

# 火山岩储层储集空间的构成

## ——以松辽盆地为例

吴颜雄<sup>1</sup> 王璞琚<sup>1</sup> 吴艳辉<sup>1</sup> 闫林<sup>2</sup> 杨帝<sup>3</sup>

1. 吉林大学地球科学学院 2. 中国石油勘探开发研究院 3. 中国石油大庆油田有限责任公司

吴颜雄等. 火山岩储层储集空间的构成——以松辽盆地为例. 天然气工业, 2011, 31(4): 28-33.

**摘 要** 火山岩气藏勘探的核心问题是储层预测, 而储层预测的关键是看储集空间是否发育。为此, 采集了松辽盆地白垩统营城组野外露头区及钻井区 167 块代表性样品, 通过对岩石薄片和铸体薄片的观察, 利用面孔率统计方法和物性数据分析, 研究了火山岩储集空间的构成问题, 对比了不同岩性岩相的原生孔隙、次生孔隙和裂缝发育情况, 并探讨了原生孔隙和次生孔隙的成因。结论认为: ①气孔火山熔岩原生孔隙最发育; 致密火山熔岩和火山碎屑熔岩的原生孔隙、次生孔隙、裂缝发育比例相近, 前者裂缝较发育, 后者原生孔隙较发育; 火山碎屑岩和沉火山碎屑岩次生孔隙和裂缝发育比例较大。②火山通道相以砾间孔和裂缝为主; 爆发相和喷溢相从底部→顶部各亚相, 原生孔隙发育比例上升, 次生孔隙和构造缝发育比例下降; 侵入相以原生收缩缝为主, 火山沉积相以次生孔缝为主。③发育气孔构造、石泡构造、气孔杏仁构造、流纹构造、珍珠构造、柱状节理、间粒结构和熔蚀结构的火山岩易形成原生孔缝; 构造作用、风化淋滤作用、溶蚀作用和脱玻化作用等后期成岩作用促进了次生孔隙和裂缝的形成。以上认识对火山岩储层内部构成的细化及火山岩气藏的开发有借鉴意义。

**关键词** 松辽盆地 火山岩 储集层 储集空间 孔隙 裂缝 岩相 成岩作用

DOI: 10.3787/j.issn.1000-0976.2011.04.007

中国东部中新代含油气盆地中发育各种类型的火山岩, 在这些火山岩中发现了具有商业价值的油气藏, 该类油气藏正成为中国中生代盆地勘探的新领域<sup>[1]</sup>。储层预测是火山岩气藏勘探的核心问题<sup>[2]</sup>, 而储层预测的关键是看储集空间是否发育。

火山岩储集空间类型及其成因机理是开展这项研究的基础, 各专家对火山岩储集空间类型的分类不尽相同<sup>[1,3-6]</sup>, 可归纳为原生孔隙、次生孔隙和裂缝 3 大类。孔缝组合类型因研究精度不同有细微差别, 一般有孔隙型、孔隙—裂缝型、裂缝—孔隙型和裂缝型 4 大类。火山岩的岩性<sup>[7]</sup>、岩相<sup>[8-11]</sup>、喷发环境<sup>[12]</sup>、构造活动及其成岩作用<sup>[13]</sup>跟储集空间的发育密切相关。火山岩孔隙在整个成岩作用过程中是不断变化的<sup>[14]</sup>。孔隙喉道对火山岩储层气井产能影响非常大<sup>[15]</sup>。裂缝的发育对火山岩储层的连通性、渗流性起着重要的作用<sup>[16]</sup>, 因此经常被单独作为研究对象<sup>[17]</sup>。火山岩储

集空间的研究也不再局限于运用岩心观察、铸体薄片、扫描电镜、黏土矿物 X 光衍射和压汞等地质手段, 一些地球物理方法(像常规测井资料分析、成像测井和核磁测井)也渐渐被得到广泛应用。

笔者基于前人的研究基础, 统计了松辽盆地营城组火山岩中不同孔缝的面孔率, 得出了 16 种岩性 12 种亚相的主要储集空间类型, 讨论了原生孔隙和次生孔隙的成因, 对火山岩气藏的勘探开发有一定的帮助。

## 1 分析方法

本次研究利用面孔率统计的方法。选取的样品 68 块来自松辽盆地盆缘露头区, 99 块来自盆地内徐家围子断陷, 取样原则以涵盖各类岩性和孔缝为标准。具体研究步骤如下: ①在 CoreDBMS 软件中对岩石照片中的孔隙进行区域分割, 若孔隙类型不同, 可以多次区域分割, 分别统计, 最后得到孔隙的面孔率, 裂缝面

基金项目: 国家重点基础研究发展规划(973 计划)项目“火山岩油气藏形成机制与分布规律”(编号: 2009CB19303)、“中低丰度天然气藏大面积成藏机理与有效开发的基础研究”(编号: 2007CB209507)。

作者简介: 吴颜雄, 1982 年生, 博士研究生; 主要从事石油与天然气勘探研究工作。地址: (130061) 吉林省长春市建设街 2199 号吉林大学地球科学学院。电话: 13604430042。E-mail: wyxenergy@yahoo.com.cn

