

兴城—丰乐地区深层火山岩储层识别

宋宗平^{1,2} 姜传金³ 杨耀坤³

(1.成都理工大学 2.中国石油大庆油田勘探公司 3.中国石油大庆油田勘探开发研究院)

宋宗平等.兴城—丰乐地区深层火山岩储层识别.天然气工业,2007,27(8):28-30.

摘要 前期钻探揭示,松辽盆地北部深层火山岩分布范围广、厚度大,是天然气的良好储层,具有广阔的勘探前景。但是如何寻找火山岩储层一直是松辽盆地北部深层天然气勘探的难题。将钻井资料与地震资料结合开展火山岩储层识别工作,取得了一定效果,对火山岩气藏勘探提供了重要的技术支持。从观察火山岩岩心特征着手,建立地质—地震解释模型,以地震资料为基础,应用地震响应特征分析、构造趋势面分析、地震属性分析、三维体切片技术和地震反演技术等识别火山岩储层,在松辽盆地北部兴城—丰乐地区深层天然气勘探过程中取得了实效,实现了火山岩储层地震预测技术的突破,所建立的深层火山岩储层地震识别模型经钻探证实效果很好,已在松辽盆地深层火山岩气藏勘探中推广应用。

关键词 松辽盆地 北 火山岩 储集层 识别 地震勘探

一、营城组火山岩储层特征

1.火山岩岩性特征

兴城—丰乐地区火山岩类型有火山熔岩和火山碎屑岩两类^[1],火山熔岩主要类型有球粒流纹岩、流纹岩、(粗面)英安岩、粗面岩、粗安岩、玄武粗安岩、安山岩、玄武岩等,酸性岩、中酸性岩、中性岩、中基性岩等也均有分布。火山碎屑岩主要有流纹质熔结凝灰岩、流纹质(晶屑)凝灰岩、流纹质角砾凝灰岩、流纹质火山角砾岩、火山角砾岩、集块岩等。

2.火山岩储集空间类型

主要储集空间类型有气孔、气孔被充填后的残余孔、杏仁体内孔、球粒流纹岩中流纹质玻璃脱玻化产生的微孔隙、长石溶蚀孔、火山灰溶蚀孔、碳酸盐溶蚀孔、石英晶屑溶蚀孔、砾间孔、球粒周边及粒间收缩缝、裂缝及微裂缝等类型^[2]。各类储集空间一般不单独存在,而是以组合形式出现。

3.火山岩物性特征

徐深1等区块营一段火山岩孔隙度为1.8%~18.8%,平均孔隙度为5.3%,渗透率为 0.01×10^{-3} ~ $13 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均渗透率为 $0.35 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。火山岩储层的物性变化大,非均质性强,岩性与物性关系密切,熔结凝灰岩渗透率大于 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,裂缝不发育的集块岩、凝灰岩则小于 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

4.火山岩相特征

火山岩岩相可分为火山通道相、爆发相、喷溢相、侵出相和火山沉积相五种,每一种火山岩相可以进一步划分为三种亚相,共计有15种亚相^[2,3]。本区火山岩以爆发相为主,爆发相形成于火山作用的早期和后期,可分为三个亚相:空落亚相、热基浪亚相、热碎屑流亚相。

以徐深1井为例,下部爆发相主要有空落亚相组成夹少量的热碎屑流亚相,岩石类型以凝灰岩、流纹质集块岩为主体,夹一层流纹质熔结凝灰岩,深度3705~3602 m,总厚度103 m;溢流相主要由流纹岩组成,夹一层厚约2 m的热碎屑流亚相的流纹质熔结凝灰岩,3602~3585 m,厚17 m。上部爆发相发育有空落亚相,热碎屑流亚相和热基浪亚相。空落亚相发育于上部爆发相底部,3585~3565 m,厚20 m,由流纹质集块岩、流纹质晶屑凝灰岩、凝灰岩组成,夹一层厚1.5 m热碎屑流亚相的流纹质熔结凝灰岩;热碎屑流亚相发育于上部爆发相中部,3565~3524 m,厚41 m,由流纹质熔结凝灰岩、流纹质含凝灰熔结角砾岩组成,夹一层厚4 m热基浪亚相的流纹质晶屑凝灰岩;上部爆发相的上部为热碎屑流亚相和热基浪亚相不等厚互层,热基浪亚相厚度占总厚度2/3以上,由流纹质晶屑凝灰岩、流纹质熔结凝灰岩、流纹质含角砾晶屑凝灰岩、流纹质含角砾熔结

