

围岩变形定量预测的能量损伤模型

Quantitative prediction of surrounding rock deformation via an energy-based damage model

宋丁然¹ 戴峰¹ 刘焱¹ 魏明东¹

Dingran Song¹ 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: 围岩变形被广泛认为是地下硐室稳定性分析中最关键的因素之一, 大变形对工程施工造成了极高的安全风险。本研究结合微震监测及数值模拟, 提出了一种新颖的基于能量的损伤模型, 用于定量评估围岩变形。首先, 在数值模型中根据微震事件震源位置和半径圈定出岩石损伤范围。其次, 引入地震效率计算不同微震事件的实际释放能量, 从单元应力信息和应力-应变曲线中得出总可释放能量密度和总储存能量密度。最后, 基于上述三种形式的能量提出了一种具有明确物理意义的新型损伤模型。该模型结合了数值建模和微震监测数据, 准确反映了震源参数与耗散能之间的关系, 在实际工程中具有很高的适用性。此外, 该模型全面反映了从原位应力状态到不同开挖阶段中围岩的定量损伤程度, 描述了岩石力学参数的实时劣化。为进行模型验证, 将其嵌入两河口地下厂房的三维数值模型中, 探究硐室围岩的变形行为。结果表明, 模拟位移场与从实时监测得到的震源参数分布及现场破坏一致。此外, 与未考虑损伤相比, 基于能量的损伤模型极大地提高了地下硐室变形预测的准确性。我们提出的方法为评估岩石劣化程度及定量分析围岩变形提供了可靠途径。

关键词: 围岩变形; 损伤模型; 能量耗散; 微震监测; 数值预测