



# LAMOST

崔辰州

中科院国家天文台

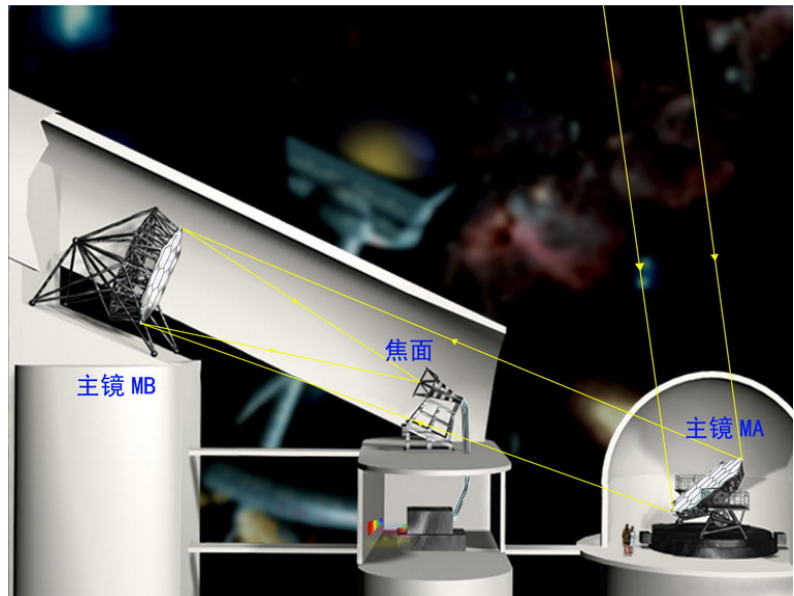
(此文发表于 SCIENTIFIC AMERICAN 中文版《环球科学》2006 年第 6 期)

## 历史回眸

LAMOST 是“Large Sky Area Multi-Object Fiber Spectroscopic Telescope”部分首字母的缩写，中文名称是“大天区面积多目标光纤光谱天文望远镜”。LAMOST 是我国重大科学工程之一，它的建成将使我国在大规模光学光谱天文观测中，在大视场天文学研究领域居于国际领先地位。

早在上世纪 80 年代中期，以王绶琯、苏定强和陈建生院士为首的一批天文学家就开始思考我国天文学的未来战略发展问题。当时我国自主研制的 2.16 米望远镜即将竣工。国际上多个大型观测项目比如哈勃空间望远镜、10 米凯克望远镜等，纷纷上马。国际天文学正在调动千军万马向“全波段”进军。在这样的形式下，我国天文学该从哪里突破？结合我们的国情，王绶琯院士等老一辈天文学家苦苦思索，前后十多寒暑，多少次讨论、论证，三易蓝图，到 1994 年将方案确定在了“LAMOST”身上。

LAMOST 最重要的科学任务是进行“大视场多目标”的光谱巡天。传统的望远镜设计方案要么是口径大视场小，要么是视场大口径小。“大口径兼具大视场”是天文学家多少年来的追求。我国天文学家开创性的将“卧式子午仪”结构和施密特望远镜结构巧妙结合，并通过主动光学技术保证成像质量，提出了LAMOST的总体方案。应用主动光学技术控制反射改正板，使这架横卧南北方向的子午仪式反射施密特望远镜成为大口径兼大视场光学望远镜的世界之最。由于它的大口径，在曝光 1.5 小时内可以观测到暗达 20.5 等的天体。而由于它的大视场，在焦面上可以放置四千根光纤，将遥远天体的光分别传输到多台光谱仪中，同时获得它们的光谱，成为世界上光谱获取率最高的望远镜。



LAMOST 结构示意图

1992 年春，中国天文学会和中国科学院数学学部面向全国天文界征集未来重大天文观测设备建议。LAMOST 方案从十多个方案中脱颖而出。1996 年 7 月，国家启动国家重大科学工程计划。1997 年 4 月，国家计委批复了 LAMOST 项目建议书。LAMOST 幸运地成为了我国天文界第一个大科学工程项目。

