

文章编号:0253-2697(2006)增刊-0062-04

# 徐深气田深层火山岩测井岩性识别方法

刘传平 郑建东 杨景强

(大庆油田有限责任公司勘探开发研究院 黑龙江大庆 163712)

**摘要:**徐深气田深层火山岩储层岩性、流体成分复杂多变,结晶程度较差,酸性岩类成分比较接近,岩石骨架对电阻率的影响超过储层流体的影响,因而在火山岩储层精细测井评价方面存在较大困难。其中准确确定火山岩岩性是开展进一步研究工作的基础和关键。针对该区岩性识别难点,充分发挥元素俘获谱(ECS)、电成像、核磁等测井资料在岩性识别上的优势,制定了组分与结构相结合的岩性识别思路,确定了火山岩岩石分类系统,应用TAS图、图像模式、神经网络等3种方法,实现了对火山岩的测井岩性识别,为火山岩储层精细测井评价打下了坚实的基础。

**关键词:**火山岩;岩性识别;元素俘获谱测井;电成像;神经网络

中图分类号:TE112

文献标识码:A

## Lithology identification of well logging for deep volcanic reservoir in Xushen Gas Field

Liu Chuanping Zheng Jiandong Yang Jingqiang

(Research Institute of Exploration and Development, PetroChina Daqing Oilfield Company Ltd., Daqing 163712, China)

**Abstract:** Deep volcanic reservoir in Xushen Gas Field is featured with complex and multivariant lithology and fluid composition, low crystallization degree and similar acidic rock composition. Effect of rock framework on resistivity exceeds that of reservoir fluids. Therefore, there is lots of difficulty in fine logging evaluation of volcanic reservoir, while precise identification of volcanic lithology is the basis and keystone for further research. Aiming at the difficulty of lithology identification in this area, it makes full use of advantages of Elemental Capture Spectroscopy (ECS), electric imaging, nuclear magnetic logging data on lithology identification, produces the knowledge of lithology identification by combining composition with structure, and determines the classification system of volcanic rock. Through utilizing TAS graph, graph mode and neural network methods, well logging lithology identification of volcanic rocks is realized, and it lays a firm foundation for fined logging evaluation of volcanic reservoir.

**Key words:** volcanic reservoir; lithology identification; Elemental Capture Spectroscopy; electric imaging; neural network

火山岩油气藏是目前世界油气勘探的一个新领域,且世界范围内火山岩油气藏相对较少,使得火山岩储层评价工作远不如碳酸岩、沉积岩储层研究得成熟。一方面由于火山岩岩性复杂多变,使得测井响应具有复杂性和多解性,同时由于岩性不同,其储集空间类型、裂缝发育程度以及各项储层参数的计算方法也有较大区别。因此,应用测井资料准确识别火山岩岩性是开展储层测井精细评价的基础和关键。

徐深气田位于松辽盆地徐家围子断陷兴城、丰乐地区,主要目的层为火山岩储层,分布在中生代下白垩统营城组。分析岩心、录井资料可知,该区的火山岩矿物成分有石英、长石、辉石、角闪石、云母等,不同岩性其矿物组分、含量不同且多变,形成了本地区的玄武岩、安山岩、流纹岩、火山集块岩、火山角砾岩及

凝灰岩等<sup>[1]</sup>。

另外,研究区火山岩成因、结构十分复杂,对化学成分相同的岩石,若成因、结构不同,则岩石类型和名称也会不同。

经验表明,一般利用常规测井资料只能识别出矿物组分不同的岩石,要识别出矿物组分相同而结构、构造不同的岩石只能借助于其他方法。

ECS(Elemental Capture Spectroscopy)元素俘获谱测井技术,可以将地层元素的产额转化为地层矿物含量,进而得到地层岩性剖面;而电成像、核磁共振等测井资料能反映岩石的结构、构造、孔隙结构等方面的特征,并具有高分辨率、高井眼覆盖率和可视性等特点,因此综合应用常规和特殊测井资料开展火山岩岩性识别是一种有效的方法。

**基金项目:**中国石油天然气股份有限公司科技攻关项目“徐深气田开发技术研究”(040114)资助。

**作者简介:**刘传平,男,1959年11月生,1984年毕业于大庆石油学院地球物理测井专业,现为大庆油田有限责任公司勘探开发研究院地球物理测井研究室主任,高级工程师,主要从事测井资料综合解释研究工作。E-mail:liuchp@petrochina.com.cn

