

2022年天文学热点回眸

宋宇佳^{1,2}, 杨隽^{1,2}, 冯叶^{1,2}, 苟利军^{1,2*}

1. 中国科学院国家天文台, 北京 100012

2. 中国科学院大学天文和空间科学学院, 北京 100049

摘要 回顾了2022年天文学领域重要科学研究进展和重要科技事件, 在科学研究进展方面, 2022年对黑洞的探索向前迈出了重要的一步; 詹姆斯·韦布空间望远镜终于到达了目的地, 产生了第一批可观的成果; 美国航天局(NASA)的小行星撞击试验取得了巨大成功; 来自中国天眼(FAST)和郭守敬望远镜(LAMOST)的研究成果依旧保持高水平产出; 嫦娥五号带回的月球土壤分析带来连连惊喜; 在全新的空间观测设备方面, 2022年成功发射了多台空间观测仪器, 实现了重大突破。

关键词 天文学; 黑洞; 小行星

天文学是一门传统的基础科学, 自人类文明出现伊始, 天文学就有举足轻重的地位。随着人类社会的发展, 天文学的研究对象从太阳系逐渐发展到了整个宇宙。回顾2022年, 天文学依旧蓬勃发展, 观测与理论齐头并进, 在各自领域都取得了重大突破。在科学研究方面, 天文学家勤奋耕耘, 硕果累累: 事件视界望远镜(Event Horizon Telescope, EHT)拍摄银河系中心黑洞的照片, 使人类探索黑洞之路又向前迈进一大步; 等待数十载, 詹姆斯·韦布空间望远镜(James Webb Space Telescope, JWST)不负众望地频频产出观测成果, 不断为天文学带来新的挑战和机遇; 美国航天局(NASA)进行双小行星重定向测试(Double Asteroid Redirection Test, DART), 第一次为抵御小行星坠落提出了有效的防御手段, 实验结果振奋人心; 中国探测到迄今为止最亮的伽马射线暴(Gamma Ray Burst, GRB), 为该领域增加稀有数据, 促进理论研究; 嫦娥五号月壤样品分析结果带来许多惊喜, 为月球研究指引全新方向; 500米口径球面射电望远镜(Five-hundred-meter Aperture Spherical radio Telescope, FAST)在快速射电暴(fast radio burst, FRB)领域依旧大放异彩, 取得瞩目成绩, 同时还发现了

学带来新的挑战和机遇; 美国航天局(NASA)进行双小行星重定向测试(Double Asteroid Redirection Test, DART), 第一次为抵御小行星坠落提出了有效的防御手段, 实验结果振奋人心; 中国探测到迄今为止最亮的伽马射线暴(Gamma Ray Burst, GRB), 为该领域增加稀有数据, 促进理论研究; 嫦娥五号月壤样品分析结果带来许多惊喜, 为月球研究指引全新方向; 500米口径球面射电望远镜(Five-hundred-meter Aperture Spherical radio Telescope, FAST)在快速射电暴(fast radio burst, FRB)领域依旧大放异彩, 取得瞩目成绩, 同时还发现了

收稿日期: 2022-12-23; 修回日期: 2023-01-08

基金项目: 国家自然科学基金项目(12273058)

作者简介: 宋宇佳, 硕士研究生, 研究方向为恒星级黑洞爆发现象, 电子信箱: songyj@bao.ac.cn; 杨隽(共同第一作者), 硕士研究生, 研究方向为恒星级黑洞爆发现象, 电子信箱: yangjun@bao.ac.cn; 苟利军(通信作者), 研究员, 研究方向为恒星级黑洞爆发现象, 电子信箱: lgou@nao.cas.cn

引用格式: 宋宇佳, 杨隽, 冯叶, 等. 2022年天文学热点回眸[J]. 科技导报, 2023, 41(1): 66-78; doi:10.3981/j.issn.1000-7857.2023.01.004

历史上最大的原子气体系统;郭守敬望远镜(Large Sky Area Multi-Object Fiber Spectroscopic Telescope, LAMOST)重新构建银河系形成历史。在新的空间观测设备方面:对于我们近邻月球的探索仍旧是热点,“阿尔忒弥斯登月计划”终于实施,人类即将再摘月宫桂枝;盖亚(Gaia)释放第3次数据,更新银河系恒星的基本信息,为描绘银河系蓝图再添砖瓦;爱因斯坦探针(Einstein in Probe, EP)探路者实验的成功,预示了中国将在X射线天文学领域大显身手,更加紧密推动国际合作;“夸父一号”成功“逐日”,拍下首张从地球视角观测到的太阳在硬X射线波段的图像。本文从科学研究和天文设备两个方面,对2022年天文学发展的重要科学进展和重大事件进行回顾。

1 科学研究

1.1 银河系中心黑洞成像

北京时间2022年5月12日21时,事件视界望远镜(EHT)发布了银河系中心的超大质量黑洞人马座A*(Sgr A*)的图片(图1^[1]),这个黑洞的质量为太阳质量的400万倍,距离地球2.67万光年。

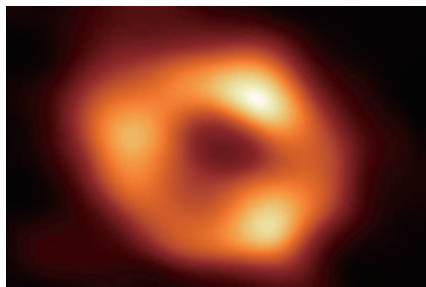


图1 银河系中心黑洞Sgr A*的第一张照片
(图片来源: Event Horizon Telescope Collaboration)

回顾3年前,也就是北京时间2019年4月10日21时(美国东部时间2019年4月10日上午9时),EHT发布了人类历史上的第一张黑洞照片,照片的主角是位于室女座的超大质量黑洞M87*,其质量约为65亿倍的太阳质量,距离地球5500万光年^[2]。从这些图片中可以直观地看到黑洞周围的真实形态,这是人类历史上的一个重要里程碑。两个黑洞的质量相差了约1500倍,通过对它们进行比较研究,

可以帮助科学家更好地理解气体在超大质量黑洞周围的行为、星系的形成和演化以及引力理论等多个方面。

黑洞是广义相对论的基本预测,在天体物理学中很常见,并且存在于广泛的质量范围内。对于恒星级质量黑洞的研究,一般是通过研究吸积盘的X射线光谱性质,从而对黑洞的基本物理参数如质量、自旋等给出限制。除此以外还可以通过引力波信号进行研究。另一类黑洞为超大质量黑洞,质量分布在数百万到数百亿个太阳质量之间,被认为存在于几乎所有星系的中心,包括椭圆星系M87的核心和银河系中心。随着事件视界望远镜的建立,EHT通过利用甚长基线干涉测量技术(very-long-baseline interferometry, VLBI),并与世界各地的8个射电天文台进行联合观测,组成地球大小的等效口径的望远镜,其观测区域的分辨率直径达到了 $40 \mu\text{as}$,这使得直接对超大质量黑洞进行成像成为了可能^[2-3]。在所有已知的超大质量黑洞中,M87*和Sgr A*具有最大的角直径,这使得它们成为EHT观测的主要目标。

