

# 页岩气储层测井响应特征及识别方法研究

肖昆,邹长春,黄兆辉,聂昕,项彪

中国地质大学(北京)地下信息探测技术与仪器教育部重点实验室,北京 100083

**摘要** 页岩气是储存在页岩中以游离态和吸附态存在的天然气,正逐渐成为油气勘探的热点。地球物理测井技术具有纵向分辨率高、灵敏和信息量大等优势,在评价页岩气储层方面不可或缺。本文综述了页岩气储层的地质特征、测井响应特征,总结了国内外用测井技术识别页岩和含气页岩层的方法。指出测井组合法和交汇图法能够较好地识别页岩层;气测法、常规测井组合法、 $\Delta\log R$ 法和介电常数法等识别含气页岩层能取得较好效果。

**关键词** 页岩气;测井技术;测井响应;识别方法

中图分类号 P618

文献标识码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2012.18.011

## Summary on Logging Response Characteristics and Identification Methods for Shale Gas Reservoir

XIAO Kun, ZOU Changchun, HUANG Zhaohui, NIE Xin, XIANG Biao

Key Laboratory of Geo-detection, Ministry of Education, China University of Geosciences(Beijing), Beijing 100083, China

**Abstract** Shale gas is stored in the shale, and exists in the form of adsorbed and free state. Shale gas is becoming the hot spot of the oil and gas explorations. Geophysical logging technology has high vertical resolution and sensitivity, and is able to provide continuous petrophysical information along the borehole; therefore it is an indispensable means for the reservoir evaluation of shale gas. The geological characteristics and logging response characteristics of shale gas reservoirs are summarized, and identification methods of shale layers and shale reservoirs containing gas by well logging technology at home and abroad are discussed. In recognition of shale layers, the well logging method and cross plot method are introduced. In recognition of shale reservoirs, gas surveying method, conventional well logging combination method,  $\Delta\log R$  method, and dielectric constant method are presented. According to the research, it is pointed out that combination well logging method and cross plot method could identify shale layers well, and gas surveying method, conventional well logging combination method,  $\Delta\log R$  method, and dielectric constant method are able to obtain the good performance for identifying containing gas shale reservoirs. Shale gas reservoir logging evaluation research could provide the technical support for Chinese shale gas exploration and development. China should strengthen the research on shale gas reservoir logging evaluation technique and establish the suitable logging evaluation technology for China's deep shale reservoirs, which could reduce the risk of the shale gas exploration and development.

**Keywords** shale gas; well logging technology; logging response; identification method

### 0 引言

从世界范围看,页岩气资源前景巨大,主要分布在北美、中亚和中国、拉美、中东和北非、前苏联。美国是目前探明页岩气资源最多的国家,现已探明有近30个页岩气盆地,其中7个高产盆地的页岩气资源量为 $80.84 \times 10^{12} \text{m}^3$ ,可采储量为 $18.38 \times 10^{12} \text{m}^3$ 。中国页岩气资源比较丰富,经初步估算,主要

盆地和地区的页岩气资源量约为 $15 \times 10^{12} \sim 30 \times 10^{12} \text{m}^3$ ,中值 $23.5 \times 10^{12} \text{m}^3$ 。北美是目前全球唯一实现页岩气商业化开采的地区,油气资源的紧缺促使中国加快了页岩气的勘探进程。

地球物理测井是页岩气勘探开发的重要技术手段,利用测井资料发现和评价页岩气层是一种高效、经济的方法,与昂贵的钻井成本和低效且不低廉的取心试验相比,测井可以

收稿日期:2012-01-28;修回日期:2012-05-20

基金项目:中央高校基本科研业务项目(2011PY0189);教育部科学技术研究重点项目(109035)

作者简介:肖昆,博士研究生,研究方向为地球物理测井资料处理与解释,电子信箱:xiaokun0626@163.com;邹长春(通信作者),教授,研究方向为地球物理测井及岩石物理,电子信箱:zoucc@cugb.edu.cn

快速而准确地从钻孔中直接获取地层的多种物理性质,并通过一定的解释理论和技术,高效地对地层做出精细评价。在勘探阶段,测井可以用来识别地层的岩性和矿物成分<sup>[3-4]</sup>,计算储集层物性<sup>[5-7]</sup>、总有机质含量(TOC)<sup>[8-12]</sup>及成熟度(MI)<sup>[13]</sup>,评价储层天然气地质储量(GIP)<sup>[14-15]</sup>。而页岩气储层识别对页岩气储层参数计算具有控制作用,同时页岩气储层识别也是页岩气研究的基础。中国大多数油田相继发现了这类储层,例如在胜利、大港、辽河等地的泥页岩层中发现了油气富集区<sup>[16]</sup>。目前,在四川盆地志留统龙马溪组页岩地层的油气勘探也取得了较好的效果<sup>[17]</sup>。这些成果都展示了页岩气良好的勘探前景。在对这类特殊的储层进行研究时,首先要进行页岩气储层识别,之后才能准确地求出储层参数。

