

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

辽河油田欧利坨子潜火山岩及其成藏机制

吴昌志 顾连兴 任作伟 赵明 张光辉

南京大学地球科学系, 南京大学成矿作用国家重点实验室, 210093

内容提要 辽河油田欧利坨子油气的主要储集岩为侵位于沙三期烃源岩中的岩镰状潜火山侵入体。在岩浆侵位过程中, 由于侵入体中挥发份的逸出并在岩体顶部聚集, 于冷凝壳下发生“隐爆作用”, 在冷凝壳内形成隐爆角砾岩砾间缝, 在隐爆角砾岩附近震碎带形成网状裂缝; 由于岩浆上拱力, 在岩体顶部冷凝壳内形成垂向裂缝; 岩体的冷凝收缩还形成了大量张性微裂缝。油气通过连通烃源岩与岩体的构造裂缝由下方烃源岩进入岩体上部裂隙系统, 形成了工业型油气藏。

关键词 粗面斑岩 潜火山岩 储层 裂缝形成机制 成藏机制 辽河盆地

近年来, 随着火成岩中油气勘探进展, 越来越多的油藏地质学家开始重视火成岩中油气藏的研究 (Seemann et al., 1984; 张子枢等, 1994; 罗静兰等, 1996; 陶奎元等, 1998; 赵澄林等, 1999; 杨少春等, 1999; 邱隆伟, 1999; 邱隆伟等, 2000;)。但是, 目前所报道的研究实例主要是产在玄武岩和辉绿岩中的油气藏 (George, 1992; 张子枢等, 1994; Galushkin, 1997; 操应长等, 1999; 李亚辉, 2000), 而中酸性侵入岩中油气藏的报道 (余家仁, 1995) 较少。

Chen 等 (1999)、赵澄林等 (1999)、邱隆伟 (1999)、邱隆伟等 (2000) 认为欧利坨子储油玄武岩和粗面质岩石均为喷出相火山岩, 而粗面质岩石具有比玄武岩更好的油气储集性能。但是, 上述研究者未就油气对粗面岩的选择性作出令人满意的解释。笔者等对欧利坨子油田十余口钻井火成岩岩心作了仔细观察和裂隙系统统计, 并采集样品进行了薄片鉴定及岩石化学等分析, 得到了油气的主要储集岩——粗面质岩石为潜火山侵入岩的认识。顾连兴等 (2001) 曾对此认识作了简短报道。本文将详细阐述欧利坨子潜火山岩的侵位环境和裂缝发育特征, 并讨论该岩体的成藏机制。

1 地质背景

辽河新生代盆地可划分为西部凹陷、东部凹陷、大民屯凹陷、中央凸起、西部凸起和东部凸起等几部分, 总体上呈 NE 向展布 (图1)。张文昭 (1986)、陈全

茂等 (1998)、郭建华 (1998)、任作伟等 (1999)、杨少春等 (1999)、赵澄林等 (1999)、蔡国钢等^①、孙红军^②等曾从不同方面研究了辽河盆地的油气地质问题。

欧利坨子位于辽河油田东部凹陷中段。该区第三纪岩浆活动频繁, 从古新世房身泡组到中新世馆陶组都发育有大量火山岩 (陈全茂等, 1998)。据钻井揭露, 火山岩层数超过20层^③。在火山活动过程中还伴有多样旋回的潜火山岩侵入。岩浆岩的主要成分属玄武质和粗面质。主要岩石类型有玄武岩、粗面岩、粗面质火山碎屑岩和粗面斑岩等。这些岩浆岩的分布或紧邻生油岩, 或夹于烃源岩之中, 具有形成油气藏的优越条件。

2 粗面斑岩岩石学特征

未蚀变粗面斑岩手标本呈浅灰到灰绿色, 斑状和聚斑状结构。斑晶大小3~5 mm, 主要由透长石、歪长石、斜长石及暗色矿物单斜辉石和黑云母组成。斑晶含量普遍超过10%, 有时可达20%以上。透长石斑晶表面干净明亮, 一般蚀变微弱, 有的具泥化边, 并具再生长现象, 环带构造常见。歪长石斑晶具有典型的格子双晶, 据此可与透长石相区别。斜长石斑晶常具钠长石律聚片双晶, 双晶纹细密, 一般 $An=22\sim 25$, 具环带构造。单斜辉石有无色和浅绿色两种, 电子探针测定结果表明, 两者均为次透辉石, 但前者富镁, 后者富铁。黑云母多被暗化。基质为粗面结构, 主要由碱性长石组成, 并含少量暗色矿物。碱性长石

