

# 墨子巡天望远镜开启天文巡天观测研究 冷湖天文台增“墨” 时域天文学添彩

◎本报记者 张 蕴

近日，墨子巡天望远镜正式开启天文巡天观测研究。该望远镜是截至目前全球成像巡测能力最强的大视场光学巡天望远镜，也是冷湖天文观测基地已建成的望远镜群中口径最大的望远镜。

北半球最强“星空摄像头”的开工，将为时域天文学研究带来新机遇。那么，什么是时域天文学？墨子巡天望远镜的哪些特性可为时域天文学研究赋能？带着这些问题，科技日报记者采访了相关专家。

## 时域天文学将成重大 前沿科学领域“金矿”

10月17日，中国科学技术大学、中国科学院紫金山天文台、深空探测实验室和青海省人民政府联合共建的墨子巡天望远镜项目团队向科技日报记者介绍了时域天文学的研究意义与发展方向。

“宇宙并非一成不变，而是动态演化着的。宇宙中有很多天体，当它们的物理、化学等性质发生变化时，相应变化会反映在形态、光度、光谱特征等方面。例如造父变星，当它演化到了不稳定的阶段，其大气层会发生周期性的膨胀或收缩，从而使光度发生周期性改变。”负责望远镜活动星系核观测科学目标的薛永泉介绍，这种光变的周期性使得造父变星成为非常宝贵的“量天尺”。著名天文学家哈勃通过观测造父变星，发现宇宙并非静态的，而是在不断膨胀，这个发现是宇宙大爆炸理论的重要观测基础。

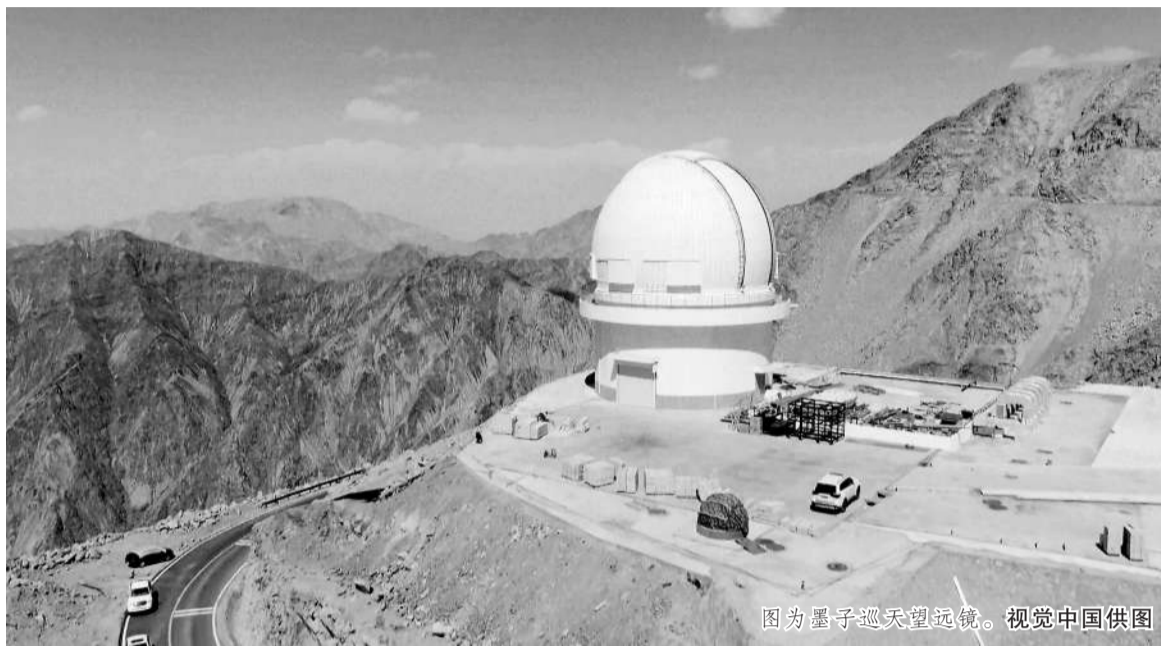
负责望远镜太阳系天体观测科学目标的赵海斌补充道：“太阳系天体在空间中运动的同时也会伴随着光度的变化，例如小行星、彗星等的自转和大行星卫星的互掩互食。”

