

岩石破坏机理及节理裂隙分布尺度效应的非线性动力学分析与应用

刘传孝

(山东科技大学 资源与环境工程学院, 山东 青岛 266510)

博士学位论文摘要: 通过 MTS 系统、扫描电镜和光学电子显微镜等岩石力学实验研究, 抽象出砂岩全应力-应变实验曲线的 3 种典型形态, 从断裂损伤角度探讨了岩石节理裂隙微观、细观和宏观破坏的机理联系。提出了圆与正方形相耦合的分形维数计算方法和相空间重构时滞判定的功率谱分析法, 将该方法应用于岩石节理裂隙分布尺度效应研究和混沌动力学评价 TDS 准则的建立; 同时, 补充了非线性动力学研究的基础理论与方法。运用分形理论分析砂岩跨越尺度界限的微、细、宏观节理裂隙分布特征, 得到了砂岩节理裂隙分布的无标度区域, 为解决岩石断裂机理的尺度效应问题提供了可行途径。在无标度区域建立了定量描述岩体结构的节理裂隙分布(条数)预测模型, 并将该预测模型应用于岩石破坏机理的离散单元法研究。通过岩石力学实验建立了混沌动力学评价岩石节理裂隙系统破坏的 TDS 准则数学模型, 在一定程度上克服了 Wolf 方法判定混沌动力学指标鲁棒性较差的局限。提出岩石全应力-应变曲线的二分法原则, 应用混沌动力学评价 TDS 准则定性研究了砂岩全应力-应变曲线的分段特征, 运用 Kolmogorov 熵理论实现了岩石节理裂隙贯通与否的定量判别, 并尝试应用于岩石强度准则的研究。基于断裂力学理论及能量余法建立坚硬顶板及三维顺层滑坡系统的运动方程, 运用混沌动力学评价 TDS 准则分析运动方程的稳定性, 得到了资源开采活动对坚硬顶板系统稳定性的扰动规律和三维顺层滑坡体阻尼敏感的系统效应。混沌动力学理论与 3DEC 反演建模相结合, 研究坚硬顶板运动的阶段特征, 由此可以控制坚硬顶板从冲击性整体运动向周期性分段运动转化, 并实现对其运动状态的短时预测。将混沌动力学评价 TDS 准则应用于现场顺层滑坡的稳定性评价, 得到阶段 Kolmogorov 熵值的升高是滑坡体稳定性状态突变时机及临界状态预测的关键, 证明了从能量角度分析与预测滑坡系统运动状态这一方法是可行的。

关键词: 岩石力学; 破坏机理; 节理裂隙; 尺度效应; 非线性动力学; 分形; 混沌; 3DEC

中图分类号: TU 45

文献标识码: A

文章编号: 1000-6915(2005)22-4202-01

ANALYSIS AND APPLICATION OF ROCK DAMAGE MECHANISM AND SCALE EFFECT ON JOINTS DISTRIBUTION WITH NONLINEAR DYNAMICS

LIU Chuan-xiao

(College of Resources and Environmental Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266510, China)

收稿日期: 2005-09-12

作者简介: 刘传孝(1970-), 男, 2005年于山东科技大学资源与环境工程学院获工学博士学位, 导师为蒋金泉教授, 现为副教授, 主要从事非线性动力学、计算力学、岩土力学与工程等方面的教学与研究工作。E-mail: lchuanx@163.com.