

松辽盆地白垩系营城组火山岩脱玻化作用 及其储层意义——以盆缘剖面为例

赵玉婷, 单玄龙, 王璞珺, 孙 晶, 刘青帝, 任利军

吉林大学 地球科学学院, 长春 130061

摘要: 松辽盆地东南隆起区三台营城组火山岩岩石类型主要为: 珍珠岩、流纹岩、隐爆角砾岩、角砾熔岩和凝灰岩等, 其脱玻化的岩石类型主要为珍珠岩和流纹岩。在偏光显微镜下, 珍珠岩的玻璃质基质的脱玻化现象表现为雏晶、骸晶(微晶)和球粒3种; 而流纹岩基质的脱玻化现象则主要表现为球粒。它们发育过程由雏晶—骸晶(微晶)—球粒逐渐增强。脱玻化的发生及其强弱与岩石成分、层位和裂隙发育程度有密切联系。通过实验室测试, 珍珠岩经过的脱玻化作用越强, 岩石密度越小, 反之, 越大。岩石密度变化范围为3.13%~8.65%。假设其为封闭体系, 密度的减小对应孔隙的增加, 说明脱玻化作用能明显改善玻璃质火山岩这一类特殊储层的物性。

关键词: 松辽盆地; 营城组; 脱玻化; 储层; 珍珠岩; 流纹岩

中图分类号: P618.13 文献标识码: A 文章编号: 1671-5888(2007)06-1152-07

Devitrification of the Volcanic Rocks of the Cretaceous Yingcheng Formation in the Songliao Basin and Its Reservoir Significance: An Example from a Basin Boundary Section

ZHAO Yu-ting, SHAN Xuan-long, WANG Pu-jun, SUN Jing, LIU Qing-di, REN Li-jun

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

Abstract: The main types of volcanic rocks of the Yingcheng Formation in Santai area, southeastern uplift of the Songliao Basin are perlite, rhyolite, hydrothermal breccia, breccia conglomerate, tuff and so on. The devitrification of perlite and rhyolite is obvious. It can be found under microscope that the devitrification of perlite is of three phenomena: crystallite, skeletal crystal (microlite) and spherulitic while the devitrification of rhyolite is mainly of spherulitic. The development process of the devitrification is featured by a gradual increasing trend from crystallite to skeletal crystal (microlite) and finally to spherulitic. The formation and intensity of devitrification are related not only to the rock composition, but also to the formation and development of cracks. Laboratory tests indicate that the density of perlite, in the range of 3.13%—8.65%, is lighter after intense devitrification and is heavier with slight devitrification. Assuming a closed system, the decreasing density of rocks is corresponding to an increase in porosity of the rocks. Devitrification processes in the area can improve the reservoir properties of the

收稿日期: 2007-06-20

基金项目: 国家“973”项目(2006CB701403)

作者简介: 赵玉婷(1981—), 女, 黑龙江双鸭山人, 硕士研究生, 主要从事油气勘探与开发研究, E-mail: zhao_yuting@126.com

通讯联系人: 单玄龙(1969—), 男, 安徽全椒人, 副教授, 博士, 主要从事油气勘探与开发研究, E-mail: shanxl@jlu.edu.cn.

glassy volcanic rocks.

Key words: Songliao Basin; Yingcheng Formation; devitrification; reservoir; perlite; rhyolite

0 引言

三台地区位于松辽盆地东南隆起区, 盆地基底为二叠系范家屯组, 基底之上地层自下而上出露沙河子组和营城组, 二者呈角度不整合接触。区内营城组只出露一段酸性火山岩, 主要以珍珠岩、流纹岩、隐爆角砾岩、角砾熔岩和凝灰岩为主, 其中珍珠岩和流纹岩脱玻化现象较明显。

近年来, 大庆油田的庆深气田发现了珍珠岩等玻璃质火山岩储层, 而且蚀变玻璃质火山岩储集性能较好。三台地区出露的营城组火山岩与庆深气田火山岩储层在岩性、岩相等方面具有可比性。因此, 对研究区的珍珠岩和流纹岩的脱玻化作用及其储集意义进行研究, 对预测盆地深部玻璃质火山岩储层具有一定参考价值。目前, 对于火山岩脱玻化作用的显微特征及发育过程等问题都有所研究^{1~4}, 但对于脱玻化作用的成因及其对储层物性影响等未见公开报道。本文通过野外剖面地质和岩石显微特征分析, 系统研究了本区脱玻化的表现、发育过程、成因和对储层物性的影响。

