

MUST的“大眼睛”有望“看见”暗物质

◎本报记者 华凌 通讯员 鹿璐

暗物质和暗能量，被科学家比作“笼罩在21世纪物理学天空中的两朵乌云”。暗物质既有“穿墙术”又有“隐身术”，人类不仅肉眼看不到，甚至使用天文望远镜和电磁学手段观测都无法捕捉到。为了探究它们，需要借助更先进的观测设备和更精密的实验技术。

宽视场巡天望远镜(MUST)项目应运而生。日前，“第五代宽视场光谱巡天望远镜关键技术设计验证与研制”项目启动暨实施方案论证会在江苏江阴召开。清华大学牵头联合国内外顶尖天文单位，将部署国际首台新一代光谱巡天望远镜。

那么，MUST究竟具有怎样的配置？与国内外其他性能优越的望远镜相比，有何特点？它将如何观测暗物质，解答暗物质之谜？

在银河系“边疆”“考古”

业内专家认为，目前宇宙学的发现和未来对暗能量、暗物质的探索，迫切需要第五代宽视场光谱巡天望远镜。

天文学是一门极度依赖设备的学科，望远镜的性能很大程度上决定了科研水平。设计完成的MUST光学口径达6.5米，可同时观测至少2万个天体的中高分辨率光谱，光谱覆盖在0.36—1.0微米的宽光谱范围。十年内，MUST有望在暗能量、暗物质、引力波宇宙学和星系形成等前沿领域取得重大的基础性、原创性突破。

MUST项目经理、清华大学天文系副主任蔡峥接受科技日报记者采访时介绍，在银河系内和邻域宇宙中，MUST进行的恒星光谱巡天将帮助人们在银河系的“边疆”开展“考古”研究，揭示银河系恒星的形成历史，并对本星系群进行更细致入微的“人口普查”。

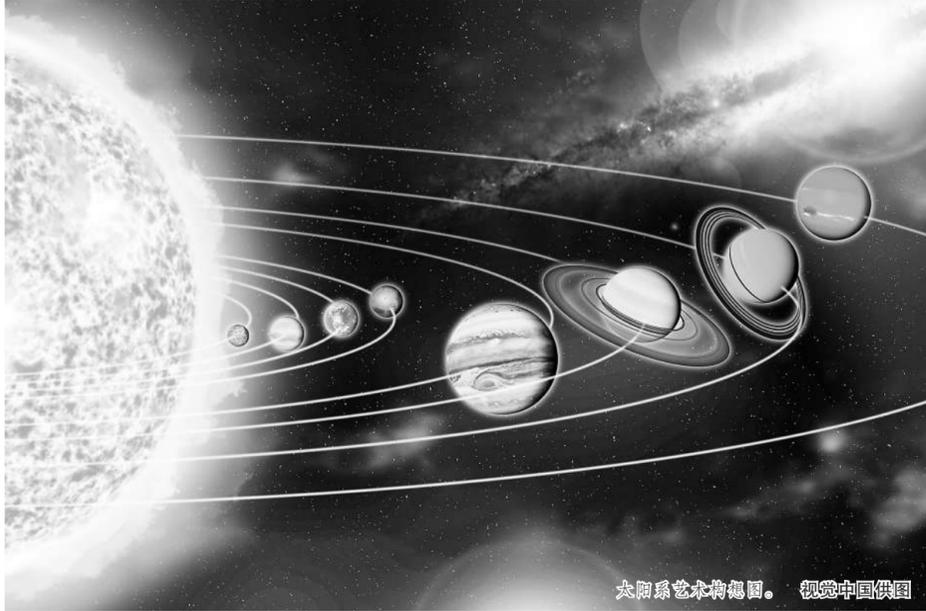
具体而言，MUST的核心科学目标是获取更精确的宇宙学模型，进而探索暗能量的演化和暗物质的本质。它将开展高红移大尺度结构宇宙学巡天，更好地探索暗能量的起源和演化、宇宙暴胀时代，并探秘中微子质量。同时，MUST也将利用星系巡天，更好地刻画星系—暗物质晕的物理关联，并通过不同观测探针探索暗物质本质。MUST还将开展前所未有的大规模星系与黑洞巡天，帮助更好地理解不同环境下的星系形成、星系—超大质量黑洞的共同演化，以及获取宇宙生态系统的物理图像。

