
力学所等提出非晶态固体剪切带失稳的弹性判据

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/18175.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！

剪切带是一类在自然和工程领域广泛存在的塑性变形局部化失稳现象。本征上，具有特征尺度的剪切带是一种远离热力学平衡的准定态耗散结构，其涌现与演化是多时空、多过程耦合的高度非线性过程。历经百余年研究，研究发现剪切带失稳的物理起源除经典的绝热软化机制外，还可能是某种形式的结构软化。非晶态固体由于长程无序结构极易发生剪切带失稳，其物理机制源于自由体积局域聚集的结构软化，即雷诺体胀（Reynolds dilatancy）。然而，这类体胀剪切带又被归因于原子或粒子集团以Eshelby“剪切转变”（shear transformation, ST）模式重排引起的非局域弹性效应。如何协调非晶态固体剪切带失稳的局域和非局域机制，是该领域长期未能解决的科学问题。中国科学院力学研究所研究员蒋敏强与大连交通大学教授吕云卓等合作，关于上述问题的研究取得了重要进展。

研究以一种真实的三维胶体玻璃为非晶态固体模型体系，开展了不同应变率条件下的简单剪切实验。研究发现，随着应变率提高，固体变形呈现从均匀到剪切带模式的非均匀转变。研究计算粒子尺度剪切应变和自由体积的空间自关联函数，首次完整得到了ST事件引起的弹性剪切场和体胀场。这两种弹性场在空间上可解耦为强关联的核心区和弱关联的外场；前者服从指数衰减，而后者服从幂律衰减。研究分析弹性场的率相关性发现，当且仅当体胀场的强关联尺度小于剪切全场的关联尺度时，剪切带才能从无序结构中涌现。这一弹性准则表明，只有当ST产生的自由体积被束缚在其弹性剪切场范围内，这些ST事件才有机会以类似雪崩的方式自组装形成剪切带；否则，ST事件将在空间上均匀成核并最终贡献均匀变形。研究通过在实空间追踪粒子的协同重排和体胀直接观察到上述两种ST动力学模式。这些实验发现协调了自由体积的局域效应和剪切转变的非局域效应，从而统一了历史上关于非晶态固体剪切带的两种经典模型。

近日，相关研究成果以Elastic criterion for shear banding instability in amorphous solids为题，发表在Physical Review E

上。研究工作得到国家杰出青年科学基金、国家自然科学基金“非线性力学的多尺度问题”基础科学中心项目/重点项目等的支持。

[论文链接](#)

图2.弹性剪切场（a）和体胀场（b）的应变率相关空间衰减分析

研究团队单位：力学研究所

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