1 脱玻化的类型和特征

三台地区营城组火山岩的平面分布遵循以下特征: 以北山火山口为起点, 自内而外, 岩性分布依次是珍珠岩、气孔或球粒流纹岩、流纹构造流纹岩、细晶流纹岩、火山碎屑岩; 垂向上, 三台地区营城组火

山岩自沙河子组砂岩向上, 基本是珍珠岩、膨润土、流纹岩, 或者珍珠岩、膨润土、流纹岩、膨润土、流纹岩的规律展布。

研究区域内脱玻化的岩石类型主要为珍珠岩和流纹岩, 并且基质在显微镜下主要可以观察到雏晶、微晶和球粒 3 种类型的脱玻化现象。

1.1 珍珠岩中脱玻化作用的类型和特征

野外观察, 珍珠岩以黑色和黑绿色为主, 基质为玻璃质, 并且少部分可以用肉眼看见长石斑晶, 裂缝和节理较发育。其中有脱玻化现象的珍珠岩类型(以显微特征命名)主要为少斑珍珠岩、含辉石珍珠岩、裂隙发育少斑珍珠岩、含辉石蚀变珍珠岩、中等蚀变少斑珍珠岩和球粒化硅化珍珠岩等。偏光显微镜下, 观察到经过脱玻化作用的珍珠岩含有雏晶、骸晶(微晶)和球粒 3 种类型。

1.1.1 弱脱玻化作用的产物——雏晶

雏晶在正交偏光镜下没有光性反应。在单偏光镜下按雏晶的外形及结合方式可分为球雏晶、串珠雏晶、针雏晶、发雏晶、杆雏晶及羽雏晶等。如果岩石主要由雏晶组成, 则其结构称雏晶结构³。本区含有雏晶的珍珠岩为少斑珍珠岩、裂隙发育少斑珍珠岩、含角闪石少斑珍珠岩、含角闪石珍珠岩和含辉石珍珠岩, 在单偏光镜下主要表现为串珠雏晶(图 1a)、杆状雏晶和针状雏晶。

1.1.2 中等脱玻化作用的产物——骸晶或微晶

本区含骸晶或微晶(图 1b)的珍珠岩为辉石蚀

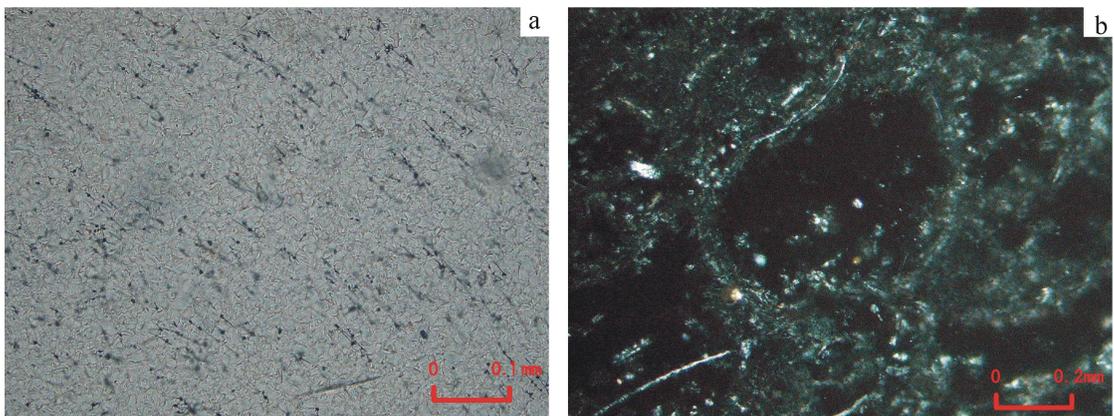


图 1 珍珠岩经脱玻化作用形成的串珠状雏晶(单偏光)和骸晶(正交偏光)

Fig. 1 The crystallite (polarized light) and skeletal crystal (orthogonal polarization) of perlite after devitrification

