

# 松辽盆地东南隆起区白垩系营城组 火山岩中辉绿玢岩脉地质特征及其储层意义

郑常青<sup>1</sup>, 徐正顺<sup>2</sup>, 王璞珺<sup>1</sup>, 孙晓猛<sup>1</sup>, 王 虎<sup>1</sup>

1. 吉林大学 地球科学学院, 长春 130061

2. 中国石油大庆油田有限责任公司, 黑龙江 大庆 163712

**摘要:** 在松辽盆地东南隆起上河湾地区出露的白垩系营城组第三岩性段火山岩中有两种产状的辉绿玢岩脉侵入: 其一, 沿着NE30°~35°走向的追踪张节理侵入, 岩脉边界呈锯齿状, 岩脉宽度1~5 m, 倾角75°~88°; 其二, 岩脉沿NE40°~45°走向的一组剪切节理侵入, 岩脉边界光滑平直, 围岩接触面上发育倾角平缓的线理或擦痕, 运动方向总体呈现左行, 脉体倾角75°~88°, 岩脉宽度2~10 m。无论哪种产状的脉体都发育片理化现象, 且从脉体的边缘向中心减弱。辉绿玢岩总体化学成分与基性玄武岩相当, 后期变化表现为次生方解石(碳酸盐化)和雏晶黑云母(钾质流体)交代现象。辉绿玢岩脉的侵入记录了早白垩世营城组后期至少存在一次NE-SW(NE40°左右)的挤压构造应力场作用, 同时伴有基性岩浆侵入活动, 与区域上佳-伊断裂的活动有关; 而且岩脉侵入后叠加了与岩脉走向近垂直的挤压片理化作用。本区辉绿玢岩的地质特征研究对松辽盆地营城组火山岩原生构造裂缝及其储层评价提供依据。

**关键词:** 松辽盆地; 营城组; 辉绿玢岩脉; 北东向挤压

中图分类号: P618.13

文献标识码: A

文章编号: 1671-5888(2007)06-1097-07

## Geological Characteristics and Hydrocarbon Reservoir Significance of the Diabasephyrite at the Shanghewan Area, Southeast Uplift of the Songliao Basin, NE China

ZHENG Chang-qing<sup>1</sup>, XU Zheng-shun<sup>2</sup>, WANG Pu-jun<sup>1</sup>, SUN Xiao-meng<sup>1</sup>, WANG Hu<sup>1</sup>

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

2. Daqing Petroleum Company of Petro China, Daqing, Heilongjiang 163712, China

**Abstract:** There are two types of diabasephyrite dikes in the third member of the Cretaceous Yingcheng Formation at the Shanghewan area in the southeastern uplift of the Songliao Basin. One type of diabasephyrite was emplaced in the NE30°-35° trending tracking-expansion joints, and contained dikes of 1-5 m in width, 75°-88° in dip angle and showed indented contact between the dikes and the country rocks. Another type of dikes was emplaced in the 40°-45° direction shear joints, with the dikes being 2-10 m in width, 75°-88° in dip angle and showing low-angle lineation or striation in the slippery boundary between the dikes and the country rocks. There are strong to weak schistosity from rim to centre in all the dikes. The chemical compositions of the dikes are similar to that of the basalts. However, the dikes show secondary changes, including hypo-calspar and crystallite biotite, indicating fluid-rock

收稿日期: 2007-06-05

基金项目: 国家“973”项目(2006CB71403); 教育部留学回国人员启动基金(2006, 学号: 22822088); 国家油气专项(XQ-2004-07)

作者简介: 郑常青(1962-), 男, 吉林榆树人, 副教授, 博士, 主要从事岩石学研究, E-mail: zhengchangqing2004@126.com.

metasomatism. The diabaseprophyrite dikes recorded some important events happened in the area when the terminal deposition of the Cretaceous Yingcheng Formation took place in this area—NE—SW compressive tectonic stress and basic magmatism. The research for the incursion and deformation of the dikes indicates that they were controlled by the Jiamusi—Yitong faulting and was under compression after intrusion of dikes. The study on the geological characteristics of the diabaseprophyrite provides some important information to the relations between the original fracture-cracks in dikes and their reservoir significance.

