

兴城气田火山岩储层储集特征研究

王志强¹, 柳成志², 王文广², 鲍志东¹, 王欢欢³

1. 中国石油大学(北京)资源与信息学院, 北京 102249
2. 大庆石油学院地球科学学院, 黑龙江大庆 163318
3. 大庆油田有限责任公司采油五厂, 黑龙江大庆 163712

摘要 兴城气田火山岩储层岩性复杂, 储集性能迥异。为了比较不同火山岩储集特征, 寻找优质储集体, 从火山岩储层孔隙成因及演化入手, 应用岩心分析测试及镜下鉴定手段, 对岩石组构、成岩作用以及储层物性对构造作用的响应 3 个岩石储集性能的影响因素进行研究, 分析对比了兴城气田各类火山岩进行储集性能。分析认为, 火山岩储层物性主要受成岩作用的类型及发育程度以及构造作用控制, 而岩石组构决定了火山岩所发生的成岩作用类型, 也决定了构造作用对储层的改造程度, 有利的岩石组构是形成优质储集体的前提; 即岩石组构、成岩作用、构造作用三者影响储集空间的演化, 岩石组构是火山岩储层储集性能的主要控制因素; 研究区内有利岩石组构储集岩性有火山角砾岩、气孔流纹岩、角砾熔岩; 其中, 角砾熔岩的岩石组构利于原生孔隙的保存与次生孔隙的发育, 储集性能最优, 火山角砾岩与流纹岩次之, 火山集块岩、凝灰岩、致密流纹岩、低孔流纹岩不易形成有效储集体。

关键词 兴城气田; 火山岩; 储集空间

中图分类号 P588.14

文献标识码 A

文章编号 1000-7857(2010)05-0086-05

Volcanic Reservoir Characteristics in Xingcheng Gas Field

WANG Zhiqiang¹, LIU Chengzhi², WANG Wenguang², BAO Zhidong¹, WANG Huanhuan³

1. College of Resources and Information, China University of Petroleum, Beijing 102249, China
2. School of Earth Sciences, Daqing Petroleum Institute, Daqing 163318, Heilongjiang Province, China
3. No. 5 Oil Extraction, Daqing Oilfield Limited Corporation, Daqing 163712, Heilongjiang Province, China

Abstract The reservoir in Xingcheng gas field has a complex lithology. In order to study the diversity of the capability of reservoirs and to find a most favorable reservoir, this paper analyzes the pore genesis and evolution, the petrosal structural fabric, and the physical properties related with tectonic disturbance, as the controlling factors of the reservoir storage. The results show that reservoir physical properties influence the diagenesis type and development, and tectonic disturbance. The petrosal structural fabric controls diagenesis and the physical properties related with tectonic disturbance. Advantageous petrosal structural fabric is a very important prerequisite for a favorable reservoir formation and is the main controlling factor for volcanic reservoir properties. In the studied area, the favorable reservoir rocks comprise volcanic rubble, rubble lava, and porous rhyolite, where rubble lava is the most important component, volcanic rubble and porous rhyolite take the second place, volcanic agglomerate, tuff, competent rhyolite, and low-porosity rhyolite can hardly be the effective reservoir rocks.

Keywords Xingcheng gas field; volcanic rocks; reservoir space

0 引言

火山岩储层研究对火山岩油气藏的勘探开发具有指导作用。随火山岩油气田勘探不断取得突破, 火山岩储层研究成为近年研究的热点^[1-4]。诸多学者对火山岩储层的相模式、储层成岩作用、微观孔隙结构特征等进行了研究^[5-9], 但对火山岩储层的主要

控制因素及各因素之间的联系研究较少。进行火山岩储层储集性能主控因素分析, 对寻找有利储集岩具有指向意义。松辽盆地兴城气田火山岩储层岩石类型多样、储集特征复杂。本研究从火山岩储层控制因素分析入手, 对火山岩储集空间类型、特征进行分析对比, 揭示主要控制因素, 并指出优质储集岩。