变珍珠岩和中等蚀变少斑珍珠岩。骸晶及微晶已经略具或具有结晶物质的性质,但骸晶一般不具有完整的晶体轮廓,微晶的个体界限一般不太清楚。它们在正交偏光镜下有干涉色。

1.1.3 强脱玻化作用的产物——球粒

区域内含球粒(图 2a)的珍珠岩为中等蚀变珍珠岩、含球粒脱玻化珍珠岩、硅化脱玻化含球粒珍珠岩和球粒化硅化珍珠岩。球粒是由中心向外呈放射状生长的长英质纤维构成的球状形成物,常见扇状、束状、圆球状等。在研究区域内,见有的球粒主要呈圆球状、近椭球状和扇状,其特征是在正交偏光下呈十字形消光。由长英质物质组成的具放射状或同心层的球形颗粒,这些颗粒分布于玻璃中,形成球粒结构,多分布于粘度大的酸性熔岩中。它可以是原生的,也可以是次生的^[3]。研究区域内珍珠岩后期蚀变很严重,而形成的球粒形状完整,如果球粒是在后

期蚀变前形成,那么球粒肯定要受到影响,其形状不会那么完整,所以经脱玻化作用形成的球粒是后期次形成的(图 2b)。

在空间垂向上,由下到上,脱玻化作用显微特征的表现基本是沿锥晶、骸晶(微晶)、球粒规律展布。

1.2 流纹岩脱玻化作用类型和特征

三台地区的流纹岩主要为流纹构造流纹岩和细晶流纹岩。

显微镜下,本区流纹岩的脱玻化作用主要表现在基质中含有球粒(图 3),其主要岩石类型为流纹构造球粒流纹岩,并且观察到含有少量斑晶、解理和裂缝裂隙很发育。

本区在流纹岩的薄片,球粒主要自裂隙壁生长成不完整球粒或切穿流纹,球粒量大,互相毗连,分布于隐晶质之中,所以这些球粒主要是次生的脱玻化产物。

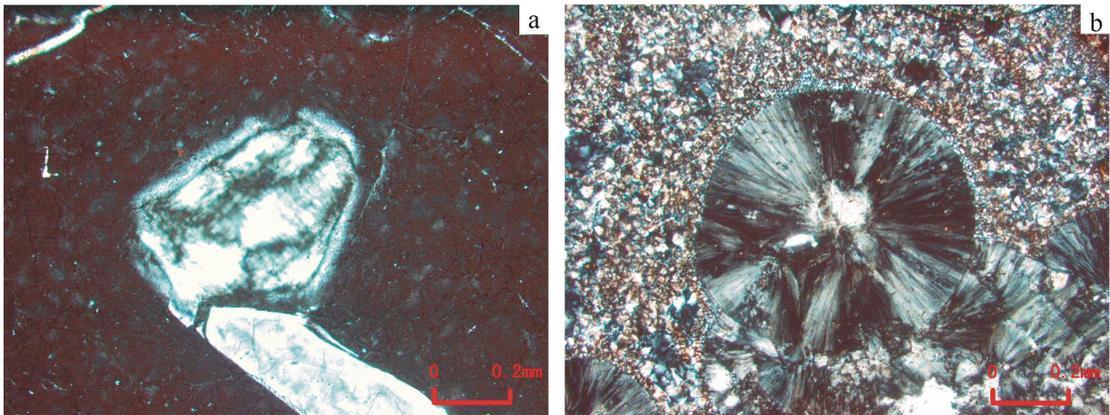


图 2 珍珠岩经脱玻化作用形成的球粒(正交偏光)

Fig. 2 The spherulitic of perlite after devitrification (orthogonal polarization)

