

## 天文学家基于 LAMOST 数据揭示银河系早期形成和演化历史

北京时间 3 月 24 日，国际科学期刊《自然》以封面文章形式发布了德国马普天文研究所的研究人员向茂盛博士和 Hans-Walter Rix 教授合作的一项重大成果。基于中国科学院国家天文台运行的国家重大科技基础设施郭守敬望远镜（LAMOST）和欧空局天体测量卫星盖亚望远镜（Gaia）的巡天观测数据，研究人员获取了迄今最精确的大样本恒星年龄信息，按照时间序列清晰还原了银河系幼年和青少年时期的形成演化图像，改写了人们对银河系早期形成历史的认知。



图 1 《自然》封面-追星人的银河指南

夜空中美丽浩瀚的银河，自古以来就引发了人们无数的想象和无尽的探索。我们所在的银河系是无数字宇宙岛中一个普通盘星系，和其它类似星系一样，它在过去的一百多亿年间集成了上千亿颗恒星。这些恒星根据位置的不同，主要分布在银河系的银晕和银盘上，其中银盘又包括一个几何上相对较厚的厚盘和一个相对较薄且更延展的薄盘。然而，银河系的银晕和银盘是在什么时间，如何形成，又是如何组装起来并演化成今天绚丽多姿的银河等系列起源问题一直是天文家亟待解决的科学谜团，同时也是世界范围内多个地面和空间望远镜大规模天文巡天观测计划的主要科学目标。过去的研究通常认为，我们的银河系在婴儿时期（极早期）经历了剧烈的形成过程，大量的贫金属气体塌缩（天文上把除氢和氦以外的元素都叫做金属）或者是富含气体的星系间相互碰撞和并合形成了银河系的恒星晕。然后气体逐渐冷却形成了早期银盘即银河系厚盘。最后，随着时间推移气体进一步冷却，开始形成银河系薄盘。薄盘的形成是一个持久而有序的过程，从大约 80-100 亿年前一直持续至今。然而，这些图像主要来自数值模拟以及人们对碎片化观测证据的推测。所幸天文观测大数据的涌现使得银河系演化图像正在被改写，开启银河尘封历史的时代已经到来。

LAMOST 发布千万量级的恒星光谱数据，成为数字化银河的基石。欧空局发射的 Gaia 卫星则提供了 10 亿颗恒星的位置和移动地图。这样的珠联璧合为天文学家追溯银河系的集成和演化历史提供了得天独厚的优势。向茂盛博士和 Rix 教授基于 LAMOST 和 Gaia 数据，构建了包含 25 万颗亚巨星的高质量数据样本，并获取了它们的精确年龄。恒星年龄是最难以精确测定的恒星物理量，也可以说是天文领域最难精确测量的物理量之一。得益于 LAMOST 银河系巡天及国际上其它巡天项目的开展，获取大样本恒星的年龄已在过去几年内逐渐成为现实。但是，之前的

LAMOST 发布千万量级的恒星光谱数据，成为数字化银河的基石。欧空局发射的 Gaia 卫星则提供了 10 亿颗恒星的位置和移动地图。这样的珠联璧合为天文学家追溯银河系的集成和演化历史提供了得天独厚的优势。向茂盛博士和 Rix 教授基于 LAMOST 和 Gaia 数据，构建了包含 25 万颗亚巨星的高质量数据样本，并获取了它们的精确年龄。恒星年龄是最难以精确测定的恒星物理量，也可以说是天文领域最难精确测量的物理量之一。得益于 LAMOST 银河系巡天及国际上其它巡天项目的开展，获取大样本恒星的年龄已在过去几年内逐渐成为现实。但是，之前的

