

松辽盆地断陷层火山机构类型 及其气藏特征

唐华风¹, 王璞珺¹, 李瑞磊², 黄 晨², 白 冰¹

1. 吉林大学地球科学学院, 长春 130061

2. 中国石油化工股份有限公司东北油气分公司勘探开发研究院, 长春 130062

摘要:松辽盆地断陷层(火石岭组和营城组)火山机构类型见 3 类 6 型。营城组以酸性火山机构为主, 其中:盆地北部酸性熔岩火山机构占 33%, 南部占 38%, 北部的中基性火山机构比例小于南部。火山岩气藏类型主要为构造-岩性气藏, 气水界面是一个起伏变化的界面。气藏内部特征受火山机构类型控制, 酸性碎屑岩火山机构的气层厚度变化较小, 其形态为板状或席状; 酸性复合和熔岩火山机构气藏的气层厚度变化小, 其形态为丘状和席状; 中基性熔岩火山机构的厚度变化较大, 其形态为丘状或楔状。松辽盆地火山岩气藏成藏主控因素为有效烃源岩、通源断层和储层物性。从松辽盆地发现的火山岩工业气藏来看: 火山岩气藏主要集中在酸性熔岩火山机构中, 北部贡献率为 50%, 南部贡献率为 38%; 盆地北部中基性火山机构的成藏效率高于南部。火山岩勘探方向应该聚焦在具有烃源岩和通源断层的区带, 首先针对酸性火山机构, 其次是中基性火山机构。

关键词:松辽盆地; 火山机构类型; 气藏特征; 勘探方向; 火山岩

中图分类号: P618.13 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-5888(2012)03-0583-07

Classification of Volcanic Edifices and Its Characteristics of Gas Pool in Faulted Sequence of the Songliao Basin, NE China

Tang Hua-feng¹, Wang Pu-jun¹, Li Rui-lei², Huang Chen², Bai Bing¹

1. College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, China

2. Research Institute of Exploration and Development, Northeast Oil and Gas Branch, SINOPEC, Changchun 130062, China

Abstract: Volcanic edifices of the Yingcheng Formation and the Huoshiling Formation in the Songliao basin are classified into 3 types. They are pyroclastic, composite and lava volcanic edifices. According to chemical composition of rocks, each type is subdivided into acid subtype or intermediate-basic subtype. Most of volcanic edifices of the Yingcheng Formation are acid subtype. The percentage of acid lava volcanic edifice is 33% in northern basin and 38% in southern basin. The proportion of intermediate-basic volcanic edifices in northern basin is more than that in southern basin. The volcanic gas pool of Songliao basin is structural-lithological type. The depth of gas-water interface changes greatly. Internal characteristics of gas pools are controlled by volcanic edifices type. The shape of gas layer within acid pyroclastic volcanic edifice is sill or tabular, and the thickness changes little. The shape of gas layer within acid composite and lava volcanic edifice is mound or sill, and the thickness changes

收稿日期: 2011-06-19

基金项目: 国家“973”计划项目(2009CB219303 号); 国家自然科学基金青年基金项目(41002038); 吉林大学科学前沿与交叉学科创新项目(200903027)

作者简介: 唐华风(1979—), 男, 副教授, 博士, 主要从事火山岩储层地质、地球物理研究, E-mail: tanghfhc@jlu.edu.cn.

little. The shape of gas layer within intermediate-basic lava volcanic edifice is mound or wedge, and the thickness changes rapidly. The volcanic gas pool forming in Songliao basin is controlled by effective source rocks, faults of communicating source rocks, porosity and permeability. The industrial gas pool of Songliao basin is accumulated in acid lava volcanic edifices, which contributes 50% in northern basin and 38% in southern basin. The efficiency of gas pool formation of intermediate-basic volcanic edifices in northern basin is higher than that in southern basin. The acid composite edifices have the maximum productivity of single well. The productivity of acid volcanic edifices is higher than intermediate-basic. The volcanic exploration direction should be focused on the targets with effective source rocks and faults of communicating source rocks. Firstly, aim at the acid volcanic edifice. Secondly, find the intermediate-basic volcanic edifice.