### 超人之处

LAMOST 望远镜最突出地特点是口径（4 米）兼大视场（5 度），以及 4000 根光纤组成地超大规模光谱观测系统。与国际上同类型的巡天项目，比如美国斯隆数字巡天计划（SDSS）和澳大利亚英澳天文台 2dF 巡天相比，LAMOST 无论在望远镜口径上还是观测效率上都有极大的飞跃。

	2dF (英澳)	SDSS (美)	LAMOST (中国)
口径	3.9 米	2.5 米	4 米
视场	2 度	3 度	5 度
光纤数	400	640	4000
获得光谱数	100, 000	1, 000, 000	10, 000, 000
状态	完成	运行	在建

三个著名巡天望远镜能力比较

LAMOST 望远镜由八个子系统组成，分别是光学系统、主动光学和支撑系统、机架和跟踪系统、望远镜控制系统、焦面仪器、圆顶、观测控制和数据处理系统、输入星表和巡天战略。

光学系统由在南端的球面主镜 MB、在北端的反射施密特改正镜 MA 构成，焦面在中间。光轴南高北低，以适应台址纬度，扩大观测天区。球面主镜 MB 大小为 6.5 米×6 米，由 37 块 1.1 米对角径的六角形球面镜拼接而成。反射施密特改正镜 MA 大小为 5.7 米×4.4 米，由 24 块对角径 1.1 米的六角形主动非球面镜拼接而成。球面主镜 MB 是固定的，对天体的指向跟踪运动完全由 MA 担任。作为定天镜的 MA 采用地平式机架，其指向和跟踪由方位和高度两个方向旋转实现。望远镜在天体经过中天前后进行观测。

为了改正球面主镜 MB 的球差，观测时需要实时变化改正镜 MA 的非球面面形，主动光学系统通过结合薄镜面和拼镜面主动光学技术使 24 块薄平面子镜按要求变形，并使各子镜共焦。上千个力促动器实时控制 MA 的各个子镜，以便达到要求的形状。这体现了我们的技术创新，也是项目中的技术难点。MB 的 37 块子镜通过拼镜面主动光学技术实现共焦。



复杂的 MA 子镜支撑，图中黑色部分为桁架和力触动物器

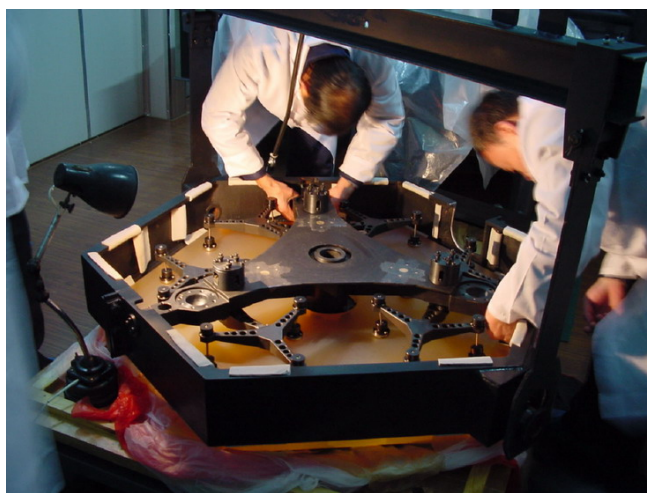
望远镜收集来自天体的微弱辐射，成像在焦面上，然后通过焦面仪器进行分光、探测和记录。焦面仪器是 LAMOST 直接获取天体光谱信息的部分，包括光纤定位装置、光纤、光谱仪和 CCD 探测器等几个主要部分。“并行可控式光纤定位技术”是 LAMOST 又一项创新和关键技术。与 SDSS 采用的钻孔铝板和 2dF 采用的磁扣方式不同，LAMOST 光纤定位采用了双回转光纤定位单元方案。在望远镜焦面位置上安装一个直径 1.75 米曲率半径 20 米的球冠面板，其上加工 4000 个均匀排列的大小一致的圆孔，每个孔中安装一个具有两个平面自由度的光纤定位单元，每个单元通过两个步进电机带动一根光纤在一定的范围内实现精确定位。LAMOST 定位系统的优势是通过 4000 个定位单元并行工作，大大缩短了定位时间。也避免了 SDSS 那样每次观测都需要更换光纤铝板的麻烦。在一个



