

文章编号:0253-9985(2010)02-0206-06

长岭气田火山岩储层三维岩相建模

陈克勇^{1,2}

(1. 成都理工大学 沉积地质研究院, 四川 成都 610059; 2. 成都理工大学 能源学院, 四川 成都 610059)

摘要:通过岩石薄片分析、岩心观察描述,运用成像测井分析技术、基于BP神经网络和判别分析方法的常规测井分析技术对火山岩单井岩性进行识别。运用三维地震分析技术追踪出长深1火山体、长深103火山体和长深1-1火山体,并建立了火山岩速度反演模型,分析各种岩性速度特征。以序贯指示模拟方法与协同克立金方法相结合,建立了火山岩储层三维岩相模型,为长岭气田火山岩气藏的进一步勘探与开发奠定基础。

关键词:火山岩储层;岩性识别;成像测井;速度反演;岩相建模;长岭气田

中图分类号:TE122.2 **文献标识码:**A

Three dimensional lithology modeling of volcanic reservoirs in the Changling gas field

Chen Keyong^{1,2}

(1. Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 610059, China;

2. College of Energy Resources, Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 610059, China)

Abstract: The lithologies of volcanic reservoirs in a single well in the Changling gas field are recognized by means of thin section analysis, core observation and description, FMI analysis and conventional well log analysis based on BP neural networks and discriminant analysis method. Three volcanic bodies are identified through 3-D seismic analysis, and the velocity of volcanics is achieved by establishing seismic velocity inversion model. A three dimensional lithology model for volcanic reservoirs is constructed by integrating the sequential indicator simulation and the Co-kriging method, and on the basis, laying down a sound foundation for further exploration and development in the gas field.

Key words: volcanic reservoir, lithology identification, imaging logging, velocity inversion, Changling gas field, lithology modeling

我国自20世纪70年代以来,先后在渤海湾、二连盆地、黄骀坳陷、准噶尔、塔里木盆地、松辽盆地及江苏油田等地发现了火山岩油气藏^[1-4]。随着火山岩油气藏的不断被发现,火山岩油气藏已逐渐成为今后油气勘探和开发的重要目标^[5]。由于喷发方式和构造的不同,火山岩具有岩石类型多、定名和识别困难等特点^[6]。由于火山岩储层自身的复杂性和多样性,其岩性的准确识别和预测一直是地质工作者们所面临的一大难题。

长岭1号气田营城组火山岩气藏于2005年9月由长深1井钻遇并发现,至2008年已编制了初

步的开发方案,气藏后期的开发以水平井和大斜度井为主。岩性是决定火山岩储集物性好坏的物质基础^[7,8],为了保证和提高水平井的钻井成功率,迫切需要搞清楚目的层的岩性分布特征。针对这一需求,本文建立了长岭气田营城组火山岩储层三维岩相模型。

1 火山岩岩性识别

准确的岩性描述是实现准确可靠的三维岩相建模的基础。目前,已有对火山岩岩性识别的研

究部分成果,主要是基于测井资料,所使用的方法主要有常规测井交会图法^[9]、主要成份分析法^[10]、神经网络分析法^[11]、将 ECS 和常规测井与成像测井相结合的方法^[12]等。本文主要从以下几个方面实现对火山岩岩性的厘定。

1.1 薄片鉴定识别岩性

对营城组火山岩储层 110 块薄片鉴定资料进

行了统计,显示主要为酸性火山岩,岩性复合方式复杂,经简化后归纳出 6 种岩性:致密流纹岩、气孔流纹岩、原地自碎角砾化熔岩、火山角砾岩、流纹质熔结凝灰岩和晶屑熔结凝灰岩 6 种基本类型。根据成因可分为火山熔岩(致密流纹岩、气孔流纹岩和原地自碎角砾化熔岩)和火山碎屑岩(火山角砾岩、流纹质熔结凝灰岩和晶屑熔结凝灰岩)(图 1)。

