

超声波振动场诱导球状粒子超高频冲击破岩新技术

Novel hard rock breaking technique using ultra-high-frequency particle impact induced by ultrasonic vibration field

周宇^{1,6} 吕文俊¹ 张程³ 周子涵² 王洪宇⁴ 梁秦源⁵ 唐琼琼¹ 韩观胜¹ 郭威³ 赵大军³
*Yu Zhou^{1,6} Wenjun Lv¹ Cheng Zhang³ Zihan Zhou² Hongyu Wang⁴ Qinyuan Liang⁵ Qiongqiong Tang¹
 Guansheng Han¹ Wei Guo³ Dajun Zhao³*

(1. 绍兴文理学院浙江省岩石力学与地质灾害重点实验室, 浙江绍兴, 312000;

2. 清华大学土木水利学院, 北京 100084;

3. 吉林大学复杂条件钻采技术重点实验室, 吉林长春, 130012;

4. 河北工业大学土木与交通学院, 天津, 300401;

5. 长安大学长安大学地质工程与测绘学院, 陕西西安, 710054;

6. 苏州大学轨道交通学院, 江苏苏州, 215031)

(1. Key Laboratory of Rock Mechanics and Geohazards of Zhejiang Province, Shaoxing University, Shaoxing, 312000, China;

2. Department of Civil Engineering, Tsinghua University, Beijing, 100084, China;

3. Complex Condition Drilling Experiment Center, Jilin University, Changchun, 130012, China;

4. School of Civil and Transportation Engineering, Hebei University of Technology, Tianjin, 300401, China;

5. School of Geological Engineering and Geomatics, Chang'an University, Xi'an, Shaanxi, 710054, China;

6. School of Rail Transportation, Soochow University, Suzhou, 215031, China)

摘要: 随着地下空间开发深度的不断增加及对非爆破岩法需求的快速增长, 科研人员正在持续研发新型高效破碎岩石技术。受动力冲击理论及粒子射流技术启发, 本文提出了超声振动场诱导球状粒子超高频冲击破岩技术 (UPIRB): 在保留超声波振动碎岩技术 (UVRB) 超高频优势的前提下, 借助小尺寸球状粒子与岩石之间的点接触方式大幅提高了应力水平, 最终产生了超高频、高幅值的冲击应力。通过开展室内及离散元数值模拟试验, 比较了所提出 UPIRB 和传统 UVRB 技术的破岩效率, 并初步揭示了 UPIRB 的碎岩机理。结果表明, 得益于球状粒子的小接触面积, UPIRB 具有传统 UVRB 无法比拟的优势: 冲击应力水平及破岩效率都提升了超 10 倍, 可实现针对极硬岩 (单轴抗压强度 238.5 MPa) 的瞬间弱化效果 (在加载瞬间即产生大量粉尘及破碎坑), 且不存在 UVRB 技术的尺寸效应缺陷 (尺寸越大, 效率越低)。本文所研发的新型高效辅助碎岩技术为深地空间开发及深部能源开采领域提供了一种新的选择。

关键词: 非爆破岩法; 超高频粒子冲击碎岩; 超声波振动; 碎岩效率; 极硬岩