
地质地球所在近震断层动态弱化现象的岩体工程地质力学研究中获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/3416.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

地质地球所在近震断层动态弱化现象的岩体工程地质力学研究中获进展。地壳浅表层岩体中含有大量不同尺度的非连续结构面，如断层、节理等。在长期复杂的地质作用下，断层、节理等通常被断层泥、石英砂等散体材料充填，形成充填结构面。岩体工程地质力学研究发现，充填结构面作为岩体中的软弱界面对地震应力波的传播和岩体的稳定性具有重要影响。实际地震监测资料揭示地震应力波传播到近震断层时其能量显著衰减，同时可使近震断层发生动态弱化，诱发二次地震。前人提出声致流化理论(acoustic fluidization)来解释近震断层的动态弱化过程，指出当地震应力波的频率接近于断层的自振频率时，充填物质内部可产生共振声压，断层的有效法向应力降低，充填物质从固态转化为流态，断层的变形模量(刚度)和剪切强度迅速降低，同时该过程又反馈影响地震应力波的传播。然而，声致流化效应是否近震断层动态弱化的唯一原因，至今仍有疑问。

中国科学院地质与地球物理研究所页岩气与地质工程重点实验室工程地质动力学学科组博士后黄晓林所在的祁生文研究团队，从岩体工程地质力学角度出发，对充填结构面的动态弱化过程及其对应力波传播的反馈影响规律开展了深入系统的研究。

首先，他们设计了充填结构面压缩变形试验，发现当压缩应力从0逐渐升高时，充填颗粒逐渐被压密，其形貌保持不变(如图1a)，此时充填结构面发生初始应变硬化变形，其刚度非线性增加;当压缩应力超过临界值时，充填颗粒被压碎细粒化，且随着压缩应力的增加破碎颗粒数量逐渐增多(如图1b-图1d)，此时充填结构面发生应变软化变形，其刚度非线性减小;当压缩应力超过一定值时，随着压缩应力继续增加，破碎颗粒的数量基本不变(如图1e-图1f)，此时充填结构面发生二次应变硬化变形，其刚度再次非线性增加。

然后，他们对充填结构面的压缩变形过程进行定量刻画，发现前人提出的基于单调双曲函数的Bandis-Barton(B-B)模型只能刻画充填结构面的初始应变硬化变形过程。为刻画充填结构发生初始应变硬化—应变软化—二次应变硬化三阶段的压缩变形过程，建立了基于分段双曲函数的修正Bandis-Barton(MB-B)模型，通过拟合试验数据发现该模型具有较好的刻画效果。

最后，他们基于建立的本构模型提出了压缩应力波与充填结构面耦合互馈作用理论模型，并结合充填结构面动力响应分离式霍普金森压杆(SHPB)试验进行深入分析，发现压缩应力波通过充填结构面的透射系数并不随应力波幅值(PPV)增大而单调增加，而是在PPV超过3 m/s后透射系数急剧减小(如图2)，该异常现象与结构面刚度急剧降低密切相关，因而从侧面反映了充填结构面发生了动态弱化，究其原因是充填颗粒被压碎发生了应变软化变形。通过对比SHPB试验结果和理

论预测结果表明，MB-B模型较B-B模型能更好地刻画压缩应力波作用下充填结构面的动态弱化过程及其对应力波传播的反馈影响规律。

通过以上研究，他们发现除声致流化作用外，充填颗粒的压碎变形效应也能引起充填结构面的动态弱化，并给出了定量刻画模型，从岩体工程地质力学的全新角度丰富了对近震断层动态弱化过程和机理的认识。

研究成果发表于Journal of Geophysical Research: Solid Earth。

论文信息：Huang X, Qi S, Xia K, et al. Particle crushing of a filled fracture during compression and its effect on stress wave propagation[J]. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 2018, 123: 5559 – 5587. DOI: 10.1029/2018JB016001。