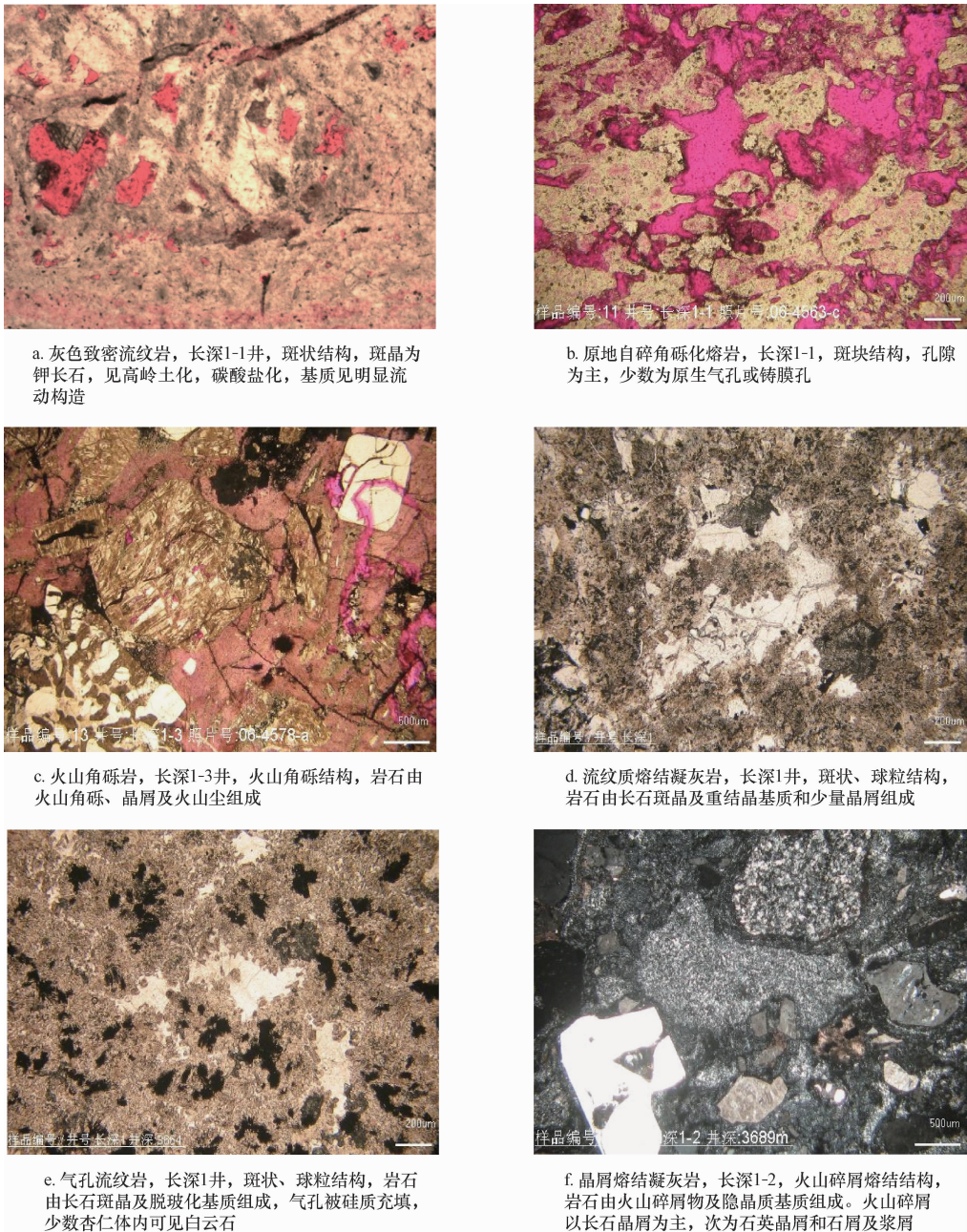


图1 主要火山岩岩性薄片鉴定照片

Fig. 1 Photos for thin section analysis of the main volcanic lithologies

1.2 岩心观察描述

岩心资料包括钻井取心资料和井壁取心资料两种,通过对所有取心井岩心的观察描述,6 种主要的岩性中,以晶屑熔结凝灰岩和致密流纹岩,其次为流纹质熔结凝灰岩和气孔流纹岩,火山角砾岩与原地自碎角砾化熔岩较少。