孔率的统计同理; ②统计不同岩性孔缝的面孔率的平均值; ③计算不同岩性中各孔缝类型的百分含量(图 1); ④计算不同岩相中各孔缝类型的百分含量(图 2)。

## 2 储层储集空间类型及其分布特征

本次储集空间分类沿用王璞珺等(2007)的分类方

法, 分为 3 大类: 原生孔隙、次生孔隙和裂缝; 亚类根据统计出现的频率有所调整, 分为 12 亚类: 原生气孔、杏仁体内孔、颗粒/晶粒间孔、基质收缩裂隙、矿物炸裂纹和解理缝隙; 晶内溶蚀孔、基质内溶蚀孔、角砾间孔; 原生收缩裂隙、充填残余/构造裂缝、溶蚀构造裂缝、隐爆裂缝。

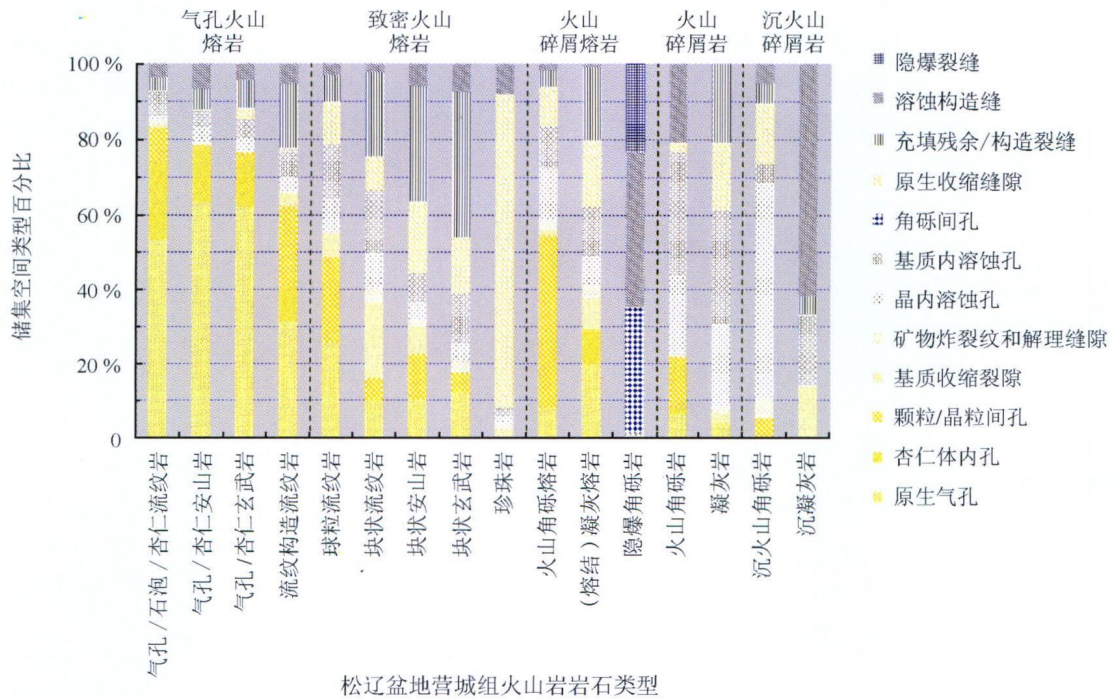


图 1 不同岩性火山岩的储集空间构成图

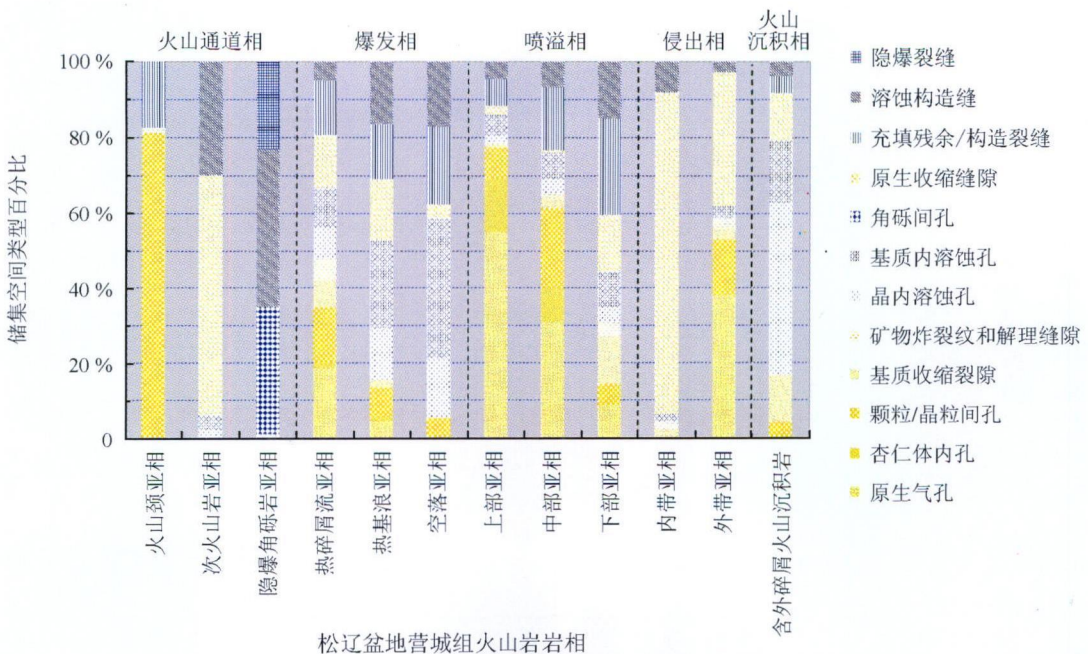


图 2 不同岩相火山岩的储集空间构成图

统计了 167 份样本 16 种岩性照片中不同孔缝的面孔率, 求取每种岩性的孔缝对应面孔率平均值列于表 1, 并与物性做了对比。

### 2.1 各类孔缝在不同岩性的分布特征

通过表 1 计算出各类孔缝在同种岩性的百分比, 从而对各岩性的主要储集空间有一定的认识。结果显示(图 1): 气孔类火山熔岩基本以原生孔隙为主, 与次生孔隙的比接近 7.6 : 1; 裂缝比例小, 与孔隙比约为 1 : 6。致密火山熔岩原生孔隙与次生孔隙相差不多, 比值约为 1.8 : 1; 孔隙与裂缝的比值接近 1 : 2, 裂缝相对发育。火山碎屑熔岩原生孔隙略多于次生孔隙, 比值约为 2.7 : 1(隐爆角砾岩除外, 以次生孔隙为主); 孔隙与裂缝比近 2 : 1。火山碎屑岩中次生孔隙较原生孔隙发育, 两者比约为 1.6 : 1; 孔隙与裂缝比约为 1.1 : 1。沉火山碎屑岩孔隙类型基本是些次生孔隙或裂缝, 原生孔隙、次生孔隙和裂缝比为 0.3 : 1 : 1.1。

不同岩性面孔率与孔隙度大致成正相关(表 1),

面孔率大者孔隙度也高。大孔对孔隙度的贡献比较大, 因此气孔熔岩一般较致密熔岩的孔隙度大。

### 2.2 各类孔缝在不同岩相的分布特征

就整个火山机构相带而言, 在横向上火山口一近火山口相带常为构造薄弱带, 也是孔缝发育带。如火山通道相发育砾间孔和裂缝, 侵出相发育基质收缩裂隙, 爆发相和喷溢相发育原生气孔(图 2)。该部位相带孔隙度、渗透率一般较好, 是油气勘探有利区。距离火山口越远, 火山岩组成主要是细粒火山碎屑, 储集空间类型相对不发育, 再加后期埋深压实作用, 储集物性变差。如火山沉积相储集类型主要是次生孔隙和裂缝(图 2)。

在垂向上, 由于熔浆喷出地表, 顶部挥发分较多, 造成原生孔隙分带, 喷溢相或爆发相火山岩顶部气孔最发育。所以, 爆发相亚相从空落亚相→热碎屑流相(从下→上), 原生孔隙比例上升, 次生孔隙比例下降, 各种构造缝比例下降; 喷溢相亚相自下而上(下部亚相→上部亚相), 原生孔隙比例上升, 次生孔隙裂缝比例下降(图 2)。

表 1 松辽盆地营城组火山岩储集空间面孔率与物性对比表

岩性分类	原生孔隙面孔率					次生孔隙面孔率				裂缝面孔率				样本份数	平均孔隙度	平均渗透率/mD	
