

# 松辽盆地火山岩相： 相序、相模式与储层物性的定量关系

王璞珺<sup>1</sup>, 吴河勇<sup>2</sup>, 庞颜明<sup>2</sup>, 门广田<sup>2</sup>, 任延广<sup>2</sup>, 刘万洙<sup>1</sup>, 边伟华<sup>1</sup>

1. 吉林大学 地球科学学院, 长春 130061

2. 大庆油田勘探开发研究院, 黑龙江 大庆 163712

**摘要:**松辽盆地火山岩相序主要受岩性控制。酸性岩喷发旋回多以爆发相开始、侵出相结束;中基性岩多以喷溢相开始、火山沉积相结束;酸性岩夹中基性岩的相序复杂,常见喷溢相±爆发相 火山沉积相。风化壳层之上和沉积夹层之上的火山岩是新的喷发旋回的开始,而火山沉积相和侵出相的出现往往标志着一个火山喷发旋回的结束。相模式能够直观反映火山岩相和亚相之间的叠置关系,是地震-岩相解释和储层预测的地质基础。火山岩 15 亚相中能够成为 类储层的通常仅 4 种:火山颈,热碎屑流,喷溢相上部 and 侵出相内带亚相。岩相研究使得勘探的目标集中为:火山岩气藏勘探 找有效储层 识别可以作为类储层的 4 种火山岩亚相发育带。

**关键词:**松辽盆地;火山岩相;火山岩储层;相序相律相模式;大庆深层油气勘探

中图分类号:P618.13

文献标识码:A

文章编号:1671-5888(2006)05-0805-08

## Volcanic Facies of the Songliao Basin :Sequence, Model and the Quantitative Relationship with Porosity & Permeability of the Volcanic Reservoir

WANG Pu-jun<sup>1</sup>, WU He-yong<sup>2</sup>, PANG Yan-ming<sup>2</sup>, MEN Guang-tian<sup>2</sup>,  
REN Yan-guang<sup>2</sup>, LIU Wan-zhu<sup>1</sup>, BIAN Wei-hua<sup>1</sup>

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

2. Daqing Exploration & Development Institute, Daqing, Heilongjiang 163712, China

**Abstract:** Facies sequence of volcanic rocks is predominantly controlled by lithotypes in the Songliao Basin. Acidic eruption cycles generally begin with explosive facies and end with extrusive facies. Andesitic/basaltic eruption cycles usually begin with effusive facies and end with volcanogenic sedimentary facies. Interbedded acidic - intermediate - basic volcanic eruption cycles have complex facies sequence generally from effusive facies through explosive facies to volcanogenic sedimentary facies. Weathered crust and sedimentary intercalation are indicative of volcanic intervals. Extrusive and volcanogenic sedimentary facies are the end members of an eruption cycle. Facies model described here has been effectively used in seismo-reservoir interpretation in the gas field of volcanic rocks of the Songliao Basin. Only four of the 15 volcanic sub-facies can form high-quality volcanic reservoirs, which include volcanic neck, pyroclastic-bearing lava flow, upper effusive and inner extrusive sub-facies. Well understanding about volcanic facies can make gas exploration easier and more effective: volcanic reservoir exploration effective reservoir finding focusing on seismic analytic interpretation of the best four types of volcanic

收稿日期:2006-04-10

基金项目:国家自然科学基金项目(40372066);高等学校博士学科点专项科研基金项目(20030183042)

作者简介:王璞珺(1959-),男,黑龙江绥滨人,教授,博士生导师,主要从事油气地质勘查和盆地火山岩研究, Tel:0431-8502620, E-mail:wangpj@jlu.edu.cn.

sub-facies which can become potential good reservoirs.

**Key words:** Songliao Basin; volcanic facies; volcanic reservoir; facies sequence law model; deep-basin gas field beneath Daqing oil field

## 0 引言

20 世纪 70 年代末国家提出“大庆下面找大庆”的深层油气勘探战略目标,时过 23 年后于 2002 年在 XS1 井大庆主力油层之下、埋深 3 500 余 m 的火山岩中发现高产天然气,才真正迈出了“大庆下面找大庆”的决定性一步。其实早在 1994 年大庆油田就在松辽盆地北部徐家围子断陷升平地区的 ShS2 井发现火山岩气藏。应该说,大庆深层火山岩气藏发现于 1994 年,突破于 2002 年。经过 10 余年火山岩气藏勘探开发的实践和认识过程<sup>[1-4]</sup>人们逐渐认识到:就松辽盆地乃至东北亚环太平洋构造带而言,由于新生代高角度构造裂缝普遍发育,可以构成油气运移通道,因而火山岩储集空间的发育特点主要取决于火山岩的原始喷发岩相和亚相<sup>[5,6]</sup>。换言之,由于火山岩的储集空间由孔和缝联合构成,而在区域上新世代构造运动造成本区火山岩中普遍发育了裂缝,裂缝对火山岩有效储层总孔隙度(一般 5%~10%)的贡献通常仅 0.2%~1%,裂缝对成储的主要意义是构成运移通道。所以,火山岩储层预测的核心问题就是找受岩相控制的孔隙发育带,找火山岩储层集中表现为火山岩相和亚相的识别。