Key words: Songliao basin; volcanic edifices types; characteristics of gas pool; exploration direction; volcanic rocks

0 引言

松辽盆地深层火山岩气藏受气源岩、火山岩圈闭和断裂输导通道时空匹配关系的控制^[1-3],这可为寻找火山岩勘探有利区带提供依据。如何在有利勘探区带中快速锁定有利目标,火山岩圈闭的储层分布规律和有效性的控制因素研究显得尤为重要^[4-5]。通过储层物性分析可知,有利储层主要分布在火山机构的火山口—近火山口相带的有利岩性-岩相区域^[6-8],火山岩有效储层发育受成岩作用和构造作用共同控制^[9],这为火山岩勘探提供了有效指导。近年来又发现同是在火山口—近火山口相带的有利岩性-岩相区域的钻井,其产能与火山机构类型存在密切关系;所以,明确各类火山机构的气藏特征,对火山岩勘探具有重要的指导意义。

为此,以松辽盆地典型断陷为例,进行火山机构类型、分布特征、成藏要素对比和成藏效应分析,探讨火山机构气藏特征,以期对松辽盆地火山岩勘探提供依据。

1 火山机构类型

要了解火山机构成藏特征,首先要明确火山机构类型。对于火山机构类型的划分目前有多种方法,如可利用形态参数、喷发方式对现代火山类型进行划分和识别^[10-11]。对于埋藏古火山机构采用岩性岩相组合特征来划分火山机构类型是行之有效的^[12-14]。笔者沿用岩性岩相组合特征的火山机构划分方案,首先按结构特征将火山机构划分为碎屑岩类、熔岩类和复合类,然后将每类细分为酸性型和中性基性型。下面详细介绍其特征。

松辽盆地断陷层系火山岩主要发育在下白垩统火石岭组和营城组,按 3 类 6 型的划分方案,均见揭示(表 1、图 1)。目前勘探的重点为营城组,并且具有大量钻井,根据松辽盆地的 131 口钻井,其中,北

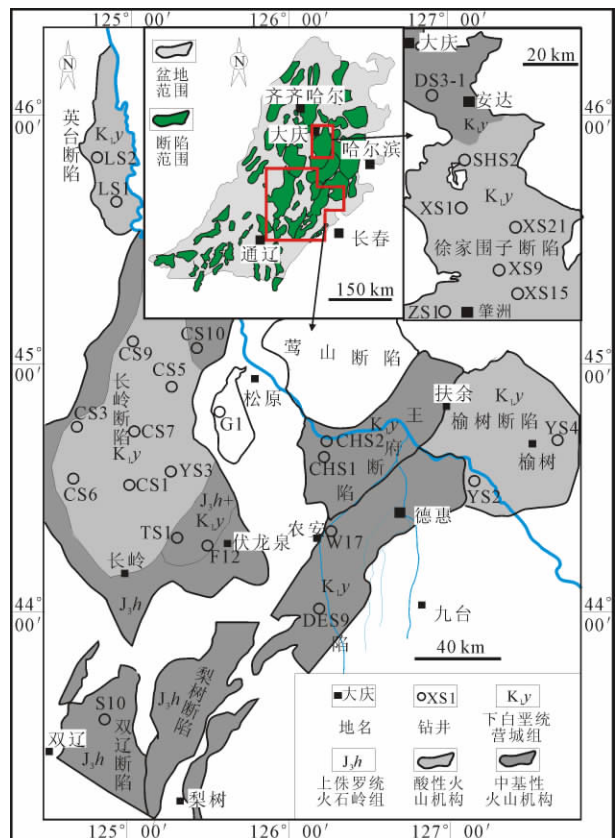
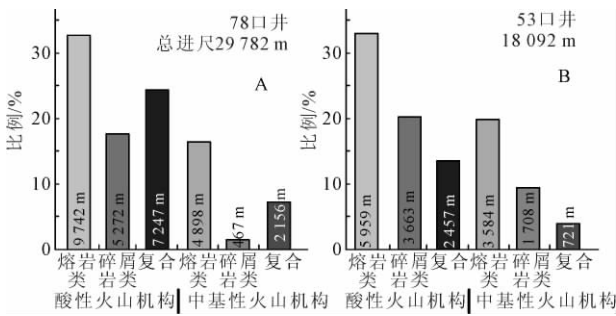


图 1 研究区位置和井位分布图
Fig. 1 Work area and wells location

部 78 口、南部 53 口(图 1)进行火山机构类型分析。本文中涉及的火山机构识别地层单元为营城组—

段、三段内部划分的喷发旋回^[15]。图 2 是根据钻井揭示火山机构类型的累计厚度计算的各类火山机构的百分比,可知松辽盆地营城组以酸性火山机构为主,中基性火山机构次之。相比较而言,北部的中基性火山机构比例小于南部。