收稿日期: 2009-11-10

作者简介: 王志强, 博士研究生, 研究方向为沉积盆地流体矿产, 电子信箱: wangzhiqiang00@126.com

孔隙均较发育,且多发生后期溶扩(图4)。流纹岩中只有上部的气孔流纹岩孔隙发育(图5),底部低孔流纹岩与中部致密流纹岩均难以形成有效集体岩体。

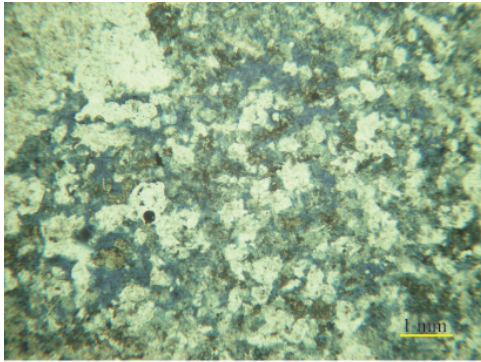


图4 角砾熔岩次生溶蚀孔,徐深1-2井铸体薄片
Fig. 4 Pore in rubble lava, cast thin slice of well Xushen 1-2

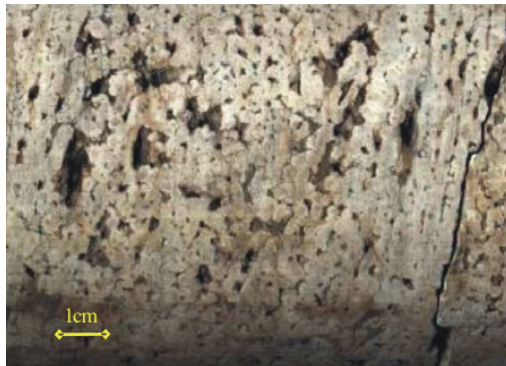


图5 气孔流纹岩,徐深1-3井岩心照片
Fig. 5 Porous rhyolite, core of well Xushen 1-3

3 储层主控因素分析

3.1 成岩作用对储集空间的改造

火山岩的原生和次生孔隙以及渗透率的发育程度,主要依赖于成岩作用^[11]。早期成岩作用中气体挥发,流动破裂属建设性成岩作用,压实作用属破坏性成岩作用;次生成岩作用中的溶蚀作用属建设性成岩作用。

3.1.1 早期成岩作用

早期成岩作用即侵位之前至火山岩在封闭系统情况下完全冷却之间活跃的成岩作用^[12]。

压实作用指火山岩堆积后,由于上覆堆积物不断增加,在重荷压力下所发生的堆积物脱水,孔隙度降低,体积缩小,密度增大,松软的堆积物变成固结的岩石的作用。压实作用是早成岩阶段最主要的破坏性成岩作用;由于压实作用的进行,导致储层孔隙空间被压缩;压实程度取决于岩石抗压强度。就岩石抗压强度而言, $R_{a\text{熔岩}} > R_{a\text{角砾熔岩}} > R_{a\text{火山碎屑岩}}$ (R_a 为岩石单轴极限抗压强度)。由此可知,在压实作用下,熔岩内孔

隙通常保存良好,角砾熔岩次之,火山碎屑岩受压实改造最明显。

熔结作用发生于火山碎屑熔岩与火山碎屑岩中。对于火山碎屑熔岩而言,熔结作用指火山碎屑与熔浆混合,被熔浆粘连固结成岩;熔结作用的发生对火山碎屑熔岩的物性有两方面影响:①导致熔浆充填碎屑组分的部分开放孔隙空间,使其孔隙度减小;②增强了火山碎屑熔岩的岩石强度,使得压实作用对未被熔浆充填的开放孔隙空间及封闭孔隙空间的破坏大为减小。对火山碎屑岩而言,熔结作用是指火山灰流或火山碎屑流迅速堆积后,在热力和重荷的影响下,玻屑受挤压变形,彼此熔结而成;熔结作用对火山碎屑岩物性的影响是使碎屑颗粒之间紧密结合,孔隙空间变小。