1.3 成像测井标定

原地自碎角砾化熔岩由熔岩经机械破碎而成,经风化淋滤后,角砾间常发育大量的砾间孔和溶蚀孔洞,因此,在 FMI 图像上呈现亮色与暗色杂乱的特点,亮色为角砾,暗色为砾间孔、洞(图 2A)。

流纹质熔结凝灰岩和晶屑熔结凝灰岩在 FMI 图像上呈现低亮暗杂色的特点,有气孔发育是呈现杂色斑点状,发育大量气孔时,FMI 图像上呈现蜂窝状黑色小斑点(图 2B)。

流纹岩具有典型的流纹构造特点,由于其通常较为致密,在 FMI 图像上往往呈现高亮度的特点,且有流纹构造图像显示(图 2C)。

1.4 常规测井岩性标定

根据岩心观察资料在单井上的标定,分别提取各岩性对应的常规测井曲线特征值,分析不同岩性的常规测井响应特征(表 1)。

从表 1 显示,自然伽马值分布在 70 ~ 187 API,



图 2 主要岩性的成像测井响应特征

Fig. 2 FMI response of the main volcanic lithologies

A. 原地自碎角砾化熔岩 FMI 响应特征;B. 晶屑熔结凝灰岩 FMI 响应特征;C. 流纹岩 FMI 响应特征

表 1 不同火山岩岩性常规测井响应特征值统计

Tabel 1 Statistics of the characteristic values of conventional well-log responses for different volcanic lithologies

岩性	火山角砾岩	晶屑熔结凝灰岩	流纹质熔结凝灰岩	气孔流纹岩	原地自碎角砾化熔岩	致密流纹岩
自然伽马/API	$\frac{123.4}{(88 \sim 177)}$	$\frac{127.3}{(78 \sim 187)}$	$\frac{117.0}{(70 \sim 150)}$	$\frac{140.0}{(130 \sim 160)}$	$\frac{108.1}{(75 \sim 138)}$	$\frac{123.0}{(110 \sim 183)}$
声波时差/ ($\mu\text{s} \cdot \text{ft}^{-1}$)	$\frac{63.2}{(57 \sim 69)}$	$\frac{56.8}{(52 \sim 62)}$	$\frac{59.8}{(52 \sim 70)}$	$\frac{58.7}{(57 \sim 60)}$	$\frac{65.5}{(55 \sim 73)}$	$\frac{58.0}{(52 \sim 61)}$
密度/($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	$\frac{2.423}{(2.31 \sim 2.51)}$	$\frac{2.535}{(2.01 \sim 2.63)}$	$\frac{2.457}{(2.12 \sim 2.62)}$	$\frac{2.445}{(2.29 \sim 2.54)}$	$\frac{2.434}{(2.33 \sim 2.57)}$	$\frac{2.526}{(2.45 \sim 2.62)}$
阵列感应测井 RLA/($\Omega \cdot \text{m}$)	$\frac{66.3}{(21 \sim 203)}$	$\frac{160.2}{(16 \sim 834)}$	$\frac{81.0}{(21 \sim 392)}$	$\frac{55.9}{(23 \sim 160)}$	$\frac{33.3}{(4.8 \sim 115)}$	$\frac{142.0}{(10 \sim 481)}$
RXO/($\Omega \cdot \text{m}$)	$\frac{38.0}{(28 \sim 88)}$	$\frac{154.4}{(17 \sim 867)}$	$\frac{85.7}{(20 \sim 87)}$	$\frac{48.0}{(28 \sim 76)}$	$\frac{34.1}{(5.6 \sim 130)}$	$\frac{88.0}{(8 \sim 381)}$
RT/($\Omega \cdot \text{m}$)	$\frac{123.8}{(20 \sim 270)}$	$\frac{171.5}{(13 \sim 553)}$	$\frac{326.6}{(19 \sim 645)}$	$\frac{64.8}{(23 \sim 179)}$	$\frac{40.0}{(5 \sim 109)}$	$\frac{86.9}{(13 \sim 450)}$