虽然Sgr A*离我们更近,相比对M87*的观测,这一次的拍摄反而更加困难^[4]。首先因为银河系中心方向存在着大量的星际介质,遮蔽的影响使数据处理更加复杂。此外,处于黑洞附近的气体以接近光速的速度,围绕黑洞进行圆周运动。由于M87*和Sgr A*两者间存在质量差异,它们的时变尺度也存在类似差异。黑洞M87*附近的气体需要数十天才能完成一次绕转,而对于黑洞Sgr A*,气体绕转黑洞1周只需要几分钟,如此快速的绕转速度导致Sgr A*的图像在一定时间内有着更加丰富的变化。科学家通过提取多次观测的平均值,最终得到了这张异常珍贵的照片。总的来说,对黑洞直接成像是研究黑洞的新方法,此次的照片发布进一步认定了银河系中心存在一个超大质量黑洞。同时,通过黑洞的成像研究,还可以对引力理论起到测试作用,为吸积理论、喷流机制提供更多的研究材料。

1.2 跟随詹姆斯·韦布空间望远镜回顾宇宙历史

在北京时间2021年12月25日20:20(美国东部时间2021年12月25日7:20),作为新一代大型

空间观测设备的詹姆斯·韦布空间望远镜(以下简称韦布望远镜)由阿丽亚娜5号火箭从位于南美洲法属圭亚那的欧洲太空港发射升空,并于北京时间2022年1月25日凌晨3时(美国东部时间2022年1月24日14:00)成功抵达目的地,也就是距离地球约150万km的日地系统拉格朗日L2点^[5]。

韦布望远镜是美国航天局、欧洲航天局和加拿大航天局联合研发的项目。韦布望远镜经过漫长的调试实验,于2022年6月开始进行科学观测。它拥有6.5 m宽的拼接主镜(直径比哈勃望远镜大2.7倍左右),更大的镜片使它拥有更强的收集光的能力。而且其波长的覆盖范围更广,这使得它的灵敏度也大大提高。与此同时,考虑到宇宙的红移效应,韦布望远镜的红外波段可以使我们看到宇宙更遥远更早期的情况。所以,韦布望远镜的科学目标是试图观测到宇宙早期形成的第一批星系和星系的形成,以及恒星和行星系统的尘埃云内部^[6],以此研究宇宙更深处的奥秘。

围绕这些科学目标,NASA于北京时间2022年7月12日22:30(美国时间2022年7月12日10:30)公开发布了包括韦布深场的第一批图像,而美国总统拜登选择提前一天展示韦布望远镜拍下的第一张红外深场图像(图2^[7])。



图2 韦布望远镜公开发布的第一张科学图片,图片中包括了遥远星系在内的深场观测(图片来源:NASA)

这张深场照片显示了46亿年前出现的遥远星系团SMACS 0723,这是有史以来最清晰的遥远星系的图片,这张图片包含了诸多细节,有数千个星系以及一些仅仅发出微弱亮光的天体,据NASA消息,这只需了望远镜4个仪器中的1个,仅花费了

12.5 h的观察时间。相比较而言,哈勃望远镜拍下第一张深场照片花费了10 d。在7月12日发布会当日,韦布团队发布了韦布空间望远镜拍摄的首批全彩色照片与光谱,包括韦布深场在内的4张宇宙图片与1颗系外行星的光谱数据。这4张宇宙图片分别是:韦布深场图、船底座星云、南环行星状星云和斯蒂芬五重星系。船底座星云作为天空中最亮最大的星云之一,是哈勃望远镜拍下的一个经典天体,而作为哈勃望远镜的继任者,韦布望远镜以全新的视角带来不同版本的星云图片,在星云内部诞生的恒星受到尘埃遮挡,在光学窗口几乎不可见。但是在韦布望远镜的近红外波段,这些恒星会在图片中变成一颗颗亮点。同样地,发布的南环星云图片也是首次在尘埃遮蔽下发现了中心恒星拥有一颗伴星。关于星云尘埃和气体内部恒星形成的奥秘,韦布望远镜有能力带领人类看清这一切。另外一张彩色图像斯蒂芬五重星系群由近红外和中红外图像合成,它是一个致密星系群^[7]。星系合并与相互作用是星系演化研究中重要的一环,韦布望远镜可以提供绝佳的观测资料。与此同时,发布会还展示了一颗编号为WASP-96b系外行星的大气光谱分析图。这是一颗围绕在类太阳恒星周围的气态巨行星,当其从主星面前穿过时被韦布望远镜拍摄到。基于这一大气光谱,研究人员可以获得该行星的大气成分和云雾变化等信息,未来也许还可以获得更多新的系外行星的细节信息,并且以此推测是否存在系外生命。这5张照片向世人宣告了韦布望远镜强大的观测能力,交出了实现其科学目标的第一份完美答卷。

韦布望远镜带来了良好的开端,拓展了看向宇宙深处的视野,也将带领人们回望过去,见证星系的形成和演化,它现在已成为天文学研究中最受关注的观测工具。未来,韦布望远镜有足够的推进剂可以继续进行10年以上的观测和科学研究。路漫漫其修远兮,韦布望远镜获得的第一批图像为人类揭开了宇宙新的帷幕,但这只是开始。无论是刚上任的韦布望远镜还是即将发射的其他空间望远镜,都会让我们看到一个全新的宇宙,带领我们走近天文学的终极目标——探索系外生命,追溯宇宙历史。

1.3 月壤研究新发现

20世纪70年代,美国曾送给中国1 g月球样品,中国科学家利用其中的0.5 g样品开展了深入研究,并发表了多篇科研论文。2020年底,嫦娥五号圆满完成任务,从年轻的月海玄武岩单元带回共计1731 g异常珍贵的月球样品,这标志着中国首次完成地外采样任务的巨大成功。近1 kg的月壤根据采样方式和样品使用的特点,被分类保存在中国科学院国家天文台月球样品实验室的不同存储装置中^[8]。科学家对月球样品开展了广泛而详细的科学研究工作,从探测月壤物理化学组成和矿物成分这类基本特征,再到实验室光谱测量。这些研究不仅可以帮助科学家更加了解月球的信息,还可以为未来中国在月球建设基地和望远镜的长远计划提供重要的参考。

利用嫦娥五号取得的月球样品,中国科学院国家天文台的研究团队进行了地球磁层屏蔽和相对高温环境下对月球水的原位光谱观测。结果显示,嫦娥五号着陆点的月球土壤的羟基平均含量约为十万分之三,这与遥感和地面望远镜数据的预测一致。对嫦娥五号带回样品的实验室分析也为这些羟基含量的可能来源提供了关键线索。此外,嫦娥五号月壤中凝固的火山玻璃含量要比阿波罗计划带回的样品中少得多,表明太阳风植入的贡献很小。这为研究月球水的分布范围、时间变化特征和来源提供了新的论述。相关研究成果于2022年6月发表在《Nature Communications》^[9]。

