

文章编号:0253-9985(2001)02-0173-05

辽河盆地欧利坨子地区火山岩 储集空间特征

高山林¹,李学万²,宋柏荣²

(1. 中国科学院地质与地球物理研究所岩石圈开放实验室,北京 100029;

2. 辽河油田研究院实验所,辽宁盘锦 120021)

摘要:辽河盆地欧利坨子地区火山岩储集空间主要发育于角砾化粗面岩、角砾化熔岩、粗面岩及凝灰质熔岩中,玄武岩中不太发育。储集空间主要分为原生和次生两类,原生储集空间包括原生孔隙如气孔、砾间孔、晶间孔及原生裂缝如收缩缝;次生储集空间主要包括溶蚀孔和构造缝、溶蚀缝等。原生气孔和次生溶蚀孔十分发育,是主要的储集空间,约占65%~70%,收缩缝、构造缝和溶蚀缝不仅是流体运移的通道,使气孔、晶间孔等沟通,同时也提供了一部分储集空间,在Ⅳ类储集空间中,Ⅰ,Ⅱ类由于有大量的气孔,且气孔中易溶组分多,加之又有大量原生孔隙和收缩缝,因而是较好的,Ⅲ,Ⅳ类则较差。本区火山岩储集空间可划分为4个演化阶段。第一阶段为原生储集空间的形成阶段,第二阶段为风化淋滤阶段。这两个阶段以建设性作用为主。第3阶段为浅埋藏及构造裂隙发育阶段,建设作用和破坏作用共存,但以建设作用为主。第4阶段为深埋藏阶段,则以破坏作用为主。

关键词:欧利坨子;火山岩储集层;原生孔隙;次生孔隙;裂隙;演化阶段

第一作者简介:高山林,男,33岁,工程师(博士生),沉积与大地构造

中图分类号:P618.130.2¹

文献标识码:A

我国东部中生代含油气盆地中发育有大量各种类型的火山岩。80年代初,在这些盆地中陆续发现了一批有相当储量的火山岩油气田,如惠民凹陷第三系火成岩油气田,苏北中生界安山岩油藏等,这些油藏的发现及其丰富的类型已引起越来越多的地质学家的关注^[1,2],并已成为我国中生代盆地勘探的新领域。欧利坨子地区位于辽河盆地东部凹陷中段,两侧均为隆起所限。该区古新世发育区域性断裂,为NNE及NE向,沿这些断裂继续分布有大面积的房身泡组及沙河街组三段下亚段火山岩,钾氩年龄分别为65.5 Ma和37 Ma^[3]。近年来在沙河街组三段下部钻遇良好的油气显示,不少井还获得了较高的工业油流。本区火山岩发育较广,生油岩分布稳定且热成熟期与储集空间的配套性好,盖层类型多样^[3],显示出该区火山岩发育区具有良好的勘探前景。本文在赵澄林教授等*对辽河盆地火山岩与油气的关系进行了较为系统研究的基础上,对辽河盆地欧利坨子地区的火山岩储集空间的特征及形成机理进行进一步探讨。

1 岩石类型

1.1 粗面岩

由粗面质熔岩流形成,斑晶主要由透长石、斜长石组成,部分粗面岩含有歪长石、橄榄石、辉石等。斜长石聚片双晶发育,部分具环带结构,基质由细条状、针状透长石和斜长石以及辉石等细小的斑晶及玻璃质组成,具典型的粗面或玻基交织结构。

1.2 玄武岩

包括辉石玄武岩和橄榄玄武岩。岩石具斑状结构,斑晶主要为斜长石、橄榄石、辉石,后两者裂纹发育。长石斑晶呈板柱状,聚片双晶发育。基质具间粒结构或粗玄结构,由细小的长石斑晶或辉石、橄榄石、铁质等暗色矿物的晶粒及玻璃质组成。有时见杏仁状构造,斑晶及基质均有不同程度的绿泥石化、方解石化、蛇纹石化、沸石化等次生变化。

1.3 火山碎屑岩

作为本区主要的储集岩石类型,主要包括熔结凝灰岩和火山角砾岩两类。

熔结凝灰岩:在Ou28、Ou8等井发育,含有较多的塑性岩屑或玻屑,呈黄、黄绿色,塑性岩屑被压扁拉长为舌状、树叉状、透镜状等,棱角常被熔蚀圆化,有时见刚性晶屑的嵌入现象。岩屑多为粗面