研究所获取的大样本恒星典型年龄误差为 20% 或更大，而实现 10% 年龄测定精度的恒星样本很小，样本的空间和参数范围也十分受限。

亚巨星是处于恒星主序演化阶段向红巨星演化阶段过渡阶段的恒星。其可观测参数尤其是光度对于其初始质量和年龄极为敏感，因此它们的年龄相对容易被精确测定。但是恒星在亚巨星阶段的演化十分迅速，导致亚巨星比较稀少。利用 LAMOST 光谱大数据，向茂盛精确测定了 700 万颗恒星的大气参数，并结合 Gaia 数据得到了高精度的恒星光度和轨道运动学参数。从这 700 万恒星中筛选出 25 万颗亚巨星，测定出它们的精确年龄，样本平均年龄精度为 7%，金属元素丰度覆盖范围从 -2.5（从太阳金属含量的 300 分之一）到 0.5（太阳金属含量的 3 倍），空间覆盖范围达 3 万光年。这是首次在银河系如此广阔的空间范围和恒星金属丰度范围内获取如此大样本恒星的高精度年龄，成功突破了数据的局限性，为开展银河系的形成与演化历史研究跨出了标志性的一步。

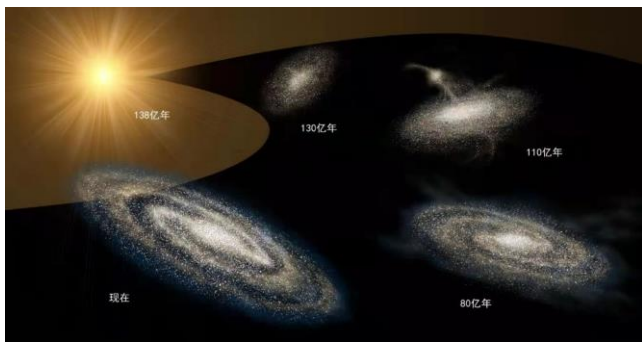


图 2 银河早期集成和演化图像示意图：138 亿年前宇宙大爆炸，130 亿年前厚盘开始形成，110 亿年前银晕形成，80 亿前至今银河薄盘形成。（图源：喻京川）

说，从时间上看，银河系的集成和演化历史分成两个明确的阶段，从 130 亿年前到 80 亿年前的早期阶段和 80 亿年前至今的晚期阶段。早期阶段形成了银河系的厚盘和银晕，晚期阶段形成了银河系薄盘。

超高的时间分辨率使得研究团队得到了清晰的银河系早期集成和增丰图像：银河系厚盘恒星从 130 亿年以前就已经开始形成，这距离宇宙大爆炸仅仅过去 8 亿年时间（对应宇宙学红移为 7）。最古老的厚盘星甚至要比银河系内晕恒星年老约 10-20 亿年。银河系内晕结构被认为主要是百手巨人恩塞拉都斯矮星系（Gaia-Sausage-Enceladus, GSE）碰撞银河系并被吸积并合时形成。也就是说，早期厚盘要比今天看到的主要恒星银晕结构领先 10-20 亿年形成，这刷新了对银河系早期形成历史的传统认知。

经进一步研究，向茂盛等人还发现虽然厚盘的形成一直持续了从 130 亿年前到 80 亿年前的大约 50 亿年时间，期间金属元素含量增加了 30 倍。然而，虽然这个周期持续了 50 亿年，但大多数厚盘恒星却形成于约 110 亿年前的一次集中爆发。与此同时，他们通过年龄数据研究发现矮星系 GSE 与早期银河系并合发生的时间大约也是在 110 亿年前，这比前人认为的早了

按照运动特征和化学 DNA（元素丰度）鉴定，他们把这 25 万恒星划分成两组：一组表征为形成于动力学相对宁静过程的银河系延展薄盘的恒星；另一组形成于动力学剧烈湍动过程的银晕和厚盘恒星。研究团队发现，这两组恒星的年龄以大约 80 亿年为界同样清晰地被分成截然不同的两组。也就是说，

10 亿年。这两个年龄高度吻合，研究团队认为这绝非偶然，而是强烈暗示了厚盘的恒星形成活动受到了 GSE 撞击事件的显著激发。形成厚盘恒星的气体大约在 80 亿年前耗尽，厚盘形成停止。差不多与此同时，新的气体开始从银河系周围聚集到一个更薄的盘上形成银河系薄盘恒星。薄盘形成过程一直持续至今。

