

研究人员基于 LAMOST-Kepler 巡天数据对天琴座 RR 变星脉动性质的研究

近日，北京师范大学付建宁教授课题组利用 LAMOST-*Kepler*/K2 巡天获取的低分辨率光谱数据得出的同源金属丰度参数信息，结合 *Kepler*/K2 空间任务获得的高精度时序测光数据，研究了 57 颗 ab 型天琴座 RR 型变星的脉动性质，其研究成果发表在美国《天体物理学报》(ApJ, 2023, 945, 18)。北京师范大学宗鹏博士为成果第一作者。

天琴座 RR 型变星是一类短周期脉动变星，在恒星赫罗图上位于经典脉动不稳定带与水平分支的交叉处，处于中心氦燃烧阶段。根据脉动模式的不同，天琴座 RR 型变星可以分为 ab 型（基模脉动）、c 型（一阶泛音模式脉动）和 d 型（基模和一阶泛音同时脉动）。由于其绝对星等与金属丰度和脉动周期之间存在很强的相关性，天琴座 RR 型变星被广泛应用于测量天体的距离。

在观测上，许多天琴座 RR 型变星的光变曲线存在调制现象。天文学家一般称其为 Blazhko 效应 (Blazhko effect)，通常表现为光变曲线的振幅与相位的调制。自从被发现以来，天琴座 RR 型变星的 Blazhko 效应成为天文学家的一个研究热点。但是，光谱观测数据和高精度测光数据的匮乏，限制了对天琴座 RR 型变星脉动性质的研究。另一方面，人们在实际研究中发现一些天琴座 RR 型变星的光变曲线在脉动过程中没有表现出调制现象（非 Blazhko 效应）。

近期，研究人员利用 LAMOST-*Kepler*/K2 巡天提供的低分辨率光谱数据，结合 *Kepler*/K2 空间任务获得的高精度时序测光数据，对 57 颗非 Blazhko 效应的 ab 型天琴座 RR 型变星的光变曲线进行了傅里叶功率谱分析，得到了这些变星的脉动周期和傅里叶参数，并计算了其倍频与基模的振幅比和相位差，发现这些变星的脉动参数与球状星团以及大麦哲伦星云中的 ab 型天琴座 RR 型变星的脉动参数是一致的（参见图 1 和图 2）。

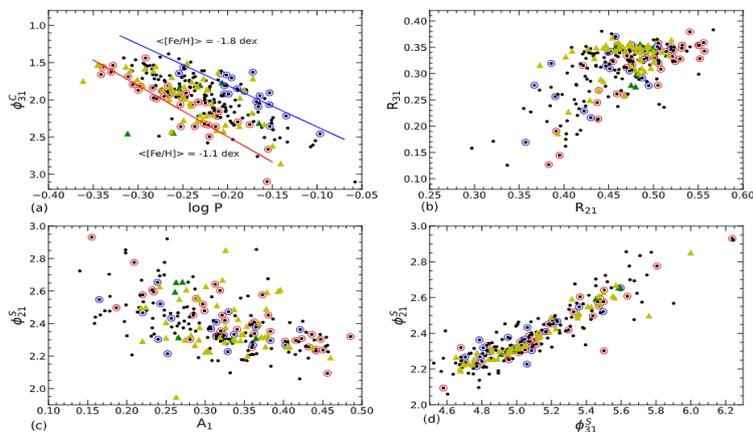


图 1 LAMOST-*Kepler*/K2 中非 Blazhko 效应的 ab 型天琴座 RR 型变星（绿色和黄色三角形）的傅里叶参数与 177 颗来自银河系和大麦哲伦星系中球状星团的 ab 型天琴座 RR 型变星（黑色小点）的傅里叶参数的相关性。

他们还研究了这些变星的多个脉动参数之间的相关性,发现与文献中给出的结果相符。利用 LAMOST-*Kepler*/K2 巡天首次获取的同源均质的金属丰度信息,研究团队结合主脉动周期和相位差,针对三者之间的相关关系得出了一个新的校正公式,从而为天琴座 RR 型变星流体动力学模型的构建提供了新的约束。这对了解这类变星的内部结构和演化状态具有重要意义。