收稿日期: 2001-05-30; 改回日期: 2002-04-18; 责任编辑: 刘淑春。

作者简介: 吴昌志, 男, 1975年11月生。1998年毕业于长春科技大学 (现为吉林大学)。现为南京大学博士研究生。通讯地址: 210093, 南京大学地球科学系01博; Email: ezhiwucz@sina.com。通讯作者: 顾连兴, 通讯地址: 210093, 南京大学地球科学系; Email: lxgu@nju.edu.cn。

微晶个体清晰,个体间显微隐晶物质甚少,因而有别于该区喷出相的熔岩。

未蚀变粗面斑岩主量元素分析值列于表1,其SiO₂含量为59.10%~61.22%,K₂O+Na₂O为10.40%~11.71%,在K₂O+Na₂O-SiO₂图上(图2)全部落入粗面(斑)岩区,投影点相对集中,表明区内岩性较为均匀。

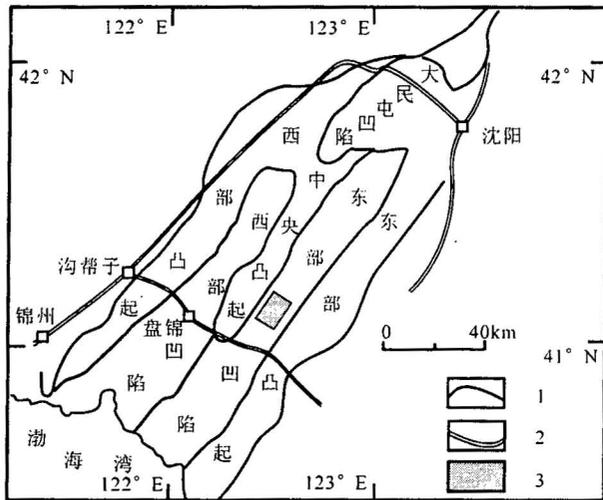


图 1 辽河盆地构造分区略图
(据 Chen 等, 1999)

Fig. 1 Structural subarea of the Liaohe basin
(after Chen et al., 1999)
1—构造分区; 2—铁路; 3—研究区
1—Structural subarea; 2—railway; 3—study area

表 1 欧利坨子粗面斑岩主量元素含量(%)
Table 1 Major element contents of trachytic porphyry at Oulituozi (%)

样号	LH-36	LH-39	LH-44	LH-45	LH-52	LH-53	LH-54	LH-55	LH-56
井号	欧26	欧36	欧14	欧14	欧15	欧15	欧15	欧15	欧15
SiO ₂	59.10	60.28	61.22	59.58	60.42	59.32	59.50	60.18	59.68
TiO ₂	0.58	0.46	0.52	0.64	0.46	0.46	0.46	0.50	0.48
Al ₂ O ₃	18.74	18.82	18.56	18.26	18.60	18.82	19.04	18.57	18.36
Fe ₂ O ₃	2.79	3.16	1.84	2.54	2.48	2.72	2.83	3.05	3.01
FeO	1.79	1.74	1.98	1.94	1.77	2.07	2.08	1.60	1.70
MnO	0.14	0.12	0.09	0.11	0.12	0.11	0.12	0.11	0.11
MgO	0.67	0.63	0.84	1.10	0.89	1.13	1.12	0.67	0.66
CaO	1.45	0.92	1.55	1.38	1.10	1.48	1.38	1.21	1.64
Na ₂ O	5.61	4.80	5.31	4.38	4.67	5.36	5.44	5.85	6.71
K ₂ O	5.54	6.91	5.93	6.43	6.55	5.28	4.96	4.84	4.66
P ₂ O ₅	0.13	0.16	0.19	0.15	0.14	0.15	0.14	0.16	0.14
LOI	3.07	1.68	1.63	2.45	2.44	2.53	2.61	2.57	2.52
Total	99.61	99.68	99.66	99.36	99.64	99.43	99.68	99.31	99.67

注:样品由南京大学地球科学系中心实验室作化学分析。

3 粗面斑岩侵入相特征

欧利坨子粗面斑岩过去一直被认为是喷出相的火山岩(赵澄林等,1999;邱隆伟等,2000)。但是粗面斑岩与玄武岩均夹于沙三期烃源岩之中,而油气在玄武岩中储集量很少,在粗面斑岩中却相对富集(赵澄林等,1999)。对此,大多数学者并未做出合理解释。笔者等在钻井岩心及其切片中所见到的如下证据,表明该粗面斑岩不是喷出相岩石,而是潜火山环境的产物。

(1) 岩体穿入沉积岩并切割沉积岩层理,接触面产状陡立、界线清晰。接触面上既无沉积物相隔,也无古侵蚀面痕迹(图版 I-1)。

(2) 接触带附近的火成岩具有冷凝边,外侧的沉积岩和玄武岩均遭受接触变质。岩体上方玄武岩杏仁体中的绿泥石被脱水而转变成了黑云母;泥质岩受显著的钾长石化、黑云母化蚀变。