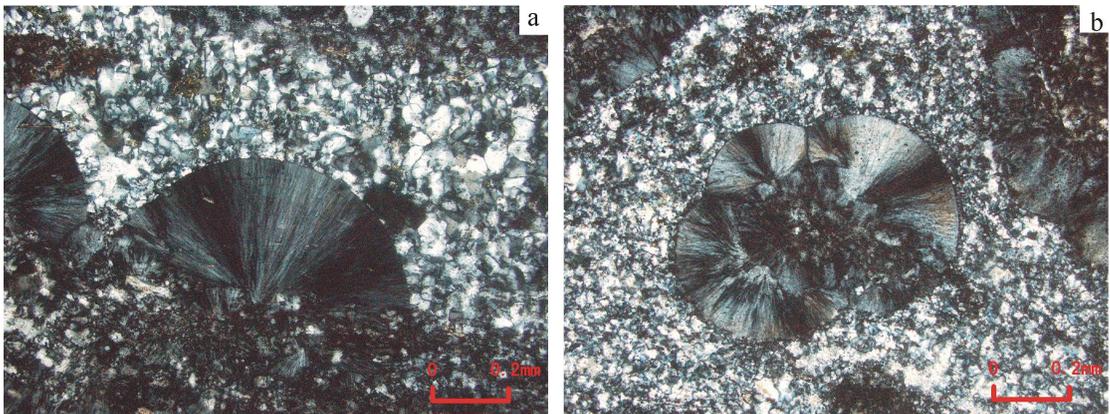


图 3 流纹岩经脱玻化作用形成的扇状球粒(正交偏光)

Fig. 3 The fan spherulitic of thylite after devitrification (orthogonal polarization)

经过比较可见, 在研究区域内, 流纹岩的脱玻化现象基本要比珍珠岩明显。

2 脱玻化的发育过程和成因分析

2.1 脱玻化的发育过程

脱玻化作用也可以说是岩石组分由不稳定状态转变为稳定状态发生的重结晶作用^[5]。当有一定的挥发分及温度、压力较高时, 转化则相对迅速。

在脱玻化最初阶段, 由于非晶质不稳定的玻璃在过冷却、成岩和成岩以后的过程中, 根据条件, 自然地发生脱玻化作用, 即产生不同程度的晶质化, 形成各种不同形状(本区主要为串珠状、杆状和针状)的微体——雏晶。雏晶在正交偏光镜下, 无明显的光性显示, 只是玻璃中极细小的结晶物质的原始形态——晶芽, 也叫胚晶^[3]。

雏晶进一步发展, 可形成骸晶及微晶。骸晶及微晶已经略具或具有结晶物质的性质, 但骸晶一般不具有完整的晶体轮廓, 微晶的个体界限一般不太清楚。它们在正交偏光镜下有干涉色。

骸晶及微晶继续经过脱玻化作用可以形成球粒。此外, 在快速冷却的熔岩中, 也可形成原生球粒, 但本区以次生为主。

在研究区域内, 用偏光显微镜观察珍珠岩脱玻化现象明显的薄片, 统计脱玻化产物的含量(表 1)。

在雏晶发育的薄片, 雏晶体积分数(占有脱玻化产物的百分含量)为 60%~95%, 骸晶为 5%~40%; 在骸晶发育的薄片, 骸晶为 80%~90%, 雏晶为 10%~20%。其中在骸晶体积分数相对增多的类型中, 有些薄片可以看见发育不完全的球粒。随着球粒含量的增多, 其体积分数可达 65%~80%, 骸晶为 10%~20%, 雏晶为 10%~15%。这种体积分数的变化说明脱玻化的演化过程是经过雏晶—骸晶—球粒逐级变化的。

2.2 脱玻化的成因分析

通过野外剖面地质和岩石显微特征分析, 认为脱玻化的发生、强弱与岩石成分、层位和裂隙发育程度有密切联系。

2.2.1 脱玻化与岩石成分的关系

脱玻化现象基本是从含角闪石或含辉石的珍珠岩, 蚀变珍珠岩, 含球粒脱玻化珍珠岩或硅化脱玻化含球粒珍珠岩到流纹构造球粒流纹岩变得越来越明显。含角闪石或者含辉石珍珠岩, 其脱玻化作用不十分强烈, 也就是经历弱脱玻化作用阶段, 其形成的雏晶占有脱玻化产物的 60%以上。在珍珠岩里含有角闪石和辉石碱性矿物, 并且其经过的脱玻化作用也不强烈, 说明脱玻化作用与岩石成分有密切关系。

