

## 非常规天然气

## 煤层气地球物理预测方法

郭晓龙<sup>1</sup>, 李璇<sup>1</sup>, 代春萌<sup>1</sup>, 边海军<sup>1</sup>, 许旭华<sup>2</sup>, 许晶<sup>2</sup>

(1. 中国石油勘探开发研究院廊坊分院, 河北 廊坊 065007;

2. 中国石油华北油田第四采油厂, 河北 廊坊 065007)

**摘要:**随着经济的快速发展和对清洁能源需求的持续增长, 中国能源供应不足的矛盾日益凸显。中国煤层气资源分布广泛, 加速煤层气的勘探开发, 是国家能源安全的战略需要。由于煤层气与常规天然气的最大差别是以吸附状态赋存于煤层孔隙内表面, 具有独特的成藏分布特征和主控因素, 因此相对于常规天然气勘探而言, 对煤层气储层预测方法提出了更高要求, 而煤层气的岩石物理基础研究更是寻找预测方法的着手点和立足点。考虑到中国沉积煤层的多样性, 通过选择不同煤阶、煤岩和煤质的岩样, 通过实验室岩样参数测试和实际钻井数据分析, 确定了模量属性对吨煤含气量检测比较敏感, 同时在密度和纵波速度2个属性中, 密度对吨煤含气量敏感性优于纵波速度, 据此建立了地震煤层气三参数弹性模量(拉梅常数相对变化量、剪切模量相对变化量、密度相对变化量)反演方法。通过四川省蜀南煤层气资料的三参数弹性模量反演实例, 证明了模量相对变化量异常可以有效预测煤层气储层富集高产区域, 5口井的预测效果和煤层气生产井相吻合, 提高了煤层气勘探开发部署井的成功率, 为蜀南煤层气的勘探开发和一亿立方米产能建设提供了有力支持。

**关键词:**煤层气; 岩石物理; 吨煤含气量; 模量属性; 三参数反演

**中图分类号:** TE132.1<sup>+</sup>4

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1672-1926(2017)02-0287-09

**引用格式:** Guo Xiaolong, Li Xuan, Dai Chunmeng, *et al.* Research on CBM geophysical prediction [J]. Natural Gas Geoscience, 2017, 28(2): 287-295. [郭晓龙, 李璇, 代春萌, 等. 煤层气地球物理预测方法[J]. 天然气地球科学, 2017, 28(2): 287-295.]

## 0 引言

随着经济的持续快速发展和对优质清洁能源需求持续增长, 我国能源供应不足的矛盾日益凸显<sup>[1]</sup>, 预计2015年石油需求量为 $53\,367 \times 10^4 \text{ t}$ , 石油消费对外依存度将首次突破60%, 天然气表观消费量将达到 $2\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 天然气对外依存度达到32.5%。我国煤层气资源分布广泛, 加速煤层气的勘探开发, 是国家能源安全的需要, 同时符合中国石油的新能源战略。由于煤层气与常规天然气的最大差别是以吸附状态赋存于煤层孔隙内表面, 具有独特的成藏分布特征和主控因素<sup>[2]</sup>。煤层气的赋存特征, 造成其空间分布很大的非均一性; 在煤层气勘探中, 不能

够象油气勘探那样对测井资料作外推<sup>[3]</sup>。

煤层的厚度、吨煤含量及渗透性是煤层气勘探开发及资源评价的重要参数。由于煤层气储层具有强烈的非均质性及含气饱和度低、渗透率低、地层压力低的特性, 加之煤层气属于吸附气, 煤储层厚度较薄, 地震异常响应较弱, 因此相对于常规天然气勘探而言, 以煤层气储层物性和含气性研究为目的地震勘探对资料的品质、预测方法及其携带的信息量提出了更高要求<sup>[3]</sup>, 煤层气岩石物理分析是这些研究的基础<sup>[4]</sup>。

## 1 煤层的岩石物理特征

分析煤储层的岩石物理特征包括2个方面: 煤

收稿日期: 2016-06-15; 修回日期: 2016-10-27.

基金项目: 中国石油集团公司物探重点实验室新技术新方法项目(编号: 2014A-3612)资助.

作者简介: 郭晓龙(1968-), 男, 陕西蒲城人, 高级工程师, 硕士, 主要从事储层预测和烃类检测研究. E-mail: gxl69@petrochina.com.cn.

岩和煤质。从煤岩显微组分的角度可以把煤分为亮煤、半亮煤、半暗煤和暗煤等。评价煤质的参数主要包括水分、灰分和挥发份等<sup>[5]</sup>。

由图 1 可以看出,煤层内非均质性较严重。高等植物丰富凝胶化的亮煤灰分低、镜质组高、割理发育、含气量高;碎屑物质、水溶解离子携入或草本成煤环境的暗煤相反。该井灰分含量暗煤 14%~15%,亮煤 3.7%~5.1%;镜质组暗煤 23%~49%,亮煤 66%~79%。要用地震方法预测煤层气的富集区域,首先要搞清楚:煤岩和煤质哪些因素对地震响应特征有影响?影响多大?

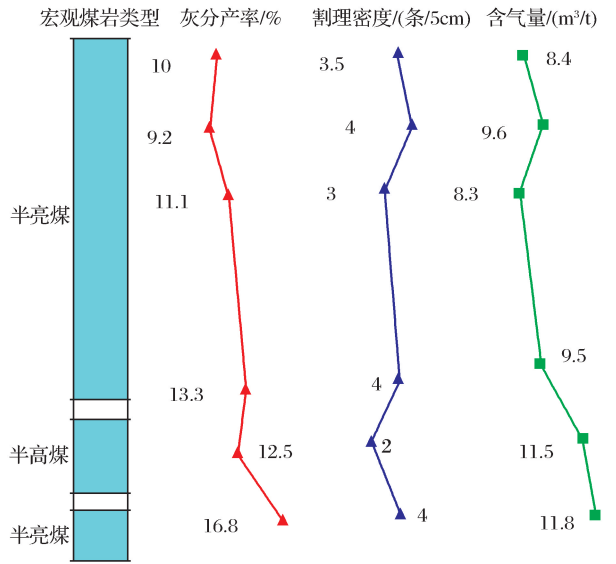


图 1 长治常村矿 3# 煤煤质变化

Fig.1 Depositional cycle diagram of Changzhi Changchun mine 3# coal

2 煤层气地球物理基础

通过不同煤阶的井 12 口,包括高煤阶井 6 口,中煤阶井 3 口,低煤阶井 3 口,煤样 150 块,分析了显微组分、灰分含量、吨煤含气量和煤密度、声波时差、体积模量和剪切模量等参数的相互关系。