## 1 火山岩岩石分类

火山岩的类型与其原生岩浆的性质和喷出特征有关。原生岩浆决定岩石的成分,而喷发性质决定岩石的结构,但原生岩浆性质起更为主要的作用,因为它通常也会影响火山喷发特征。如基性岩浆一般粘度较低,多以溢流方式形成熔岩;而粘度较大的酸性岩浆虽然部分可以以溢流形式产出,但多数以爆发形式的火山碎屑岩产出<sup>[2]</sup>。

徐深气田兴城、丰乐地区火山岩的特点是：溢流相熔岩及爆发相火山碎屑岩均发育<sup>[3]</sup>，以流纹岩为主，过渡性角砾凝灰岩和凝灰角砾岩较多，且岩石中熔结结构普遍发育，这样在化学成分上差别不大，由环境引起的结构变化使它们的孔隙系统明显不同。因此在分类时，先区分出熔岩和火山碎屑岩两大类，然后根据各自特征再进行细分（图1）。

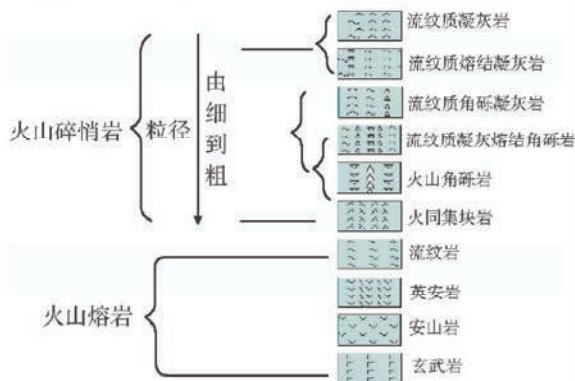


图 1 徐深气田火山岩岩石分类

**Fig. 1** Classification of volcanic rocks in Xushen Gas Field

对于喷溢相形成的熔岩，通常结构相对简单，可以岩石组分分类。一般以  $\text{SiO}_2$  的含量区分 4 种岩性，熔岩由基性到酸性可分为玄武岩、安山岩、英安岩和

流纹岩。

对于爆发相的火山碎屑岩，一般主要为安山岩、英安岩和流纹岩，基性的玄武岩比较少见<sup>[4-7]</sup>。岩石的结构可由岩石中的颗粒粒度和含量确定，它可以反映火山爆发的形式和强度以及距离火山口的远近，这对火山岩相的研究具有重要意义。在研究区内，由于主要为流纹质岩类，依据碎屑物质颗粒的大小可以分为6类：集块岩、火山角砾岩、流纹质凝灰(熔结)角砾岩、流纹质角砾凝灰岩、流纹质熔结凝灰岩和流纹质凝灰岩。

## 2 火山岩岩性识别方法

### 2.1 TAS 图矿物成分识别法

TAS 分类法 (Total Alkali Silica) 即所谓的硅-碱分类法, 是目前国际上通用的火山岩分类标准。该方法基本的分类依据是根据二氧化硅 ( $\text{SiO}_2$ ) 含量和碱度高低即氧化钾 ( $\text{K}_2\text{O}$ ) 和氧化钠 ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) 之和的比例关系。将研究区 9 口井 98 个样品矿物元素化学分析资料投在 TAS 图 [图 2(a)] 上, 可以看出大部分火山岩数据点分布在流纹岩区域内, 显示研究区火山岩的主要成分是酸性流纹质岩石, 另有少量数据点分布在英安岩和粗面岩区域中, 分析发现这主要与其下部的中、基性熔岩有关。ECS 元素俘获测井是斯仑贝谢公司新一代的测井仪器, 是目前唯一能测量地层元素含量的仪器。它可以直接得到地层中  $\text{K}$ 、 $\text{Na}$ 、 $\text{Ca}$ 、 $\text{Fe}$ 、 $\text{Si}$  等 26 种元素俘获产额, 再应用氧闭合技术得到各元素的重量百分含量, 进而确定地层岩性。图 2(b) 显示, ECS 元素俘获谱测井计算的矿物成分与岩心分析结果相近, 主要分布在流纹岩区域。应用 TAS 图矿物成分法识别岩性的优点是可以准确地进行岩石的化学定名, 缺点是对矿物成分相同结构不同的同属酸性岩类的流纹岩与流纹质火山碎屑岩等无法区分。