王璞珺等<sup>[7]</sup>按物质来源及搬运机制和成岩方式将松辽盆地火山岩相分为 5 相 15 亚相,同时给出各个亚相的定义、描述和鉴定标志。通过近年在大庆油田勘探开发中的实际应用证明,该火山岩相划分方案较好地解决了钻井火山岩相划分和储层识别问题。然而,对火山岩储层预测来说,更主要的还是在没有探井的区块进行岩相预测。这需要可用于井外延拓的岩相模型,以约束和指导地震资料解释。在作者以往研究基础上,本文通过松辽盆地北部火山岩探井和盆缘剖面研究,总结火山岩相的空间特征和变化规律,探索火山岩相与储层物性的定量关系。

## 1 松辽盆地火山岩相和相序

松辽盆地火山岩相可分为 5 相 15 亚相,野外剖面和钻井取心段可以依据每一种亚相的特征岩性、特征结构和特征构造加以识别<sup>[7]</sup>。在非取心段可以

用同样方法用岩屑薄片确定岩相和亚相。对于没有岩心和岩屑样品的井段,通过取心段建立岩相/亚相-测井关系,然后依据常规测井曲线特征划分火山岩相和亚相<sup>[8,9]</sup>。这样一种火山岩相和亚相划分方法已经在大庆油田最近 5 年多的火山岩气藏勘探开发中广泛应用。2005 年提交的庆深气田 1 000 亿 m<sup>3</sup> 天然气探明储量和开发方案中均采用该火山岩相划分方案,说明它是适用于盆地火山岩储层研究的。目前已经用该方案完成松辽盆地北部徐家围子断陷庆深气田 88 口钻遇火山岩探井和开发评价井的岩相和亚相划分。划相过程中,首先用测井曲线划分火山岩井段各个岩相和亚相的分界、确定每一种岩相和亚相的井段区间,然后在每一个岩相和亚相段用岩心或岩屑样品(薄片)确定岩相和亚相,即对 88 口井的每一个独立火山岩亚相段都用样品加以控制,划分出所有钻井的火山岩相和亚相。从 3 000 余样品(岩相和亚相段)的统计结果看,各种岩相和亚相分布是不均匀的,其中喷溢相出现最多,占钻井揭示火山岩的近一半(表 1)。这种岩相统计结果从宏观上能够较好地反映各种岩相和亚相的分布情况,对于概括本区火山岩相和亚相发育的整体面貌有帮助。但由于只在目的层取心,而有些易碎的玻璃质岩石(如侵出相珍珠岩)难以取到岩心等问题,使得岩相、亚相统计结果可能出现选择性偏差。随着钻井的增多和研究程度的深入,对火山岩相和亚相分布规律的认识会不断深化。

同沉积岩、沉积相一样,火山岩相和亚相之间的依存关系(相序)和变化规律(相律)是认识和刻划火山岩相的重要内容,更是建立火山岩相模型、约束地震资料解释和火山岩储层预测的基础。但由于火山岩原始喷发相和亚相的变化十分复杂,任何火山岩喷出地表后都经历过一定时间的剥蚀改造,盆地内部火山岩序列还经历了块断、掀斜、差异升降、局部

舒萍,曲延明,王国军,等. 松辽盆地火山岩储层裂缝地质特征与地球物理识别. 吉林大学学报(地球科学版),待刊.

王璞珺,刘万洙,等. 松辽盆地北部火山岩储层预测和评价. 中国石油大庆油田公司项目报告,2003.

中国石油勘探开发研究院和大庆油田公司勘探开发研究院. 庆深气田开发方案. 中石油公司开发项目报告,2005.

剥蚀和再搬运沉积等改造作用。所以,现今盆地内部火山岩的相序和相律更加复杂。本文总结松辽盆地近 5 年多的火山岩相和亚相研究成果,探讨松辽盆地火山岩相的序列关系,以期作为今后深入了解火山岩相序和相律的基础。

表 1 松辽盆地各种火山岩相和亚相在钻井揭示井段中所占比例

Table 1 Proportions of different volcanic facies revealed by core section

相	亚相和符号	出现次数	百分比
火山沉积相	凝灰岩夹煤沉积 <sub>3</sub>	4	0.1
	再搬运火山碎屑沉积岩亚相 <sub>2</sub>	108	3
	含外碎屑火山沉积岩亚相 <sub>1</sub>	28	0.8
	火山沉积相总数	140	3.9
侵出相	外带亚相 <sub>3</sub>	138	3.8
	中带亚相 <sub>2</sub>	27	0.7
	内带亚相 <sub>1</sub>	9	0.2
	侵出相总数	174	4.8
喷溢相	上部亚相 <sub>3</sub>	706	19.4
	中部亚相 <sub>2</sub>	657	18.1
	下部亚相 <sub>1</sub>	442	12.2
	喷溢相总数	1 805	49.7
爆发相	热碎屑流亚相 <sub>3</sub>	684	18.8
	热基浪亚相 <sub>2</sub>	150	4.1
	空落亚相 <sub>1</sub>	235	6.5
	爆发相总数	1 069	29.4
火山通道相	隐爆角砾岩亚相 <sub>3</sub>	141	3.9
	次火山岩亚相 <sub>2</sub>	19	0.5
	火山颈亚相 <sub>1</sub>	284	7.8
	火山通道相总数	444	12.2
样品总数		3 632	