* 赵澄林,金春爽,崔勇.辽河盆地东部凹陷欧利坨子-热河台地区火山岩储层特征及成藏条件分析(内部科研报告),1998

收稿日期:2000-10-24

质,晶屑为长石、辉石等,具气孔杏仁构造及假流纹构造,多见绿泥石化、脱玻化、碳酸盐化及沸石化等成岩后生作用。

火山角砾岩:角砾为粗面岩角砾、玄武岩角砾、浮岩碎屑、较大的晶屑及少量的沉积岩泥砾,角砾中的原生结构仍十分清晰,有时还见有大的角砾中包含小的角砾,棱角明显,后者显然是先期围岩的破碎、撕裂产物。角砾间为小的岩屑、玻屑,有时还可见同沉积的粉砂级砂泥质充填其间,局部为同沉积泥晶碳酸盐矿物所胶结,岩屑和玻屑常发生强烈的泥化或脱玻化、绿泥石化。

1.4 角砾化岩

角砾化岩不是单独的岩石种类,只因角砾化作用在本区比较发育,所以单独把这种角砾状岩石称为“角砾化岩”,以区别于火山喷发角砾岩。它包括角砾化粗面岩、角砾化熔结凝灰岩等。按其成因大致可分为两类:一类是在岩石早期冷却固结过程中发生,由于冷却收缩作用加之风化形成微裂隙,并切割岩石成角砾状,砾间常有泥晶方解石充填;另一类是成岩后生形成的。成岩后生作用形成的角砾又可细分为下列3种:其一是脉动性的构造作用产生裂隙或使之错位破碎形成角砾;其二是随着潜流带溶

蚀作用的进行,溶蚀带上部岩石由于自重和上覆重量的原因而轻微垮塌形成角砾,这些角砾最明显的特点是角砾间可以弥合为一个整体,或称之具有“复原性”,大多数棱角比较明显,砾间无其它物质充填或为更细小的“原岩”物质充填之;其三是成岩后角砾化作用即溶解角砾化作用形成的,在 Ou14、Ou28 等井中均可以见到。网状多期溶蚀缝使岩石呈角砾状外貌,缝中主要充填了晶粒方解石、方沸石、自生石英、水云母、长石颗粒及更细的陆源泥质物。在晶粒方解石、方沸石和自生石英间有大量的晶间(溶)孔和晶内溶孔,这些沿溶缝贯入的陆源泥质物便是火山岩暴露或近地表溶解的直接证据。岩芯观察证实局部溶蚀裂隙纵向上可贯穿达 10 m 以上。

2 储集空间

本区火山岩的储集空间主要发育于角砾化粗面岩、角砾化熔岩、粗面岩及凝灰质熔岩中,而玄武岩中不太发育。区内储集空间可分为原生和次生两类。

2.1 原生

原生储集空间包括原生孔隙和原生裂缝(表1)。原生储集空间虽然所占比例相对较小,但却为后期的孔缝改造奠定了基础。

表1 辽河盆地欧坨子地区火山岩储集体类型和特征

Table 1 Reservoir types and characteristics of volcanic rocks from Oulituozhi region, Liaohe Basin

孔隙类型	形成机理	分布及特征	组合类型	充填状况及含油性
原生	气孔	岩浆中气体膨胀逸出	与冷凝收缩缝、溶缝相连	多见绿泥石半充填,少量未充填,含油性好
孔	晶间孔	矿物结晶作用	与构造缝或其相互连通	充填-半充填,含油性取决于与缝、洞的连通性
隙	砾间孔	堆积作用、结晶作用	多与晶间孔、基质中收缩缝相连	充填弱,少量绿泥石及灰泥充填,含油性中等-好
原生裂缝	收缩缝	冷凝收缩作用	后期被改造为溶缝并与溶孔相连	充填较弱,有时有灰泥充填
次	砾间(内)溶孔	淋滤溶解作用	与溶缝及晶间溶孔相连	充填作用弱-中等,含油中等
生	晶间溶孔	杏仁气孔淋滤溶解作用、填隙物溶解	常与晶内溶孔相连	半充填,含油性好
孔	晶内溶孔	溶解、矿物转变	与矿物解理溶缝相通,与砾间溶缝相连	充填-半充填,含油性中-差
隙	微溶蚀孔	溶解、矿物转变	与收缩缝、溶缝相连	半充填,含油性中-好
次生	构造缝	构造应力作用	沟通晶间孔、砾间孔及收缩缝	中等角度开启或闭合,含油性中-差,见沥青
裂缝	溶蚀缝	构造缝、收缩缝被溶蚀扩大	沟通晶间溶孔、砾间溶孔、构造缝	含油性中等