墨子巡天望远镜紫金山天文台总指挥吴雪峰认为，时域天文学在过去10多年已经成为天文学和相关物理研究的重大突破方向，在超新星宇宙学、引力波直接测量、系外行星发现等重要领域产出了一批重大科学突破。时域天文学和基础物理的前沿交叉课题，如暗能量及暗物质的本质、宇宙起源、广义相对论验证、量子引力模型验证等密切相关，已成为基础物理发展的重要驱动力。

值得一提的是，未来10年至20年，时域天文学将成为国际天文学引领性、“金矿”型的重大前沿科学领域。吴雪峰说，时域天文学也是我国天文界具有广泛共识的重点发展方向，在基础研究、技术研发、学科发展和国家战略及需求层面都具有重要意义。

## 墨子巡天望远镜为时 域天文学发展注入新动能

墨子巡天望远镜中国科学技术大学总设计师孔旭告诉记者，墨子巡天望远镜是当前全球投入运行的成



图为墨子巡天望远镜。视觉中国供图

像巡天能力最强的光学时域巡测设备。它具有2.5米的大口径，可收集来自遥远宇宙深空的光子；配备大面阵7.65亿像素高分辨率拼接CCD（即电荷耦合器件）探测器；具有6.5平方度的大视场，可通过对同一天区的高频次反复扫描，捕捉稍纵即逝的天文现象（即暂现源）。

不仅如此，孔旭还介绍，墨子巡天望远镜凭借其强大的光学时域天文观测能力，可与我国地面的大天区面积多目标光纤光谱天文望远镜（郭守敬望远镜）、500米口径球面射电望远镜（“中国天眼”）、高海拔宇宙线观测站（“拉索”）等大型设备和其他中小口径望远镜开展多波段协同观测。这一方面可以从多波段提高暂现源尤其是短时标暂现源的发现率，另一方面还可获得这些暂现源及其宿主星系的实时谱能量分布。未来几年，随着中国新一代空间天文观测设施陆续发射升空，墨子巡天望远镜将与这些设施实现“天地一体化多波段巡天”的网络搭建。

可以预见的是，墨子巡天望远镜的投运，将为时域天文学研究带来无限可能。对此，望远镜首席科学家王挺贵介绍，墨子巡天望远镜计划开展首期六年的巡天任务，预计产生约3PB的数据，获得数十万条多波段光变曲线。此外，数据中还包括弱透镜形状目录，其中有超过2亿个星系的测光红移和形状信息、约4万个测光选择的星系团等。把这些成像数据叠加，将会得到研究银河系、星系形成和宇宙学的宝贵资源。

## 未来时域天文学研究 仍需攻克技术瓶颈

事实上，对于时域天文学的研究并非一帆风顺。墨子巡天望远镜紫金山天文台总设计师杨戟亦向记者坦言，其研究过程中存在一些困难。

他表示，现代时域天文学观测需要设备视场足够大、反应足够快、曝光足够深、波段足够宽。近年来，高能暂现源的观测越来越受到人们的关注。快速射电暴、引力波事件、伽马射线暴等高能爆发事件对应的暂现源天体往往持续时标很短，只有毫秒到小时量级，它们在天空中一闪即逝。

所以，现代时域天文观测需要协调从空间到地面不同电磁波段、不同宇宙信使的探测器，开展协同观测。这就需要望远镜设备对不同观测设施的暂现源触发信号具有快速自动响应、自动观测，并立即开展实时数据处理的能力。这些技术瓶颈，正是科学家们今后一段时期亟待攻克的方向之一。