表 2 从目前钻遇火山岩的 88 口钻井中选取 4 口代表性井,详细展示了盆地内部火山岩相和亚相的复杂变化情况。XS1 井(钻穿 258 m 火山岩)和 ShG2 井(钻穿 346 m 火山岩)分别为营城组一段和三段酸性岩类(流纹岩为主),DS2 井(钻穿 823 m 火山岩)是营城组三段中基性岩类(玄武岩与安山岩互层),XS401 井(钻穿 444 m 火山岩)为酸性岩与中基性岩频繁互层(流纹岩/英安岩夹玄武岩/安山岩)。对比 4 井的相序可以发现,相序与地质时代关

系不大,主要受岩性控制。酸性岩类总是以爆发相或火山通道相作为一个喷发旋回的开始,而中基性岩类(玄武岩-安山岩)多以喷溢相作为一个喷发旋回的开始。

这一特点与现代火山岩情况有些类似。可能的解释是,本区酸性岩多源于浅源壳熔(15~25 km 中地壳)且富含挥发分、规模巨大<sup>[10]</sup>的高粘度酸性岩浆。岩浆在向上运移过程中会出现相态分异和重力分异,含晶屑(岩屑)低粘度富含挥发分流体运移速度快于熔浆而成为载屑蒸汽顶,在强大的内压力作用下猛烈爆炸,继而熔浆喷溢,因此造成先爆发后喷溢的相序。而中基性岩浆来源较深(>60 km 的软流圈)<sup>[10]</sup>,流到地表时能量减弱,加之中基性岩浆粘度较小、向上运移过程中相态分异和重力分异不显著,因此多以喷溢形式开始且喷溢相为主体岩相。另外,无论酸性还是中基性火山喷发,只要当裂隙发育到一定程度有大量水体加入时就会发生剧烈爆炸,出现爆发相,从而导致相序的不规则性。

本区酸性岩的主要相序类型有 3 种:爆发相 喷溢相/侵出相(出现概率 50%±);火山通道相 喷溢相/侵出相(30%±);爆发相 火山通道相 侵出相/爆发相(20%±)。

中基性岩的相序类型较为简单,主要有:喷溢相 爆发相(出现概率 50%±);喷溢相 火山沉积相(30%±);喷溢相 爆发相 火山沉积相(20%±)。

酸性岩夹中基性岩的相序类型较为复杂,常见有:喷溢相 爆发相 火山沉积相(出现概率 30%±);爆发相 火山沉积相(20%±);爆发相 喷溢相 火山沉积相(20%±);喷溢相 火山通道相 侵出相(20%±);不规则相序(10%±)。

由于近年火山岩钻探主要是集中找构造高,即钻探古火山机构中心的隆起部位,所以,上述火山岩的相序特点更可能反映近火山口的岩相序列和岩相组合特征。对于远离火山口的岩相序列,以及岩相和亚相随着距火山机构中心距离的增加在三维空间的变化规律等问题还有待进一步研究。

黄玉龙,王璞琪,冯志强,等.松辽盆地改造残留的古火山机构与现代火山机构的对比分析.吉林大学学报(地球科学版),待刊.