2.1 煤岩显微组分对地震响应参数的影响

图 2—图 3 中纵坐标为密度,横坐标为镜质组含量百分比。通过不同煤层、相同煤层显微组分镜质组含量与煤密度的关系分析,可以看到显微组分镜质组含量的多少对煤密度没有明显的影响。

图 4—图 5 中纵坐标为纵波速度,横坐标为镜质组含量百分比。通过不同煤层、相同煤层显微组分镜质组含量与煤纵波速度的关系分析可以看到,煤纵波速度的变化与显微组分镜质组含量的多少没有明显的关系。

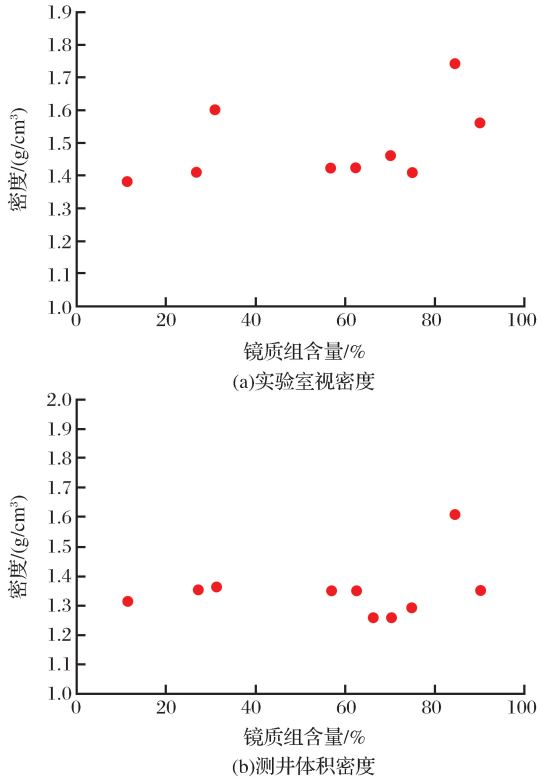


图 2 不同煤层显微组分镜质组含量与煤密度交会  
Fig.2 Crossplot of coal density with maceral vitrinite content in different coal seam

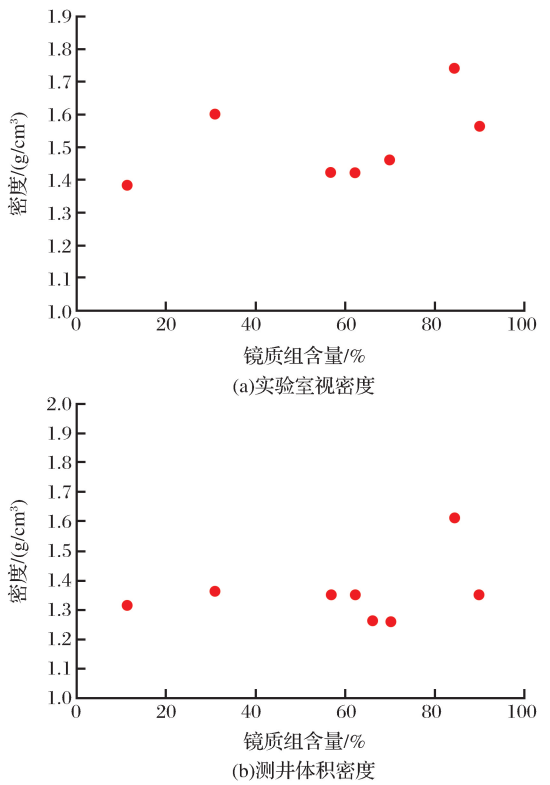


图 3 相同煤层显微组分镜质组含量与煤密度交会  
Fig.3 Crossplot of coal density with maceral vitrinite content in same coal seam

图 6—图 7 中纵坐标为密度,横坐标为惰质组含量百分比。通过不同煤层、相同煤层显微组分惰质组含量与煤密度的关系分析可以看到,煤密度的变化与煤阶、显微组分惰质组含量的多少没有明显的关系。

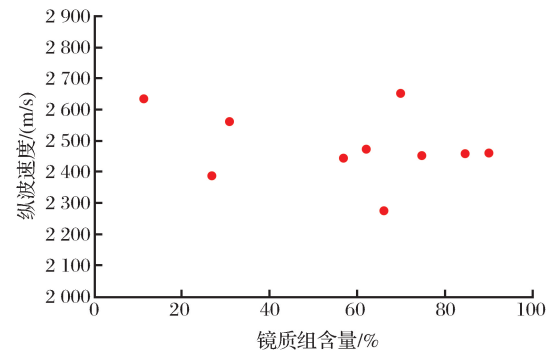


图 4 不同煤层显微组分镜质组含量与煤纵波速度交会

Fig.4 Crossplot of coal p-wave velocity with maceral vitrinite content in different coal seam

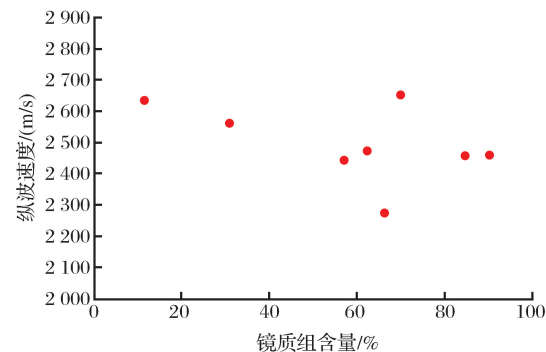


图 5 相同煤层显微组分镜质组含量与煤纵波速度交会

Fig.5 Crossplot of coal p-wave velocity with maceral vitrinite content in same coal seam

