

文章编号: 1674 - 5086(2010)04 - 0012 - 04

利用岩石力学参数法识别火山岩岩性*

刘之的

(西安科技大学地质与环境学院,陕西 西安 710054)

摘要: 火山岩岩性识别是岩相划分、储层综合评价与预测、井网部署、开发方案编制的基础。火山岩类型多,其岩性与岩石成分、结构、构造和成因有关,识别难度大。岩石力学参数中蕴藏着丰富的岩性表征信息,从多个方面提供了火山岩岩性识别的资料。以准噶尔盆地六九区石炭系火山岩为研究对象,在对工区内40块岩样进行岩石力学参数实验的基础上,优选出对火山岩岩性响应较为敏感的泊松比、杨氏模量、体积模量3个岩石力学参数,制作了岩性识别图版。同时,给出了利用测井资料计算泊松比、杨氏模量、体积模量的模型,进而实现了对研究区内火山岩岩性的逐点识别。识别结果表明,该法能够较准确地对火山岩岩性进行识别,识别率完全能够满足现场储层评价要求。

关键词: 岩石力学;火山岩;岩性;识别;测井

中图分类号: TE122.2⁺22 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3863/j.issn.1674-5086.2010.04.003

火山岩油气藏目前已成为世界油气田勘探开发的一个新领域。在美国、前苏联、古巴和墨西哥等很多国家都有这类油气藏被发现^[1-7]。我国大多数油田也相继发现有这类储层,例如在准噶尔盆地西北缘的石炭系中发现了一批火山岩油藏,而且探明的地质储量相当可观^[8-18]。目前对这类特殊的储层进行研究时,最常采用的岩性识别方法仍然是基于常规测井资料的交会法^[19-25]。岩石的力学性质与岩石成分等关系密切,因此不同类型的岩石应该具有不同的岩石力学参数值。为此,本文充分利用蕴藏着大量岩石表征信息的岩石力学参数,对研究工

区的岩性进行识别。

1 岩石力学室内实验

对新疆准噶尔盆地9口井(X1~X9)40块岩样(其中,安山-玄武岩15块,火山角砾岩8块,凝灰岩7块,砂砾岩10块)进行岩石力学参数测量实验。其中用于常温常压的样品为20块、用于高温高压地层条件下的样品为20块,所测参数为抗压强度(S_d)、抗张强度(S_t)、抗剪强度(S_c)、杨氏模量(E)、体积模量(K)、剪切模量(G)、泊松比(μ)。部分实验结果见表1。

表1 石炭系岩石三轴实验结果表
Table 1 Triaxial test results of Carboniferous system rock

井号	岩样号	岩性	泊松比/ 无因次	体积模量/ MPa	剪切模量/ MPa	杨氏模量/ MPa	抗压强度/ MPa	抗剪强度/ MPa	抗张强度/ MPa
X1	1	凝灰岩	0.147	15 625	17 580	40 252	201.88	201.88	16.82
	2		0.102	9 646	10 451	23 034	374.40	374.40	31.20
	3		0.115	12 622	13 075	29 157	233.00	233.00	19.42
X2	1	火山角砾岩	0.155	10 508	10 459	20 954	140.07	48.10	11.67
	2		0.148	8 747	8 922	17 769	151.13	53.17	12.60
...
X9	1	安山岩	0.139	10 964	10 334	23 576	189.60	64.73	15.80
	2		0.150	11 364	10 376	23 864	168.90	63.84	14.08
	3		0.141	10 785	10 098	23 074	185.53	62.58	15.46
	4		0.123	12 712	12 802	28 754	265.40	112.21	22.12

* 收稿日期: 2009 - 03 - 06
作者简介: 刘之的(1978 -),男(汉族),甘肃通渭人,副教授,博士后,主要从事测井地质研究。

笔者通过对实验结果进行分析发现^[1],泊松比、杨氏模量以及体积模量3个参数对研究区内火山岩岩性类型响应较为敏感,为此,本文重点研究利用泊松比、杨氏模量、体积模量识别火山岩岩性。

2 岩石力学参数计算方法

考虑到泊松比等岩石力学参数室内实验样品有限,在全工区全井段内识别岩性时带来困难,采用泊松比等室内实验参数刻度测井计算泊松比等岩石力学参数的方法,来最终识别岩性。

(1) 泊松比 μ

测井资料可很好地反映岩石力学特性,通常从纵、横波时差和密度测井曲线中可容易地提取模型中所包含的岩石力学参数。根据岩石弹性力学理论,利用纵横波测井资料由式(1)可以求得连续的动态泊松比值 μ

$$\mu = \frac{0.5\Delta t_s^2 - \Delta t^2}{\Delta t_s^2 - \Delta t^2} \quad (1)$$