表 2 钻井揭示的火山岩相变化序列

Table 2 Facies sequence of the reservoir volcanic rocks from core sections

井号	顶 - 底深/m	火山岩相	火山岩亚相	井号	顶 - 底深/m	火山岩相	火山岩亚相
S h S G 2 营城组三段流纹岩	2 900~2 913	爆发相	热碎屑流亚相和松散层	X S 1 营城组一段流纹岩	3 447~3 464	爆发相	热碎屑流亚相
	2 913~2 942	喷溢相夹	上部亚相和中部亚相		3 464~3 492	火山通道相	火山颈亚相
	2 942~2 948	侵出相	外带亚相		3 492~3 518	爆发相	热碎屑流亚相
	2 948~2 958	喷溢相夹	中部亚相		3 518~3 532	侵出相	外带亚相
	2 958~2 964	爆发相	上部亚相		3 532~3 580	爆发相	热碎屑流亚相, 底部为松散层
	2 964~2 970		空落亚相		3 580~3 600		空落亚相
	2 970~2 978		上部亚相		3 600~3 622		热基浪亚相
	2 978~2 990		下部亚相和中部亚相		3 622~3 630	侵出相	外带亚相
	2 990~3 001	爆发相	热碎屑流亚相		3 630~3 638	火山通道相	火山颈亚相
	3 001~3 005	侵出相	中带和外带亚相		3 638~3 656	爆发相	热碎屑流亚相, 底部为松散层
	3 005~3 015	火山通道相	火山颈亚相		3 656~3 675		热基浪亚相
	3 015~3 028	喷溢相	上部亚相		3 675~3 683		空落亚相
	3 028~3 055	爆发相	热碎屑流亚相和松散层		3 683~3 705		热碎屑流亚相, 底部为松散层
	3 055~3 081	喷溢相	上部亚相和中部亚相				
	3 081~3 091		下部亚相				
	3 091~3 133	火山通道相	火山颈亚相				
	3 133~3 156	喷溢相	上部亚相		3 922~3 929	风化壳	
	3 156~3 187	爆发相	热碎屑流亚相和松散层		3 929~3 948	爆发相与	热碎屑流亚相
	3 187~3 240	喷溢相	中部亚相和下部亚相		3 948~3 975	火山沉积相	热基浪夹火山沉积亚相
	3 240~3 246	爆发相	热碎屑流亚相和松散层		3 975~3 994	喷溢相	下部亚相
D S 2 营城组三段安山岩和玄武岩互层	3 073~3 090	爆发相/ 火山沉积相	热基浪亚相/再搬 运火山沉积岩亚相	X S 4 0 1 营城组一段流纹岩和英安岩夹安山岩和玄武岩	3 994~4 007	沉积岩相	河流相
	3 090~3 094	爆发相	热碎屑流亚相	4 007~4 018	喷溢相	中部亚相	
	3 094~3 126	溢流相	中部亚相和下部岩相	4 018~4 032		下部亚相	
	3 126~3 151		中部亚相和上部岩相	4 032~4 042	爆发相	空落亚相与火山灰盖层	
	3 151~3 177		中部亚相和下部岩相	4 042~4 047	风化壳		
	3 177~3 202	爆发相	热碎屑流亚相	4 047~4 065	侵出相	内带亚相	
	3 202~3 234	溢流相	中部亚相和下部岩相	4 065~4 105	火山通道相	火山颈亚相与	
	3 234~3 279		下部岩相	4 105~4 160	和侵出相	中部亚相	
	3 279~3 312	喷溢相+爆发相	下部亚相+热碎屑流亚相	4 160~4 174	喷溢相	下部与中部亚相	
	3 312~3 359	喷溢相	中部亚相	4 174~4 188	火山沉积相	下部亚相	
	3 359~3 450	爆发相	空落亚相+热基浪亚相	4 188~4 218	和爆发相	无外碎屑火山沉积亚相	
	3 450~3 520	喷溢相	上部亚相	4 218~4 237	喷溢相	热碎屑流亚相	
	3 520~3 539		下部岩相	4 237~4 250	火山沉积相	中部亚相	
	3 539~3 558	爆发相	热碎屑流亚相	4 250~4 260	火山沉积相	沉积夹层	
	3 558~3 595	喷溢相	上部亚相	4 260~4 288	喷溢相	上部亚相与热碎屑流亚相	
	3 595~3 634		中部亚相或下部亚相	4 288~4 298	夹爆发相	下部与中部亚相	
	3 634~3 668	火山沉积相	再搬运火山沉积岩亚相	4 298~4 317	火山沉积相	中部亚相	
	3 668~3 700	喷溢相	上部亚相或中部亚相	4 317~4 354	爆发相	无外碎屑火山沉积亚相	
	3 700~3 750		上部亚相	4 354~4 366		热碎屑流亚相	
	3 750~3 782		中部亚相			空落与热基浪亚相	
3 782~3 788		下部岩相					
3 788~3 855	火山沉积相/ 正常沉积岩相	含火山岩碎屑的 沉积岩亚相					
3 855~3 896	喷溢相	下部和中部亚相					

## 2 松辽盆地火山岩相模式

火山岩相模式是展现火山岩的岩相之间依存关系的概念化和简单化的直观模型,它是已知剖面/钻

井的相序研究成果的概括总结,同时它对于新的剖面/钻井的岩相观察和预测又应当具有指导作用。火山岩相模式在勘探开发中最重要的作用是用来约束和指导地震-岩相解释。笔者等提出用于约束深

