



全国中文核心期刊

中国百强报刊

ISSN 1000-6915\*

中国科协精品期刊

湖北



CODEN YLGXF5

中国最具国际影响力学术

QK2034005

录期刊

# 岩石力学与工程学报

## CHINESE JOURNAL OF ROCK MECHANICS AND ENGINEERING

第39卷 第6期 (总第367期)

Vol.39 No.6(Total No.367)



CSRME

# 6

# 2020

ISSN 1000-6915



9 771000 691208

06>

中国岩石力学与工程学会 主办

科学出版社 出版



# 岩石力学与工程学报

2020年6月1日 第39卷 第6期(总第367期)

## 目次

预制裂隙花岗岩动静组合加载力学特性和破坏规律试验研究 ..... 李地元, 胡楚维, 朱泉企 (1081)

冻融循环作用下中部锁固岩桥破坏试验研究 ..... 乔 趁, 李长洪, 王 宇, 颜丙乾 (1094)

含不同节理倾角深部巷道砂岩 SHPB 动态力学破坏特性试验研究 ..... 马芹永, 苏晴晴, 马冬冬, 袁 璞 (1104)

高温与不同水压下深部砂岩渗透特性试验研究 ..... 张培森, 赵成业, 侯季群, 李腾辉 (1117)

高温三轴应力作用下油页岩的渗透特征各向异性演化规律实验研究 ..... 王国营, 杨 栋, 康志勤 (1129)

颗粒离散元法工程应用的三大问题探讨 ..... 刘 春, 乐天呈, 施 斌, 朱 遥 (1142)

岩石结构面形貌分级方法及两级粗糙特性研究 ..... 黄 曼, 洪陈杰, 杜时贵, 罗战友, 张国柱 (1153)

显微工业 CT 的受载煤样裂隙动态演化特征与分形规律研究 .....  
..... 王登科, 曾凡超, 王建国, 魏建平, 蒋志刚, 王小兵, 张 平, 于 充 (1165)

不同加载率作用下双材料巴西圆盘动态抗拉强度试验研究 .....  
..... 邱 豪, 朱哲明, 张人凡, 王 蒙, 王 飞, 罗才松, 王兴渝 (1175)

水压致裂地应力测量中系统柔度影响试验研究 .....  
..... 秦向辉, 陈群策, 赵星光, 张重远, 孙东生, 孟 文, 丰成君, 王 斌, 杨跃辉 (1189)

煤岩微观相态 FCN 智能识别与分形重构 ..... 薛东杰, 唐麟淳, 王 傲, 易海洋, 张 弛, 耿传庆, 周宏伟 (1203)

岩石-钢纤维混凝土复合层动态压缩性能试验研究 ..... 陈 猛, 王 浩, 齐 迈, 李 艺, 王述红, 王二磊 (1222)

基于 CUDA 的 JPCG 并行算法求解三维 DDA 方程组 ..... 王占学, 杨 军, 倪克松, 甯尤军 (1231)

### 土工基础

干湿循环作用下压实黄土动强度性质试验研究 ..... 王铁行, 郝延周, 汪 朝, 程 磊, 李江乐 (1242)

饱和砂土中直群桩动力响应离心机振动台试验与简化数值模型研究 ..... 李雨润, 闫志晓, 张 健, 黄 达 (1252)

有限数据条件下空间变异岩土力学参数随机反演分析及比较 ..... 蒋水华, 刘 源, 张小波, 黄劲松, 周创兵 (1265)

结构性黏土界面模型在 FLAC<sup>3D</sup> 中的开发及隧道施工数值模拟 ..... 柳军修, 尹振宇, 杨 杰, 朱 妹 (1277)

砂质卵砾石力学行为与颗粒破碎的试验研究 ..... 王永鑫, 邵生俊, 王 智 (1287)

### 动态

下期内容预告 ..... (1264)

