

LAMOST

郭守敬望远镜

大天区面积多目标光纤光谱天文望远镜

现代天文学研究的各种各样天体，几乎是“看得见而摸不着”的。1825年法国哲学家孔德在《实证哲学讲义》中断言：“恒星的化学组成是人类绝不能得到的知识”，以此来说明人类认识的局限性。然而，时隔30年孔德的预言被天体光谱术打破了，科学家将天体的光通过天文望远镜和光谱仪，分解成光谱，再将这光谱拍照下来进行分析研究。

利用天体的光谱，不仅能够确定天体的化学组成，而且可以确定天体的温度、压力、密度、磁场和运动速度等物理条件。

150年来，天文学家们建造了各式各样的望远镜和光谱仪来观测各种天体的光谱，使得人类对天体化学组成和物理本质的认识有了突飞猛进的提高。迄今为止，光谱分析也是天文学研究中最成熟的工具之一。

对于天体性质和行为的认识，光学波段光谱的物理信息含量最大，积累最多，运用也最成熟。但是，迄今由“成像巡天”记录下来的数以百亿计的天体目标中，只有很小一部分进行过光谱测量。急需对这些天体进行光谱观测，以确定其物理性质。

解决光谱测量的低效率，首先需要能够同时测量多个天体目标光谱的技术。多目标光纤光谱技术蓬勃发展于20世纪80年代，21世纪初已趋成熟并开始广泛应用于天文观测上。目前国际最先进的技术是用数百根光纤将视场中数百个天体的光引入光谱仪同时测量。应当说，这是近百年来天文技术的一大进步。例如，（1）英澳天文台（AAO）

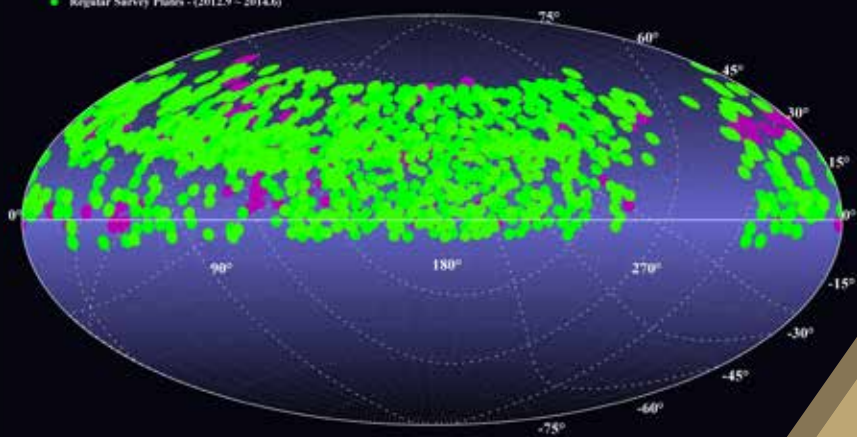


的 2dF 项目。该项目利用在澳大利亚的 3.9 米英澳望远镜（AAT，视场为 2° ，400 根光纤），于 1997 年开始试观测，2002 年完成观测任务。其星系红移巡天（2dFGRS）获得了 220 000 条星系的光谱，类星体巡天（2QZ）获得了 23 000 条类星体的光谱。数据已于 2002 年底全部释放。（2）美国的 Sloan 数字化巡天（SDSS）项目。利用 Apache Point 天文台的 2.5 米望远镜（APO，视场为 3° ，640 根光纤），于 1999 年开始试观测，2005 年完成第一期观测。第一期目标集中在星系和宇宙学的观测上，共获得 675 000 个星系，90 000 个类星体和 18 500 个恒星的光谱。之后开始第二期观测，除了继续完成一期未观测的天区外，将巡天扩展到了恒星和银河系结构（SEGUE）以及超新星巡天，SEGUE 计划对 3 500 平方度进行测光观测，并对 240 000 个恒星进行光谱观测。