A. 松辽盆地北部徐家围子断陷; B. 松辽盆地南部断陷群。

图 2 松辽盆地营城组火山机构类型

Fig. 2 The types of volcanic edifices of Yingcheng Formation in Songliao basin

中基性熔岩火山机构多为单锥和无锥,呈层状,横向上和纵向上岩性岩相变化比其他类型的火山机

构要小;中基性复合和碎屑岩火山机构多为单锥和多锥状。酸性火山机构多以单锥和多锥状为主,横向和纵向岩性岩相变化较快。

2 火山机构气藏特征

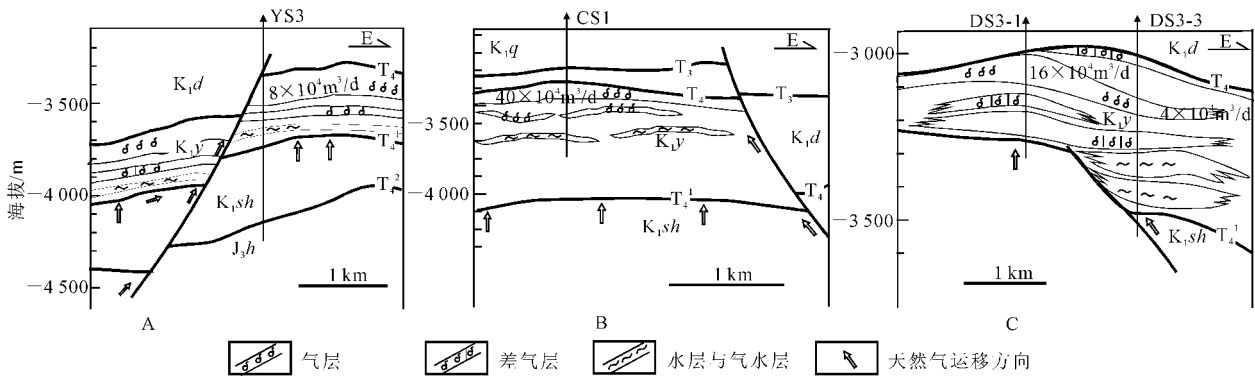
2.1 典型火山机构气藏特征

从图 3 可知:松辽盆地火山岩气藏类型为构造-岩性气藏,气层分布范围不完全受构造圈闭的控制,在气水界面之上好孔渗带成为气层,差孔渗带成为差气层,孔缝不发育带则成为致密层(隔挡层);图中显示,从酸性复合火山机构到碎屑岩火山机构、再到中基性熔岩火山机构,发育差气层的比例逐渐增大。同一气藏中气水界面为一个起伏不平的界面,这是由火山机构中地层结构的特殊性导致的。不同类型火山机构的气层形态差别较大:酸性碎屑岩火山机构的气层厚度变化较小,其形态为板状或席状;酸性复合和熔岩火山机构气藏的气层厚度变化小,其形态为丘状和席状;中基性熔岩火山机构的厚度变化较大,气层的最大厚度是最小厚度的 2~3 倍,其形

表 1 松辽盆地断陷层火山机构类型及其特征

Table 1 Types and its characteristics of volcanic edifices of faulted sequence in Songliao basin