中国国家航天局、国家原子能机构于北京时间2022年9月9日联合宣布,中国科学家首次在月球上发现新矿物,它被命名为“嫦娥石”。这代表中国成为世界第3个在月球发现新矿物的国家。研究团队历时2个多月,经过一次又一次地失败又重来,终于提取出了这一新矿物,通过反复的实验确认最终确定了全新矿物并且将其命名为“嫦娥石”。这一名字寄托着中国航天探测精神,也表明了中国为月球探索提供的助力^[10]。

月海的西面覆盖着晚期马式玄武岩,由于缺少样品分析,以前根据遥感观测推测晚期玄武岩的矿物具有高含量的橄榄石。2022年10月,中国科学

院国家天文台的研究团队,将嫦娥五号获得的月球样品分析结果和以往获取的月球样品的实验室光谱、X射线衍射和电子探针分析结果进行对比,证明嫦娥五号采样月壤的特殊光谱特征主要是来自于富铁高钙辉石,而非此前遥感探测推测的橄榄石。这一结果可以推广致整个月球晚期的玄武岩,为月球的热演化和火山活动提供了相关的约束,相关研究成果发表于《Nature Communications》^[11]。

2022年11月,中国科学院地球化学研究所的研究团队针对嫦娥五号采样的月壤粉末中的硫化物颗粒开展了深入细致的原位微区分析,首次证实了月壤中撞击形成的亚微米级磁铁矿的存在。相关研究成果发表在《Nature Communications》。这一发现首次将撞击事件与铁磁性矿物质联系起来解释月球上原生磁铁矿广泛存在的现象。此外,这一发现也为月球表面磁场的相关问题提供了新的实验验证和理论支持^[12-13]。

嫦娥五号带回的月壤样品带来了丰富的研究成果,期待未来全新的发现,能更深入地了解到我们这一邻居卫星。

1.4 FAST成果频传

500米口径球面射电望远镜(FAST)作为世界上口径最大、灵敏度最高的单口径射电望远镜,在2022年依然保持了高质量、高产出。FAST在观测快速射电暴这一领域依旧处于国际领先地位,并且于2022年发现了此前未发现的持续活跃的重复快速射电暴。

北京时间2022年6月9日,《Nature》发表的一篇文章,确认了由FAST的“多科学目标同时巡天(CRAFTS)”项目发现的快速射电暴(FRB)20190520B宿主星系的色散值比其他FRBs宿主星系的色散值要高1个数量级。后续对该事件还进行了与多台国际设备联合的空间地面观测,覆盖了射电到高能多个波段的观测,成功找到了它的持续射电对应体(persistent radio source, PRS),这是历史上第2个被确认拥有持续对应体的FRBs。FAST为理解FRBs的物理机制提供了完善的观测手段,并且极大地推进了对宇宙中这一奇妙现象的研究^[14-16]。

此外,对于另外一个特殊的射电暴 FRB 20201124A,这是一个非常活跃的重复暴,中国天眼 FAST 快速射电暴优先和重大项目科学研究团队利用 FAST 对其进行了长时间的深度观测,发现了重复 FRBs 的 3 个以前从未见过的特征。根据这一迄今为止发现的最大的 FRBs 偏振观测样本,科学家首次探测到距离快速射电暴中心仅 1 个天文单位(1 AU)的周围环境的磁场变化。他们提出了一个新的 Be 星的衰减盘物理模型来解释这些现象,在研究快速射电暴中心能源机制这一方向迈出了重要的一步。该成果于北京时间 2022 年 9 月 21 日正式发表在《Nature》杂志。目前,中国天眼 FAST 快速射电暴优先和重大项目科研团队已有近百人在紧密合作,期待找到决定快速射电暴中心物理过程和能源机制的直接观测证据,引导国际多波段联合观测,早日揭示快速射电暴的物理起源^[17-18]。

FAST 极高的探测灵敏度使它能够探测到远离星系中心极其稀薄的弥散原子气体所发出的微弱辐射,这为研究宇宙中的天体起源提供了一个全新的机会。FAST 对宇宙中著名的致密星系群“斯蒂芬五重星系”(Stephan's Quintet, 图 3)及其周围天区的氢原子气体进行了观测,发现了 1 个尺度约为 200 万光年,比银河系大 20 倍的巨大原子气体系统。如此庞大的原子气体系统对传统的星系演化模型提出了巨大的挑战,因为现有的理论无法合理



图3 “斯蒂芬五重星系”周围天区的原子气体分布(用红色光晕显示;光晕越薄表示中性原子氢气体的柱密度越低)(图片来源:NASA/European Space Agency/Canadian Space Agency/Space Telescope Science Institute)

解释为什么这些稀薄的原子气体能够存在于距离星系如此遥远的地方,而没有被宇宙背景的紫外辐射再电离。也许宇宙中还存在着更多类似这一大尺度的低密度的原子气体结构,未来 FAST 还会在这一方向持续进行观测研究^[19]。这一成果已于北京时间 2022 年 10 月 19 日发表在《Nature》。

无论是在发现史上第 1 例重复活跃快速射电暴,还是探测到史上最大的原子气体系统,都展现了 FAST 仍处于当打之年的实力,未来 FAST 会一如既往,保持其高效的观测效率和高质量的论文产出,一层层揭开宇宙神秘的面纱。

1.5 LAMOST 重现银河系形成历史

郭守敬望远镜(LAMOST)自服役十多年来,在大规模光学光谱观测和大视场天文学研究方面一直居于国际领先的地位,2022 年还更新了第 8 次数据释放(DR8 v2.0)。作为广阔银河系中的一员,我们一直在探寻银河系的历史,LAMOST 拥有的大规模光谱描绘了银河系的绘图,让我们得以窥探银河系的全貌,不断更新对银河系的认识。

北京时间 2022 年 3 月 24 日,《Nature》杂志以封面文章形式发布了德国马普天文研究所(MPIA)和中国科学院国家天文台合作的一项重大研究成果。基于中国科学院国家天文台运行的国家重大科技基础设施郭守敬望远镜和欧洲航天局的天体测量卫星盖亚望远镜的巡天观测数据,研究人员第一次对大量样本的亚巨星进行了精确的年龄测定,分析结果指出,恒星年龄和金属丰度的分布分成了两个完全不相干的部分,以 8 Gyr(1 Gyr=10⁹年)的年龄为界限:较年轻的一组反映了银河系形成的晚期阶段,也就是银河系的薄盘形成阶段,有明显的恒星径向轨道迁移的特征;另一组反映了银河系形成的早期阶段,也就是发生了动力学剧烈湍动过程的厚盘形成阶段。这一研究给出了银河系形成的演化图景:130 亿年前,由于大量气体的坍缩,星系之间相互并合,在剧烈的动力学作用下银河系厚盘开始形成,这比此前人们预想的要早很多。厚盘形成这一过程持续了 50 亿年,直到气体耗尽,厚盘的形成停止。随后,也就是 80 亿年前,在厚盘区域的外围,慢慢有新恒星形成,逐渐形成银河系的薄盘,这

