

冻融循环作用下花岗岩复合型动态断裂特性及准则研究

Mixed-mode dynamic fracture properties and criterion of granite under freeze-thaw treatment

崔芷慧¹ 戴峰¹ 刘焱¹ 魏明东¹

Zhihui Cui¹ Feng Dai¹ Yi Liu¹ Mingdong Wei¹

(1. 四川大学水利水电学院山区河流保护与治理全国重点实验室, 四川成都 610065)

(1. State Key Laboratory of Hydraulics and Mountain River Engineering, College of Water Resource and Hydropower, Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610065, China)

摘要: 高海拔或寒冷地区的岩体易受到冻融风化和复合型动态荷载的共同作用, 严重威胁着岩土工程的安全与稳定。本文采用分离式霍普金森压杆试验系统, 对不同复合型荷载条件和冻融循环次数下的直切槽半圆盘 (NSCB) 花岗岩试样进行了一系列动态断裂试验, 全面揭示了冻融循环处理和动态复合型加载条件对花岗岩断裂性能的影响, 包括有效断裂韧度、渐进破坏过程及断裂面宏观形貌。试验结果表明, NSCB 试样的动态有效断裂韧度具有加载率效应, 且在 I 型荷载占主导地位时加载率效应更为明显。此外, 动态有效断裂韧度随着冻融循环次数的增加而降低, 30 次冻融循环是其变化的拐点。所有复合型加载条件下的花岗岩试样均表现出弯曲的断裂路径, 在较高的冻融循环次数下, 裂纹扩展速度更快, 产生的微裂纹更多。通过三维扫描获得的断裂面宏观形貌表明, 断裂面的分形维数随着冻融循环次数的增加而增加, 并且在 II 型荷载占比较高的试样中变化增加更明显。此外, 本研究采用最大切向应力 (MTS) 准则和基于广义最大切向应力的半解析 (SA-GMTS) 准则比较了冻融循环处理后花岗岩在动态复合型荷载下的抗断裂性能。与 MTS 准则相比, SA-GMTS 准则与试验结果具有更合理的一致性, 均方根误差在 $\pm 7\%$ 以内。

关键词: 冻融作用; 动态断裂; I/II 复合型断裂; 直切槽半圆盘试样; 断裂准则