结构类型	成分类型	基本种类	岩性特征	岩相特征	储集空间类型	规模	典型钻井/层位
碎屑岩火山机构	酸性	无锥/单锥/多锥	火山碎屑岩和碎屑熔岩占 70% 以上, 熔岩小于 30%	以爆发相为主, 喷溢相次之, 火山通道相排第三, 火山沉积相较另 2 种火山机构发育	角砾间孔、晶间孔、溶蚀孔、晶间炸裂缝、构造裂缝	厚度为 50~100 m, 横向延伸 2~3 km	XS1、LS1、SS1 (单锥)/K _{1y}
	中基性	无锥/单锥/多锥				厚度为 50~130 m, 横向延伸 2~3 km	SN92 (单锥)/J _{3h} , DS3 (单锥)/K _{1y}
熔岩火山机构	酸性	无锥/单锥/多锥	熔岩占 70% 以上, 碎屑熔岩和火山碎屑岩小于 30%	以喷溢相为主, 爆发相次之, 火山通道相排第三, 侵入相较另 2 种火山机构发育, 火山沉积相欠发育	气孔、杏仁体内孔、构造缝、节理缝	厚度为 40~150 m, 横向延伸 2.5~3 km	YN1 (单锥)、YS2 (多锥)/K _{1y}
	中基性	无锥/单锥/多锥				厚度为 100~200 m, 横向可延伸 4 km	DB11 (无锥)/K _{1y} , DX5、DX7 (单锥)/K _{1y}
复合火山机构	酸性	单锥/多锥	熔岩占 30%~70%, 碎屑熔岩和火山碎屑岩为 70%~30%	喷溢相和爆发相互层为主, 火山通道相和侵入相所占的比例较小, 发育少量的火山沉积相	气孔、杏仁体内孔、角砾间孔、晶间孔、溶蚀孔、晶间炸裂缝、构造裂缝、节理缝	厚度为 50~150 m, 横向延伸 2~6 km	YS1、XS9 (多锥)/K _{1y}
	中基性	单锥/多锥				厚度为 80~180 m, 横向延伸 3~5 km	DS4 (单锥)/K _{1y}



A. 酸性碎屑岩火山机构; B. 酸性复合火山机构; C. 中基性熔岩火山机构。

图 3 松辽盆地典型火山机构成藏模式

Fig. 3 Forming pattern of gas pool of volcanic edifices in Songliao basin

态为丘状或楔状。从图 3C 可知,同一气层在不同位置的产能存在较大的差异。气源主要来源于沙河子组、火石岭组暗色泥岩和煤系地层,疏导体系主要为断层、节理和高孔渗带。

通过获得工业气流与未获得工业气流的钻井对比分析可知,丰富的储集空间类型、较高的孔隙度、良好的烃源岩、背斜/断背斜圈闭和垂向运移通道是形成高产气藏的有力条件,如果缺少一个条件其成藏效应就差(表 2)。比如 DB11 井具有好相带,但储集空间类型单一、物性较差,虽有较好的烃源岩条件,也只获得了低产气流;同样 YN1 井具有好相带的条件,储集空间类型较丰富,但物性和烃源岩条件差,全井段仅见显示;再如 SS1 井具有好相带,储集空间类型也丰富,物性也较好,但烃源岩条件较差,全井段也仅见显示。钻井揭示:松辽盆地营城组火山岩上覆地层可成为区域盖层,同时火山岩中普遍发育大量的高角度节理和断层;因此,对火山岩气藏成藏主控因素为有效烃源岩、通源断层和储层物性。

2.2 火山机构成藏效应特征

从图 4 可以看出:松辽盆地北部营城组火山岩气藏主要集中在熔岩类火山机构(占 72%),特别是酸性熔岩火山机构的贡献率达到 50%。松辽盆地南部营城组火山岩气藏集中在酸性火山机构之中(占 92%),中基性火山机构中只有熔岩类获得了工业气流。整体而言,松辽盆地酸性火山机构成藏效应好,尤其以熔岩火山机构对气藏的贡献最大。从图 2、图 4 对比来看,成藏效率、酸性熔岩火山机构的成藏效率较高,北部中基性火山机构的成藏效率高于南部。

从发现的火山岩工业气藏来看,在碎屑岩火山机构、熔岩火山机构和复合火山机构中均有突破。其中:单井最高产能出现在酸性复合火山机构;中基性火山机构的产能较酸性火山机构低;中基性碎屑岩、熔岩和复合火山机构的产能差别较小,而酸性火山机构的产能差别较大。

3 讨论

火山岩气藏内部特征与火山机构类型关系密切,是因为不同火山机构具有不同的储层特征。从表 2 可知,各类火山机构发育的储集空间类型存在一定的差别,导致了储层物性的差异。基于 606 个样品分析得知,熔岩类火山机构的储层物性最好,复合火山机构次之,碎屑岩火山机构排第三。在酸性火山机构中(储层样品为 544 个),熔岩火山机构的储层物性最好,复合火山机构次之,碎屑岩火山机构排第三。在中基性火山机构中(储层样品为 62 个),碎屑岩火山机构的孔隙度最大,复合火山机构次之,熔岩火山机构排第三。熔岩火山机构的渗透率最高,碎屑岩火山机构次之,而复合火山机构最低(图 5)。储层物性的差别可以导致不同类型火山机构之间产能和气藏内部气层、差气层分布特征的差别。