气体挥发作用发生于熔岩与碎屑熔岩内,是指由于压力迅速降低,岩浆内挥发分在地表释出。此作用可导致熔岩及角砾熔岩的熔浆组分内形成气孔。熔岩内气孔发育程度受控于其所处位置,通常冷却单元上部气孔多,单体空间大。

流动破碎指熔岩或角砾熔岩的熔岩组分在韧性-脆性的转折期间流动造成破裂^[13]。一般为张力制度垂直于主流向发育,并产生与张力裂缝相关的孔隙。流动破碎所产生的裂缝及与其相关的孔隙往往相互连通,使有效孔隙度获得增益。

3.1.2 晚期成岩作用

晚期成岩作用包括溶蚀作用和交代作用。由于交代作用基本上是在固体状态下进行的等容积的交换,对储层孔隙空间的影响比较微弱,所以晚期成岩作用主要考虑溶蚀作用。

溶蚀作用是指有溶解能力的水流对可溶性岩石进行溶解的过程,其必要条件有:①存在有溶解能力的水流,②岩石的透水性,③岩石的可溶性。溶解作用所产生的次生溶蚀孔隙是火山岩最主要的储集空间类型之一^[14]。

岩石的可溶性取决于矿物成分与晶粒结构。熔岩与火山碎屑岩矿物成分相似,但就其岩石结构而言,矿物颗粒的大小、形状和排列以及胶结情况均不同。火山碎屑岩一般晶粒较小、形状不规则且呈不等粒结构,其可溶性强于熔岩。

溶蚀作用发生的条件,除岩石的可溶性之外,还有岩石的透水性。岩石的透水性取决于早期剩余孔隙和裂缝的发育程度。早期剩余孔隙主要包括粒内孔、粒间孔、气孔。火山碎屑岩内的有效粒内孔、粒间孔是溶蚀作用发生的主要场所。由于熔岩岩石强度高,抗压性能强^[15],熔岩骨架与角砾熔岩的熔岩组分骨架保证了岩石强度,减少压实作用对岩石的影响,使溶蚀作用赖以发生的早成岩孔隙不被破坏。熔岩及角砾熔岩内的气孔在无裂缝沟通的情况下多呈孤立、不连通状态,不能为溶蚀作用起到渗滤作用,只有熔岩气孔发育部位,周围岩石的强度相对较弱,易对构造作用产生积极响应,形成构造裂缝,将孔隙串珠状沟通。

3.2 构造作用

构造作用是影响火山岩储集性能的主要因素之一。构造

作用产生的构造裂缝可增加岩石内部的渗流通道,使火山岩储层内原来孤立的孔隙得以连通。其对储层的改造作用包括两方面:一是有构造作用产生的裂缝利于直接提高储层的渗透性和孔隙空间;二是为次生溶蚀孔隙的形成提供有利条件,促进次生溶蚀作用的发生。

研究认为,岩性对裂缝的发育程度有强烈的控制作用^[16-17]。但事实表明,即便在同一应力场的作用下,相同岩性的两块岩石对应力的响应也不尽相同。如图6、图7皆为流纹岩,但裂缝发育程度不同,其原因在于相同岩性内岩石力学性质并不相同,抗剪、抗拉能力也有一定的差异;而岩石的力学性质取决于其主要成分与内部结构,即岩石组构。就岩石成分而言,熔岩脆性>角砾熔岩脆性>火山碎屑岩脆性;就岩石结构而言,气孔流纹岩、角砾熔岩和火山角砾岩内部,孔隙相对发育处岩石强度薄弱,是裂缝相对集中发育区,原因是在相同的构造应力作用下,孔隙流纹岩产生的裂缝最多,角砾熔岩和火山角砾岩相对较少。

