

煤层脆性叠后地震预测方法及应用

王恩惠

中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司物探研究院, 山东东营, 257022

关键词: 煤化程度; 脆性指数; 叠后反演

煤的脆性是指煤受外力作用而破碎的性质, 表现为抗压强度和抗剪强度, 强度小者, 煤易破碎, 脆度大; 反之, 脆度小(李增学, 2009)。煤层脆性是煤层气储层压裂区选择的重要参考依据。影响煤岩脆性的因素较多, 包括岩石组分、层理和损伤等先存弱面结构、孔隙流体及其压力、围压、温度、岩体测量尺度以及受力演化过程等(曹东升等, 2021)。脆性指数计算方法主要有两种: 岩石弹性参数法和脆性矿物成分法。利用弹性参数表征脆性指数的公式众多, 基本是杨氏模量、泊松比、密度以及拉梅常数等弹性参数的组合, 这些公式都基于脆性与杨氏模量呈正相关、与泊松比呈负相关的基本认识。此方法对资料的品质要求比较高, 在缺少纵横波时差等测井资料时无法应用, 因此不具有普遍适用性。邱峰等(2023)通过分析不同煤体结构的测井响应特征, 建立煤体结构指数测井评价模型, 进而构建考虑煤体结构影响的煤岩脆性指数计算模型。张钊基等(2023)采用构建煤层气储层岩石物理模进行正演, 分析多种参数对煤岩脆性的影响。本文结合研究区特征, 探索出一种新的煤层脆性评价方法, 煤岩脆性与叠后地震反演阻抗之间存在定量关系, 利用这个关系将阻抗转换为脆性指数, 达到预测煤层脆性的目的。

1 煤层脆性叠后预测方法

当煤化程度由弱变强, 煤岩可分为褐煤、长焰煤、气煤、肥煤、焦煤、瘦煤、贫煤以及无烟煤。煤的脆性与煤化程度有关, 随着煤岩变质程度的增加, 脆性先增高后降低, 焦煤脆性最高, 褐煤和无烟煤脆性最低(李增学, 2009)。变质程度也就是煤化程度与镜质组反射率 R_o 呈正相关关系。由于缺少实测镜质组射率 R_o 数据, 统计工区内四口井由经

验公式(1)(葛祥, 2003)计算出的 R_o 与纵波阻抗呈正相关关系:

$$R_o = 1.938 - 0.978 \times DEN - 0.00564 \times AC - 0.00147 \times RD + 0.05246 \times CNL \quad (1)$$

$$R_o = -0.54 + 0.00051 \times Imp \quad (2)$$

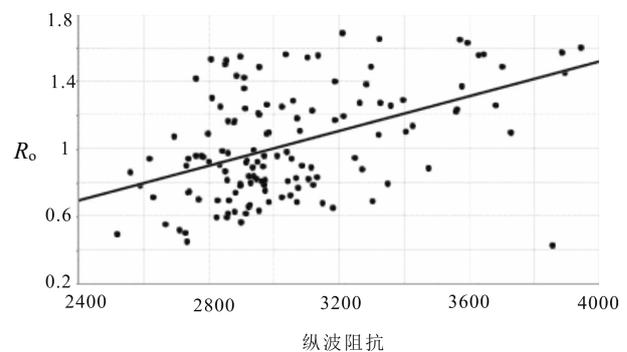


图 1 R_o 与波阻抗交汇

再结合煤层脆性与 R_o 的定性关系, 按一元二次函数给出拟合公式:

$$BI = -35.7 \times R_o^2 + 100 \times R_o + 30 \quad (3)$$

两个公式代入计算即可得出脆性与阻抗的关系:

$$BI = -0.0000137 \times Imp^2 + 0.1 \times Imp - 84 \quad (4)$$

工区井少, 遂采用波形差异反演方法预测阻抗体, 该方法利用少量井建立垂向阻抗模型, 通过垂向变差模拟改变该模型, 可以衍生很多变化的样本, 利用该阻抗样本集与地震相对阻抗进行比较, 找到地震上与该样本相似的地震道, 将该阻抗模型作为该道的阻抗, 相当于种植了若干伪井, 之后再反演, 得到高分辨率结果。最后对煤层波阻抗体进行换算, 求取煤层脆性体。从图 2 可以看出: 2 号煤层西南部以及 zb101 附近脆性指数高, 具有较好的可压性。

2 结论

收稿日期: 2023-12-10; 改回日期: 2024-02-05; 责任编辑: 章雨旭。DOI: 10.16509/j.georeview.2024.s1.070

作者简介: 王恩惠, 女, 1995 年生, 硕士, 助理工程师, 主要从事地震解释研究; Email: wangenhui.slyt@sinopec.com。

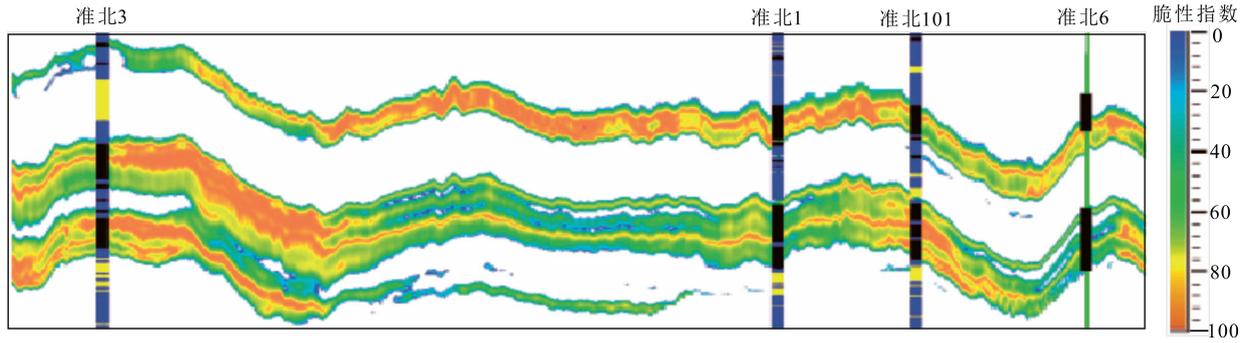


图 2 脆性指数剖面分布

笔者基于纵波阻抗、煤化程度和煤岩脆性三者的关系，通过叠后地震反演获取煤层波阻抗体，换算得到煤层脆性预测体，进而输出各目的层脆性平面属性。此方法的优点是，在工区缺少煤岩矿物组分和横波数据的情况下，能够很好地预测煤层脆性的空间分布特征及规律，从而为煤层气储层压裂区选择提供科学依据。

参 考 文 献 / References

- 曹东升, 曾联波, 吕文雅, 徐翔, 田鹤. 2021. 非常规油气储层脆性评价与预测方法研究进展. 石油科学通报, 6(1): 31~45.
- 葛祥, 李涛. 2003. 煤层物性测井评价方法初探. 测井技术, 27(2):

129~131.

李增学. 2009. 煤地质学. 北京: 地质出版社.

邱峰, 刘晋华, 蔡益栋, 刘大猛, 孙逢瑞. 2023. 基于测井的煤层力学特性评价及煤层气开发有利区预测——以沁南郑庄区块 3 号煤层为例. 煤田地质与勘探, 51(4): 46~56.

张钊基, 王国伟, 邹冠贵. 2023. 煤层气储层岩石物理建模与脆性正演分析. 地质论评, 69(S1): 445~446.

WANG Enhui: Method and application of post stack seismic prediction for coal seam brittleness

Keywords: degree of coalification; poststack inversion; brittleness