2.1.1 孔隙

气孔:它是因熔浆中所含气体未能及时逸出所形成^[4]。气孔带的厚度比较小,一般在 20~100 cm 之间,含量变化在 10%~30%之间,这与喷出时与水体或冷的围岩接触带的面积及喷出的序次等有

关。因为喷发早期挥发份含量一般较高,接触围岩和水体面积大时,迅速冷凝的岩体中易保留大量的原生气孔,气孔发育带厚度也大,反之含量就少。气孔形态一般呈圆形、椭圆及不规则状,孔径大小 10~1 000 μm ,气孔边缘垂向生长的绿泥石常部分地充填

孔隙。虽然气孔大多呈孤立状,但因常与冷却时形成的收缩缝紧密伴生,并在后期易被溶蚀扩大与溶缝连通,因而具有良好的储集性能。

砾间孔:本区存在大量的火山角砾岩,具角砾支撑,其间常形成砾间孔,多与晶间孔及收缩缝相连,并在后期的砾间溶蚀过程中形成砾间溶孔。

晶间孔:透长石等斑晶间的晶间孔及斑晶中所发育的骸晶结构中的晶内孔也是分布较广的孔隙之一,它们是在斑晶形成过程中降温速度较快,熔浆粘度较大的条件下形成,是本区许多熔岩水下喷发的标志之一。

2.1.2 裂缝

主要是指在岩浆冷却过程中由于温度下降的速率不一而使岩体收缩形成的张裂缝,简称收缩缝,在岩芯及镜下均可观察到。收缩缝产状不一,宽度 $50 \sim 200 \mu\text{m}$,既有高角度的垂向裂缝,又有近水平方向延伸的裂缝,前者延伸距离较长,但一般不切入围岩,是本区主要的裂缝之一。

2.2 次生

次生储集空间在本区占有主导地位,它是指火成岩体形成之后经过构造应力、风化作用等因素的改造而形成的储集空间。这些营力使岩石的结构构造受到一定的改造,其矿物成分、原生孔隙结构等也因地表及地下流体等营力的作用而发生一定的变化,这些成岩及后生作用极大地改善了岩石的储集性能。次生储集空间主要包括溶蚀孔、溶蚀缝和构造应力所形成的构造缝。

2.2.1 溶蚀孔

溶蚀孔包括砾间溶孔、晶间溶孔和晶内溶孔,它是成岩作用过程中由于风化淋滤(包括渗流和潜流)使某些易溶组分被溶解所形成的孔隙。主要包

括(1)砾间(内)溶孔:指砾间充填物(包括火山灰、次生变化所形成的沸石、方解石等矿物)的溶解而形成的溶孔,最大孔径达 $500 \mu\text{m}$ 以上,它们常被砾间溶解缝连接,并多为晚期的淡水方解石、方沸石等矿物充填;(2)晶间溶孔:指斑晶(也包括自生方解石、沸石晶体)之间的充填物及其蚀变产物被溶解而形成的孔隙,孔径 $10 \sim 500 \mu\text{m}$,这些孔隙边缘往往呈不规则状,斑晶之间的充填物常常蚀变为绿泥石等;(3)晶内溶孔:主要分布于长石、辉石及自生方解石等矿物中,往往沿解理缝发育,孔径小于 $40 \sim 60 \mu\text{m}$,大者可达 $200 \sim 300 \mu\text{m}$,有时可看到骸晶的溶解比较强烈,说明矿物结晶薄弱处较易发生溶解作用;(4)微溶蚀孔:指绿泥石、沸石等次生矿物被溶蚀所形成的孔隙,孔径一般在 $3 \sim 5 \mu\text{m}$ 之间。