(3) 有些地段见到长石斑晶在垂直方向上定向排列。在欧15井(图3)中,从2307~2404 m 将近100 m 的范围内均可见到这种垂向排列(图版 I-2),这表明该处岩浆的垂直方向流动,而不是喷出岩的那种水平方向流动。在欧29井中(图3),长石斑晶排列

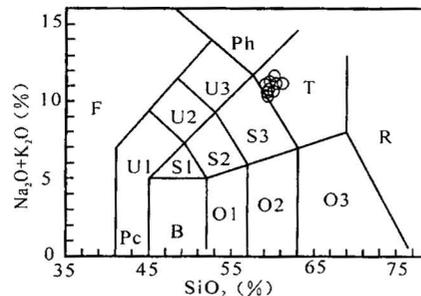


图 2 欧利坨子粗面斑岩硅碱图
(仿 Le Bas 等,1986)

Fig. 2 (Na₂O+K₂O)-SiO₂ diagram of trachyte porphyry
(after Le Bas et al., 1986)

F—似长石岩; Pc—苦橄玄武岩; B—玄武岩; O1—安山玄武岩; O2—安山岩; O3—英安岩; R—流纹岩; S1—粗面玄武岩; 夏威夷玄武岩(Na), 钾质粗面玄武岩; S2—玄武质粗面玄武岩; 橄粗安岩(Na), 橄粗玄武岩(K); S3—粗面安山岩; 歪长粗面岩(Na), 安粗岩(K); T—粗面岩; U1—碧玄岩(OI>10%), 碱玄岩(OI<10%); U2—响碱玄岩; U3—碱玄质响岩; Ph—响岩
F—Foidite; Pc—picritic basalt; B—basalt; O1—andesitic basalt; O2—andesite; O3—dacite; R—rhyolite; S1—trachybasalt; hawaiite (Na), potassic trachybasalt (K); S2—basaltic trachyandesite; mugearite (Na), shoshonite (K); S3—trachyandesite; benmoreite (Na), latite (K); T—trachyte; U1—basanite (OI>10%), tephrite (OI<10%); U2—phonotephrite; U3—tephritic phonolite; Ph—phonolite

方向与水平方向呈60°夹角,表明了岩浆的斜向上侵。

(4) 含水矿物黑云母存在于岩石基质中,并且未发生暗化,表明基质结晶时岩浆富含挥发份,且未受强烈氧化,因而可能并未喷出地表。

(5) 岩体厚度巨大,黄沙坨小23井深达岩体顶面之下400余米仍未将其穿过。

据钻孔控制,岩体从SW—NE由薄变厚(图3),欧36井穿过的粗面斑岩厚度仅为30 m,而欧29井穿越厚度加大至243 m。在欧15井中还见到大量斜长石斑晶的垂向流动构造。此外,地震资料表明,欧15井北西侧为一弱反射区,其水平切片的反射相位与外侧呈不整合接触。故笔者推测,欧15井一带为岩体的侵入中心,该侵入体可能为一岩镰(王德滋等,1982),并自北东侧上侵而向南西超覆(图3)。

由于粗面斑岩侵入在沙三段中,可见其侵位时间晚于沙三期;同时,粗面斑岩是油气的重要储集岩,其侵位必然早于东营晚期这一油气运移的主要时期(陈全茂等,1998)。因此,粗面斑岩的侵位应当在沙三期与东营末期之间。根据岩体上方沙河街组和东营组的地层假厚度分别为600 m和292 m(图3),可以推测该岩体的侵位深度约为1 km。

4 粗面斑岩储集空间类型

与层状火山岩(闫春德等,1996;任作伟等,1999)不同,欧利坨子粗面斑岩的储集空间可以分为以下几类:

(1) 隐爆角砾岩砾间缝:隐爆角砾岩分布在岩体顶部(图版 I-3)。其角砾均为粗面斑岩,大小多为数厘米,还有相当一部分可能超过10 cm,但在钻井岩心中已无法确认。角砾间为更细的同成分碎屑所充填。多数角砾之间已发生显著位移,少数可以相互拼合。角砾岩的砾间缝多被较细的粗面斑岩碎屑和方解石、石英等后期流体沉淀产物所充填。

(2) 网状裂缝:不同方向的裂缝将岩石切割成不规则网状,被分离的各岩块无显著位移。裂缝两壁基本上可以拼合(图版 I-4)。缝中多被方解石、石英等矿物所充填。网状裂缝代表着隐爆角砾岩的震碎带。