作者简介:宋宗平,1963年生,高级工程师,物探总监,博士研究生;现从事物探资料采集、处理和解释技术管理工作。地址:(163453)黑龙江省大庆市昆仑大街甲27号。电话:(0459)5992263。E-mail:songzongping@petrochina.com.cn

凝灰岩等组成。

二、火山岩储层地震识别

1. 利用地震响应特征,宏观上识别火山岩体

火山岩储层地震识别,一直是深层天然气勘探的瓶颈技术^[4]。无论是裂隙式喷发、中心式喷发或者是多期次喷发的火山岩,在常规地震剖面 and 特殊处理剖面上,与不同岩性的围岩相比都有其独特的地震反射特征^[5]。

裂隙式喷发出的火山岩地震响应特征:外型为楔形。强振幅、低视频,横向递变,内部为断续反射,中强振幅,平行有斜交结构,波阻抗剖面为高速高阻抗,瞬时振幅剖面为强振幅,瞬时频率剖面为低频,瞬时相位剖面表现为相位发生变化。

中心式喷发的火山岩地震响应特征:外型为丘

形。强振幅、低视频,横向递变,断续反射,内部为空白杂乱反射,常见火山锥。波阻抗剖面为高速高阻抗,瞬时振幅剖面为强振幅,瞬时频率剖面为低频,瞬时相位剖面表现为相位发生变化。

多期次喷发的火山岩由多次火山喷发叠加形成,火山岩厚度大,爆发相、喷溢相和火山沉积相等各种相带均较发育,并常见多种相带重复出现,同样具有上述地震响应特征。

对于单层厚度较大的块状火山岩地震响应特征:常规地震剖面上表现为外型为楔形、丘形,强振幅、低视频,横向递变,内部为空白杂乱、断续反射(图1-a);瞬时振幅剖面为强振幅,瞬时频率剖面为低频,瞬时相位剖面表现为相位发生变化等特征(图1-b);在地震属性切片上表现环状结构或杂乱结构(图1-c)。