表 1 珍珠岩基质的脱玻化产物类型的体积分数

Table 1 The relative percentage of product after the devitrification of perlite

样品号	特征及岩性	脱玻化产物 / %			主要特征
		雏晶	骸晶	球粒	
PST-Z1-1	少斑珍珠岩	95	5	0	雏晶
PST-Z1-5	少斑珍珠岩	90	10	0	雏晶
PST-Z2-1	含角闪石珍珠岩	90	10	0	雏晶
PST-Z1-3	裂隙发育少斑珍珠岩	85	15	0	雏晶
PST-Z1-8	含角闪石辉石少斑珍珠岩	85	15	0	雏晶
PST-Z1-9	含角闪石少斑珍珠岩	70	30	0	雏晶
PST-Z3-1	少斑珍珠岩	65	35	0	雏晶
PST-Z2-3	含角闪石少斑珍珠岩	60	40	0	雏晶→骸晶
PST-Z2-4	含辉石蚀变珍珠岩	20	80	0	骸晶
PST-Z2-7	中等蚀变少斑珍珠岩	15	85	0	骸晶
PST-Z2-5	含辉石蚀变珍珠岩	10	90	0	骸晶
PST-Z8-2	含球粒脱玻化珍珠岩	15	20	65	球粒
PST-Z11-2	硅化脱玻化含球粒珍珠岩	16	14	70	球粒
PST-P1-012	球粒化硅化珍珠岩	10	10	80	球粒

2.2.2 脱玻化与层位的关系

营城组地层(出露珍珠岩和流纹岩的地层),由下到上其脱玻化作用由弱到强,基本上是沿这一规律展布。

2.2.3 脱玻化与裂隙发育程度的关系

在薄片,裂隙发育的其脱玻化现象较明显,特别是流纹岩中的球粒大部分是自裂隙壁生长成不完整球粒。

3 火山岩脱玻化作用的储层意义

为了研究脱玻化作用对储集物性的影响程度,利用多功能固体密度测量装置测量出不同类型珍珠岩的密度。通过室内薄片的显微观察,根据脱玻化作用的强弱:弱脱玻化、中等及强脱玻化作用,选取对应的样品,在实验室测量出密度。将测量得到的数据进行整理,见表2。

由表2可以看出,本区含雏晶、骸晶和球粒的不同类型珍珠岩的平均密度不相等,由高到低变化。相对于弱脱玻化作用的珍珠岩平均密度而言,弱、中等和强脱玻化的珍珠岩平均密度的变化率不等。脱玻化作用由弱到强变化,其密度变化率由小到大变化。火山岩升深2-1井营城组的球粒流纹岩,岩石

密度与孔隙度之间具有很好的线性关系^[5]。本区内,假设其为封闭体系,密度的减小对应孔隙的增加,这种密度的变化正说明珍珠岩经过脱玻化作用形成了次生孔隙,从而使体积空间产生变化。即使火山岩的原生孔隙连通性较差^[6~8],但其与脱玻化作用形成的次生孔隙可以形成有利的储层空间。

松辽盆地火山岩储层空间类型主要为纯裂缝型储层或孔隙与裂缝型组合等^[9]。研究区域内,经过面孔率统计,珍珠岩面孔率(以裂缝为主,图4)为0.64%~4.14%,流纹岩为0.93%~6.51%。脱玻化作用形成的次生孔隙增大了面孔率,其与裂缝共同影响了面孔率的增加,这对认识它们的储集意义有积极作用。

4 结论

松辽盆地东南隆起区盆缘(三台地区)白垩系营城组一段火山岩脱玻化现象比较明显,裂缝比较发育。垂向上,出露珍珠岩和流纹岩的地层由下到上其脱玻化作用由弱到强变化;在平面上,在火山口周围有珍珠岩和流纹岩出露的地方,距离火山口由近到远其脱玻化作用由强到弱,呈不均匀环带状变化。

表2 三台地区火山岩脱玻化及密度

Table 2 The devitrification of volcanic rock and its density in Santai area

样品号	岩性	脱玻化产物	密度 /(g·cm ⁻³)	平均密度 /(g·cm ⁻³)	密度变化率 /%	面孔率 /%
PST-Z1-1	少斑珍珠岩	雏晶	2.322			
PST-Z1-5	少斑珍珠岩	雏晶	2.303			
PST-Z2-1	含角闪石珍珠岩	雏晶	2.303			
PST-Z1-3	裂隙发育少斑珍珠岩	雏晶	2.321			
PST-Z1-8	含角闪石辉石少斑珍珠岩	雏晶	2.361			
PST-Z1-9	含角闪石少斑珍珠岩	雏晶	2.257			
PST-Z3-1	少斑珍珠岩	雏晶	2.284			
PST-Z2-3	含角闪石少斑珍珠岩	雏晶	2.302	2.306	0	2.70
PST-Z2-4	含辉石蚀变珍珠岩	骸晶	2.187			
PST-Z2-7	中等蚀变少斑珍珠岩	骸晶	2.282	2.234	3.13	3.92
PST-Z8-2	含球粒脱玻化珍珠岩	球粒	2.146			
PST-Z11-2	硅化脱玻化含球粒珍珠岩	球粒	2.150			
PST-P1-012	球粒化硅化珍珠岩	球粒	2.025	2.107	8.65	4.14

