

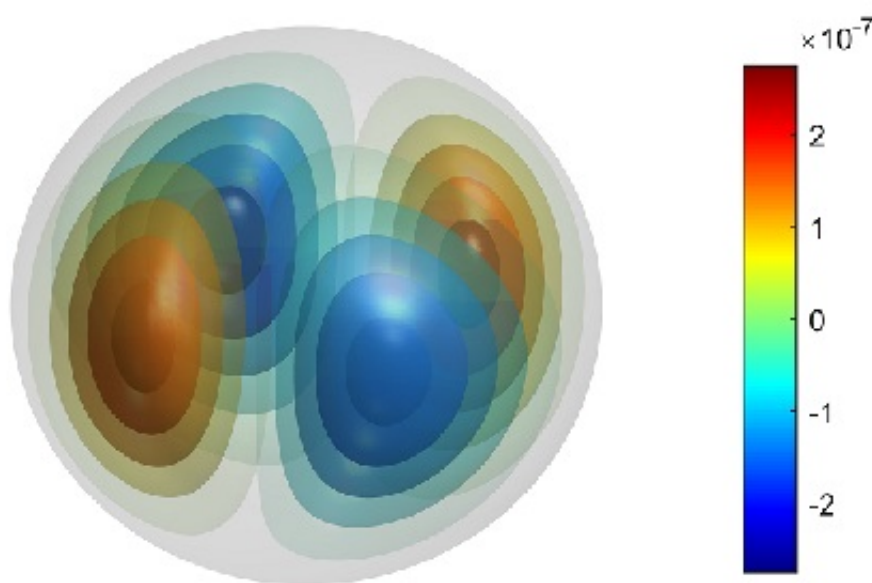
科学家首次找到“旋转椭球天体”热不稳定判据

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/20640.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！

科学家首次找到“旋转椭球天体”热不稳定判据。中科院上海天文台研究人员通过理论推导，深入分析了处于旋转自引力平衡的椭球Boussinesq流体中的热不稳定性问题，首次得到快速旋转椭球形天体内部流体热不稳定性的判据，这一理论不仅可以直接用于理解木星与土星这样显著非球形行星内部的对流动力学，甚至可能被用于研究黑洞吸积盘等极端扁平的旋转流体系统。10月28日，相关研究在《流体物理评论》上发表，并被美国物理学会选为媒体推荐成果。



椭球流体内线性热不稳定三维数值模拟 受访者供图

包括吸积盘、恒星、行星在内，宇宙中的天体绝大多数主要由流体构成。吸积盘和恒星由炽热的等离子体组成，木星和土星这样的巨行星主要由氢氦气体组成，即使对于地球这样的岩石行星，地壳之下绝大部分的地幔和地核也是流动的。中科院上海天文台研究员孔大力告诉《中国科学报》，这些流体是否运动、如何运动对天体来说是至关重要的，甚至是决定天体命运和面貌的。

比如我们地球有活跃的地质构造运动，比如火山、地震、板块，就是因为地球的地核与地幔都是非常活跃运动的;而月球、火星都是死气沉沉的行星，也主要可以归因为它们内部已经失去了强烈的流体运动。

引起天体内部流体运动的因素众多，其中最重要的因素叫热对流机制。

孔大力介绍说，热对流在我们的日常生活里是很常见的一个现象，比如烧热水，随着水壶底部温度升高，热水向上涌，这个过程中热量就逐渐从底部传到整个水壶。与此类似，天体内部热、外部冷，如果内外温差过大，就会驱动热对流发生，这在流体力学上被称作发生热不稳定性。

因此，天体中热不稳定性怎样才能发生?不同情况下的热对流有怎样不同的特征?就成为了延续几十年的经典科学问题，吸引了一批有一批科学家投入其中。但迄今为止，所有研究都忽略了天体由于自转产生的离心力而形成的非球形形状，因此这一系列基于球形近似条件所获得的研究结论的合理性和有效性从未得到任何理论或数值分析的检验。

在快速旋转非球形稳定分层模型的基础上，孔大力指导澳门科技大学月球与行星科学国家重点实验室博士研究生李文博，运用全局渐进展开的分析手段，深入分析了处于旋转自引力平衡的椭球 Boussinesq 流体中的热不稳定性问题，首次获得了全局热对流线性临界模式和临界参数的解析解，并系统地探讨了非球形形状与对流动力学分岔性质之间的联系。

我们首次严格考虑天体快速自转产生了偏离球形的形状，通过理论分析和数值模拟回答了上面的两个经典科学问题，系统地研究了椭球扁率(也就是天体自转速率的不同)对热不稳定性发生条件的控制作用。李文博说，而在这个工作之前，没有任何一个方法或模型有能力研究扁椭球的天体，没有任何学者能判断天体的非球形形状会如何影响热对流运动。

研究结果证明，对于像木星这样的快速自转且扁率较大的行星，非球形旋转对流的临界参数与球形近似下的结果相比，会出现大幅度变化。孔大力表示，如果严格采用与天体自转相自洽的非球形模型，很多快速自转行星与恒星内部的对流输运效率会与前人的预期相差很大。

鉴于此，美国物理学会在媒体推荐信息中指出：像木星与土星这样快速旋转的行星，它们会很显著地偏离球形。因此研究扁椭球流体中的热不稳定性就会帮助研究理解这些行星中的对流过程。同时，这一新方法甚至可能帮助探索黑洞吸积盘这种极其扁的盘状系统。(来源：中国科学报 张双虎 黄辛)

相关论文信息：<https://doi.org/10.1103/PhysRevFluids.7.103502>

作者：孔大力等 来源：《流体物理评论》

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