	原生气孔	杏仁体内孔	颗粒/晶粒间孔	基质收缩裂隙	矿物炸裂纹和解理缝隙	晶内溶孔蚀	基质内溶蚀孔	角砾间孔	原生收缩缝隙	充填残余/构造裂缝	溶蚀构造缝	隐爆裂缝					
火山熔岩	气孔/石泡杏仁流纹岩	14.6%	5.6%	2.35%	0.20%	0.40%	0.29%	1.80%	—	0.10%	0.90%	1.0%	—	36	16.2%	1.320	
火山熔岩	流纹构造流纹岩	4.1%	1.2%	2.81%	0.40%	0.10%	0.50%	0.90%	—	0.10%	2.20%	0.70%	—	16	4.3%	0.130	
	球粒流纹岩	4.2%	—	3.80%	1.07%	0.10%	1.50%	2.40%	—	1.83%	1.15%	0.50%	—	17	9.3%	0.330	
	块状流纹岩	1.3%	—	0.81%	2.70%	0.50%	1.21%	2.20%	—	1.20%	2.90%	0.30%	—	17	3.7%	0.190	
	珍珠岩	—	—	—	0.10%	0.10%	—	0.10%	—	4.20%	—	0.40%	—	1	5.6%	—	
火山熔岩	安山岩	气孔/杏仁	13.9%	3.15%	0.20%	0.10%	0.10%	0.80%	0.90%	—	0.10%	1.20%	1.50%	—	2	5.9%	0.320
	块状安山岩	1.1%	—	1.32%	0.73%	0.20%	0.50%	0.84%	—	2.05%	3.20%	0.65%	—	4	4.4%	0.250	
	玄武岩	气孔/杏仁	16.5%	3.61%	0.31%	0.01%	0.10%	0.90%	1.20%	—	0.88%	1.90%	1.20%	—	8	18.2%	0.350
火山碎屑熔岩	块状玄武岩	1.22%	—	0.52%	—	0.30%	0.50%	1.30%	—	1.50%	3.82%	0.74%	—	3	4.5%	0.090	
	火山角砾熔岩	0.95%	—	5.24%	0.20%	0.30%	1.56%	1.20%	—	1.20%	0.50%	0.20%	—	7	12.0%	0.446	
	凝灰熔岩/熔结凝灰熔岩	2.85%	1.34%	—	1.20%	0.50%	1.10%	1.90%	—	2.50%	2.80%	0.10%	—	24	7.6%	0.280	
火山碎屑熔岩	隐爆角砾岩	—	—	—	—	0.10%	0.10%	0.10%	7.86%	0.01%	—	9.67%	5.37%	14	6.6%	0.90	
	火山角砾岩	0.60%	0.10%	1.20%	—	0.10%	1.80%	2.91%	—	0.20%	—	1.82%	—	6	2.8%	0.081	
	凝灰岩	0.30%	—	—	0.20%	0.10%	1.60%	2.21%	—	1.30%	1.50%	—	—	7	2.5%	0.070	
沉火山碎屑岩	沉火山角砾岩	—	—	0.10%	—	0.10%	1.10%	0.10%	—	0.30%	0.10%	0.10%	—	2	—	—	
	沉凝灰岩	—	—	—	0.30%	—	—	0.40%	—	—	0.10%	1.30%	—	3	1.3%	0.009	
典型照片	图 3-a、b	图 3-c	图 3-d	图 3-e	图 3-f	图 3-g	图 3-h	图 3-i	图 3-j	图 3-k	图 3-k	图 3-l					