注:表中数据为
平均值
(最小值 ~ 最大值)°。

各岩性自然伽马平均值由小到大的排列顺序为原地自碎角砾化熔岩<流纹质熔结凝灰岩<致密流纹岩<火山角砾岩<晶屑熔结凝灰岩<气孔流纹岩;声波时差值分布在52~73 μs/ft,声波时差平均值由小到大的排列顺序为晶屑熔结凝灰岩<致密流纹岩<气孔流纹岩<流纹质熔结凝灰岩<火山角砾岩<原地自碎角砾化熔岩;密度主要分布在2.01~2.63 g/cm³,密度平均值由小到大的排列顺序为火山角砾岩<原地自碎角砾化熔岩<气孔流纹岩<流纹质熔结凝灰岩<致密流纹岩<晶屑熔结凝灰岩;对于电阻率测井综合分析,火山岩岩性电阻率由小到大的排列顺序为原地自碎角砾化熔岩<火山角砾岩<气孔流纹岩<致密流纹岩<晶屑熔结凝灰岩<流纹质熔结凝灰岩。

在此基础上,利用BP神经网络和判别分析

法,实现火山岩岩性的火山岩常规测井解释。

2 火山体的划分

长岭气田营城组火山岩纵向上分3个期次,由下至上分别为Ⅰ期、Ⅱ期和Ⅲ期,Ⅰ和Ⅱ期位于气水界面以下,为水层,在三维地震剖面上,能分辨出营城组火山岩各期次的顶、底面,其中包括第Ⅲ期火山岩的长深1、长深103和长深1-1三个火山体(图3)。

本次就针对第Ⅲ期的长深1火山体、长深103火山体和长深1-1火山体建立三维岩相模型。3个火山体的三维空间形态如图4所示,长深1-1火山体分布局限、厚度薄,长深103火山体分布面积较小、厚度大,长深1火山体分布面积大、厚度大。