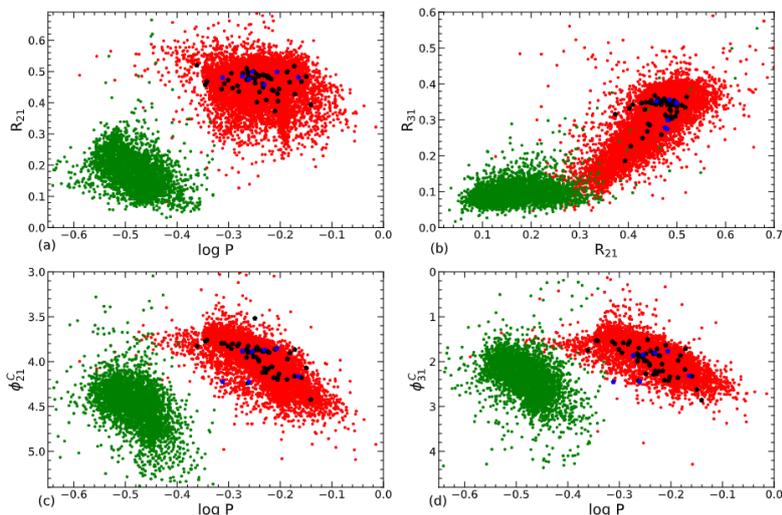


图2 本次研究中的非 Blazhko 效应的 *ab* 型天琴座 RR 型变星 (黑色和蓝色五边形) 的傅里叶参数与由文献中提供的 OGLE-IV 巡天中 LMC 中天琴座 RR 型变星 (红点为 *ab* 型, 绿点为 *c* 型) 和由文献中提供的在 *Kepler* 视场中观测的非 Blazhko 效应的 *ab* 型天琴座 RR 型变星的傅里叶参数的比较。

论文链接: <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4357/acb998>

研究人员利用 LAMOST-K2 时域巡天数据发现多个致密天体候选源

近期,厦门大学顾为民教授团队与中国科学院国家天文台刘继峰研究员团队合作,利用 LAMOST 针对美国 *Kepler* 卫星 K2 四个天区的时域巡天数据,一次性发现了 6 个包含致密天体候选源的双星系统。该成果是依托 LAMOST 海量恒星光谱数据优势在致密天体搜寻方面取得的又一项研究进展,相关论文发表在国际知名学术期刊《天文学杂志》(*Astronomical Journal*) 上。

致密天体是恒星演化的终点,根据前身星质量的不同,恒星演化到末期会形成三类致密天体,分别是白矮星,中子星和黑洞。致密天体的搜寻和证认对于理解恒星形成和演化过程以及一系列高能天体现象如超新星, X 射线爆发等具有重要意义。该成果第一作者、厦门大学天文学系博士生戚森宇说:“近年来,利用光谱视向速度变化从单线谱双星系统中搜寻致密天体已成为一种有效方法。”该方法结合了时域光谱和时域测光,可以对双星参数给出很好的限制,用该方法可以找到那些不相接双星中的致密天体。

2019 年 10 月至 2020 年 4 月, LAMOST 对 *Kepler* 卫星 K2 任务巡天中的四个天区进行了时域光谱观测 (以下简称 LAMOST-K2 巡天)。其中 LAMOST 低分辨率 ($R \sim 1800$) 模式获取了约

76.7 万条光谱；中分辨率 ($R \sim 7500$) 模式获取了约 47.8 万条光谱。该工作从 LAMOST-K2 巡天数据中筛选出了具有明显视向速度变化，且光谱表现为单线谱的源。利用 Lomb-Scargle 算法从视向速度中得到轨道周期，从而拟合了视向速度曲线得到了视向速度半振幅，并计算了双星中那颗光学波段不可见天体的质量函数。随后挑选出其中质量函数较大的源，利用 SED 拟合和恒星演化模型计算出了可见星的有效温度，半径以及质量，并利用质量函数和可见星质量计算出了不可见天体的最小质量。

最终研究团队发现了 6 个不可见天体的质量下限超过 0.5 倍可见星质量的源 (如图 3 所示)，这 6 个源在光谱上只探测到一个恒星成分，所以很有可能含有致密天体。