注: — 表示这种储集空间类型在此岩性中不常见或者表示缺乏物性数据。

### 3 原生孔隙、次生孔隙成因探讨

岩性不同孔缝发育有差异,原因主要在于岩浆作用和后期成岩作用。不同岩浆作用方式会形成不同的结构构造,火山岩结构构造与储集空间有成因联系(表2),原生孔隙和原生收缩缝隙一般伴随着这些结构构造的发育而保存。火山岩在后期遭受不同成岩作用改造也会对孔缝发育有影响。

#### 3.1 火山岩结构构造与原生孔隙、原生收缩缝隙的形成

原生孔隙是火山岩储集空间形成的基础。研究表明,原生孔隙的发育程度由火山岩的岩性决定<sup>[18]</sup>。那么岩性又是如何决定孔隙的?笔者在研究过程中发现,一些特殊结构构造发育的火山岩孔缝数量较多,它们是以下结构构造:

##### 3.1.1 气孔构造

气孔构造形成原生气孔,最常见,在孔缝中的百分比较高(图1),是一种重要的储集空间类型<sup>[19]</sup>,易形成好储层。

##### 3.1.2 石泡构造

石泡构造形成石泡空腔孔(图3-b),少见,一旦发育则占孔隙的主要类型。

##### 3.1.3 气孔杏仁构造

气孔杏仁构造形成杏仁体内孔(图3-c),常见,在孔隙类型中的比例一般(图1)。

##### 3.1.4 流纹构造

流纹构造形成流纹理间孔(图3-a),常见,且特点是气孔成串珠状分布,可能发生连通的孔隙,在喷溢相中、上部亚相发育(图2),如果此后遭受风化淋滤作用,极易形成风化壳(图3-m),且该类构造的岩石在平面上延伸较长,所以可形成大面积的储层。

##### 3.1.5 珍珠构造

珍珠构造形成原生收缩缝隙(图3-j),少见,基本是玻璃质岩石的主要储集空间,可能是好储层。

##### 3.1.6 柱状节理

柱状节理形成原生收缩缝隙(图3-n),一般在露头常见,岩心识别难。这种构造在火山口一近火山口附近发育,节理缝一般垂向分布,且延伸跟岩体的厚度相当,不仅可作为储集空间,而且是一种良好的渗流通道,能形成好储层。