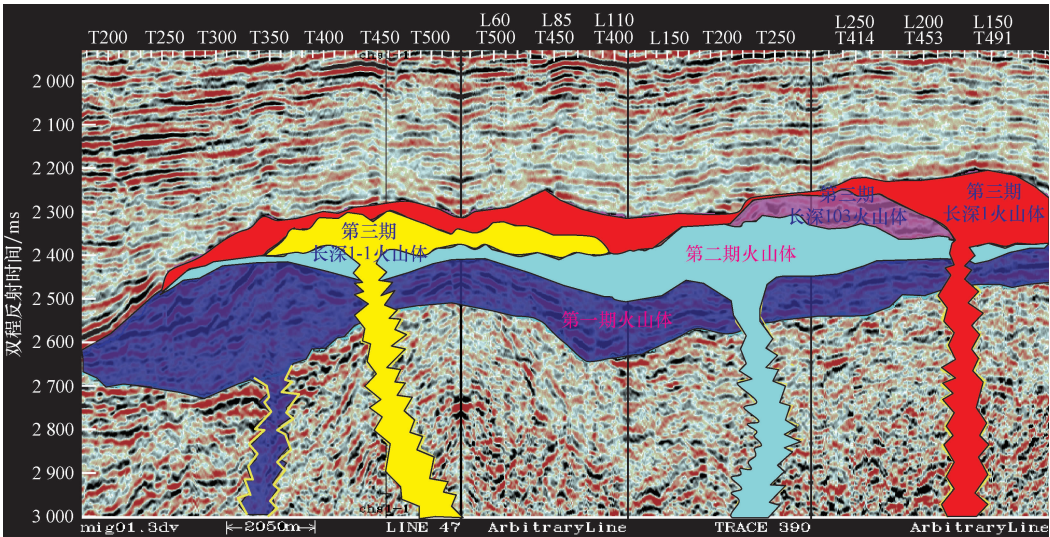


图3 火山岩地震识别(据单衍胜等)
Fig. 3 Volcanics recognized by seismics

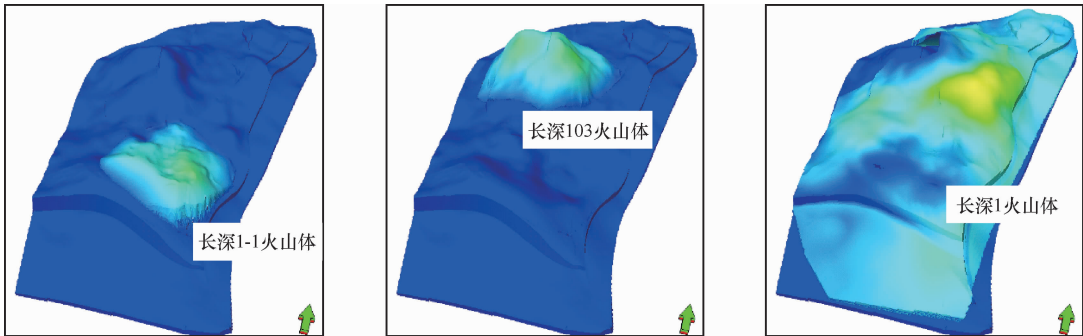


图4 3个火山体的空间分布特征
Fig. 4 Spatial distribution of the three volcanic bodies

3 火山岩速度反演

在 STRATA 软件中,准确标定层位后,建立低频模型,并基于低频模型,建立高频的波阻抗反演。根据单井岩性解释结果和速度反演结果,提取每一种岩性的地震速度特征值,包括每一种岩性的速度最大值、最小值和平均值(表 2)。可知,不同的岩性地震速度范围彼此有差异,也有交叉。取各岩性的速度平均值后显示出,速度大小呈现的基本规律为:原地自碎角砾化熔岩<气孔流纹岩<火山角砾岩<晶屑熔结凝灰岩<流纹岩<流纹质熔结凝灰岩。

4 火山岩岩相建模

国内外针对火山岩储层的地质建模研究还较

少,可查阅包括应用基于相分析的神经网络方法进行火山岩储层物性参数建模^[13]、采用序贯指示模拟建立火山岩岩相模型^[14]、采用示性点过程模拟建立火山岩储层裂缝模型^[15]等。火山岩岩相建模还处于初级阶段,目前还没有成熟的方法和模式可以遵循。

本次以 3 个火山体为建模单元,通过相数据分析、相概率分析、相分布变差函数分析,以单井岩性(相)解释结果为基础数据(硬数据),根据统计出的岩性与地震速度的关系,将地震速度体数据作为岩相预测的约束数据(软数据),在 Petrel 软件中采用基于象元的序贯指示模拟方法和协同克立金方法建立了火山岩三维岩相模型,为火山岩储层合理的勘探与开发奠定基础。图 5 为火山岩岩相三维模型。

表 2 火山岩地震速度响应特征参数统计
Tabel 2 Statistics of the characteristic parameters of seismic velocity responses of volcanics

岩性	长深 1 火山体			长深 103 火山体			长深 1-1 火山体		
	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值
原地自碎角砾化熔岩	5 538	4 811	5 050	5 593	4 797	5 101	5 579	4 879	5 079
气孔流纹岩	5 766	4 981	5 108	5 777	4 862	5 216	5 669	4 869	5 169
流纹岩	5 774	5 460	5 535	5 749	5 106	5 434	5 675	4 935	5 298
沉凝灰岩	5 624	5 483	5 582	5 630	5 322	5 447	5 633	5 162	5 392
火山角砾岩	5 611	4 864	5 169	5 682	4 761	5 281	5 509	5 103	5 250
晶屑凝灰岩	5 798	5 110	5 279						