**Key words:** Songliao Basin; Yingcheng Formation; diabaseprophyrite; NE—SW compression-tectonic stress

## 0 引言

近年火成岩油气藏已成为国际上油气勘探的一个新领域,受到了油气勘探界的广泛重视。我国也陆续发现一批具有一定储量、一定产量以火山岩为主要储层的油气田。尤其是我国东部中生代火山岩已成为深层油气勘探的重要储集岩类型<sup>[1~7]</sup>,并具有较好的勘探前景。火山岩储层属于典型的孔隙裂缝组合构成的所谓“双孔介质”储集空间,不同岩相带发育的火山岩储层其孔—缝及其组合关系差异很大,构造节理缝是次生裂缝的主要表现形式。松辽盆地主要的构造裂隙是一组共轭、高角度(断层面倾角 $50^{\circ}\sim 90^{\circ}$ )、走向 NNE 和 NNW 向、剪性或压剪性的断层缝,这组高角度构造裂隙是松辽盆地油气运移的主要通道<sup>[8~11]</sup>。本文所研究的辉绿玢岩(走向 $NE30^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 左右)就是沿着追踪张裂隙灌入和沿剪切节理侵入的基性岩脉。该追踪张裂隙是营城组火山岩中两组高角度剪切节理持续剪压形成的(图 1)。本文详细研究了辉绿玢岩脉的野外产状、与节理缝的关系、构造应力场以及岩相等地质特征,并探讨其储层意义。该地区辉绿玢岩脉的发现不仅是对松辽盆地原生构造裂隙的重要补充,而且对松辽盆地营城组火山岩原生构造裂隙应力场分析以及储层评价等都具有重要的参考价值。

## 1 辉绿玢岩脉产状

根据辉绿玢岩脉与围岩的接触关系、侵入接触边界、岩脉与节理关系等特征,研究区辉绿玢岩脉有两种产出状态:其一是沿追踪张节理侵入,其二是沿剪切节理侵入。无论哪种产状的脉体边缘都发育原生流面构造,主要表现为从脉体的中心向侧壁接触带挤压片理化增强的现象。

### 1.1 沿追踪张节理侵入的辉绿玢岩脉

沿追踪张节理侵入的辉绿玢岩脉出露在后黄土埃村北通力二号采石场北部(图 1, 图 2a),岩脉边界呈锯齿状,沿着一组共轭追踪张节理侵入。其中:一组节理倾向主要为 $100^{\circ}\sim 115^{\circ}$ ,倾角 $85^{\circ}\sim 88^{\circ}$ ;另一组节理倾向主要为 $145^{\circ}\sim 155^{\circ}$ ,倾角 $75^{\circ}\sim 88^{\circ}$ 。岩脉沿着该组节理侵入延伸长度要比沿倾向 $100^{\circ}\sim 115^{\circ}$ 的节理延伸长度长。岩脉的围岩为流纹斑岩,脉壁上发育有光滑的镜面及擦痕线理(图 2b),显示左行走滑运动性质,岩脉宽度 $1\sim 5\text{ m}$ 。在纵向剖面上也可以见到辉绿玢岩脉沿追踪张节理侵入的现象,岩脉两侧锯齿状具有可复原的特征(图 2c);拐点处岩脉较宽,追踪张节理总体走向 $NE30^{\circ}\sim 35^{\circ}$ (图 2d)。辉绿玢岩脉与围岩侧壁接触带部位发育倾角近乎直立的原生流面构造,主要表现为脉体边缘出现挤压片理化现象(图 2e)。

### 1.2 沿剪切节理侵入的辉绿玢岩脉

沿剪切节理侵入的辉绿玢岩脉出露在后黄土埃村北通力二号采石场南部(图 1, 图 3a),岩脉边界平直,沿着一组剪切节理侵入,节理倾向主要在 $310^{\circ}\sim 315^{\circ}$ ,倾角 $85^{\circ}\sim 90^{\circ}$ (图 3a)。岩脉的围岩为英安岩,脉壁上发育有光滑的镜面及近水平擦痕线理(图 3b),显示左行走滑运动性质,岩脉宽度 $2\sim 10\text{ m}$ ,总体走向 $NE40^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 。与沿追踪张节理侵入的辉绿玢岩脉一样,内部也发育倾角近乎直立的挤压片理,脉体边缘挤压片理发育,向脉体中间有减弱趋势(图 3c)。沿剪切节理侵入的辉绿岩脉的应力场情况如图 3d 所示。

本区辉绿玢岩脉体挤压片理化现象仅仅在脉体部分发育而围岩中没有,实质是处于半塑性的辉绿玢岩岩浆上侵过程中,向侧壁扩张空间的运动产生了施加于相对刚性侧壁围岩的挤压作用,这种挤压作用自脉体的中心向侧壁接触带逐渐加强<sup>[12]</sup>。板

