

我国天文学家的新发现挑战“恒星初始质量分布规律不变”的经典理论

北京时间 2023 年 1 月 19 日凌晨，国际学术期刊《自然》杂志发表了中国科学院国家天文台刘超研究员带领的研究团队的一项重大成果。发挥我国重大科技基础设施郭守敬望远镜（LAMOST）超大光谱数据样本优势，结合欧洲空间局盖亚（Gaia）卫星数据，研究团队发现天体物理学中一个非常重要的基础理论“恒星初始质量分布规律”会随着恒星金属元素含量和年龄发生显著变化，挑战了恒星初始质量分布规律不变的经典理论，刷新了人类对这一基本概念的认知，这将对天体物理多个领域的研究产生深远影响。论文合作者还包括北京师范大学天文和天体物理前沿科学研究所、南京大学、紫金山天文台等单位的研究人员。

广袤宇宙的千亿星系中无时无刻不在诞生着新的恒星，同一恒星形成区会批量形成许多不同质量的新生恒星。恒星初始质量分布规律，天文学上通常称为恒星初始质量函数，它描述了一群恒星在刚刚诞生时，不同质量的恒星所占的比例。论文第一作者、国家天文台博士研究生李佳东解释说：“在整个天体物理研究中，恒星初始质量函数是现代天文学中一个非常基础的物理概念，对许多关键天体物理学问题的研究起到至关重要的作用。”

半个多世纪以来，天文学家通常认为恒星初始质量函数在宇宙各处及各个演化阶段是普适不变的，并作为基本假设在星系形成与演化、星团结构与演化、双星演化，甚至太阳系外行星以及引力波等诸多天体物理研究领域广泛应用，几乎成为天体物理教科书中的经典假设。但是近年来，天文学家通过各种新的观测，发现恒星初始质量函数很有可能不是普适不变的。论文合作者、南京大学天文系教授张智昱说：“一些迹象显示，在恒星形成活跃的环境中高质量恒星的比例更高，这意味着恒星初始质量函数可能不是普适的。”



图 1 变化的初始质量函数艺术图。

恒星初始质量函数在宇宙各处是否变化成为困扰天文学家的重要问题。天文学家需要在银河系中找到更为直接有力的观测证据。近年来 LAMOST、Gaia 等国内外大型天文设施投入观测运行，获得了海量观测数据，助力我国天文学家发现了恒星初始质量函数变化的直接证据。研究团队发挥 LAMOST 大样本光谱数据优势，筛选出目前最精细的 9 万多颗太阳邻域的恒星样本，并获

取了每颗恒星的金属元素含量和质量。结合 Gaia 卫星的观测数据，研究人员首次通过最直观的恒星计数法，对具有不同金属元素含量和年龄的恒星进行统计，从观测角度直接获取了几乎不依赖于任何模型的恒星初始质量函数。

研究团队发现：年轻的小质量恒星数量比例明显高于年老的恒星；金属含量越高的恒星家族中小质量恒星数量比例也越多。这是天文学家首次如此清晰地观测到恒星初始质量分布规律随恒星金属元素含量和年龄发生了显著变化，直接导致恒星初始质量分布规律在宇宙中普适不变的基本假设不再成立，终结了一直以来天文界关于恒星初始质量分布规律是否变化的争议。

这一突破性成果将对天体物理学多个领域的研究产生影响。一系列天体物理学前沿问题的研究都将因恒星初始质量函数的变化而受到挑战。论文通讯作者刘超研究员解释：“这如同是一把会随着环境变化的‘尺子’，不能用同一把‘尺子’丈量宇宙的不同地方。在宇宙不同地方天文学家需要更换合适的‘尺子’才能得到正确的测量结果。”论文合作者、中国科学院紫金山天文台符晓婷副研究员补充道：“如此复杂变化的恒星初始质量函数对恒星形成理论也提出了严峻的挑战”。

恒星初始质量函数领域的国际权威，德国波恩大学教授帕弗尔·库鲁帕（Pavel Kroupa）评价该成果：“这项研究基于大样本观测获取的高质量数据，揭示了银河系中恒星初始质量函数与银河系演化历史和环境相关。这对于深入理解银河系中不同环境不同时间恒星形成的性质非常重要。”这一原创性成果是我国重大科技基础设施 LAMOST 在前沿基础研究取得的又一项突破性进展。为更深入理解恒星初始质量函数和恒星形成的物理过程具有重要的意义。论文链接：

<https://www.nature.com/articles/s41586-022-05488-1>

该成果第一时间在中央电视台《新闻直播间》栏目播出，人民日报、新华社、科技日报、光明日报、中国新闻网、中国青年报、新京报、文汇报、中国科学报等 20 余家国内外媒体报刊分别对该成果进行了报道，并被多家媒体转载报道，引起国内外天文界的广泛关注。

LAMOST DR9 新版本数据集对国内发布



2023 年 1 月底，LAMOST DR9 新版本数据集（v1.1）对国内天文学家和国际合作者发布。按照《LAMOST 光谱巡天数据政策》的要求，DR9 数据集（v1.0）已于 2022 年 3 月对国内天文学家和国际合作者发布。根据用户在使用数据过程中反馈的意见，LAMOST 运行和发展中心不断对数据产品进行优化更新，并进行新版本数据的发布。目前 LAMOST 数据精度已经达到国际先进水平。