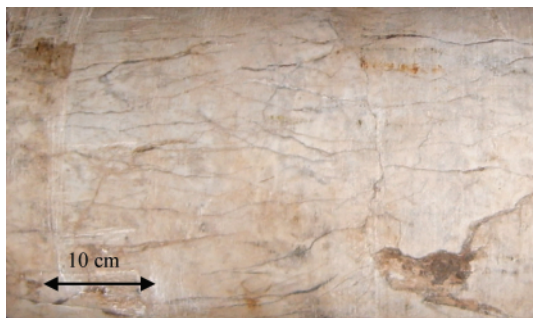


图6 徐深1-3井岩心,3562.4m,流纹岩,裂缝发育
Fig. 6 Core of well Xushen1-3, 3562.4m, rhyolite, fracture development

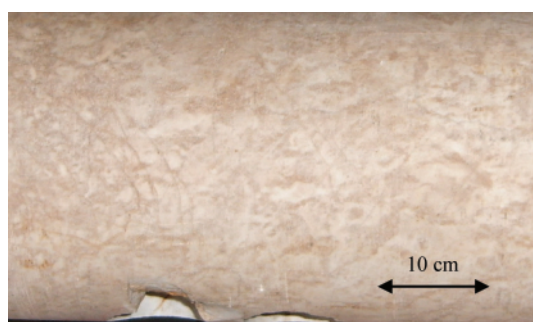


图7 徐深1-3井,3563.8m,流纹岩,裂缝不发育
Fig. 7 Core of Xushen1-3, 3563.8m, rhyolite, fracture non-development

3.3 岩石组构

储层品质主要受控于岩石组构、成岩作用、构造作用。岩石组构是影响储层品质的内因,成岩作用和构造作用是外因。不同类型的火山岩因岩石组构不同,致使其发生的成岩作用类型不同,受构造的改造程度也不一致,从而造成不同

岩性火山岩储层储集性能的差异。

据此,从岩石组构出发,对研究区内火山岩储集空间进行对比(表1)。由表1可知,火山角砾岩、凝灰岩、角砾熔岩与气孔流纹岩可成为储集岩。其他几种岩性岩石由于其原生孔隙的缺乏,导致岩石次生孔隙的不发育。在储集岩中,火山角砾岩可溶性好,抗压力差;气孔流纹岩抗压实能力强,在构造作用下易产生裂缝,透水性强;而角砾熔岩则具备了二者共同的特点,火山碎屑组分是形成次生溶蚀孔的物质基础,熔岩组分抗压性强,是原生孔隙不被压实作用破坏的保障,熔岩组分内的气孔是形成构造裂缝的良好潜质,易发育次生溶蚀孔隙,可成为优质储集体。

4 结论

1) 岩石组构决定了火山岩所发生的成岩作用类型以及构造作用对储层的改造程度,是火山岩储层储集性能的主控因素。

2) 兴城气田的有利储集岩包括火山角砾岩、气孔流纹岩、角砾熔岩。相比而言,角砾熔岩的岩石组构使其具备了原生孔隙良好的保存条件和利于溶蚀作用进行的条件,可形成优质储集体。

参考文献 (References)