一过程直到今天仍在继续。研究给出的银河系形成的过程颠覆了之前对银河系形成历史的认知,重新精细地刻画出了银河系演化的历史图样(图4)^[20-22]。

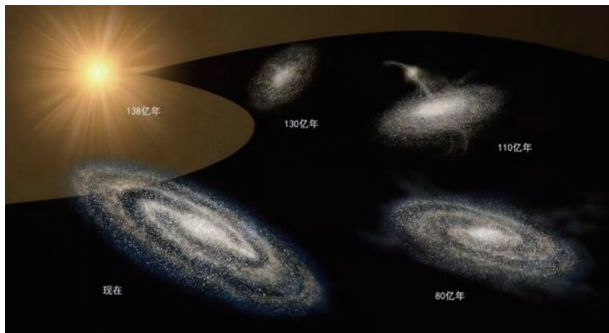


图4 银河系早期形成和演化示意:距今138亿年前宇宙大爆炸,130亿年前厚盘开始形成,110亿年前银晕形成,80亿年前银河薄盘形成,至今仍未结束(图片来源:喻京川)

LAMOST拥有千万量级的光谱数据,大口径和大视场的特点使其在光学望远镜中成为世界之最。北京时间2022年9月30日,LAMOST更新了第8次数据释放(DR8 v2.0),LAMOST交替进行了中分辨率和低分辨率的光谱调查,这是第一次由国家天文数据中心与欧洲航天局的ESASky数据平台联合发布,而未来更多的天文数据系统都会对LAMOST进行收录,这将吸引越来越多的科学家使用LAMOST的数据进行研究。DR8数据集包括1660万条光谱和791万套恒星光谱参数。LAMOST发布的光谱和恒星参数的总数仍然是世界上最大的。这不仅为探索银河系形成演化历史提供了巨大可用的样本库,也让天文学家在此基础上在恒星的其他研究领域上可以大显身手。未来越来越多高质量、高精度的仪器项目开始启动,探索银河系未解之谜这一美好畅想将迎来最好的时代^[23]。

1.6 盖亚的第3次数据释放

北京时间2022年6月13日,欧洲航天局发布了盖亚(Gaia)第3套完整的数据。在此之前,盖亚分别在2016年和2018年发布了2次数据,但相比之下,第3套数据历经了34个月的观测,数据量更加惊人。该数据囊括了银河系中近20亿颗恒星的细节,包括化学成分、恒星温度、颜色、质量、年龄以及恒星的径向速度,此外还有太阳系天体和河外源的信息等^[24]。新的数据还包含了超过80万个双星系

统的质量和演化,作为银河系内迄今为止最大的一个双星星表,这给科学家提供了许多前所未有的信息,对于帮助科学家更好地理解恒星演化至关重要。

第3套数据对星震学、银河系演化、双星等诸多方面都有促进作用。虽然盖亚卫星的主要目标并不在此,但令人惊奇的是,盖亚确实能够探测到星震现象,即恒星表面的微小运动。此前,盖亚已经发现许多恒星产生径向振荡,在保持其球形的同时周期性膨胀和收缩。不仅如此,在新数据中,盖亚也发现了许多恒星的非径向振荡,这些数据能够帮助科学家对恒星的内部运作有更加深入的理解。在银河系演化方面,通过观测恒星的金属丰度情况,可以判断该恒星的星族,对比周围的星际介质成分,就可以了解它是在哪儿诞生的。通过其出生地和之后的位置信息,科学家可以揭示银河系中星体的移动变化、星系的演化过程等。

盖亚是欧洲航天局于2013年末发射的一颗太空望远镜,在拉格朗日L2点运行,旨在绘制银河系的三维地图,揭示银河系的组成、形成和演化(图5^[25])。



图5 盖亚卫星观测银河系的艺术想象图
(图片来源:European Space Agency)

盖亚的任务目标是对银河系中约10亿颗恒星(约占银河系恒星总量的1%)提供精确的位置测量,并为其中最亮的1.5亿颗提供径向速度测量。通过其330~1050 nm波段的多色测光系统,能够获得恒星的大量天体物理信息,这些数据可以帮助科学家定量研究银河系的早期形成以及随后的动力学、化学成分和恒星形成演化。此外,盖亚还将对

数千个太阳系外行星系统进行检测和轨道分类,对太阳系内的小天体进行全面调查,观测邻近的星系以及数十万个遥远的类星体。它还能提供测试广义相对论和宇宙学理论的机会,有助于更好地了解宇宙的运行机制。盖亚太空望远镜原本计划于2019年结束观测任务,但由于其优秀的性能,欧洲航天局决定将运行延长至2025年^[26]。

盖亚太空望远镜的贡献是巨大的,不仅提供了大量有关银河系内恒星的信息,还帮助科学家更好地理解恒星演化的规律、为探索银河系的起源和演化提供了重要的线索。因此,盖亚太空望远镜在天文学界中享有相当的声望,这些新数据也定会带来更多的发现。

1.7 史上最强伽马射线暴

北京时间2022年10月9日,爆发了迄今为止最强烈的一次伽马射线暴(GRB),编号为GRB 221009A(图6^[27])。

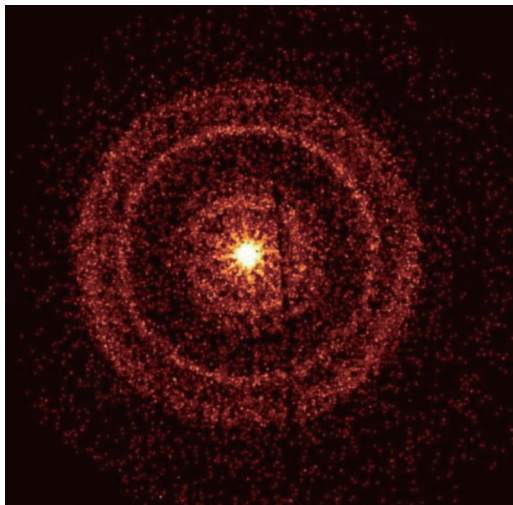


图6 GRB 221009A爆发1 h后雨燕 γ 射线暴探测器(Swift)拍下的爆发余晖
(图片来源:NASA/Swift)

伽马射线暴是观测到在短时间内在天空中某一方伽马射线迅速增强消退的现象。爆发持续时间一般为几毫秒到几千秒,辐射能段在0.1~100 MeV。以2 s为分界,分类为长暴和短暴。一般认为长暴于大质量恒星坍缩成黑洞的过程中产生,目前这个理论已得到学界的一致认可。短暴则是产生于致密双星并合,例如黑洞与中子星并合,同时

发射出引力波,2017年的双中子星并合引力波事件就证实了这一观点。许多卫星如雨燕 γ 射线暴探测器(Swift)^[28]、全天X射线图像监视器(MAXI)^[29]都观测到了此次爆发。通过费米卫星(Fermi)在10~1000 keV波段的检测发现,高能爆发事件持续时间为327 s,事件能量密度达到了 $18.2 \text{ GeV} \cdot \text{cm}^{-2}$,更易探测到许多之前由于太过微弱而无法看到的细节^[30]。