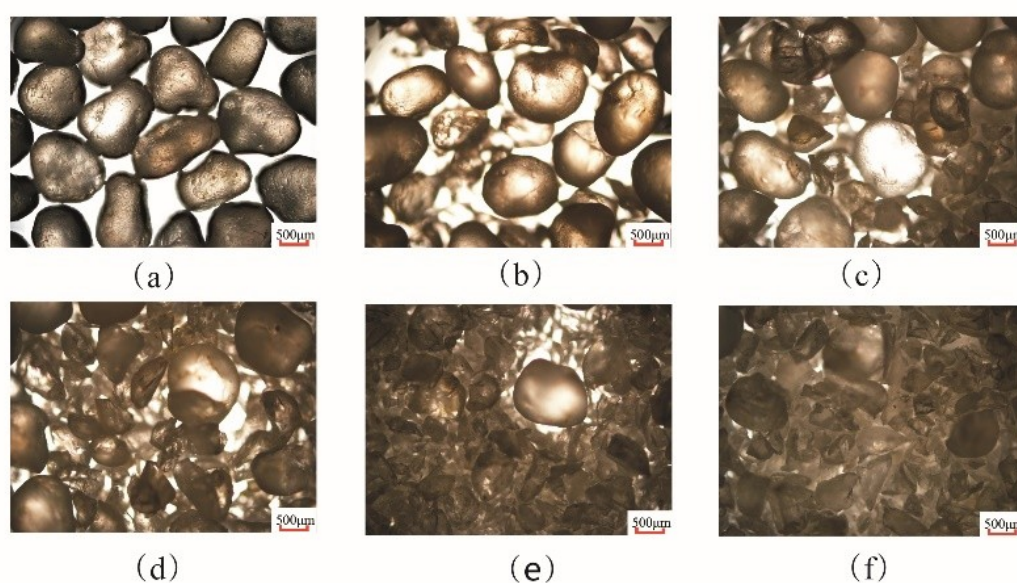


图1 不同压缩应力作用后充填颗粒的形貌变化。(a) 20 MPa;(b) 30 MPa;(c)40 MPa;(d) 50 MPa;(e) 60 MPa;(f) 80 MPa

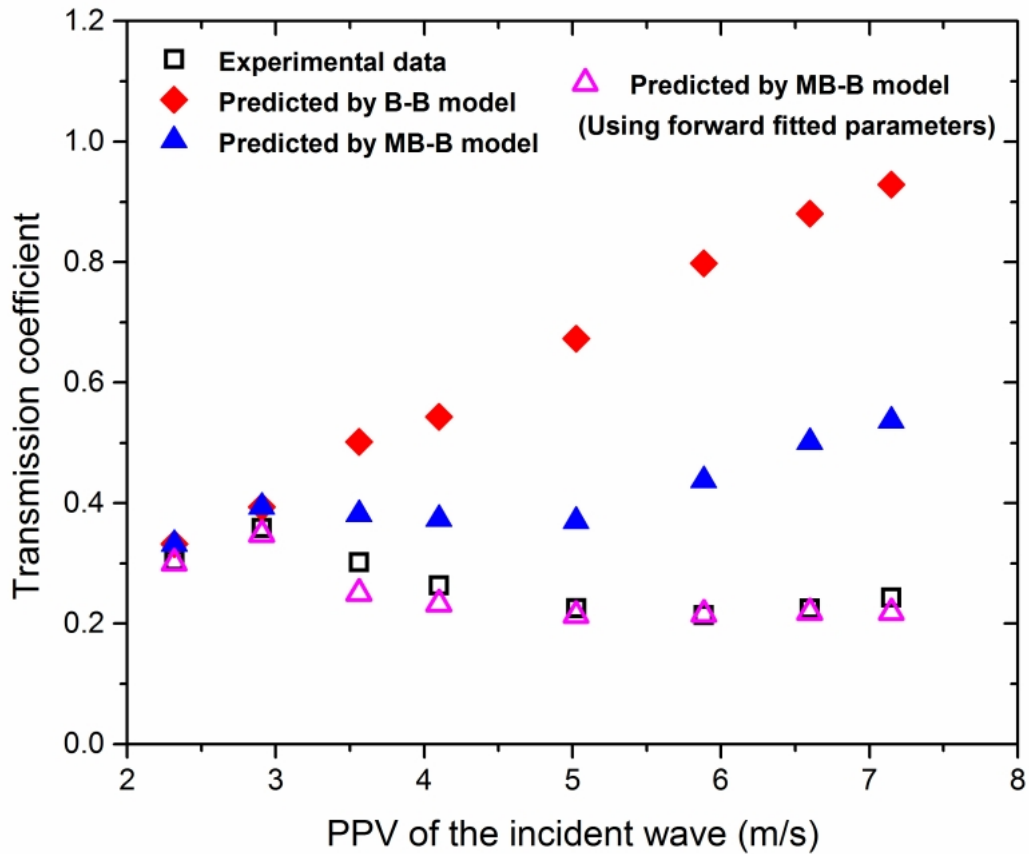


图2 SHPB试验得到的压缩应力波通过充填结构面后透射系数随应力波幅值(PPV：峰值质点速度)的变化规律，以及分别根据B-B模型和MB-B模型的预测结果

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发