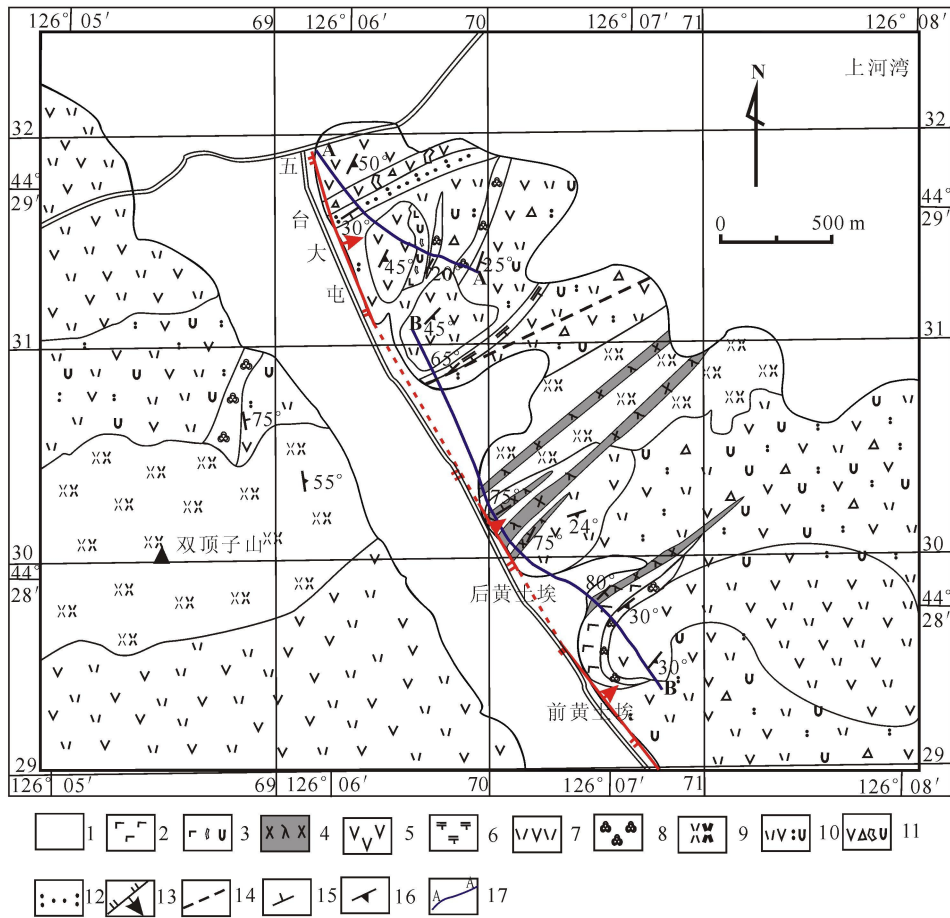


图 1 上河湾地区黄土埃白垩系营城组第三岩性段火山岩地质图

Fig. 1 The geological map of the volcanics of third segment of Cretaceous Yingcheng Formation at Huangtuai in the Shanghewan area of Songliao Basin

1. 第四系; 2. 玄武岩; 3. 玄武质集块熔岩; 4. 辉绿玢岩; 5. 安山岩; 6. 粗安岩; 7. 英安岩; 8. 珍珠岩; 9. 流纹斑岩; 10. 英安质凝灰熔岩; 11. 安山质角砾集块熔岩; 12. 砂质凝灰岩; 13. 逆冲断层; 14. 性质不明断层; 15. 岩层产状; 16. 流纹产状; 17. 剖面位置

柱状矿物、气孔、杏仁体、扁平状析离体等为了适应挤压力作用, 其长轴方向会转动到与挤压力垂直的位置, 即产生平行于围岩接触面的挤压片理化等构造现象。在较细的脉体中尤为突出, 可见交织结构。另外, 由于流动的岩浆与固体围岩之间的摩擦作用, 岩浆的差异运动特别显著, 在侵入体(脉体)边缘产生大致平行于接触带的原生流面构造。本区的原生流面构造主要表现为脉体边缘的挤压片理化现象和交织结构比较发育。

依据辉绿玢岩脉和构造裂隙的关系, 松辽盆地东南隆起区在营城期后由于受到区域上 NE-SW 向挤压应力场作用<sup>[13~15]</sup>, 形成如图 2d 和图 3d 所示的两种较大类型的断裂(或节理体系): 其一是近平行于共轭节理角分线(走向 NE30°~35°)的追踪张