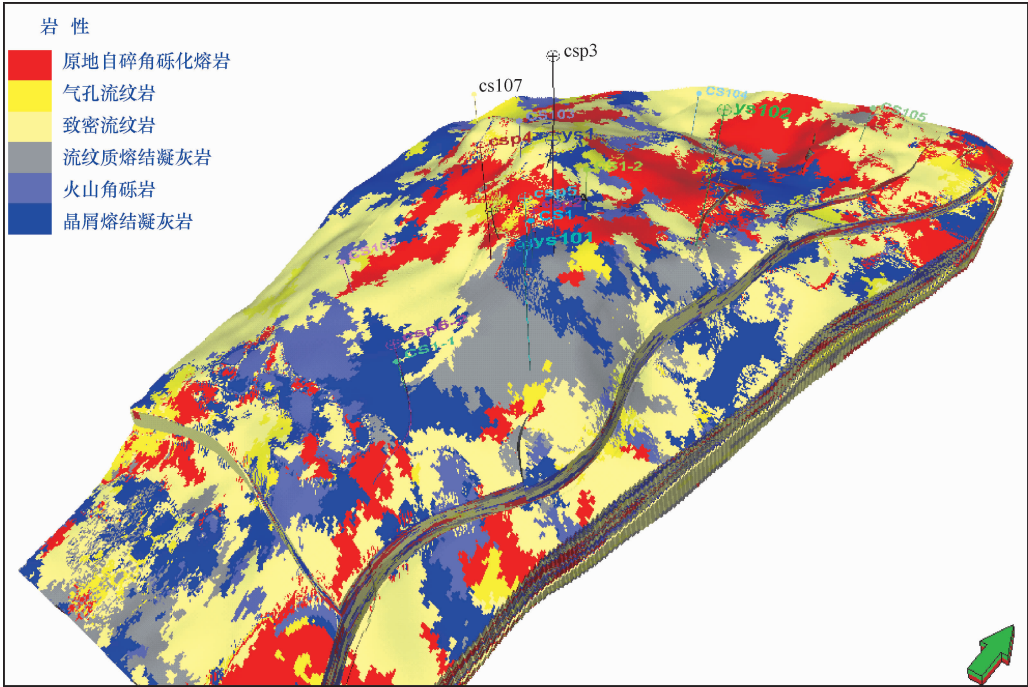


图 5 火山岩岩相模型栅状图
Fig. 5 Fence diagram of the volcanic lithology model

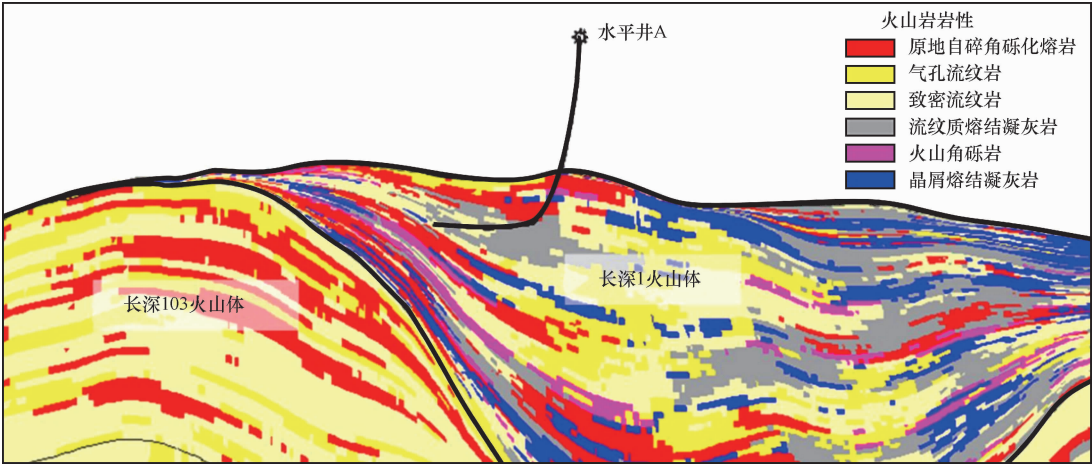


图6 过水平井A火山岩岩相模型剖面

Fig. 6 Cross-section of volcanic lithology model through the horizontal well

5 模型检验

火山岩岩相建模,采用的是确定性建模与随机建模相结合的建模方法,模型必须经过检验确定其可靠性。模型的检验较直接、有效的方法有两种:一是分析模拟结果在一定程度上是否符合地质认识规律;二是将后续钻井作为衡量标准,检验模型与后续钻井的匹配程度,若无后续钻井,可用抽稀井的方法实现。此次采用后续完钻水平井作为检验。

图6中水平井A大斜度段钻遇一套分布广且较连续的原地自碎角砾化熔岩和火山角砾岩,水平段为致密流纹岩和流纹质熔结凝灰岩,与钻井地质解释为灰色流纹质致密熔岩一致,模型与钻井实际吻合。该井试气产能为 $70\times10^4\text{ m}^3/\text{d}$,应主要源于大斜度段的原地自碎角砾化熔岩和火山角砾岩,从地质上直观地解释和指导生产。经检验,证实了岩相模型的可靠性。

6 结论

本次火山岩岩相建模涉及了多项火山岩岩性分析技术,火山岩地震分析技术和火山岩随机建模技术的综合运用,是多学科交叉运用的成果。

经后续水平井检验,证实了模型的可靠性,说明本文采用的火山岩岩相建模方法与思路切实可行,具有可推广性,并为长岭气田后期水平井的部署提供地质依据。

参 考 文 献

与天然气地质,2007,28(5):590~596

2 罗静兰,林 潼,杨知盛,等. 松辽盆地升平气田营城组火山岩岩相及其储集性能控制因素分析[J]. 石油与天然气地质,2008,29(6):748~757

3 罗静兰,张成立,邵红梅. 火山岩油气藏研究方法 with 勘探技术综述[J]. 石油学报,2003,24(1):31~38