蔡峥说，相比国内外已建成的望远镜，MUST在暗物质研究上具有大口径、大视场、高分辨率和高效率的特点，其作为第五代光谱巡天望远镜能同时观测更多天体，提高观测效率和科学产出。

“MUST建成后，会成为中大型望远镜最后一块尚未完成的拼图。相比目前世界上最高性能望远镜，其巡天综合能力将提高10倍以上，有望取得国际一流成果。”蔡峥表示。

以新维度刻画动态宇宙

MUST的光学系统具有优越的成像质量，犹如明亮的“大眼睛”探测深空。它将如何工作？



MUST项目科学家黄崧介绍，MUST将通过极大规模的星系和类星体红移巡天，首次在宇宙学尺度上测量宇宙大尺度结构的星系光谱，得到宇宙早期的三维结构。

此外，它还将开展小尺度、灵活的光谱巡天，获取更精确的星系—暗物质晕物理关联模型、提高近邻宇宙小尺度结构对暗物质本质的限制、为超新星宇宙学和引力透镜宇宙学提供高精度红移下的数据支持，探索包括本地速度巡天在内的新型宇宙学限制手段，更好地实现第五代宇宙学光谱巡天望远镜的使命。

性能优异的MUST还将支撑更丰富、灵活的科学探索，如推动星系形成与演化的观测研究，构建更精确的银河系结构与演化模型。此外，它还可协助时域天文学，开启光谱时域这一新的观测参数空间，发现未知的新物理领域。

“MUST是一个面向国家基础科学发展战略需求、符合第五代宇宙学光谱巡天要求，有望在一系列重大关键科学问题上产生突破性成果，并且能持续开展战略性、前瞻性和综合性研究的大科学装置与平台，将力争开展首个大规模时域光谱巡天。这不仅可以在新维度上刻画动态宇宙，也将增强与其他多形式深空探测项目的协同效应。”MUST项目机械系统负责人郭利泉介绍。

记者了解到，MUST之所以能有效开展第五阶段宇宙学光谱巡天，是因为研究人员突破了一系列关键技术难题。郭利泉介绍，研究人员通过对光谱仪进行多通道设计，解决宽波段覆盖、高能量利用率、中高光谱分辨率之间的矛盾。同时，采用分色镜将波段分割成多个通道，每个通道独立设计色散元件、光谱成像和光电探测器。色散元件拟选用最新的透射式光栅或离子束刻蚀光栅，并根据每个通道的闪耀波长和光谱分辨率要求进行定制设计，从而在紧凑的空间结构中实现最高光栅衍射效率。项目整体集成化设计，解决了高海拔地区系统安装调试难题。

预计2030年实现首光

“预计到2030年，MUST将实现首光。”清华大学精密仪器系激光与光子技术研究所所长、MUST项目总工程师黄磊说，“期待它在宇宙学研究和暗物质、暗能量的观测方面取得重大进展。”

黄磊分析，MUST兼具多目标光谱和成像光谱两种功能，是世界最大光谱巡天望远镜，其强大的光谱获取能力将对宇宙学基本参数、宇宙原初暴胀、暗物质本质、暗能量演化、时域天文学(如引力波电磁对应体)、星系形成、系外行星和地外生命等领域产生深远影响。这些科学问题都是目前天文学和物理学的重大问题，也是国际天文界力争解决、而且有可能在未来10—20年解决的问题。

此外，通过MUST对银河系中恒星的视向速度的光谱测量，可以提升对于本地宇宙中暗物质分布的测量精度，也有助于更好地理解暗物质在小尺度上产生的物理现象。

具体来说，通过MUST进行的银盘恒星巡天，可以给出太阳系附近的银河系暗物质密度和速度分布的高精度测量结果。同时，对于位于银河系边界的大量银晕恒星的视向速度巡天可以进一步助力测量银河系银晕的形状，并对银河系的总暗物质质量给出更准确的限制。

黄磊表示，考虑到MUST光谱巡天的灵活性和持久性，它有望成为一个强大的“暗物质天文台”，获得海量暗物质相关数据，与其他不同类型的暗物质实验和观测一起，在未来20年内为解答“究竟是什么暗物质”这一问题作出重要贡献。

