

银盘翘曲的“时光动画”揭示出银河系暗物质晕形状

近日，国际科学期刊《自然·天文》在线发表了中国科学院大学黄样副教授、中国科学院国家天文台刘继峰研究员、北京大学张华伟研究员和上海交通大学沈俊太研究员联合主导的一项重要研究成果。研究团队基于郭守敬望远镜（LAMOST），以及欧空局的 Gaia 卫星数据，首创了“时光动画”（motion picture）新方法，利用不同年龄的造父变星样本直接测量出银盘翘曲的进动方向和速率。基于此，研究团队揭示出当前银河系的暗物质晕形状为接近球形的扁椭球。

在近邻宇宙中，大多数的盘状星系其实都不是一个完美的圆盘，而是在外区表现出像薯片一样的弯曲状态，天文学家称之为翘曲（warp）。银河系作为一个典型的盘状星系，也不例外地表现出翘曲特征。通常认为，翘曲的起源是外盘物质的旋转平面偏离了包裹它的暗物质晕的对称平面。这样一个倾斜的转动银盘就像一个旋转的陀螺，必然会受到暗物质晕施加的引力矩产生进动。然而，翘曲的进动速度这一重要动力学参数，无论是方向和速率的测量都存在巨大的争论，原因是之前的测量都是依赖运动学的间接方法，其使用的示踪天体会因动力学扰动或加热效应而影响其测量的准确度与精度。

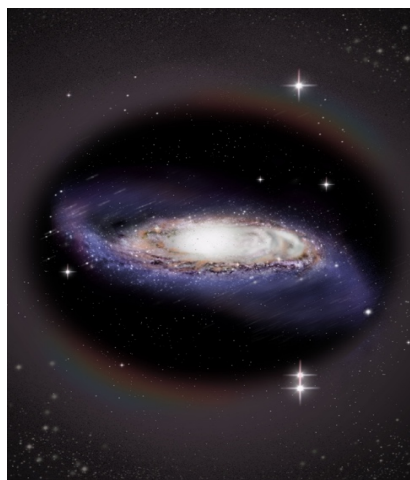
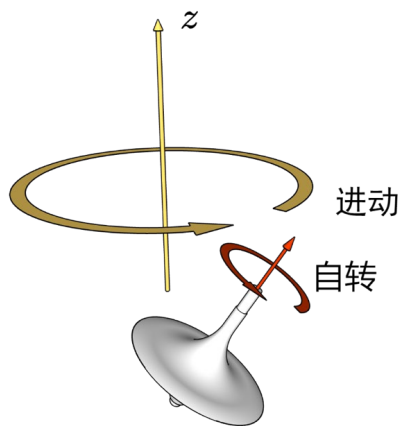


图 1: 左图: 旋转的陀螺在重力力矩下产生进动; 右图: 类比陀螺, 银盘翘曲在暗物质晕的力矩下“翩翩起舞 (进动)” (上海交通大学设计学院侯开元、董占勋制作的艺术想象图)。

这项研究利用 Gaia 发现的 2600 颗年轻经典造父变星作为银河系翘曲的示踪天体，并结合 LAMOST 数据精确测量了这 2600 颗经典造父变星的距离和年龄，首创了“时光动画”方法，精确描绘了距今 2.5 亿年间不同年龄切片的银盘三维结构。通过动画“放映”方式，该研究清晰地揭示了银盘翘曲的演化过程，发现翘曲沿着逆太阳旋转方向以 2 km/s/kpc （即每百万年 0.12° ）的速率进动。进一步的精细测量显示，随着造父变星样本离银心距离的增加，翘曲的进动速率