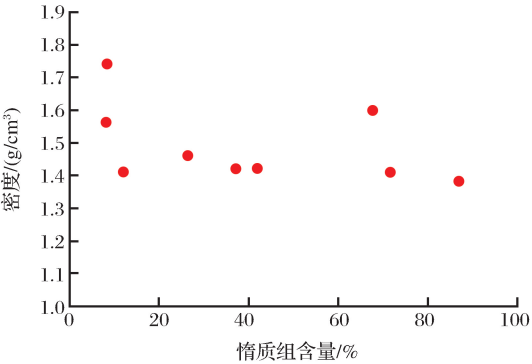
图 8—图 9 中纵坐标为纵波速度,横坐标为惰质组含量百分比。通过不同煤层、相同煤层显微组分惰质组含量与煤纵波速度的关系分析可以看到,煤纵波速度的变化与煤阶、显微组分惰质组含量的多少没有明显的关系。

总之,通过以上分析可见不同煤岩对主要地球物理参数密度和纵波速度影响较小,有利于用地球物理参数预测煤层气。

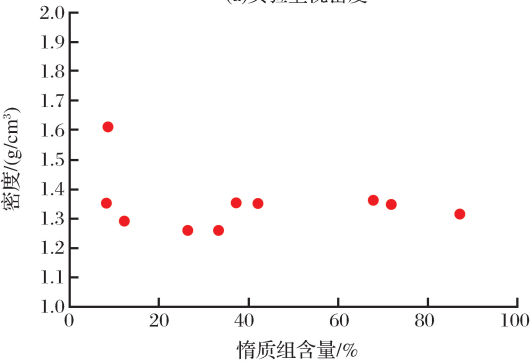
2.2 煤质对地球物理参数的影响

评价煤质的物性参数主要包括水分、灰分和挥发份等<sup>[6]</sup>。

图 10—图 11 中纵坐标为密度,横坐标为水分含量。通过不同煤层、相同煤层水分含量与煤密度的关系分析可知,水分含量的对煤密度的变化影响不大。



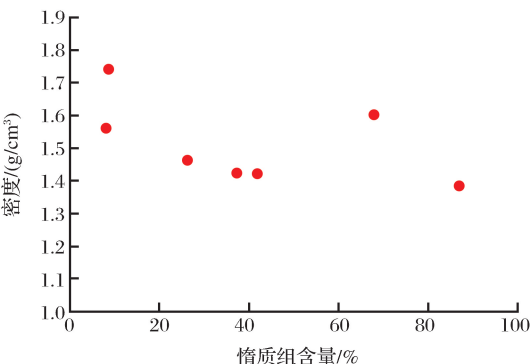
(a)实验室视密度



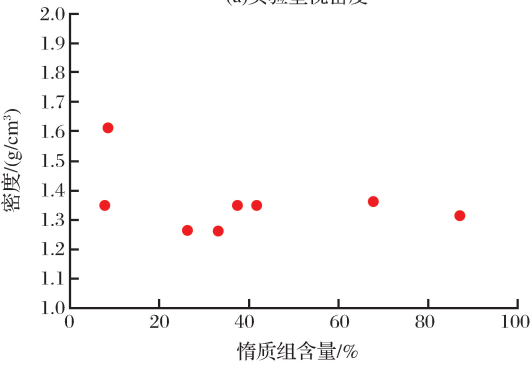
(b)测井体积密度

图 6 不同煤层显微组分惰质组含量与煤密度交会

Fig.6 Crossplot of coal density with maceral inertinite content in different coal seam



(a)实验室视密度



(b)测井体积密度

图 7 相同煤层显微组分惰质组含量与煤密度交会

Fig.7 Crossplot of coal density with maceral inertinite content in same coal seam

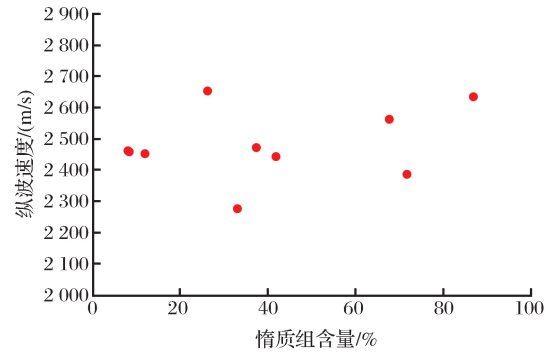


图 8 不同煤层显微组分惰质组含量与煤纵波速度交会

Fig.8 Crossplot of coal p-wave velocity with maceral inertinite content in different coal seam

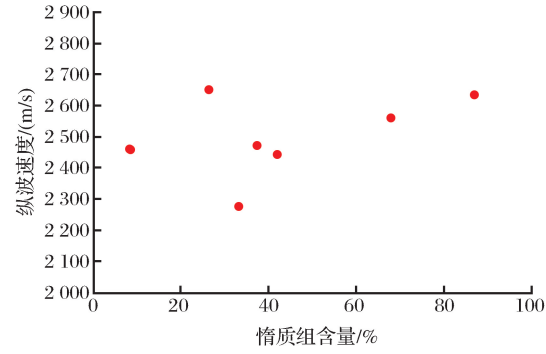


图 9 相同煤层显微组分惰质组含量与煤纵波速度交会

Fig.9 Crossplot of coal p-wave velocity with maceral inertinite content in same coal seam

图 12—图 13 中纵坐标为纵波速度,横坐标为水分含量。通过不同煤阶、相同煤阶、不同煤层、相同煤层水分含量与煤密度的关系分析可以看到,煤阶、水分含量的对煤纵波速度的变化影响不大。

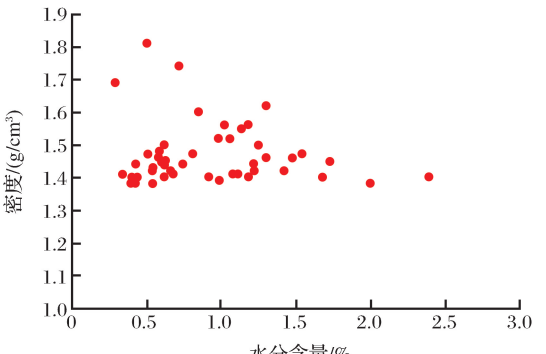
图 14—图 15 中纵坐标为密度,横坐标为灰分含量。整体上煤密度随煤层灰分含量增加而呈线形增加,在煤层灰分含量小于 20% 范围内,煤密度随煤层灰分含量变化较小。