天文学的发展清楚地表明，对于天体物理和宇宙学中的很多重大基本问题（如宇宙的结构、星系

的形成和演化，银河系结构的形成和演化等）都涉及到非常复杂的物理过程，对这些物理问题的研究，必然依赖于大量样本的统计。换句话说“重大课题”往往成为“宏大课题”，只有获得足够大的样品，才有可能从观测的资料出发，确定是哪些物理过程决定了宇宙中各类天体的性质，并从中找出某些决定了宇宙或者银河系主要特征的关键物理过程。另一方面，在技术进步的推动下，以相对一致的方法在合理的时间内获得数百万乃至数千万样品的光谱已成为可能。大样本天文学已成为目前天文学发展的一个重要方向。

大视场多目标光谱观测将会达到一个极大飞跃，全世界各国天文学家都在向这个方向积极努力。这对中国天文学来说是一个重大的机遇和挑战。由中科院牵头建造的世界上天体光谱获取率最高的望远镜——郭守敬望远镜（LAMOST）即是中国天文学界的一项创举。



2014年12月，包括LAMOST先导巡天和两年正式巡天的光谱数据——第二批数据集（DR2）对国内天文学家和国际合作者发布

LAMOST的原理和特点

LAMOST全称为“大天区面积多目标光纤光谱天文望远镜”（The Large Sky Area Multi-object Fiber Spectroscopic Telescope），位于河北省兴隆县境内的国家天文台兴隆观测站内，其任务是对天体光谱的“普遍巡天”（天体的“户口普查”）。目前，国际天文界已经掌握的天体光谱，只占已观测到天体的万分之一左右。LAMOST在北天视场内将对1 000万个天体进行光谱测量，将成为世界上天体光谱获取率最高的天文望远镜，在国际天文学界处于领先地位。美国SDSS是目前国际上光谱观测量最大的天文望远镜，但其光谱测量目标仅为LAMOST的十分之一。

LAMOST是一架横卧于南北方向的中星仪式反射施密特望远镜。两面镜子的大小分别为5 m和6 m，焦距20 m，视场5°，4 000根光纤，可同时观测4 000个天体，在1.5 h的曝光时间内可得到暗达20.5等的天体光谱。球面主镜和光谱仪均为固定，所有镜面（包括球面主镜和非球面反射镜）均是化整为零，即多镜拼装，系统主要活动的部分为反射镜，球面主镜由37块子镜组成，非球面反射镜由24块子镜组成。这些设计是对大规模测量光谱的天文望远镜能力的跨越式推进。LAMOST的光谱观测能力是国际上同类项目2dF、SDSS的6—10倍。结合LAMOST拟建台址的天文气候质量计算，约5年内，它将在2万多平方度的天区上观测到1 000万数量级的天体，

比SDSS提高了一个数量级。

LAMOST能突破2dF和SDSS的观测数量和速度的一个重要原因就是应用了主动光学技术。该技术成熟于20世纪80年代，能使望远镜及时地调整镜面状况，以减小或抵消因温度变化和重力等因素引起的望远镜成像问题。在LAMOST项目上，主动光学技术主要应用在5米口径的反射改正镜上，使之能在观测过程中不断改正，跟踪特定天体并获得好的星像。

LAMOST的一个特点是口径与视场的结合——大口径兼备大视场。大视场相当于照相机的广角镜头。国际上已有8 m、10 m口径的光学望远镜，但它们的视场只有十几到几十角分；而5°的视场在国际上也有，但到目前为止其口径最大也只有1 m多。

LAMOST的另一个特点就是“多目标”。LAMOST将在1.75 m的焦面上放置4 000根光纤。与国际上现有的多目标、多光纤望远镜如400光纤的2dF、640光纤的SDSS相比，LAMOST的4 000光纤不但更多而且并行可控。SDSS要事先根据观测对象的位置在铝片上打孔，再用人工插入光纤，属于半自动化的望远镜。观测不同的天区时，如果要进行相应的调整，还要重新更换铝板。LAMOST的4 000根光纤均由计算机控制，可实现任何的调整甚至可在观测时对个别光纤做出微调。

