徐家围子断陷营城组火山岩气藏储层特征

邵红梅　毛庆云　姜洪启　王 成
（大庆油田有限责任公司勘探开发研究院 ）

邵红梅等.徐家围子断陷营城组火山岩气藏储层特征.天然气工业,2006,26(6):29-32.

摘　要　徐家围子断陷位于松辽盆地北部,火石岭、沙河子、营城期发育 3 个火山喷发旋回。其中营城组火山活动最为广泛,具有早晚两个主要喷发期,早期主要形成中酸性岩,晚期主要为中基性岩。其中流纹岩和流纹质(熔结)凝灰岩为主力产气储层。文章综合应用岩心观察、薄片鉴定、荧光元素分析、激光共聚焦等手段,对该区营城组火山岩岩石矿物学进行了细致研究,划分了两大类七亚类二十余种火山岩类型,并发现流纹岩和流纹质(熔结)凝灰岩普遍具有碱交代作用,发育有火山灰溶蚀孔和玻璃基质脱玻化球粒内微孔等特殊孔隙类型,同时对火山岩储层物性与岩石类型的关系进行了定量化研究,并且分析了岩性作为物质基础直接控制储层物性演化的作用。

主题词　徐家围子断陷　早白垩世　火山岩　气藏　储集层　碱交代作用　孔隙类型　物性

松辽盆地北部徐家围子断陷营城组火山岩主力气层的岩石类型为流纹岩和流纹质(熔结)凝灰岩,并且分布广泛;其次为火山角砾岩、火山集块岩;而该层段的中基性火山岩多因气孔和裂缝被充填而成为较次要储层。目前已在兴城和升平地区发现多口工业气流井,展示了深层天然气广阔的勘探前景,因此探讨该类气藏岩性的特殊性以及储集空间组合和演化的特殊性,具有十分重要的地质意义和理论价值。

一、火山岩岩石类型及分布

通过薄片鉴定以及 X 荧光(XRF)化学成分分析,兴城和升平地区营城组火山岩主要类型有两大类七亚类二十余种类型,包括熔岩和火山碎屑岩两大类(表 1),其中熔岩从酸性至中基性有流纹岩、(粗面)英安岩、粗面岩、玄武粗安岩;火山碎屑岩有凝灰岩、火山角砾岩、火山集块岩。

兴城北部地区以火山碎屑岩为主,仅在 xs6 井见有流纹岩,其它大部分地区以流纹质(熔结)凝灰岩最为发育。兴城南部地区火山碎屑岩和熔岩均有出现。升平地区以(球粒)流纹岩为主。各类岩石特征具体分述如下。

表 1　兴城和升平地区火山岩主要类型

火山岩类型	分类参数(重量分数)	岩石名称	分布钻井情况
熔岩	SiO_2>69(%)	流纹岩	ss202、ss203、ss2－1、ss8、xs201、xs3、xs6、xs7、xs8、xs9
	SiO_2=63%～69%	(粗面)英安岩	xs4、xs5
	SiO_2=57%～63%	粗面岩	xs10、xs11
	SiO_2=53%～57%	玄武粗安岩	xs401
火山碎屑岩	粒度小于 2 mm	(熔结)凝灰岩	xs1、xs1－1、xs6、xs601、xs602、xs5、xs502、xs8、xs3、xs401、xs9
	粒度介于 2～50 mm	火山角砾岩	xs5、xs401
	粒度大于 50 mm	火山集块岩	xs1、xs601、xs602

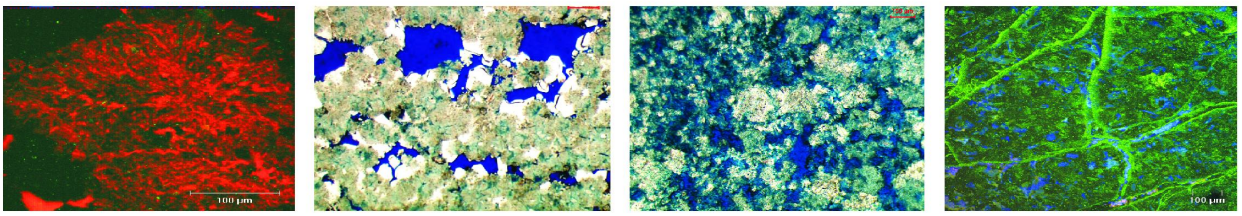
1.熔岩类

主要分布于升平地区,以流纹岩和球粒流纹岩为主。

(1)流纹岩:斑状结构,斑晶主要为石英和长石,暗色矿物少见。长石斑晶溶蚀强烈,形成斑晶内溶孔;玻璃质基质大部分已脱玻化成长英质,多呈球粒结构,并形成特殊的球粒内微孔(图 1-a),另外气孔也发育并多呈定向分布(图 1-b)。常见有绢云母化、碳酸盐化、褐铁矿化、绿泥石化等。