图 16—图 17 中纵坐标为纵波速度,横坐标为灰分含量。通过不同煤层、相同煤层灰分含量与煤纵波速度的关系分析可以看到,煤纵波速度的变化与煤阶、灰分含量的多少没有明显的关系。

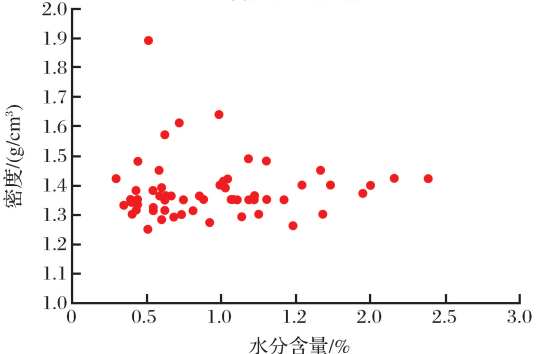
煤层灰分是评价煤质的最重要指标<sup>[7]</sup>,整体上煤质的灰分含量对地球物理参数密度的影响比较大,对纵波速度影响较小,在灰分含量变化小或者低灰分煤(含量小于 20%)地区利于用地球物理参数预测煤层气。

2.3 吨煤含气量对地球物理参数的影响

图 18 中纵坐标为密度,横坐标为吨煤含气量。通过吨煤含气量与煤密度交会可以看到,在相同煤



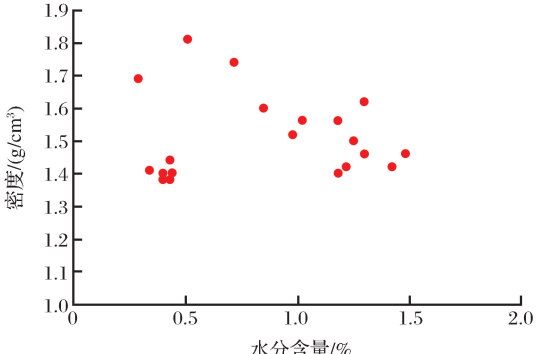
(a)实验室视密度



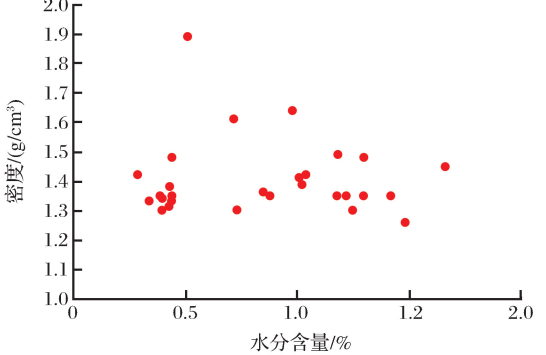
(b)测井体积密度

图 10 不同煤层水分含量与煤密度交会

Fig.10 Crossplot of coal density with moisture content in different coal seam



(a)实验室视密度



(b)测井体积密度

图 11 相同煤层水分含量与煤密度交会

Fig.11 Crossplot of coal density with moisture content in same coal seam



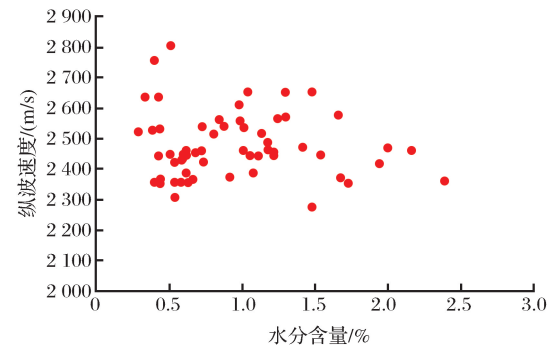


图 12 不同煤层水分含量与煤纵波速度交会  
Fig.12 Crossplot of coal p-wave velocity with moisture content in different coal seam

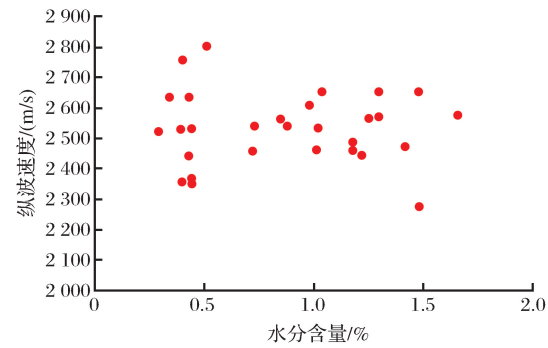


图 13 相同煤层水分含量与煤纵波速度交会  
Fig.13 Crossplot of coal p-wave velocity with moisture content in same coal seam

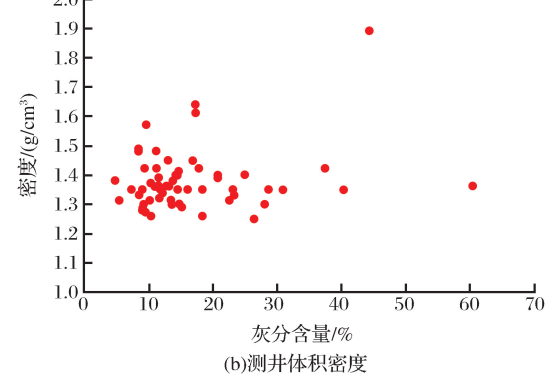
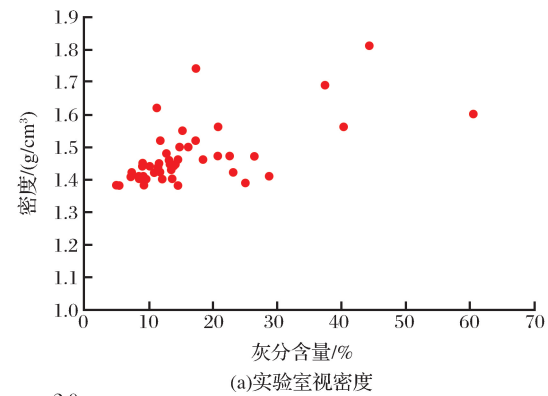