爆发源位于射手座方向,距离地球约24亿光年。通过对这次爆发的数据进行分析,科学家认为,这次爆发很可能是由大质量恒星晚期发生坍缩,产生超新星爆炸形成黑洞引发的。如此明亮的GRBs并不常见,可能要几十年才会出现一次。

与此同时,当天北京时间21:17,中国的高海拔宇宙线观测站拉索(Large High Altitude Air Shower Observatory, LHAASO)、高能爆发探索者(High Energy Burst Searcher, HEBS)和慧眼卫星(Hard X-ray Modulation Telescope, Insight-HXMT)都同时观测到了这次爆发。这是中国首次对伽马射线暴的空间与地面多手段联合观测,实现了从最高的十几太电子伏光子(LHAASO)到兆电子伏伽马射线(HEBS)以及千电子伏X射线(HXMT)的多波段精细测量,跨越了9个量级。得益于中国科学院高能物理研究所近些年在天地一体化观测能力建设的高速发展,尤其是LHAASO的成功建造和运行,占据了国际领先地位,在此次观测中,LHAASO从GRB 221009A中检测到5000余条超过500 GeV的伽马射线,其中能量最高的伽马射线达到18 TeV。这将伽马射线暴光子最高能量的记录提升了近20倍,首次打开了10 TeV波段的伽马射线暴观测窗口,意义重大^[31]。

高海拔宇宙线观测站是中国重大科技基础设施建设项目,位于四川省稻城县海子山,核心科学目标是探索高能宇宙线起源以及相关的宇宙演化、高能天体演化和暗物质的研究^[32]。高能爆发探索者搭载于空间新技术试验卫星(SY-01)上,主要探测研究伽马暴、引力波电磁对应体、磁星爆发等天体爆发现象^[33]。硬X射线调制望远镜卫星“慧眼”是中国第一个空间天文卫星,于2017年6月15日

发射成功,主要科学目标包括:搜寻银盘面上的新的暂现源,监测已知的变源;观测 X 射线双星以研究强引力场或强磁场中的运动和辐射机制;监测研究伽马射线暴和引力波电磁对应体^[34]。

2 天文设备

2.1 “阿尔忒弥斯 1 号”月球任务的发射

北京时间 2022 年 11 月 16 日 14:47(美国东部时间 2022 年 11 月 16 日凌晨 1:47),NASA 的重型运载火箭“太空发射系统”(Space Launch System, SLS)携带猎户座飞船(Orion)(图 7^[35]),从佛罗里达州肯尼迪航天中心发射升空,执行“阿尔忒弥斯 1 号(Artemis 1)”任务。飞船用了 9 天半的时间运行到月球轨道,随后在距离月球表面 7×10^4 km 的高度,花费 6 天时间绕月逆向飞行了半圈,最后返回地球,整个任务历时 25 天 10 小时(图 8^[36])。北京时间 2022 年 12 月 12 日凌晨 1:40(太平洋时间 12 月 11 日 9:40),猎户座飞船成功回落在加利福尼亚州以西的太平洋上,圆满完成了“阿尔忒弥斯 1 号”无人绕月飞行测试任务^[37]。



图 7 NASA 的 SLS 火箭于 2022 年 8 月 26 日在佛罗里达州的肯尼迪航天中心亮相
(图片来源:Agence France-Press)

此次任务的主要目标是测试猎户座飞船系统在太空环境飞行的稳定性,以确保后续的载人航天任务中飞行机组人员能够安全地升空与返航。因此本次任务是无人驾驶飞行试验,通过使用装有传感器的人体模型代替传统飞行中的机组人员记录

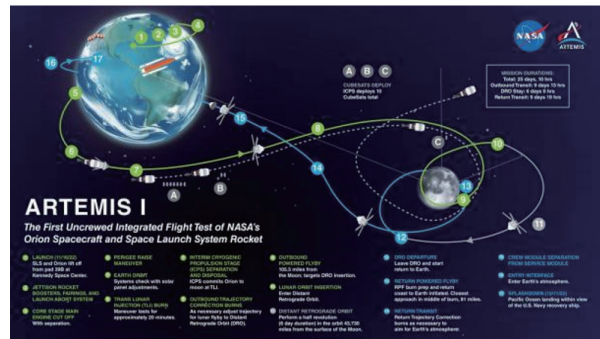


图 8 “阿尔忒弥斯 1 号”任务的飞行路径
(图源:NASA)

振动、加速度等数据。本次项目的负责人迈克·萨拉芬表示,任务的圆满成功表明飞船可以承受从月球重返地球时需要面对的极端条件。

2017 年 10 月,NASA 正式宣布将实施阿尔忒弥斯计划(Artemis program),其目标是再次将美国航天员送上月球,并于月球表面建立永久基地,为后续登陆火星以及开展更深层次的深空探测任务奠定基础。上一次登陆月球,得益于美国在 1961 年到 1972 年期间相继开展的一系列载人登月飞行任务,也称阿波罗计划(Apollo program),先后共有 12 名宇航员登上月球,在此之后的 50 年,人类对月球就再无实地造访。此次任务代号为阿尔忒弥斯,也是为了与当年的阿波罗计划相呼应。在古希腊神话中,阿尔忒弥斯是阿波罗的双胞胎姐姐,也是一位与月亮有关的女神。

阿尔忒弥斯登月计划共分为 3 部分,此次任务为第一部分,起到测试作用。阿尔忒弥斯 2 号任务为载人航天任务,计划于 2024 年进行,届时飞船将载有 4 名船员完成绕月飞行。第 3 次任务的目标为正式登月,预计于 2026 年执行,这是自 1972 年阿波罗 17 号任务之后,再次将宇航员送上月球^[36],整个任务的耗资预计高达 930 亿美元^[38]。总的来说,阿尔忒弥斯计划是一项重大的太空探索计划。通过这几项任务,将会逐步丰富科学家对于新一代宇航服、运载火箭等相关内容的知识,帮助人类进一步探索月球,为人类提供更多机会进行太空探索,为未来对火星的探索做好充足的准备。