断裂, 其二是平行其中一组剪节理(走向 NE40°~45°)的剪切断裂。

## 2 辉绿玢岩岩相学特征

该地区辉绿玢岩的矿物成分主要有斜长石(50%~65%)、单斜辉石(15%~20%)、磁铁矿(15%~20%)、橄榄石(5%~10%), 次生矿物有方解石、黑云母和绿泥石, 少量绢云母。其中, 斜长石、单斜辉石、橄榄石在较宽的岩脉中是基质的主要成分, 同时也是斑晶。矿物的结晶程度与脉体宽度有一定关系: 比较宽的辉绿玢岩中矿物结晶程度较高, 常常具有斑状结构, 斑晶为斜长石、单斜辉石和橄榄石, 基质为间粒结构(图 4a); 比较窄的(<2 m)脉体岩石多为显微细晶结构, 没有斑晶矿物, 主要为间粒

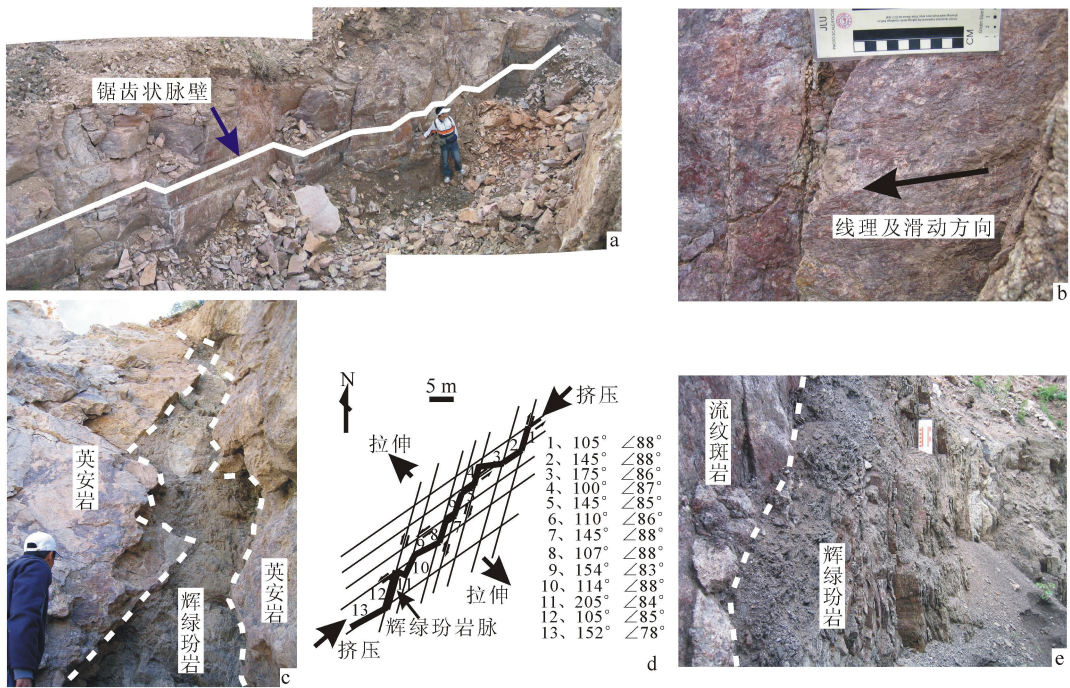


图 2 沿追踪张节理侵入的辉绿玢岩脉野外产状(九台上河湾后黄土埃)

Fig. 2 The field view of diabaseophyrite dikes emplaced in the tracking-expansion joints(Shanghewan Houhuangtuai Jiutai)

a. 平面上辉绿玢岩脉围岩保留的锯齿状特征; b. 辉绿玢岩脉围岩上的镜面及擦痕线理; c. 垂向上辉绿玢岩脉的锯齿状特征; d. 辉绿玢岩脉贯入的追踪张节理应力场平面图; e. 辉绿玢岩上侵过程中形成的挤压片理