## 链接

### 多台望远镜巡天遥测千亿星

墨子巡天望远镜副总设计师、大视场巡天科学研发团队首席研究员郑宪忠介绍，截至目前，世界范围内已不乏其他时域天文望远镜“巡测星空”。

比如，斯隆数字巡天是历史上最雄心勃勃、最具影响力的巡天项目之一，该项目使用2.5米口径专用望远镜获得了数百万星系、类星体和恒星的光谱；卡特林那巡天系统使用3台宽视场望远镜在33000平方度的天区寻找罕见的明亮暂现源；维拉·C·鲁宾天文台位于南半球的智利，预计将于近一两年来投入使用，该天文台将配备一台8.4米口径的旗舰级巡天望远镜，预计r波段30秒曝光极限星等达到24.5等。

“值得一提的是，墨子巡天望远镜可与维拉·C·鲁宾天文台大型综合巡天望远镜在天区覆盖上互补，实现全天域监测。”郑宪忠说。

## 双氧氦白矮星 并合演化过程有新认识

科技日报讯（记者赵汉斌）双白矮星系统是星系中重要的引力波源。记者10月23日获悉，中国科学院云南天文台研究人员近日研究了双氧氦白矮星并合后的演化，发现这类天体的演化结局与并合后产生的内部氧氦火焰的传播状态密切相关。相关研究发表在《皇家天文学会月刊》上。

双星系统是两颗绕着公共质心转动的恒星。处于双星系统中的两颗白矮星，会通过引力波辐射损失角动量从而最终发生并合。双白矮星系统不仅是星系中重要的引力波源，大质量的双白矮星系统还与Ia型超新星、电子俘获型超新星、毫秒脉冲星等重要天体密切相关，因此研究双白矮星并合具有重要意义。但此前，对于双氧氦白矮星并合后的演化结局尚不明确。

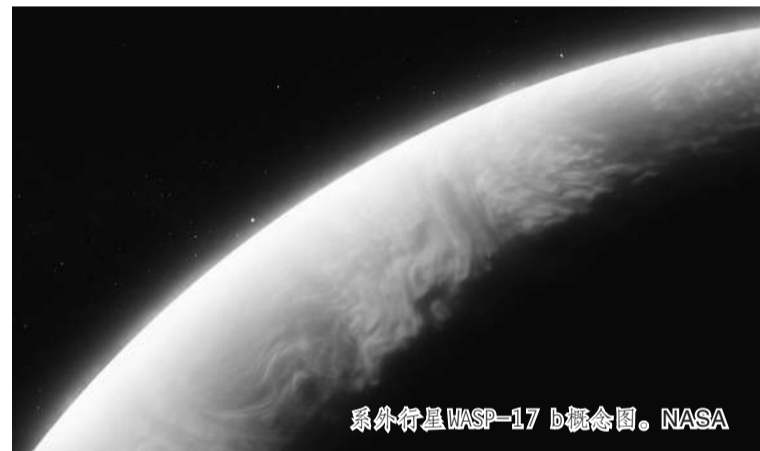
为此，云南天文台助理研究员吴程远、研究员王博及其合作者一道，构建了相关恒星演化模型并研究了其演化过程。研究人员发现，这类双白矮星并合后会迅速触发氧氦点燃，并形成向内传播的火焰。演化过程中，并合天体会逐渐朝着巨星支膨胀，从而演化为巨星，随后其演化结局与并合天体内部火焰的传播状态密切相关。当对流边界混合过程不影响火焰时，火焰会在20年内传播至其中心，并最终形成铁核塌缩型超新星。而当混合过程能够阻止火焰传播时，并合天体会最终形成电子俘获型超新星。

研究人员还发现，由于并合天体的演化十分迅速，星风物质损失过程与天体的自转对其演化过程影响不大。这一研究成果，加深了人们对超钱德拉塞卡质量双氧氦白矮星并合及演化过程的认识。