2.2 “夸父”逐日实现中国太阳天基观测新突破

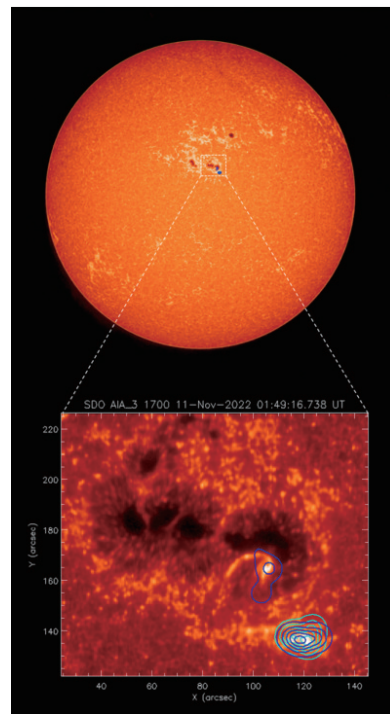
夸父逐日的古代神话故事表明了中国人自古

以来对于神秘的太阳的征服欲。无论是2018年发射的“帕克号”(Parker Solar Probe, PSP), 还是2021年升空的“羲和号”(Chinese H α Solar Explorer, CHASE), 都承载了人们对于探索太阳的渴望。北京时间2022年10月9日7:43, 中国综合性太阳探测卫星先进天基太阳天文台, “夸父一号”(Advanced Space-based Solar Observatory, ASO-S)在酒泉卫星发射中心采用长征二号丁型运载火箭发射升空。昔日的神话今朝成为了现实。“夸父一号”是专门为太阳观测而提出、完全以科学目标为牵引的空间科学卫星, 实现了中国天基太阳探测卫星跨越式的突破。与“帕克号”和“羲和号”不同的是, “夸父一号”是在可见光波段对太阳进行直接观测。其科学目标可概括为“一磁两暴”, “一磁”是指太阳的磁场, “两暴”是指发生在太阳上的两类最为剧烈的爆发现象——耀斑爆发和日冕物质抛射(CME)。通过研究日冕抛射的起源以及它们之间相互作用的关系, 不仅能够解释太阳磁场变化导致的爆发现象的内在物理机制, 还可以提供空间天气的预警支持。“夸父一号”还有另外2个突破点, 一是第一次在一颗近地卫星平台上, 对全日面矢量磁场、太阳耀斑非热辐射成像、日冕物质抛射的日面形成和近日冕传播同时进行观测; 二是第一次在莱曼阿尔法谱线波段实现全日面和近日冕无缝同时成像观测^[39-41]。

值得一提的是, “夸父一号”携带3台载荷: 全日面矢量磁像仪(Full-disc vector MagnetoGraph, FMG)、莱曼阿尔法太阳望远镜(Lyman-alpha Solar Telescope, LST)、硬X射线成像仪(Hard X-ray Imager, HXI)。这3个先进的观测仪器是实现它“逐日”的不可缺少的部分: FMG和LST是在磁场探测和日冕成像观测领域的中国第一台空间太阳观测设施, 相比国际同类设备, “夸父一号”具有更高的灵敏度和时间分辨率。HXI采用独特的傅里叶变换调制成像原理, 可对太阳耀斑活动中30~200 keV高能辐射进行全面高分辨率成像和能谱探测, 性能指标达到国际一流水平^[42]。

经过多番调试测验, 北京时间2022年11月21日下午, “夸父一号”卫星的硬X射线成像仪拍摄的

首张科学图像在中国科学院紫金山天文台发布, 这是从地球视角拍摄的太阳在硬X射线波段的首张图像(图9^[42])。图像总体质量达到国际一流水平, 为实现对太阳耀斑展开非热辐射空间分布、时间结构、能谱特征观测奠定了坚实的基础。预计太阳活动的下一个峰年将发生在2024—2025年, 届时, “夸父一号”将抓住时机, 不停逐日, 记录下第25个太阳活动周期的爆发过程。



蓝色:25~30 keV 等高线, 绿色:30~35 keV 等高线, 此图是叠加在太阳动力学天文台(SDO)上的太阳大气成像仪(AIA)的图像背景上

图9 “夸父一号”卫星硬X射线成像仪对太阳耀斑在两个能段的硬X射线成像图
(图片来源:中国科学院紫金山天文台)

2.3 小行星撞击测试

北京时间2022年9月26日19:14, NASA发射的一枚航天器成功与长度约170 m的目标小行星迪莫弗斯(Dimorphos)发生了正面撞击, 撞击发生时, 航天器与小行星的相对速度达到了6.6 km/s。2天后, 位于智利的南方天文物理研究望远镜(Southern Astrophysical Research Telescope, SOAR)观测到了Dimorphos表面长约 1×10^4 km的抛射物尘尾^[43]。后续的观测发现, 预期之外地, 通过这次

撞击,小行星的轨道周期足足改变了32 min。这表明NASA的双小行星重定向测试(DART)获得了圆满成功。

DART是第1例测试通过动能撞击法抵御小行星有效性的任务^[44]。该任务选取了小行星双星中的一颗,通过准确测量小行星被撞击前后的变化,进而测量轨道的改变(图10^[45])。执行撞击任务的航天器于2021年11月发射升空,在历经了10个月的飞行之后,成功与目标小行星交会并撞击。

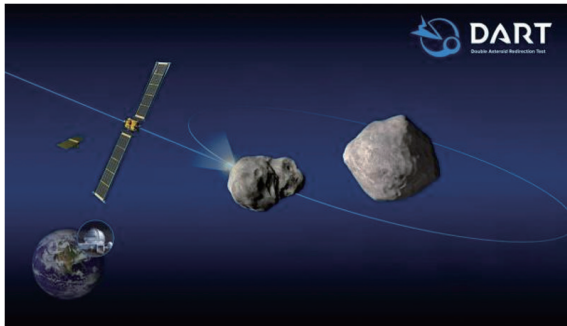


图10 DART任务效果图

(图片来源:NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory)

在对于地球生态环境能够造成重大危害的诸多灾难中,小行星撞击一直是一个备受关注的问题,它可能导致生态系统或城市遭到毁坏,甚至有可能产生大规模生物灭绝。著名的案例就是希克苏鲁伯(Chicxulub)小行星,它在6500万年前于墨西哥的尤卡坦半岛留下了一个平均直径约为180 km的硕大陨石坑,撞击导致了恐龙物种的灭绝。2013年,一颗陨石朝着俄罗斯的车里雅宾斯克州方向坠落,由于坠落过程中在大气层内的高温摩擦作用,最终发生燃烧爆炸,导致了近1500人受伤^[46]。

小行星越大,则与地球撞击的概率越小。例如希克苏鲁伯小行星,其直径在10~15 km,撞击频率约为1亿年1次,而对于直径为20 m左右的车里雅宾斯克小行星,每隔几十年就会发生一次撞击。由此对于直径在30 m到1 km之间的小行星,它们具有很大的危险性,而且可能会在不久的将来发生撞击。此外,还存在有大量尚未发现的小行星,这使得对小行星开展预警研究就显得尤为必要^[47]。

迄今为止,对于即将发生的小行星撞击事件,

科学家已经提出了多种理论解决方案,如使用动能撞击,引导航天器撞向小行星,传递动量使其偏移轨道;通过核爆冲击,在小行星的一定距离处引爆核武器,利用中子和X射线能量使小行星发生偏向;使用引力牵引,让航天器在小行星附近飞行几年,借助航天器的引力使小行星的运动轨迹发生偏离。其中,动能撞击被一致认为是最可行的方法,此次实验就是采用的动能撞击法。在航天器主动撞击过后,小行星会在撞击点抛射出物质,从而带来进一步的偏转。抛射物质产生的动量增强受到多种变量影响,例如小行星的材质特性、撞击点的结构、坡度等因素,很难开展先验估计,因此需要实验对其进行限制^[48],为以后真正需要时提供宝贵的数据。

