

LAMOST 发现钨系元素增丰星，揭示重元素起源新线索

近日，国际科学期刊《天体物理学杂志快报》(The Astrophysical Journal Letters) 刊登了中国科学院国家天文台领导的国际合作团队的一项重要研究。他们首次在银河系的“盖亚-香肠-恩克拉多斯”(Gaia-Sausage-Enceladus, GSE) 吸积遗迹中发现了一颗具有高钍/铀比的钨系元素增丰极贫金属星。这一发现为理解宇宙中最重元素的形成机制提供了全新线索，并揭示了钨系元素增丰可能与矮星系的吸积过程密切相关。该成果第一作者为国家天文台博士研究生林洋名，指导老师为李海宁研究员。

LAMOST J0804+5740 是一颗极贫金属 ($[Fe/H] = -2.38$)、r-过程增丰 ($[Eu/Fe] = 0.80$) 的恒星。研究人员利用郭守敬望远镜 (LAMOST) 巡天数据和日本昴星团 (Subaru) 望远镜高精度后续观测，精确测定了这颗特殊恒星的 48 种元素的丰度。结果显示，这颗恒星的钨系元素 (如钍) 的含量显著高于普通的 r-过程增丰星，成为目前已知少数几颗钨系元素增丰星之一，同时表明它可能诞生于一次极端的重元素合成事件。

钨系元素增丰现象一直是现代天文学研究的谜团之一。传统观点认为双中子星并合或者中子星-黑洞并合是其主要来源。但研究团队通过对比理论模型，发现磁旋转驱动喷流超新星模型与 J0804+5740 的观测丰度模式最为匹配 (如图 1 所示)。这意味着磁旋转驱动喷流超新星也可能产生钨系元素增丰现象，为其起源提供了新的解释。

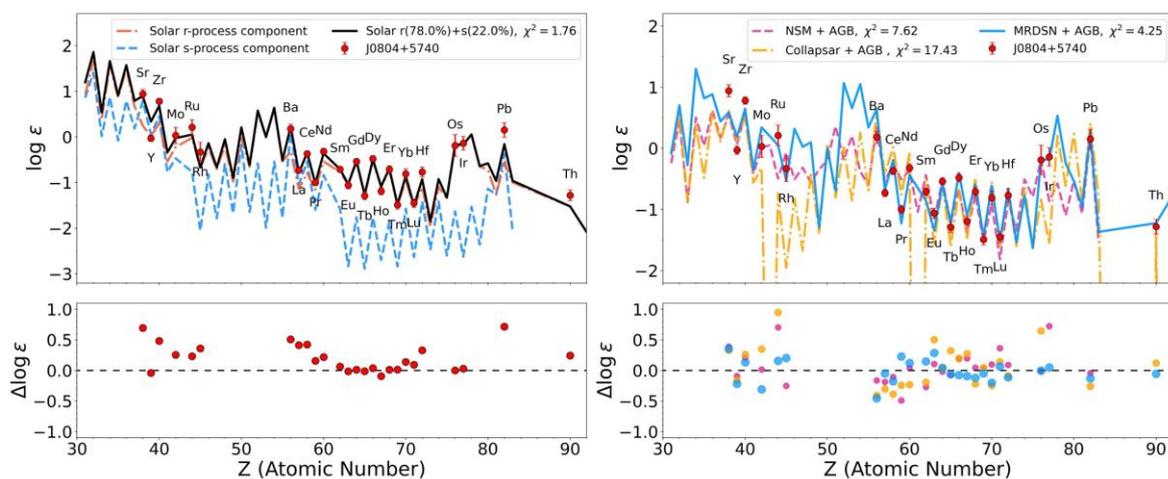


图 1: J0804+5740 的重元素丰度模式 (红色实心圆圈) 与太阳 r-过程和 s-过程模型的对比 (左上图), 以及与理论 r-过程和 AGB s-过程的组合模型的对比 (右上图)。J0804+5740 的元素丰度与太阳 r-过程模型之间的残差 (左下图), 以及与理论 r-过程和 AGB s-过程组合模型的残差 (右下图)。

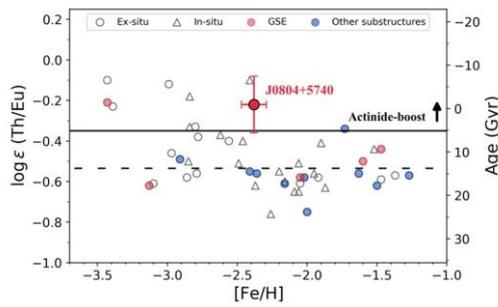


图 2: r-过程增丰星中 $\log \epsilon$ (Th/Eu) 与 $[Fe/H]$ 的关系。空心圆代表吸积恒星 (ex-situ), 空心三角形代表本地恒星 (in-situ)。红色的实心圆代表属于 GSE 的恒星, 而蓝色实心圆代表来自其他子结构的恒星, 包括 Wukong、Helmi streams、Thamnos 和 Sequoia。右边 Y 轴表示根据 $\log \epsilon$ (Th/Eu) 计算的年龄。黑色实线对应钢系元素增丰的标准。此外, 黑色虚线表示宇宙的年龄 (13.772 ± 0.059)。

