比较稳定,发育整体连片、连续型大型地层油藏的可能性很大。

2) 排61等6口井火山凝灰岩储层常规试采均获得工业油流,且保持了持续稳定生产。排666等2口井火山角砾岩储层水力喷砂压裂获得工业油流。该区第一口水平井排664侧井成功钻遇水平段486 m。

基金项目

国家科技重大专项《准噶尔盆地碎屑岩层系大中型油气田形成规律与勘探方向》(2011ZX05002-002);中国石化股份有限公司科研项目《新疆北部石炭系成烃成藏与勘探方向》(P12035)。

参考文献 (References)

- [1] 刘传虎 (2014) 准噶尔盆地隐蔽油气藏类型及有利勘探区带. *石油实验地质*, **1**, 25-32.
- [2] Wang, J.Y., Wang, X.Z. and Ma, L.Q. (2013) Petroleum exploration of marine deposit, shallow, Carboniferous and volcanic tuff reservoir in the western margin of Junggar Basin. *Engineering Science*, **11**, 13-18.
- [3] 王学忠 (2014) 火山岩孔隙-裂缝型储层特征与渗流叠加效应——以准噶尔盆地西缘排66地区为例. *地球科学前沿*, **1**, 22-26.
- [4] 杨正明, 郭和坤, 姜汉桥, 等 (2009) 火山岩气藏不同岩性核磁共振实验研究. *石油学报*, **3**, 400-403.
- [5] 田守崮, 李根生, 黄中伟, 等 (2008) 水力喷射压裂机理与技术研究进展. *石油钻采工艺*, **1**, 58-62.
- [6] 王书荣, 宋到福, 何登发 (2013) 三塘湖盆地火山灰对沉积有机质的富集效应及凝灰质烃源岩发育模式. *石油学报*, **6**, 1077-1087.
- [7] 邵锐, 孙彦彬, 曹宝军, 等 (2011) 徐深气田火山岩气藏水平井开发实践. *科学技术与工程*, **20**, 4740-4744, 4755.