

LAMOST 助力揭示超短周期行星系统随时间演化规律

近日，南京大学天文与空间科学学院的系外行星课题组基于国家天文台负责运行的国家重大科技基础设施—郭守敬望远镜（LAMOST）巡天数据，同时结合其他国际观测数据，成功测定了超短周期行星的年龄分布，首次揭示了超短周期行星系统的出现率与轨道构型随年龄的演化规律，为超短周期行星的形成与演化研究提供了全新的关键线索。该项成果于 2025 年 4 月 28 日发表于国际期刊《自然·天文学》。南京大学博士研究生涂培玮是文章第一作者，谢基伟教授为通讯作者。

超短周期（Ultra-Short-Period, USP）行星物质组成成分与地球相似，但轨道周期不足 24 小时，在极近距离围绕恒星公转，表面温度可超过 2000 K，堪称名副其实的“熔岩世界”（Lava World）。这类在太阳系中完全“缺席”，颠覆传统认知的极端行星，对基于太阳系的传统行星形成演化理论构成了巨大挑战，其起源和演化至今仍是未解之谜。

主流理论认为，超短周期行星是从更远的位置通过某种机制迁移至短周期轨道，可能的机制主要有以下三种：

盘迁移：行星在与原行星盘的相互作用下，于数百万年内（原行星盘一般存在时标为数百万年）向内迁移。

高偏心率迁移：行星因动力学扰动被激发至高偏心率轨道从而在轨道近星点附近受潮汐耗散作用使得轨道不断圆化，最终在近星点附近形成孤立且高倾角（偏心率的激发一般伴随轨道倾角的激发）的超短周期行星。取决于轨道激发的快慢，该过程可经历数百万年至数亿年。

低偏心率迁移：行星通过与其他行星的相互作用维持较低偏心率，在持续的潮汐耗散过程中缓慢向内迁移，此过程可长达数十亿年。

由于不同迁移机制的时标存在差异，且这些机制塑造的轨道构型特征各不相同，研究该类行星的出现率与轨道构型随时间的变化规律，成为揭示其形成过程的关键突破口。

利用估计年龄的运动学方法，研究团队首先借助 LAMOST 和 Gaia 观测数据，计算出行星系统宿主恒星的运动学参数和运动学年龄。研究发现，相较于热木星和其他短周期小质量行星，超短周期行星的宿主恒星运动速度更大，位于银河系厚盘中的比例更高，且年龄更老。也就是说，与其他短周期行星相比，超短周期行星的宿主恒星更加年老、运动学上更“热”。

研究团队进一步分析，得出了超短周期行星系统的出现率随年龄的演化规律，发现超短周期行星系统的出现率随年龄增长而上升（图 1）。这一发现表明，大多数超短周期行星可能是在数十亿年之后形成的，不太可能以极早期形成模型（如盘迁移模型）为主要形成途径。