(3) 垂向开裂缝:为一些陡倾斜的、接近垂直的裂缝,其开度较大,可达数厘

米,两壁常呈锯齿状,多可拼合。缝中多被粗面斑岩碎屑和方解石、石英等矿物所充填(图版 I-5)。

(4) 张性微裂缝:为一些不同产状的微裂缝,其开度多小于3 mm。两壁平直或轻度弯曲,并可拼合。缝中可以无充填物,也可以被方解石、石英等充填(图版 I-6)。

(5) 构造裂缝:为岩体冷却后受到区域构造应力作用的产物,主要包括张性裂缝和剪切裂缝两类,多被后期方解石充填。

(6) 各种溶蚀空洞:由于流体作用,在岩体中,特别是角砾岩化带中有一些溶蚀空洞。

在欧利坨子油田的上述几类裂缝和孔洞内均可见到油浸痕迹,是良好的储油空间。其中前四类形成于粗面斑岩冷凝过程中,属于原生裂缝。隐爆角砾岩砾间缝、网状裂缝和垂向开裂缝不但数量上占绝对优势,而且裂缝开度较大,是欧利坨子油田最主要的储油空间。

5 粗面斑岩裂缝形成机制与油气运移

除裂缝类型与层状火山岩中的不同外,粗面斑岩的裂缝形成机制与层状火山岩(陶奎元等,1998;操应长等,1999;钱崢,1999;钱崢等,1999;邱隆伟等,2000)也不相同。

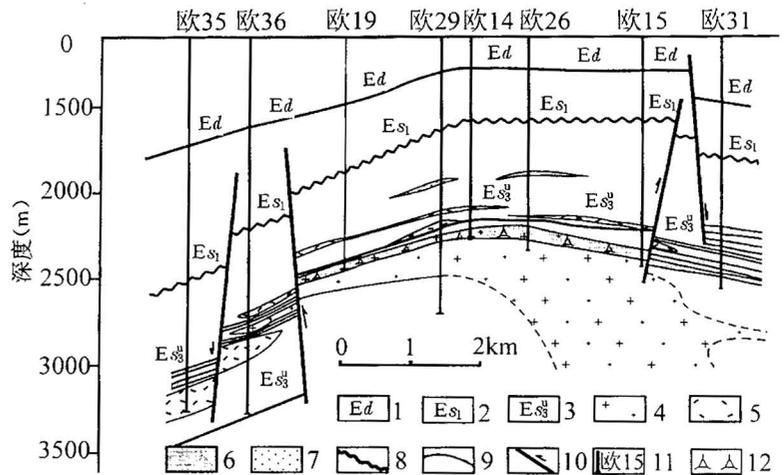


图3 欧利坨子粗面斑岩油气藏剖面图

Fig. 3 Oil and gas reservoir profile of trachytic porphyry at Oulituozhi

1—东营组砂泥岩;2—沙一段砂泥岩;3—沙三段上部煤系(夹玄武岩);4—粗面斑岩;5—玄武岩;6—油层;7—气层;8—不整合界线;9—控制及推测地质界线;10—断层;11—钻孔及编号;12—隐爆角砾岩和网状裂缝
1—Sands and shales of Dongying Formation; 2—sands and shales of Sha1 Member; 3—coal seam with intercalated basalts of on the upper partion of Sha3 Member; 4—trachyte porphyry; 5—basalts; 6—oil; 7—gas; 8—unconformity; 9—controlled and presumed geologic boundary; 10—fault; 11—drill with number; 12—crypto-explosive breccia and crack network

前人早已论证(Norton et al., 1973; 王德滋等, 1982; Burnham, 1997), 岩浆结晶过程是 H_2O 、 CO_2 和其他挥发组份不断聚集的过程。这一方面是因为岩浆从深部来到浅部后, 由于压力降低, 水在岩浆中的溶解度减小, 于是强烈出溶和沸腾; 另一方面, 由于岩浆中硅酸盐组分的不断结晶, 原有的熔体相分离为结晶相和流体相, 发生所谓“二次沸腾”。这两种出溶作用都会使水在侵入体的顶部聚集。据 Burnham (1997) 估计, 当一种含水量为 2.7% 的花岗闪长岩岩浆在 2 km 的深度下完全结晶时, 体系的体积可能增加 50%, 残余流体相的内压力可以达到 550×10^5 Pa。

欧利坨子岩体侵位过程中, 岩浆与冷的围岩接触后, 边缘部分首先凝固形成一个致密的冷凝壳。这一冷凝壳一经形成, 就成了气、液相的隔挡层。因为欧利坨子岩体侵位深度不到 1 km, 围压较小, 所以挥发份的聚集必然导致在岩体上方发生“隐爆作用”, 在冷凝壳内形成隐爆角砾岩, 在附近震碎带形成网状裂缝。随着的岩浆的上涌, 巨大的上涌力会在岩体顶部冷凝壳中形成大量垂向开裂缝。此后, 已固结岩体的冷凝收缩作用还会在岩体内形成大量张性微裂缝(张映红等, 2000)。而一些平行或交切的构造裂缝则是后期区域应力场作用的产物。

