**申报2025年中国岩石力学与工程学会自然科学奖项目公示**

一、项目名称：离散晶格数值计算理论及应用

二、提名单位（提名专家）：岩体物理数学模拟专业委员会

三、提名类型及提名等级：自然科学一等奖

四、项目简介

在中组部高层次人才计划、科技部国家重点研发计划及国家自然科学基金等的持续资助下，团队历时十余年，成功实现从离散数值计算理论创新到工程应用的全链条突破，取得的创新性成果如下：

1、**开创了离散晶格数值计算理论**。首次将四维空间相互作用引入固体计算力学，解决了泊松比限制及诺贝尔物理学奖获得者玻恩于1912年提出的非中心相互作用的不稳定性问题，统一了大变形与小变形问题的求解方法；提出了离散晶格模型的纤维应力张量计算公式和键变形塑性分离计算公式，统一了离散本构与连续本构的求解框架，使离散晶格法在复杂非线性岩石力学问题求解中获得了比FEM与DEM等主流数值方法更加稳定、准确的结果。

2、**提出了离散晶格数值耦合方法**。提出了基于粒子的流形方法及显隐耦合求解算法，成功实现了离散晶格法、非连续变形分析方法和流形元（有限元）的耦合；发展了离散晶格法与电磁热力有限元、LBM等不同方法的耦合方法，实现了激光和微波辅助破岩的定量分析；建立了从试验数据到数值模拟参数的通用优化方法，实现了物理试验与数值计算的有效融合。

3、**研制了离散晶格高性能数值软件。**提出了新型并行分区优化算法及动态子模型分析算法，在国产CPU、操作系统和超算平台上构建了4D-LSM动力学并行求解器，其计算效率优于国外主流软件LS-DYNA；突破了10亿单元规模的地下军火库原位爆炸试验动力学计算瓶颈，成功应用于我国核废料处置工程竖井爆破方案优化分析，解决了国外商业软件LS-DYNA尚无法处理的实际工程问题。

项目8篇代表作均发表在领域内TOP与权威期刊，Scopus他引552次，得到了中、美、英等国30余位院士、国际学会主席的正面引用和积极评价。项目组成员受邀在国内外重要学术会议上就新理论和新方法做主题和特邀报告20余次。项目成果应用于多个国家重大工程，进一步检验了原创理论的优越性，得到了现场施工单位和设计单位的高度认可。第一完成人于2019年当选国际岩石力学学会DDA专委会主席，2021年当选岩石力学领域国际权威期刊IJRMMS副主编（中科院1区Top），2022年入选全球前2%顶尖科学家，2023年获我国首个国际岩石力学学会最佳专业委员会奖，2024年获中国岩石力学与工程学会钱七虎奖。项目成员入选国家青年人才、教育部长江学者特聘教授、国家杰出青年基金，并获澳大利亚青年研究者奖等荣誉。