页岩气储层具有低孔隙度、特低渗透率及自生自储的特点,这使得测井解释评价属于低孔隙度低渗透率储层的解释评价范畴;页岩气常以吸附状态赋存于页岩中,游离气少,使得储层含气的测井响应特征面临新探索<sup>[18]</sup>。页岩气藏与常规气藏相比,具有弱敏感地球物理参数特征,要求利用地球物理测井技术识别出页岩气藏,这大大增加了识别难度和精度要求<sup>[19]</sup>。本文尝试对国内外利用测井技术评价页岩气的现状进行调研,总结页岩气储层测井响应的一般特性,介绍部分页岩气储层测井评价的方法,从而更好地进行页岩气储层测井评价。

## 1 页岩气储层地质特征及测井响应特征

泥页岩是从黏土到板岩的一大类海相或湖相沉积岩的总称,由黏土矿物和非黏土矿物组成<sup>[20]</sup>。页岩岩性多为沥青质或富含有机质的暗黑色泥页岩和高碳泥页岩,其间或有夹层状发育的粉砂质泥岩、泥质粉砂岩、粉砂岩等。页岩气是储存在泥岩、页岩或者粉砂质较重的细粒沉积岩中的天然气,主要是赋存于泥页岩地层中的吸附气和游离气<sup>[21-22]</sup>,其中吸附气含量占到 20%—85%<sup>[23]</sup>。页岩气在天然裂缝及有效的大孔隙中以游离状态存在;在有机质或矿物固体颗粒表面以吸附状态存在<sup>[24]</sup>。页岩气具有自生自储或短距离运移的特点,而气源岩的发育位置直接指示了该类气藏的空间发育<sup>[25]</sup>。

由于页岩具有以上地质特征,因此可以采用测井方法进行识别。实测中页岩层在测井曲线上有明显的特征:自然伽马曲线在页岩层显示高值;井径曲线在泥页岩层一般为扩径;双侧向曲线在页岩层显示为中、低值,页岩发育段双侧向一般为负差异;三孔隙度曲线在页岩层显示为高值;光电截面指数在页岩层显示为低值<sup>[26]</sup>。

当页岩层含气时,与常规气一样是不导电介质,具有密度值很小、含氢指数低、传播速度慢等物理特性,同时,页岩气中有机质和放射性元素铀含量比较高,干酪根的密度较低,通常介于 0.95—1.05g/cm<sup>3</sup> 之间。因此,利用测井曲线形态和数值相对大小可以快速而直观地识别含气页岩层。对含气页岩层有效的测井曲线及对应关系见表 1<sup>[26-27]</sup>。

表 1 含气页岩层测井曲线响应特征

Table 1 Response characteristics of logging curves for shale reservoirs containing gas

测井曲线	曲线特征	影响因素
自然伽马	高值,局部低值	有机质中可能含有高放射物质,其值大于 100API,有些超过 400API
井径	扩径	有机质的存在使井眼扩径更加严重
声波时差	较高,有周波跳跃	有机质丰度高,声波时差大;含气量增大,声波值变大
中子孔隙度	高值	含气量增加使测量值变低
地层密度	中低值	含气量增加使密度值变低
岩性密度	低值	含气量增加使测量值变小
深浅电阻率	高值	有机质干酪根电阻率极大,测量值为高值

通过以上对页岩层和含气页岩层测井响应特征的分析可知,常规测井系列对页岩层和页岩气层均有较好的响应特征,而含气页岩层相比普通页岩层在电阻率曲线中表现为高值,而在其他曲线中幅值都要更大(更小),这样可以较好地识别出含气页岩层。在页岩气储层识别的实际工作中,需要先划分出页岩层,而后再从页岩层中识别出含气页岩层,进而可以进行储层定性、定量评价。为了更好地利用测井技术评价页岩气储层,下文总结了一些国内外识别页岩层和含气页岩层的测井技术方法。

## 2 测井技术识别页岩层方法

在页岩气储层测井评价过程中,岩性识别是首先需要解决的问题。通过相关测井技术手段和方法能够对页岩层进行识别,本节介绍了用测井组合法和交汇图法来识别页岩层,取得较好效果。

### 2.1 测井组合法

常规测井组合可以用来划分页岩岩性,常用的测井曲线有自然伽马、密度、声波、中子和电阻率测井等。有研究利用自然伽马和声波时差测井识别了宾夕法尼亚帕拉多(Paradox)地层的岩性(图 1)<sup>[28]</sup>。从图中可以看出,富含有机质的页岩层(柱状石 Chimney、哥特式 Gothic、荷文威破 Hovenweep 地层)的自然伽马值和声波时差值表现为高值,这样可以很好地识别出地层的岩性<sup>[28]</sup>。

### 2.2 交汇图法

利用声波时差(DT)和电阻率值(取对数)来确定页岩分界线,能够区分岩性,确定富含有机质的页岩区。Bowman<sup>[29]</sup>研究了密西西比沃斯堡(Fort Worth)盆地巴尼特(Barnett)组的页岩层(图 2)。从图中可以看出,由 DT 和 logR 交汇可以得到页岩分界线, $DTR=105-25\log R$ ,从而可以划分地层岩性。