接着，研究人员将这 6 个源与一些时域测光数据库 (Kepler、TESS、ZTF、ASAS-SN) 进行了交叉，其中 3 个候选体 J034813、J063350 和 J064850 存在周期性的光变曲线，且光变曲线呈现出明显的椭圆调制信号。利用 PHOEBE 软件分析了其光变曲线，研究人员对这 3 个双星系统的轨道倾角进行了约束，并进一步限制了其中不可见天体的质量，均在 1 倍太阳质量附近。依据该质量，研究团队认为这 3 个源中含有大质量的白矮星或者中子星。

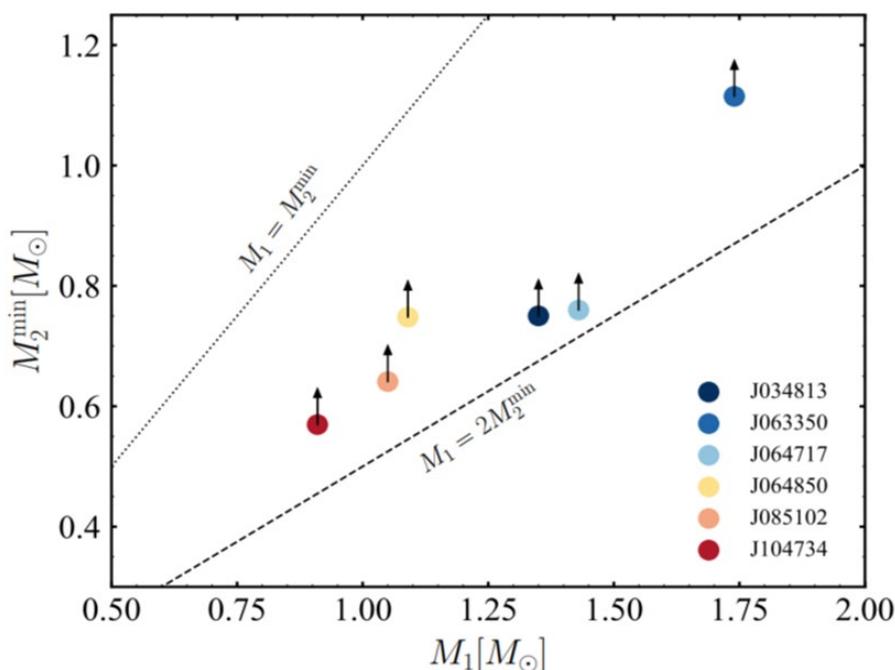


图3 依据质量函数计算得到的双星中不可见天体的质量下限

该工作依托 LAMOST 海量恒星光谱数据库，也与刘继峰研究员提出的“LAMOST 黑洞猎手计划”紧密相关。LAMOST 将于今年秋季开展第三期光谱巡天，随着恒星光谱数据的不断积累，可以预期未来会有更多的致密天体被发现。

论文链接: <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-3881/acc389>

观测运行部工作情况

5月, LAMOST 共观测了 31 个天区。理论观测时间为 248 小时, 实际观测时间为 60.6 小时, 占理论观测时间的 24.4%。受兴隆观测站天气原因*影响, 共 184.6 小时未能观测, 占理论观测时间的 74.5%。

本月, 望远镜仪器故障时间为 2.8 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5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; 5月份实际观测计划执行情况如下: M: 3个, B: 7个, V: 5个, 中分辨率: 16个。共计 31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LAMOST DR11 v0版本第二批光谱数据的发布;
- ✓ 完成 5 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、子镜镜面清洁维护和反射率测量等; MA 镜罩轨道及镜室框架罩壳清洁维护; 镀膜车间起重设备、镀膜机检查和维护, 并开始子镜镀膜维护; 完成 2 块子镜的镜面分离、清洁和脱膜及重新镀膜; 子镜镜面支撑和铀钢检查; 3 号 MA 镜室重新安装后的姿态调整和测试; 维修导星相机快门并恢复正常工作。

光谱仪日常自检、像质自检、效率复核和维护; 光纤研磨、光纤胶结, 检查胶结光纤卡子的端面质量; 16 台光谱仪准直镜和照相镜反射率测量; 水冷系统检查和季度维保; 光谱仪中低色散观测模式切换并像质维护; 光纤定位相机拍照测试; 闭环相机参数标定、程序修改并调试; 闭环相机稳定性测试, 比较分析闭环和开环精度测试结果; 配合现场观测等。



LAMOST 运行和发展中心

Center for Operation and Development of LAMOST Telescope