

研究人员在 LAMOST 数据发现 600 多颗处于特殊演化阶段的 S 型恒星

近日，国家天文台陈静博士、罗阿理研究员、李荫碧副研究员及合作者利用 LAMOST DR9 中分辨光谱数据发现了 606 颗特殊演化阶段的 S 型恒星，这是自 1984 年以来一次性搜寻 S 型恒星数量最多的研究工作，在这之前，已发现的 S 型恒星约有 1000 余颗，该工作极大地扩充了 S 型恒星的样本，这为进一步研究恒星的演化以及慢中子俘获过程提供了极佳的资源。这也体现了 LAMOST 大样本光谱数据在证认特殊天体方面的优势。该成果发表在国际知名天文期刊《天体物理学报》（2022,ApJ,931,133）。

早期，天文学家发现了一批红色的星，它们的温度和光谱型和 M 型恒星相似，但是光谱中有明显的氧化锆（ZrO）分子带，这种特征既不符合 M 型星也不符合碳星的恒星被命名为 S 型恒星。S 型恒星是小质量恒星演化过程中从 M 型恒星向碳星过渡阶段的中间产物，它们处于恒星的热脉冲 AGB 阶段，演化到这个阶段的恒星会将碳元素和慢中子俘获过程中产生的一些重元素传输到恒星表面，使得恒星大气中这些元素的含量不断增加。根据大气中碳元素的含量可以区分 S 型恒星和碳星，碳星中碳元素含量大于 1，S 型恒星中碳元素的含量一般在 0.5 到 1 之间。后来随着越来越多的 S 型恒星被观测到，天文学家发现了钆元素衰变了 S 型恒星。这类 S 型恒星是处于双星系统中的主星，白矮星为伴星，钆已经在质量转移的过程中衰变了。所以目前 S 型星被分成两类：一类是内禀 S 型星，它遵从恒星从 M 型恒星到 S 型恒星再到碳星的演化序列，光谱中有钆线；另一类是外赋 S 型星，它们处于双星系统中，有一颗白矮星作为伴星，光谱中没有钆线。

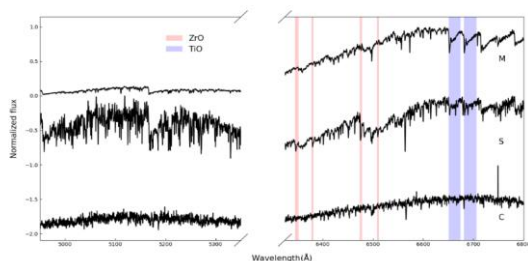


图 1: 从上到下依次是 M 型星、S 型星和碳星的 LAMOST 中分辨率光谱。

陈静等人利用 LAMOST DR9 的光谱数据以及 Gaia DR2 的数据，挑选出一百多万条低温巨星光谱，然后从中筛选出两万多条 ZrO 带指数大于 0.25 的光谱，再利用支持向量机以及人眼检查的方法，最终挑选出 606 颗 S 型恒星，其中有 539 颗是首次被发现的，这

些 S 型星中很大一部分都是变星或者长周期变星，而且它们基本都分布在银纬 $\pm 15^\circ$ 之间。研究团队利用视速度从中挑选出了 238 颗双星候选体。近几十年来，关于 M 型星和碳星的研究较

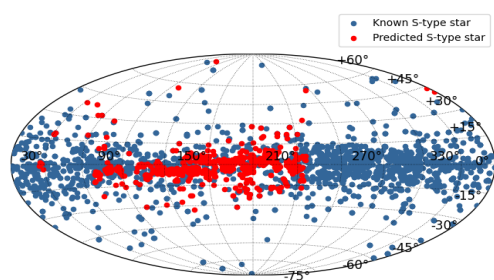


图 2: S 型恒星的空间分布, 蓝色点为已发现的 S 型恒星, 红色点为该工作中发现的 S 型星。

多,但是对于演化阶段处于两者之间的 S 型恒星的研究却很少,这批样本的发现,对于研究恒星从 M 型恒星到 S 型恒星再到碳星的演化过程,以及慢中子俘获过程中重元素增丰以及变星双星的性质等提供了重要的数据支持。