式中, μ —岩石的动态泊松比,无因次;

Δt 、 Δt_s —地层的纵、横波时差, $\mu s/ft$ 。

(2) 杨氏模量 E

$$E = \frac{\rho_b}{\Delta t_s^2} \frac{3\Delta t_s^2 - 4\Delta t^2}{\Delta t_s^2 - \Delta t^2} \quad (2)$$

式中, E —杨氏模量, MPa;

ρ_b —体积密度, g/cm^3 。

式(2)说明岩石的杨氏模量 E 与密度成正比,它是 ρ_b 、 Δt_s 、 Δt 的函数。不同的岩石其密度不同,纵、横波传播速度不同,于是不同的岩石具有不同的杨氏模量,因此它能区分岩石的矿物成分。

(3) 体积模量

$$K = \rho_b \left(\frac{1}{\Delta t^2} - \frac{4}{3\Delta t_s^2} \right) \times \beta \quad (3)$$

式中, K —体积模量, MPa;

β —弹性系数,无因次。

如果 ρ_b 以 g/cm^3 为单位, Δt 以 $\mu s/ft$ 为单位,则 K 需要乘以一个换算因子 $\beta = 9.290304 \times 10^7$ 的弹性系数。

式(3)说明岩石的体积模量与密度成正比,与 $3\Delta t_s^2$ 、 Δt^2 成反比。在致密岩层中,声波传播速度快, K 值变大;在含流体地层中, K 值减小。由于不同的岩性具有不同的密度和声波传播速度,因此 K 值对判别岩性具有重要意义。

3 岩性识别图版的建立及识别结果检验

3.1 岩性识别图版的建立

利用本实验测得的岩石力学数据,制作了岩性识别图版。图1、图2是泊松比分别与杨氏模量、体积模量交会图,从该组图可以看出,该图版能够很好地识别出火山角砾岩、凝灰岩和安山岩,其界限非常明显。

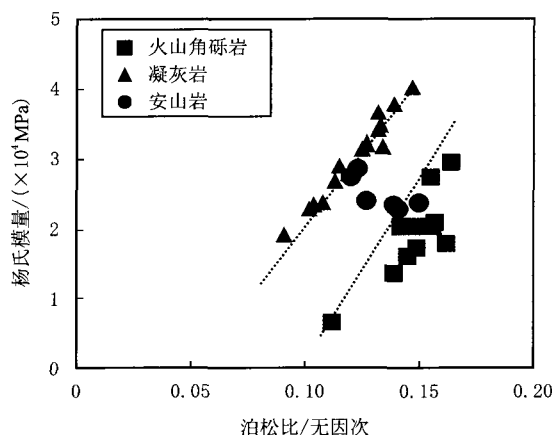


图1 泊松比—杨氏模量交会图

Fig. 1 Cross plot of Poisson's ratio and Young's modulus

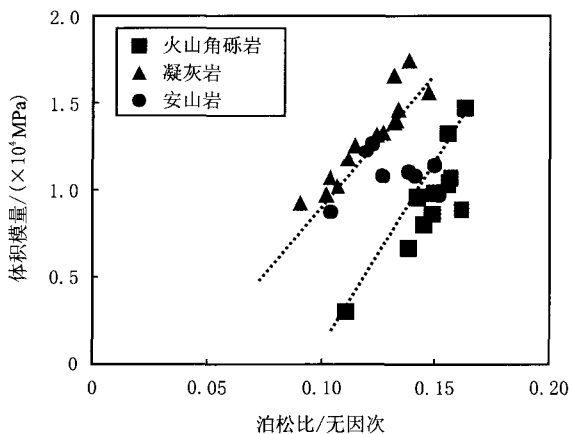


图2 泊松比—体积模量交会图

Fig. 2 Cross plot of Poisson's ratio and bulk modulus

3.2 岩性识别结果检验

利用参考文献[2]中所述岩石动静态转化关系式,对测井计算的岩石参数进行标定,再利用本文所建立的岩性识别图版对研究工区内的岩性进行逐点识别。X9井岩性识别成果如图3,可以看出,734~762 m目的层段,该法解释为安山—玄武岩熔岩类,

