

# 郭守敬望远镜： 换个“看法”也不错



本报记者 刘亚东摄

刘超

在如何建设12米口径大望远镜的争论中,郭守敬望远镜躺枪了。这个我国迄今口径最大的光学望远镜屡屡被作为一个不太成功的案例提及。到底该如何评价它?参与该项目十年的研究人员有话说。

郭守敬望远镜(LAMOST)一直都是中国天文学家心中解不开的结——它是中国人主导的最大规模的天文巡天项目,在银河系研究领域走在了世界前列;它又是一个完全没有实现最初科学目标的项目。看到前一点的天文学家们会称赞它的成功,看到后一点的则指摘它的失败。到底如何评价它,是失败了还是成功了,我们从中领悟到了什么?系统总结整个项目的经验和教训对今后中国规划大科学装置有着重大参考意义。

## 沉沦

星系巡天曾是LAMOST的首要目标。然而,热切的希望被残酷的现实浇灭。由于观测极限星等远低于计划值,LAMOST实际获得的河外天体光谱数仅为原计划的2%。

总体而言,LAMOST项目的经历如同坐过山车,从高端直坠低谷,再自低谷死而复生。

1997年立项期间撰写的LAMOST项目可行性研究报告提到,望远镜要“……达到每三年10个光谱的高生产率……在研究宇宙学、星系和恒星天文学中不断地有新的发现”。在具体阐述研究目标时,“宇宙大尺度结构”是其首要、重点目标。大多数中国实测和理论天文学家都曾对此寄予厚望。直到2009年,项目的首要目标仍然为“包括北、南银冠区各250万个星系的巡天,150万个亮红星系巡天和约100万个类星体的观测”。然而到了2012年前后,测试观测和先导巡天的结果彻底打碎了这部分天文学家的梦,热切的希望瞬间被残酷的现实浇灭。

天文学家面临的现实情况是:望远镜无法实现既定目标,因为极限星等只能达到约18等,远低于计划的20.5等,探测极限仅仅为计划的十分之一。由于河外天体大多很暗,这样的探测能力根本无法对其开展有效观测。截至2017年6月,LAMOST实际共观测了上百万河外天体,但最终仅获得了15万个星系和5万个类星体有效光谱,仅为原定千万河外天体光谱的2%!和SDSS这个2.5米望远镜相比,它获得的星系光谱数目小了将近一个数量级。而SDSS已经在2010年完成了为期十年的巡天,在宇宙学和星系形成与演化等领域取得大量具

有划时代意义的科学成果,并在2009年被评为最具影响力望远镜,就连“网红”哈勃空间望远镜也甘拜下风。在这样的背景下,完成星系、宇宙学的初始科学目标成了不可能完成的任务。

造成实测极限星等较差的原因是多方面的,但大体上无外乎两个方面:望远镜设计、安装没有达到原定指标;望远镜台址的气象条件不符合原定设想。

《可行性研究报告》中提到,当视宁度为3角秒、天光亮度为21等/平方角秒时,LAMOST对于20.5等亮度的恒星信噪比仍可达11.7。一般认为,信噪比超过10时光谱是可用的。实测中,在上述台址条件下,LAMOST并没有达到这一指标。仪器状态极端好的情形下曾经达到过极限星等19等。但这不具备实际价值,因为一年也没有几个晚上有如此好的运气。而LAMOST所在地河北兴隆常年监测数据表明视宁度平均在2角秒左右,无月夜的时候天光亮度也在20.5—21等/平方角秒,这与立项时对台址的预测差别不大,因此台址显然不能为观测性能下降背锅。

此外,《可行性研究报告》中提到测天体的总效率,即天体单位时间发出的光子经过镜面反射、穿过光纤和光谱仪,在CCD器件上最终检测到的比例要达到16%。而实际上在开始巡天的头两年总效率仅能达到1%—3%,这么大的差距显然也不能全怪台址。

