

徐深气田火山岩气藏储量参数计算^{*}印长海^{1,2} 朱彬² 李红娟²

1.中国地质大学(北京) 2.中国石油大庆油田有限责任公司勘探开发研究院

印长海等.徐深气田火山岩气藏储量参数计算.天然气工业,2009,29(8):86-88.

摘 要 由于火山岩储层岩性多样、非均质性强、油气藏类型复杂,导致了储量评价难度大,故储量参数的准确计算至关重要。针对火山岩骨架参数不确定的特殊性,综合岩心、薄片、元素分析和测井等资料,采取了组分与结构识别相结合、常规测井和特殊测井相结合的岩性识别思路,应用多种方法开展了火山岩的岩性测井识别研究,在岩性识别的基础上应用岩心分析、测井资料和试气成果建立了松辽盆地徐深气田储量参数计算模型,最后再用综合分析的方法进行取值,降低了储量计算的风险。使用该方法,火山岩岩性识别符合率在 85% 以上,储量参数精度超过 80%,能够满足储量规范要求,对火山岩油气藏储量评价具有指导意义。

关键词 松辽盆地 徐深气田 火山岩 气藏 储量 参数 计算

DOI:10.3787/j.issn.1000-0976.2009.08.027

1 气藏特征与含气面积圈定

松辽盆地徐家围子断陷经历了多次的拉张—挤压构造运动,形成了徐家围子断陷深层 4 套烃源岩和 4 套储层间互,构成了有利的生储盖组合条件^[1-5]。研究表明,徐深气田天然气成藏以垂向运移为主,下白垩统沙河子组、上下白垩统火石岭组的烃源岩为上部下白垩统营城组气藏的形成提供了丰富气源。大断裂既是岩浆喷发的通道也是天然气运移的通道,对火山岩气藏的形成具有重要意义。由于火山岩储层属于致密、低渗—特低渗储层,横向非均质性强,气藏分布具有其特殊性。

1.1 储层物性好、连片发育的岩性—构造气藏

含气面积内的探井均具有上气下水的特点,位于构造低部位的探井以水层为主,各井气水界面接近一致,说明构造对含气性起主要控制作用。由于火山岩储层平面相变快,物性差异较大,各井气水界面不完全一致。如徐深气田北部升深 2-1 区块,气藏总体上以构造控制为主,岩性也起一定的控制作用,为岩性复杂化的构造气藏。

这类气藏的含气面积,应按照气水界面在气藏顶面构造图上圈定,没有构造圈闭的方向,则结合有效厚度预测结果外推一个开发井的井距来圈定。

1.2 储层非均质性强的岩性气藏

研究表明,该类气藏没有统一的气水界面,构造高部位气柱高度大,气水界面高;低部位气柱高度小,气水界面也低。预测结果显示火山岩地层连续分布,储层错叠分布,含气范围覆盖全区,气藏分布主要受源岩分布范围和生烃强度以及火山岩岩相、岩性控制,源控和相控成藏机理明显(如徐深 21 区块火山岩气藏)。

这类气藏的研究,应有高精度的地震储层预测作为支撑,在火山岩机构和岩相分布预测的指导下,对储层和有效厚度分布预测具有较高可信度^[6-9]。含气面积按照有效厚度分布在气藏顶面构造图上圈定,圈定的原则是要满足两个条件:①根据试气资料建立的有效厚度下限;②开发井井距,取最小值为边界,在有效厚度较大、分布稳定的前提下可适当放宽至一个评价井井距,当然在有低产井控制的情况下,一般取井间距之半为边界。

2 岩性识别与参数计算

2.1 火山岩岩性识别

火山岩岩性复杂、储层致密、孔隙类型多样、非均质性强,上述原因使得储量参数的计算和确定变得非常困难^[10-11]。针对火山岩储层的特殊性,通过

^{*} 本文受到国家重点基础研究发展计划(973 计划)(编号:2009CB219307)的资助。

作者简介:印长海,1963 年生,高级工程师,博士研究生;主要从事天然气勘探部署和综合研究。地址:(163712)黑龙江省大庆市让胡路区科苑路 18 号。电话:(0459)5508158,13069693309。E-mail:yinchangha@petrochina.com.cn