## 亮点追踪

◎主持人：实习记者 裴宸纬

## 系外行星大气 首次发现二氧化硅颗粒



系外行星WASP-17 b概念图。NASA

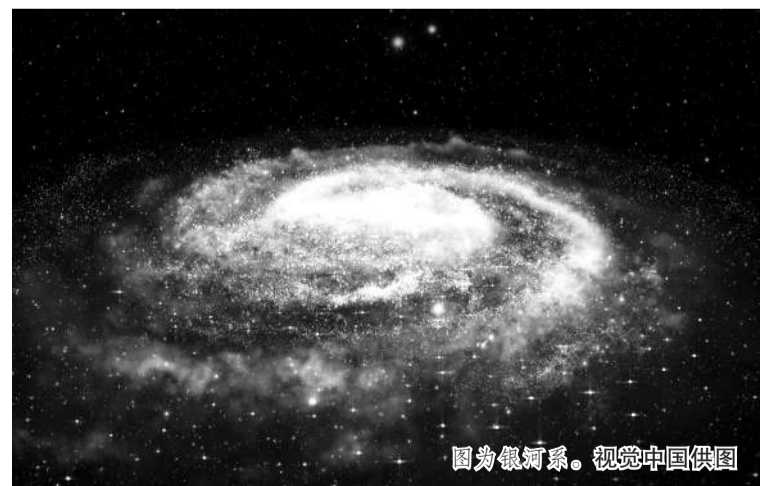
木星是一种离恒星很近的类木行星。研究人员利用詹姆斯·韦布空间望远镜的中红外仪器在距离地球1300光年的热木星WASP-17 b的高空云层中发现了二氧化硅、极微小的石英晶体存在的证据。相关研究发表在《天体物理学杂志通讯》。

据美国国家航空航天局介绍，这颗代号为WASP-17 b的气态巨型太阳系外行星距离地球约1300光年，环绕恒星WASP-17运行。WASP-17 b的体积为木星的7倍多，质量不到木星的一半，是目前已知最大的系外行星之一。

研究人员指出，此前从哈勃望远镜的观测中已知WASP-17 b的大气中存在气溶胶（即构成云或雾的微小颗粒），但没想到竟能发现该气溶胶由石英晶体构成的证据。此外，与地球的云中发现的矿物颗粒不同，在WASP-17 b的云中发现的石英晶体并不是从岩石表面刮来的，而是起源于其大气本身。

美国国家航空航天局(NASA)表示，此研究成果标志着二氧化硅颗粒首次在系外行星大气中被发现，为人类理解系外行星云层如何形成和演化提供了新思路。

## 银河系一些球状星团 可能是“偷”来的



图为银河系。视觉中国供图

现代天文学认为，所有主要星系都是由无数小星系不断合并而来的。因此，现在属于银河系的一些球状星团也很可能是从其他被银河系蚕食的星系继承而来的。

在最新一项研究中，来自伊朗的科研人员研究了银河系周围和被吸收到银河系的各种星系是如何交换球状星团的。相关系列研究发表于《皇家天文学会月刊》。

利用计算机软件，科研人员首先在银河系周围的不同轨道上模拟出了充满球状星团的矮星系，用来探索它们的星系团与宿主星系分离的难易程度。随后，他们又检查了154个球状星团的轨道特性。研究结果表明，银河系中的一些星系团很有可能是从大麦哲伦星云的星团中“偷”来的。

研究人员表示，虽然该研究取得了一些新成果，但他们使用的计算机模型仍然有些简单，后续还需进行进一步探索。

# 时域巡天望远镜如何给星空“拍照”

◎本报记者 张 蕴

日前，墨子巡天望远镜成功发布仙女座星系图片，在网络上引发了广泛关注。在惊叹宇宙之美的同时，也有不少好奇，像墨子巡天望远镜这样的时域巡天望远镜是怎么给星空“拍照”的？它与现有的时域巡天项目相比有何不同？带着这些问题，科技日报记者采访了相关专家，探究时域巡天望远镜给星空“拍照”的奥秘。

## 大视场、高像质增强 时域巡天能力

墨子巡天望远镜的主要任务之一是进行时域巡天观测。“巡天”是指对所有可观测的天区分块逐个进行观测，“时域”的意思是通过重复观测同一天区或目标的方法监测天体亮度或其位置随时间的变化。