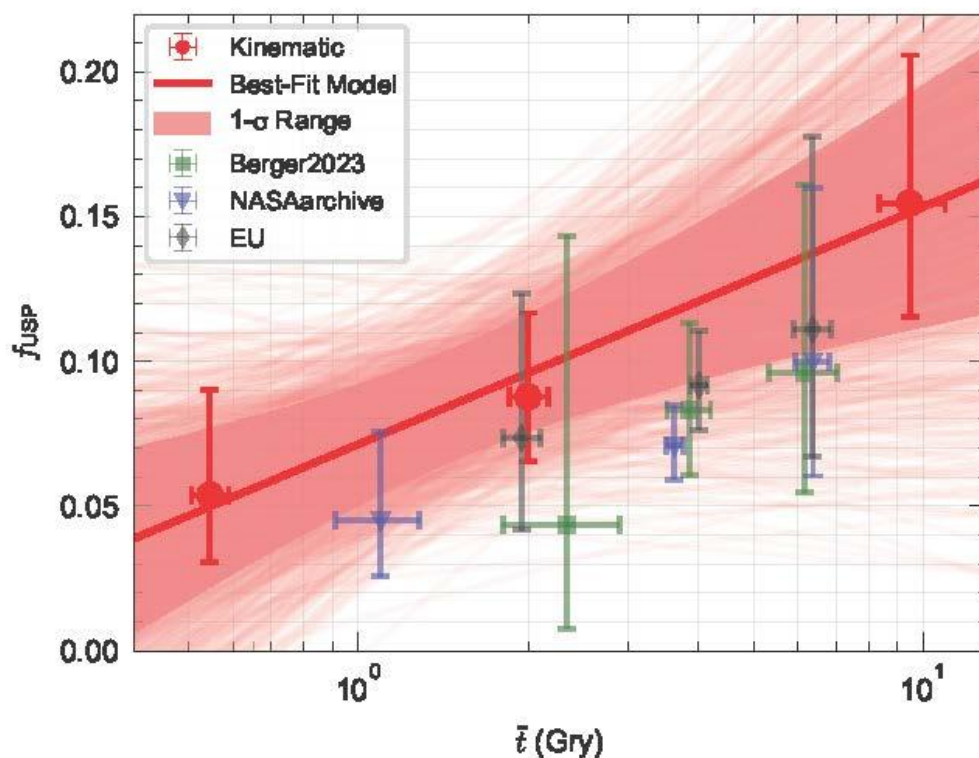


图 1：超短周期行星出现率随年龄的演化规律。

此外，研究团队还揭示了超短周期行星系统的轨道构型随年龄的演化规律：年轻与年老的短周期小质量行星系统中最内侧行星的周期分布存在差异，年老子样本在 1-2 天周期处呈现“凹陷-堆积”特征。此外，年老子样本通常比年轻子样本具有更大的轨道间距。特别地，在年轻的超短周期行星样本中，多凌星系统的比例较低，这暗示着年轻的超短周期行星系统可能具有较高的相互倾角和/或更少的邻近伴星。

上述超短周期行星系统的出现率与轨道构型的年龄依赖性表明，超短周期行星通过潮汐耗散驱动的轨道迁移在数十亿年时间尺度上持续形成，且较年轻与较年老的超短周期行星分别源自不同的潮汐迁移路径（高偏心率迁移和低偏心率迁移）。这些研究结果勾勒出了超短周期行星的形成机制和潮汐演化的整体图像。

该项研究得到了国家重点研发计划、国家自然科学基金以及 LAMOST 重大成果培育项目的支持。

论文链接：<https://www.nature.com/articles/s41550-025-02539-1>

我国天文学家发现罕见的超钱德拉塞卡双星系统

近日，由中国科学院国家天文台、中国科学院大学、云南天文台、西华师范大学的科研人员以及匈牙利天文学家组成的国际研究团队，在 LAMOST 光谱数据中发现了一颗罕见的、与生俱来的超大质量白矮星-热亚矮星超钱德拉塞卡双星系统。该成果于 4 月 22 日发表于《中国科学：物理 力学 天文学》(SCIENCE CHINA Physics, Mechanics & Astronomy)，此项研究支持了白矮星双星演化末期可能存在新的演化路径，并为中子星形成通道提供了新的可能性。这对中子星、Ia 型超新星等理论和观测研究都具有重要意义。