2.2.2 裂缝

次生裂缝主要包括因后期构造作用致使岩石破碎而成的裂缝和后期溶解作用而成的溶蚀缝。

(1)构造缝:本区处于构造活动带,断裂十分发育,它可以切穿岩体,成为沟通生、储层的通道。在大的断裂旁侧往往伴随发育着大量的构造裂缝。这些构造裂缝多表现为低角度裂缝,宽度多为 $30 \sim 150 \mu\text{m}$,最大可达 $300 \mu\text{m}$ 。

(2)溶蚀缝:溶蚀缝既包括对早期收缩缝的溶蚀改造,也包含对构造缝的溶蚀改造。它们呈蛇曲状,既连通砾间溶孔、晶间溶孔及原生气孔,还因裂隙充填物的溶解而使原生收缩缝及后期构造缝相互连通;部分溶蚀缝为后期的方解石、沸石,有时还有沥青等充填或半充填,宽度在 $50 \sim 200 \mu\text{m}$ 之间;尽管次生裂缝对孔隙度的提高作用不是十分明显,但可使渗透率提高数倍至数十倍(图1)。已有的试油结果显示, Ou19 井与 Ou26、Ou14 井等虽然含油层段岩

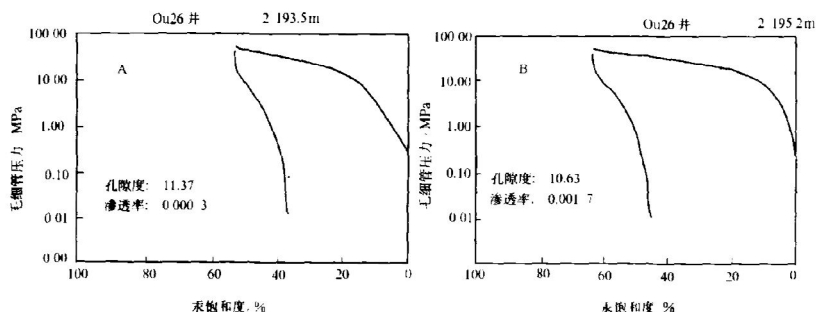


图1 Ou-26井压汞曲线(样品B溶缝发育)

Fig.1 Mercury-injection curves of Ou-26 Well(sample B)

性类似,且总孔隙度值差别不大,但试油产量却相差甚远,研究对比表明前者裂缝发育程度较差,可见裂缝的发育程度对于本区火成岩储集性能的优劣具有至关重要的影响。

3 孔喉特征

大量汞资料显示,在角砾化粗面岩、粗面岩、角

砾化熔岩、火山角砾岩及其气孔熔岩中储集空间发育较好,其孔喉值较大,喉道粗,分选较好,负歪度,排替压力小。孔喉图像分析表明良好储集层的孔喉分选性好,区带集中,多数在 50 ~ 150 μm 之间,部分样品呈双峰或多峰状态表明裂缝分布的不均一性(图 2)。

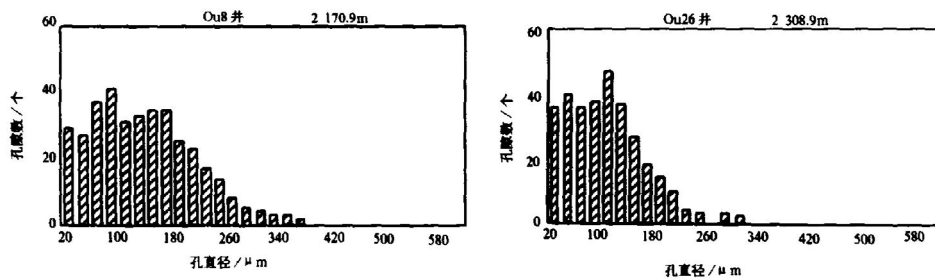


图2 欧利坨子地区火山岩孔喉分布特征

Fig.2 Distribution characteristics of pores and throats in volcanic rocks of Oulituozhi region