图 14 不同煤层灰分含量与煤密度交会  
Fig.14 Crossplot of coal density with ash content in different coal seam

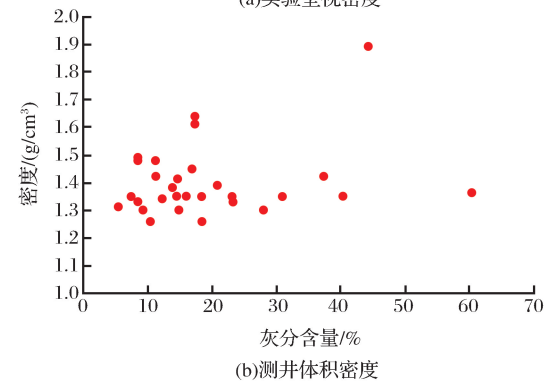
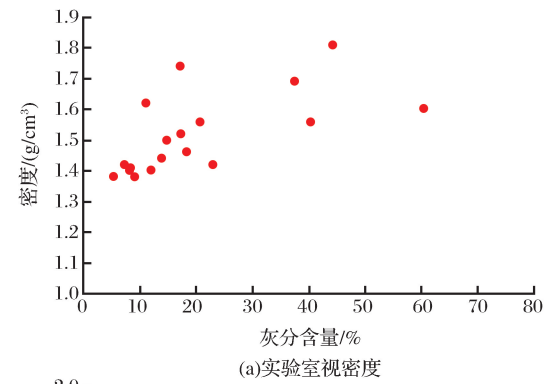


图 15 相同煤层灰分含量与煤密度交会  
Fig.15 Crossplot of coal density with ash content in same coal seam

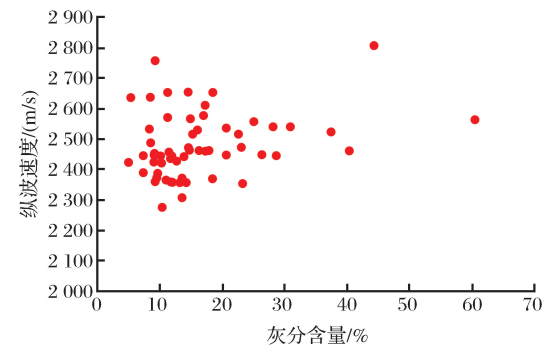


图 16 不同煤层灰分含量与煤纵波速度交会  
Fig.16 Crossplot of coal p-wave velocity with ash content in different coal seam

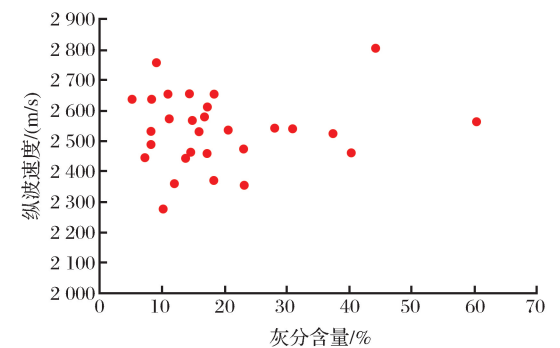


图 17 相同煤层灰分含量与煤纵波速度交会  
Fig.17 Crossplot of coal p-wave velocity with ash content in same coal seam

阶相同煤层条件下,吨煤含气量与实验室视密度有一定的关系,即随吨煤含气量提高,煤实验室视密度降低。

2.4 吨煤含气量和模量属性的关系

图 19 中纵坐标为纵波速度,横坐标为吨煤含气量。通过吨煤含气量与煤纵波速度交会可以看到,吨煤含气量与纵波速度有一定的关系,即随吨煤含气量提高,煤纵波速度降低,但降低不是十分明显。可见相对于常规天然气的地震响应来说煤层气的地震异常响应较弱。

图 20—图 21 中纵坐标为模量属性,横坐标为吨煤含气量。通过煤层吨煤含气量与模量属性交会可以看到,在相同煤阶相同煤层条件下,吨煤含气量与煤模量属性的关系比吨煤含气量与纵波速度的关系相关性更强,利于对煤层气的检测。