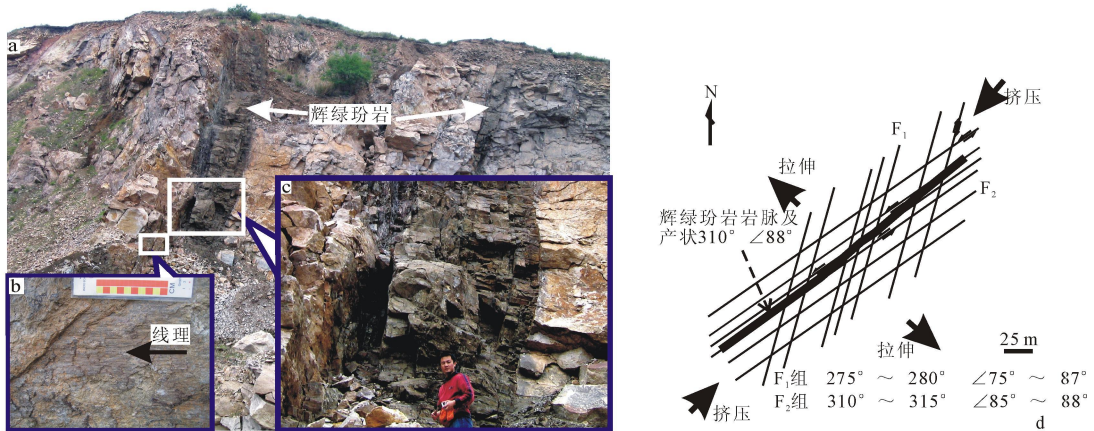


图 3 沿剪切节理侵入的辉绿玢岩脉野外产状(九台上河湾后黄土埃)

Fig. 3 The field view of the diabaseophyrite dikes emplaced in the shear joints(Shanghewan Houhuangtuai Jiutai)

a. 辉绿玢岩脉沿剪切节理侵入英安岩特征; b. 辉绿玢岩脉壁围岩上的镜面及近水平擦痕线理; c. 辉绿玢岩脉两侧发育的挤压片理; d. 辉绿玢岩脉贯入的剪切节理的应力场平面图