据镜下薄片孔隙的发育特征及物性参数,参考前人资料的基础上^[2,5],可把本区火山岩储层分为Ⅳ类(表2)。

表2 辽河盆地欧利坨子地区储集层分类表

Table 2 Classification of reservoirs in Oulituozhi region, Liaohe Basin

类别	孔隙度 / %	渗透率 / $10^{-3} \mu\text{m}^2$	主要储集空间	岩石类型
I	> 14	> 5	溶缝、构造缝、晶间溶孔、砾间溶孔	角砾化粗面岩、角砾化熔岩、气孔熔岩
II	10.5 ~ 14	1 ~ 5	溶缝、构造缝、砾间溶孔、气孔溶孔、晶间溶孔	火山角砾岩、粗面岩、角砾化气孔熔岩、凝灰熔岩、角砾化粗面岩
III	6 ~ 10.5	0.1 ~ 1	砾间孔、砾内孔、晶间溶孔、气孔溶孔、收缩缝、溶缝	气孔熔岩、火山角砾岩、粗面岩
IV	< 6	< 0.1	晶间微孔、收缩缝	致密熔岩、沉凝灰岩

从上表可以看出,较差的Ⅲ、Ⅳ类储集空间主要存在于气孔熔岩、致密熔岩、沉凝灰岩及少量火山角砾岩、粗面岩中,总体上角砾和原生孔隙不发育,气孔熔岩和致密熔岩主要由残余熔浆的溢流相或熔岩流内部、相对远离熔岩流顶底边界的熔岩形成,而沉凝灰岩多处于低能环境,加之泥质或原生碳酸岩含量较高,易于压实使得原生孔隙较少,部分粗面岩由于形成时泥质物堵塞孔缝而使得成岩介质流动受阻,造成孔隙不发育。较好的Ⅰ、Ⅱ类储集空间主要存在于角砾化粗面岩、角砾化熔岩、气孔熔岩、凝灰熔岩、粗面岩之中。这是因为熔岩提供了大量的气孔,气孔中充填物易蚀变为易溶组分,而且有大量的原生孔隙和收缩缝,这为后期孔隙的溶蚀扩大奠定了

基础;而粗面岩形成时提供了大量的晶间孔和粒间孔,角砾化作用也产生很多砾间孔隙,尤其是溶蚀角砾化作用有利于气孔、晶间孔、收缩缝的溶蚀扩大和连通,更有利于油气的运移和储集。古火山高地及其斜坡部位的风化溶蚀作用较强,易形成大量的孔缝,有利于储集性能的改善;在古低地,原始孔隙多被碎屑及泥质物充填,风化作用较弱,这一认识已被大港油田风化石地区火山岩油气勘探结果所证实^[6]。火山岩厚度研究表明现今的高产井大多位于火山岩厚度较大的部位,所以应以古火山高地及其斜坡部位为勘探的首选目标。

4 演化

本区储集空间类型多样,孔缝成因复杂。研究表明,火山岩储层中原生孔缝虽然是储集空间形成好坏的前提,但这些孔、缝大多呈孤立状而连通性差,同时岩浆岩发育区热流体作用较强,对储层的改造作用较大,所以研究储集空间的形成及其后生演化过程对于寻找有利的油气藏区块大有裨益。欧利坨子地区火山岩储层的发育过程可分为4个阶段。

第1阶段为原生储集空间的形成阶段。本区多为中基性喷发岩,喷发后冷凝速度较快,保留了大量的原生气孔和长石等斑晶的骸晶结构^[4],同时在顶部及边部多发育收缩缝,并沟通气孔及砾间孔,这些孔缝为后期的淡水改造提供了通道和空间。本阶段岩浆期后热液常对岩体进行改造,热液

中含有一定量的 Fe^{2+} , Mg^{2+} , Si^{4+} 等离子, 在原生冷凝气孔和收缩缝中沉淀形成鳞片状、纤维状等自生绿泥石, 使孔隙有所减小, 另外同生的水下泥晶方解石砾间(晶间)胶结物对孔缝也起一定堵塞作用。