##### 3.1.7 间粒结构

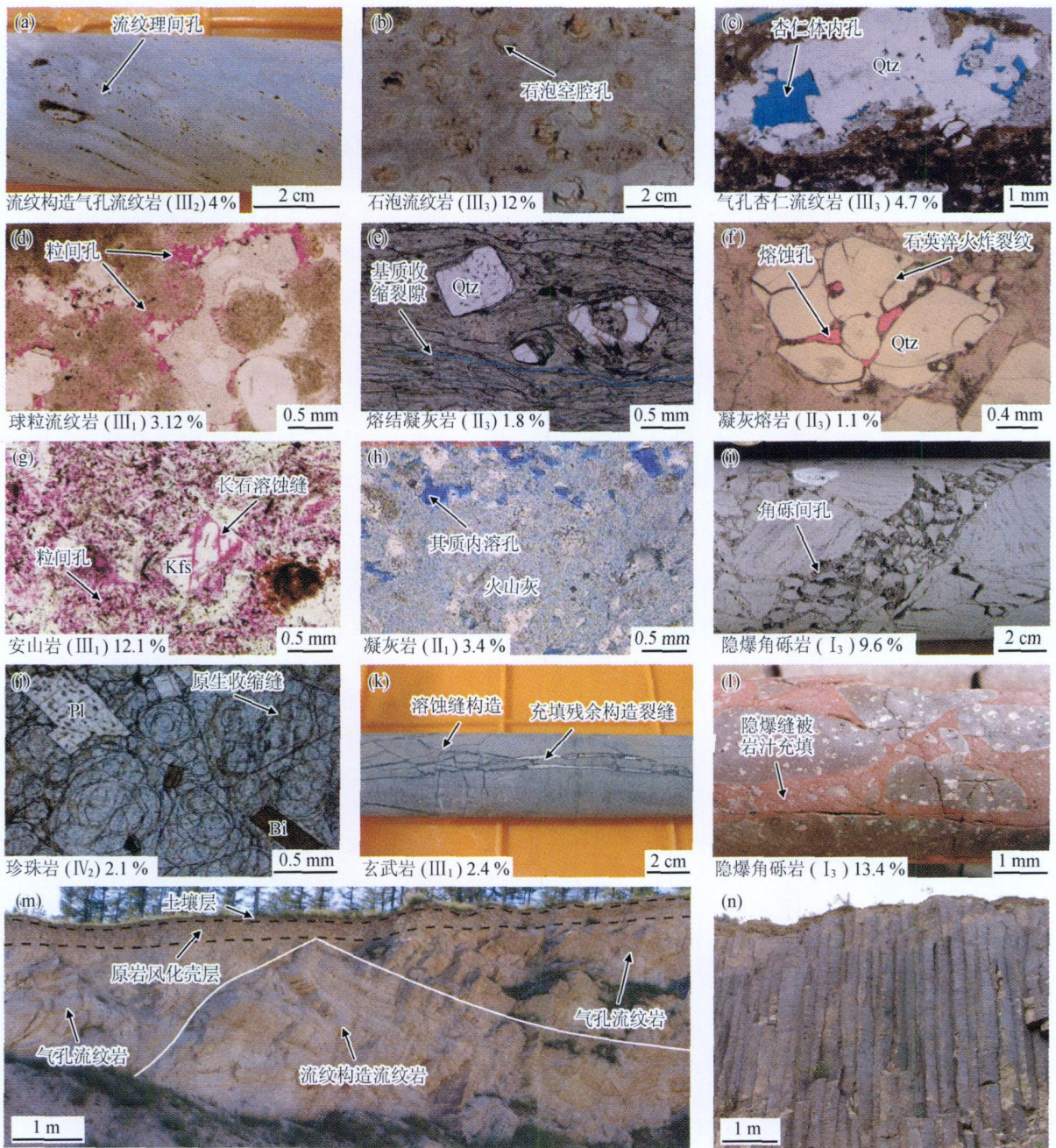
间粒结构形成晶粒间孔(图3-g),少见,发育在中基性岩中,可能占主要孔隙类型。

##### 3.1.8 熔蚀结构

熔蚀结构形成熔蚀孔(图3-f),常见,在孔隙类型中的百分比较小,一般可与炸裂纹形成连通,这类岩石一般是好储层。一些结构构造跟火山岩化学成分相关,如流纹构造、球粒结构发育在酸性岩中,间粒结构发育于中基性岩中。因此,同为致密的火山熔岩,其内部孔缝成因不同造成储集空间组合比例不同(图1)。

表2 火山岩结构构造与储集空间的形成关系表

结构构造	储集空间类型	形成机理	储集空间产状
气孔构造	原生气孔	熔岩由于岩浆喷出地表时,冷凝时压力突然降低,气体从中逸出,形成形态不一、大小不同的孔洞	火山熔岩和火山碎屑熔岩中发育,一般在顶部发育,基性岩底部发育少许
石泡构造	石泡空腔孔	酸性熔浆表面由于凝固时气体逸出,体积缩小而产生的一种空的球状体	酸性熔岩流的表面
气孔杏仁构造	杏仁体内孔	当气孔被次生矿物充填时,杏仁体常呈同心层状、放射状、球粒状等,充填物有一种或多种矿物,当未充填满形成的杏仁体内矿物之间的孔隙	杏仁体构造与气孔构造发育部位一致,杏仁体内孔一般发育于杏仁体的中心部位
流纹构造	(原生气孔)流纹理间孔	不同成分或颜色的条带或条纹相间排列,其中气孔相间或成层排列的流纹构造可形成流纹理间孔	酸性熔岩流的中部与上部的边界
珍珠构造	原生收缩缝隙	具有同心状(球状、椭球状、多面体状)涡卷状裂纹构造,形成裂隙	玻璃质岩石中
柱状节理	原生收缩缝隙	熔岩凝固时随着岩石体积收缩,形成不同方向的原生节理(原生收缩缝)	玄武岩、安山岩和流纹岩中
间粒结构	晶粒间孔	基质斜长石搭成格架,玻璃质或铁镁质矿物充填于斜长石粒间,在多角空隙中未被其充填残留的孔隙形成晶间孔	产于中基性火山岩中
熔蚀结构	熔蚀孔	矿物熔点随静压力降低而降低,地下深处岩浆携带高温的石英、透长石上升至浅部或喷出地表时,被熔化成液相或部分被熔化形成港湾状和浑圆状,形成熔蚀孔	斑状结构岩石中的斑晶,晶屑熔结凝灰熔岩中的晶屑



注：4%为面孔率；I<sub>3</sub>为火山通道相隐爆角砾岩亚相；II<sub>1</sub>为爆发相空落亚相；II<sub>3</sub>为爆发相热碎屑流亚相；III<sub>1</sub>为喷溢相下部亚相；III<sub>2</sub>为喷溢相中部亚相；III<sub>3</sub>为喷溢相上部亚相；IV<sub>2</sub>为侵出相内带亚相；Qtz为石英；Kfs为钾长石；Pl为斜长石；Bi为黑云母