至此，一个时间轴上被精确刻画的早期银河系形成和演化图像得以呈现，《自然》期刊审稿人评价该成果是第一次能够对银河系的形成历史提供如此清晰地描绘。银河系作为普通星系的代表，是我们研究宇宙中一般星系形成与演化问题的重点实验室，它可以帮助天文学家追溯从极早期宇宙一直到今天所发生的一个个精彩故事。论文链接：[www.nature.com/articles/s41586-022-04496-5](http://www.nature.com/articles/s41586-022-04496-5)

该成果第一时间在中央电视台《新闻联播》、《新闻直播间》、《正点财经》等栏目分别播出，人民日报、中国新闻网、科技日报、光明日报、新京报、文汇报、中国青年报、中国科学报等 10 余家媒体报刊分别对该成果进行了报道，并被多家媒体转载报道，引起国内外天文界的广泛关注。



图 3 央视《新闻联播》报道

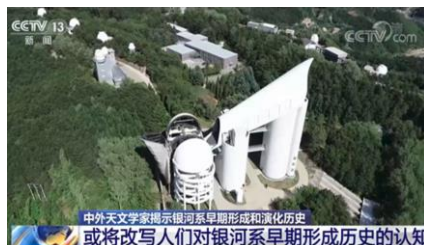


图 4 央视《新闻直播间》报道

## LAMOST 十年巡天综述文章正式发表

LAMOST 十年巡天，遍览星河。目前基于 LAMOST 数据所发表的科学论文已经近千篇，其中很多突破性进展不断刷新了我们对银河系乃至宇宙的认知，成为里程碑式的标志性成果。3 月下旬，由 LAMOST 运行和发展中心常务副主任赵永恒研究员为通讯作者、观测运行部副主任闫宏亮及 20 余位利用 LAMOST 开展科学研究的一线科学家亲手打造的“LAMOST 巡天十年综述文章”在《创新》(The Innovation) 期刊发表。该文章是 LAMOST 巡天第一个十年所取得显著成果的详细概述，它为后续 LAMOST 的发展和科学产出提供了宝贵的参考价值，具有重要的科学意义。



图 5 《创新》封面



图 6 LAMOST 综述文章首页

《创新》(The Innovation) 期刊是中国科学院青年创新促进会与 Cell Press 共同创建的综合性英文学术期刊，主要发表各科学领域高质量的前沿研究和文献综述，领域覆盖全部自然科学，旨在面向科学界展示鼓舞人心的跨学科发现，鼓励研

究人员专注于科学的本质和自由探索的初心。文章链接：[https://www.cell.com/the-innovation/fulltext/S2666-6758\(22\)00020-0](https://www.cell.com/the-innovation/fulltext/S2666-6758(22)00020-0)

## 观测运行部工作情况

3月, LAMOST 共观测了 85 个天区。理论观测时间为 310 小时, 实际观测时间为 145.2 小时, 占理论观测时间的 46.8%。受兴隆观测站天气原因\*影响, 共 158.1 小时未能观测, 占理论观测时间的 51.0%。

本月, 望远镜仪器故障时间为 6.8 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3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; 3月份实际观测计划执行情况如下: M: 17个, B: 23个, V: 30个, 中分辨率: 15个。共计85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DR9 v1.0版本数据的更新发布事宜;
- ✓ 完成3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 子镜清洁及反射率测量; 6 块金基紫外增强型反射镜清洗、清洗前后反射率测量。MA 力促动器结构件维护和更换, 全天相机维护测试。焦面旋转控制系统检查维护, 焦面电控柜重新接线和整理, 焦面电控系统线路整理; 新的控制箱现场安装和调试。

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; 光谱仪快速切换系统装调, 完成 18 个光谱仪控制箱的升级; 光纤研磨实验和测试; 光谱仪半导体软件数据传输检查维护; 光纤定位相机拍照测试; 中分辨率定标灯测试。制冷机组、除湿机等现场设施运行、检查、维护和日常安全巡视; 配合现场观测。



LAMOST 运行和发展中心

Center for Operation and Development of LAMOST Telescope