动力学研究发现, J0804+5740 不仅是一颗钢系元素增丰星, 而且属于银河系吸积矮星系“盖亚-香肠-恩克拉多斯”(Gaia-Sausage-Enceladus, GSE)的一部分, 这不仅是第一次在 GSE 中, 也是第一次在已知吸积遗迹中发现具有明显钢系元素增丰的天体。研究团队进一步分析了 48 颗具有钍丰度测量的 r-过程增丰贫金属星, 发现约三分之二的钢系元素增丰星均倾向吸积起源 (ex-situ), 如图 2 所示。这表明, 被银河系吸积的矮星系可能是此类特殊天体的重要来源。

LAMOST J0804+5740 如同一枚“时间胶囊”, 保存了百亿年前矮星系中剧烈重元素核合成事件的证据。未来, 我们将扩大对钢系元素增丰星的搜寻, 并结合核物理实验和核合成理论模型, 揭示重元素起源的完整图像。

这项研究不仅为银河系考古学提供了新线索, 也为理解宇宙中最重元素的形成和演化开辟了新思路。科学家们期待未来的研究能够揭示更多关于钢系元素增丰现象的奥秘, 并进一步探索银河系吸积矮星系中的独特化学特征。

研究人员依托 LAMOST 和 SDSS 数据发现 40 个“变脸”活动星系核

厦门大学顾为民教授的研究团队基于我国天文大科学装置郭守敬望远镜 (LAMOST) 和美国斯隆数字巡天项目 (SDSS) 的多历元光谱数据, 新发现了 40 个“变脸”活动星系核 (CL-AGN) 和 29 个候选体。该研究结果扩大了 CL-AGN 的样本数量, 为后续研究吸积盘态转变及相关物理机制提供了更多的观测依据。该研究工作已被国际天文学期刊《天体物理学报》(ApJ) 接受发表, 该研究论文的第一作者是厦门大学天文学系博士生董倩, 共同通讯作者是顾为民教授和张志翔博士。

在浩瀚的宇宙中, 活动星系核 (AGN) 以其强大的能量释放吸引着天文学家的目光。AGN 由中心超大质量黑洞、吸积盘、宽线区、窄线区和尘埃环组成。中心黑洞吸积周围气体产生的辐射照射周围冷气体, 产生观测到的宽发射线和窄发射线。天文学家根据是否存在宽发射线将 AGN 分为 I 型和 II 型。传统的 AGN 统一模型将 AGN 类型归因于视向效应, 即尘埃环在观测者视线方向对宽线区的遮挡。然而, 随着观测数据的增多, 一个令人疑惑的现象出现了: 一些 AGN 的宽发射研究表明大部分 CL-AGN 的快速“变脸”与吸积模式的变化或吸积率的显著变化有关。

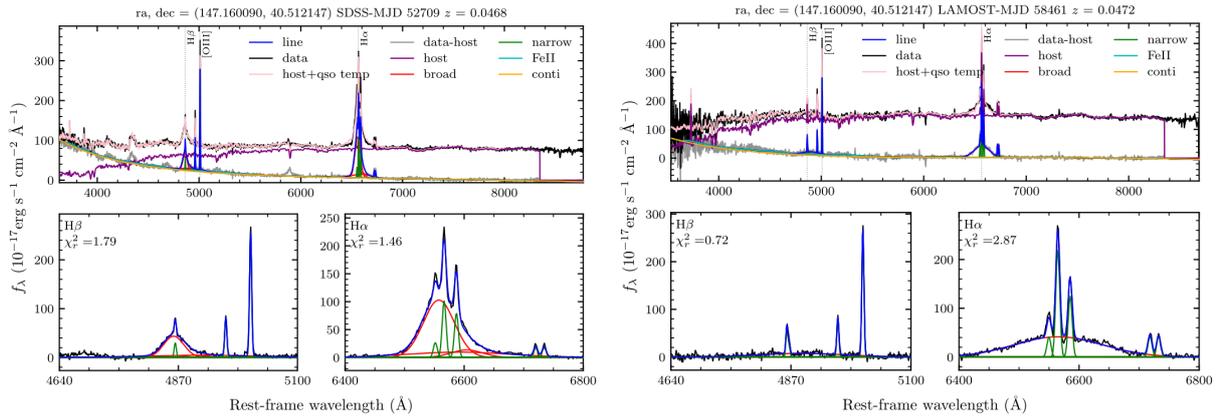


图 3: CL-AGN J094838.42+403043.7 的 SDSS 和 LAMOST 光谱的光谱拟合结果。左上图显示 SDSS 光谱的拟合结果，左下图为 H-beta 和 H-alpha 发射线区域的放大图，可见明显的宽发射线成分。右上图为 LAMOST 光谱的拟合结果，右下图显示 H-beta 发射线完全消失，仅残留窄线成分，H-alpha 发射线强度显著降低。