2.4 EP探路者成功拍摄X射线成像天图

EP探路者是爱因斯坦探针卫星宽视场X射线望远镜(wide-field X-ray telescope, WXT)的一个实验模块,于北京时间2022年7月27日搭载中国科学院的空间新技术试验卫星发射升空。它是一项测试未来爱因斯坦探针的卫星传感器设计的初步任务,该探测器将使用12个传感器模块的WXT获得3600 deg²的视场^[49]。EP探路者的大视场成像能力是通过使用最新的龙虾眼光学技术实现的——龙虾是通过在一个眼球上的许多小立方体阵列侧壁的反射来观察物体的。用“龙虾眼”这种成像方式可以建造X射线掠入射成像光学系统。这种望远镜的主要优点是观测范围广、灵敏度高、体积小、质量轻^[50]。这使得EP可以对X射线暂现源进行较为精准的定位,如此卓越的定位能力将远远超越以前和现有的所有X射线全天监测仪。北京时间2022年8月27日,探路者发布了其早期测试飞行的第一批结果,其中包括一张银心区域的800 s的X射线延时照片(图11^[49])。这张照片是迄今为止向公众提供的宇宙的第一批广域X射线快照,也是国际上首次获得并公开发布的宽视场X射线聚焦成像天图^[49]。

由于地球大气层会强烈吸收X射线,X射线天文观测只能在大气层之外展开。如今,地球轨道上已经运行着许多X射线望远镜,比如NASA发射的

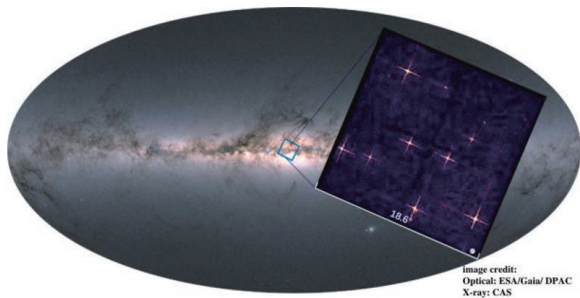


图 11 EP 探路者拍摄的银河系中心
(图片来源:European Space Agency/Gaia/
Data Processing & Analysis Consortium)

钱德拉 X 射线天文台(Chandra X-ray Observatory, CXO), 日本的“*Astro-H*”X 射线太空望远镜(Hitomi)等。宇宙中 X 射线的主要来源是黑洞周围的空间、恒星和星云等,对 X 射线这一高能波段的观测有助于了解黑洞相关的活动现象和恒星形成以及爆炸后造成的气体膨胀现象。目前运行的 X 射线望远镜都只能观测短波段和中波波段的 X 射线,并且很难同时兼顾大视场和高灵敏度 2 种要求,而中国即将发射升空的 EP 可以解决这种矛盾的现状。该项目将会填补国际上在软 X 射线波段的大视场全天监测设备的空白。EP 的主要科学目标为:搜寻并观测宇宙 X 射线暂现源,特别是大量暗弱的、遥远的罕见 X 射线暂现源;搜寻和观测来自吸积黑洞的 X 射线爆发;搜索与引力波事件有关的 X 射线源,并对其进行较为精确的定位。与此同时,EP 还将监测太空大量样本中各种类型的 X 射线源的变化情况。鉴于在未来 10 年内饱含期待的多信使和多波段全天监测能力,EP 将通过与其他太空监测仪器如日本的全天 X 射线图像监视器(MAXI)等协同工作,在 X 射线波段生成并保存数据集,这将成为描述以及理解宇宙暂现源和变化性质的关键。

EP 探路者成功拍摄 X 射线成像天图证明了在 X 射线望远镜的建造上取得了巨大成功,这对即将上天的 EP 来说,无疑是一个令人振奋的好消息。

3 结论

随着大科学研究装置不断发展,越来越多的天

文观测设备及其数据得到了充分的研究利用。中国独立研发的 FAST、LAMOST 设备依旧成果频出,在银河系结构及演化、快速射电暴等诸多方面取得了重大突破,嫦娥五号带来的月壤让我们对这颗邻星有了更深的理解。2022 年中国也发射了许多新的设备,“夸父一号”让我们对太阳的理解更进一步,探路者模块良好运行预示着爱因斯坦探针计划初步成功。国际合作同样十分重要,詹姆斯·韦布望远镜让我们窥见宇宙深处,EHT 使我们看到了银河系中心黑洞的模样,Gaia 的公开数据也展示了银河系更多秘密。除了天文观测,科学界也有了更多新的尝试。阿尔忒弥斯计划尝试重新登上月球,DART 项目成功撞击了目标的小行星。天文学领域日新月异,中国人自己所做的成绩越来越多,期待未来伴随新观测设备的投入使用,能够更加绽放光彩,做出更多成果。

参考文献(References)

- [1] Akiyama K, Alberdi A, Alef W, et al. First Sagittarius A* Event Horizon Telescope Results. I. The Shadow of the Supermassive Black Hole in the Center of the Milky Way [J]. *The Astrophysical Journal Letters*, 2022, 930: L12.
- [2] Akiyama K, Alberdi A, Alef W, et al. First M87 Event Horizon Telescope Results. I. The Shadow of the Supermassive Black Hole [J]. *The Astrophysical Journal Letters*, 2019, 275: L1.
- [3] Event Horizon Telescope [EB/OL]. (2022-11-15) [2022-12-23]. https://en.wikipedia.org/wiki/Event_Horizon_Telescope.
- [4] Astronomers reveal first image of the black hole at the heart of our galaxy [EB/OL]. (2022-05-12) [2022-12-23]. <https://eventhorizontelescope.org/blog/astronomers-reveal-first-image-black-hole-heart-our-galaxy>.
- [5] 詹姆斯-韦伯太空望远镜(JWST)抵达最终目的地[J]. *航天器工程*, 2022(1): 2.
- [6] About frequently asked questions [EB/OL]. (2022-01-25) [2022-12-23]. <https://www.jwst.nasa.gov/content/about/faqs/faq.html#partners>.
- [7] 观天利器韦布望远镜发回首批科学数据,高清版太空透露哪些新信息 [EB/OL]. (2022-07-15) [2022-12-23]. https://www.xhby.net/js/kj/202207/t20220715_7617484.shtml.