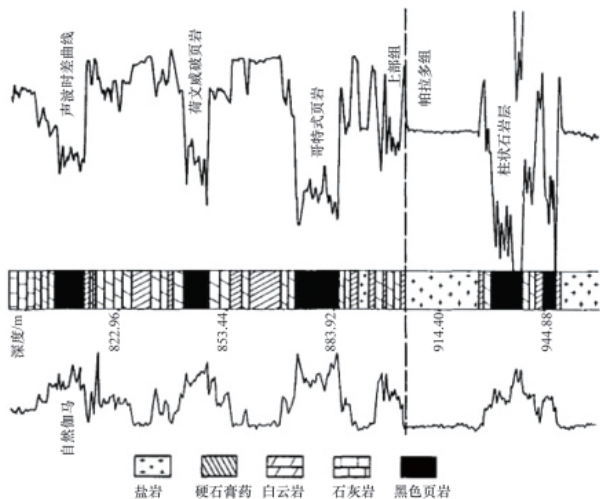


图1 常规测井识别的帕拉多地层岩性

Fig. 1 Lithology of the Paradox stratum identified by general logging

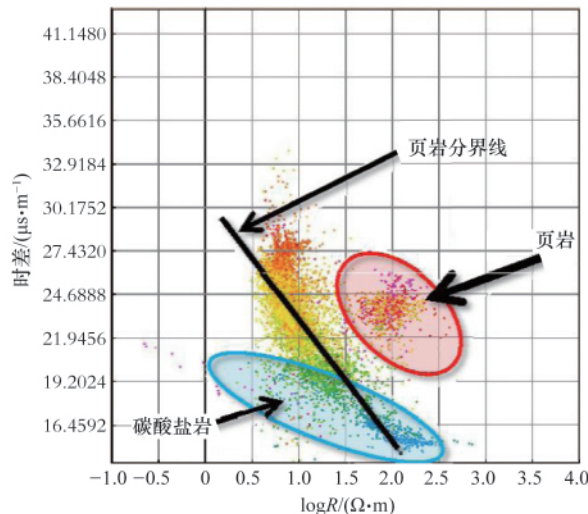


图2 时差和 logR 交汇识别岩性

Fig. 2 Lithology identified by DT and logR cross plot

### 3 测井技术识别页岩气储层方法

为了更好地利用测井技术识别页岩气储层,以下总结了不同测井识别方法,包括气测法、常规测井组合法、 $\Delta\log R$ 法、介电常数法和组合参数法。这些方法在识别页岩气储层方面能取得较好效果。

#### 3.1 气测识别法

利用气测方法识别了四川盆地龙马溪组等主要地层的页岩气储集层,找到了页岩气发育的直接证据(图3)<sup>[30]</sup>。从图3可以看出,暗色页岩段气测异常,气显活跃,井喷、井涌时有发生,表明页岩气存在且分布面积较大。

利用气测方法识别了济阳拗陷沙四上亚段和沙四下亚段的页岩气储层(图4)<sup>[19]</sup>。从图4可以看出,丰深1井、河160井、义170井、临98井和车571井在页岩发育段显示为气测

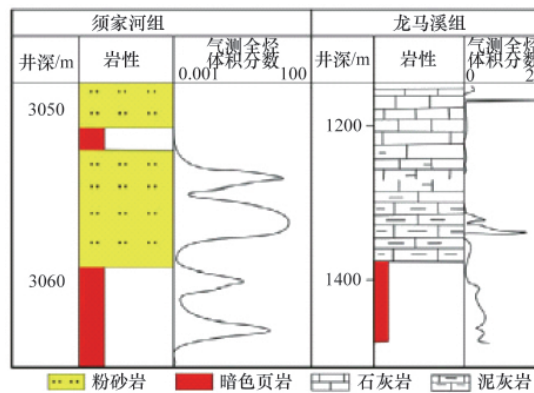


图3 须家河组和龙马溪组页岩气存在证据

Fig. 3 Evidence for the presence of shale gas in the Xujiahe and Longmaxi Formations

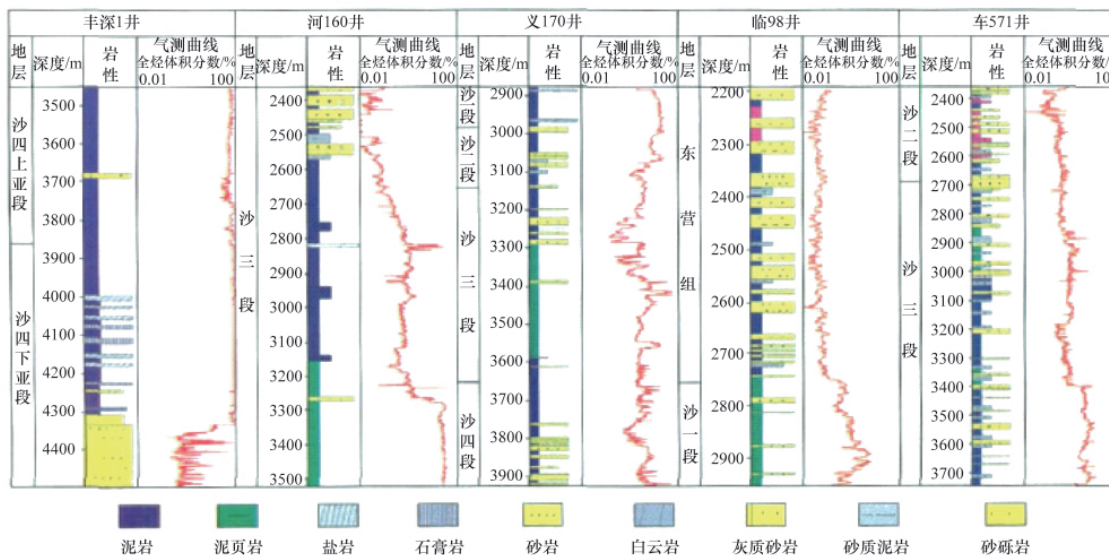


图4 济阳拗陷古近系气测识别页岩气

Fig. 4 Shale gas of the Paleogene strata in Jiyang Sag identified by gas surveying method