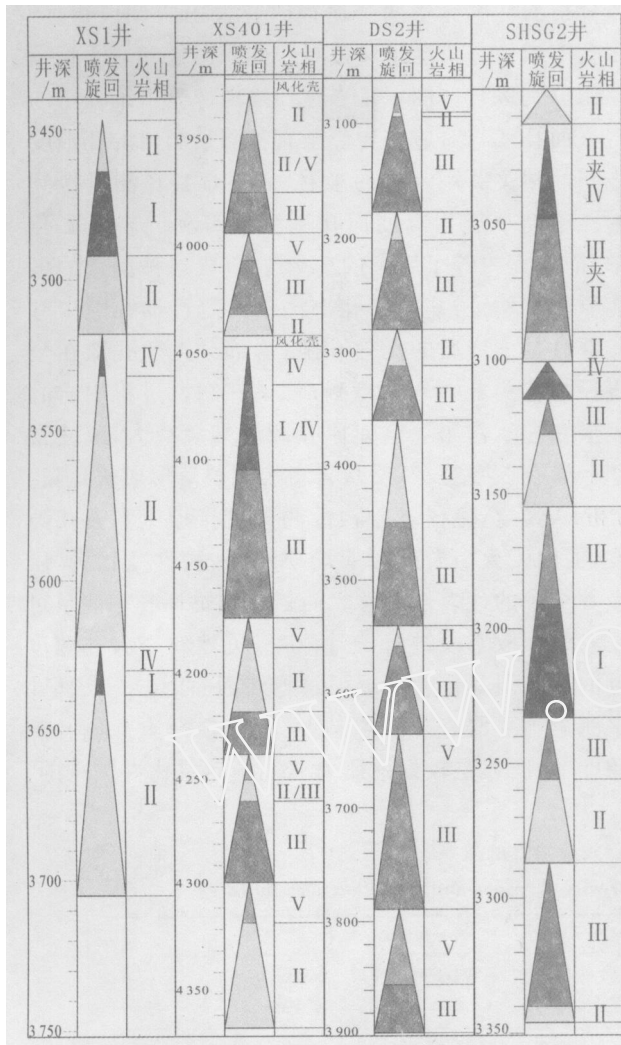


图 1 钻井火山岩的典型相序

Fig. 1 Typical vertical facies sequence of well-sections  
岩相亚相符号同表 1

层火山岩气藏识别和地震岩相解释的火山岩相模式, 该模式主要是依据 1987 ~ 1996 年间作者对松辽盆地东南隆起区营城组剖面研究结果<sup>[11,12]</sup> 而建立的, 1996 ~ 2000 年曾用于肇深 6、肇深 8 和肇深 10 井的岩相预测, 在早期火山岩储层勘探中发挥过作用<sup>[15]</sup>, 显示出地质模式在地球物理勘探中的重要作用。后经多年实际应用加上盆地内钻井资料的积累(图 1), 提出改进的火山岩相模式(图 2)。由于营城组剖面以流纹岩为主, 目前钻井所揭示的火山岩也以酸性岩占绝大多数, 所以据此总结的岩相模式可能更适合于酸性喷发岩。中基性火山岩的岩相模式有待于进一步研究。由图 1 可见, 爆发相、喷溢相火山熔岩可以直接过渡到火山沉积相的火山碎屑岩, 在近火山口相组合中尤为如此。所以认为在火山口附近的凹陷地带会出现只含火山碎屑的火山沉积相, 但多数火山沉积相还是分布在火山机构隆起的侧翼部。如图 2 所示, 一次酸性火山喷发旋回主要以爆发相开始, 但在火山口附近也可以直接为火山通道相或侵出相。这一点图 1 与表 1 钻井所统计的情况是一致的。

### 3 松辽盆地火山岩相/亚相与储层物性的定量关系

只有发育了孔隙、裂缝等储集空间的火山岩才能够成为火山岩储层。盆地火山岩相研究的首要目的是寻找有效火山岩储层。目前松辽盆地已经有 80 余口井钻遇火山岩并取得了火山岩的岩心, 同时积累了大量对应的全直径物性测试数据。现有岩心

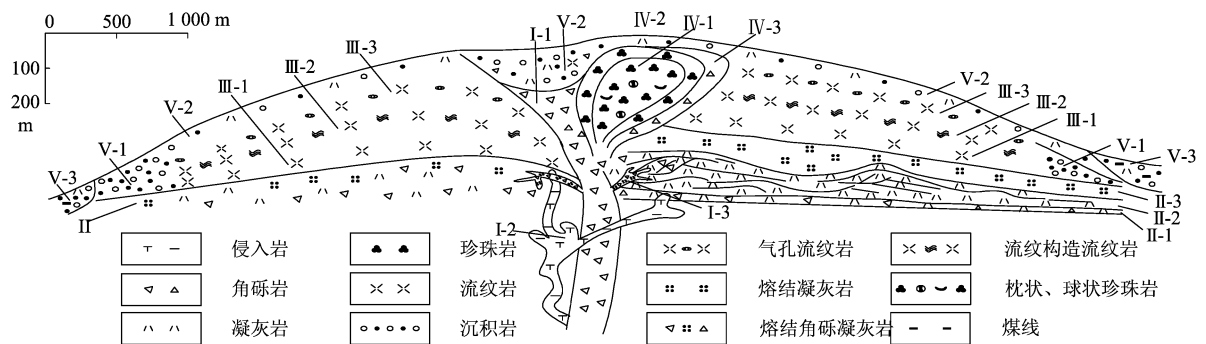


图 2 松辽盆地酸性火山岩相模式

Fig. 2 Facies model of the Mesozoic acidic volcanic rocks in the Songliao Basin

- . 火山通道相: - 1. 隐爆角砾熔岩相, - 2. 次火山岩亚相, - 3. 火山颈亚相; . 爆发相: - 1. 空落亚相, - 2. 热基浪亚相, - 3. 热碎屑流亚相; . 喷溢相: - 1. 下部亚相, - 2. 中部亚相, - 3. 上部亚相; . 侵出相: - 1. 内带亚相, - 2. 中带亚相, - 3. 外带亚相; . 火山沉积相: - 1. 含外碎屑火山沉积岩亚相, - 2. 再搬运火山碎屑沉积岩亚相, - 3. 凝灰岩夹煤沉积

王璞瑛, 杨宝俊, 刘万洙, 等. 火山岩油气藏微观特征——宏观预测的综合地质-地球物理方法技术探讨. 石油天然气总公司“中国东部深层油气勘探技术研讨会”文集, 1997.