遗憾的是LAMOST运行6年多来没能形成一份客观、科学的技术分析报告,详细地阐述哪些问题是由于光学设计、安装调试等造成的,哪些是由台址造成的。因此,这个锅由谁来背始终难以定论。但是在没有科学依据的前提下,简单地把所有问题推给台址显然是有失公允的。

## 蜕变

在国内外专家的不懈努力下,LAMOST蜕变为一个脚踏实地、给银河系做“星口普查”的望远镜。按照它的观测能力,北半球天空仍然有一亿左右的恒星可供观测,它们中的99.99%都没有光谱数据。这仍然是一项世界级的工作。

恒星光谱的观测最初只是LAMOST巡天

的一个很小的附属目标。自2007年起,这个小目标开始正式进入视野。2012年正式巡天开始之前,LAMOST巡天策略逐渐由宇宙大尺度结构为重点转变成了河外天体和恒星各占一半。而第三个科学目标多波段天体认证因为涉及观测源较少,对整体巡天策略影响较小。在当时,这实在是一个无奈的选择,因为看不到比SDSS巡天更暗的星系,如果恒星也不看,那LAMOST就可以直接搬进博物馆了。为此,LAMOST低分辨率光谱仪专门进行了改进,使得分辨本领有了一定提升,以“兼顾”恒星观测。

尽管18等的极限星等依然对解决很多银河系的科学问题有很大掣肘,但在北半球天空仍然有一亿左右的恒星可供观测,它们中的99.99%都没有光谱数据。这么巨大的光谱样本仍然是一个世界级的工作。为了深入探讨LAMOST开展银河系巡天的科学意义,一个中美合作小组陆续开展了4年的预研,最终于2012年将有关银河系巡天的科学目标和巡天计划汇总成论文,发表在《天文学和天体物理学研究》上。

与此同时,面对仪器、台址、观测模式等诸多问题,来自国家天文台、北京大学、上海天文台等单位的天文学家并没有放弃,他们会同美方的合作专家和LAMOST运行中心以及南京天光所的工作人员经过无数日夜的磨合、探讨,有时甚至是争执,不断探明问题原因,寻找解决和改进方案。尽管不是所有问题都最终得到解决,但是经过三年不懈努力,LAMOST终于完成了一次不算完美但也差强人意的蜕变。那个志存高远、要为宇宙画像的LAMOST最终变成了脚踏实地、给银河系做“星口普查”的“郭守敬”了。

1年先导巡天加上5年正式巡天下来,90%以上的LAMOST光谱都是恒星光谱,尽管没有官方声明,LAMOST巡天事实上已经成为以银河系巡天为主导的项目了。

## 危与机

进入21世纪以来,银河系研究掀起了一个全球性的高潮,LAMOST“被迫”转入银河系研究反而促成了它的成功。在整个2010年代,甚至到2020年代前半段,LAMOST银河系巡天产生的数据都将是全球银河系研究独一无二的财富。

危与机是硬币的两面。LAMOST曾经处于危险的边缘,如果那次抓住机遇的话它可能成为宇宙学研究最重要的巡天项目之一。危情之下,LAMOST幸运地抓住了另一个机遇——银河系巡天。

LAMOST实际上并非主动决定以银河系巡天为其新的主要科学目标,情势所迫而已。但是,刚巧进入21世纪以来银河系研究掀起了一个全球性的高潮。首先是SDSS在银河系领域完成了几项开创性发现,从而使银河系的话题成为焦点,其次Lambda冷暗物质宇宙模型在大尺度、高红移获得了极大成功,但仍然需要在星系尺度上得到有效验证,银河系刚好是一个最佳探测星系。在这样的背景下LAMOST“被迫”转入银河系研究反而促成了它的成功。

在整个2010年代,甚至到2020年代前半段,LAMOST银河系巡天产生的数据都将是全球银河系研究独一无二的财富。2013年,欧洲空间局发射了Gaia天体测量卫星,从而