高异常,预示着有页岩气的存在。

以上气测特征与岩性有着对应关系,往往在上面具有低渗透性岩层(如钙质泥岩、白云岩、石膏岩、盐岩)的油页岩具有较高的烃气含量,在钻井过程中易发生井涌和井漏现象,这表明页岩及其中的裂缝发育,游离和吸附气普遍。可见,气测方法能够较好地识别页岩气储层。

### 3.2 常规测井组合识别法

Cluff 和 Miller<sup>[31]</sup>利用自然伽马能谱测井识别了阿科马(Arkoma)盆地伍德福德(Woodford)地层的页岩气储层(图 5<sup>[31]</sup>)。从图 5 可以看出,页岩气层总伽马 GR 和铀的量表现为明显高值。

吴庆红等<sup>[32]</sup>研究了斯伦贝谢公司在四川盆地志留系和寒武系页岩气储层测井的资料,利用自然伽马、电阻率、中子孔隙度、声波时差和感应测井组合方法对 W<sub>x</sub> 井龙马溪组页岩气储层进行了识别(图 6)。从图 6 的测井处理成果看,第 1 道 GR 值在 100—300API 之间,表明放射性元素含量高,这是典型的泥岩特征;第 2 道是电阻率曲线,电阻率在页岩气层明显升高;第 3 道中子孔隙度、声波时差显示为高值,光电指数显示为低值;含气页岩测井响应为“4 高 2 低”特征。

Lewis 等<sup>[33]</sup>利用自然伽马、电阻率、密度和岩性密度测井

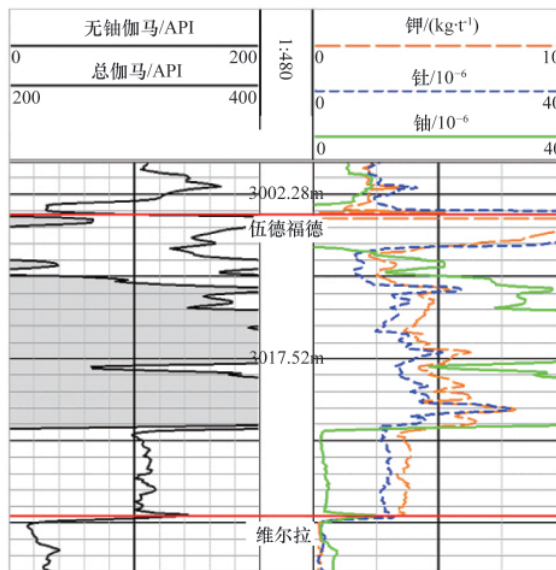


图 5 自然伽马能谱测井识别阿科马盆地伍德福德页岩气层  
Fig. 5 Shale gas reservoirs of Woodford member in Arkoma Basin identified by natural gamma ray spectrum logging