DR9 数据集获得于 2011 年 10 月-2021 年 6 月，包含了常规低分辨率光谱数据和中分辨率光谱数据两部分。为了满足 LAMOST 用户的科学需求，LAMOST 数据处理部对 DR9 数据集进

行了更新处理，与 DR9 v1.0 相比，DR9 v1.1 做了如下更新：（1）采用新的星等系统：基于 Gaia 和 Pan-STARRS 星表，构建了以源为基本单位的 LAMOST 天体目标星表，并优化了对应的星等信息；（2）丰富了 LAMOST 激变变星的参数星表，新增了绝对星等、距离等信息；（3）优化了重复观测源星表中重复源统计问题；（4）数据说明文档的更新和细化等。

DR9 v1.1 版本发布光谱总数为 1946 万。具体信息如下：

分 类	低分辨率数据	中分辨率非时域数据	中分辨率时域数据	DR9 v1.1 总数
发布光谱总数	1121 万	184 万	641 万	1946 万
恒星参数	706 万	90 万	77 万	873 万

为便于数据共享，国家天文科学数据中心为 DR9 v1.1 数据发布搭建了专门的数据发布平台，科学用户可登录网站（<http://www.lamost.org/dr9/v1.1/>）进行数据查询和下载。

有一种“年味”叫坚守



寅去卯来千里锦，虎奔兔啸九州春。1 月 21 日，在举国欢庆阖家团圆中我们迎来了兔年的春节。春节期间，LAMOST 一如既往遨游星海苍穹，从未有半点懈怠，而守护它的则是一批舍弃过年与家人团聚，坚守观测一线的 LAMOST 追星人。他们心怀责任勇担当，履责于行敢奉献。陪伴着 LAMOST 在跨年夜及整个春节假期追逐漫天星辰，遍览璀璨星河。在他们身上我们看到了有一种年味叫坚守，有一种情怀叫热爱。



图2 除夕夜在观测一线的部分工作人员合影（曹子皇 摄）

春节期间，兴隆观测基地有他们忙碌的身影。在天文值班吴玉中和技术值班李烨平的带领下，张超、李泽负责春节期间的主动光学机架控制，曹子皇负责导星支持，司志育负责主动光学波前检测，梁世茹负责光纤定位和全天相机等控制工作，曹兴华负责导星系统控制，还有白天负责现场维护的每一位工作人员，他们无怨无悔在各自的工作岗位上一丝不苟地值守护航，确保每一台仪器各项性能指标正常运作，绝不丢掉每一分钟弥足珍贵的观测时间。从除夕夜至大年初六，LAMOST 共观测了 31 个天区，圆满完成春节期间的观测任务。每一个晴夜的观测数据都是追星人最美的馈赠。

经年，几度寒风酷暑，斗转星移。LAMOST 工作人员担责于身，笃行不息，守护一方星空，如同暖阳照隆冬。

观测运行部工作情况

1 月, LAMOST 共观测了 150 个天区。理论观测时间为 372 小时, 实际观测时间为 276.3 小时, 占理论观测时间的 74.3%。受兴隆观测站天气原因*影响, 共 95.1 小时未能观测, 占理论观测时间的 25.6%。

本月, 望远镜仪器故障时间为 0.6 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

- ✓ 更新和完善科学巡天的输入星表;
- ✓ 完成1月低分辨率和中分辨率2D光谱数据的处理和分析;
- ✓ 完成正式巡天日常观测计划的制定; 1 月份实际观测计划执行情况如下: M: 24个, B: 31个, V: 20个, 中分辨率: 75个。共计150个天区。

(V为9m-14m 天区; B 为14m-16.8m天区; M 为16.8m-17.8m天区; F为17.8m-18.5m天区。)

数据处理部工作情况

- ✓ 跟踪 LAMOST 用户使用数据情况和数据发布网站的使用情况;
- ✓ 解决和回馈用户提出的数据方面的问题;
- ✓ 完成DR9 v1.1版本数据的国内发布事宜;
- ✓ 完成 1 月份光谱数据的 1D 软件处理分析。

技术维护与发展部工作情况

主动光学、MA 机架跟踪电控系统自检和维护; MA 和 MB 子镜测试片、子镜镜面、6 块金基紫外增强型反射测试片清洁维护及反射率测量; 4000 根光纤头清洁维护及光纤端面质量检查; MA 镜罩轨道及镜室框架罩壳清洁维护等。

光谱仪日常自检、像质自检维、效率复核和维护; 低、中色散观测模式切换及像质维护。

光纤定位闭环控制测试; MA 制冷机组、通风机组日常检查和维护; MA 子镜室三脚支架现场制作; MA 镜罩电动缸安装, 镜罩电控调试及运行测试; 焦面门故障维护; 全天相机调整升级并安装; 配合现场观测。



LAMOST 运行和发展中心

Center for Operation and Development of LAMOST Telescope