

## LAMOST 助力在双星中发现道形已久的小黑洞

北京时间 9 月 10 日，国际科学期刊《自然·天文》在线发表了一项中国科学院国家天文台和上海交通大学联合主导的重要研究成果。研究团队基于国家重大科技基础设施郭守敬望远镜（LAMOST）以及欧空局的 Gaia 卫星数据，通过视向速度方法和天体测量方法，在双星系统中成功发现了一颗位于黑洞质量间隙的小质量黑洞。

近 60 年来，天文学家基于传统 X 射线方法已经证认并测量了 20 余颗恒星级黑洞的质量，其质量分布显示为缺少 3—5 倍太阳质量的黑洞，这一区间被称为黑洞质量间隙。这与黑洞形成理论的预期——小质量黑洞数量远多于大质量黑洞——大相径庭。天文学家试图通过修改超新星爆炸理论来解释该质量间隙，也有研究认为超新星爆炸会更容易瓦解包含小质量黑洞的双星系统，从而导致了这一观测效应。尽管近年来激光干涉引力波天文台（LIGO）的观测揭示了黑洞质量间隙内存在致密天体，然而，小质量黑洞是否可以存在于双星系统中仍然是一个备受争议的问题。这类系统中的双星很可能无相互作用（如物质传输），因此没有 X 射线辐射，但可以通过视向速度和天体测量方法进行搜索。



图 1: G3425 双星想象图，包含一颗可见的红巨星和一颗看不见的小质量恒星级黑洞（王松绘制）

在这项研究中，科研团队基于 LAMOST 光谱数据和 Gaia 的天体测量数据，在双星系统 G3425 中发现了一颗小质量恒星级黑洞（图 1）。该双星系统中，可见星为一颗质量约为 2.7 倍太阳质量的红巨星，而不可见星的质量约为 3.6 倍太阳质量（3.1 到 4.4 倍太阳质量之间）。光谱分解显示，除了红巨星的光谱外，G3425 中不包含来自其它成分的光谱，这有力证明了该不可见天体为一颗黑洞，也证明了包含小质量黑洞的双星系统是可以存在的。结合引力波等方法发现的小质量黑洞系统，研究团队认为质量间隙可能是由于单一观测方法造成的选择效应。更为奇

特的是，G3425 系统的轨道周期约为 880 天，轨道偏心率接近为 0（图 2）。如此宽圆轨道的双星形成机制对当前的双星演化和超新星爆炸理论提出了挑战。

“Gaia 天体测量数据分析不仅确认了 LAMOST 所发现的黑洞，而且给出了双星轨道的倾角，进而测量到了黑洞的绝对质量，使得我们可以确信它是在质量间隙内的黑洞。这个发现再次证明了视向速度和天体测量的结合可以帮助我们发现包括黑洞和行星在内的大量暗天体，冯发波兴奋地说。

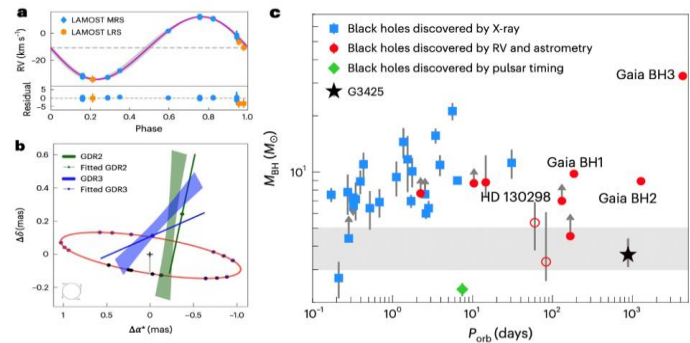


图 2: (a) 视向速度数据拟合。(b) 天体测量数据拟合。(c) G3425 与其它恒星级黑洞在质量—轨道周期分布的比较。

该研究成果得到了两位审稿人的高度评价，他们一致认为：“G3425 是一个非常有趣的双星系统，它的轨道特征挑战了双星演化和超新星爆炸的现有理论。”

中国科学院国家天文台王松副研究员是该论文的共同第一作者和通讯作者。上海交通大学冯发波教授和中国科学院国家天文台刘继峰研究员为该论文的共同通讯作者。中国科学院大学博士研究生赵欣林是该论文的共同第一作者。此项研究还包括来自中国科学院国家天文台、中国科学院云南天文台、南京大学等多家机构的其他天文学家。

论文链接：<https://www.nature.com/articles/s41550-024-02359-9>

## LAMOST 发现一颗迄今钕元素含量最高的恒星

近期，中国科学院国家天文台施建荣研究员的科研团队与西班牙加纳利天体物理研究所、美国圣母大学物理系和美国核天体物理中心的合作者，在 LAMOST 中分辨率光谱中发现了一颗目前人类已知的钕元素含量 ([Eu/H]) 最高的恒星，约是太阳中钕元素含量的 6 倍。经后随高分辨率光谱观测，研究团队发现，这颗钕元素含量最高的恒星还有一颗快中子俘获过程元素增丰的薄盘恒星，这是天文学家首次在银河系薄盘中发现此类特殊天体。这一发现不仅丰富了我们对于银河系化学演化的理解，也为研究银河系形成和演化提供了新的视角。该成果发表在国际天文期刊《天体物理学报通讯》(2024,ApJL,970,L30)。该文章的资讯登上中国科学院论文机构榜。

尽管双中子星并合事件已被证认可以产生 r-过程元素，但宇宙中 r-过程元素的诞生场所是否唯一还一直存在争议。近年来，研究团队基于 LAMOST 中分辨率巡天光谱，开展了搜寻 r-过程元素增丰恒星的研究，并从中发现了这颗目前钕元素含量最高的恒星 (LAMOST J020623.21+494127.9)。并利用西班牙 GTC 光学望远镜 (口径为 10.4 米)，对这颗恒星进行了高分辨率光谱后续跟踪观测，最终确定了其表面 30 种元素的金属丰度，这颗星的 [Eu/Fe] 高达 1.32，

