

LAMOST 助力发现一颗长轨道周期的红背蜘蛛脉冲星候选体



近期，北京大学研究团队与中国科学院国家天文台、云南天文台的研究团队合作，利用 LAMOST 光谱数据，并结合 Fermi、Gaia 以及 TESS 等国际多个望远镜的数据，在双星系统中发现了一颗长轨道周期的红背蜘蛛脉冲星候选体。考虑到该系统较低的空间速度以及较长的轨道周期，研究团队推测这颗毫秒脉冲星可能是通过白矮星吸积诱导坍缩 (AIC) 形成，而不是通过经典的“再加速”理论形成。这对深刻理解毫秒脉冲星的形成机制具有重要的科学意义。研究成果发表于《天体物理学报通信》(2024, ApJL, 960, L5)。北京大学林杰博士生为论文第一作者、徐仁新教授为论文通讯作者。

被誉为“宇宙灯塔”的脉冲星，是宇宙中精确的时钟。其中每秒旋转数百次的脉冲星被称为毫秒脉冲星。蜘蛛脉冲星 (spider pulsar) 是指与非简并或弱简并伴星组成的双星系统中的毫秒脉冲星。根据伴星质量的不同，蜘蛛脉冲星分为红背脉冲星和黑寡妇脉冲星两种类型。前者的伴星质量大于 0.1 个太阳质量，而后者的伴星质量远小于 0.1 个太阳质量。由于伴星受到脉冲星星风或者与伴星星风相互作用产生的高能光子的轰击，伴星朝向毫秒脉冲星的一面会被加热导致“白天”，而背向的一面则是“夜晚”。蜘蛛脉冲星在理解毫秒脉冲星的形成、双星演化以及限制中子星物态方程等方面具有重要意义。

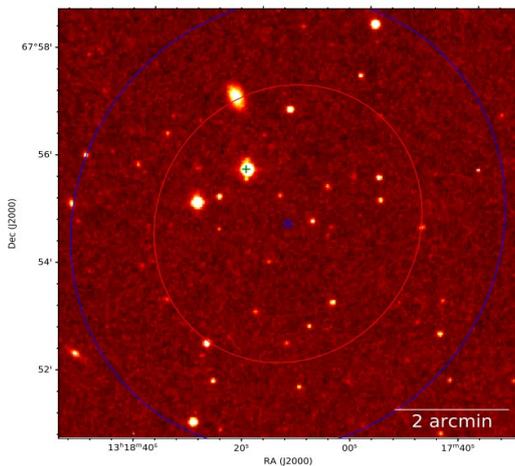


图 1 蓝色“×”是 Fermi 源的最佳位置，红色实线和蓝色实线分别是该源位置的 1σ 和 2σ 范围内的椭圆误差。绿色“+”是 LAMOST 以及 Gaia 给出的单线光谱双星的空间位置。

依据 LAMOST 以及 Gaia 提供的位置信息，该单线光谱的双星位于 Fermi 伽马射线源 4FGL J1318.2+6754 位置的误差范围内，因此该伽马射线源有可能是双星系统的对应体。基于蜘蛛脉冲星具有伽马射线辐射的特征，推测该双星系统可能包含蜘蛛脉冲星候选体。此外，TESS 卫星获得的光变曲线亦表明该双星系统具有蜘蛛脉冲星典型的加热特征，进一步支持了该源包含蜘蛛脉冲星的可能。利

LAMOST 光谱数据获得的视向速度数据和伴星的大气参数，验证了 Gaia 获取的视向速度并获得了这个蜘蛛脉冲星的质量约为 1.3 个太阳质量、伴星质量约为 0.84 个太阳质量。这进一步验证了该天体为包含红背蜘蛛脉冲星候选体的双星系统。

经典的“再加速”理论认为毫秒脉冲星是通过正常脉冲星吸积伴星物质使之自转加速形成的。由于这个候选体的洛希瓣半径远远大于伴星半径（填充因子仅为 0.3），因此该系统中的毫秒脉冲星很难通过“再加速”形成。考虑到该系统较低的空间速度（20.94km/s）、较长轨道周期（4.13 天）以及系统的偏心率（ ~ 0.05 ），研究团队推测这颗毫秒脉冲星可能是通过白矮星吸积诱导坍缩（AIC）形成，这为毫秒脉冲星可以通过 AIC 形成提供了重要的支持和证据。这类包含毫秒脉冲星的双星系统为我们研究星风相互作用、双星演化乃至测量中子星质量等提供了重要的场所。