经典标准薄盘理论预言 AGN 的吸积模式变化或吸积率显著变化需要数万年的时标，然而观测到的“变脸”时标却比理论预期小了 3-4 个数量级。快速“变脸”现象对经典吸积理论提出了严峻挑战，对理解 AGN 结构和吸积过程具有重要意义。鉴于“变脸”的物理机制尚不清楚，扩大 CL-AGN 和重复 CL-AGN 的样本将有助于揭示“变脸”现象的本质。

该研究基于 LAMOST 和 SDSS 的多历元光谱数据，通过分析 H-beta 发射线的出现和消失证认 CL-AGN。该研究获得了 51 个 CL-AGN，其中 40 个为首次发现，伴随明显的光学或中红外波段显著光变。此外，还获得了 31 个候选体，其中 2 个在前人研究中被证认为 CL-AGN，这些候选体表现出明显的发射线变化，但是没有显著光变或缺乏测光数据的支撑。值得一提的是，还发现了一个重复 CL-AGN，其在 12 年内经历了 H-beta 发射线的消失与再现的过程，如图 4 所示。

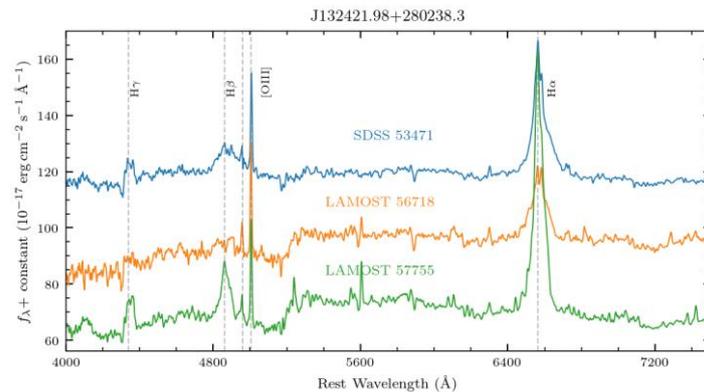


图 4: 重复 CL-AGN J132421.98+280238.3 的三个不同历元的光谱。MJD 53471 和 MJD 57755 的光谱呈现显著的 H-beta 发射线，但 MJD 56718 的光谱中 H-beta 宽发射线消失。H-beta 发射线的消失和再现现象表明该源出现了重复“变脸”现象。

论文链接: <https://arxiv.org/abs/2408.07335>

观测运行部工作情况

5月, LAMOST 共观测了 47 个天区。理论观测时间为 248 小时, 实际观测时间为 92.18 小时, 占理论观测时间的 37.2%。受兴隆观测站天气原因*影响, 共 154.82 小时未能观测, 占理论观测时间的 62.4%。望远镜仪器故障时间为 1.0 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;
- ✓ 完成正式巡天日常观测计划的制定, 5月实际观测计划执行情况如下:
低分辨率非时域天区: 10 个 VB 天区;
19 个 BM 天区; 低分辨率时域天区: 0 个; 中分辨率天区: 18 个; 测试天区: 0 个; 共计 47 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;
- ✓ LAMOST DR13 v0 版本的数据发布事宜;
- ✓ 根据用户需求, 继续研发在线分析工具。

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; 子镜干冰清洁维护、镜面测试片、4000 根光纤头清洁维护及反射率测量; 6 块金基紫外增强型反射镜清洁维护和反射率测量; 子镜日常巡检、圆顶除湿机过滤网清洁维护及温湿度等日常巡检和记录; MA 镜罩轨道及镜室框架罩壳清洁维护; 镀膜机、镀膜超净间维护保养。

光谱仪日常自检和像质维护; 32 台 CCD 相机像质检查维护和自检, 监控离子泵、半导体运行数据; 16 台光谱仪低中色散切换和调整, 像质自检和测试; 细光纤研磨准备; 复核近红外光谱仪照相镜和改正板姿态, 调试红蓝端像质合狭缝的一致性, 整理近红外光谱仪各项调试、运行记录。

光纤定位相机检查和调焦; 焦面光纤闭环 C 相机检查维护; MA 制冷机组日常检查和维护, 配合巡天观测。



LAMOST 运行和发展中心

Center for Operation and Development of LAMOST Telescope