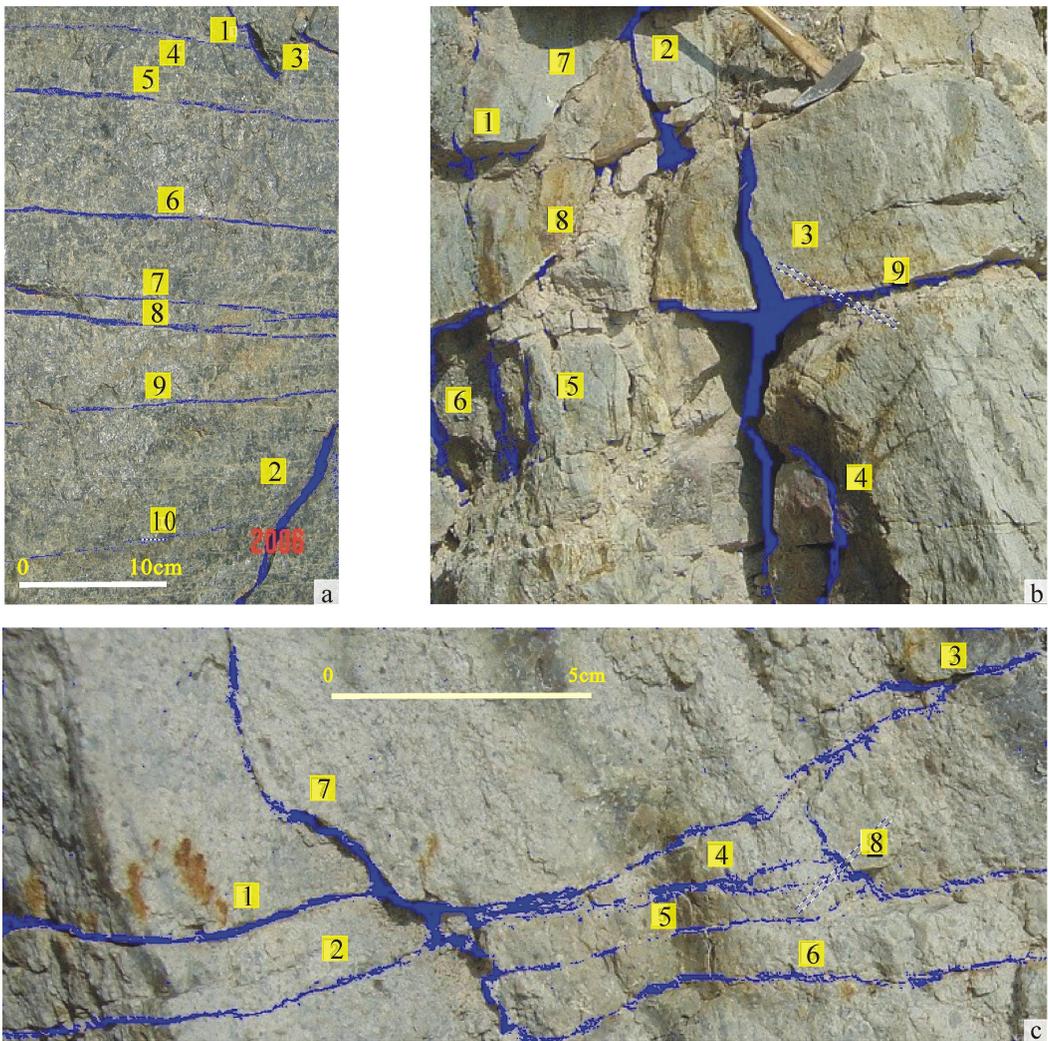


图 4 珍珠岩裂缝标示图(a、b、c 的面孔率分别为 2.70%、3.92% 和 4.14%)

Fig. 4 The marker graphics of perlite (the areal porosity is 2.70%, 3.92% and 4.14% of a, b, c)