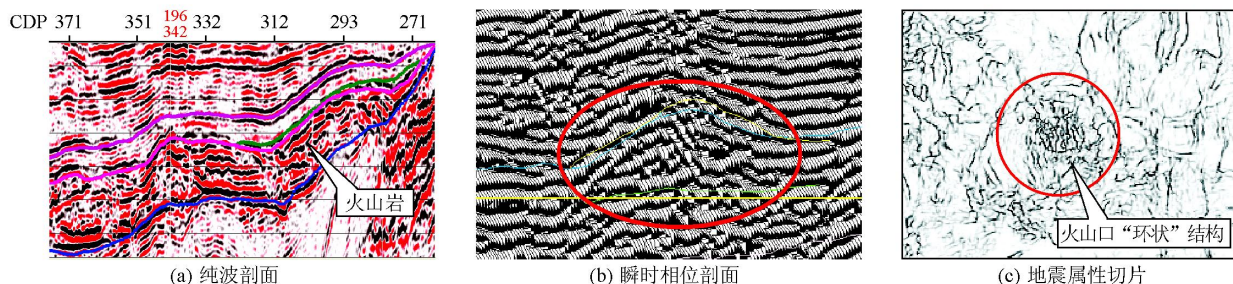


图1 纯波剖面、瞬时相位剖面的火山岩反射特征图和地震属性切片上的火山口“环状”结构图

2. 火山口识别技术

(1) 利用构造趋势面分析技术识别火山口发育带

该方法通过对构造趋势面和古构造发育史的分析,研究局部构造起伏来识别火山口发育情况。趋势面分析方法为:①在成构造图时,用最小曲率法进行网格化,所得构造图可作为区域构造趋势背景,设为 $X(x, y)$;②用克里金法进行网格化处理,缩小扫描半径,可获得本区精确构造图,设为 $X_1(x, y)$;③用精确构造图减去(滤波)区域构造趋势背景,得剩余差值构造图,设为 $\Delta X(x, y)$,即 $\Delta X(x, y) = X_1(x, y) - X(x, y)$ 。

为了进一步落实剩余构造,将剩余差值转换回数据体,调整扫描半径,重新网格化形成剩余构造图,并对其进行古构造发育史分析和地质研究,确定其可靠程度及成因。

(2) 利用三维体切片技术确定火山口的分布

做构造趋势面层切片,验证趋势面分析的剩余构造是否为火山口。若在趋势面振幅切片上的剩余构造为之处振幅值呈现出强弱相间横向突变、连续

性差、杂乱分布特点,则该剩余构造为火山口;否则可能是别的原因形成的构造。在非火山口处,趋势面-15 ms 层切片(图2)是穿过上部砾岩(或砂泥岩)的内部,火山口处的地震反射特征与围岩的反射特征不同,火山口处振幅值呈现出强弱相间横向突变,连续性差,杂乱零碎分布特点,而在非火山岩处振幅连续性好。通过对营一段顶面构造趋势面的分析,发现该地区营一段有10个火山口(图3-a)。

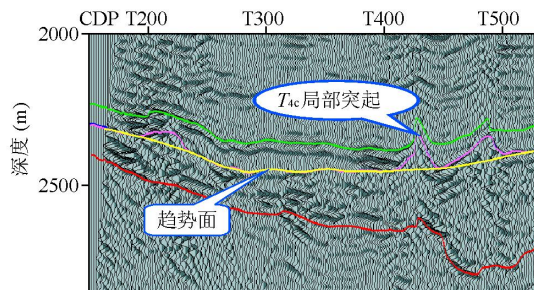


图2 趋势面分析示意图

3. 应用模拟退火反演方法预测火山岩储层厚度

模拟退火是一种全局最优化技术,它克服传统

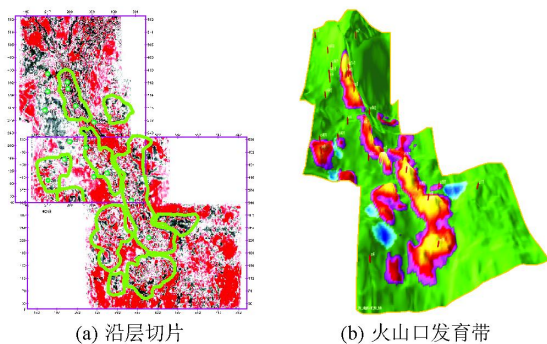


图 3 构造趋势面 -15 ms 沿层切片和火山口发育带图

最优化方法的缺点,获得全局最优解。模拟退火地震反演方法有如下优点:①模拟退火反演方法与溶化物体退火过程具有相似性,采用非线性的模拟退火使误差函数能量达到全局最小,是一种用快速模拟退火算法进行的全局优化的多道反演方法,具有抗噪能力强、提高分辨率、忠实地震资料等特点;②模拟退火反演和其他常规反演的本质区别是它的优化算法,在其优化过程中它采用的是快速模拟退火进行全局优化,更适合少井地区的地震反演;③反演不需要从详尽的初始模型开始,其反演结果不依赖于高精度的初始模型;④采用建立倾角体和层序场,解决低频模型中井间内插时产状控制问题,从而大大降低了反演对解释层位的依赖和误差,丰富了层序内部信息,保证了反演工作横向分辨率的可信性,确保了火山岩原有的反射结构;⑤引入地震层速度场信息,解决了无井区和有井区以及由于构造起伏差异较大而造成同一地层埋深差异大,波阻抗绝对值正确计算问题,保证了反演绝对的波阻抗值能够反映地下地层的物性差异规律的正确性^[6]。