该井段岩芯描述为灰色或灰绿色安山岩,从所对应的成像图(图 4)可知,该段成像测井表现为块状熔岩结构的图像特征。利用该法对工区内 20 多口井

进行了处理,并与岩芯薄片、岩芯描述以及成像测井进行了对比,发现该法能够较准确地识别其火山岩岩性,识别结果与实际岩性较为符合。

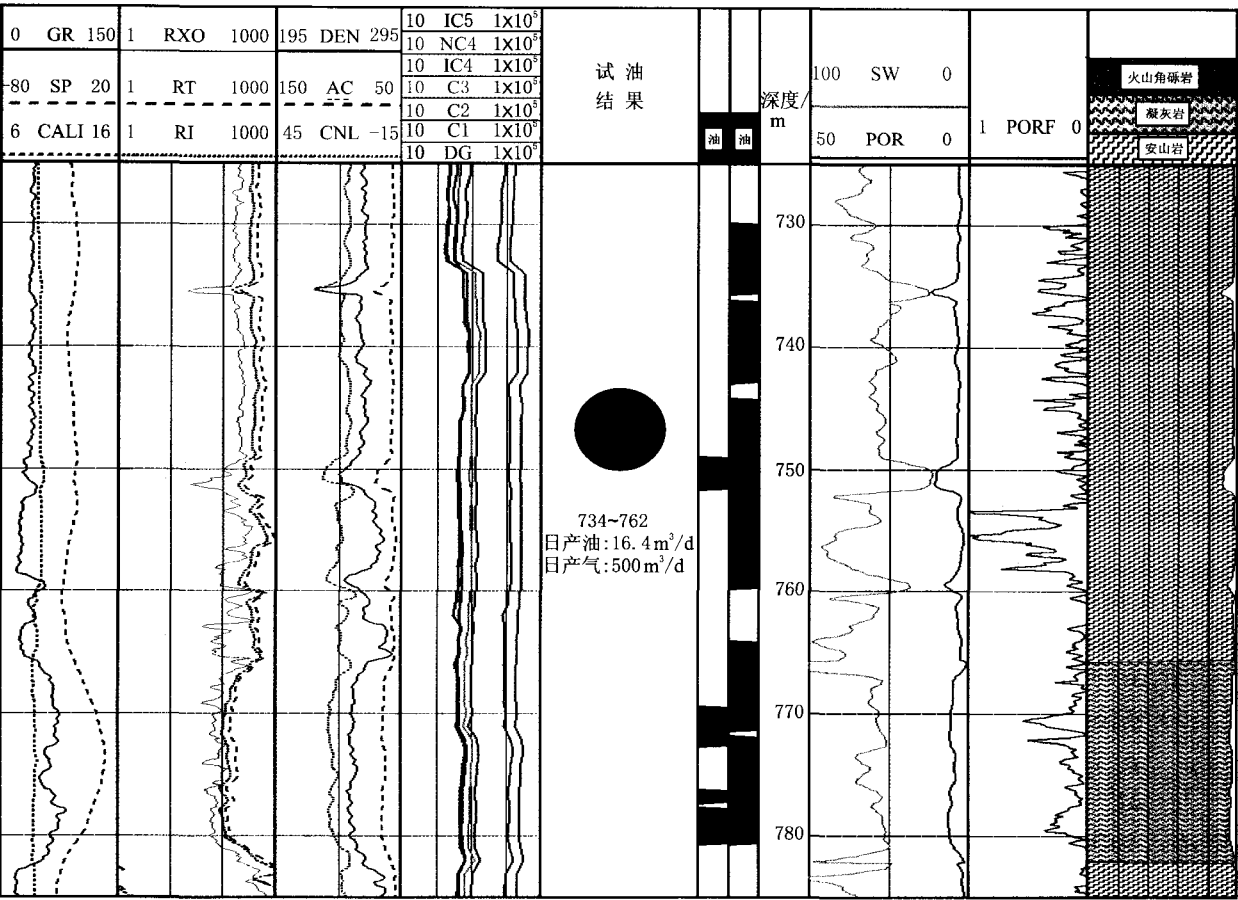


图 3 X9 井岩性识别成果图
Fig. 3 Lithology identification results of well X9

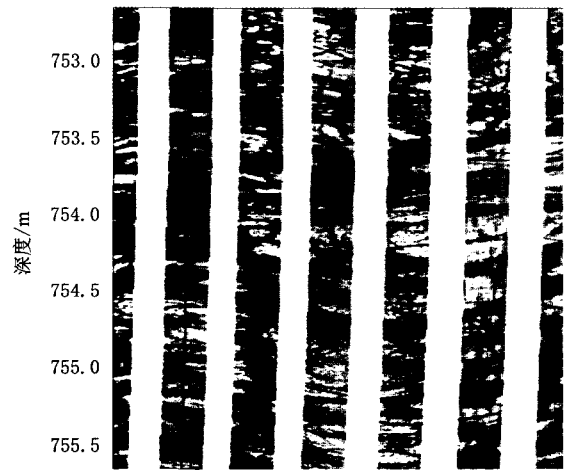


图 4 X9 井成像测井图
Fig. 4 Figure of image logging in well X9

4 结 语

- (1) 本文结合火山岩储层的特殊性,对研究区内不同岩性的岩芯开展了岩石力学参数实验,构建了基于岩石力学参数的火山岩岩性识别图版,讨论了岩石力学参数的测井计算方法。
- (2) 根据取芯岩样的岩石力学室内实验参数标定了测井资料解释的岩石力学参数,使得室内测试的岩石力学数据与测井信息有机结合,实现了在岩芯刻度测井的基础上来识别火山岩岩性。
- (3) 该法在解决火山岩岩性识别问题中取得了较好的效果,岩性解释符合率较高,说明该方法是可行和可靠的,为复杂岩性地层的测井解释开辟了新思路。

注:本文属原新疆石油管理局“六九区火山岩储层测井评价方法研究”部分研究内容。

参考文献:

- [1] 刘之的. 六九区火山岩储层测井评价方法研究: 博士后出站报告[R]. 四川 成都: 西南石油大学, 2008.
- [2] 霍进, 陈珂, 黄伟强, 等. 古 16 井区火山岩储层测井评价[J]. 西南石油学院学报, 2003, 25(6): 5-8.
- [3] 戴诗华, 罗兴平, 王军, 等. 火山岩储集层测井响应与解释方法[J]. 新疆石油地质, 1998, 19(6): 466-467.
- [4] 范宜仁, 黄隆基, 代诗华. 交会图技术在火山岩岩性与裂缝识别中的应用[J]. 测井技术, 1999, 23(1): 53-56.
- [5] 雍世和, 张超谟. 测井数据处理与综合解释[M]. 北京: 石油大学出版社, 1996.
- [6] 王树寅, 李晓光, 石强, 等. 复杂储层测井评价原理和方法[M]. 北京: 石油工业出版社, 2006.
- [7] 匡立春. 克拉玛依油田 5-8 区二叠系佳木河组火成岩岩性识别[J]. 石油与天然气地质, 1990, 11(2): 193-201.