开启了银河系研究的新纪元。从2016年Gaia发布第一批数据一直到2025年左右,LAMOST都将是与Gaia匹配最好的地面光谱巡天项目,因而被全球天文学家所重视。LAMOST注定会和Gaia是天生的一对。即便没有Gaia数据,迄今为止LAMOST也在稀有恒星探测、银河系结构、恒星运动学等方面做出了一批具有重要意义的成果;在太阳运动速度、暗物质密度测定、银河系总质量称量等方面给出了新的结果。特别需要指出的是,LAMOST和著名的Kepler巡天项目开展了紧密合作,在系外行星研究和恒星物理方面取得了非常突出的成果,发表在包括《自然》在内的国际顶级学术期刊上,展现了其国际影响力。基于LAMOST的数据发表的学术论文已经有大约20%是完全由国际团队独立做出的,这更凸显了LAMOST项目越来越重要的学术价值。和同时期、同类型国际其他恒星光谱巡天相比,LAMOST在科学产出上并不落下风,科学成果的影响力也正在逐渐显现出来。可以说LAMOST银河系巡天前一片光明。

## 过去—现在—未来

由于计划和结果南辕北辙,LAMOST算不上一个成功的大科学项目。但它仍是世界上银河系研究最核心的重器之一,是中国天文学跻身世界的重要标志。中国天文学家理应站在对中国天文学的整体利益上考量LAMOST的功与过,给它一个公正的历史评价。

如果从1997年立项,甚至更早的项目建议阶段梳理LAMOST的科学目标,我们会发现今天的巡天项目可能是一个“假”的LAMOST。

从那些研究宇宙学和河外天体的天文学家的立场出发,怎么批评LAMOST都可以理解,毕竟当初这些人都被忽悠得不要不要的。最后呢,LAMOST压根没干成那些事。

可是如果大家站在宽容的角度,从我国天文学整体发展来看,LAMOST如今的成绩也算斐然,还是可以拿出来展示一番的。尽管LAMOST开始的时候并不是以银河系为主要目标,但最终却成了世界上银河系研究最核心的重器之一,成为中国天文学跻身世界的重要标志。

如果还要非说LAMOST失败,未免就有些小家子气了。当然,也不必大吹大擂它如何大获成功——不要忘了即便有这么多人这么艰辛地把它从一具“僵尸”拉回到了正轨,这个大科学项目如今仍是与当初的计划南辕北辙,这无论如何都有些尴尬。也许仅是运气成分更多一些,加上很多实际参与人员自始至终不抛弃不放弃。还要感谢天上的那些恒星,因为它们比星系更亮,比星系更多。

我一直为之自豪的一点就是天文学家总是能够游刃有余地游走在时间轴上,在过去、现在、未来之间御风而行。哪个行当能有天文学家那样宽广的胸襟,容下百亿年的沧海桑田?在对待LAMOST的问题上,中国天文学家也要有如此的胸襟。看过去,看现在,看将来,不要被自己狭小的研究领域和利益纠葛所禁锢,站在中国天文学的百年大计上考量LAMOST的功与过,给它一个公正的历史评价。

(作者系中国科学院国家天文台副研究员)

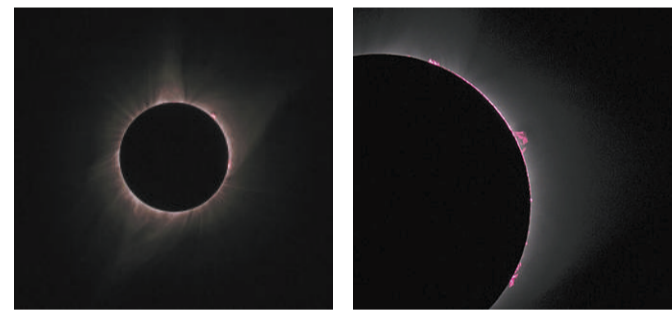
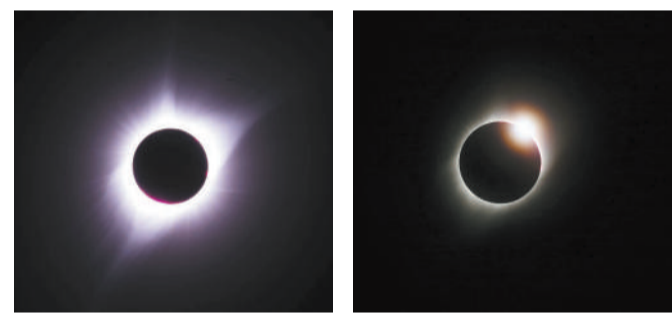
## 光谱志

