
上海天文台旋转天体内部动力学研究取得进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/19143.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！

近日，中国科学院上海天文台研究员孔大力在旋转天体内部动力学研究中取得突破性进展，揭示了几何形状是建立流体的旋转稳定分层模型的重要因素。这一成果为探索椭球几何中旋转对流不稳定性提供了必要的背景参考态，并对大质量辐射平衡恒星的演化研究具有重要意义。相关研究成果已被Physical Review Fluids正式接收。

恒星与行星的内部既存在对流区（convective zone），普遍存在稳定分层（stable stratification），譬如大质量恒星的外部辐射包层、中小质量恒星的中心辐射区、气态行星内部重元素富集核心、类地行星的核幔边界层以及行星中高层大气等。在这些稳定分层中可能存在较差自转（differential rotation）、子午环流（meridional circulation）、热风（thermal wind）等多种类型的流体运动。这些流动可能进一步产生湍流（turbulence）、化学组分混合（mixing）甚至是磁场发电机过程（dynamo），因此，对恒星与行星的能量传递、物质输运和演化路径会产生重要影响。

1924年，von Zeipel首次推导了快速旋转辐射平衡恒星内部保持稳定静态的条件，称为von Zeipel定理。金斯和爱丁顿认为真实的旋转恒星不可能满足该定理，因此恒星辐射区内必须存在流动，称为Eddington-Sweet流动。由于很难清晰解释这种流动的形态及其动力学机制，Öpik称其为von Zeipel佯谬。1981年，Busse证明了Eddington-Sweet流动并不能在比较长的时标下存在。此后，一系列研究逐渐展示了斜压状态（baroclinic state）是恒星与行星内部稳定分层区域内产生较差自转、子午环流和湍流的原因。20世纪90年代后，这种斜压流动机制被广泛地应用于恒星和气态行星演化模型的计算中。

本研究通过理论推导与数值计算深入分析了旋转稳定分层流体内的斜压条件。研究发现，较多前期研究为了方便分析，忽略旋转离心力的影响，因而近似采用球形形状来描述一颗恒星。在这样的建模方式下，流体内部的斜压性显著，导致强烈的较差自转、湍流甚至是磁流体发电机机制。孔大力表示，对于一颗旋转的天体，离心力使它由球形变成一个稍有些扁的椭球，研究证明这是一个不可以轻易忽略或近似的条件。如果严格采用与天体自转相自洽的非球形模型，斜压条件就会消失。因此，恒星辐射平衡区域和气态行星重元素核内的流体运动远弱于此前的理论预期。该研究意味着现有的恒星演化或气态行星内部动力学理论存在缺陷，有待于进一步的理论修正与观测验证。

[论文链接](#)

研究团队单位：上海天文台

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