图3 松辽盆地营城组火山岩储集空间典型照片

### 3.2 晚期成岩作用与次生孔隙和裂缝的形成

晚期成岩作用是指火山岩固结成岩后<sup>[20]</sup>，因构造、热液、风化淋滤和埋藏等活动的影响发生的各种地质作用。后期构造作用、风化淋滤作用、溶蚀作用和脱玻化等改造作用对次生孔隙的形成起决定作用。

#### 3.2.1 构造作用

构造作用形成构造裂缝(次生裂缝)。一般火山岩越致密、脆性越强，构造裂缝越容易形成<sup>[21]</sup>，如图1所

示，致密块状流纹岩、安山岩、玄武岩，熔结凝灰岩和凝灰岩构造裂缝优于其他岩性。构造裂缝不仅自身可作为储集空间而且可以充当渗流通道。因此有人称它是火山岩储层形成的先决条件<sup>[16]</sup>。

#### 3.2.2 风化淋滤作用

风化淋滤作用是次生孔隙形成的主要阶段，它是对暴露地表或近地表火山岩的改造，不仅增大了孔隙度而且使渗透率得到了改善，可以形成各种风化壳型

储层。它是影响火山岩储集性能的一个重要因素。

### 3.2.3 溶蚀作用

溶蚀作用形成溶蚀孔隙和溶蚀裂缝。其中,长石是分布最广泛的易溶矿物<sup>[2]</sup>,火山灰(图3-h)、其他黏土矿物和碳酸盐岩矿物的溶蚀也比较常见。溶蚀作用使原生孔、缝向扩大方向发展,增加有效储集空间。次生孔隙的发育程度主要取决于溶蚀作用的强度<sup>[14]</sup>。

### 3.2.4 脱玻化作用

脱玻化作用使粒间孔隙变大。流纹岩中的球粒结构可以是火山玻璃脱玻化的产物,其结果使球粒间的孔隙增大<sup>[23]</sup>,如图3-d所示。因此脱玻化作用对储集空间的影响不可忽视。

成岩作用不仅使火山岩储集空间在横向上有延伸(风化壳),而且在纵向上更有渗流通道的保障(柱状节理缝和构造缝),另外在岩体内部还有各种微型孔缝,因此,火山岩有条件形成良好的储集层。

## 4 结论

1)气孔火山熔岩以原生孔隙为主,致密火山熔岩原生孔隙、次生孔隙和裂缝比例相差不多,火山碎屑熔岩原生孔隙略多于次生孔隙和裂缝,火山碎屑岩以次生孔隙为主,沉火山碎屑岩以溶蚀孔隙和溶蚀裂缝为主。

2)火山通道相孔隙以砾间孔为主,裂缝比较发育;爆发相和喷溢相从底部→顶部,原生孔隙比例上升,次生孔隙比例和构造裂缝比例下降;侵出相以基质原生收缩缝隙为主,火山沉积相储集类型主要是次生孔隙。

3)发育气孔构造、石泡构造、气孔杏仁构造、流纹构造、珍珠构造、柱状节理、间粒结构和蚀蚀结构的火山岩易形成原生气孔和裂缝。后期构造作用、风化淋滤作用、溶蚀作用和脱玻化等改造作用促进了次生孔缝的形成。

致谢:感谢刘万洙老师给本文的建议,感谢张艳玲和黄玉龙提供了部分照片。

### 参 考 文 献

[1] 赵文智,邹才能,李建忠,等.中国陆上东、西部地区火山岩成藏比较研究与意义[J].石油勘探与开发,2009,36(1):1-11.  
 [2] 舒萍,丁日新,纪学雁,徐深气田火山岩储层储集空间特征及渗流机理[J].天然气工业,2009,29(8):82-85.  
 [3] 谢庆宾,韩德馨,朱筱敏,等.三塘湖盆地火成岩储集空间类型及特征[J].石油勘探与开发,2002,29(1):84-86.  
 [4] 余淳梅,郑建平,唐勇,等.准噶尔盆地五彩湾凹陷基底火山岩储集性能及影响因素[J].地球科学:中国地质大学学报,2004,29(3):303-308.