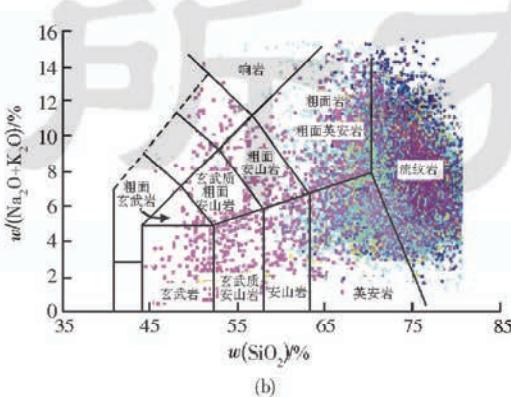
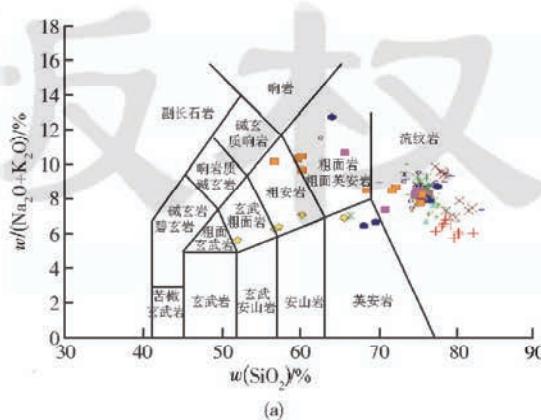


图 2 研究区火山岩 TAS 分类

**Fig. 2** TAS classification of volcanic rocks in Xushen Gas Field

## 2.2 图像模式结构识别法

由于火山喷发作用形成的环境和堆积条件的不同,形成了各岩性固有的结构和构造特征。这些结构和构造特征是测井识别火山碎屑与熔岩、火山岩与沉积岩的重要依据。电成像测井能够识别的火山岩结构包括熔岩结构、火山碎屑结构和熔结结构,能够确

定的成因构造有气孔构造、块状构造、层状构造、流动构造及节理等。实际操作过程中采用以地质取心资料为基础,结合区域地质资料,刻度成像测井资料,同时采用动、静态加强方法,突出地质特征,建立起各岩性结构、构造特征解释模式库(图3)。