论文链接：<https://iopscience.iop.org/article/10.3847/2041-8213/ad1580>

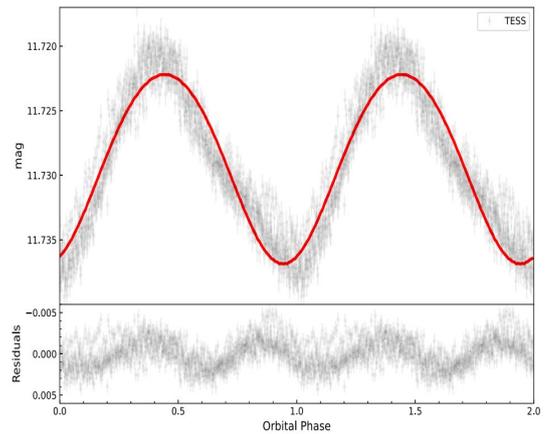


图 2 TESS 卫星获得的该双星的光变曲线，其中红色实线是模型拟合的最佳结果。

研究人员解析银盘南北不对称与相空间“蜗牛”结构的关联证据

随着国际上各大巡天望远镜的数据发布，天文学家发现银河系并非像早期教科书上描述的那样——大部分恒星分布在扁平状的银盘上，且处于简单的对称结构中；而是发现银河系的成长历程经历过多次吸积、碰撞、并合矮星系的复杂过程，这些过程使得银盘出现了翘曲、波浪状等非对称结构，同时在银盘的垂直相空间中，还会出现“蜗牛”状的螺旋结构。

由杭州电子科技大学、上海交通大学、中国科学院国家天文台以及三峡大学等单位组成的研究团队利用 LAMOST-Gaia 巡天数据，详细分析了太阳邻域 1 万光年范围内大约 75 万颗恒星的南北分布，分别从运动学、恒星数密度以及化学丰度三个角度同时找到了恒星在银盘上的南北不对称性，及其与相空间“蜗牛”结构之间的关联证据，有力证明了二者具有相同的物理形成机制，相关成果发表在英国《皇家天文学会月刊》。

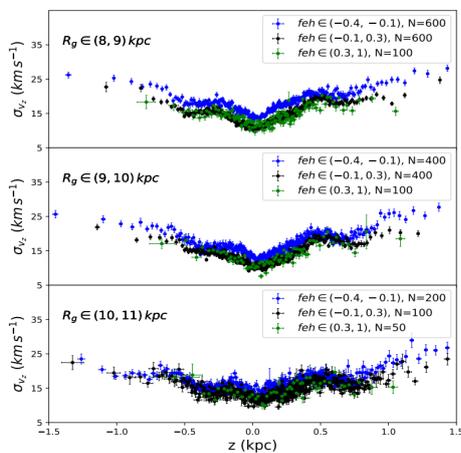


图 3 不同引导中心半径范围具有不同金属丰度的薄盘星的垂直速度弥散分布。

研究团队详细研究了在太阳邻域大约 1 万光年（距离银河系中心的圆周轨道半径 R_g 约为 8–11kpc，以下简称引导中心半径）范围内的恒星垂直速度弥散分布，发现在银盘垂直方向上位于银盘北侧约 2.3 光年和银盘南侧约 1.6 光年附近的恒星速度弥散曲线存在下凹。该下凹特征在不同半径、不同金属丰度样本

研究团队详细研究了在太阳邻域大约 1 万光年（距离银河系中心的圆周轨道半径 R_g 约为 8–11kpc，以下简称引导中心半径）范围内的恒星垂直速度弥散分布，发现在银盘垂直方向上位于银盘北侧约 2.3 光年和银盘南侧约 1.6 光年附近的恒星速度弥散曲线存在下凹。该下凹特征在不同半径、不同金属丰度样本

中普遍存在。研究发现，数密度南北不对称与垂直速度弥散南北不对称的起伏位置能够很好的对应，而与金属丰度南北不对称则部分对应，这可能是由于金属丰度存在较大弥散及测量误差，这一结果进一步确认了前人的结论。此外，研究团队还发现不同半径处的速度弥散南北差异曲线存在系统性变化，表现为曲线的波峰和波谷的位置随着半径增大在垂直银盘的方向上向银盘偏移，即存在错位现象。这一错位现象可能与不同半径处垂直引力势的变化有关。