◎洪恒飞 本报记者 江耘

之江实验室上演『追星记』

在贵州平塘，被称为“中国天眼”的500米口径球面射电望远镜(FAST)，夜以继日地接收宇宙深处的射电信号。每秒生成的科学观测数据规模约为1.6吉字节(GB)，一年的可公开观测数据大约为20拍字节(PB)。

在距FAST约1700公里的浙江杭州，之江实验室天文计算研究中心正开展AI寻星算法研究，对FAST捕获的海量数据“压缩提纯”，从中辨析有用信号，进而发现新的天体踪迹或天文现象。

前不久，之江实验室天文计算研究中心科研团队通过分析FAST约50太字节(TB)的观测数据，在球状星团M15中发现了自转周期分别为1.9秒和3.9秒的两颗长周期脉冲星，分别命名为M15K和M15L。其中，M15L是迄今发现的球状星团中自转周期最长的脉冲星。相关论文发表于《中国科学：物理学 力学 天文学》。

巧用自研算法“提纯”天文信号

仰望夜空，星河璀璨。然而，天文仪器“看”到的景象却并不浪漫——电波信号经转化处理后，往往呈现为枯燥抽象的光斑或线条图案。

比如射电望远镜，其结构包括定向天线、高灵敏度接收机、信息显示系统等，可测量天体射电波的强度、频谱及偏振等信息。在观测状态下，它好比一台常年开启的录像机，默默记录着宇宙的奥秘。2021年10月，之江实验室联合中国科学院国家天文台，共同打造了天文智能计算平台FAST@ZJLAB，并组建智能计算天文团队。

基于FAST@ZJLAB，之江实验室科研人员将目标识别、语义分割等AI算法与天文信号处理理论相结合，研发了一系列深度学习模型，大幅提升了快速射电暴和脉冲星信号的筛选效率。

“FAST接收信号后会进行转换，相当于将视频导入剪辑软件。”之江实验室天文计算研究中心高级工程师陈华曦介绍，“不过，信号内容大多相当于环境噪声，真正可用的很有限。”

从原始观测数据到最终证认出脉冲星，要经历消色散、参数设定、消干扰、去红噪声、周期搜索、候选体筛选、交叉验证、计时分析等若干步骤，涉及大量数据处理工作以及对计算资源的消耗。

“候选体筛选环节尤其耗时耗力。”陈华曦说，在经过参数估计、折叠算法进行搜索后，会得到大量候选体结果图，研究人员要靠肉眼识别结果图是否符合脉冲星的信号特征。

“一个小时的观测可能有数万张候选体图片，要从这么多图片中分辨出非常微弱的信号很难。”论文第一作者、之江实验室天文计算研究中心研究员周登科说，利用天文计算研究中心自研的AI视觉模型，能对候选体信息进行高效筛选，可将需要人工介入筛选的候选体数量降低3个数量级。

炼得“金刚钻”敢揽“瓷器活”

脉冲星，即快速旋转的中子星，会沿着磁轴的方向对外以电磁波束的形式辐射能量。凭借脉冲星的诸多特性，科学家尝试将其作为宇宙探针，探测银河系中星际介质的分布和密度、磁场分布与强度等，从而逐步构建“宇宙导航系统”。

最近一年，之江实验室天文计算研究中心基于FAST的观测数据共发现了31颗脉冲星，其中包括15颗长周期脉冲星。

基于前期建设基础，之江实验室天文计算研究中心目前已有上百名研究人员，其中天文方向约30人，计算方向约90人。

这个研发团队炼得了“金刚钻”，敢揽“瓷器活”。该团队曾仅用170小时完成约172TB数据的处理，相当于每小时速览1024部容量为1GB的电影。

“如果把Presto等开源算法比作锄头，中心自研的AI算法相当于大型机械化工具。”陈华曦说，二者并非替代关系，而是互补关系。开发更多算法，有益于对数据进行综合处理，催生更多天文发现。

周登科表示，天文领域数据量巨大，处理起来非常耗时。利用AI算法等智能计算技术辅助处理数据，可以让研究人员从繁重的数据分析中解放出来，将更多精力投入到理解数据背后的物理图像中，大大提高科研效率。

科研人员制备 折射率高度可调谐的新型光学材料

科技日报讯(记者都凡)北京化工大学和京东方科技集团股份有限公司研究人员合作研发出一种折射率高度可调谐的透明有机无机复合光学材料。相关成果论文近日发表于《工程(英文)》。