同属酸性岩类的流纹岩与流纹质火山碎屑岩,矿

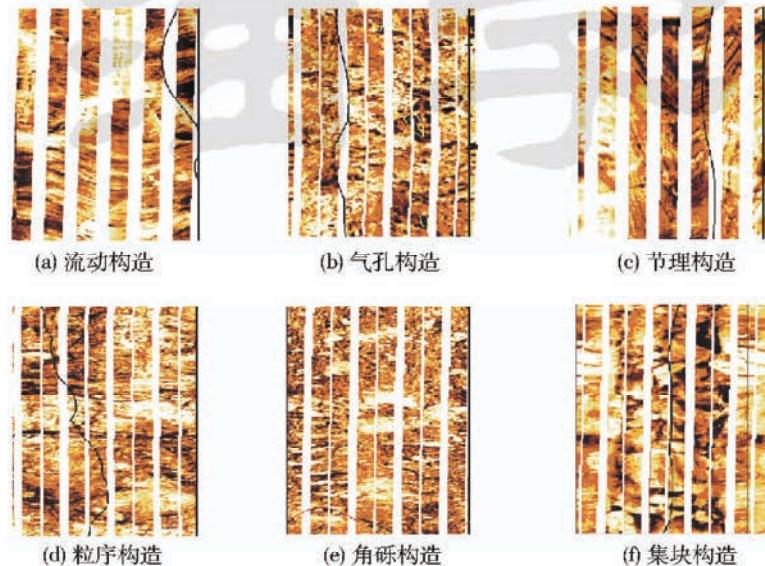


图3 成像图像识别岩性构造典型图版模式

Fig. 3 Imaging model of volcanic structure

物成分基本相同,但结构、构造不同。流纹岩属酸性熔岩,比较常见的构造有流动构造、气孔构造、块状构造以及板状节理构造等。流纹岩常见的结构是熔岩结构,在成像图上一般显示为高阻块状特征。火山碎屑岩类主要是火山爆发作用的产物,比较常见构造有粒序构造、层状、块状构造等。火山碎屑结构按碎屑粒径大小可分为火山集块结构、火山角砾结构、凝灰结构以及角砾凝灰结构等<sup>[8-10]</sup>。应用常规测井资料及ECS元素俘获谱测井虽然可以区分出矿物成分不同的岩性,但对于区分矿物成分相同而结构、构造不同的岩性仍需利用成像测井的直观和高分辨率特性来完成。

## 2.3 神经网络法识别岩性

神经网络法为综合利用各种测井信息进行岩性识别提供了手段(图4)。本次研究主要采用了无监督神经网络法,根据地质研究成果,确定出常见岩石类别。主要输入的测井信息有:FMI岩石结构指示信息、ECS测井岩性指示信息、CMR孔隙结构指示信息以及常规测井曲线岩性判断信息<sup>[11-12]</sup>。

在通过输入层输入测井信息以后,给定岩性分类数目,程序将根据分类数目利用模糊函数,自动设置相应种子点,通过类似聚类分析的方法,利用竞争占位机制,在迭代过程中不断调整种子点扩大它们的空

间距离,从而取得不同类别之间的差异特征,最终利

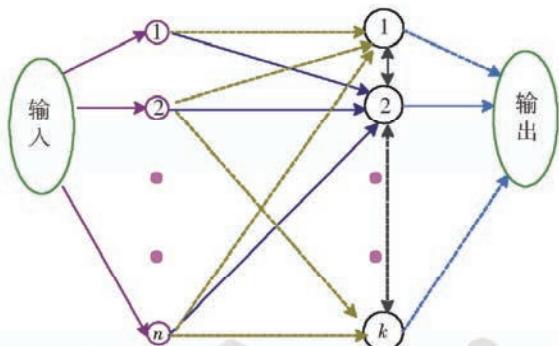


图4 神经网络法岩性识别原理

Fig. 4 A diagram of neural network method to recognize the lithology of rocks

用这种差异特征进行分类,并输出分类结果。根据区域地质研究的认识,定义每一类属于何种岩性<sup>[13-14]</sup>。

## 3 应用分析

综合应用上述方法对研究区火山岩储层进行岩性识别,统计表明,与岩心薄片定名对比符合率在85%以上。图5是研究区某口井火山岩岩性识别综合成果图实例。如图5所示,该井3 720~3 750 m井

段,应用常规和ECS测井资料解释该段岩性为流纹岩类,而成像测井资料显示发育有角砾凝灰结构,并显示粒序构造,具有火山碎屑岩特征。应用神经网络法综合各种测井信息分析定名为流纹质角砾凝灰岩,

与岩心薄片分析资料一致。综上所述,本次火山岩岩性识别研究得到的结果是可靠的,为下一步火山岩储层精细测井评价奠定了坚实的基础,为提交天然气探明储量提供了有效的技术支持。