责任编辑: 陶 婧 排版: 易开珍

# Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering

Vol. 39, No. 6 (Total No. 367) June 1, 2020

## CONTENTS

- Experimental study on mechanical properties and failure laws of granite with an artificial flaw under coupled static and dynamic loads ..... *LI Diyuan, HU Chuwei, ZHU Quanqi* (1081)
- Experimental study on failure of central rock bridge under freeze-thaw cycle .....  
..... *QIAO Chen, LI Changhong, WANG Yu, YAN Bingqian* (1094)
- SHPB experimental study on dynamic characteristics and failure behaviors of sandstone containing weakly filled joints with various angles in deep roadways ..... *MA Qinyong, SU Qingqing, MA Dongdong, YUAN Pu* (1104)
- Experimental study on seepage characteristics of deep sandstone under high temperature and different hydraulic pressures .....  
..... *ZHANG Peisen, ZHAO Chengye, HOU Jiqun, LI Tenghui* (1117)
- Experimental study on anisotropic permeability of oil shale under high temperature and triaxial stress .....  
..... *WANG Guoying, YANG Dong, KANG Zhiqin* (1129)
- Discussion on three major problems of engineering application of the particle discrete element method .....  
..... *LIU Chun, LE Tiancheng, SHI Bin, ZHU Yao* (1142)
- Study on morphological classification method and two-order roughness of rock joints .....  
..... *HUANG Man, HONG Chenjie, DU Shigui, LUO Zhanyou, ZHANG Guozhu* (1153)
- Dynamic evolution characteristics and fractal law of loaded coal fractures by micro industrial CT ..... *WANG Dengke,*  
..... *ZENG Fanchao, WANG Jianguo, WEI Jianping, JIANG Zhigang, WANG Xiaobing, ZHANG Ping, YU Chong* (1165)
- Experimental study on dynamic tensile strength of bimaterial Brazilian disc under different loading rates .....  
..... *QIU Hao, ZHU Zheming, ZHANG Renfan, WANG Meng, WANG Fei, LUO Caisong, WANG Xingyu* (1175)
- Experimental study on the crucial effect of test system compliance on hydraulic fracturing in-situ stress measurements .....  
..... *QIN Xianghui, CHEN Qunce, ZHAO Xingguang,*  
..... *ZHANG Chongyuan, SUN Dongsheng, MENG Wen, FENG Chengjun, WANG Bin, YANG Yuehui* (1189)
- FCN-based intelligent identification and fractal reconstruction of pore-fracture network in coal by micro CT scanning .....  
..... *XUE Dongjie, TANG Qichun, WANG Ao, YI Haiyang, ZHANG Chi, GENG Chuanqing, ZHOU Hongwei* (1203)
- Experimental study on dynamic compressive properties of composite layers of rock and steel fiber reinforced concrete .....  
..... *CHEN Meng, WANG Hao, QI Mai, LI Yi, WANG Shuhong, WANG Erlei* (1222)
- CUDA-based JPCG parallel solution algorithm for 3D-DDA global equations .....  
..... *WANG Zhanxue, YANG Jun, NI Kesong, NING Youjun* (1231)
- Experimental study on dynamic strength properties of compacted loess under wetting-drying cycles .....  
..... *WANG Tiehang, HAO Yanzhou, WANG Zhao, CHENG Lei, LI Jiangle* (1242)
- Centrifugal shaking table test and numerical simulation of dynamic responses of straight pile group in saturated sand .....  
..... *LI Yurun, YAN Zhixiao, ZHANG Jian, HUANG Da* (1252)
- Stochastic back analysis and comparison of spatially varying geotechnical mechanical parameters based on limited data .....  
..... *JIANG Shuihua, LIU Yuan, ZHANG Xiaobo, HUANG Jinsong, ZHOU Chuangbing* (1265)
- Implementation of a bounding surface model of structured clays in FLAC<sup>3D</sup> and numerical simulation of tunnel construction .....  
..... *LIU Junxiu, YIN Zhenyu, YANG Jie, ZHU Shu* (1277)
- Experimental study on mechanical behaviors and particle breakage of sandy gravel .....  
..... *WANG Yongxin, SHAO Shengjun, WANG Zhi* (1287)