LAMOST巡天

LAMOST 望远镜于 2001 年 9 月动工，2009 年 6 月通过国家验收。随后经过两年的精密调试和科学试观测，LAMOST 科学委员会确定了光谱巡天的第一阶段科学目标，LAMOST 运行中心制定了完备的观测计划，先导巡天于 2011 年 9 月下旬正式开始，为期 9 个月。期间共观测 401 个天区，获得 54 万条信噪比大于 10 的恒星光谱和 37 万颗恒星参数星表。

2012 年 9 月，LAMOST 正式巡天第一年观测开始，至 2013 年 6 月结束。包括先导巡天和第一年正式巡天的光谱数据——第一批数据集（Data Release 1，DR1）于 2013 年 8 月对国内天文学家和国际合作者发布。DR1 包含有 220 万光谱，其中信噪比大于 10 的恒星光谱 172 万条，已超过目前世界上所有已知恒星巡天项目的光谱总数。在 DR1 发布数据中，还包括一个 108 万颗恒星光谱参数星表，也是目前世界上最大的恒星光谱参数星表。根据国际天文惯例，保护期之后，2015 年 3 月 19 日 LAMOST DR1 数据集对全世界发布。用户可登录 <http://dr1.lamost.org/> 网站进行数据查询和下载。

天文学家已经利用 LAMOST DR1 数据取得了一些较有影响力的科研成果，例如：在仙女星系和三角星系区域内新发现近 2 000 颗类星体；发现了 300 多颗白矮星；发现 28 颗白矮-主序双星；从 157 颗天琴 RR 变星中探测到 3 颗天琴 RR 变星存在超高声速激波现象；新发现 50 颗贫金属恒星等。此外，天文学家还对 LAMOST 大样本光谱数据进行分析研究，发现了银河系盘星的运动模式“并非简单的圆周运动”的证据。美国合作者利用 LAMOST DR1 数据发现距离地球最近的超高速星。

LAMOST DR1 数据对世界发布，中国大型巡天望远镜所获得的大规模海量数据被更多的国际天文学家所使用，充分显示了中国重大科技基础设施的自主创新能力。

2014 年 12 月，包括 LAMOST 先导巡天和两年正式巡天的光谱数据——第二批数据集（DR2）对国内天文学家和国际合作者发布。DR2 中有 413 万条天体光谱，其中恒星光谱有 327 万，还包括一个 220 万颗恒星的光谱参数星表。2014 年 9 月，LAMOST 正式巡天第三年观测开始，至 2015 年 6 月结束，DR3 数据集中高质量的光谱将达到 440 万余条。LAMOST 的巡天进展和科研成果已引起了国际天文界的广泛关注与合作兴趣，目前共有来自中国、美国、德国、比利时等国家的 31 所科研院所和大学利用 LAMOST 数据开展研究工作。

LAMOST 巡天计划首次在国际上实现天区覆盖连续、比欧空局计划的 Gaia 巡天深 2—3 个星等。LAMOST 第一期 5 年光谱巡天拟解决的关键科学问题有：

- 取得覆盖银盘和银晕一个相当大体积、包含数百万颗恒星的光谱巡天样本，实现在天区覆盖、巡天体积和采样密度上的重大突破；
- 描绘银盘星族、星际介质三维空间结构、恒星运动及金属丰度分布，揭示银盘恒星形成和化学增丰历史及长期演化对银盘结构和性质的影响；
- 阐明吸积和并合对银晕星族的贡献率，理清银晕在相空间是否存在更多、更复杂的结构；
- 构建银河系引力势和物质分布，澄清太阳附近是否存在暗物质空洞；
- 发现和研究一批具有特殊价值的多波段天体。

LAMOST 的建成，为系统开展银河系光谱巡天提供了重大机遇，海量的恒星光谱数据对研究银河系的结构、运动、形成和演化具有不可替代的科学意义。这些研究将使人们对银河系的了解提高到前所未有的高度，也将启发人们对宇宙形成和演化产生更加深刻的认识。