组合方法得出了含气页岩的典型测井曲线(图 7)。从图 7 可

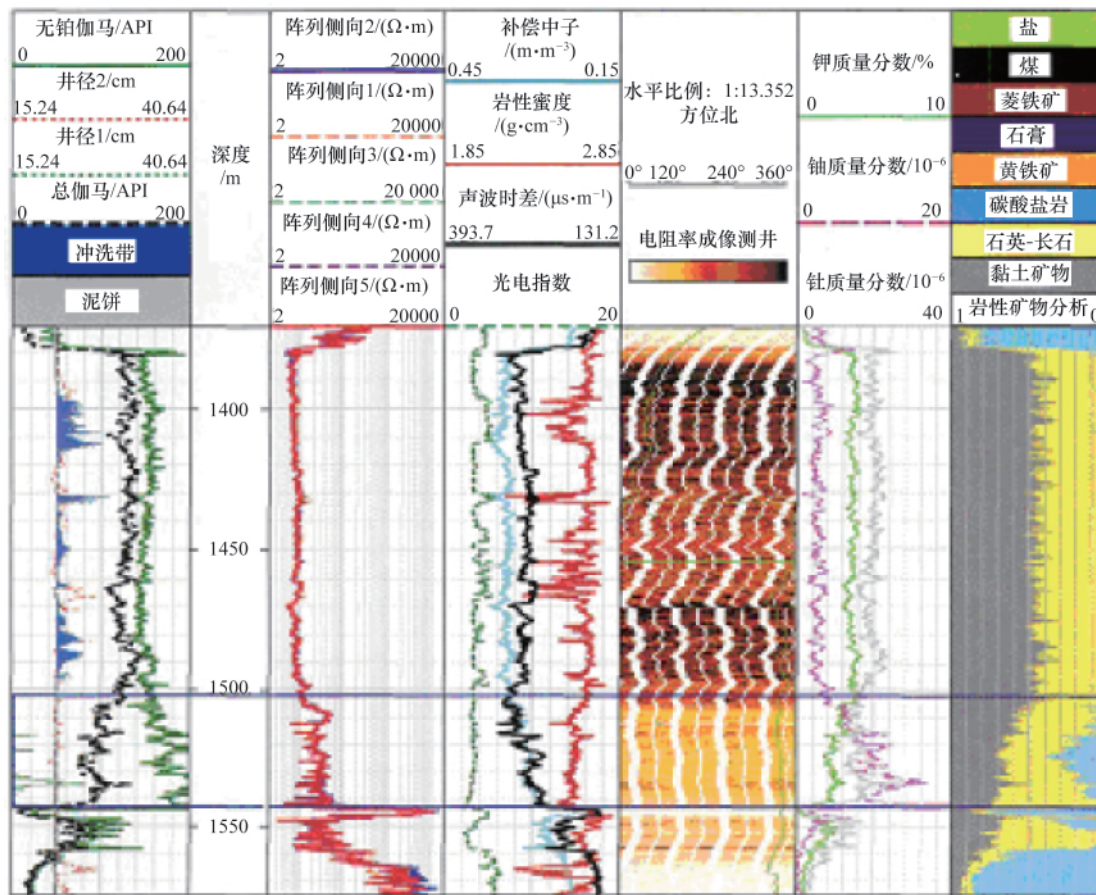


图 6 W<sub>x</sub> 井龙马溪组测井解释成果  
Fig. 6 Well logging interpretation results of Longmaxi Formation in W<sub>x</sub> well

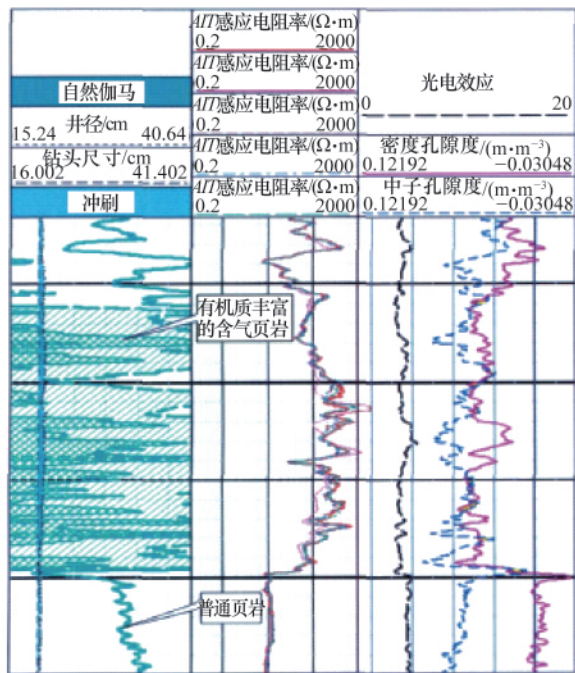


图7 根据测井组合曲线识别含气页岩层

Fig. 7 Shale gas reservoirs identified by well logging combination method

可以看出,上部含气页岩(俄克拉何马(Oklahoma)州泥盆-密西西比系伍德福德(Woodford)页岩)表现为伽马、电阻率高值,密度、 $P_e$  低值;下部西尔万(Sylvan)地层不含气,测井曲线差异明显。

以上测井组合曲线特征符合有机质丰度高的细粒碎屑岩往往伴随着放射性元素含量增加、岩石密度降低、声波速度降低、电阻率增大的一般规律,因此利用常规测井组合能够较好地识别出页岩气储层。

### 3.3 $\Delta\log R$ 识别法

国内外利用测井资料评价烃源岩最常用的方法是 Exxon 和 Esso 公司研究的  $\Delta\log R$  方法。这种方法把刻度合适的孔隙度曲线(通常是声波时差曲线)叠加在电阻率曲线(最好是来自深探测器)上,由于 2 条曲线都对应于地层孔隙度的变化,基本重合在一起,反映了含水但缺乏有机质的地层。 $\Delta\log R$  幅度差反映了富含有机质烃源岩地层、含烃的储集层段和岩性差异情况。利用自然伽马曲线、补偿中子孔隙度曲线或自然电位曲线可以辨别和排除储集层段。在富含有机质的泥岩段,2 条曲线的分离由 2 个因素导致:孔隙度曲线产生的差异是低密度和低速度(高声波时差)的干酪根响应,在未成熟的富含有机质的岩石中还没有油气生成,观测到的 2 条曲线之间的差异仅仅是由孔隙度曲线响应造成的;在成熟的烃源岩中,除了孔隙度曲线响应之外,因为有烃类的存在,电阻率增加,使 2 条曲线产生更大的差异(或称间距)。

利用上述方法,齐宝权等<sup>[20]</sup>对某地区多口井的测井资料进行分析(图 8),为了消除有机质和油气的影响,选取颜色浅岩石或直接选取紫红色泥岩作为重叠在一起的基线。图 8 中

测量井段从上到下岩性变化大:上段为紫红色泥岩夹泥灰岩;中段为铝土质泥页岩,含煤;补偿声波和双侧向重叠幅度差明显的中下段为石灰岩;底部为泥页岩。有机质含量少和页岩气不发育段基线基本上重合,突出了页岩气,识别效果较好。