Editor: TAO Jing      Typist: YI Kaizhen



# ITASCA系列软件在流固耦合问题中的应用

流体流动及其作用一直是岩土体工程领域的难点问题之一，除水力条件外，其影响主要与由应力条件、岩土体细观结构和宏观裂隙构造等主要因素决定的渗透特性相关，表现为多尺度（时间和空间）化的复杂非线性流固耦合问题。

等效连续介质模型、离散介质模型和综合以上两者特点形成的双重介质模型构成了ITASCA系列软件解决流固耦合问题的理论基础：

- 等效连续介质模型：以FLAC系列软件为代表，基于经典Boit固结理论描述耦合作用过程；
- 双重介质模型：利用平板立方定律模拟流体在裂隙中的流动过程，同时纳入Boit理论考虑流体在岩块中的滤失效应。双重介质模型成为DEC、PFC和XSite软件流固耦合模拟技术的模型依据，除合理描述岩体构造特征外，可真实模拟水力作用引致破裂的萌生和扩展过程。

在工程与科研实践中，应依据问题特点和时间与空间尺度特征选择相适宜的模型及分析软件。

FLAC工程应用	DEC/PFC工程应用	XSite综合应用
<p><b>FLAC工程应用</b></p> <p>右岸 拱坝 右岸</p> <p>重点构造中的水力分布</p> <p>周宁抽蓄电站边坡运行期稳定性 白鹤滩电站坝址区边坡运行期稳定性</p> <p>问题特点：边坡岩体渗透特性的各向异性描述；基于Boit理论模拟大型地质构造中的流体流动。</p> <p>水力致裂分析<sup>[1]</sup></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>一段四簇压裂效果评价</li> <li>分析地层分布和应力阴影效应对压裂缝扩展行为和形态的影响</li> </ol> <p>水力压裂裂缝</p> <p>蓄水期土石坝坝体深部破裂</p> <p>水力压裂裂缝</p>	<p><b>DEC/PFC工程应用</b></p> <p>Prop HF 50 <math>T_{inj} = 13.38 \text{ sec}</math></p> <p>Prop HF 80 <math>T_{inj} = 19.73 \text{ sec}</math></p> <p>Prop HF 110 <math>T_{inj} = 11.06 \text{ sec}</math></p> <p>Prop HF 140 <math>T_{inj} = 17.98 \text{ sec}</math></p> <p>问题特点：建立油藏尺度含优势裂隙的3DEC地层模型；依据产能指标比选压裂参数。</p> <p>天然裂隙对压裂裂缝的扩展影响机制研究<sup>[2]</sup>；FLAC-PFC耦合分析；单条、多条天然裂隙条件，重点考虑裂缝方位、地层性质等因素影响</p>	<p><b>XSite综合应用</b></p> <p>实验室尺度</p> <p>射孔尺度</p> <p>油气藏尺度</p> <p>定向射孔</p> <p>Tristim射孔</p> <p>立体图</p> <p>俯视图</p> <p>问题特点：多尺度、多因素水压致裂裂缝扩展机制综合研究<sup>[3]</sup></p>

[1] DISSL D, WANG W, RAMOS J, et al. Hydraulic fracture multi-cluster simulation using FLAC<sup>3D</sup>[C]// Proceedings of the 5th International Itasca Symposium. Minneapolis: Itasca, 2020(to be pressed).

[2] ZHANG F, DONTSOV E, MACK M. Fully coupled simulation of a hydraulic fracture interacting-with natural fractures with a hybrid discrete - continuum method[J]. International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics, 2017, 41(13): 1430-1452.

[3] 黄刘科. 基于离散元方法的致密储层水压致裂裂缝扩展机制研究[博士学位论文][D]. 成都: 西南石油大学, 2019.



更多内容，请关注ITASCA官方公众号