采用上述反演方法对兴城工区三维资料进行了反演处理,波阻抗分布规律与实钻探井吻合较好。经过统计分析,兴城—丰乐地区营一段火山岩中有利储层波阻抗值介于 10500~13800 之间,所以,对营一段火山岩进行波阻抗反演后,输出波阻抗三维地震数据体,在已经预测出的火山岩范围内,提取该波阻抗值范围内的火山岩,从而得到火山岩储层厚度分布(图 4)。本区火山岩储层在火山口附近的爆发相和喷溢相以及局部构造的相对高部位和断裂附近均比较发育,而与火山岩厚度没有对应关系。火山岩储层的发育很明显受火山控制。

三、应用效果

经徐深 3 井等 9 口井的钻探证实,利用地震响应

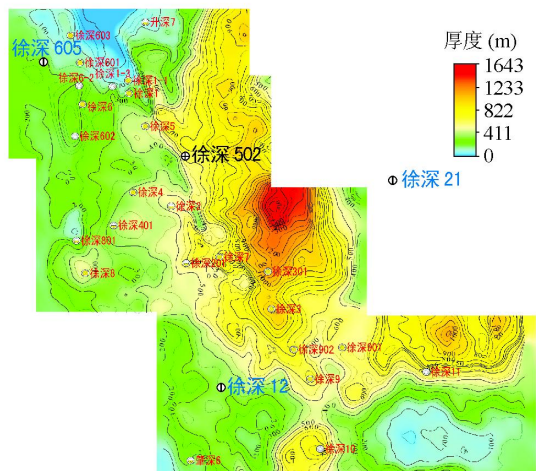


图 4 火山岩储层厚度分布图

特征从宏观上识别火山岩体、利用构造趋势面分析和三维体切片技术识别火山口发育带的成功率近 100%。预测火山岩厚度与钻井钻遇火山岩厚度相对误差小于 10%;应用模拟退火反演方法预测火山岩储层厚度相对误差小于 20%。上述方法与其他技术相结合,对该地区火山岩气藏的分布进行了有效的描述,获得了一批高产天然气井,提交天然气探明储量超过 $1000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

四、结 论

(1)火山岩在地震剖面上具有特殊的响应特征,利用常规或特殊处理地震剖面,结合地震属性分析,能直观地识别块状火山岩体。

(2)运用构造趋势面分析技术,结合地震属性体切片,能有效地识别火山口发育带。

(3)将模拟退火反演方法用于深层探井少地区的火山岩储层预测中,其反演结果符合地质规律。

参 考 文 献

- [1] 蔡敦科. 徐家围子地区火山岩储层特征研究 [J]. 特种油气藏, 2002(4).
- [2] 王璞珺. 松辽盆地火山岩相类型、特征和储层意义 [J]. 吉林大学学报, 2003(4).
- [3] 彭彩珍, 郭平, 苏萍. 流纹岩类火山岩储层物性特征研究 [J]. 西南石油学院学报, 2004, 26(3).
- [4] 黄薇, 印长海, 刘晓, 等. 徐深气田芳深 9 井区块火山岩储层预测方法 [J]. 天然气工业, 2006, 26(6).
- [5] 邵正奎. 松辽盆地火山岩地震反射特征及其分布规律 [J]. 长春科技大学学报, 1999(1).
- [6] 贾承造. 岩性地层油气藏勘探研究的两项核心技术 [J]. 石油勘探与开发, 2006(3).

(修改回稿日期 2007-03-15 编辑 韩晓渝)