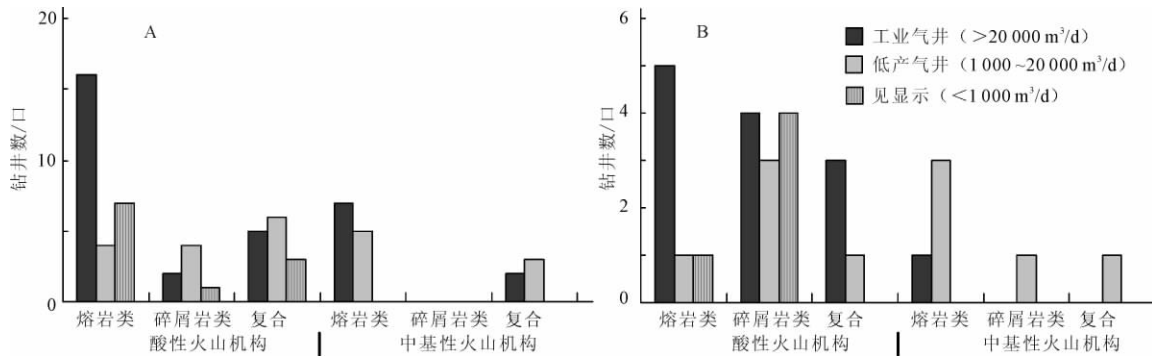
从典型火山机构气藏成藏要素、成藏效率和储层物性的分析可知,火山岩勘探方向应该聚焦在具有烃源岩和通源断层的区带,首先针对酸性火山机构,其次是中基性火山机构。

表 2 松辽盆地断陷层典型火山机构成藏要素对比

Table 2 The characteristics of gas pool forming of volcanic edifices of faulted sequence in Songliao basin

火山机构	类型	原生孔隙		次生孔隙		圈闭类型	运移方式	生储盖配置关系	产能/ (10 ⁴ m ³ /d)	典型井 (层位)
		孔	缝	孔	缝					
碎屑岩火山机构	酸性	粒/砾间孔、晶间孔、球粒间孔(角砾内)	炸裂缝,宽 0.1 mm, 充填程度 95%	/	高角度裂缝,宽 1~2 mm,上段无充填,下段充填方解石 100%	断背斜圈闭	垂向运移	自生自储,下生上储	8	YS3 (K _{1y})
		角砾间孔、晶间孔	晶间炸裂缝	溶蚀孔	高角度裂缝	断鼻圈闭	侧向运移、垂向运移	下生上储、自生自储	见显示	SS1 (K _{1y})
	中基性	角砾间孔,气孔(角砾内)	炸裂缝	熔蚀孔洞	高角度构造裂缝	背斜圈闭	垂向运移	下生上储	5.6	DS3 (K _{1y})
熔岩火山机构	酸性	球粒间孔	炸裂缝	/	节理和高角度裂缝,充填程度 80%	断鼻圈闭	侧向运移	自生自储	见显示	YN1 (K _{1y})
		气孔、球粒间孔	晶间炸裂缝	/	高角度裂缝和斜交裂缝,局部呈网状,宽 0.5~2 mm	背斜圈闭	垂向运移、侧向运移	下生上储、自生自储	30	YS2 (K _{1y})
	中基性	少量微气孔	/	/	高角度裂缝,宽 2~30 mm,充填物为方解石,充填程度 10%~100%	断鼻圈闭	侧向运移、垂向运移	自生自储、下生上储	0.4	DB11 (K _{1y})
		杏仁体内孔、气孔、角砾间孔	炸裂缝	/	网状裂缝,宽 2~50 mm,充填物为方解石,充填程度 10%~100%	背斜圈闭	垂向运移	下生上储	4.2	DX5、DS3-1 (K _{1y})
复合火山机构	酸性	气孔、角砾间孔、晶间孔	晶间炸裂缝	溶蚀孔	高角度裂缝、节理	背斜圈闭	垂向运移、侧向运移	下生上储、自生自储	40	YS1 (K _{1y})
		/	炸裂纹,有钙质充填	/	树杈裂缝、宽 1 cm,充填红色岩汁,充填程度 30%~100%	断鼻圈闭	垂向运移、侧向运移	自生自储、下生上储	见显示	YS4 (K _{1y})
	中基性	杏仁体内孔、气孔	/	/	网状裂缝,宽 2~5 mm,充填物为方解石,充填程度 10%~100%	背斜圈闭	垂向运移、侧向运移	下生上储	5.0	DS4 (K _{1y})