论文链接: <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4357/ac66de/pdf>

LAMOST 中分辨率光谱视向速度精度获国际独立测量验证

近日,意大利 Antonio Frasca 博士领导的一个国际合作团队对 LAMOST-Kepler 中分辨率光谱巡天项目的数据进行了独立分析,验证了 LAMOST 中分辨率光谱巡天在视向速度测量精度方面达到设计指标。这为 LAMOST 中分辨率光谱巡天的科学研究提供了重要的数据支持,相关成果已被国际知名天文学期刊《天文学与天体物理学》(Astronomy & Astrophysics) 接收待发表。

基于 LAMOST 中分辨率巡天对 11 个 Kepler 子天区观测获得的 14000 多条光谱,研究团队利用自主研发并升级的软件 ROTFIT,测量得出了 7000 多颗目标恒星的大气参数、视向速度和自转速度。其中有效温度、表面重力和金属丰度的误差分别为 2.5%、0.25 dex 和 0.15dex。通过分析红端光谱的 $H\alpha$ 线和锂线 ($\lambda=6708\text{\AA}$),他们发现了 327 颗色球活动恒星,且其自转速度比普通恒星更快;筛选得出 194 颗富锂巨星和一颗超富锂巨星;发现了 98 个分光双星和 7 个分光三体系统。尤为重要的是,他们测量的视向速度精度在光谱信噪比为 10 和 50 时,分别达到了 1.3 km/s 和 0.7 km/s。这与近年来国内多个团队独立获取的视向速度测量精度一致,表明 LAMOST 中分辨率光谱巡天在视向速度这一关键参数测量精度方面完全达到了设计指标。

2018 年 9 月, LAMOST 启动了低分辨率 ($R\sim 1800$) 和中分辨率 ($R\sim 7500$) 交替进行的二期光谱巡天,截至目前, LAMOST 中分辨率光谱巡天已经获取了 800 万余条光谱数据。LAMOST 中分辨率光谱分为蓝、红两端,覆盖波长分别为 495–535 nm 和 630–680 nm。相较于低分辨率,中分辨率光谱巡天的一个重要特色为时域巡天,旨在获取约 20 万颗目标源 60 次左右的重复观测。这是世界上首次进行的大样本光谱时域巡天计划。

由于分辨率的提升, LAMOST 中分辨率光谱数据的一个重要指标是视向速度达到 1 km/s 的

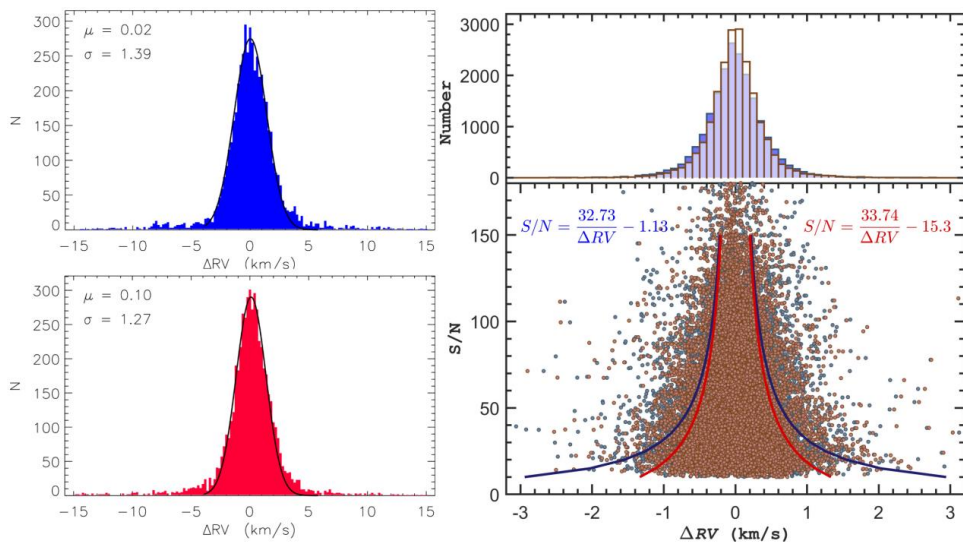


图3 左图为LAMOST中分辨率蓝端和红端视向速度的外部误差；右图为LAMOST中分辨率LAMP视向速度的内部误差。

水平。在中分辨率测试阶段，2019年刘念等人首次利用一个Kepler子天区的多次曝光数据进行了分析，发现视向速度测量精度在光谱信噪比为20时可达1 km/s。随着中分辨率光谱样本的增加，后续有多个国内团队的独立工作也给出了相似的分析结果。