- [8] 张国杰. 阿尔善地区火山岩解释方法探讨——测井资料的地质应用[M]. 北京: 石油工业出版社, 1991.
- [9] 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.
- [10] 王德滋, 周新民. 火山岩岩石学[M]. 北京: 科学出版社, 1982.
- [11] 潘保芝, 薛林福, 李舟波, 等. 裂缝性火成岩储层测井评价方法与应用[M]. 北京: 石油工业出版社, 2003.
- [12] 陈岩. 克拉玛依油田石炭系火山岩油藏剖析[J]. 新疆石油地质, 1988, 9(1): 17-31.
- [13] 何琰, 伍友佳, 吴念胜. 火山岩油气藏研究[J]. 大庆石油地质与开发, 1998, 18(4): 6-14.
- [14] 陈建文. 一门新兴的边缘科学——火山岩储层地质学[J]. 海洋地质动态, 2002, 18(4): 19-22.
- [15] 刘海君. 火成岩岩性分析与含气性的关系[D]. 黑龙江 大庆: 大庆石油学院勘探系, 2003.
- [16] 宁鹏鹏. 准噶尔盆地石西油田石炭系火山岩相与储层特性研究[D]. 四川 南充: 西南石油学院资环系, 2003.
- [17] 岑芳. 石西油田石炭系火山岩油藏有利储层特征研究[D]. 四川 南充: 西南石油学院资环系, 2004.
- [18] 周林. 九区石炭系火山岩油藏地质特征综合研究[D]. 四川 南充: 西南石油学院开发系, 2005.
- [19] 油气田开发专业标准化委员会. SY/T 5830—1993 火山岩储集层描述方法[S]. 北京: 中国石油天然气总公司, 1993.
- [20] 邱家骧, 陶奎元, 赵俊磊, 等. 火山岩[M]. 北京: 地质出版社, 1996.
- [21] 乐昌硕. 岩石学[M]. 北京: 地质出版社, 1984.
- [22] 沈明道, 狄明信. 矿物岩石学及沉积相简明教程[M]. 山东 东营: 石油大学出版社, 1996.
- [23] 管守锐, 赵微林. 岩浆岩及变质岩简明教程[M]. 山东 东营: 石油大学出版社, 1991.
- [24] 裘亦楠, 薛淑浩. 油气储层评价技术[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997.
- [25] 曹嘉酋, 刘士安, 高敏, 等. 测井资料综合解释[M]. 北京: 石油工业出版社, 2002.

(编辑: 王莎)