上述各类裂缝是流体运移的良好通道, 在流体的作用下, 往往在原有缝隙的基础上又叠加了次生溶蚀空洞。尤其是岩体上部的冷凝壳中的裂隙发育带, 岩石颗粒细, 表面自由能大, 容易受到流体的溶蚀作用, 形成大量次生溶蚀空洞, 从而进一步改善了潜火山岩的储集性能。

粗面斑岩体侵位于沙三期烃源岩中后, 岩体的异常热效应加速了周边烃源岩的有机质热演化(Chen et al., 1999), 使周围的生油岩提前进入成熟阶段, 或者使之进入过成熟阶段(冯乔等, 1997)。另外, 岩体的高温烘烤作用会使泥岩中出现渗透层, 增加了储集空间及其他疏导层的连通性(李亚辉, 2000)。特别是在区域构造应力场的作用, 除了会在岩体中产生构造裂缝外, 还会产生一系列连通岩体储集空间和沙三期烃源岩的构造裂隙系统(图3), 使沙三期烃源岩中的油气, 特别是岩体下部烃源岩中的油气向上运移, 通过断层和构造裂缝顺利进入粗面斑岩体顶部的储油裂隙系统, 最终形成了欧利坨子潜火山岩中的油气藏。

6 结论

(1) 欧利坨子油气储集岩石主要是潜火山相的

粗面斑岩。欧利坨子油气藏不是狭义的火山岩型油气藏, 而是斑岩型油气藏。

(2) 斑岩体形成于沙三期与东营末期之间, 呈岩镰状侵位于沙三期地层中, 侵位深度大约为 1 km。

(3) 粗面斑岩的油气储集空间主要是侵入体顶部的隐爆角砾岩、网状裂缝系统、垂向开裂缝和张性微裂缝。这些裂缝是侵入体侵位、固结和冷却过程中形成的原生裂缝。

(4) 粗面斑岩的原生裂缝系统是岩体早期冷凝壳下方的隐爆作用、岩浆上涌力以及岩石冷却收缩等因素综合作用的产物。

本文的研究结果表明, 在本区和与之相邻的黄沙坨等地区, 原先被定为粗面质火山岩的岩石, 可能还有相当一部分属于潜火山相的侵入岩。笔者认为, 应对这两个地区的粗面质岩石进一步开展形成环境的研究。对于粗面质潜火山岩, 尤其要重视其顶部隐爆角砾岩地段的油气勘探工作。

王德滋院士、胡受奚教授、周新民教授等对笔者的研究工作进行了指导; 辽河油田为项目研究提供了资助, 油田同行给予了大力支持和有益的讨论, 在此表示感谢。

注 释

- ① 蔡国钢, 刘汉之, 张坤. 1999. 热河台—欧利坨地区火山岩储层特征及成藏条件. 辽河石油勘探局开发研究院科学技术报告, 1~71.
- ② 孙红军. 1999. 辽河盆地东部凹陷含油气系统研究及勘探目标评价. 辽河油田博士后工作站和南京大学博士后流动站博士后研究报告, 1~284.

参 考 文 献

- 操应长, 姜在兴, 邱隆伟. 1999. 山东惠民凹陷741块火成岩油藏储集空间类型及其形成机理探讨. 岩石学报, 15(1): 129~136.
- 陈全茂, 李忠飞. 1998. 辽河盆地东部凹陷构造及其含油气性分析. 北京: 地质出版社, 1~156.
- 冯乔, 汤锡元. 1997. 岩浆活动对油气藏形成条件的影响. 地质科技情报, 16(4): 59~65.
- 顾连兴, 任作伟, 吴昌志, 赵明. 2001. 辽河盆地欧利坨子斑岩型油气藏的确切及其意义. 高校地质学报, 7(1): 118~120.
- 郭建华. 1998. 高频湖平面升降旋回与等时储层对比——以辽河西部凹陷欢50块杜家台油层为例. 地质论评, 44(5): 529~535.
- 李亚辉. 2000. 高邮凹陷北斜坡辉绿岩与油气成藏. 地质力学学报, 6(2): 17~22.
- 罗静兰, 曲志浩, 孙卫, 石发展. 1996. 风化店火山岩岩相、储集性与油气的关系. 石油学报, 17(1): 32~39.
- 钱崢. 1999. 济阳坳陷罗151块火成岩油藏储集层概念模型. 石油勘探与开发, 26(6): 72~74.
- 钱崢, 李淳, 邱隆伟, 康仁华, 刘奎元. 1999. 火成岩油藏成藏机理探讨. 地质论评, 45(增刊): 605~611.

