

低温对饱和多孔岩石动态 II 型断裂性质的影响

Effect of sub-zero temperature on dynamic mode II fracture properties of saturated porous rocks

徐颖 刘基业 林淞山 徐冉 姚伟*

Ying Xu¹ Jiye Liu¹ Songshan Lin¹ Ran Xu¹ Wei Yao^{1*}

(天津大学水利工程智能建设与运维全国重点实验室, 天津 300072)

(State Key Laboratory of Hydraulic Engineering Intelligent Construction and Operation, School of Civil Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

摘要: 研究高寒和北极地区岩石工程的动态 II 型 (剪切) 断裂性质至关重要。然而, 零下温度对岩石这些断裂参数的影响仍未被探索。因此, 本研究采用并制作了短岩心压缩试样 (SCC), 以研究多孔白砂岩 (WS) 在不同环境温度 (-55°C , -40°C , -25°C , -10°C , 0°C 和 20°C) 下的动态 II 型断裂参数。紧接着对饱和的多孔白砂岩 SCC 试样进行了测试, 并利用相同工况下干燥试样为对照组。采用配备了超高速摄影的低温 SHPB 系统对 SCC 试样进行动态试验。此外, 利用三维激光扫描对回收试样的断裂面进行了定量表征。结果表明:在不同的温度下, WS 试件的动态 II 型断裂韧性 (DFE) 和动态断裂能随加载率的增大而增大;在特定加载率下, 饱和 WS 的动态 II 型断裂韧性在 0°C 降至 -10°C 时呈现初始增长, 在 -25°C 时呈现下降趋势, 在 -25°C 以下继续下降, 最终再次增加。然而, 零下温度对干燥 WS 试样的 II 型断裂韧性影响较小。饱和和干燥 WS 试样的断口表面粗糙度随环境温度的变化趋势与断裂韧性的变化趋势一致。然而, 当温度高于 0°C 时, 饱和和干燥 WS 试件的 DFE 几乎相同。温度低于 0°C 时, 干燥 WS 试件的 DFE 大于饱和 WS 试件的 DFE。这些现象归因于孔隙中的水冰相变和微裂纹尖端孔隙冰的冲击融化。随着加载率的增加, SCC 试样的断裂面分形维数呈下降趋势, 这与动态破坏过程中发生穿晶断裂增加有关。

关键词: 零下温度; 短芯压缩 (SCC); 动态 II 型断裂韧性; 断口表面粗糙度; 断裂能