第2阶段为风化淋滤阶段, 包括近地表淋滤溶蚀作用。这一阶段主要是对原生的裂缝、孔洞进行溶蚀, 产生了大量的次生裂隙, 这又增强了溶解作用的进行。该阶段为本区孔隙形成的主要阶段。但是薄片下也常观察到垂直溶蚀缝壁生长有沸石、石英及方解石, 这表明在大气淡水淋滤的同时, 也有淡水与残余热液混合对岩体中硅酸盐矿物及火山灰等物质改造游离出部分 Si^{4+} , Fe^{2+} , Mg^{2+} , Ca^{2+} , 形成方解石、方沸石、绿泥石、自生石英等^[5], 它们对孔隙有一定的填塞。本区火山岩淋滤带十分发育, 自生矿物含量较高, 这说明了本区火山岩体暴露的时间相对较长, 尤其是在局部的古火山岩高地上, 风化淋滤作用进行得更充分, 因此古火山高地及邻区应是本区勘探的首选目标。

第3阶段为浅埋藏及构造裂隙发育阶段。本区南北均为断裂所限, 在大的断裂发育阶段, 常伴生有次级的构造裂缝。这些裂缝为渗流带或潜流带的淡水或低温热液的溶蚀提供了渗流通道, 加强了溶蚀作用, 同时也有一定量的绿泥石形成。

第4阶段为深埋藏阶段。由于本区地温梯度

高, 有机质热成熟较早, 生油岩的高成熟期发生于东营期之后^[3], 有机酸性水沿火成岩体裂缝渗入到岩体之中发生深部溶蚀作用, 镜下可看到含有残余沥青的溶缝边缘有早期沉淀的方解石被溶解为钝化锯齿状。同时也由于水体的混合及循环不畅, 在部分孔缝之中形成了沸石、方解石及石膏、硅质等。

这4个阶段中前3个阶段对储集空间的形成起主要作用, 第1、2阶段以建设性作用为主, 第3阶段虽以建设作用为主, 但大量淡水方解石、沸石的沉淀对原生孔隙也有较强的破坏作用, 第4阶段以破坏作用为主。

参 考 文 献

- 1 周自立. 山东东镇凹陷义北油田中生代煌斑岩侵入体油藏孔隙研究[J]. 石油与天然气地质, 1987, 8(2): 145 ~ 152
- 2 赵澄林. 火山岩储集空间形成机理及含油气性[J]. 地质论评, 1996, 42(增刊): 37 ~ 43
- 3 Chen Zhenyan, Yan Huo, Li Junsheng, et al. Relation between Tertiary volcanic rocks and hydrocarbon in the Liaohe basin, Peoples Republic of China[J]. AAPG Bull, 1999, 83(6): 1 004 ~ 1 014
- 4 操应长, 姜在兴, 邱隆伟. 山东惠民凹陷商741块火成岩油藏储集空间类型及形成机理探讨[J]. 岩石学报, 1999, 15(1): 129 ~ 136
- 5 李淳, 康仁华. 济阳坳陷罗151块火成岩储集空间成因类型[J]. 地质论评, 1999, 45(增刊): 599 ~ 604
- 6 Luo Jinglan, Zhang Chengli, Qu Zhihao. Volcanic rocks reservoir characteristic in FengHuadian area, China [J]. Journal of Petroleum Geology, 1999, 22(4): 397 ~ 415

FEATURES OF VOLCANIC ROCK RESERVOIR SPACES IN OULITUOZI REGION, LIAOHE BASIN

Gao Shanlin¹ Li Xuewan² Song Bairong²

(1. Laboratory of Lithosphere Tectonic Evolution, Geology and Geophysics Institute, CAS, Beijing; 2. Laboratory of Liaohe Oilfields, Panjin)

Abstract: Reservoir spaces of the Tertiary volcanic rocks in Oulituozi region, Liaohe Basin are generally developed in trachyte, tufflava, lava, trachydacite, brecciated trachyte, proclastic rocks, brecciated lava and can be divided into two main types. Primary pores include vesicles, inter-crystal pores, inter-breccia pores, cooling joint; the secondary porosity includes solution fissures, voids and structural fissures. Vesicles and solution pores are the most important pore types in this area which occupy 65% ~ 70% of the total amount of the porosity. Based on the statistics of mercury method and image plane scanning associated with the ratio curves of porosity and permeability, the reservoirs could be divided into four types. Type-I and types-II are favorable reservoirs. Four evolution stages of the reservoir spaces have been identified in Oulituozi region. Favorable reservoir spaces were mainly formed in the first and second stages.

Key Words: Oulituozi region; volcanic rock reservoir; primary porosity; secondary porosity; fissure; evolution stage