- [1] Magara K. Volcanic reservoir rocks of northwestern Honshu Island, Japan [J]. *Geological Society Special Publications*, 2003, 214: 69-81.
- [2] 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*, 2008, 3(33): 342-348.
Fu Guang, Wang Yougong. *Earth Science*, 2008, 3(33): 342-348.
- [3] Wu Changzhi, Gu Lianxing, Zhang Zunzhong, et al. Formation mechanisms of hydrocarbon reservoirs associated with volcanic and subvolcanic intrusive rocks: Examples in Mesozoic-Cenozoic basins of eastern China [J]. *AAPG Bulletin*, 2006, 90: 137-147.
- [4] 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 Hongmei, Zhao Hailing, et al. *Acta Petrolei Sinica*, 2006, 27(suppl): 47-51.
- [5] Manley C R, Bacon C R. Rhyolite thermobarometry and the shallowing of the magma reservoir, Coso volcanic field, California [J]. *Journal of Petrology*, 2000, 41(1): 149-174.
- [6] 王璞君, 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 Pujun, Chi Yuanlin, Liu Wanzhu, et al. *Journal of Jilin University: Earth Science Edition*, 2003, 33(4): 449-456.
- [7] Newbery J. Some aspects of reservoirs in chalk and acid volcanic rocks [J]. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 1971, 4 (4): 365-368.
- [8] Wu L, Xu H, Ji H, et al. Controlling factors and distribution prediction of deep-buried favorable volcanic reservoir in Xingshan area, Songliao Basin, China[J]. *Geoscience*, 2005, 19(4): 585-595.
- [9] 郑亚斌, 王延斌, 冉启全. 枣35断块火山岩储层特征研究[J]. *石油学*

报, 2006; 27(4): 54-58.

Zheng Yabin, Wang Yanbin, Ran Qiquan. *Acta Petrolei Sinica*, 2006; 27 (4): 54-58

[10] Patricia S, Nora R. Processes controlling porosity and permeability in volcanic reservoirs from the Austral and Neuquén basins, Argentina[J]. *AAPG Bulletin*, 2007, 9(1): 115-129.

[11] Snoga P, Rubinstein N, Hinterwimmer G. Porosity and permeability in volcanic rocks: A case study on the Serie Tobifera, South Patagonia, Argentina [J]. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 2004, 132(1): 31-43.

[12] Melnik O E, Barmin A A, Sparks R S J. Dynamic of magma flow inside volcanic conduits with bubble overpressure buildup and gas loss through Permeable magma [J]. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 2005, 143(13): 53-68.

[13] Smith J V, Miyake Y, Oikawa T. Interpretation of porosity in dacite lava domes as ductile-brittle failure textures [J]. *Journal of Volcanology and*

Geothermal Research, 2001, 112(1-4): 25-35.

[14] 戴亚权, 罗静兰, 林潼, 等: 松辽盆地北部升平气田营城组火山岩储层特征与成岩演化[J]. *中国地质*, 2007, 34(3): 528-535.

Dai Yaquan, Luo Jinglan, Lin Tong, *et al. Chinese Geology*, 2007, 34 (3): 528-535.

[15] Quanei S L, Russell K. Rock strength as a metric of welding intensity in pyroclastic deposits [J]. *European Journal of Mineralogy*, 2003, 15(5): 855-864.

[16] 曹宏, 宋新民, 张爱卿. 冲积扇砾岩油藏裂缝预测新技术 [J]. *石油学报*, 2000, 21(6): 117-121.

Cao Hong, Song Xinmin, Zhang, Aiqing. *Acta Petrolei Sinica*, 2000, 21 (6): 117-121.

[17] 王光奇, 岳云福, 漆家福, 等. 黄骀坳陷白唐马地区下第三系深层碎屑岩储层裂缝分析[J]. *中国海上油气(地质)*, 2002, 16(6): 384-388.

Wang Guangqi, Yue Yunfu, Qi Jiafu, *et al. China Offshore Oil and Gas Geology*, 2002, 16(6): 384-388.

(责任编辑 吴晓丽)

2010年全国冶金物理化学 学术会议

时间: 2010年4月
地点: 安徽·马鞍山

主办单位: 中国金属学会
协办单位: 中国有色金属学会
承办单位: 安徽工业大学

联系电话: 0555-2311879
电子信箱: ywh2010@ahut.edu.cn
通信地址: 安徽省马鞍山市安徽工业大学省冶金重点实验室 (243002)