在这项研究中，研究团队基于 LAMOST 的光谱数据以及通过望远镜获取计划 (TAP) 得到的帕洛玛天文台五米海尔望远镜观测数据和兴隆观测站 2.16 米望远镜等数据，结合其他开放观测数据库，成功证认了一颗极为罕见的、与生俱来的超大质量白矮星-热亚矮星超钱德拉塞卡双星系统——Lan11。通过覆盖这个双星系统轨道周期的光谱和测光观测数据，研究团队得以描绘出这个恒星系统的具体模样：它由两颗恒星组成，我们接收到的光信号来自其中一颗被称为热亚矮星的演化晚期恒星，质量在 0.52-0.65 倍太阳质量之间。观测发现这颗恒星的形状并不是通常的球形，而呈现椭球形，暗示着它旁边隐藏着一个很难观测到的尺寸很小但质量很大的致密天体。精确的测量显示这个无法看到的天体质量在 1.07-1.35 倍太阳质量之间，半径应远远小于正常恒星。这些信息都表明这个致密天体应该是一颗罕见的大质量白矮星，其核心很可能充满了氧和氦，通常被称为 ONe 白矮星。这个双星系统的总质量达到了 1.67-1.92 倍太阳质量，远超过钱德拉塞卡极限（大约 1.4 倍太阳质量）。这是利用光学手段观测到的质量最大的热亚矮星-白矮星系统。理论推测，这个系统因不断释放引力波而将在 5-5.4 亿年以后合并。通常情况下，包含白矮星的双星系统如果总质量超过钱德拉塞卡极限，合并后会形成超新星爆发。但也有例外，如果这颗白矮星是一颗 ONe 白矮星，那么合并产生的能量会被电子俘获过程吸收，不能形成爆炸，而经由 AIC 事件直接坍缩形成一颗中子星。理论预测，它早期包括一颗质量约 5-8 倍太阳质量的恒星，通过单星演化过程快速形成了一颗 ONe 白矮星，而不是通常看到的通过吸积伴星质量产生的。这也是目前看到的唯一一个与生俱来的 ONe 白矮星。之后通过共有包层演化，热亚矮星前身星的包层被剥离掉，裸露出炽热的核心，形成现在的热亚矮星。

此项研究是基于我国 LAMOST 巡天进行选源，再通过 TAP 计划获得国际大中型望远镜开展后续观测的一个典型案例，展示了对稀有天体观测研究而言，LAMOST 利用其海量光谱库进行初筛，再使用大中型精测望远镜进行证认的高效观测研究路径。它不仅体现了 LAMOST 巡天的大样本能力，也体现了大中型精测望远镜的不可替代性。

文章链接：<https://www.sciengine.com/SCPMA/doi/10.1007/s11433-024-2630-x>

观测运行部工作情况

4 月, LAMOST 共观测了 79 个天区。理论观测时间为 270 小时, 实际观测时间为 153.26 小时, 占理论观测时间的 56.76%。受兴隆观测站天气原因*影响, 共 115.99 小时未能观测, 占理论观测时间的 42.96%。望远镜仪器故障时间为 0.75 小时。

(天气原因*: 包括雨雪、大风、阴天、沙尘、多云等)

科学巡天部工作情况

✓ 二维光谱数据处理分析软件的运行和维护;

✓ 完成正式巡天日常观测计划的制定, 4 月实际观测计划执行情况如下:

低分辨率非时域天区: 14 个 VB 天区;
32 个 BM 天区; 低分辨率时域天区: 0 个; 中分辨率天区: 33 个; 测试天区: 0 个; 共计 79 个。

(VB 代表 10m-14m 及部分 14m-15m 的较亮天区;
BM 代表 14m-17.8m 的天区。)

数据处理部工作情况

- ✓ 一维光谱数据处理分析软件的运行和维护;
- ✓ 完成 LAMOST DR13 Q2 数据发布事宜;
- ✓ 结合 DESI 巡天光谱数据产品, 提升 LAMOST 数据产品质量。

技术维护与发展部工作情况

主动光学和 MA 机架跟踪电控系统日常自检测试和维护; 子镜干冰清洁维护、镜面测试片、4000 根光纤头清洁维护及反射率测量; 6 块金基紫外增强型反射镜清洁维护和反射率测量; 子镜日常巡检、圆顶除湿机过滤网清洁维护及温湿度等日常巡检和记录; MA 镜罩轨道及镜室框架罩壳清洁维护; 镀膜机、镀膜超净间维护保养。

光谱仪日常自检和像质维护; 32 台 CCD 相机像质检查维护和自检, 监控离子泵、半导体运行数据; CCD 相机运行正常; 16 台光谱仪低中色散切换和调整; 近红外光谱仪控制线及配套设备检查整理、电控测试。

光纤定位相机检查、焦面激光 DIMM 设备检查和维护等, 焦面安装 3 组新光纤定位单元并测试, 配合巡天观测。



LAMOST 运行和发展中心

Center for Operation and Development of LAMOST Telescope