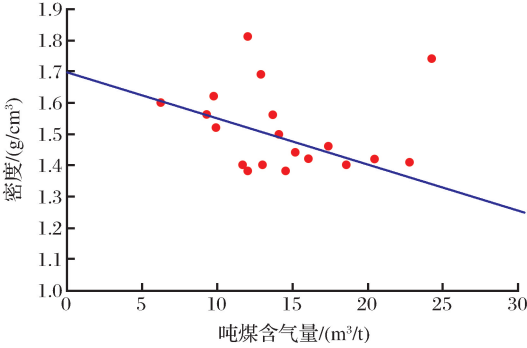


图 18 煤层吨煤含气量与煤密度交会

Fig.18 Crossplot of coal gas content with coal density

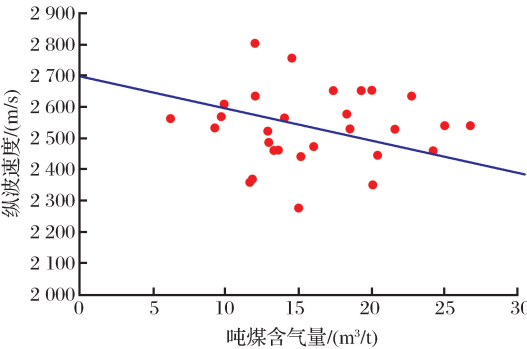


图 19 煤层吨煤含气量与煤纵波速度交会

Fig.19 Crossplot of coal gas content with coal p-wave velocity

3 三参数反演方法预测煤层气

通过以上岩石物理分析发现模量属性对吨煤含气量检测比较敏感,同时在密度和纵波速度两个属性中,密度明显优于纵波速度,因此需要建立能够反演模量参数和密度的关系式。

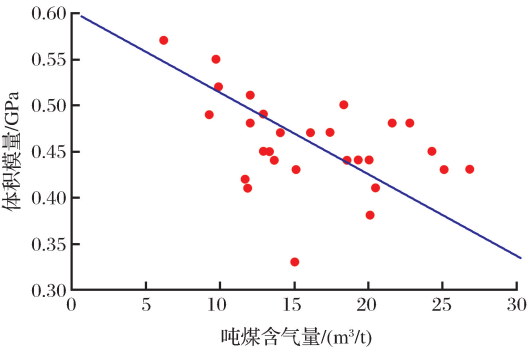


图 20 煤层吨煤含气量与煤体积模量交会

Fig.20 Crossplot of coal gas content with bulk modulus

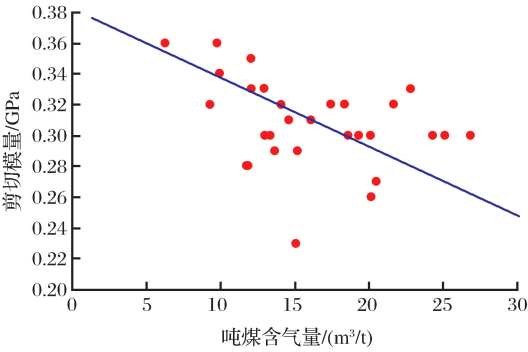


图 21 煤层吨煤含气量与煤剪切模量交会

Fig.21 Crossplot of coal gas content with shear modulus

假设反射界面两侧介质弹性特征的相对变化比较小,纵波反射系数  $R(\theta)$  可以表示为<sup>[8]</sup>:

$$R(\theta) = \frac{1}{2} \left( 1 - 4 \frac{V_s^2}{V_p^2} \sin^2 \theta \right) \frac{\Delta \rho}{\rho} + \frac{1}{2} \sec^2 \theta \frac{\Delta V_p}{V_p} - 4 \frac{V_s^2}{V_p^2} \sin^2 \theta \frac{\Delta V_s}{V_s} \quad (1)$$

式中:  $V_p = (V_p^2 + V_p^1) / 2$ ;  $\Delta V_p = V_p^2 - V_p^1$ ;  $V_s = (V_s^2 + V_s^1) / 2$ ;  $\Delta V_s = V_s^2 - V_s^1$ ;  $\rho = (\rho_2 + \rho_1) / 2$ ;  $\Delta \rho = \rho_2 - \rho_1$ ;  $\theta = (\theta_2 + \theta_1) / 2$ ;  $V_p^1, V_s^1, \rho_1$  分别为界面上覆介质的纵波速度、横波速度及密度;  $V_p^2, V_s^2, \rho_2$  分别为界面下伏介质的纵波速度、横波速度及密度;  $V_p, V_s, \rho$  分别为界面两侧介质的纵波平均速度、横波平均速度及平均密度;  $\theta_1, \theta_2$  分别是纵波入射角、折射角,  $\theta$  是入射角和折射角的平均值。

由于地震波在地下岩石中传播的速度是由岩石的弹性模量和密度决定的,式中的速度可以用弹性模量和密度代替。令  $\lambda_1, \mu_1$  和  $k_1$  表示上覆介质的弹性模量,令  $\lambda_2, \mu_2$  和  $k_2$  表示下伏介质的弹性模量,令  $\lambda, \mu$  和  $k$  分别为:

$$\lambda = (\lambda_1 + \lambda_2) / 2$$

$$\mu = (\mu_1 + \mu_2) / 2$$
$$k = (k_1 + k_2) / 2$$

因为已假设了反射界面两侧介质的弹性特征的相对变化比较小,所以  $V_s \cong (\mu / \rho)^{1/2}$  和  $V_p \cong [(\lambda + 2\mu) / \rho]^{1/2}$  近似成立,相对于实际平均值的误差是很小的百分数。

经过简单推到化简之后,  $R(\theta)$  方程式变为:

$$R(\theta) = a \frac{\Delta \lambda}{\lambda + 2\mu} + b \frac{\Delta \mu}{\lambda + 2\mu} + c \frac{\Delta \rho}{\rho} \tag{2}$$

式中:  $a = \frac{1 + \sin^2 \theta + \sin^2 \theta \tan^2 \theta}{4}$ ;  
 $b = \frac{1 - 3 \sin^2 \theta + \sin^2 \theta \tan^2 \theta}{2}$ ;  
 $c = \frac{1 - \sin^2 \theta - \sin^2 \theta \tan^2 \theta}{4}$

由此,将简化后方程式称为 Zeoppritz 方程组弹性模量法近似式;将右端三项,从左至右分别称为拉梅常数项、剪切模量项、密度项;将  $\frac{\Delta \lambda}{\lambda + 2\mu}$ 、 $\frac{\Delta \mu}{\lambda + 2\mu}$ 、 $\frac{\Delta \rho}{\rho}$  分别称为拉梅常数相对变化量、剪切模量相对变

化量、密度相对变化量。其中  $\frac{\Delta \lambda}{\lambda + 2\mu}$ 、 $\frac{\Delta \mu}{\lambda + 2\mu}$  的分母不是拉梅常数  $\lambda$  或剪切模量  $\mu$ ,而是  $(\lambda + 2\mu)$ ,严格地讲,它们不是拉梅常数相对变化量、剪切模量相对变化量,但是,考虑到它们的分子的属性,姑且将它们称为拉梅常数相对变化量、剪切模量相对变化量,因此此方法称为三参数反演方法。

4 三参数反演预测蜀南煤层气富集区

蜀南气矿位于四川省泸州市江阳区。该区煤层一般系简单—复杂结构的薄煤层和中厚煤层,根据参数井施工数据得知,筠连地区含煤段厚度 19~42m,共揭露 2#、3#、4#、7#、8#、9# 煤层,区域内 2#、3#、7#、8# 煤层普遍发育,局部发育 4#、9# 煤层。2#、3# 煤层间距 2.57~9.38m,7#、8# 煤层间距 1.38~6.02m,习惯上分为 2# + 3#、7# + 8# 煤层 2 段(图 22)。