(2)英安岩(粗面):斑状结构,基质具交织结构,

作者简介:邵红梅,女,1970 年生,硕士,高级工程师;现在大庆油田有限责任公司勘探开发研究院从事油气储层研究工作。地址:(163712)黑龙江省大庆市让胡路区勘探开发研究院地质试验室。电话:(0459)5508441。E-mail:shhm@ petrochina.com.cn



(a) 球粒流纹岩 红色为球粒内微孔 ssg2井 2948.5 m 激光共聚焦　(b) 球粒流纹岩 残余气孔 定向排列 ss2-1井，2959.71 m 铸体单偏光　(c) 流纹质凝灰岩 火山灰溶蚀，xs8井3717.71 m 铸体单偏光　(d) 流纹质凝灰熔岩 蓝色为微孔缝 绿色为充填物 ssg2井3000.89 m 激光共聚焦

图1　薄片鉴定图版

斑晶为钾长石、石英，石英呈它形。基质由大量半定向排列的板条状斜长石微晶和微粒状钾长石、石英所组成。岩石局部具碳酸盐化。

(3)粗面岩：斑状结构，斑晶主要为碱性长石或钠长石。基质具典型的粗面或交织结构，基质由板条状斜长石微晶及火山玻璃组成。气孔被再生硅质和方解石充填，基本未见残留。

(4)玄武粗安岩：斑状结构，基质为玻基交织结构、间粒结构，斑晶为斜长石、角闪石，呈半自形，基质为微晶斜长石、磁铁矿、玻璃质组成。斜长石多呈交织状，少部分呈架状，架状空间充填粒状磁铁矿。岩石具硅化、碳酸盐化，孔隙不发育。

2.**火山碎屑岩类**

主要分布于兴城地区，尤其是流纹质(熔结)凝灰岩十分发育。

(1)凝灰岩：为区内最为发育的火山碎屑岩，化学成分上属于流纹质。根据碎屑成分可分为晶屑凝灰岩、岩屑凝灰岩。包括角砾凝灰岩、熔结凝灰岩等过渡类型。镜下碎屑物由晶屑、岩屑和火山尘组成，其中晶屑成分主要为石英、碱性长石、斜长石等，晶屑一般呈棱角—次棱角状，石英多具裂纹，部分长石受熔蚀、交代作用；岩屑成分主要为安山岩、流纹岩、粗面岩、粉砂质泥岩、片岩等，多为次棱角—次圆状；碎屑间充填火山尘，大多数脱玻化成霏细结构的长英质。

(2)火山角砾岩：角砾结构，角砾成分主要为流纹岩、流纹质(熔结)凝灰岩、安山岩、少量粉砂岩、浅变质岩等。角砾间充填石英、长石晶屑、细小的中酸性喷发岩岩屑及火山尘，局部充填硅质、方解石等胶结物。

(3)火山集块岩：火山集块结构，集块成分为流纹岩、凝灰岩、闪长岩、安山岩等。集块大小不等，杂乱分布，集块间为火山灰胶结。

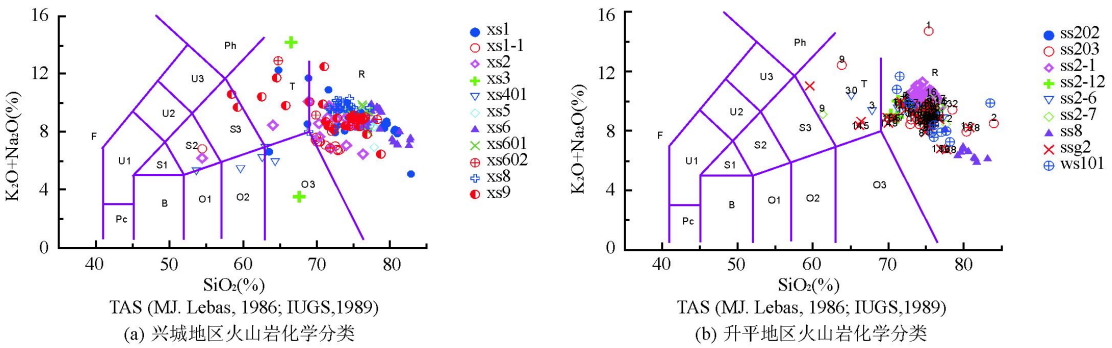
二、火山岩化学成分特征

1.**火山岩岩石化学成分类型**

采用国际地科联(IUGS)火成岩分类委员会推荐的硅—碱分类图(图2)，大量样品的X荧光元素分析数据结果表明，兴城和升平地区营城组火山岩均以酸性为主，SiO_2含量多大于70%。化学成分投影点绝大多数落入流纹岩区，少数岩石样品(xs9、xs401)落入粗面英安岩、安山岩、玄武安山岩区，这与上述薄片分析结果是一致的。