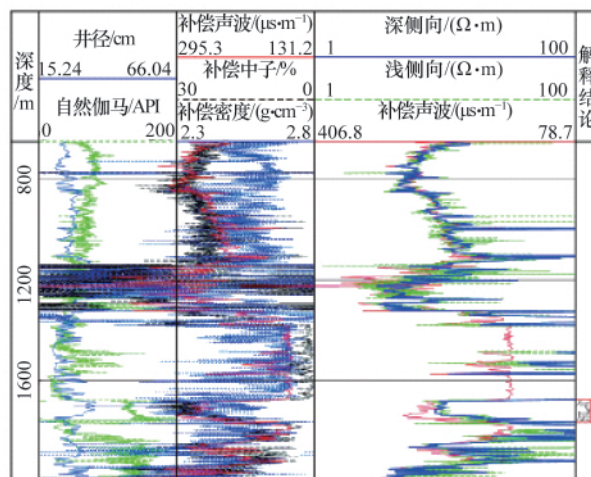


图8 Y井  $\Delta\log R$  方法识别含气页岩层

Fig. 8 Shale gas reservoirs identified by  $\Delta\log R$  method with the Y well

### 3.4 介电常数识别法

研究表明,含碳氢化合物页岩层的介电常数表现为高值,而不含碳氢化合物页岩层的介电常数表现为低值,可以将这一响应特征作为识别页岩气储层的标志<sup>[21]</sup>。这一研究发现在美国俄克拉荷马和得克萨斯某些页岩层中都得到了证实。感应测井测得的原始数据中出现很大的负 X 分量信号,而在邻近的砂岩和页岩中则没有这种情况,分析发现这些大的负 X 分量对应着非常高的介电常数。图 9<sup>[25]</sup>是对已知是烃

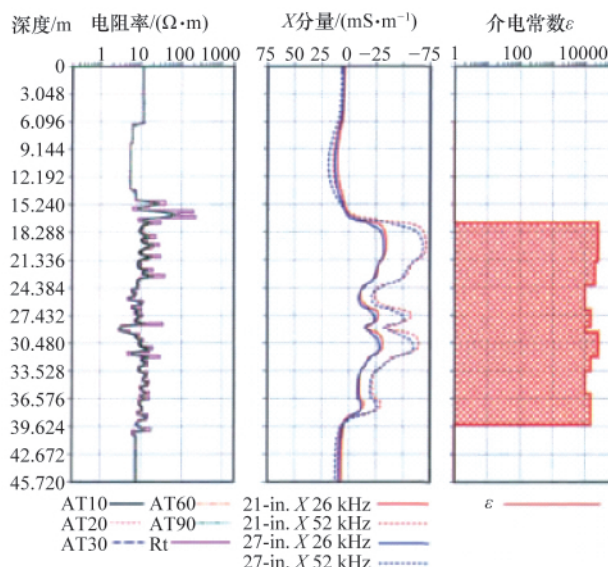


图9 感应测井 X 分量异常及其反演结果

Fig. 9 Abnormality and inversion results of induction logging X-signal

源岩的伍德福德 (Woodford) 页岩层的感应测井数据进行模拟和反演的结果。从图 9 可以看出, 不含碳氢化合物页岩的感应测井曲线反演结果为介电常数极其微小, 而含碳氢化合物页岩层的感应测井曲线反演结果为介电常数非常高, 从而较好地识别了含气储层。

#### 4 讨论

利用常规测井技术能有效地进行页岩储层识别与储层物性评价, 但是并不能完全满足页岩储层评价的要求, 如测井技术对于页岩储层矿物成分含量的计算、裂缝识别与岩石力学参数的计算等方面还存在不足, 因此还需要开展特殊测井系列的应用, 可选择元素俘获能谱 (ECS) 测井、偶极声波测井和声电成像测井等。国外已成功勘探开发的页岩储层埋深浅, 而中国页岩储层总体埋深大<sup>[36-37]</sup>, 深层页岩气储层的测井评价技术不能完全借鉴国外, 需加强国内深层页岩气评价技术的研究, 建立适合中国深层页岩特点的测井评价技术, 从而降低中国深层页岩气勘探开发风险。

#### 5 结论与展望

通过调研国内外利用测井技术研究页岩气储层的文献资料, 总结了页岩和含气页岩的测井响应特征, 综述了识别页岩层和含气页岩层的方法, 指出测井组合法和交汇图法能够较好地识别页岩层, 而气测法、常规测井组合法、 $\Delta \log R$  法和介电常数法等识别含气页岩层方面能取得较好效果。

加强页岩气储层各种测井响应的理论和试验研究是掌握页岩气储层评价技术的关键路径。通过对已有方法的修正和重新进行实验室页岩气岩石物理性质的刻度, 使得页岩气的评价体系会越来越完善。同时, 中国页岩气储层的测井评价技术及基础试验研究还刚刚起步, 基本停留在学习国外经验阶段。应加快国内页岩气储层测井评价研究, 为中国页岩气的勘探开发提供技术支持。