早期的光学元件原材料以玻璃为主，近年来，有机树脂基光学材料因易成型、重量轻、成本低等优势发展迅速。然而，目前商品化的有机光学树脂，往往受限于有机分子和聚合物链的结构特性，折射率普遍被限制在1.4—1.6。

折射率是光学材料的重要参数之一，高折射率可以降低光学元件的厚度和曲率，在保持光学功能效果的同时实现元器件的微型化，拓展其应用范围。

研发团队基于丙烯酸树脂基紫外光固化光学胶的分子结构特点，结合光电显示器件中的实际应用需求，通过二氧化钛纳米粒子制备及其与丙烯酸树脂复合过程优化，研发出高透明、高折射率的光学材料。

研究人员利用电子显微镜成像和原子力显微镜分析测试复合材料的微观结构，证实二氧化钛纳米粒子均匀地分散在复合材料中，固化成膜后的片材具有良好平整度。当二氧化钛在复合光学胶中的质量分数为30wt%(质量百分比)时，复合材料的折射率可达1.67。

此外，经紫外线(UV)固化成膜后，该材料的折射率甚至可达2.0，同时在可见光范围内保持98%以上的高透明度和小于0.05%的低雾度，且通过压印工艺能进一步实现光学微结构的精密加工，可用于制作新型显示导光板等光学元件。在论文中，研究人员展示了利用新型光学胶制造的微棱镜型导光膜片，可有效提高照明度并降低能量消耗。未来，该成果有望在精准医疗、健康照明和新型显示产品等领域得到广泛应用。

我国首个人类双标水实验室成立

以水为媒 破解人体代谢谜题

◎本报记者 罗云鹏
通讯员 刁雯蕙

“中年发福不是代谢下降惹的祸”“越胖，通过运动减肥越难”“每天八杯水的建议是否科学”……这些话题曾一度引发公众热议。相关研究都与中国科学院深圳先进技术研究院双标水实验室(以下简称深圳双标水实验室)进行的研究有关。近日，该实验室在深圳建成，是我国首个人类双标水实验室，由中国科学院外籍院士、中国科学院深圳先进技术研究院(以下简称深圳先进院)医药所能量代谢与生

殖研究中心首席科学家、深圳理工大学药学院讲席教授约翰·罗杰·斯彼克曼牵头成立。

“世界上没有多少双标水实验室，中国首个人类双标水实验室建成非常令人兴奋，这将使人们能测量更多双标水样本，研究能量代谢领域的基础机制，并了解全球范围内双标水测量的差异。”国际原子能机构营养学专家亚历克西娅·阿尔福德评价道。

技术落地中国

“双标水实验室将通过对人体代谢规

律的深入研究，进一步揭示生命规律，为人类制定精准营养策略提供科学依据。”斯彼克曼表示。

双标水技术是一种利用氘和氧-18两种稳定同位素来测量人体能量消耗的技术。

1982年，双标水技术首次被运用于人类。经过数年研究和发展，双标水技术被认为是测量自由活动状态下人类能量消耗的“金标准”。

斯彼克曼是全球最早参与双标水研究的科学家之一。

“双标水不仅价格昂贵，更需要测试灵敏度和精度极高的同位素质谱仪与高水平的分析人员，要建立一个完整配制并分析双标水的实验平台并非易事。”斯彼克曼说。

2016年，深圳先进院医药所副研究员张雪映跟随斯彼克曼在英国、日本学习双标水技术和数据分析方法。

2020年，斯彼克曼加入深圳先进院后，我国首个人类双标水实验室的建设工作正式启动。

此次，双标水技术落地，意味着中国成为继英国、美国、日本等国后，极少数拥有双标水技术的国家之一。

张雪映介绍，深圳双标水实验室面积约为800平方米，具备实时精确监测人体能量代谢、运动状态、体成分以及心血管健康等方面情况的技术能力。

促进国际合作

“中国是人口大国，但双标水数据量很少。”斯彼克曼认为，深圳双标水实验室的建立将极大促进中国的相关研究。《中国居民营养与慢性病状况报告



在双标水技术培训班上，中国科学院深圳先进技术研究院医药所副研究员张雪映(前右)向外籍科研人员展示双标水样本前处理的蒸馏技术。林一程摄