2.**火山岩碱度的确定**

火山岩碱性程度的划分主要是依据岩石的K_2O、Na_2O、CaO、Al_2O_3、SiO_2含量的相对大小来



(a) 兴城地区火山岩化学分类　(b) 升平地区火山岩化学分类

图2　营城组火山岩化学成分分类图

注：F—副长石类，U1—碧玄岩(OI>10%)；碱玄岩(OI<10%)，U2—响岩质碱玄岩，U3—碱玄质响岩，Ph—响岩，S1—粗面玄武岩，S2—玄武粗安岩，S3—粗安岩，T—粗面岩(Q<20%)；粗面英安岩(Q>20%)，Pc—苦橄玄武岩，B—玄武岩，O1—玄武安山岩，O2—安山岩，O3—英安岩，R—流纹岩

确定的。本文选取里特曼指数法进行确定，里特曼（A Ritmann，1957）运用岩石的 K_2O+Na_2O 与 SiO_2 的关系来反映岩石和岩系的碱性程度，其指数叫做里特曼指数（σ）[2]。通过计算研究区内火山岩 σ 值多在 0.98～3.99，说明营城组火山岩碱度以钙碱性为主，部分大于 4，是后期碱交代作用的结果。

3.火山岩系列的划分

火山岩系列划分为碱性和亚碱性系列，亚碱性系列又可进一步分为拉斑玄武系列及钙碱性系列。本文选取 Irvine（1971）提出的硅—碱图（SiO_2-ALK）法进行系列的确定，投影结果显示（图 3），兴城和升平地区营城组火山岩均为亚碱性系列。对于中酸性火山岩亚碱性系列的划分以 AFM 图较好[3][4]，即采用 Na_2O+K_2O、FeO＋Fe_2O_3、MgO 的重量百分比分别作为三角图的顶点来投影数据，研究区火山岩均分布在钙碱性系列范围（图略）。

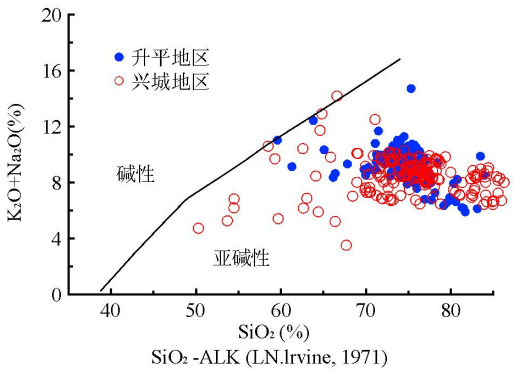


图 3　营城组火山岩硅—全碱图

三、火山岩碱交代作用及其地质意义

通过薄片显微镜鉴定和 X 荧光化学元素综合分析，研究区球粒流纹岩和流纹质（熔结）凝灰岩普遍具有碱交代作用，表现为钠长石化、钠铁闪石化、菱铁矿化，萤石化，多出现于火山灰、气孔或热液脉中，或呈次变边形式，多种富碱次生矿物伴生并呈现多期次性。因此在化学成分上显示的高碱性，并非不同岩浆或岩浆期后热液所致，而是碱交代作用的结果。

化学元素分析表明，xs9 井、xs203 等井的高碱中酸性火山岩，是迄今为止在研究区发现的含碱量最高的火山岩，明显高于中国火山岩平均碱量范围（表 2）。此类岩石以往多定为英安岩，但通过显微镜观察具有明显的碱交代现象，并且元素化学分析结果显示为高碱，有时纵向上呈富 Na—富 K—富 Na 交替出现的现象，表明岩石具有钾钠混合更替交代的特点。

表 2　X 荧光光谱分析含碱量数据表（重量分数）

井号	深度（m）	Na_2O（%）	K_2O（%）	总碱（%）
xs9	4097.97	7.331	4.45	11.781
xs9	4099.97	2.868	9.226	12.094
xs9	4051.86	5.674	6.284	11.958
xs9	4057.36	6.456	4.4%	10.856
ss203	3330.83	11.65	2.718	14.368
ss2—12	2978.27	8.842	0.861	9.703