那么，墨子巡天望远镜观测天体的原理是什么？中国科学技术大学天文学系副主任范璐璐在接受科技日报记者采访时介绍，墨子巡天望远镜是一台光学望远镜，具有视场大、像质高的特点。它能快速、反复地给大面积天区范围内的暗弱天体“拍照”，并利用重复拍摄的照片形成天体亮度或位置变化的动态图，搜寻宇宙中动态变化的天文事件。

范璐璐介绍，作为一台主焦式望远镜，墨子巡天望远镜就像一个在焦点上倒扣了一台单反相机的主反射镜。只不过，单反相机直接接收水平

光，而墨子巡天望远镜的主焦装置收集的是来自主反射镜的光。据介绍，墨子巡天望远镜使用一个反射镜和一组透镜组成一个近似固定焦距的“相机”。这组透镜包括5块改正镜和2块大气色散改正镜。其中5块改正镜的作用是改正各种类型的光学像差，在3度大视场范围内保证天体图像像质优良；大气色散改正镜可用于纠正大气折射导致的色散效应。

“墨子巡天望远镜的视场大小约为6.5平方度。”范璐璐解释道，“换句话说，墨子巡天望远镜拍一幅图，覆盖天空的面积有33个满月那么大。如果只使用一片滤光片，墨子巡天望远镜只需3个夜晚，观测的天区就可以覆盖整个北半球。”

此外，根据研究的动态事件的不同，巡天望远镜的拍摄频次也不相同。范璐璐表示，目前，墨子巡天望远镜有两套巡天计划。一套计划巡天面积较小（几百平方度）、频次较高（每晚同一天区观测多次）并且曝光时间较长（曝光90秒），旨在搜寻快速变化的动态事件；另一套计划巡天面积较大（数千平方度）、频次较低（每周同一天区观测多次），曝光时间适中（曝光30秒）。

## 高海拔台址、特殊光 学设计提高灵敏度

与其他光学望远镜相比，墨子巡天望远镜有哪些特点？墨子巡天望远镜副总设计师、大视场巡天科学研发团队首席研究员郑宪忠在接受科技日报记者采访时介绍，墨子巡天望远镜具备强



墨子巡天望远镜首次获取的仙女座星系图片。新华社发（中国科学技术大学供图）

大巡天能力，能够获得大量图像观测数据。利用这些数据，科学家能开展多方面的天文学研究，产出科学成果。比如，它可对天空进行重复扫描观测，通过对比图像，探测在地球上移动的太阳系天体，并能发现亮度变化的天体和类似超新星这样的爆发事件。此外，墨子巡天望远镜还可通过叠加持续积累的观测数据提升观测的深度，使科学家能看到更远、更暗的天体，深入认识银河系和近邻宇宙的结构。

范璐璐也表示，墨子巡天望远镜使用了国际先进的主焦系统光学设计。它的相机采用9片9K×9K像素的科学级CCD（即电荷耦合器件）拼接而成，其科学成像总像素达7.6亿。相机同时集成了波前传感CCD和导星CCD，是国内首次实现大靶面高精度拼接的“三合一”主焦相机。

此外，范璐璐介绍，与其他时域巡天

项目相比，墨子巡天望远镜具有多个方面的优势。首先，相比于之前的时域巡天望远镜——美国兹维基瞬变源探测设施，墨子巡天望远镜的主镜口径更大，相同曝光时间下具有更高的灵敏度，这不仅能使它够探测到更暗弱的动态事件，也有利于其更早地捕捉到动态事件，研究动态事件的早期变化，及时开展后随观测。其次，墨子巡天望远镜台址位于我国青海省海西州冷湖镇赛什腾山天文台址C点，海拔4200米左右，观测条件好，光污染极低，视宁度好。

“另外，得益于高海拔台址和特殊的光学设计，墨子巡天望远镜的紫外u波段灵敏度高，而现有的ZTF巡天没有紫外u波段。”范璐璐坦言，“高能动态事件在紫外波段的变化更为显著。墨子巡天望远镜将开展北半球独特的紫外u波段时域巡天，这有利于科学家更深入地研究这些事件。”