#### 参考文献 (References)

- [1] 江怀友, 宋新民, 安晓漩, 等. 世界页岩气资源勘探开发现状与展望[J]. 大庆石油地质与开发, 2008, 27(6): 10-14.  
Jiang Huaiyou, Song Xinmin, An Xiaoxuan, et al. *Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing*, 2008, 27(6): 10-14.
- [2] 张金川, 徐波, 聂海宽, 等. 中国页岩气资源勘探潜力[J]. 天然气工业, 2008, 28(6): 136-159.  
Zhang Jinchuan, Xu Bo, Nie Haikuan, et al. *Natural Gas Industry*, 2008, 28(6): 136-159.
- [3] Luffel D L, Guidry F K, Curtis J B. Evaluation of Devonian shale with new core and log analysis methods [J]. *Journal of Petroleum Technology*, 1992, 44(11): 1192-1197.
- [4] Flower J G. Use of sonic-shear-wave/resistivity overlay as a quick-look method for identifying potential pay zones in the Ohio (Devonian) shale [J]. *Journal of Petroleum Technology*, 1983, 35(3): 638-642.
- [5] Luffel D L, Guidry F K. Reservoir rock properties of Devonian shale from core and log analysis [C]//Society of Core Analysis. Proceedings of Soc

- Core Analysts 3rd Annual Technical Conference. Houston: Res Tech Inc, 1989: 13.
- [6] Soeder D J. Porosity and permeability of eastern Devonian gas shale[J]. *SPE Formation Evaluation*, 1988, 3(1): 116-124.
- [7] LeCompte B. Comprehensive resource play evaluation for well completion decisions -mineralogy, acoustic, and NMR integration [R]. El Dorado Arkansas: Murphy Oil Inc, 2010.
- [8] Schmoker J W. Determination of organic-matter content of Appalachian Devonian shales from gamma-ray logs [J]. *AAPG Bulletin*, 1981, 65(7): 1285-1298.
- [9] Schmoker J W. Organic content of Devonian shale in western Appalachian basin[J]. *AAPG Bulletin*, 1980, 64(12): 2156-2165.
- [10] Schmoker J W. Determination of organic content of Appalachian Devonian shales from formation-density logs [J]. *AAPG Bulletin*, 1979, 63(9): 1504-1509.
- [11] Hester T C, Schmoker J W. Determination of organic content from formation -density logs, Devonian -Mississippian Woodford shale, Anadarko basin, Oklahoma [R]. Geological Survey Open -File Report 87-20, 1987.
- [12] Kinley T J, Cook Lance W, Breyer J A, et al. Hydrocarbon potential of the Barnett shale (Mississippian), Delaware Basin, west Texas and southeastern New Mexico[J]. *AAPG Bulletin*, 2008, 92(8): 967-991.
- [13] Zhao H, Givens N B, Curtis B. Thermal maturity of the Barnett shale determined from well-log analysis[J]. *AAPG Bulletin*, 2007, 91(4): 535-549.
- [14] Cluff B. Barnett Shale-Woodford shale play of the Delaware basin-Is it another giant shale gas field in Texas? [R]. Denver: The Discovery Group, Inc, 2006.
- [15] Decker A D, Wicks D E. Log-based gas content and resource estimates for the Antrim shale, Michigan Basin [C]//Society of Petroleum Engineers, Inc. Low Permeability Reservoirs Symposium. Denver: Low Permeability Reservoirs Symposium Press, 1993: 26-28.
- [16] 张林晔, 李政, 朱日房, 等. 济阳拗陷古近系存在页岩气资源的可能性[J]. 天然气工业, 2008, 28(12): 26-29.  
Zhang Linye, Li Zheng, Zhu Rifang, et al. *Natural Gas Industry*, 2008, 28(12): 26-29.
- [17] 王社教, 王兰生, 黄金亮, 等. 上扬子区志留系页岩气成藏条件[J]. 天然气工业, 2009, 29(5): 45-50.  
Wang Shejiao, Wang Lansheng, Huang Jinliang, et al. *Natural Gas Industry*, 2009, 29(5): 45-50.
- [18] 刘双莲, 陆黄生. 页岩气测井评价技术特点及评价方法探讨[J]. 测井技术, 2011, 35(2): 112-116.  
Liu Shuanglian, Lu Huangsheng. *Well Logging Technology*, 2011, 35(2): 112-116.
- [19] 罗蓉, 李青. 页岩气测井评价及地震预测, 监测技术探讨 [J]. 天然气工业, 2011, 31(4): 34-39.  
Luo Rong, Li Qing. *Natural Gas Industry*, 2011, 31(4): 34-39.
- [20] 徐同台. 井壁不稳定地层的分类及泥浆技术对策 [J]. 钻井液与完井液, 1996, 13(4): 42-45.  
Xu Tongtai. *Drilling Fluid & Completion Fluid*, 1996, 13(4): 42-45.
- [21] 张金川, 薛会, 张德明, 等. 页岩气及其成藏机理[J]. 现代地质, 2003, 17(4): 466.  
Zhang Jinchuan, Xue Hui, Zhang Deming, et al. *Geoscience*, 2003, 17(4): 466.
- [22] 张金川, 金之钧, 袁明生. 页岩气成藏机理和分布 [J]. 天然气工业, 2004, 24(7): 15-18.