工程技术人员在兴隆观测站现场组装 MB 桁架

后将使我国在大规模天文光谱观测研究中占据国际领先地位，为我国在天文学和天体物理学许多研究领域取得重大科研成果奠定基础。为了充分发挥 LAMOST 的威力，获得最大的科学回报，天文学家们结合望远镜的功能和特点为它制定了一系列的观测计划。其中最优先的科学目标是：星系的红移巡天、恒星

LAMOST 系统是世界上首次应用了在同一块大镜面上同时应用薄镜面主动光学技术和拼接镜面主动光学技术，还首次在一个光学系统中同时采用了两块大的拼接镜面。球面主镜的拼接是项目关键技术的重要组成部分，也是使项目造价大为降低的关键之一。



工程技术人员在安装调试 MB 子镜室

不到 2.5 平方米圆桌大小的焦面板上 8000 个电机带动 4000 根光纤去瞄准遥远的天体，想一想也是件震撼人心的场景。

由于 LAMOST 的创新特点，其望远镜建筑不同于一般天文望远镜的圆顶。它由 MA 楼、MB 楼和焦面仪器楼三部分组成，如题图所示。MA 的圆顶围挡为一带球冠的圆柱形，上部可向东西移开。焦面到 MB 围挡为一卧式长通道，开有百叶窗，以减少风对 MA 的影响，并使光路中温度均匀，避免恶化天然的大气视宁度。

每个条件良好的夜晚 LAMOST 都可以完成上万个目标的观测，每年可获得二三百万个天体的光谱，建成

及银河系结构、多波段天体目标的证认。

## 未来与影响

随着巡天观测在天文学研究中的重要性日益增强，LAMOST 项目引起了国内外天文学家的广泛关注，对 LAMOST 巨大的科学潜能寄予厚望。美国《Science》杂志两次载文介绍。著名的天文科普杂志《Sky & Telescope》在 2000 年第 7 期上提到：“与光谱有关的巡天望远镜是 LAMOST，中国的一台不寻常的望远镜，将建在中国北部长城附近的北京天文台兴隆站。3000 万美元的 LAMOST 有一个不动的 4 米主镜和 5 度的视场，一个可变形的镜子将星光引导到固定的主镜上。当 LAMOST 建成后，将是迄今为止最高产的光谱巡天工具：利用光纤、自动光纤定位装置和 20 台光谱仪，每次将可得到 4000 个天体的光谱。”



中国科技大学研制的 LAMOST 并行可控式光纤定位试验系统，带有 19 个定位单元

2005 年春夏之交，中国科学院和 LAMOST 指挥部邀请了 9 位国际知名的天文仪器专家和天文学家对 LAMOST 望远镜的功能和潜在的科学意义进行评估。

这其中包括美国帕洛马天文台台长，美国 Keck 天文台台长，美国叶凯士天文台台长，SDSS 项目负责人，2dF 项目负责人。经过仔细的现场考察和与项目成员的深入交流，这些国际大腕认为：“LAMOST 将会是一个适合于研究广泛领域中重大天体物理问题的世界级巡天设备。鉴于其集光面积和光纤数目，LAMOST 潜在的功能将比 SDSS 数字巡天和 2dF 高出 10 到 15 倍。如果能达到这样高的指标，它将是一个巨大的飞越，并打开了一个广阔的‘探索空间’。LAMOST 将会有非常好的科学产出，一定能够在河外天文学与银河系天文学方面产生世界级的研究成果。”