近几年的技术攻关,综合岩心、薄片、元素分析及常规测井等资料,充分发挥电成像测井资料在岩性识别上的优势,制定了组分与结构识别相结合、常规测井和特殊测井相结合的岩性识别思路,从取心资料入手,应用 TAS 图分类法、主成分分析法、交会图等多种方法开展了火山岩的岩性测井识别研究,使火山岩岩性识别符合率在 85% 以上,为储量参数模型的建立奠定了基础。

2.2 火山岩储层孔隙度模型

由于火山岩的特殊性,即使相同的岩性,其骨架参数也有可能是不同的。岩石的骨架核物理参数由两个因素决定:一是岩石的骨架密度,二是岩石的化学成分。通过实验室岩心分析得到了岩石骨架密度和化学成分两个数据,进而计算岩石的各种核物理参数,应用回归分析建立了岩石骨架参数与岩石元素含量的关系式。通过 ECS 测井就可以计算每一个深度点的岩石的骨架密度、骨架中子、骨架俘获截面、骨架光电吸收截面等参数。综合密度和中子测井资料,就可以逐点精确计算地层密度孔隙度和中子孔隙度,两种孔隙度资料的结合可以精确计算地层的真实孔隙度,当然,在岩性识别的基础上也可以建立简单回归方程,精度也能够满足储量规范要求。

如流纹岩储层,通过对火山岩储层 20 口取心井资料的分析研究,考虑到测井曲线的分辨率以及岩样是否有代表性等因素,选用取样密度大于等于 3 块/m、相邻样品间隔小于等于 0.4 m 的 55 个层共 204 块岩心分析样品做统计回归,建立测井有效解释孔隙度模型,其结果如下:

$$\varphi = -42.843\rho + 118.318$$

$$R = 0.9355 \quad (1)$$

式中: φ 为目的层有效孔隙度,%; ρ 为目的层测井密度值, g/cm^3 。

经单层测井计算孔隙度与岩心分析有效孔隙度对比,计算有效孔隙度平衡误差为 0.01%,平均绝对误差为 1.07%,采用上述关系式作为流纹岩储层测井计算有效孔隙度公式是合适的。

2.3 火山岩储层含气饱和度计算方法

在实验资料的基础上,应用沃尔法、气柱高度法等方法确定含气饱和度,并以岩电实验和 Archie 公式为基础,建立了火山岩含气饱和度测井解释模型,进一步丰富了含气饱和度的研究方法。

2.3.1 密闭取心法

利用火山岩储层密闭取心井取得的密闭样品 39 块,薄片分析岩性为流纹质晶屑凝灰岩,全部采用

“干馏法”进行饱和度实验分析。该层段有效孔隙度最大为 8.80%,最小为 0.70%,平均为 5.44%;空气渗透率最大为 $0.06 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,最小为 $0.001 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均为 $0.01 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。利用密闭取心资料编制有效孔隙度与原始含水饱和度关系图版,其关系式如下:

$$S_w = -25.146 \ln \varphi + 80.759$$

$$R = 0.99 \quad (2)$$

$$S_g = 100 - S_w \quad (3)$$

式中: S_w 为含水饱和度,%; S_g 为含气饱和度,%; φ 为有效孔隙度,%。

2.3.2 压汞法

应用研究区 9 口井 32 块流纹岩类压汞样品资料,岩性包括流纹质熔结凝灰岩、球粒流纹岩、流纹岩、流纹质火山角砾岩、流纹质凝灰岩等。岩心分析有效孔隙度最大 24.0%,最小 4.0%,主要分布在 4%~16%,与储量区储层孔隙度分布区间一致;岩心分析空气渗透率最大 $12.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,最小 $0.02 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,主要分布在 $(0.02 \sim 0.8) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。根据压汞资料,当火山岩储层气藏累计渗透能力达到 99.9% 时,对应的孔喉半径下限值为 $0.109 \mu\text{m}$,孔隙度在 5.6%、7.1%~8.4%、9.1% 3 个区间所对应的汞饱和度分别为 65%、68% 和 70%,即为该气藏的平均原始含气饱和度。