间隐结构(图 4b)和交织结构特征,同时可见杏仁体拉长定向与交织结构平行的现象(图 4c)。本区辉绿玢岩后期变化强烈,表现为次生方解石(碳酸盐

化和雏晶黑云母(钾质流体)交代斜长石、单斜辉石、橄榄石等矿物。其中,雏晶黑云母单偏光镜下呈现黄褐色鳞片状或放射状集合体(图 4d),由于结晶



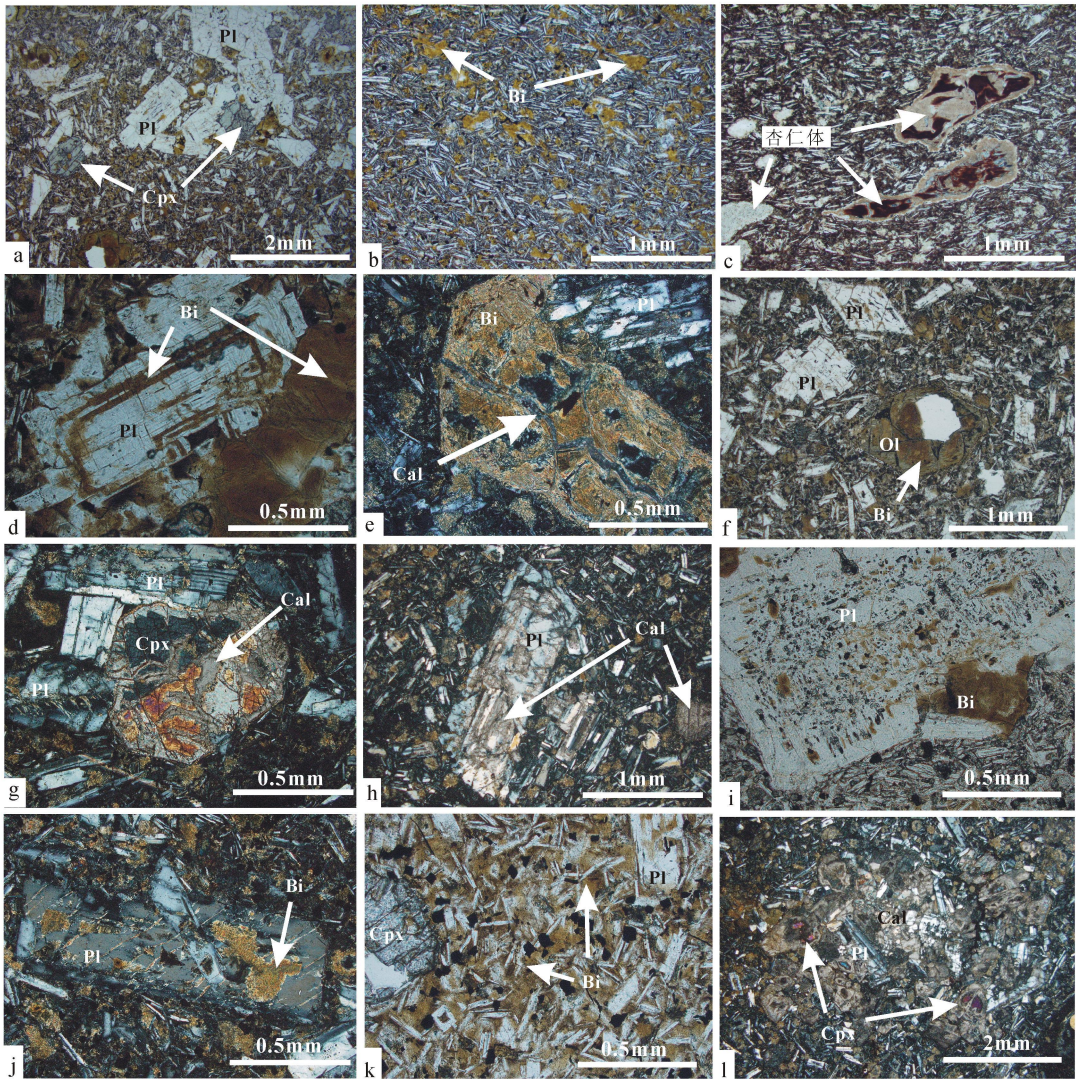


图 4 辉绿玢岩显微结构及其次生变化特征

Fig. 4 Photomicrographs and the terminal secondary changes of the diabaseophyrite dikes, crossed polars

a. 较粗辉绿玢岩脉发育的间粒结构, 单偏光(PH-27); b. 较细辉绿玢岩脉发育的间粒间隐结构, 具交织结构, 单偏光(PH-4); c. 较细辉绿玢岩脉发育的杏仁体拉长与交织结构, 单偏光(PH-7); d. 雏晶黑云母呈鳞片状集合体交代橄榄石或呈环带状斜长石, 单偏光(PH-26); e. 雏晶黑云母呈鳞片状或放射状集合体交代橄榄石, 方解石细脉穿切雏晶黑云母集合体, 正交偏光(PH-20); f. 橄榄石斑晶全部被雏晶黑云母替代, 呈橄榄石假象, 单偏光(PH-27); g. 沿单斜辉石边缘或解理缝发生方解石交代, 正交偏光(PH-20); h. 沿斜长石环带状构造缝或解理缝发生方解石交代, 正交偏光(PH-21); i. 沿斜长石解理缝发生雏晶黑云母交代, 单偏光(PH-44); j. 沿斜长石斑晶微裂缝发生雏晶黑云母交代, 正交偏光(PH-27); k. 斜长石微晶搭成格架中发生雏晶黑云母交代, 单偏光(PH-26); l. 单斜辉石或斜长石微晶粒间发生方解石交代, 正交偏光(PH-21)

程度偏低多色性不明显, 干涉色多为一级顶部, 个别可达二级蓝, 有的地方可见到方解石细脉穿切雏晶黑云母集合体(图 4e), 似有碳酸盐化较晚的迹象, 也可能碳酸盐化具有多期性质。次生矿物主要发育在矿物颗粒边缘(图 4f、g)、解理缝(图 4 i)、裂隙(图 4e、f、h、j)、斜长石环带中(图 4d、k), 在基质斜长石微晶格架内常常发育弥散性方解石或雏晶黑云母