由Antonio Frasca博士为第一作者、北师大天文系付建宁教授课题组为主要合作团队的这项研究工作，是首次由国外科研人员牵头给出了LAMOST中分辨率光谱视向速度的精度测量结果。这为LAMOST中分辨率光谱巡天后续的科学研究提供了重要的数据支持，包括双星科学（例如获取双星比例、周期分布等性质）、食双星研究（例如结合空间卫星数据进行轨道求解和磁场活动刻画）、脉动变星分析（例如构建大振幅径向脉动变星的动力学模型和搜索暗伴星），以及致密天体搜寻（如恒星级黑洞、含中子星双星和含白矮星双星）等。

疫情防控下LAMOST的观测进展情况

5-6月，北京疫情防控形势严峻复杂，反复不定，这为LAMOST望远镜的观测带来了重重困难。往返北京和兴隆两周集中隔离时间成为摆在天文值班和技术人员面前的一道屏障。面对疫情的复杂形势，LAMOST运行和发展中心统筹安排，一方面积极响应防疫政策，另一方面采取积极对策，众志成城攻克难关，确保望远镜在特殊时期正常观测。关键时刻，天文值班丁平婕，技术值班王政连续在兴隆工作40天，为防止长期夜班可能产生的疏漏，观测运行部闫宏亮、吴玉中和房祥松在北京远程协同观测，李建负责远程协同观测平台的技术支持。在大家的共同努力下，6月9日，LAMOST二期中分辨率光谱巡天第四年观测任务顺利完成。

6月10日，LAMOST正式开启了2022年度夏季集中维护工作。南京和合肥的技术维护部工作人员想尽办法避开北京和天津疫情区第一时间赶赴现场，为这个辛苦运转一整年的“大设施”进行“全面体检和诊治”。技术维护人员按照维护计划明确工作细则，分工合作，争分夺秒，确保望远镜9月份再次起航。

观测运行部工作情况

6月10日, LAMOST 正式进入夏季维护阶段。6月1-9日, LAMOST 共观测了13个天区。理论观测时间为64小时, 实际观测时间为23.3小时, 占理论观测时间的36.4%。受兴隆观测站天气原因*影响, 共39.6小时未能观测, 占理论观测时间的61.9%。

本月, 望远镜仪器故障时间为1.2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6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; 6月份实际观测计划执行情况如下: M: 1个, B: 4个, V: 5个, 中分辨率: 3个。共计13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;
- ✓ 准备DR10 v0版本数据的发布事宜;
- ✓ 完成6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、MB 子镜等镜面清洁。MA 镜罩轨道、镜室框架罩壳等日常清洁维护; 镀膜机镀膜测试。6 块金基紫外增强型反射测试镜清洁维护及反射率测量; 镀膜超净间大维保。MA 力促动器结构件维护和更换等。

光谱仪日常维护, CCD 控制器、像质自检维护; 16 台光谱仪中低色散观测模式切换及像质维护; 16 台光谱仪准直镜和照相镜反射率测量及数据整理; 完成 3 台备份光谱仪控制箱现场测试及报告整理;

开启夏季维护工作: 更换 MA S-H 传感器, 拆卸 17 块 MA 子镜并进行镜面分离; 完成 7 块子镜胶脱膜和 6 块 MA 子镜的镀膜等相关工作; 拆除 4 号光谱仪的旧光纤, 新光纤胶接并安装, 100 个光纤单元安装; MA 镜罩导轨改造等工作。



LAMOST 运行和发展中心

Center for Operation and Development of LAMOST Telescope