逐渐减小。无论翘曲如何起源，其进动速率和方向都由银河系内盘与暗物质晕共同决定。在扣除银河系内盘的贡献后，研究团队发现，当前包裹翘曲的银河系暗物质晕呈现出略微偏离球形的扁椭球形状（椭球等势面长短轴之比 q 值在 0.84 到 0.96 之间），目前只有这一形状才能解释翘曲的剩余进动大小。该结果为研究银河系暗物质晕的演化提供了重要锚点。该研究成果得到了两位审稿人的高度评价，一致认为：“‘时光动画’是一项新颖且深具说服力的方法，并首次精确测定出进动的方向和速率。”

论文链接：<https://www.nature.com/articles/s41550-024-02309-5>

LAMOST 位移促动器实现国产化研制

LAMOST 首创的既拼接又变形的新型主动光学技术是 LAMOST 最关键的核心技术，是望远镜光学性能、巡天顺利进行和科学成果产出的重要保障。在 LAMOST 主动光学系统的众多核心器件中，波前传感器、力促动器和镜面支撑等技术都已基本实现了国产化，然而 LAMOST 位移促动器却一直依赖进口，面临性价比降低、超寿命使用、维护维修滞后等各种问题。因此，为保障望远镜稳定安全运行，实现 LAMOST 位移促动器国产化研制是 LAMOST 近年来亟需攻克的一项技术难关。

为了攻克并掌握 LAMOST 位移促动器研制的核心技术，实现大批量超寿命促动器的应急维护更换，及时解决当前位移促动器运行维护中出现的问题，LAMOST 运行和发展中心和南京天光所相关团队积极申请了中国科学院国家重大科技基础设施的维修改造项目“LAMOST 位移促动器升级改造”并获得资助。

该项目于 2021 年正式启动，项目负责人张勇研究员带领团队经过 3 年的潜心研究和迭代研制，顺利完成了项目的全部预期目标和建设内容，成功研制了 86 套 MA 位移促动器、133 套 MB 位移促动器和 37 套智能控制器；建成了位移促动器研制和测试平台；测试结果表明，相关研制产品性能指标满足 LAMOST 技术要求，处于国际前沿水平。近日，LAMOST 位移促动器升级改造项目顺利通过了中国科学院科技基础能力局组织的工艺验收。

三年时间，项目组逐步攻克了 LAMOST 位移促动器的核心器件卡脖子瓶颈，自主掌握了 LAMOST 位移促动器的关键技术，将 LAMOST 位移促动器及相关器件成功实现了国产化。该项目的成功标志着 LAMOST 主动光学核心技术水平的阶段性提高，进一步提升望远镜的巡天性能和观测效率。



图 2 新研制的 LAMOST 位移促动器

科研人员基于 LAMOST 数据发现 229 颗早型速逃星

近期，中国科学院云南天文台郭彦君博士、陈雪飞研究员等人基于 LAMOST DR8 中的早型星星表及其视向速度测量值，结合 Gaia DR3 所提供的天测数据，证认出了 229 颗早型速逃星，并对这些恒星的物理性质进行了分析。该样本是目前数量最大的具有一致性视向速度测量的速逃星样本，这对速逃星的起源研究具有重要科学意义。目前该工作已在国际著名天文学期刊《天体物理学报增刊》上发表（2024,ApJS,272,45）。

大约 30% 的 O 型星和 5%-10% 的 B 型星，通常以大于 30km/s-40 km/s 的本动空间速度在银河系中运动，这类恒星被称为“速逃星（runaway star）”。这类恒星在研究银河系结构和超新星爆炸等前沿课题中扮演着重要角色。速逃星的形成机制主要可以归结为两种：一种是双星超新星图景，即在一个致密双星系统中，当质量更大的恒星在经历非对称核坍缩超新星爆炸时，其伴星会被抛射出去，从而形成速逃星。这对我们理解超新星爆炸模型、特殊双星系统及双星演化等具有重要意义。此外，速逃星也可能通过密集星团中多体系统间的相互作用被抛射出来（动力学抛射图景，如图 3），这对我们理解星团的动力学过程十分重要。

