

SCCM20170006

连续-非连续数值模拟方法及其在岩土工程中的应用

李世海, 马照松, 冯春, 周东

(中国科学院力学研究所中国科学院流固耦合系统力学重点实验室, 北京 100190)

摘要: 连续-非连续单元方法 (Continuum Discontinuum Element Method, CDEM) 是一种基于广义拉格朗日方程基本框架的网格-粒子高度融合的显式数值求解方法。该方法将连续介质算法与非连续介质算法进行耦合, 利用块体表征材料的连续介质特性, 利用块体间的界面表征材料的非连续介质特性, 通过块体边界及块体内部的断裂, 实现材料渐进破坏过程的模拟。该方法不仅能模拟静、动力载荷下材料的弹性、塑性、损伤及断裂过程, 还可以模拟破碎后散体的运动、碰撞、流动及堆积过程。为了准确高效地计算单元中的应力状态, 提出了弹簧元模型及结构层模型; 为了准确刻画岩体材料的损伤演化及断裂过程, 提出了应变强度分布模型及单元内部断裂模型; 为了实现接触对的快速检索及接触力的精确计算, 提出了半弹簧-缩进边接触检测模型及无弹簧碰撞模型; 为了实现千万量级自由度工程尺度问题的高效模拟, 提出了基于 CUDA 的 GPU 并行模式及基于 MPI 的 CPU 并行模式。地质灾害全过程模拟、露天矿爆破开采方案优化模拟、煤矿地下开采过程模拟、隧道开采过程模拟、页岩水力压裂工艺模拟等工程实例的计算结果表明, CDEM 方法在模拟岩土工程问题时具有较大的优势。