[5] 杨双玲,刘万洙,于世泉,等.松辽盆地火山岩储层储集空间特征及其成因[J].吉林大学学报:地球科学版,2007,37(3):506-512.  
 [6] 岑芳,罗明高,姚鹏翔.深埋藏火山岩高孔隙形成机制探讨[J].西南石油学院学报,2005,27(3):8-10.  
 [7] 孙圆辉,宋新民,冉启全,等.长岭气田火山岩岩性和岩相特征及其对储集层的控制[J].石油勘探与开发,2009,36(1):68-73.  
 [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.  
 [9] 陈庆,钱根宝,党艳,等.克92井区火山岩地层格架与岩相研究[J].西南石油大学学报,2008,30(4):48-50.  
 [10] 林承焰,丁圣,李坚,等.贝尔凹陷火山岩相类型及石油地质意义[J].西南石油大学学报:自然科学版,2010,32(3):180-184.  
 [11] 孙国强,赵竞雪,纪宏涛,等.准噶尔盆地陆西地区石炭系火山岩岩相[J].天然气工业,2010,30(2):16-20.  
 [12] 王仁冲,徐怀民,邵雨,等.准噶尔盆地陆东地区石炭系火山岩储层特征[J].石油学报,2008,29(3):350-355.  
 [13] 闫林,周雪峰,高涛,等.徐深气田兴城开发区火山岩储层发育控制因素分析[J].大庆石油地质与开发,2007,26(2):9-13.  
 [14] 侯英姿.松辽盆地杏山—莺山地区火山岩储集空间类型特征及其控制因素[J].特种油气藏,2003,10(1):99-102,105.  
 [15] 金成志,杨双玲,舒萍,等.升平开发区火山岩储层孔隙结构特征与产能关系综合研究[J].大庆石油地质与开发,2007,26(2):38-41,45.  
 [16] 舒萍,纪学雁,丁日新,等.徐深气田火山岩储层的裂缝特征研究[J].大庆石油地质与开发,2008,27(1):13-17.  
 [17] 王拥军,胡永乐,冉启全,等.深层火山岩气藏储层裂缝发育程度评价[J].天然气工业,2007,27(8):31-34.  
 [18] 冯子辉,邵红梅,童英.松辽盆地庆深气田深层火山岩储层储集性控制因素研究[J].地质学报,2008,82(6):760-769.  
 [19] 董冬.火山岩储层中的一种重要储集空间——气孔[J].石油勘探与开发,1991,18(1):89-93.  
 [20] 高有峰,刘万洙,纪学雁,等.松辽盆地营城组火山岩成岩作用类型、特征及其对储层物性的影响[J].吉林大学学报:地球科学版,2007,37(6):1251-1258.  
 [21] 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.  
 [22] 赵海玲,王成,刘振文,等.火山岩储层斜长石选择性溶蚀的岩石学特征和热力学条件[J].地质通报,2009,28(4):412-419.  
 [23] 赵海玲,黄微,王成,等.火山岩中脱玻化孔及其对储层的贡献[J].石油与天然气地质,2009,30(1):47-52,58.

(修改回稿日期 2011-02-17 编辑 罗冬梅)

## An exploration practice of lithologic carbonate gas reservoirs: The Metajan Structure in the Right Bank Block of the Amu Darya River

Xu Minghua<sup>1,2,3</sup>, Li Rui<sup>1</sup>, Zhang Shirong<sup>2</sup>, He Kui<sup>2</sup>, Meng Shan<sup>2</sup>

(1. State Key Laboratory of Oil & Gas Reservoir Geology and Exploitation // Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 610059, China; 2. Geologic Exploration & Development Research Institute, Chuanqing Drilling Engineer Co., Ltd., CNPC, Chengdu, Sichuan 610051, China; 3. CNPC (Turkmenistan) Amu Darya River Gas Company, Beijing 100101, China)

**NATUR. GAS IND. VOLUME 31, ISSUE 4, pp. 24-27, 4/25/2011. (ISSN 1000-0976; In Chinese)**

**Abstract:** The structural traps were regarded as the main target for the previous exploration in the Right Bank of the Amu Darya River, Turkmenistan, where the success rate of drilling had been rather low because the important role of lithologic hydrocarbon traps was ignored. In view of this, the Metajan Structure taken as a case study, a deep investigation was made into the exploration in those mature wells. Thus, an idea of searching for the lithologic hydrocarbon reservoirs in the structural slopes widely distributed in this study area was put forward. In combination with the newly collected 3D seismic data, a number of carbonate lithologic traps are successfully predicted there by use of 3D seismic attribute analysis, stochastic seismic inversion, and pre-stack elastic fluid detection. In addition, the distribution range of such gas reservoirs is delineated, and those exploration wells there have achieved success, showing a new prospect of gas exploration in this study area. This successful exploration practice in the Metajan Structure provides valuable reference for further exploration in other similar structural belts in the Right Bank of the Amu Darya River.

**Key words:** Turkmenistan, Right Bank Block of the Amu Darya River, lithologic hydrocarbon reservoir, seismic attribute, stochastic seismic inversion, fluid detection, reserves, lithologic trap, Metajan Structure

DOI: 10.3787/j.issn.1000-0976.2011.04.006

**Xu Minghua**, senior engineer, born in 1973, is studying for a Ph. D degree, being mainly engaged in research of seismic processing, interpretation and reservoir prediction.

**Add:** No. 83, Sec. 1, North Jianshe Rd., Chengdu, Sichuan 610051, P. R. China

**Tel:** +86-28-8601 5646 **E-mail:** xumingh@sina.com

## Components of volcanic reservoir space: A case study from the Songliao Basin

Wu Yanxiong<sup>1</sup>, Wang Pujun<sup>1</sup>, Wu Yanhui<sup>1</sup>, Yan Lin<sup>2</sup>, Yang Di<sup>3</sup>

(1. College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun, Jilin 130061, China; 2. Petroleum Exploration and Development Research Institute, PetroChina, Beijing 100083, China; 3. Daqing Oilfield Company, PetroChina, Daqing, Heilongjiang 163712, China)

