
物理所在玻璃材料断裂的空穴失稳机制研究中取得进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/13762.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！

脆性是玻璃的突出特征之一，灾难性的脆性断裂制约了玻璃更广泛的应用。研究玻璃失稳断裂机理有助于玻璃自身力学性能的优化，并对认识无序系统的力学失稳提供科学指导。传统玻璃态材料（如氧化物玻璃）被认为是理想的脆性材料，根据经典的固体断裂力学理论，其脆性断裂是通过原子键的依次断裂进行，不发生原子的塑性流动。然而，近年来许多研究提出，传统脆性玻璃有可能在微观尺度上发生塑性流动的观点。关于玻璃断裂时能否发生塑性变形是学术界长期争议的基本科学问题。

金属玻璃（又称非晶合金）具有优异的力学性能，是研究玻璃态材料失稳断裂的模型体系。金属玻璃断裂表面上可以呈现出丰富的、多尺度的图案特征。近年来，科研人员在许多金属玻璃的断面上发现了纳米尺度的周期性条纹。对这些断面特征的研究挑战了传统断裂理论的认识，并揭示出远离平衡态的无序固体体系力学失稳的复杂性和有序性。断面图案特征的形成和裂纹在玻璃固体中的形成和扩展过程密切相关。但触发灾难性脆断的裂纹如何起源、扩展，已经成为非晶态物理和材料领域内亟需回答的根本性问题之一。目前，大量的理论和模拟工作预言了金属玻璃断裂过程中的空穴（cavitation）行为，意识到空穴形成可能是主导金属玻璃甚至其他非晶体系失稳断裂的潜在机制。空穴化或孔洞聚集是塑性材料延性断裂的典型特征，但是否存在于以金属玻璃为代表的玻璃态材料的宏观脆性断裂中尚未得到确切的实验证实。

中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家研究中心极端条件物理重点实验室博士生沈来权（现为松山湖材料实验室博士后）在研究员白海洋、副研究员孙保安和中科院院士、研究员汪卫华的联合指导下，首次实验证实了玻璃材料断裂的空穴失稳机制。基于自主设计的倾斜压痕断裂方法，结合原子力显微技术实现了对金属玻璃裂纹扩展的高精度测量，在国际上首次实验观测到金属玻璃裂纹尖端的空穴化，揭示出空穴主导的裂纹扩展机制，呈现了以纳米孔洞形核、长大、连接有序进行的裂纹扩展方式（图1）。另外，实验给出了裂纹形貌由离散的孔洞到周期性纳米起伏结构的演化过程（图2），阐明了金属玻璃断裂表面上观察到的周期性纳米条纹形貌的起源，即断裂过程中有序进行的空穴行为。进一步的观测发现，对于典型的高分子玻璃（塑料）和氧化物玻璃（二氧化硅）均可表现出空穴失稳诱导的断面周期性纳米结构（图3），说明不同玻璃体系断裂行为的共性和空穴失稳机制的普遍性。研究揭示的隐藏在玻璃灾难性断裂下的纳米空穴化现象澄清了学术界的长期争议，明确了玻璃材料宏观脆性断裂过程中纳米尺度塑性流动的存在。

玻璃断裂空穴行为的发现，为理解非晶态材料等无序复杂体系的力学失稳奠定了实验基础，并为优化设计玻璃材料的力学性能提供了新思路。

相关研究成果在线发表在Science

Advances

上。沈来权为论文第一作者，白海洋和孙保安为论文共同通讯作者。研究工作得到中科院战略性先导科技专项、国家自然科学基金、国家重点研发计划和广东省自然科学基金等的支持。

[论文链接](#)

图1.金属玻璃中空穴主导的裂纹扩展机制。裂纹扩展以纳米孔洞的形核、长大、连接有序进行。

图3.高分子玻璃和氧化物玻璃中空穴行为诱导的断面周期性纳米结构图案。

研究团队单位：物理研究所

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