
力学所等在非球形粒子系统玻璃化转变的临界现象研究中获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/12485.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！

玻璃化转变的本质是纯动态的或是热力学转变，是凝聚态物理的难题和争论热点。许多研究试图寻找结构-动力学关联性，支持玻璃化转变的热力学现象的观点，主要包括：（1）某种局域结构（如球形粒子系统的局部多面体）与动力学量之间的空间相关性；（2）随动力学变慢而增长的静态空间尺度。然而，这两种方法都缺乏定量表征和理论依据。

Nature

Materials

报道了玻璃化转变中结构关联尺度和涨落的伊辛临界行为，提供了热力学性质的定量依据。然而，这种玻璃化系统中的临界现象具有较多争议，因为它依赖于球形粒子组成的局部至中间尺度的晶体结构，而多数玻璃材料不是由球体组成的，且没有晶体结构序。

中国科学院力学研究所微重力实验室科研人员和香港科技大学合作，首次探索了非球形粒子玻璃化转变的临界行为。该系统由单层胶体椭球组成，不存在球形粒子系统中的局部晶体结构或其他多面体结构，具有优异的玻璃形成能力，为研究玻璃化转变的临界行为和结构动力学相关性提供了更普适的条件。

通过实验和模拟研究，科研人员观察到

理想玻璃化转变点 f_0

的类伊辛临界行为，以及模式耦合转变点 f_c

的非伊辛临界行为。伊辛临界存在于静态结构（局域最稳结构和局部结构熵）和动态量（缓慢移动粒子），对应一种热力学转变；非伊辛临界性只存在于快速运动粒子的动态量，对应一种动态转变。研究表明不同长径比的椭球体及平动和转动自由度，均具有相同的规律。这种非球形玻璃化系统的伊辛临界行为可根据P W Anderson的two-state model定性解释。

该工作对玻璃化转变的其他热点问题进行了研究：（1）寻找动态不均性的结构起源是玻璃化研究的一个主要方向。研究发现，低结构熵很好地对应于慢速弛豫运动，且广泛适用于球体或非球体组成的系统，而文献中常用的局部结构（如各种多面体）只存在于某些球体系统中。（2）已有研究发现玻璃化转变过程中，动力学量发散于 f_c 或 f_0 ，导致“动力学关联长度如何在两个不同温度下发散？”的问题。研究表明，基于快速粒子的动力学量在 f_c 发散，基于慢速粒子的动力学量在 f_0 发散，这种基于两种不同时间尺度的动态量，提供了更全面的玻璃化动力学的描述。（3）Fragility是玻璃化系统的重要性质，研究发现，具有更强各向异性的粒子可降低玻璃化系统的fragility，

与球形粒子相比，显著提高了玻璃形成能力。

相关研究成果发表在Science Advances上。

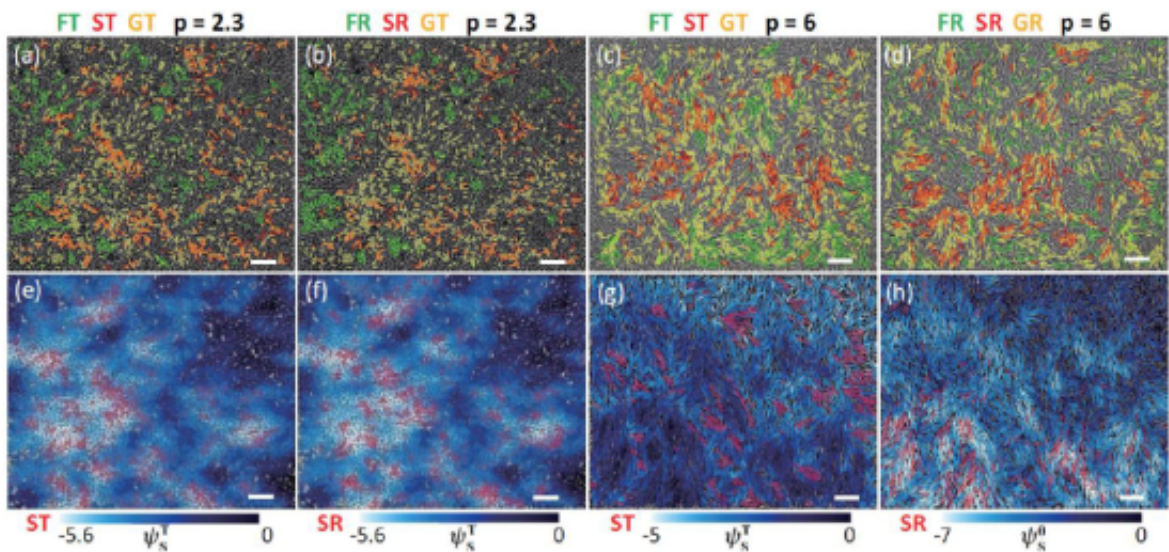


图1: 快速 (F)、慢速 (S) 团簇、局域稳态结构 (G) 和结构熵 ψ_S 的空间关联 (T: 平移, R, θ : 转动)。长径比 $p=2.3$ 粒子: ST 和 SR 团簇都与 GT 团簇和低 ψ_S^T 区域正关联; $p=6.0$ 粒子: ST、SR 团簇分别与 GT 团簇和低 ψ_S^T 区域、GR 团簇和低 ψ_S^R 区域正关联, 且平移和转动负相关。比例尺: $20\mu\text{m}$ 。

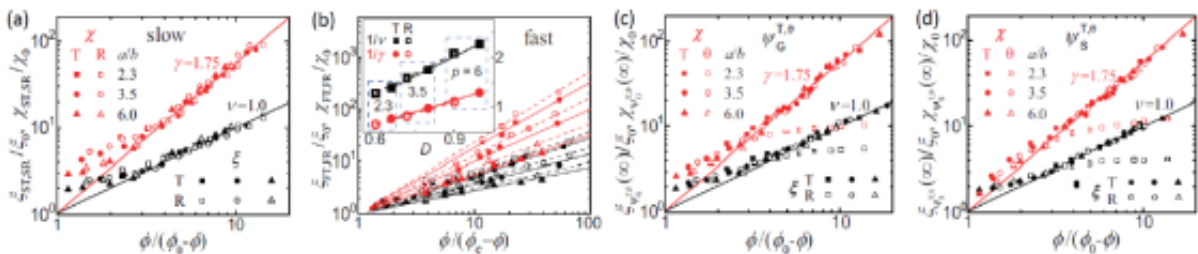


图2: 动态协同弛豫和静态结构的类临界行为。(a) 慢速团簇、(b) 快速团簇、(c) 玻璃序参数和 (d) 局部结构熵的平均尺度 ξ 和涨落 χ , 分别折叠在两条拟合函数 $\xi = \xi_0 [\phi / (\phi_{c,0} - \phi)]^\nu$ and $\chi = \chi_0 [\phi / (\phi_{c,0} - \phi)]^\gamma$ 。对于慢速团簇和静态结构量, $\nu=1$ 和 $\gamma=1.75$ 对应于二维伊辛普适性类。(b) 插图: 快速团簇的 $1/\nu$ 和 $1/\gamma$ 随脆性指数 D 线性增加。

力学所等在非球形粒子系统玻璃化转变的临界现象研究中取得进展

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/>

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