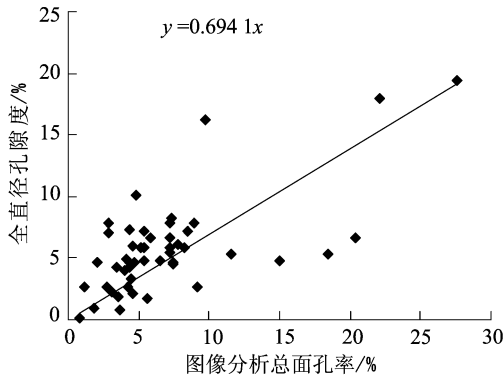


图 3 有效火山岩储层岩心全直径孔隙度与对应面孔率图像分析结果对比图

Fig. 3 Correlation between porosity both from full-core measurement and image counting

和物性测试资料已经涵盖了 15 种亚相的 10 种(表 3)。为了更加全面、客观地揭示火山岩相与储层物性的定量关系,通过全直径孔隙度、渗透率测量和图

像分析面孔率测量两个途径研究火山岩储层物性。面孔率图像分析测量又按野外剖面图像和岩心扫描图像分别进行。图 3 是岩性扫描图像分析统计出的岩心面孔率与对应的岩心全直径测量测出的孔隙度之间的相关关系。总的来看,岩心全直径测量得到的孔隙度小于相应的面孔率测量得到的岩心面孔率,前者大约等于后者的 70%。造成这种偏差的可能原因有两个:一是面孔率测量所统计的孔隙中有一部分是不连通的无效孔隙,这部分无效孔隙在全直径物性测量中不被检测;二是在钻探过程中岩心表层在泥浆作用下会使原孔隙和裂缝夸大,或使得部分岩石在颗粒/基质从岩石表面脱落形成假孔隙。分析认为,全直径岩心物性测量更接近于真实孔隙度,但由于火山岩储层非均质性强、物性变化大,所以其结果的代表性不够。而岩心扫描面孔率测量可以对整个取心段进行统计测量,虽然有夸大孔隙度的可能但其代表性更强。野外剖面的岩相-面孔率测量不受取心条件限制,又不存在夸大原始孔隙的问题,所以是较好的研究岩相-储层物性关系的

表 3 火山岩相/亚相与储层物性的关系

Table 3 Relationship between subfacies and porosity & permeability of the volcanic rocks

相	亚相	野外剖面图像分析结果			钻井岩心图像分析结果			岩心物性测试结果			综合结果	储层级别
		总面孔率 / %	孔隙 / %	裂缝 / %	总面孔率 / %	孔隙 / %	裂缝 / %	孔隙度 / %	水平渗透率 / md	垂直渗透率 / md		
火山沉积相	3 凝灰岩夹煤沉积	3.34	3.05	0.29	/	/	/	/	/	/	低孔低渗	
	2 再搬运火山沉积	/	/	/	1.48	0.03	1.45	/	/	/	低孔低渗	
	1 含外碎屑火山沉积	/	/	/	5.31	4.89	0.42	/	/	/	中孔中渗	
侵出相	3 外带亚相	0.95	0.42	0.53	2.23	1.00	1.23	3.5	0.08	0.02	低孔低渗	
	2 中带亚相	3.93	1.38	2.55	8.29	7.87	0.42	/	/	/	中孔中渗	
	1 内带亚相	15.30	10.90	4.34	/	/	/	/	/	/	高孔高渗	
喷溢相	3 上部亚相	12.90	9.79	3.12	12.50	11.90	0.56	10.4	1.44	0.29	高孔高渗	
	2 中部亚相	4.26	1.72	2.54	4.86	3.48	1.38	3.8	0.16	0.03	中孔中渗	
	1 下部亚相	4.73	0.48	4.25	5.18	3.84	1.34	6.6	0.2	0.03	高孔中渗	
爆发相	3 热碎屑流亚相	7.01	6.42	0.59	7.13	5.71	1.42	8.1	0.63	2.55	高孔高渗	
	2 热基浪亚相	4.53	1.32	3.21	1.80	1.03	0.77	4.9	0.07	0.02	中孔低渗	
	1 空落亚相	2.63	0.51	2.12	6.03	5.31	0.72	6.9	0.02	0.01	高孔低渗	
火山通道相	3 隐爆角砾岩亚相	14.10	0.97	13.2	9.82	5.15	4.67	3.7	2.54	0.03	中孔高渗	
	2 次火山岩亚相	0.85	0.41	0.44	/	/	/	1.6	/	/	低孔低渗	
	1 火山颈亚相	6.49	0.77	5.73	6.50	5.73	0.77	5.3	1.45	3.94	高孔高渗	