研究结果表明，垂直速度弥散南北不对称的特征与垂直 ($z-v_z$) 相空间中相位螺旋存在密切关联。如图 4 所示，当“蜗牛”结构和 z 轴相交时，数密度相对银盘另一侧会有所增高，而这些恒星具有较小的速度，导致速度弥散相对银盘另一侧有所降低。这也是数密度和速度弥散南北差异曲线的波峰波谷正好反过来的原因。此外，由于垂直引力势随半径增大而减小，导致半径较小的“蜗牛”结构位于相空间的外围，因此与 z 轴的交点会更远离银盘，呈现出观测上的错位趋势。研究团队还通过测试粒子模拟薄盘受到矮星系撞击，再现了错位特征，且模拟中得到的结果与观测结果定性符合。但由于未考虑自引力效应，以及实际扰动中扰动时间和初始相位随着空间分布有所变化，模拟和观测之间仍然存在一定差异。

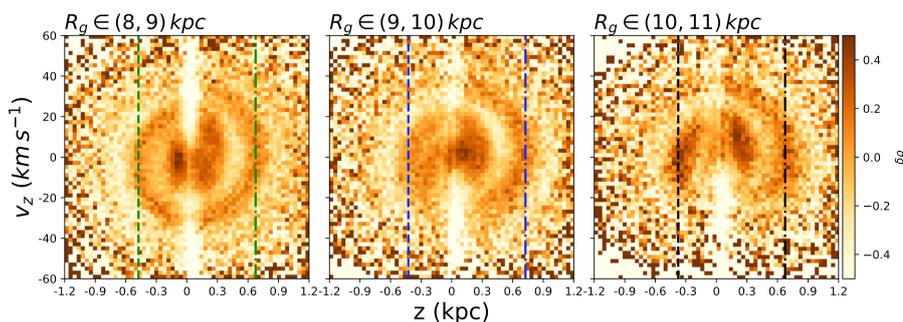


图 4. 垂直方向相空间的“蜗牛”结构。

研究分析表明，垂直相空间中的相位螺旋导致了垂直速度弥散分布中普遍存在的下凹特征，而相空间螺旋的形态随半径变化的特征导致了速度弥散南北不对称性随半径的变化。该成果为银盘南北不对称的研究提供了新的视角，并为更加准确地研究银盘垂直动力学提供了帮助。

文章链接: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2024MNRAS.tmp..179L/abstract>

简 讯

1月25日，LAMOST运行和发展中心荣获国家天文台2023年度“优秀科研单元”。这份殊荣饱含了国家天文台对LAMOST运行和发展中心工作业绩和取得成果的肯定和鼓励，也凝聚了中心全体工作人员潜心笃行、锐意进取、踔厉奋发的智慧与汗水。凝心聚力共奋进，砥砺前行谱新篇，LAMOST全体工作人员将继续为望远镜的稳定高效运行和高质量发展接续奋斗、行稳致远、进而有为。

观测运行部工作情况

1 月，LAMOST 共观测了 163 个天区。理论观测时间为 372 小时，实际观测时间为 266.9 小时，占理论观测时间的 71.8%。受兴隆观测站天气原因*影响，共 103.6 小时未能观测，占理论观测时间的 27.8%。望远镜仪器故障时间为 1.5 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；
- ✓ 光纤定位闭环系统的功能测试，分析闭环对星实验数据；
- ✓ 完成正式巡天日常观测计划的制定，1 月实际观测计划执行情况如下：
低分辨率非时域天区：25 个 VB 天区；
18 个 BM 天区；低分辨率时域天区：10 个 BM 天区；中分辨率天区：100 个；测试天区：10 个；共计 163 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；
- ✓ 基本完成“LAMOST 天体光谱权威数据库”项目，为结题做准备；
- ✓ 为 DR12 v0 版本第一批数据发布做准备，并计划将输入星表及观测执行情况同步发布；
- ✓ 根据用户需求，开始研发在线分析工具。

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；MA 子镜和 MB 子镜测试片、子镜镜面清洗；子镜日常巡检、圆顶温湿度等日常巡检和记录；4000 根光纤端面清洁维护，1600 镀膜机开机测试。自研 MA 位移促动器现场安装和运行测试。

光谱仪日常自检和像质维护；16 台光谱仪低、中色散切换和调整及像质自检测试等。离子泵报警检查和维护，定标网络电源更换和维护。光纤定位单元闭环检测相机标定、调焦测试，标定闭环单元参数，单元控制上位机防碰撞程序修改和调试；光纤定位闭环测试，分析闭环对星实验数据；焦面光纤定位测量机械臂支架安装测试。MA 制冷机组等设备维护，配合巡天观测。



LAMOST 运行和发展中心

Center for Operation and Development of LAMOST Telescope