

# 煤层气储层岩石物理建模与脆性正演分析

张钊基<sup>1)</sup>, 王国伟<sup>1,2)</sup>, 邹冠贵<sup>1,2)</sup>

1) 中国矿业大(北京)地球科学与测绘工程学院, 北京, 100083;

2) 中国矿业大学(北京)煤炭资源与安全开采国家重点实验室, 北京, 100083

**关键词:** 脆性; 煤层气; 建模

煤层气储层煤岩具有一定的脆性, 容易出现裂缝和破碎, 这对于煤层气的开采和生产会产生一定的影响和挑战。同时, 煤层气具有‘低孔低渗’的特点, 实现煤层气的开采依赖于对煤层气储层的水力压裂, 脆性是水力压裂至关重要的指标。脆性是岩层的一种属性, 大量研究者采用不同方法表征评价岩石的脆性, 有基于岩石强度、硬度、压痕、破裂面、应力—应变、矿物组分和力学参数等多种脆性评价方法。在地球物理学中, 脆性评价主要依赖于杨氏模量与泊松比两个力学参数。Rickman 等(2008)提出了基于归一化杨氏模量和泊松比的脆性指数, 认为泊松比能够反映岩石破坏能力, 杨氏模量能够表征裂缝保持能力, 杨氏模量越高、泊松比越低, 脆性越强; Guo 等(2012)提出一个相应的物理模型同时用弹性模量与泊松比的比值来表征页岩的脆性, 发现典型的页岩气层具有高的弹性模量和低泊松比; Goodway 提出用弹性模量和泊松比来表征页岩的脆性。刘致水等(2015, 2018)提出采用归一化的杨氏模量和泊松比之比来表征岩石的脆性。

笔者等采用构建岩石物理模型来正演分析, 多种参数对于岩石脆性的影响。构建关于煤层气储层煤岩脆性的岩石物流量版, 为煤层气储层预测提供参考。

## 1 煤层气储层岩石物理模型的构建

首先, 设置煤中各种矿物和有机质的体积分数如表 1, 用 VRH 由各种物质成分得到煤基质的弹性参数。其次, 利用 DKT 模型往煤基质中加入一定体积分数的针状、球状基质孔隙和吸附气, 以构成煤基质干骨架。然后使用 DEM 往煤基质干骨架中

加入一定体积分数和裂隙纵横比(asp)的随机裂缝, 设置裂隙为硬币状, 得到多重孔隙煤层气储层煤岩岩石物理模型, 构建煤层气储层岩石物理脆性量版, 图 1 为建模流程。

表 1 煤层气储层煤岩成分

Type	Bulk modulus (GPa)	Shear modulus (GPa)	Volume fraction (%)	Density (g/cm <sup>3</sup> )
Organics	5	2.5	85	1.3
Clay	25	9	9	2.55
Calcite	76.8	32	3	2.71
Quartz	37	44	2	2.65
Pyrite	147.4	132.5	1	4.93

前人构建的脆性的表达式有

$$B_1 = \frac{E_{BI} + \nu_{BI}}{2} \quad (1)$$

$$B_2 = \frac{E}{\nu} \quad (2)$$

$$B_3 = \frac{E_{BI}}{\nu_{BI}} \quad (3)$$

其中,  $E, \nu$  为杨氏模量和泊松比,  $E_{BI}, \nu_{BI}$  分别为归一化的杨氏模量和泊松比。

## 2 基于煤层气储层岩石物理模型的脆性量版分析

根据表 1 中的数据, 设置煤层气储层基质孔隙为球状孔隙, 分别通过公式(1), (2)和(3)构建煤层气储层脆性岩石物理量版。分别取 asp 为 0.01、0.03、0.05 和 0.07 得到关于煤层气储层裂隙体积分数和孔隙体积分数的脆性央视物理量版, 如图 2、图 3、

图 4 所示:

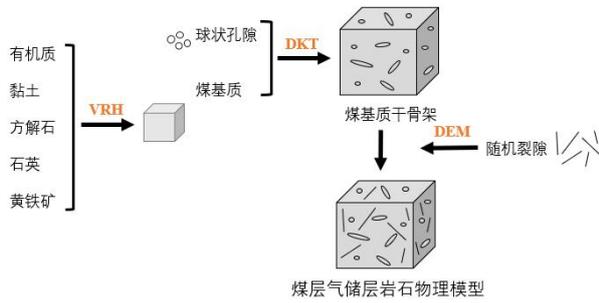


图 1 煤层气储层岩石物理模型建模流程

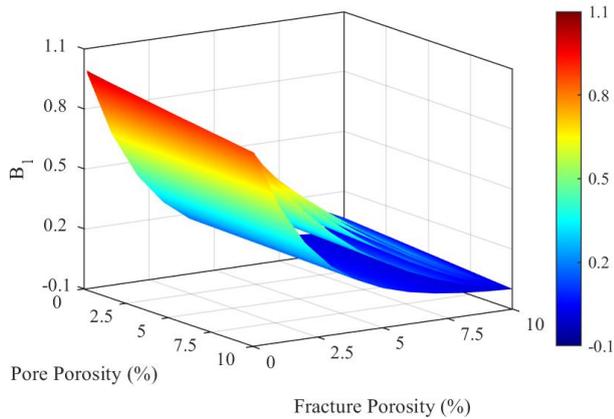


图 2  $B_1$  对于煤岩孔隙和裂隙体积分数的响应规律

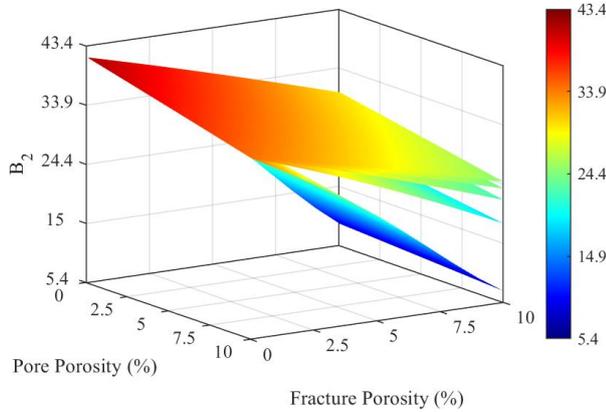


图 3  $B_2$  对于煤岩孔隙和裂隙体积分数的响应规律

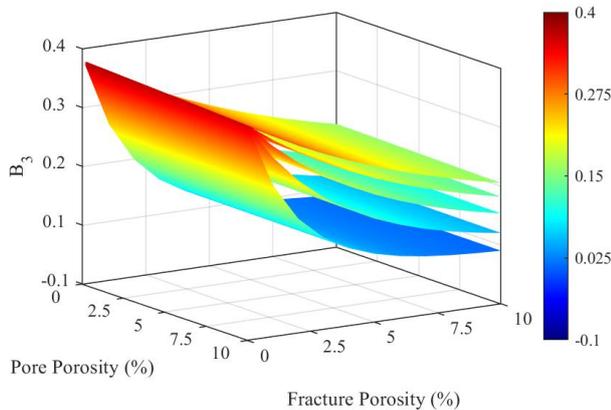


图 4  $B_3$  对于煤岩孔隙和裂隙体积分数的响应

图 2、图 3、图 4 中从上到下 5 个平面分别对应  $asp$  为 0.01、0.03、0.05 和 0.07。可以看出，煤岩储层的脆性总体上随着空地和裂隙的体积分数增大而减小， $B_1$  关于裂隙和孔隙体积分数的变化最大， $B_3$  最小。 $B_1$  关于裂隙  $asp$  和孔隙体积分数的变化最大， $B_3$  最小。

### 3 结论

煤层气储层脆性收到煤岩孔隙结构的影响，不同脆性表征方法关于煤岩脆性孔隙体积分数、裂隙体积分数和裂隙  $asp$  的响应规律类似，但是存在一定差异。

### 参 考 文 献 / References

刘致水, 孙赞东. 2015. 新型脆性因子及其在泥页岩储集层预测中的应用. 石油勘探与开发, 42(01): 117~124.

刘致水, 孙赞东, 董宁等. 2018. 一种修正的 Kuster-Toksiz 岩石物理模型及应用. 石油地球物理勘探, 53(1): 113~121.

Rickman R, Mullen M, Petre E, et al. 2008. A Practical Use of Shale Petrophysics for Stimulation Design Optimization: All Shale Plays Are Not Clones of the Barnett Shale[C]// SPE Annual Technical Conference & Exhibition. Society of Petroleum Engineers.

Guo Z, Chapman M, Li X. A2012. Shale rock physics model and its application in the prediction of brittleness index, mineralogy, and porosity of the Barnett Shale[C]// Seg Technical Program Expanded: 1~5.

**ZHANG Zhaoji , WANG Guowei , ZOU Guangui:**  
**Petrophysical modeling and forward brittleness analysis of coalbed methane reservoir**

**Keyword: brittleness; coalbed methane; modeling**