- 邱隆伟. 1999. 辽河盆地欧利坨子地区火山岩产状研究. 地质论评, 45(增刊): 468~473.
- 邱隆伟, 姜在兴, 席庆福. 2000. 欧利坨子地区沙三下亚段火山岩成矿作用及孔隙演化. 石油与天然气地质, 21(2): 139~143.
- 任作伟, 金春爽. 1999. 辽河坳陷洼609井区火山岩储集层的储集空间特征. 石油勘探与开发, 26(4): 54~56.
- 陶奎元, 杨祝良, 王力波, 杨献忠. 1998. 苏北闵桥玄武岩储油的地质模型. 地球科学——中国地质大学学报, 23(3): 272~276.
- 王德滋, 周新民. 1982. 火山岩岩石学. 北京: 科学出版社, 1~244.
- 闫春德, 俞惠隆, 余芳权, 王典敷. 1996. 江汉盆地火山岩气孔发育规律及其储集性能. 江汉石油学院学报, 18(2): 1~6.
- 杨少春, 钱鑫芳, 龙建东. 1999. 兴隆台地区火山岩油藏裂缝测井评价. 地质论评, 45(增刊): 482~487.
- 余家仁. 1995. 隐伏火山岩相解释及储集性能研究. 石油勘探与开发, 22(3): 24~29.
- 张文昭. 1986. 一个斜坡带的油气富集区——辽河坳陷西部斜坡带. 地质论评, 32(6): 557~564.
- 张映红, 朱筱敏, 吴小洲, 袁选俊. 2000. 侵入岩及其外变质带岩相与储集层模型. 石油勘探与开发, 27(2): 22~26.
- 张子枢, 吴邦辉. 1994. 国内外火山岩油气藏研究现状及勘探技术调研. 天然气勘探与开发, 16(1): 1~26.
- 赵澄林, 孟卫工, 金春爽, 蔡国钢, 赵随光, 季汉成. 1999. 辽河盆地火山岩与油气. 北京: 石油工业出版社, 1~101.

References

- Burnham C W. 1997. Magmas and hydrothermal fluids. In: Barnes H L, ed. *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits*. New York: John Wiley & Sons, third edition, 63~124.
- Cao Yingchang, Jiang Zaixing, Qiu Longwei. 1999. Study on the type and origin of the reservoir space of igneous oil reservoir in Shang 741 block, Huimin depression, Shandong. *Acta Petrologica Sinica*, 15(1): 129~136 (in Chinese with English abstract).
- Chen Quanmao, Li Zhongfei. 1998. Geological Structure and Reservoir Analysis of the East Depression of Liaohe Basin. Beijing: Geological Publishing House, 1~156 (in Chinese with English abstract).
- Chen Zhenyan, Yan Huo, Li Junsheng, Zhang Ge, Zhang Zhanwen, Liu Baozhu. 1999. Relationship between Tertiary volcanic rocks and hydrocarbons in the Liaohe basin. *AAPG Bulletin*, 83(6): 1004~1014.
- Feng Qiao, Tang Xi'uan. 1997. Magma activity's influence on conditions forming oil and gas pools. *Geological Science and Technology Information*, 16(4): 59~65 (in Chinese with English abstract).
- Galushkin Y I. 1997. Thermal effects of igneous intrusions on maturity of organic matter: A possible mechanism of intrusion. *Org. Geochemistry*, 26(11~12): 645~658.
- George S C. 1992. Effect of igneous intrusion on the organic geochemistry of a siltstone and an oil shale in the Midland Valley of Scotland. *Organic Geochemistry*, 18: 705~723.
- Gu Lianxing, Ren Zuowei, Wu Changzhi, Zhao Ming. 2001. Recognition of Oulituozi porphyry type oil and gas reservoir in Liaohe basin and its significance. *Geological Journal of China Universities*, 7(1): 118~120 (in Chinese with English abstract).
- Guo Jianhua. 1998. High-frequency lake-level rise and fall cycles and correlation of synchronous reservoirs——A case study of the Dujiatai oil zone of the Block Huan-50, Western Liaohe depression. *Geological Review*, 44(5): 529~535 (in Chinese with English abstract).
- Le Bas M J, Le Maitre R W, Streckeisen A, Zanettin B. 1986. A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. *J. Petrol.*, 27: 745~750.