(图 4k、l)。

### 3 结论与讨论

(1) 研究区辉绿玢岩矿物成分与基性玄武岩相当。

(2) 辉绿玢岩脉的侵入记录了松辽盆地东南隆起区营城组期后, 发育两种性质的断裂, 其一是与

NE 向挤压应力场形成的共轭节理角分线(走向 NE30°~35°)平行的追踪张断裂,其二是平行其中一组剪节理(走向 NE40°~45°)的剪切断裂。

(3)节理(断裂)、基性岩脉、岩脉边缘扩张挤压片理(流动构造)是营城期后构造岩浆事件的不同表现形式。

研究区辉绿玢岩脉的侵入特征记录了松辽盆地东南隆起区营城期后的古应力场作用形式,形成 NE—NW 向的追踪张断裂和深剪切断裂。沿追踪张断裂(或节理)侵入的岩脉边界不规则,呈锯齿状;沿剪切断裂(或节理)侵入的岩脉边界规则,呈平直带状。这一认识对识别盆地内原生构造裂缝性质具有重要指导意义。另外,基性岩脉上侵过程中由于向刚性围岩侧壁的扩张空间挤压力作用,在辉绿玢岩脉边缘发育原生挤压片理化现象;这也是火成岩油气藏原生构造裂缝的重要表现形式,深化了对火成岩原生裂缝的认识。本区岩脉后期次生变化强烈,尤其雏晶黑云母化和碳酸盐化,岩脉的总体化学成分与基性玄武岩相当,总化学成分是贫钾的。但是,研究区的辉绿玢岩脉以及部分玄武岩普遍发育黑云母化,原来的橄榄石斑晶几乎都被黄褐色雏晶黑云母取代,部分单斜辉石和斜长石也被黑云母取代,反映富钾质流体与岩石相互作用强烈<sup>[16,17]</sup>。在辉绿玢岩脉围岩(流纹斑岩、英安岩)中却没有雏晶黑云母出现,这种富钾质流体可能来源比较深,与辉绿玢岩岩浆活动有关,这种辉绿玢岩脉充填营城组火山岩较大规模的节理缝中,是营城组火山岩的原生裂隙的重要体现。辉绿玢岩内部较小的孔缝中也发育方解石和雏晶黑云母交代或充填,例如:基质间粒结构格架中、矿物粒间、矿物解理缝或裂缝中、斜长石环带间等等,反映辉绿玢岩脉是深部含碳质和含钾质流体运移的通道。在辽河盆地驾掌寺地区发育的辉绿岩就是很好的油气藏<sup>[18,19]</sup>。因此,本区辉绿玢岩脉地质特征的深入研究对营城组火山岩原生构造缝及其储层评价具有重要的启示意义。

#### 参考文献(References):

[1] 吕炳全,张彦军,王红罡,等.中国东部中、新生代火山岩油气藏的现状与展望[J].海洋石油,2003,23(4):9—11.  
LÜ Bing-quan, ZHANG Yan-jun, WANG Hong-gang, et al. Present and prospect of Cenozoic/Mesozoic volcanic rock oil and gas accumulations in East of China[J]. Offshore Oil, 2003, 23(4): 9—11.

[2] 马乾,鄂俊杰,黄骅坳陷北堡地区深层火成岩储层评价[J].石油与天然气地质,2000,21(4):337—340.  
MA Qian, E Jun-jie. Reservoir evaluation of deep seated igneous rocks in Beipu region, Huanghua depression[J]. Oil and Gas Geology, 2000, 21(4): 337—340.

[3] 冀国盛,戴俊生,马欣本,等.苏北盆地闵北地区阜宁组一、二段火山岩的储层特征[J].石油与天然气地质,2002,23(3):289—292.  
JI Guo-sheng, DAI Jun-sheng, MA Xin-ben, et al. Reservoir characteristics for volcanic rocks from member ii of Funing Formation in northern Minbei region in Subei Basin[J]. Oil and Gas Geology, 2002, 23(3): 289—292.

[4] 徐正顺,王渝明,庞颜明,等.大庆徐深气田火山岩气藏储集层识别与评价[J].石油勘探与开发,2006,33(5):521—531.  
XU Zheng-shun, WANG Yu-ming, PANG Yan-ming, et al. Identification and evaluation of Xushen volcanic gas reservoirs in Daqing[J]. Petroleum Exploration and Development, 2006, 33(5): 521—531.

[5] 程日辉,刘万洙,王璞琚,等.徐家围子断陷火山岩赋存型式及意义[J].石油与天然气地质,2003,24(1):24—27.  
CHENG Ri-hui, LIU Wan-zhu, WANG Pu-jun, et al. Occurrences of volcanic rocks in Xujiaweizi fault-depression and their significance[J]. Oil and Gas Geology, 2003, 24(1): 24—27.

[6] 程日辉,王璞琚,刘万洙,等.徐家围子断陷火山岩充填的层序地层[J].吉林大学学报(地球科学版),2005,35(4):469—474.  
CHENG Ri-hui, WANG Pu-jun, LIU Wan-zhu, et al. Sequence stratigraphy with fills of volcanic rocks in Xujiaweizi faulted depression of Songliao Basin, Northeast China[J]. Journal of Jilin University(Earth Science Edition), 2005, 35(4): 469—474.

[7] 刘万洙,王璞琚,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 and Gas Geology, 2003, 24(1): 28—31.

[8] 王璞琚,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—23.  
WANG Pu-jun, CHEN Shu-min, LIU Wan-zhu, et al.