火山岩脱玻化作用的强弱与岩石成分、层位和裂隙发育程度有密切关系。本区酸性火山岩——珍珠岩和流纹岩经脱玻化作用产生了雏晶、骸晶(微晶)和球粒,并且形成了次生孔隙,进而改善了储集层的物性——岩石密度和面孔率。这些原生孔隙、裂隙及脱玻化作用形成的次生孔隙都具有重要的储集意义。

参考文献 (References):

[1] 张树业, 刘如曦, 常丽华, 等. 火成岩结构构造图册 [M]. 北京: 地质出版社, 1982.
ZHANG Shu-ye, LIU Ru-xi, CHANG Li-hua, et al. The atlas of structure and tectonic of igneous rock [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1982.
[2] 王德滋, 周新民. 火山岩岩石学 [M]. 北京: 科学出版社, 1982.

WANG De-zi, ZHOU Xin-min. Igneous rock petrology [M]. Beijing: Science Press, 1982.
[3] 赵文选, 齐泽润. 火成岩结构构造图册 [M]. 北京: 原子能出版社, 1979.
ZHAO Wen-xuan, QI Ze-run. The atlas of structure and tectonic of igneous rock [M]. Beijing: Atomic Energy Press, 1979.
[4] 浙江省地质局. 浙江火山岩结构图册 [M]. 北京: 地质出版社, 1976.
The Geology Bureau of Zhejiang Province. The atlas of igneous rock structure of Zhejiang Province [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1976.
[5] 彭彩珍, 郭平, 苏萍, 等. 流纹岩类火山岩储层物性特征研究 [J]. 西南石油学院学报, 2004, 26(3): 12-15.
PENG Cai-zhen, GUO Ping, SU Ping, et al. Research of the reservoir physics properties characteristics of the

- volcanic rocks of rhyolite type[J]. Journal of South-west Petroleum Institute, 2004, 26(3): 12-15.
- [6] 王成, 马明侠, 张民志, 等. 松辽盆地北部深层天然气储层特征[J]. 天然气工业, 2006, 26(6): 25-28.
WANG Cheng, MA Ming-xia, ZHANG Min-zhi, et al. Characteristics of deep gas reservoirs in the northern Songliao Basin[J]. Natural Gas Industry, 2006, 26(6): 25-28.
- [7] 王璞珺, 陈树民, 刘万洙, 等. 松辽盆地火山岩相与火山岩储层的关系[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(1): 18-27.
WANG Pu-jun, CHEN Shu-min, LIU Wan-zhu, et al. Relationship between volcanic facies and volcanic reservoirs in the Songliao Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2003, 24(1): 18-27.
- [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.
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.
- [9] 刘万洙, 王璞珺, 门广田, 等. 松辽盆地北部深层火山岩储层特征[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(1): 28-31.
LIU Wan-zhu, WANG Pu-jun, MEN Guang-tian, et al. Characteristics of deep volcanic reservoirs in northern Songliao Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2003, 24(1): 28-31.

欢迎订阅 2008 年《地球科学与环境学报》

《地球科学与环境学报》是教育部主管、长安大学主办的地学综合类学术刊物 (ISSN 1672-6561, CN 61-1423/P), 其先后被美国《化学文摘》、美国《剑桥科学文摘》、美国《地质学题录与索引》、俄罗斯《文摘杂志》、《中国核心期刊(遴选)数据库》、《中国科学引文数据库》、《中国地质文摘》、《中国石油文摘》等国内外十余家著名权威文摘或数据库固定收录。

《地球科学与环境学报》主要刊载基础地质、矿床地质、水文地质、工程地质、环境地质(含生态地质和灾害地质)、资源勘查、测绘工程、地理信息系统、地学等领域的学术论文。主要读者为地质矿产勘查、地质工程、矿业开发、测绘工程、水资源与环境工程等领域的科研人员及大专院校师生。

《地球科学与环境学报》为季刊, 大 16 开, 112 页, 每期定价 8 元, 全年共 32 元, 国内邮发代号: 52-280, 国外发行代号: Q4115。邮局漏订者也可直接同本刊编辑部联系。

本刊地址: 西安市雁塔路南段 126 号长安大学雁塔校区

邮政编码: 710054; 电话: (029)82339978; E-mail: dkyhxb@chd.edu.cn