- Zhang Jinchuan, Jin Zhijun, Yuan Mingsheng. *Natural Gas Industry*, 2004, 24(7): 15-18.
- [23] Law B E, Curtis J B. Introduction to unconventional petroleum systems [J]. *AAPG Bulletin*, 2002, 86(11): 1851-1852.
- [24] 王立军, 吴云桐, 牛纪凤, 等. 复杂断块油田伴生断层与油田聚集-以东营凹陷中央背斜带现河庄油田为例[J]. *地质力学学报*, 2003, 9(2): 129-134.  
Wang Lijun, Wu Yuntong, Niu Jifeng, et al. *Journal of Geomechanics*, 2003, 9(2): 129-134.
- [25] 潘仁芳, 赵明清, 伍媛. 页岩气测井技术的应用 [J]. *中国科技信息*, 2010(7): 16-18.  
Pan Renfang, Zhao Mingqing, Wu Yuan. *China Science and Technology Information*, 2010(7): 16-18.
- [26] 齐宝权, 杨小兵, 张树东, 等. 应用测井资料评价四川盆地南部页岩气储层[J]. *天然气工业*, 2011, 31(4): 44-47.  
Qi Baoquan, Yang Xiaobing, Zhang Shudong, et al. *Natural Gas Industry*, 2011, 31(4): 44-47.
- [27] 潘仁芳, 伍媛, 宋争. 页岩气勘探的地球化学指标及测井分析方法初探[J]. *中国石油勘探*, 2009, 14(3): 6-9, 28.  
Pan Renfang, Wu Yuan, Song Zheng. *China Petroleum Exploration*, 2009, 14(3): 6-9, 28.
- [28] Mohseni P. Geothic and Hovenweep shale play opportunity on the ute mountain ute Indian reservation, Colorado[R]. Michigan: Indian Mineral Development Act, 2010.
- [29] Bowman T. Direct method for determining organic shale potential from porosity and resistivity logs to identify possible resource plays[J/OL]. *Search and Discovery*, 2010, #110128 [2010-06-14]. [http://www.searchanddiscovery.com/documents/2010/110128bowman/ndx\\_bowman.pdf](http://www.searchanddiscovery.com/documents/2010/110128bowman/ndx_bowman.pdf).
- [30] 张金川, 徐波, 聂海宽, 等. 中国天然气勘探的两个重要领域[J]. *天然气工业*, 2007, 27(11): 1-6.
- Zhang Jinchuan, Xu Bo, Nie Haikuan, et al. *Natural Gas Industry*, 2007, 27(11): 1-6.
- [31] Cluff B, Miller M. Log evaluation of gas shales: A 35-year perspective [C]//The Denver Well Logging Society. SPWLA 52th Annual Logging Symposium. Denver: DWLS Luncheon, 2010.
- [32] 吴庆红, 李晓波, 刘洪林, 等. 页岩气测井解释和岩心测试技术-以四川盆地页岩气勘探开发为例[J]. *石油学报*, 2011, 3(32): 484-488.  
Wu Qinghong, Li Xiaobo, Liu Honglin, et al. *Acta Petrolei Sinica*, 2011, 3(32): 484-488.
- [33] Lewis R, Ingraham D, Pearcy M, et al. New evaluation techniques for gas shale reservoirs[C]//The Denver Well Logging Society. SPWLA 47th Annual Logging Symposium. Houston: Society of Petrophysicists and Well-Log Analysts, 2004.
- [34] 莫修文, 李舟波, 潘保芝. 页岩气测井地层评价的方法与进展 [J]. *地质通报*, 2011, 30(2-3): 400-405.  
Mo Xiuwen, Li Zhoubo, Pan Baozhi. *Geological Bulletin of China*, 2011, 30(2-3): 400-405.
- [35] Anderson B I, Barber T D, Luing M G, et al. Observations of large dielectric effect on induction logs, or, can source rocks be detected with induction measurements [C]//The Denver Well Logging Society. SPWLA 47th Annual Logging Symposium. Houston: Society of Petrophysicists and Well-Log Analysts, 2006.
- [36] 王世谦, 陈更生, 董大忠, 等. 四川盆地地下古生界页岩气藏形成条件与勘探前景[J]. *天然气工业*, 2009, 29(5): 51-58.  
Wang Shiqian, Chen Gengsheng, Dong Dazhong, et al. *Natural Gas Industry*, 2009, 29(5): 51-58.
- [37] 刘洪林, 王莉, 王红岩, 等. 中国页岩气勘探开发适用技术探讨[J]. *油气井测试*, 2009, 18(4): 68-71.  
Liu Honglin, Wang Li, Wang Hongyan, et al. *Well Testing*, 2009, 18(4): 68-71.

(责任编辑 孙秀云, 马骁骁)

·学术动态·

## “第十九届全国泌尿外科 学术会议”征稿



中华医学会中华医学会泌尿外科学分会拟定 2012 年 9 月 15-17 日在广州市联合召开“第十九届全国泌尿外科学术会议”。

征稿范围: 有关泌尿外科领域微创、尿控、肿瘤、结石、护理、肾移植、男科、感染与炎症及基础研究领域的临床和实验研究、新理论、新技术和新疗法等。

全文截稿日期: 2012 年 8 月 15 日

联系电话: 010-58302488 转 807

电子信箱: CUA2012@126.com

大会网站: <http://see.xidian.edu.cn/conference/msp2012/>