利用三参量反演方法对蜀南昭 105 井三维区块进行了煤层气富集区预测,通过提取密度相对变化量(图 23)、拉梅常数相对变化量(图 24)和剪切模量

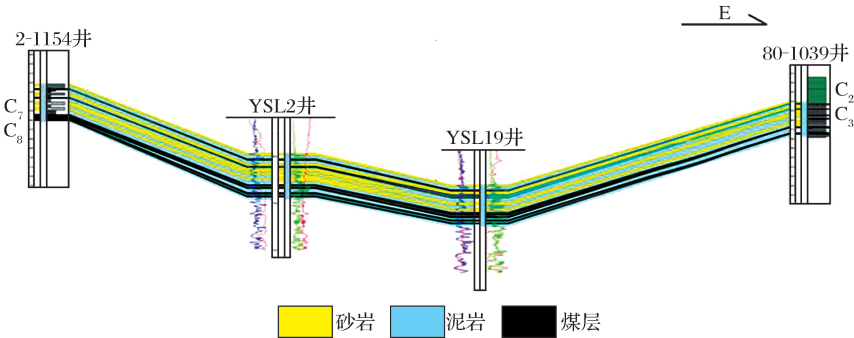


图 22 蜀南筠连地区气藏剖面

Fig.22 ShuNa Junlian area gas reservoir section

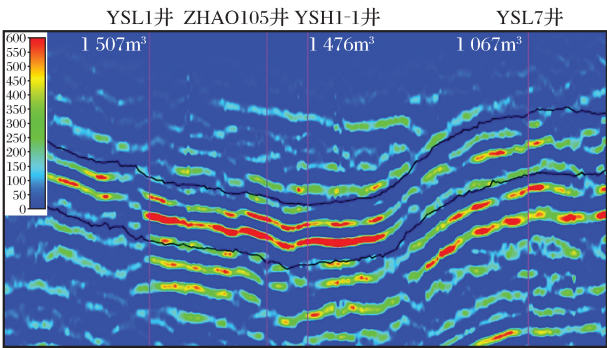


图 23 相对密度变化量反演结果  
(红黄色代表变化量比较大的区域)

Fig.23 Relative density variation of inversion results

相对变化量(图 25)属性,可以看到三参数反演异常较大区域,反映煤层气比较富集,单井产量也较高。

该技术首次应用于蜀南昭 104 井区三维区块,获得了密度相对变化量、剪切模量相对变化量、拉梅常数相对变化量数据体,通过属性提取和分析发现,三参数异常反映了煤层气的异常部位,大异常值指示煤层气富集和高产位置(图 26),图中红黄绿显示出相对较高异常值,指示这些区域煤层气比较富集,单井产量高,比如 YSL1 井、YSH1-1 井和 YSL7 井单井产量均超过 1 000m³,而紫色区域显示出相对较低异常值,指示这些区域煤层气富集程度低,单井

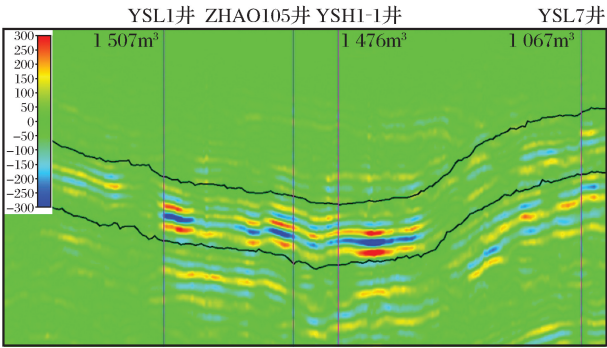


图 24 相对拉梅常数变化量反演结果  
(红黄色代表变化量比较大的区域)

Fig.24 Relative lame constant change in the inversion results

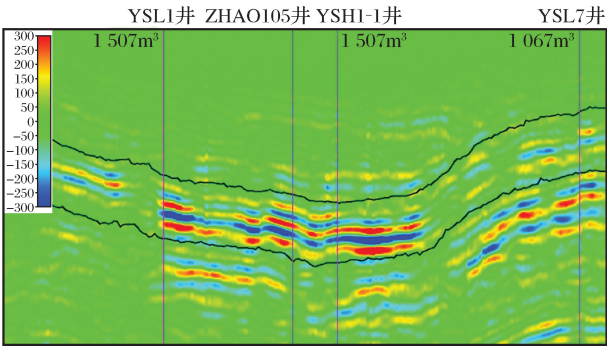


图 25 剪切模量变化量反演结果  
(红黄色代表变化量比较大的区域)

Fig.25 Shear modulus variation of inversion results

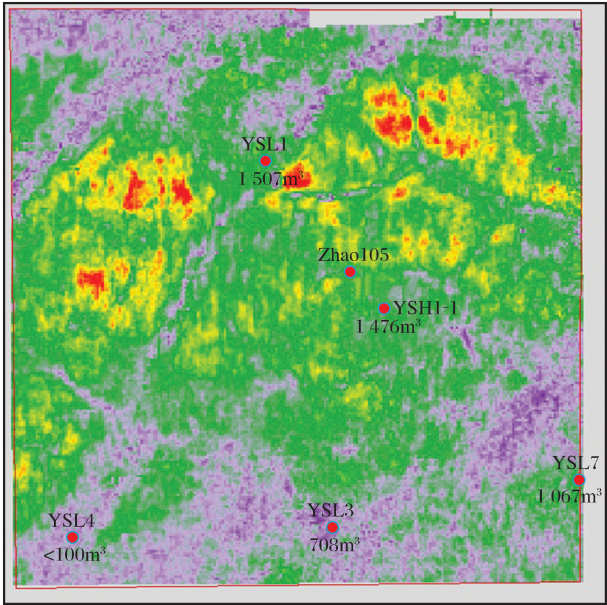


图 26 蜀南昭 105 井三维区块 C<sub>7</sub>+C<sub>8</sub> 煤层密度  
相对变化量平面分布

Fig.26 Shunan Zhao105 relative density variation  
plane distribution

产量低,比如 YSL4 井和 YSL3 井单井产量均低于 1 000m<sup>3</sup>,预测结果与该区煤层气整体分布规律相符合,也就是构造稳定,断层较少,含煤面积大而完整,有利于煤层气的赋存,而构造活动性强,断裂发育,含煤区支离破碎,一般不利于煤层气的赋存。