4 史艳丽,侯贵廷. 辽河油田黄于热地区火山岩储层物性评价[J]. 北京大学学报(自然科学版),2005,41(4):577~584

5 王郑库,欧成华,李凤霞. 火山岩储层岩性识别方法研究[J]. 国外测井技术,2007,22(1):8~11

6 袁云峰,秦启荣,肖凤学,等. 火山岩岩性识别技术发展现状研究[J]. 内蒙古石油化工,2007,(5):270~272

7 Sruga P, Rubinstein N, Hinterwimmer G. Porosity and permeability in volcanic rocks: a case study on the Serie Tobfiera, South patagonia, Argentina[J]. Journal of Volcanology and Geothermal Research,2004,132: 31~43

8 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):18~27

9 赵建,高福红. 测井资料交会图法在火山岩岩性识别中的应用[J]. 世界地质,2003,22(2):136~140

10 陈立英,吴海波,邢丽波. 火成岩复杂岩性测井识别及测井资料数字处理[J]. 石油天然气学报,2005,27(6):877~879

11 周波,李舟波,潘保芝. 火山岩岩性识别方法研究[J]. 吉林大学学报(地球科学版),2005,35(3):394~397

12 王拥军,周雪峰,吴海忠. 火山岩岩性识别新技术[J]. 断块油气田,2006,13(3):86~88

13 李长山,陈建文,游俊,等. 火山岩储层建模初探[J]. 地学前缘,2000,7(4):381~388

14 刘瑞兰,王泽华,孙友国. 准噶尔盆地车排子油田火成岩双重介质储集层地质建模[J]. 新疆石油地质,2008,29(4):482~484

15 陈岩,刘瑞兰,王泽华. 车排子油田火山岩储层三维裂缝定量模型研究[J]. 西南石油大学学报(自然科学版),2008,30(2):54~56