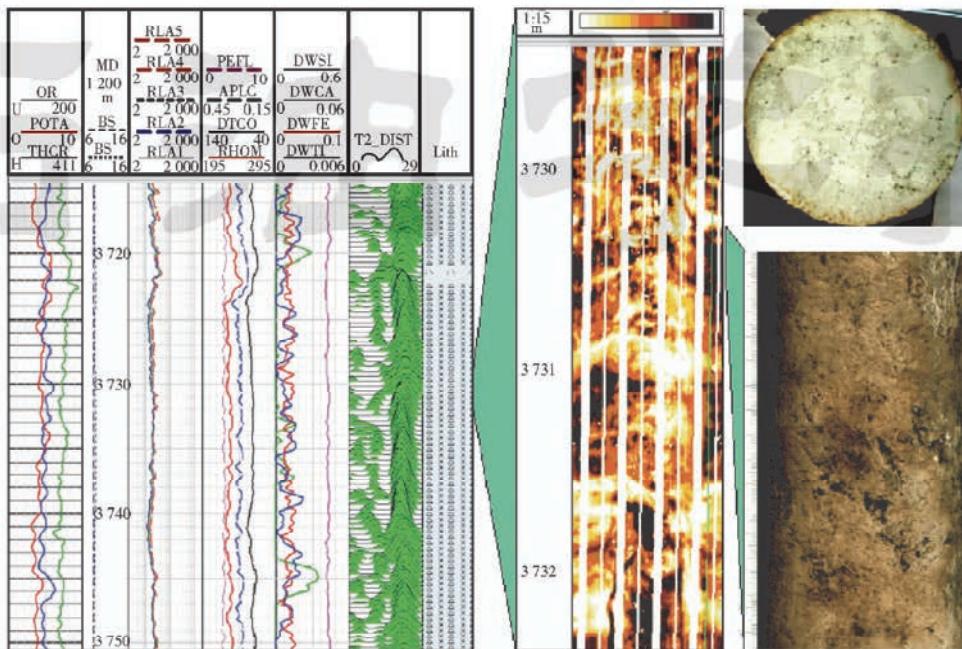


图5 火山岩岩性综合识别成果案例

Fig. 5 Comprehensive results of lithology identification for volcanic rocks

## 4 结 论

(1)徐深气田火山岩以熔岩和火山碎屑岩两大类为主,一般利用常规测井资料只能识别出矿物组分不同的岩石,要识别出矿物组分相同而结构、构造不同的岩石类型必须综合应用各种信息。

(2)应用TAS图矿物成分法识别岩性可以对岩石准确地进行化学定名,对于区分矿物成分相同而结构、构造不同的岩性可以充分利用成像测井的直观和高分辨率特性来完成。

(3)综合利用岩石结构指示信息、岩性指示信息、孔隙结构指示信息以及常规测井曲线岩性判断信息,采用无监督神经网络法可以对火山岩储层实现岩性识别,能够为储量提交通过提供可靠的结果。

## 参 考 文 献

- [1] 黄隆基,范宜仁.火山岩测井评价的地质和地球物理基础[J].测井技术,1997,21(5):341-344.
- [2] 郭军,陈守田,王维林,等.松辽盆地徐家圈子断陷火山岩岩石化学特征及其构造环境[J].长春科技大学学报,2000,30(3):243-245.
- [3] 黄布宙,潘保芝.松辽盆地北部深层火成岩测井响应特征及岩性划分[J].石油勘探,2001,40(3):42-47.
- [4] 刘为付.松辽盆地徐家圈子断陷深层火山岩储层特征及有利区预测[J].石油与天然气地质,2004,25(1):115-119.
- [5] 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,2004,23(3):21-23.
- [6] 宿大海,王升永.兴城气田深层天然气勘探钻遇火山岩特征[J].大庆石油地质与开发,2005,24(增刊):22-23.
- [7] 王成,邵红梅,洪淑新.徐深1井火山岩、砾岩储层特征研究[J].大庆石油地质与开发,2003,22(5):1-4.
- [8] 罗静兰,邵红梅,张成立.火山岩油气藏研究方法与勘探技术综述[J].石油学报,2003,24(1):31-38.
- [9] Blackwood D J, Peveraro R A.通过综合地层评价确定变质岩及火成岩地层的岩石特征[C]//测井分析家协会二十四届年会论文集.北京:石油工业出版社,1987:465-483.
- [10] 邓攀,陈孟晋,高哲荣,等.火山岩储层构造裂缝的测井识别及解释[J].石油学报,2002,23(6):32-36.
- [11] 朱友青,付有升,杨晓玲.核磁共振测井在深层天然气勘探中的应用[J].测井技术,1998,22(增刊):77-80.
- [12] Jackson Jasper A. Nuclear magnetic resonance well logging[J].The Log Analyst,1984,25(4):16-30.
- [13] Hawlander H M. Diagenesis and reservoir potential of volcanogenic sandstones—Cretaceous of the Surat Basin, Australia[J].Sedimentary Geology,1990,66(3/4):181-195.
- [14] Seemann U, Schere M. Volcaniclastics as potential hydrocarbon reservoirs[J]. Clay Minerals,1984,19(9):457-470.

(收稿日期 2006-07-25 改回日期 2006-10-30 编辑 张 怡)