注:“/”为岩心岩屑未揭示;K_{1y}为下白垩统营城组。



A. 松辽盆地北部徐家围子断陷;B. 松辽盆地南部断陷群。

图 4 松辽盆地火山机构成藏效应特征

Fig. 4 Characteristics of forming effecting of gas pool of volcanic edifices in Songliao basin

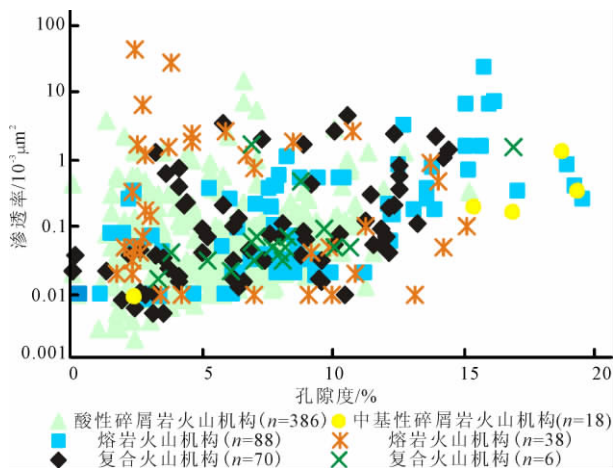


图5 松辽盆地断陷层火山机构物性特征

Fig. 5 Characteristics of the porosity and permeability of volcanic edifices of faulted sequence in Songliao basin

4 结论

1) 松辽盆地断陷层火山机构类型见3类6型。营城组以酸性熔岩火山机构为主,北部的中基性火山机构比例小于南部。

2) 松辽盆地火山岩气藏类型主要为构造-岩性气藏,气水界面是一个起伏变化的界面。酸性碎屑岩火山机构的气层厚度变化较小,其形态为板状或席状;酸性复合和熔岩火山机构气藏的气层厚度变化小,其形态为丘状和席状;中基性熔岩火山机构的厚度变化较大,其形态为丘状或楔状。火山岩气藏成藏主控因素为有效烃源岩、通源断层和储层物性。

3) 从发现的火山岩工业气藏来看,在碎屑岩火山机构、熔岩火山机构和复合火山机构中均有突破。其中:单井最高产能出现在酸性复合火山机构,中基性火山机构的产能较酸性火山机构低。火山岩勘探方向应该聚焦在具有烃源岩和通源断层的区带,首先针对酸性火山机构,其次是中基性火山机构。

参考文献(References):

[1] 付广,王有功. 火山岩天然气成藏要素时空匹配及对成藏的控制作用:以徐家围子地区深层为例[J]. 地球科学:中国地质大学学报,2008,33(3):342-348.
Fu Guang, Wang You-gong. Time and Space Matching Relation Among Accumulation Essential Factors of Gas Reservoirs in Volcanic Rock and Its Controlling to Gas Accumulation: A Case Study of Deep Strata of Xujiaweizi Region[J]. Earth Science;

Journal of China University of Geosciences, 2008, 33(3):342-348.
[2] 肖永军,徐佑德,王德喜. 长岭断陷东部火山岩气藏成藏条件及成藏模式[J]. 天然气地球科学,2009,20(4):538-543.
Xiao Yong-jun, Xu You-de, Wang De-xi. Formation Conditions and Reservoir Forming Patterns of Volcanic Rocks, Eastern Changling Depression[J]. Natural Gas Geoscience, 2009, 20(4):538-543.
[3] 赵文智,邹才能,冯志强,等. 松辽盆地深层火山岩气藏地质特征及评价技术[J]. 石油勘探与开发,2008,35(2):129-143.
Zhao Wen-zhi, Zou Cai-neng, Feng Zhi-qiang, et al. Geological Features and Evaluation Techniques of Deep-Seated Volcanic Gas Reservoirs, Songliao Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2008, 35(2):129-143.
[4] 蔡东梅,孙立东,齐景顺,等. 徐家围子断陷火山岩储层特征及演化规律[J]. 石油学报,2010,31(3):400-407.
Cai Dong-mei, Sun Li-dong, Qi Jing-shun, et al. Reservoir Characteristics and Evolution of Volcanic Rocks in Xujiaweizi Fault Depression[J]. Acta Petrolei Sinica, 2010, 31(3):400-407.
[5] 李军,薛培华,张爱卿,等. 准噶尔盆地西北缘中段石炭系火山岩油藏储层特征及其控制因素[J]. 石油学报,2008,29(3):329-335.
Li Jun, Xue Pei-hua, Zhang Ai-qing, et al. Characteristics and Controlling Factors of Carboniferous Volcanic Reservoir in the Middle Section of the Northwestern Margin of Junggar Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2008, 29(3):329-335.
[6] 唐华风,庞彦明,边伟华,等. 松辽盆地白垩系营城组火山机构储层定量分析[J]. 石油学报,2008,29(6):841-845.
Tang Hua-feng, Pang Yan-ming, Bian Wei-hua, et al. Reservoirs Quantitative Analysis of Volcanic Edifice of Yingcheng Formation in Songliao Basin, Early Cretaceous, NE China[J]. Acta Petrolei Sinica, 2008, 29(6):841-845.
[7] 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.
Wang Pu-jun, Chi Yuan-lin, Liu Wan-zhu, et al. Volcanic Facies of the Songliao Basin: Classification, Characteristics and Reservoir Significance[J]. Journal of Jilin University: Earth Science Edition, 2003, 33(4):449-456.