- Li Yahui. 2000. Diabase and hydrocarbon reservoir formation on the northern slope of Gaoyou sag. *Journal of Geomechanics*, 6(2): 17~22 (in Chinese with English abstract).
- Luo Jinglan, Qu Zhihao, Sun Wei, Shi Fazhan. 1996. The relations between lithofacies, reservoir lithology and oil and gas of volcanic rocks in Fenghuadian area. *Acta Petrologica Sinica*, 17(1): 32~39 (in Chinese with English abstract).
- Norton D L, Cathles L M. 1973. Breccia pipe products of exsolved vapor from magmas. *Econ. Geol.*, 68: 540~546.
- Qian Zheng, Li Chun, Qiu Longwei, Kang Renhua, Liu Kuiyang. 1999. A discussing on formation mechanism of petroleum pool in igneous rocks. *Geological Review*, 45(Supp.): 605~611 (in Chinese with English abstract).
- Qian Zheng. 1999. A conceptual model of Luo 151 igneous reservoir in Jiyang Depression. *Petroleum Exploration and Development*, 26(6): 72~74 (in Chinese with English abstract).
- Qiu Longwei. 1999. A study of the attitude of volcanics in the Oulituozi area of the Xialiaohe basin. *Geological Review*, 45(supp.): 468~473 (in Chinese with English abstract).
- Qiu Longwei, Jiang Zaixing, Xi Qingfu. 2000. Diagenesis and pore evolution of lower E₃ volcanic rocks in Oulituozi region. *Oil & Gas Geology*, 21(2): 139~143 (in Chinese with English abstract).
- Ren Zuowei, Jin Chunshuang. 1999. Reservoir space feature of the volcanic rocks in the area of well Wa-609, Liaohe sag. *Petroleum Exploration and Development*, 26(4): 54~56 (in Chinese with English abstract).
- Seemann U, Scherer M. 1984. Volcaniclastics as potential hydrocarbon reservoirs. *Clay Minerals*, 19: 457~470.
- Tao Kuiyang, Yang Zhuliang, Wang Libo, Yang Xianzhong. 1998. Oil reservoir geological model of basalt in Mingqiao, northern Jiangsu province. *Earth Science——Journal of China University of Geosciences*, 23(3): 272~276 (in Chinese with English abstract).
- Wang Dezi, Zhou Xinmin. 1982. *Petrology of Volcanic Rocks*. Beijing: Science Press, 1~244 (in Chinese).
- Yan Chunde, Yu Huilong, Yu Fangquan, Wang Dianfu. 1996. Pores development and reservoir properties of volcanic rocks in Jianghan basin. *Journal of Jianghan Petroleum Institute*, 18(2): 1~6 (in Chinese with English abstract).
- Yang Shaochun, Qian Xinfang, Long Jiandong. 1999. Log evaluation of volcanic fracture reservoirs in Xinglongtai area of Western Liaohe depression. *Geological Review*, 45(supp.): 482~487 (in Chinese with English abstract).
- Yu Jiaren. 1995. An interpretation of the lithology of subtle volcanic reservoir and a study of reservoir properties. *Petroleum Exploration and Development*, 22(3): 24~29 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Wenzhao. 1986. The west slope zone in the Liaohe depression——An oil and gas accumulation area in a slope zone. *Geological Review*, 32(6): 557~564 (in Chinese with English abstract).

