

---

# 中国科大在非平衡刚性逾渗研究中取得进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/10248.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！**

中国科学技术大学物理学院徐宁教授研究组和邓友金教授研究组合作，在堵塞（Jamming）转变对应  
的刚性逾渗研究中取得进展。6月24日，相关研究成果在线发表在《物理评论快报》（Physical Review Letters）上。

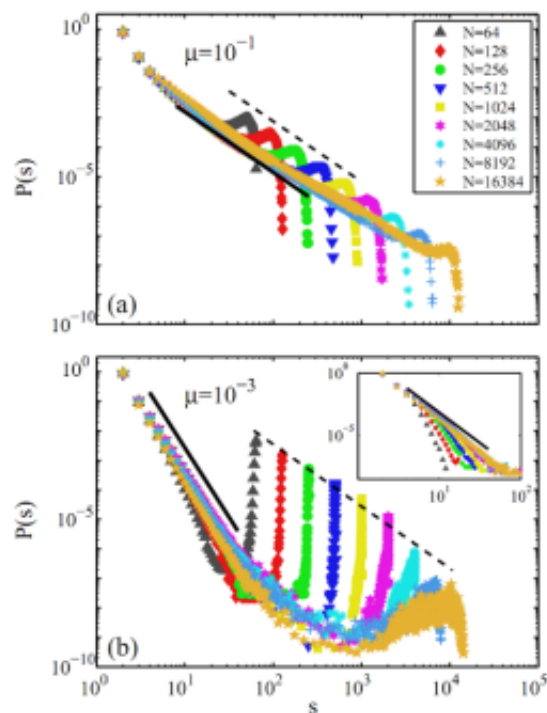
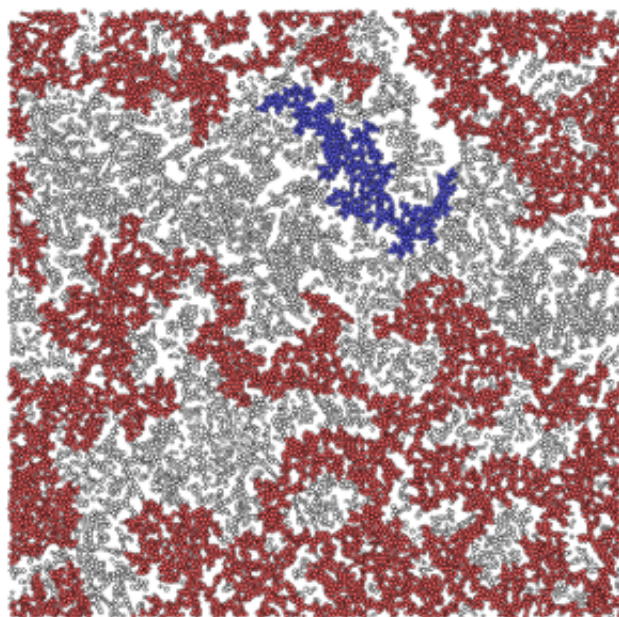
逾渗（Percolation）最初用来表征流体在多孔无序介质中的流动：当空隙被随机堵塞到一定程度时，流体在多孔介质中停止流动而发生逾渗相变。逾渗相变在很多体系中都会出现，是一类普遍存在的临界现象。热力学平衡体系的逾渗已形成相对成熟的理论体系，然而，非平衡体系的逾渗仍呈现出一些特异的行为。

堵塞转变是一类典型的非平衡液-固转变。大量有短程相互作用的颗粒在堆积密度增大的情况下，会发生堵塞转变，使无刚性、颗粒无束缚的疏松非堵塞“液”态转变为有刚性的堵塞固态。对于具有纯排斥相互作用的颗粒，刚性在堵塞转变处的发生是不连续的，呈现出一级相变的特性。然而，如果给颗粒再附加上吸引相互作用，这种刚性产生的相变性质是否会发生变化？在吸引力消失的极限下是否会趋于纯排斥体系的非连续相变？因为实际体系中存在一些吸引相互作用，相比于纯排斥体系，对有吸引力存在的堵塞转变的表征更具有实际意义。

在有吸引力存在的情况下，堵塞转变呈现出刚性逾渗（Rigidity Percolation）相变的特性。研究发现，这种非平衡刚性逾渗相变会呈现与平衡体系不同的行为。当吸引力程较长时，堵塞转变仍表现出与平衡体系的刚性逾渗类似的行为，临界指数满足传统的超标度关系。当吸引力程较短时，通常用来表征刚性集团大小分布的指数会出现两个不同的值，分别对应于最大集团和其他集团。两类集团呈现出不同的指数，它们仍有相同的分形维数。随着体系的增大，两类集团都在增长并在热力学极限下趋于发散，却呈现出不同的增长速度，表明体系中存在两个不同的尺度。通常平衡体系的刚性逾渗相变存在单一发散的尺度，在非平衡堵塞转变的刚性逾渗的表征中出现双尺度是个出乎意料的结果。基于双尺度的发现，研究团队提出了一个新的、一般性的超标度关系，可以用来解释双尺度的出现所带来的传统超标度关系的破坏。研究进一步表明，只要有吸引存在，堵塞转变对应的逾渗都是连续相变，因此，在吸引力趋于零的极限下，堵塞转变的性质与纯排斥体系有本质上的差异。该工作提供了研究非平衡逾渗的新素材，对于理解堵塞转变的本质有重要意义。

审稿人评论，“该工作向着全面理解堵塞转变迈出了实质性的一步，并对于其他与逾渗相变相关的问题有潜在的影响”。论文的第一作者是王宇川，邓友金和徐宁是共同通讯作者。研究工作得到国家自然科学基金委、科技部的支持。

[论文链接](#)



左图为发生刚性逾渗的颗粒堵塞态示意图，红色和蓝色为第一、二大刚性集团。右图为（a）较长和（b）较短吸引力情况下刚性集团大小 $s$ 的分布，对于较长的吸引，有单一分布指数，而较短吸引有两个不同的指数，暗示两个不同尺度的存在。

研究团队单位：中国科学技术大学

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](#)转发