**NATUR. GAS IND. VOLUME 31, ISSUE 4, pp. 28-33, 4/25/2011. (ISSN 1000-0976; In Chinese)**

**Abstract:** Reservoir prediction is the core of volcanic gas reservoir exploration and its focus is the prediction of reservoir space development. A total of 167 outcrop and core samples were collected from the Upper Jurassic Yingcheng Formation in the Songliao Basin. Based on the observation of ordinary and cast thin sections and statistics of surface pores and analyses of poroperm characteristics, the components of volcanic reservoir space, the comparison of the primary pores, secondary pores and fissures in samples of different lithologies and lithofacies are compared, and the origins of the primary pores and secondary pores are discussed respectively. From such discussion, the following conclusions are drawn. First, as for vesicular lava, their primary pores are most highly developed. In contrast, as for dense lava and pyroclastic lava, the proportions of the development of their primary pores, secondary pores and fissures are approximately the same. But the dense lava has relatively well developed fissures, while the pyroclastic lava has relatively well developed primary pores. As for pyroclastic rocks and sedimentary pyroclastic rocks, the development of their secondary pores and fissures are relatively large in proportions. Second, pore space of volcanic conduit is dominated by inter-gravel pores and fissures. As for explosive facies and effusive facies, the proportion of primary pores increases from bottom to top, while the proportions of secondary pores and tectoclases drop. In contrast, the pore space of extrusive facies is dominated by primary condensed shrinkage fissures and that of volcanic sedimentary facies is mainly of secondary pores and fissures. Third, volcanic rocks of different structures, such as vesicular structure, lithophytic structure, vesicular and amygdaloidal structure, rhyotaxitic structure, perlitic structure, columnar joint, intergranular texture, and melting corrosion structure, can easily form primary pores and fissures. The

later-stage diagenesis of tectonism, weathering, dissolution, and devitrification enhance the development of secondary pores. The refined understandings of the internal structure of volcanic reservoirs are of great significance to their exploration and development.

**Key words:** Songliao Basin, volcanic rock, reservoir, reservoir spaces, pores and fissures, lithofacies, diagenesis

DOI: 10.3787/j.issn.1000-0976.2011.04.007

**Wu Yanxiang** born in 1982, is studying for a Ph. D degree and is mainly engaged in research of petroleum exploration.

**Add:** No. 2199 Jianshe Street, Changchun, Jilin 130061, P. R. China

**Mobile:** +86-13604430042 **E-mail:** wyxenergy@yahoo.com.cn

### Log evaluation, seismic prediction and monitoring techniques of shale gas reservoirs

Luo Rong<sup>1</sup>, Li Qing<sup>2</sup>

(1. Engineering Technology Department, Chuanqing Drilling Engineering Co., Ltd., CNPC, Chengdu, Sichuan 610051, China; 2. School of Petroleum Engineering, Southwest Petroleum University, Chengdu, Sichuan 610500, China)

**NATUR. GAS IND. VOLUME 31, ISSUE 4, pp. 34-39, 4/25/2011. (ISSN 1000-0976; In Chinese)**

**Abstract:** There is a great potential in shale gas resources in China, so its commercial production resulting from a breakthrough achieved in its exploration and development will greatly contribute to the ease of oil and gas shortage in China. Shale gas reservoirs are quite different from the conventional gas reservoirs in terms of geological conditions of gas migration, accumulation, and preservation. They are featured by subtle velocity variation, typical low-porosity and low-permeability as well as poor sensitivity to geophysical parameters, challenging geophysical prediction and evaluation of this kind of reservoirs. Overseas experiences of shale gas exploration and development show that horizontal drilling and reservoir fracturing techniques are the keys to an increase of shale gas production. Geophysical techniques are indispensable to the optimization of drilling and fracturing operation. Therefore, based on a study of petrophysical properties and poroperm characteristics of shale gas reservoirs, this paper presents log identification and evaluation as well as seismic monitoring and prediction techniques that are suitable for the shale gas reservoirs in China.

**Key words:** shale gas, exploration, geophysical exploration, logging, identification, prediction, monitoring, evaluation

DOI: 10.3787/j.issn.1000-0976.2011.04.008

**Luo Rong** senior engineer, born in 1963, is engaged in management of geophysical exploration.

**Add:** No. 3 Sec. 1, Fuqing Rd., Chengdu, Sichuan 610051, P. R. China

**Tel:** +86-28-8601 1754 **E-mail:** luor\_sc@cnpc.com.cn

### New progress in seismic exploration of shale gas reservoirs in the southern Sichuan Basin

Li Zhirong, Deng Xiaojiang, Yang Xiao, Wu Furong, Liu Dingjin, Zhang Hong, Tan Rongbiao, Zhou Yue-zong

(Geophysical Exploration Company, Chuanqing Drilling Engineering Co., Ltd., CNPC, Chengdu, Sichuan 610500, China)

**NATUR. GAS IND. VOLUME 31, ISSUE 4, pp. 40-43, 4/25/2011. (ISSN 1000-0976; In Chinese)**

**Abstract:** The present research of shale gas primarily focuses on basic theories in China, while such research by use of geophysical data is still in its exploratory stage. Based on an analysis of geological features and geophysical response characteristics of the shale beds in the southern Sichuan Basin, a relatively complete set of ideas and work flow is established for geophysical exploration of shale gas through seismic data acquisition, processing and interpretation techniques. In terms of seismic acquisition, acquisition data are optimized through successful experiments of shooting and receiving parameters. In respect of seismic data processing, special attentions are paid to static correction, fidelity-keeping, amplitude preservation, and the protection of shallow signals. As to seismic data interpretation, based on an analysis of the major controlling factors of shale gas reservoirs, detailed basic data are provided for shale gas resources assessment and development target selection through detailed fault interpretation, burial depth mapping, and thickness prediction of quality shale beds.