碱交代作用反映了深部还原的、富 Fe、富碱金属元素的热流体的活动，幔源富二氧化碳流体（H_2O+CO_2）和幔源富氢流体（$H_2O+CH_4+H_2$）可以促进烃源岩生烃[5]。因此这种深部流体在能量上和物质上对油气的生成、深部储层孔隙演化均可构成重要的影响。

四、物性与岩性关系

1.孔隙类型与岩性的关系

（1）酸性火山岩中特殊孔隙的识别

通过激光共聚焦及图像分析技术，在（球粒）流纹岩、流纹质（熔结）凝灰岩中识别了火山灰溶蚀孔（图 1-c）、玻璃基质脱玻化球粒内微孔（图 1-a）和以及收缩缝（图 1-d）等较为微细的孔隙，展示了普通铸体薄片所无法观察到的微孔连通现象，并可以定量化分析其发育的程度和对孔渗的贡献。

（2）孔隙类型与岩性

不同的火山岩类型，其矿物成分组合和结构构造不同，导致具有不同的孔隙类型，流纹岩储层主要为残余气孔、玻璃基质脱玻化球粒内微孔和裂缝组合。流纹质（晶屑）凝灰岩孔隙为长石斑晶溶孔、火山灰溶孔、裂缝。流纹质熔结凝灰岩为浆屑内气孔、长石斑晶溶孔、火山灰溶孔、微裂缝；角砾岩和集块岩为裂缝与砾间孔组合。英安岩、玄武粗安岩的气孔和裂缝多被充填。

2.物性与岩性关系

火山岩储层非均质性强，物性变化大。决定火山岩储集性能的因素主要有岩性和岩相、构造运动及成岩作用。岩性是其它因素对储集性产生影响的物质基础，不同的岩性因具有不同的硬度、密度、成分、结构、构造等属性，从而导致不同类型的火山岩具有不同的物性特征，而与深度无明显相关性（图 4）。

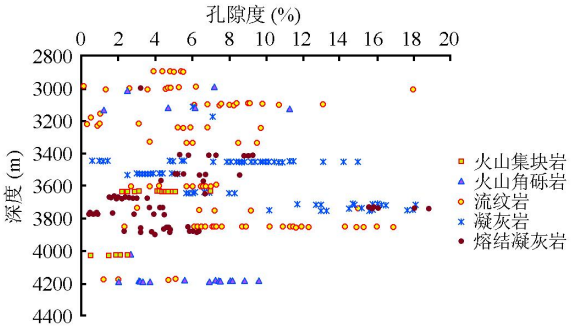


图 4　孔隙度与岩性关系图

徐家围子断陷营城组火山岩孔隙度、渗透率变化范围均较大，孔隙度为 0.1%～18.8%，渗透率为 (0.005～17.4)×10^{-3} μm^2。其中孔隙度大于 10% 的为流纹岩和流纹质(熔结)凝灰岩，而火山集块岩、角砾岩孔隙度多小于 10% (图 3)，渗透率分布也具有相似性。由此可看出，流纹岩和(熔结)凝灰岩的孔隙度、渗透率一般略高，物性较好，铸体薄片观察表明气孔发育是流纹岩物性较好的主要原因(图 1-b)，而流纹质(熔结)凝灰岩中物性的贡献主要来自于各类溶蚀孔隙(图 1-c)；火山角砾岩和集块岩的孔隙度、渗透率略低，物性略差。

五、结　论

(1)营城组火山岩岩石化学成分类型主要为酸性，火山岩系列属于亚碱性系列中的钙碱性系列。

(2)营城组火山岩类型包括熔岩和火山碎屑岩两大类七亚类，其中工业气层岩石类型主要为流纹岩和流纹质(熔结)凝灰岩。

(3)不同类型的火山岩具有不同的物性特征，而与深度无明显相关性，营城组火山岩以流纹岩和流纹质(熔结)凝灰岩的物性较好；火山角砾岩和集块岩的物性略差；中基性岩多因气孔和裂缝被充填而成为较差储层。

参　考　文　献

[1] 赵澄林，刘孟慧，等.特殊油气储层[M].北京：石油工业出版社，1997.

[2] 邱家骧.岩浆岩岩石学[M].北京：地质出版社，1985.

[3] 赵太平，等.华北陆块南部熊耳群火山岩的地球化学特征与成因[J].岩石学报，2002，18(1)：59-67.

[4] 杨学明，杨晓勇，等.岩石地球化学[M].合肥：中国科学技术大学出版社，2000.

[5] 杜乐天.幔针(HACONS)的重大意义[J].大地构造与成矿学，1989(1)：91-99.

(收稿日期　2005-09-19　编辑　**黄君权**)