

# 应力与水-岩耦合作用下灰岩时效损伤颗粒流模拟

## Particle flow simulation of limestone aging damage under stress and water-rock coupling

朱作祥<sup>1,2</sup> 骆祚森<sup>1,2</sup>

ZHU Zuo-xiang<sup>1,2</sup> LUO Zuo-sen<sup>1,2</sup>

(1. 三峡库区地质灾害教育部重点实验室(三峡大学), 湖北 宜昌 443002; 2. 三峡大学土木与建筑学院, 湖北 宜昌 443002)

(1. Key Laboratory of Geological Hazards in Three Gorges Reservoir Area, Ministry of Education (China Three Gorges University), Yichang 443002, China; 2. College of Civil Engineering & Architecture, China Three Gorges University, Yichang 443002, China)

**摘要:** 为探明上覆岩层重力和库水位周期性升降变化耦合作用下消落带岩体时效损伤机制, 基于颗粒流软件 PFC 中的平行黏结模型 (parallel bond model, PBM), 考虑水-岩作用对黏结的弱化和恒定应力下材料特性随时间的变化, 提出应力与水-岩耦合作用下灰岩时效损伤的离散元模拟方法, 并在室内试验基础上开展应力与水-岩耦合作用下灰岩时效损伤模拟。研究表明: 试样微裂纹扩展与应变规律相似, 可分为衰减扩展阶段、稳定扩展阶段和加速扩展阶段, 且随水-岩作用周期增加, 试样内部微裂纹逐渐扩展连通; 耦合作用后试样内微裂纹倾角如扇形分布, 随应力水平增加, 周期性水-岩作用后试样内微裂纹倾角分布逐渐分散, 倾角分布在 70°和 110°附近的微裂纹逐渐增加, 且试样的张性破坏减弱, 剪性破坏增强; 上覆应力越大, 试样内储存的胶结能越高, 时效变形稳定点胶结能愈趋近于胶结物最大储能最大值, 试样趋近破坏。提出的应力与水-岩耦合作用下灰岩时效损伤模拟方法具有较好的可行性, 为库岸边坡岩石在库水位升降影响下的模型研究提供理论基础。

**关键词:** 岩石力学; 水-岩作用; 时效损伤; 离散元法; 细观参数劣化