松辽盆地北部勘探阶段火山岩储层试行评价标准: 类储层:高孔高渗( $K_1 + S_1$ ),孔隙度  $> 6\%$ ,渗透率  $> 0.5$  md; 类储层:高孔中渗( $K_1 + S_2$ ),孔隙度  $> 6\%$ ,渗透率  $0.5 \sim 0.05$  md 或中孔高渗( $K_2 + S_1$ ),孔隙度  $6\% \sim 3\%$ ,渗透率  $> 0.5$  md; 类储层:中孔中渗( $K_2 + S_2$ ),孔隙度  $6\% \sim 3\%$ ,渗透率  $0.5 \sim 0.05$  md 或高孔低渗( $K_1 + S_3$ ),孔隙度  $> 6\%$ ,渗透率  $< 0.05$  md; 类储层:低孔低渗( $K_3 + S_3$ ),孔隙度  $< 3\%$ ,渗透率  $< 0.05$  md; md(毫达西)为渗透率的非法定计量单位,  $1\text{md} = 9.869 \times 10^{-9} \text{Pa} \cdot \text{s}$

途径,但由于不是直接测量火山岩储层,而结果不能直接用于储层评价。由此可见,3种建立火山岩相-储层物性关系的途径各有所长、缺一不可。从表3的对比结果看,同一亚相三者给出的数据有所差别,但物性值的量级一致,各个亚相之间孔隙度的相对大小趋势一致,所评价得出的储层级别一致。由此可见,在目前的资料和技术条件下,用这样的3种不同途径研究火山岩相与储层物性关系还是科学合理的。

类储层包括:火山通道相火山颈亚相,爆发相热碎屑流亚相,喷溢相上部亚相和侵出相内带亚相4种;类储层包括:火山通道相隐爆角砾岩亚相,喷溢相下部亚相2种;类储层包括:爆发相空落亚相,喷溢相中部亚相,侵出相中带亚相和火山沉积相含外碎屑火山沉积亚相4种;类储层包括:火山通道相次火山岩亚相,爆发相热基浪亚相,侵出相外带亚相,火山沉积相再搬运火山沉积亚相和凝灰岩夹煤亚相5种。

从火山岩气藏勘探结果看,类和类储层通常都是有效火山岩储层;类储层中喷溢相中部亚相和侵出相中带亚相也能够成为有效火山岩储层,但尚未发现类储层中爆发相空落亚相或火山沉积相含外碎屑火山沉积亚相作为有效储层的实例;类储层基本都是无效的非储层。由此看来,火山岩气藏勘探就是找有效储层,集中识别可以作为类储层的4种火山岩亚相发育带。

## 4 结 论

(1)松辽盆地火山岩相可分为5种相15种亚相。相序与地质时代关系不大,主要受岩性控制。酸性岩类总是以爆发相或火山通道相作为一个喷发旋回的开始,而中基性岩类多以喷溢相作为一个喷发旋回的开始。酸性岩的主要相序类型为爆发相喷溢相/侵出相;中基性岩的主要相序类型为喷溢相爆发相/火山沉积相;酸性岩夹中基性岩的相序复杂,常见喷溢相±爆发相火山沉积相。

(2)火山岩相模式能够直观反映火山岩相和亚相之间的叠置和依存关系,对于理解岩相的发育序列是有帮助的。但在勘探开发中真正能够用来定量约束和指导地震-岩相解释的火山岩相模式,必须在二维乃至三维空间上给出各种亚相的厚度和侧向延伸长度(尺度范围),即需要的是定量的岩相模型。因此,针对不同岩性和喷发方式建立针对性强的三

维定量可视化火山岩相模式是今后的主要研究方向。

(3)本区火山岩15种亚相中能够成为类储层的通常仅4种:火山通道相火山颈亚相,爆发相热碎屑流亚相,喷溢相上部亚相和侵出相内带亚相。因此说,火山岩岩相和亚相研究使得火山岩气藏勘探目标更为集中:火山岩气藏勘探找有效储层识别可以作为类储层的4种火山岩亚相发育带。

(4)相模式基于相序结果,而相序又依赖于旋回界面的识别。通常,风化壳层之上和沉积夹层之上的火山岩是新的喷发旋回的开始;而火山沉积相和侵出相的出现往往标志着一个火山喷发旋回的结束。