- [8] 黄薇,邵红梅,赵海玲,等. 松辽盆地北部徐深气田营城组火山岩储层特征[J]. 石油学报,2006,27(增刊):47-51.
Huang Wei, Shao Hong-mei, Zhao Hai-ling, et al. Characteristics of Yingcheng Formation's Volcanic Reservoir in Xushen Gas Field in Northern Songliao Basin[J]. Acta Petrolei Sinica,2006,27(Sup.):47-51.
- [9] 赵海玲,刘振文,李剑,等. 火成岩油气储层的岩石学特征及研究方向[J]. 石油与天然气地质,2004,25(6):609-612.
Zhao Hai-ling, Liu Zhen-wen, Li Jian, et al. Petrologic Characteristics of Igneous Rock Reservoirs and Their Research Orientation [J]. Oil and Gas Geology, 2004,25(6):609-612.
- [10] Thouret J C. Volcanic Geomorphology: An Overview [J]. Earth-Science Reviews,1999,47:95-111.
- [11] Thordarson T,Larsen G. Volcanism in Iceland in Historical Time; Volcano Types, Eruption Styles and Eruptive History[J]. Journal of Geodynamics,2007,43:118-152.
- [12] 陈建文,王德发,张晓东. 松辽盆地徐家围子断陷营城组火山岩相和火山机构分析[J]. 地学前缘,2000,7(4):371-379.
Chen Jian-wen, Wang De-fa, Zhang Xiao-dong. Facies and Assemblage of the Xujiaweizi Volcanic Rocks of the Songliao Basin [J]. Earth Sciences Frontiers, 2000,7(4):371-379.
- [13] 黄玉龙,王璞珺,冯志强,等. 松辽盆地改造残留的古火山机构与现代火山机构的类比分析[J]. 吉林大学学报:地球科学版,2007,37(1):65-72.
Huang Yu-long, Wang Pu-jun, Feng Zhi-qiang, et al. Analogy of Physical Features Amongst Modern, Ancient and Buried Volcanoes, a Case Study from Songliao Basin[J]. Journal of Jilin University: Earth Science Edition, 2007,37(1):65-72.
- [14] 唐华风,徐正顺,王璞珺,等. 松辽盆地白垩系营城组埋藏火山机构岩相定量模型及储层流动单元特征[J]. 吉林大学学报:地球科学版,2007,37(6):1074-1082.
Tang Hua-feng, Xu Zheng-shun, Wang Pu-jun, et al. Facies Quantitative Model and Characteristics of Reservoirs Flow Unit of Buried Volcanic Edifice of Yingcheng Formation in Songliao Basin, Cretaceous, NE China [J]. Journal of Jilin University: Earth Science Edition, 2007,37(6):1074-1082.
- [15] 唐华风,边伟华,王璞珺,等. 松辽盆地地下白垩统营城组火山岩喷发旋回特征[J]. 天然气工业,2010,30(3):35-39.
Tang Hua-feng, Bian Wei-hua, Wang Pu-jun, et al. Characteristics of Volcanic Eruption Cycles of the Yingcheng Formation in the Songliao Basin [J]. Natural Gas Industry, 2010,30(3):35-39.