由于岩心压汞资料反映了储层的孔隙结构,而酸性火山岩压汞曲线特征基本一致也表明其孔隙结构相似,因此,采用岩心分析孔隙度与最小喉道法得到的气藏的原始含气饱和度进行内插,可以得到相同孔隙结构条件下不同孔隙度所对应的气藏原始含气饱和度,其关系式如下:

$$S_g = 11.72 \ln \varphi + 45.591$$

$$n = 8, R = 0.9978 \quad (4)$$

式中: S_g 为气藏的原始含气饱和度,%。

2.3.3 岩电实验法

利用徐深气田的 4 口井共 8 块全直径酸性火山岩岩样进行了岩电实验,其中有效孔隙度最大为 15.20%,最小为 1.30%,平均为 6.70%;空气渗透率最大为 $3.46 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,最小为 $0.03 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均为 $0.55 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。根据阿尔奇公式,在双对数坐标中回归可得到:

$$F = 5.415 / \varphi^{1.2421} \quad (5)$$

对 8 块岩样的电阻增大率和含水饱和度测量结果进行优选,同时考虑有效孔隙度变化范围的代表性,从 8 块岩心中优选 4 块作为最终确定实验关系

的原始数据。根据饱和度解释方程计算了酸性火山岩气层的含气饱和度,计算结果与实际井试气情况匹配较好。

利用研究区内已探明储量的含气饱和度取值,在气藏特征和储层岩性、物性相似的情况下,也可以做类比分析,供取值时参考。各种方法都具有一定的局限性,因此,其计算值之间具有一定的差别。建议采取多种方法计算,结合物性和产能情况综合取值,以减少储量计算的风险。

3 结束语

综上所述,火山岩储层储量参数研究的主要矛盾在于其具有储层非均质性强、岩性多样、骨架参数多变的特点,因此,储层预测是基础,岩性识别是关键,多种方法综合对比分析是确定储量参数的有效途径。

参 考 文 献

[1] 张文婧,任延广,陈均亮,等.松辽盆地徐家围子断陷挤压变形特征[J].大庆石油地质与开发,2008,27(4):21-25.
[2] 王贵文,惠山,付广.徐家围子断陷天然气分布规律及其主控因素[J].大庆石油地质与开发,2008,27(1):6-9.

[3] 付广,石巍.徐家围子地区深层天然气成藏机制及有利勘探区预测[J].大庆石油地质与开发,2006,25(3):23-26.
[4] 闫林,周雪峰,高涛,等.徐深气田兴城开发区火山岩储层发育控制因素分析[J].大庆石油地质与开发,2007,26(2):9-14.
[5] 邵英梅,冯子辉.徐家围子断陷营城组火山岩岩石学及地球化学特征[J].大庆石油地质与开发,2007,26(4):27-30.
[6] 邵红梅,毛庆云,姜洪启,等.徐家围子断陷营城组火山岩气藏储层特征[J].天然气工业,2006,26(6):29-32.
[7] 张莹,潘保芝,印长海,等.成像测井图像在火山岩岩性识别中的应用[J].石油物探,2007,46(3):288-293.
[8] 靳军,刘洛夫,余兴云,等.陆东—五彩湾地区石炭系火山岩气藏勘探进展[J].天然气工业,2008,28(5):21-23.
[9] 秦启荣,苏培东,吴明军,等.准噶尔盆地西北缘九区火山岩储层裂缝预测[J].天然气工业,2008,28(5):24-27.
[10] 舒萍,纪学雁,丁日新,等.徐深气田火山岩储层的裂缝特征研究[J].大庆石油地质与开发,2008,27(1):13-17.
[11] 赵杰,雷茂盛,杨兴旺,等.火山岩地层测井评价新技术[J].大庆石油地质与开发,2007,26(6):134-137.

(修改回稿日期 2009-06-08 编辑 韩晓渝)