而[Ba/Eu]低至-0.95，并具有目前最高的[Eu/H]，含量为+0.78。这是一颗典型的 r-过程元素高度增丰恒星。其运动学速度表明这是一颗典型的银河系薄盘恒星。

该成果为深入研究 r-过程元素高度增丰的特殊恒星形成与演化具有重要的科学意义，也为解决宇宙中 r-过程元素的诞生场所是否唯一的争议问题提供了最新的观测证据。

论文链接：<https://iopscience.iop.org/article/10.3847/2041-8213/ad5ffd>

## LAMOST DR10 数据集对全世界发布

按照国际天文界惯例及《LAMOST 光谱巡天数据政策》，2024 年 9 月底，包含 LAMOST 先导巡天及正式巡天前十年的光谱数据——LAMOST DR10 (v2.0 版本) 数据集对全世界发布，供全球天文学家使用。

DR10 数据集获取于 2011 年 10 月-2022 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。DR10 数据集 (v2.0 版本) 共发布 2246 万条光谱，包括 1144 万条低分辨率光谱，1102 万条中分辨率光谱，中低分辨率光谱均突破千万。此外，还发布了 961 万组的恒星光谱参数星表。LAMOST 继续保持发布光谱数和恒星参数星表总数国际第一的地位。

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	DR10 总数
发布光谱总数	1144 万	231 万	871 万	2246 万
恒星参数	745 万	110 万	106 万	961 万

为便于数据共享，国家天文科学数据中心为 LAMOST 科学数据提供归档、管理及发布等全方位的数据服务，并为 LAMOST DR10 数据集 (v2.0 版本) 的公开发布搭建了专门的下载平台，科学用户可登录国际发布网站 (<http://www.lamost.org/dr10>) 进行数据查询和下载。LAMOST 数据的国际发布为助力全球天文学家基于 LAMOST 数据获取更多高质量的科学成果提供更大范围的数据支持，这将进一步持续提升 LAMOST 的国际影响力。与此同时，LAMOST DR11 国内数据集更新版 v1.1 也已同步上线，欢迎大家访问 <https://www.lamost.org/dr11/> 进行下载使用。

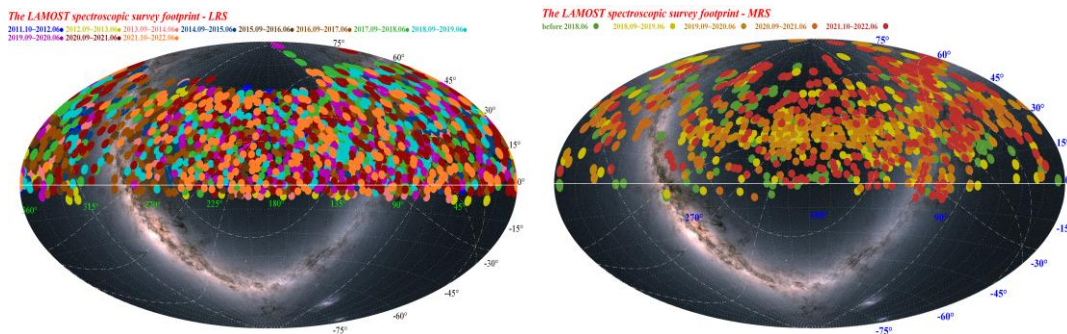


图 3: 左图为 LAMOST DR10 的低分辨率天区覆盖图，右图为 DR10 的中分辨率天区覆盖图。



## 观测运行部工作情况

- ✓ OCS 更新与维护:按计划更新 11 台 CCD 控制电脑。新备份了 1 台 DHS master 电脑和一台 CCD master 电脑,已正常运行。
- ✓ 导星系统安装与定标:完成导星相机维护,完成相机及配件安装,完成导星框架标定。
- ✓ 信息化及存储维护:观测软件功能升级,部分软件后台数据更新,更新大屏幕电脑。

## 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;
- ✓ 开展数据库的迁移与备份工作;
- ✓ 完成 DR11 v1.1 和 DR10 v2 版本的数据发布事宜;
- ✓ LAMOST 人工智能建制化研究的组织;
- ✓ 根据用户需求,继续研发在线分析工具。

## 科学巡天部工作情况

- ✓ 准备光纤定位坐标框架的调整与恢复,为开启新观测季的观测运行做好技术保障;
- ✓ 整理并完善LAMOST第三期第二年光谱巡天的中低分辨率输入星表。

## 技术维护与发展部工作情况

**日常维护:**子镜日常巡检、光纤头清洁维护,6 块金基紫外增强型反射测试片的清洁维护和反射率测量等。

**夏季维护:**完成全部 MA 镜室的吊装,MA 力促动器接线和通电检测;完成 MA、MB 位移促动器的安装和软件调试;焦面 CCD 冷却水系统安装、打压测试;焦面导星相机布线,导星相机安装和调试;完成 MA 机架跟踪恢复和测试;完成 MA、MB 镜面高低差调整和子镜姿态调整,MB 共焦调整、MA 自准直校正,焦面旋转零位复核与调整;完成夏季维护光学系统及焦面状态的复核与维护;

完成 16 台光谱仪硬件、CCD 及控制系统自检,恢复正常工作;完成 16 台光谱仪像质调整、光纤编号复核、光谱仪效率复核;光谱仪恢复正常工作。



LAMOST 运行和发展中心

Center for Operation and Development of LAMOST Telescope