该研究通过 LAMOST DR8 数据中的 4432 颗大质量早型恒星样本（主要为 B 型恒星）及其视向速度，结合 Gaia DR3 天体测量数据，对该样本进行了空间动力学特征研究，并证认出 229 颗早型速逃星，这是目前已知基于 Gaia 天测数据速逃星研究中，具有一致性视向速度且数量最大的样本。该研究给出了这批速逃星的投影自转速度和空间速度分布，结果发现在该样本中大部分速逃星具有较小的投影自转速度和空间速度，但几乎没有同时具有较大投影自转速度和空间速度的速逃星。这一特征可能与速逃星的形成途径密切相关。

研究人员进一步探究了速逃星样本在银河系中的空间位置分布，发现大多数速逃星可能位于银河系薄盘内。通过对该样本中具有多次视向速度测量值的速逃星进行轨道分析，发现了两颗可能是速逃星双星的样本，其轨道周期分别为 40 天和 61 天。该星表为研究速逃星的起源提供了更具统计意义的参考样本，同时也为速逃星双星的理论起源提供了观测约束。

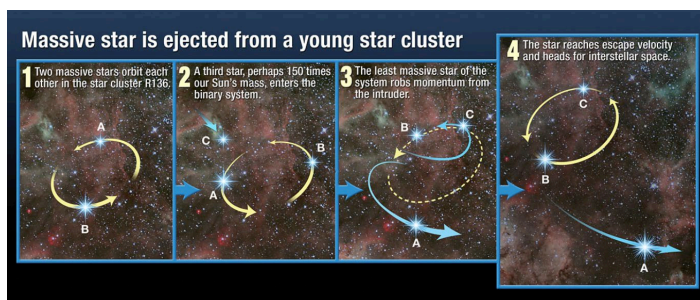


图 3 速逃星的动力学弹射途径 (<https://esahubble.org/images/heic1008d/>)

论文链接：<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2024arXiv240504750G/abstract>

观测运行部工作情况

7月，LAMOST 进入夏季维护阶段，观测运行部的工作进展如下：

- ✓ 更新维护 OCS 相关的相机控制机；
- ✓ 小气象站设备维护，标定温湿度传感器，更新 MA 风速传感器的机器和采集程序；
- ✓ 导星系统以及附属设备的维护；
- ✓ 信息化及存储维护：上架新存储服务器，备份上一观测季原始数据和气象数据等。

科学巡天部工作情况

- ✓ 二维光谱数据处理分析软件的运行维护；
- ✓ 更新和完善科学巡天相关的硬件设备及运行环境；
- ✓ 整理上一个观测季的输入星表及观测计划。

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；
- ✓ LAMOST 人工智能建制化研究的组织及智能问答系统的 v0 版测试；
- ✓ 根据用户需求，继续研发在线分析工具；
- ✓ 完成 DR11 v1.1 和 DR10 v2 版本的数据测试。

技术维护与发展部工作情况

日常维护：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；子镜日常巡检等。

夏季维护：完成 6 块 MB 子镜的拆卸、镜室清洁维护；完成 6 块 MB 子镜脱膜、9 块重新镀膜（共完成 32 块子镜镀膜）、子镜因钢垫检查并胶接 2 块子镜因钢垫；完成 12 块 MB 子镜吊装；完成 20 块 MA 子镜的拆卸、镜面拆分镜室清洁维护、镜面因钢垫检查并完成 3 块子镜因钢垫的胶接；完成 18 块 MA 子镜脱膜、16 块重新镀膜；安装 15 块 MA 代子镜，进行力促动器线性测试和更换；完成 MA 位移促动器居中测试；

完成 6 台光谱仪光纤粘接和更换；进行光纤狭缝安装调试；完成 16 台光谱仪准直镜和照相镜反射率测量并整理测试报告；光谱仪水冷软管安装；完成更换光纤的 6 台光谱仪的 1500 根光纤单元维护和更换等工作。



LAMOST 运行和发展中心

Center for Operation and Development of LAMOST Telescope