### 留下那“暗无天日”的瞬间

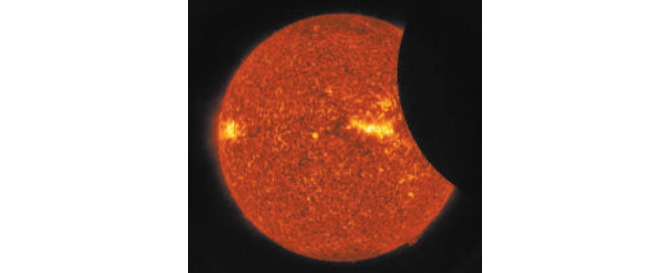
美国当地时间8月21日,一场盛大的日全食上演。日全食带扫过从美国俄勒冈州海岸到南卡罗来纳州海岸的14个州,吸引了世界各地爱好天文的人们,掀起一场以太阳为主题的晒图热潮。



日食期间,NASA休斯顿约翰逊航天中心的员工加入了观测的队伍,并尝试用投影法观看日食。图片来源于网络



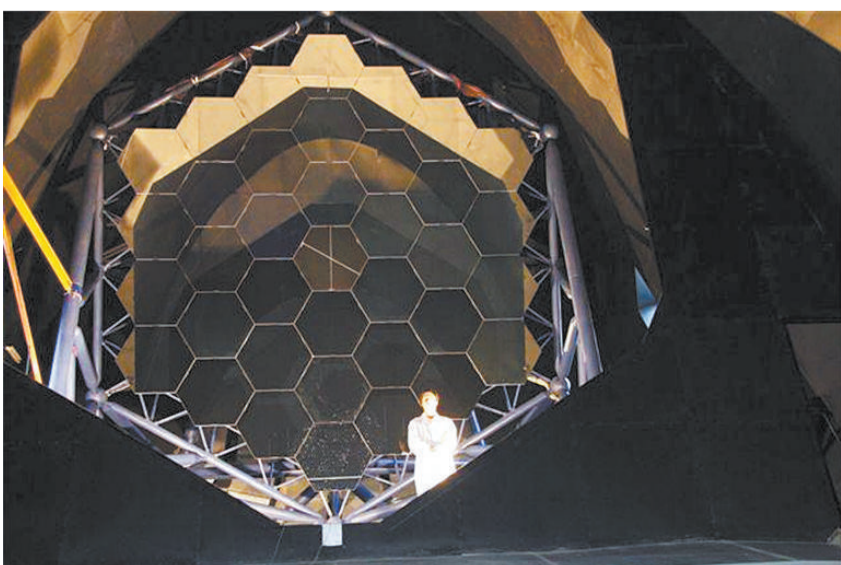
来自中国的爱好者聚集在美国,拍摄下日食各阶段的精彩照片,难得一见的太阳大气、日珥、钻石环在照片中留下身影。叶梓瞻 詹想 王乐天拍摄



NASA拍摄下别样的日食,图片中依次为国际空间站掠过日食过程中的太阳、从国际空间站拍摄的日食瞬间以及太阳动力学观测台卫星拍摄的日食瞬间。图片来源于网络



日食来袭,爱好者把“长枪短炮”对准了太阳。戴建峰摄



郭守敬望远镜直径6米的主镜由37个六边形镜坯单元组成,它们是这个我国最大口径光学望远镜的核心部分。图片来源于网络