- Relationship between volcanic facies and volcanic reservoirs in Songliao Basin[J]. *Oil and Gas Geology*, 2003, **24**(1): 18—23.
- [9] 王璞珺, 吴河勇, 庞颜明, 等. 松辽盆地火山岩相: 相序、相模式与储层物性的定量关系[J]. *吉林大学学报(地球科学版)*, 2006, **36**(5): 805—812.  
WANG Pu-jun, WU He-yong, PANG Yan-ming et al. Volcanic facies of the Songliao Basin: sequences, model and the quantitative relationship with porosity & permeability of the volcanic reservoir[J]. *Journal of Jilin University(Earth Science Edition)*, 2006, **36**(5): 805—812.
- [10] 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.
- [11] 蒙启安, 王璞珺, 杨宝俊, 等. 松辽盆地断陷期超层序界面的地质属性刻画及其油气地质意义[J]. *地质论评*, 2005, **51**(1): 46—54.  
MENG Qi-an, WANG Pu-jun, YANG Bao-jun, et al. Geological signatures of sequence boundary of the Songliao Basin: new interpretation and their relation to gas accumulation[J]. *Geological Review*, 2005, **51**(1): 46—54.
- [12] 希尔斯. 构造地质学原理[M]. 李叔达, 译. 北京: 地质出版社, 1981.  
Hills S. *Basic structural geology*[M]. Translated by LI Shu-da. Beijing: Geological Publishing House, 1981.
- [13] 孙晓猛, 王璞珺, 郝福江, 等. 中国东部陆缘中区中—新生代区域断裂系统时空分布特征、迁移规律及成因类型[J]. *吉林大学学报(地球科学版)*, 2005, **35**(5): 554—563.  
SUN Xiao-meng, WANG Pu-jun, HAO Fu-jiang et al. Space—time distribution features, migration regularities and genetic types of regional fault system of Meso-Cenozoic in the central section of Epicontinent of the East China[J]. *Journal of Jilin University(Earth Science Edition)*, 2005, **35**(5): 554—563.
- [14] 宋维海, 张兴洲, 王璞珺. 中国东部陆缘中区第三纪构造—火山事件及其对含油气盆地的控制[J]. *吉林大学学报(地球科学版)*, 2003, **33**(4): 480—485.  
SONG Wei-hai, ZHANG Xing-zhou, WANG Pu-jun. Tertiary tectonic-volcanic events in the middle continental margin from Eastern China and their control over oil-bearing basins[J]. *Journal of Jilin University(Earth Science Edition)*, 2003, **33**(4): 480—485.
- [15] 杨宝俊, 张梅生, 王璞珺, 等. 论中国东部大型盆地及邻区地质—地球物理复合尺度解析[J]. *地球物理学进展*, 2002, **17**(2): 317—324.  
YANG Bao-jun, ZHANG Mei-sheng, WANG Pu-jun et al. Composite scale analysis of geology—geophysics in the major basins and surrounding areas in the Eastern China[J]. *Progress in Geophysics*, 2002, **17**(2): 317—324.
- [16] 刘国勇, 张刘平, 金之钧. 深部流体活动对油气运移影响初探[J]. *石油实验地质*, 2005, **27**(3): 269—275.  
LIU Guo-yong, ZHANG Liu-ping, JIN Zhi-jun. Primary study on the effects of deep-sourced fluid's movement on hydrocarbon migration[J]. *Petroleum Geology and Experiment*, 2005, **27**(3): 269—275.
- [17] 吴昌志, 顾连兴, 任作伟, 等. 中国东部中、新生代含油气盆地火成岩油气藏成藏机制[J]. *地质学报*, 2005, **79**(4): 522—530.  
WU Chang-zhi, GU Lian-xing, REN Zuo-wei et al. Formation mechanism of hydrocarbon reservoirs related to igneous rocks in Mesozoic—Cenozoic basin, Eastern China[J]. *Acta Geologica Sinica*, 2005, **79**(4): 522—530.
- [18] 刘立, 谢文彦, 李德生, 等. 辽河盆地东部凹陷新生代火山岩裂缝与油气[J]. *海洋石油*, 2003, **23**(3): 10—15.  
LIU Li, XIE Wen-yan, LI De-sheng, et al. The fracture and oil/gas of Cenozoic volcanic rock of the eastern sag of Liaohe Basin[J]. *Offshore Oil*, 2003, **23**(3): 10—15.
- [19] 时林春. 驾掌寺地区辉绿岩储层特征[J]. *特种油气藏*, 2003, **10**(增刊): 22—24.  
SHI Lin-chun. Diabase reservoir characteristics in Jiazhangsi area[J]. *Special Oil and Gas Reservoirs*, 2003, **10**(Sup.): 22—24.