2006 年 4 月底的施工现场

LAMOST 独特的设计思想也对国际天文望远镜的设计产生了重要影响。2005 年 6 月初，在北京召开的“南极 DOME C/A 大视场巡天望远镜研讨会”上，一些国外天文学家提议在南极建造一台大口径的 LAMOST 型望远镜。国家天文台 LAMOST 望远镜与南极 LAMOST 一南一北，遥相呼应，对整个天区进行完备的深度光谱观测。

目前，现场施工和安装工作已经全面展开，望远镜观测楼已经完工。按照最新的规划，整个项目 2007 年中期将进入光

机电联合调试阶段，一个能初步工作的系统将提供给让天文学家试用。2008 年中期整个项目竣工验收，系统进入试运行阶段。

2008 年北京奥运会的召开将让世界更加了解中国，2008 年 LAMOST 的建成也将让世界更加了解中国天文和中国的天文学家。

致谢：作者感谢 LAMOST 项目总经理赵永恒研究员、项目科学家褚耀泉教授在本文完稿过程中提供的热情帮助。

**附录：**

### **LAMOST 大事记**

1992 年 4-5 月，中国天文学会和中国科学院数学学部向全国天文界征集下一阶段天文重大观测设备建议。以王绶琯、苏定强院士为首的研究集体提出 LAMOST 项目建议。

1995 年 1-2 月，国家科委组织对各学科科学工程的建议项目进行评议，LAMOST 位居前列。

1996 年 6 月，国家计委、国家科委组织两院院士对国家重大科学工程进行评审，LAMOST 位居前列。

1996 年 7 月，国家科技领导小组启动国家重大科学工程计划。

1997 年 4 月，国家计委批复 LAMOST 项目建议书。

1997 年 8 月，国家计委批复 LAMOST 项目可行性研究报告，标志着 LAMOST 的正式立项。

1999 年 2 月 12 日，初步设计文件编制完成。

1999 年 6 月，国家计委委托中国科学院批复了 LAMOST 项目初步设计与概算。

2000 年 2 月 20 日，数据处理和研究中心工程开工。

2001 年 8 月，国家发改委下达新开工计划，项目进入正式施工阶段。

2002 年 12 月 3 日和 4 日晚，针对 LAMOST 最重要关键技术的 1 比 1 室外主动光学试验闭环校正光学系统的像差获得初步成功。

2004 年 6 月 15 日，LAMOST 观测楼在国家天文台兴隆观测站开工建设。

2004 年 12 月 30 日，关键技术预研究项目—“大口径主动光学实验望远镜装置”通过验收和鉴定。

2005 年 1 月 18 日，LAMOST 工程指挥部和中国科技大学在合肥签订了“LAMOST 焦面光纤定位装置研制合同”。

2005 年 5 月 30 日至 6 月 2 日，“LAMOST 项目国际中期评估”活动在南京和北京举行。

2005 年 9 月国家天文台、LAMOST 项目与美国 SDSS 项目共同签订了 LAMOST 参加“SLOAN 数字巡天-II”工作的备忘录。

2005 年 9 月 20 日，LAMOST 首件大型设备 MA 机架从中国科学院国家天文台南京天文光学技术研究所启运，运往国家天文台兴隆观测站，项目正式进入安装调试阶段。

2005 年 12 月 24 日，在国家天文台兴隆观测站安全顺利地完成了反射施密特改正镜（MA）机架、焦面机构和球面主镜（MB）桁架三大部套的安装，项目全面进入现场安装调试阶段。

2006 年 4 月 12 日，三块对角径 1.1 米六角形球面 MB 子镜在南京天文光学技术研究所拼接成功。

2006 年中期，光机电联调；焦面仪器加工制造；小 LAMOST 投入试运行。

2008 年 8 月，项目竣工，LAMOST 投入试运行。