五、全部完成人姓名（含顺序）

赵高峰，赵毅鑫，练继建，宫凤强，陈祖煜

六、全部完成人情况

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 排名 | 完成人 | 职称 | 现工作单位 | 成果完成单位 | 对本项目的主要贡献 |
| 1 | 赵高峰 | 教授 | 天津大学 | 天津大学 | 作为本项目负责人，对发现点1、2、3均有重要贡献，是代表作1、2、3、4、6、8的第一或通讯作者，同时是代表作5，7的共同作者，主要贡献有：1.开创了基于四维空间膜假设的离散晶格模型，解决了经典晶格方法的材料非线性表征历史瓶颈，促进了晶格方法的工程应用和验证；2.提出了离散晶格耦合计算方法，实现了离散数值方法与不同数值方法及物理试验装备的深度结合；3.研发了离散晶格高性能数值计算软件，为岩石工程前沿问题的预测分析提供了工具。 |
| 2 | 赵毅鑫 | 教授 | 中国矿业大学（北京） | 中国矿业大学（北京） | 项目骨干，对发现点2有重要贡献，是代表作5的第一作者，代表作4的共同作者，主要贡献包括：1.建立了基于CT的DLSM数值模型重构和材料赋值方法；2.通过离散晶格方法与三点弯动态冲击试验结合解释了冲击荷载与准静态荷载作用下煤岩的三维裂纹面形态演化规律。 |
| 3 | 练继建 | 教授 | 天津理工大学 | 天津大学 | 项目骨干，对发现点2有重要贡献，是代表作7的第一作者以及代表作2的共同作者。主要贡献包括：1.提出了离散晶格法考虑三维非连续面的隐式算法；2.建立了离散晶格法与多相LBM的流固耦合方法。 |
| 4 | 宫凤强 | 教授 | 东南大学 | 中南大学 | 项目骨干，对发现点2有重要贡献，是代表作6的第一作者。主要贡献包括：1.实现了离散晶格与霍普金森杆耦合法，揭示了砂岩的间接拉伸强度受率效应的影响；2.建立了新的经验方程来描述砂岩间接拉伸强度的动态影响，为离散晶格法模拟岩石动态破坏提供了本构基础。 |
| 5 | 陈祖煜 | 教授级高工 | 中国水利水电科学研究院 | 中国水利水电科学研究院 | 项目骨干，对发现点3有重要贡献，是代表作7的共同作者。主要贡献包括：1.提出了考虑三维非连续面离散晶格法的重力增加算法，并实现了对岩石节理边坡倾倒破坏的重力离心试验数值模拟分析；2.建立了岩石节理开裂的离散晶格本构及参数选取方法。 |

七、全部完成单位名称（含顺序）

天津大学、中国矿业大学（北京）、中南大学、中国水利水电科学研究院

八、成果目录

|  |  |
| --- | --- |
| 1 | Developing a four-dimensional lattice spring model for mechanical responses of solids  Zhao, Gaofeng  Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering  Year:2017 Volume:315 Page:881-895  Doi:10.1016/j.cma.2016.11.034 |
| 2 | Implementation of a modified Drucker–Prager model in the lattice spring model for plasticity and fracture  Zhao, Gaofeng; Lian, Jijian; Russell, Adrain; Khalili, N.  Computers and Geotechnics  Year:2019 Volume:107 Page:97-109  Doi:10.1016/j.compgeo.2018.11.021 |
| 3 | Experimental and numerical investigation of laser-induced rock damage and the implications for laser-assisted rock cutting  Rui, Fuxin; Zhao, Gaofeng  International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences  Year:2021 Volume:139  Doi:10.1016/j.ijrmms.2021.104653 |
| 4 | Investigation of Dynamic Crack Coalescence Using a Gypsum-Like 3D Printing Material  Jiang, Chao; Zhao, Gaofeng; Zhu, Jianbo; Zhao, Yixin; Shen, Luming  Rock Mechanics and Rock Engineering  Year:2016 Volume:49 Issue:10 Page:3983-3998  Doi:10.1007/s00603-016-0967-3 |
| 5 | Experimental and numerical modelling investigation on fracturing in coal under impact loads  Zhao, Yixin; Zhao, Gaofeng; Jiang, Yaodong  International Journal of Fracture  Year:2013 Volume:183 Issue:1 Page:63-80  Doi:10.1007/s10704-013-9876-6 |
| 6 | Dynamic Indirect Tensile Strength of Sandstone Under Different Loading Rates  Gong, Fengqiang; Zhao, Gaofeng  Rock Mechanics and Rock Engineering  Year:2014 Volume:47 Issue:6 Page:2271-2278  Doi:10.1007/s00603-013-0503-7 |
| 7 | A Numerical Study on Toppling Failure of a Jointed Rock Slope by Using the Distinct Lattice Spring Model  Lian, Jijian; Li, Qin; Deng, Xifei; Zhao, Gaofeng; Chen, Zuyu  Rock Mechanics and Rock Engineering  Year:2018 Volume:51 Issue:2 Page:513-530  Doi:10.1007/s00603-017-1323-y |
| 8 | Acoustic emission uncovers thermal damage evolution of rock  Zhang, Yuliang; Zhao, Gaofeng; Li, Qin  International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences  Year:2020 Volume:132  Doi:10.1016/j.ijrmms.2020.104388 |