

基于弛豫-力学协同响应的煤岩体结构表征评价方法探讨

Evaluation method of coal rock structure characterization based on relaxation-mechanics cooperative response

徐吉钊, 翟成, 张亚南, 刘厅, 余旭

Jizhao Xu, Cheng Zhai, Yanan Zhang, Ting Liu, Xu Yu

(中国矿业大学, 安全工程学院, 江苏 徐州 221116)

(School of Safety Engineering, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China)

摘要: 煤岩体复杂孔隙结构和力学强度是表征其流体储集能力和抵抗破坏性能的基础关键参数, 低场核磁共振技术和单/三轴加载破坏实验是普遍使用的煤岩体孔隙结构和力学强度的测定方法, 因忽略样品单一性和尺寸效应, 导致不同方法获取到的单一参量之间的耦合定量关系不明。本文基于煤岩体核磁弛豫和断裂力学理论, 建立了煤岩弛豫-应力协同响应模型, 分析了不同煤岩体 T_2 曲线、单轴/三轴压缩破坏的应力-应变曲线, 量化了 T_2 弛豫特征参量与抗压强度 σ_c 、弹性模量 E 间的关系。结果表明不同煤岩体的 T_2 几何平均/ T_2 算术平均 (T_{2gm}/T_{2am})、有效连通孔隙的 T_2 几何平均/ T_2 算术平均 (T_{2gmf}/T_{2amf})、核磁孔隙率 φ_{NMR} 、 T_2 截止值分别与 σ_c 、 E 之间存在一定的线性关系, 表明自由状态下煤岩体孔裂隙体积与 φ_{NMR} 正相关, 与 T_2 截止值负相关, 相应的 σ_c 、 E 呈递减趋势, 这主要是因为孔隙尺寸较大时, 其内水分子与孔壁面接触碰撞所需的弛豫时间变长, 较大的有效连通孔占比致使 T_2 截止值减小, 所对应的基本力学强度大幅降低。在围压约束条件下, 部分试样的核磁特征参量与 σ_c 、 E 之间存在一定的非线性关系, 表明围压约束对力学参量的影响较大, 主要受原始孔裂隙结构面粗糙度及其应力敏感性等因素的影响, 影响核磁弛豫响应的复杂度增加。研究结果对于提升储层核磁评价准确性具有一定的现实指导意义。

关键词: 核磁弛豫; 压缩破坏; T_2 弛豫; 力学参量; 孔隙率