
惯性活性物质中的集群相分离研究获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/36453.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！

惯性活性物质中的集群相分离研究获进展

。集群现象是一类特殊的集体运动，广泛存在于自然界与人工系统。以往研究通常忽略惯性效应，其动力学是过阻尼的。然而，在宏观尺度上，无论是空中的昆虫、地上的动物，还是未来大规模部署的机器人集群，惯性都在其运动中发挥重要作用。

近日，中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家研究中心，在实验上构建了由成千上万个毫米级的铁磁小球组成，且被限制在一个水平放置的环形跑道的惯性活性物质实验系统。

在这一系统中，当跑道中滚珠的面积分数超过临界密度后，系统自发成核产生一个高密度、高极化的“集群”。该集群作为一个整体在稀疏的气相中定向传播。这一新现象称为“集群相分离”，是Toner-Tu理论预测的三种群集斑图之一。该现象具有如下特征：均匀体相与尖锐界面，即集群内部和气相内部的密度和速度均匀，在交界处发生突变进而形成清晰界面；杠杆定律，即增加总密度只线性地增加集群长度，符合经典一级相变的杠杆定律；一级相变证据，即改变磁场频率观测到明显的滞后回线；相图特征，即实验明确各相的存在区域；正常粒子数涨落，即粒子数涨落是正常的（标准差与均值平方根成正比）。

同时，集群相分离展现出较多平衡系统中不可能存在的特性。一是类激波传播与粒子交换：集群的传播速度大于集群内个体的平均速度，满足Rankine-Hugoniot跳跃条件；粒子在集群前端被“捕获”，在尾部被“释放”。二是有效温度失衡：集群相中粒子运动速度更快，但其有效温度比无序的气相低一个数量级。

这一研究建立了粒子模型，通过“关闭”相互作用发现：磁偶极-偶极相互作用对集群相分离形成并非必需，而关闭碰撞中的非弹性耗散，集群相分离则完全无法形成。这表明，非弹性碰撞是速度对齐和集群形成的关键。两个粒子碰撞实验揭示了正反馈回路：局部密度升高→碰撞更频繁→速度对齐更有效→形成更快的定向运动→该快速集群可更有效从前方气相中“扫入”粒子→局部密度进一步升高。这与运动诱导相分离“越密越慢”反馈机制不同。

相关研究成果作为封面文章，发表在《物理评论快报》（*Physical Review Letters*

）上。研究工作得到国家自然科学基金、国家重点研发计划和中国科学院相关项目的支持。

[论文链接](#)

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