## 参考文献(References):

- [1] 陈建文,王德发,张晓东.松辽盆地徐家围子断陷营城组火山岩相和火山机构分析[J].地学前缘,2000,7(4):371-379.  
CHEN Jian-wen, WANG De-fa, ZHANG Xiao-dong. Facies and assemblage of the Xujiaweizi volcanic rocks of the Songliao Basin[J]. Earth Science Frontiers, 2000, 7(4): 371-379.
- [2] 蒙启安,门广田,张正和.松辽盆地深层火山岩体、岩相预测方法及应用[J].大庆石油地质与开发,2001,20(3):21-24.  
MENG Qi-an, MEN Guang-tian, ZHANG Zheng-he. Prediction method and its application of deep volcanic rock body and facies in Songliao Basin[J]. Petroleum Geology & Oil Field Development in Daqing, 2001, 20(3):21-24.
- [3] 刘万洙,王璞瑛,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 & Gas Geology, 2003, 24(1):28-31.
- [4] 刘启,舒萍,李松光.松辽盆地北部深层火山岩气藏综合描述技术[J].大庆石油地质与开发,2005,24(3):21-23.  
LIU Qi, SHU Ping, LI Song-guang. Integrated description technique for deep volcanic gas reservoir in northern Songliao Basin[J]. Petroleum Geology & Oil-field Development in Daqing, 2005, 24(3):21-23.
- [5] 王璞瑛,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): 317 - 325.
- WANG Pur-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.
- [6] Yamada T, Okano Y A. Volcanic reservoir: Facies distribution model accounting for pressure communication[C]// Proceedings of 2005 SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition. Jakarta: [s. n.], 2005: 243 - 251.
- [7] 王璞瑛, 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 Pur-jun, CHEN Shu-min, LIU Wan-zhu, et al. Relationship between volcanic facies and volcanic reservoirs in Songliao Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2003, **24**(1): 18 - 23.
- [8] 邱春光, 王璞瑛, 门广田, 等. 松辽盆地徐家围子断陷火山岩岩相和亚相的测井识别[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2003, **33**(增刊): 123 - 126.
- QIU Chun-guang, WANG Pur-jun, MEN Guang-tian, et al. Well-logging to identify volcanic rock facies and subfacies in Xujiaweizi fault depression of northern Songliao Basin[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2003, **33**(Sup.): 123 - 126.
- [9] 郭振华, 王璞瑛, 印长海, 等. 松辽盆地北部火山岩岩相与测井关系研究[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2006, **36**(2): 207 - 214.
- GUO Zhen-hua, WANG Pur-jun, YIN Chang-hai, et al. Relationship between lithofacies and logging facies of the volcanic reservoir rocks in Songliao Basin[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2006, **36**(2): 207 - 214.
- [10] Wang Pur-jun, Chen Fu-kun, Chen Shu-min, et al. Geochemical and Nd - Sr - Pb isotopic composition of Mesozoic volcanic rocks in the Songliao Basin, NE China[J]. Geochemical Journal, 2006, **40**: 149 - 159.
- [11] 程日辉, 刘招君, 王璞瑛. 松辽盆地东部火山事件的地质意义[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1997, **22**(1): 57 - 61.
- CHENG Ri-hui, LIU Zhao-jun, WANG Pur-jun. Geological significance of volcanic events in the eastern part of Songliao Basin[J]. Earth Science - Journal of China University of Geosciences, 1997, **22**(1): 57 - 61.
- [12] 王璞瑛, 王树学, 曲永宝, 等. 松辽盆地火山事件研究——营城组火山岩特征[J]. 长春科技大学学报, 1999, **29**(增刊): 50 - 54.
- WANG Pur-jun, WANG Shu-xue, QU Yong-bao, et al. Volcanic events of the Cretaceous in Songliao Basin - a case study of Yingcheng Formation[J]. Journal of Changchun University of Science and Technology, 1999, **29**(Sup.): 50 - 54.

## 国际地质工程与地质灾害新技术研讨会在长春召开

由吉林大学建设工程学院主办, 金泽大学日本海研究所(日本)、吉林省高等级公路建设局、吉林省地震局协办的“国际地质工程与地质灾害新技术研讨会”于 2006 年 8 月 23 日~27 日在长春市召开。

随着经济和资源趋向全球化, 人口、资源、环境制约着人类社会可持续发展, 地质工程与地质灾害技术更加直接关系着人类赖以生存与发展的资源、环境和工程建设, 21 世纪地质工程与地质灾害技术将比以往服务领域更加宽广, 将为实现人类的伟大计划和改善人类的生存环境而贡献力量。本次研讨会的目的在于为世界范围内的地质工程科学家与工程师提供一次交流现代地质工程与地质灾害领域中的新理论、新技术、新进展和新经验的机会, 以促进国内外同行间的了解和合作, 加快地质工程与地质灾害技术的发展。中国科学院王思敬院士、林学钰院士在大会开幕式上讲话。

吉林大学党委副书记、副校长韩晓峰, 建设工程学院院长殷琨教授分别在开幕式上致辞。开幕式由建设工程学院副院长仵磊教授主持。

参加本次会议的代表有来自中国、日本、俄罗斯、土耳其、中国香港等国家与地区的专家共 100 余人, 提交论文 30 余篇。

吉林大学建设工程学院王秀茹供稿