总之,利用三参数对蜀南地区煤层气富集区进行了有效预测,通过 5 口井的预测效果和生产井对比相吻合,检验了方法技术的有效性,为煤层气富集区预测提供了新的技术手段,最终将为蜀南煤层气的勘探开发和一亿产能建设提供有力支持。

5 结论

(1)首次分析了不同煤岩和煤质条件下,显微组分、灰分含量、吨煤含气量和地球物理参数之间相互关系,确定了影响煤层气储层地震力学参数和吨煤含气量的主要因素。

(2)根据模量属性对吨煤含气量检测比较敏感,同时在密度和纵波速度 2 个属性中,密度明显优于纵波速度的特点,建立了地震煤层气三参数弹性模量反演方法。

(3)三参数弹性模量反演方法在蜀南地区三维资料中进行了应用,5 口井的预测效果和煤层气生产井相吻合,为蜀南煤层气的勘探开发和一亿立方米产能建设提供了有力支持。

参考文献(References)

[1] Zhao Qingbo,Liu Bing,Yao Chao.The CBM Industry Development Present Situation[M].Beijing:Geological Press,1998:76-94.[赵庆波,刘兵,姚超.世界煤层气工业发展现状[M].北京:地质出版社,1998:76-94.]

[2] Geng Meng,Chen Hao,Chen Zhenhong,*et al.*New recognition of CBM enrichment pattern and resource potential in China[J].Natural Gas Geoscience,2016,27(9):1659-1665.[庚勤,陈浩,陈振宏,李贵中,等.我国煤层气富集规律及资源潜力新认识[J].天然气地球科学,2016,27(9):1659-1665.]

[3] Peng Suping,Yang Ruizhao.The application of seismic inversion & 3D visualization technology in the coalfield 3D seismic exploration[C]// The Coal Mine Safe & Efficient Mining Geological Security System:2001 Academic Papers,Beijing:Coal Industry Press,2001.[彭苏萍,杨瑞召.地震反演与三维可视化技术在煤田三维地震勘探中的应用初探[C]//煤矿安全高效开采地质保障体系:2001 年学术论文集,北京:煤炭工业出版社,2001.]

[4] Cao Yuehua.The CBM exploitation technology and present situation[J].Natural Gas Geoscience,1997,8(3):23-28.[曹月华.煤层气开发技术与现状[J].天然气地球科学,1997,8(3):23-



28.]

[5] Zhang Peiyuan, Zhang Xiaomin, Wang Tiangeng, Relationship between elastic moduli and wave velocities in rock[J].Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2001, 20(6): 785-788.[张培源, 张晓敏, 汪天庚. 岩石弹性模量与弹性波速的关系[J].岩石力学与工程学报, 2001, 20(6): 785-788.]

[6] Meng Zhaoping, Characters of the deformation and strength under different confining pressures on sedimentary rock [J]. Journal of China Coal Society, 2000, 25(1): 15-18.[孟召平. 不同侧压下沉积岩石变形与强度特征[J].煤炭学报, 2000, 25(1): 15-18.]

[7] Meng Zhaoping, The discuss of mechanics properties control factors in coal-bearing rocks[J].Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2002, 21(1): 102-106.[孟召平. 含煤岩系岩石力学性质控制因素探讨[J].岩石力学与工程, 2002, 21(1): 102-106.]

[8] Guo Xiaolong, Ouyang Yonglin, Zhang xiuping, *et al.* Application of wavelet transform parameter for gas prediction in Sulige Gasfield[J]. Natural Gas Geoscience, 2007, 18(3): 418-421.[郭晓龙, 欧阳永林, 张秀平, 等. 小波参数变化参数在苏里格气田的实际应用[J].天然气地球科学, 2007, 18(3): 418-421.]

Research on CBM geophysical prediction

Guo Xiao-long<sup>1</sup>, Li Xuan<sup>1</sup>, Dai Chun-meng<sup>1</sup>, Bian Hai-jun<sup>1</sup>, Xu Xu-hua<sup>2</sup>, Xu Jing<sup>2</sup>

(1. Langfang Branch, Research Institute of Petroleum Exploration & Development, Langfang 065007, China;  
2. The Fourth Oil Recovery Company of North China Oilfields, Langfang 065007, China)

**Abstract:** With the rapid economic development and sustained growth in demand for clean energy, the contradiction of China’s energy supply shortage is increasingly highlighted. The wild distribution of China’s coal-bed methane (CBM) resources accelerates the exploration and development of CBM. It is the need of national energy security, and conforms to the new energy strategy of CNPC. Because the biggest difference between the CBM and the conventional gas is that the gas adsorption in coal pore surface, and CBM has the distinctive feature of reservoir distribution characteristics and controlling factors, compared with the conventional natural gas exploration, the exploration aiming for CBM reservoir physical & gas-bearing property, has higher requirement on data quality, prediction method and information content. Basic research on the rock physics is the starting point and foothold of CBM prediction method. Considering the diversity of sedimentary coal seam in china, by selecting the coal sample with different coal rank, different coal rock and different coal quality, through the laboratory testing parameters and actual drilling data analysis, we confirmed that the modulus properties are more sensitive to the tons of coal containing gas, and between the p-wave velocity and density, the density is more sensitive to the tons of coal containing gas than P-wave velocity. According to this, we established the CBM seismic three-parameter elastic modulus (lame constant relative variation, shear modulus relative variation, density relative variation) inversion method. Through the instance of Southern Sichuan, we proved that the relative modulus variation can effectively predict the enrichment of CBM enrichment region. Prediction of 5 wells agrees with the production, which improve the success rate of the deployment CBM well.

**Key words:** CBM; Rock physics; Tons of coal containing gas; Elastic modulus; Three-parameter inversion