Zhang Yinghong, Zhu Xiaomin, Wu Xiaozhou, Yuan Xuanjun. 2000. The lithofacies and reservoir model of intrusive rock and its exomorphic zones. *Petroleum Exploration and Development*, 27 (2): 22~26 (in Chinese with English abstract).

Zhang Zishu, Wu Banghui. 1994. Volcanic oil and gas reservoirs abroad and their exploration: a review. *Natural Gas Exploration*

& Development, 16 (1): 1~26 (in Chinese with English abstract).

Zhao Chenglin, Meng Weigong, Jing Chunshuang, Cai Guogang, Zhao Suiguang, Ji Hancheng. 1999. Oil and Gas in Volcanic Rocks of Liaohe Basin. Beijing: Publishing House of Petroleum Industry, 1~101 (in Chinese with English abstract).

Subvolcanic Trachyte Porphyry at Oulituozi in the Liaohe Basin and Its Mechanism for Hydrocarbon Reservoir Formation

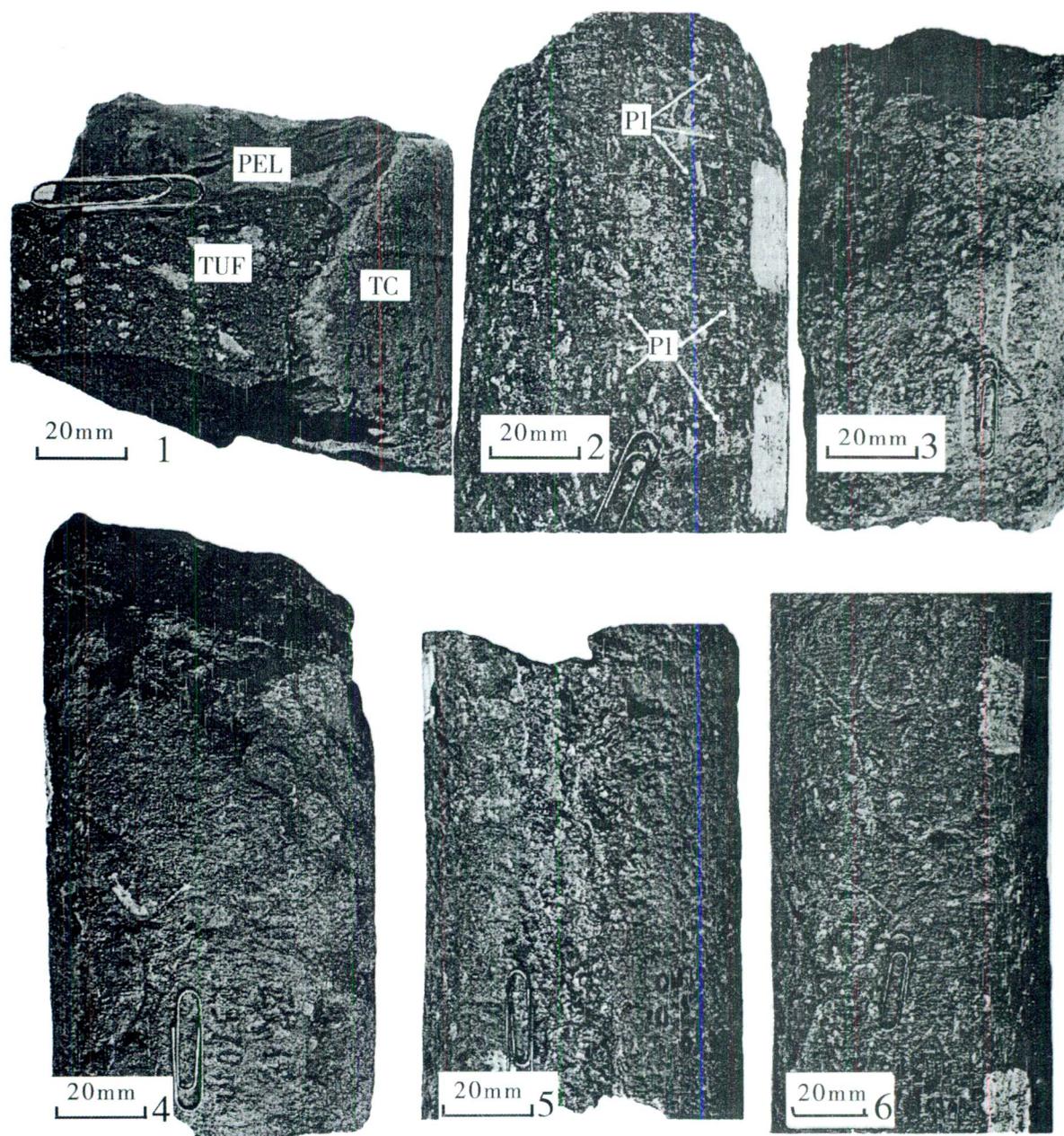
WU Changzhi, GU Lianxing, REN Zuowei, ZHAO Ming, ZHANG Guanghui

Department of Earth Sciences, State Key Laboratory for Mineral Deposit Research, Nanjing University, 210093

Abstract

Hydrocarbons in the Oulituozi oil-gas field, Liaohe Tertiary basin, Northeast China, are accumulated at the top of a subvolcanic trachyte porphyry. This porphyry was intruded in the Eocene Shahejie Formation, which is the principal hydrocarbon source of the region. Reservoir space is dominated by crypto-explosive breccias, crack networks, vertical open cracks, tensional microfissures and structural fractures. Crypto-explosive breccias and crack networks were produced by explosion of water and volatiles below a crystalline rind. Vertical open cracks were formed by the upwelling forces of magma from the depth. Tensional microfissures were produced by contraction of the crystallized magma on cooling. Structural fractures were created as a result of post-intrusion regional stress. In the surrounding rocks of the intrusion, there are numerous faults and fractures that connect the hydrocarbon sources to the fracture system of the trachyte porphyry. Hydrocarbons migrated to the present spaces after cooling of the intrusion.

Key words: trachytic porphyry; subvolcanic rocks; oil and gas; reservoir formation; Liaohe basin



图版说明

1. 粗面斑岩穿插角砾凝灰岩层理。界面陡立,无古风化痕迹,表明它们的侵入接触关系(欧29,2218.0 m)。TC—粗面斑岩;PEL—泥岩;TUF—角砾凝灰岩。
2. 粗面斑岩沿垂直方向排列,表明岩浆由下往上的流动(欧15,2307.0 m)。Pl—斜长石斑晶。
3. 粗面斑岩中的隐爆角砾岩(欧14,2184.0 m)。
4. 粗面斑岩中的网状裂隙(欧19,2370.0 m)。
5. 粗面斑岩中的垂向开裂缝,裂缝隙中为粗面斑岩碎屑所冲填(欧15,2322.0 m)。
6. 粗面斑岩中的张性微裂隙,其中的长石斑晶定向排列(欧15,2402.0 m)。