- [8] “土特产”将在这处理! 独家探访我国首个月球样品实验室[EB/OL]. (2022-12-17)[2022-12-21]. <http://tv.cctv.com/2020/12/17/ARTIkZpqX3SzFugxxQe7gQ2n201217.shtml>.
- [9] Liu J J, Liu B, Ren X, et al. Evidence of water on the Lunar surface from Chang'E-5 in-situ spectra and returned samples[J]. *Nature Communications*, 2022, 13(1): 3119.
- [10] 邱晨辉. 月球嫦娥石发现记[N]. *中国青年报*, 2022-09-19(08).
- [11] Liu D W, Wang X, Liu J J, et al. Spectral interpretation of late-stage mare basalt mineralogy unveiled by Chang'E-5 samples[J]. *Nature Communications*, 2022, 13(1): 5965.
- [12] Guo Z, Li C, Li Y, et al. Sub-microscopic magnetite and metallic iron particles formed by eutectic reaction in Chang'E-5 lunar soil[J]. *Nature Communications*, 2022, 13(1): 7177.
- [13] 赵汉斌. 嫦娥五号月壤中发现撞击成因的亚微米级磁铁矿[N]. *科技日报*, 2022-11-28(1).
- [14] 齐芳. “中国天眼”发现首例持续活跃的重复快速射电暴[N]. *光明日报*, 2022-06-10(8).
- [15] Evrim Yazgin. New fast radio burst found, showing that host galaxies may muddy their signals[EB/OL]. (2022-07-14)[2022-12-23]. <https://cosmosmagazine.com/space/new-fast-radio-burst-host-galaxy>.
- [16] Xu H, Niu J R, Chen P, et al. A fast radio burst source at a complex magnetised site in a barred galaxy[J]. *Nature*, 2022, 609(7928): 685-688.
- [17] 中国天眼揭示快速射电暴密近环境的动态演化[EB/OL]. (2022-09-23)[2022-12-23]. <https://fast.bao.ac.cn/cms/article/196>.
- [18] Wang F Y, Zhang G Q, Dai Z G, et al. Repeating Fast Radio Burst 20201124A Originates from a Magnetar/Be Star Binary[J]. *Nature Communications*, 2022, 13(1): 4382.
- [19] 齐芳. “中国天眼”发现宇宙中最大原子气体结构[N]. *光明日报*, 2022-10-20(14).
- [20] 天文学家基于LAMOST数据揭示银河系早期形成和演化历史[EB/OL]. (2022-03-24)[2022-12-23]. <http://www.lamost.org/public/node/443>.
- [21] Xiang M S, Rix H W. A time-resolved picture of our Milky Way's Early formation history[J]. *Nature*, 2022, 603(7902): 599-603.
- [22] 陆成宽. 揭开尘封“成长史”迄今最清晰银河系形成演化图绘成[N]. *科技日报*, 2022-03-25(1).
- [23] LAMOST released its Eighth Data (DR8) internationally [EB/OL]. (2022-09-30)[2022-12-23]. <https://www.lamost.org/public/node/458?locale=en>.
- [24] Gaia data release 3 (GAIA DR3)[EB/OL]. (2022-06-13)[2022-12-23]. <https://www.cosmos.esa.int/web/gaia/dr3>.
- [25] Gaia sees strange stars in most detailed Milky Way survey to date[EB/OL]. (2022-06-13)[2022-12-23]. <https://phys.org/news/2022-06-gaia-strange-stars-milky-survey.html>.
- [26] Gaia fact sheet[EB/OL]. (2020-10-03)[2022-12-23]. <https://sci.esa.int/web/gaia/-/47354-fact-sheet>.
- [27] Francis Reddy. NASA's Swift and Fermi missions detect exceptional cosmic blast[EB/OL]. (2022-10-13)[2022-12-23]. <https://phys.org/news/2022-10-nasa-swift-fermi-missions-exceptional.html>.
- [28] Swift J1913.1+1946 a new bright hard X-ray and optical transient[EB/OL]. (2022-10-09)[2022-12-23]. <https://www.astronomerstelegam.org/?read=15650>.
- [29] MAXI/GSC detection of the new X-ray transient Swift J1913.1+1946[EB/OL]. (2022-10-09)[2022-12-23]. <https://www.astronomerstelegam.org/?read=15651>.
- [30] Huang J H, Wang Y L, Yu B R, et al. Invisible neutrino decays as origin of TeV gamma rays from GRB 221009A [DB/OL]. arXiv preprint: 2212.03477, 2022.
- [31] 吴月辉. 我国观测到迄今最亮伽马射线暴[N]. *人民日报*, 2022-10-18(14).
- [32] 高海拔宇宙线观测站工程概况[EB/OL]. (2013-11-15)[2022-12-23]. http://ihep.cas.cn/lhaaso/gcgg/201712/t20171208_4910354.html.
- [33] 高能爆发探索者(HEBS)在轨首次加电成功[EB/OL]. (2022-08-09)[2022-12-23]. http://www.ihep.cas.cn/xwdt/gnxw/2022/202208/t20220809_6497640.html.
- [34] 硬 X 射线调制望远镜(HXMT)项目简介[EB/OL]. (2022-08-09)[2022-12-23]. <http://hxmtweb.ihep.ac.cn/AboutHxmt.jhtml>.
- [35] To the Moon and beyond: NASA's Artemis program[EB/OL]. (2022-08-28)[2022-12-23]. <https://phys.org/news/2022-08-moon-nasa-artemis.html>.
- [36] Artemis map[EB/OL]. (2018-02-09)[2022-12-23]. <https://www.nasa.gov/image-feature/artemis-i-map>.
- [37] Splashdown! NASA's orion returns to Earth after historic Moon mission[EB/OL]. (2022-12-12)[2022-12-23]. <https://www.nasa.gov/press-release/splashdown-nasa-s-orion-returns-to-earth-after-historic-moon-mission>.
- [38] The \$93-billion plan to put astronauts back on the Moon [EB/OL]. (2022-05-11)[2022-12-23]. <https://www.nature.com/articles/d41586-022-01253-6>.

- [39] 金凤, 陆成宽. “夸父一号”首批太阳观测科学图像发布[N]. 科技日报, 2022-12-04(1).
- [40] 齐芳. “夸父一号”如何“逐日”[N]. 光明日报, 2022-10-10(9).
- [41] 耿挺. “夸父一号”踏上逐日之旅[N]. 上海科技报, 2022-10-12(1).
- [42] “夸父一号”硬 X 射线成像仪首图发布[N]. 科技日报, 2022-11-23.
- [43] SOAR Telescope catches Dimorphos’s expanding comet-like tail after DART spacecraft impact[EB/OL]. (2022-10-03)[2022-12-23]. <https://phys.org/news/2022-10-soar-telescope-dimorphos-comet-like-tail.html>.
- [44] The DART Mission[EB/OL]. (2022-12-21) [2022-12-23]. <https://solarsystem.nasa.gov/resources/2437/the-dart-mission>.
- [45] Chelyabinsk meteor[EB/OL]. (2022-12-08) [2022-12-23]. https://en.wikipedia.org/wiki/Chelyabinsk_meteor.
- [46] Domínguez A, Moreno V M, Cabral F. Kinetic impactor for a short warning asteroid deflection | Elsevier enhanced reader[J]. *Acta Astronautica*, 2022, 202: 791–798.
- [47] Kumamoto K M, Owen J M, Syal M B, et al. Pre-dicting Asteroid Material Properties from a DART-like Kinetic Impact[J]. *The Planetary Science Journal*, 2022, 3(10): 237.
- [48] Double Asteroid Redirection Test (DART) [EB/OL]. (2022-12-21)[2022-12-23]. <https://solarsystem.nasa.gov/missions/dart/in-depth>.
- [49] 陆成宽. 我国科学家发布首批大视场 X 射线聚焦成像天图[N]. 科技日报, 2022-08-29.
- [50] EP Pathfinder catches first wide-field snapshots of X-ray universe[EB/OL]. (2022-09-10)[2022-12-23]. <https://ep.bao.ac.cn/ep/cms/article/view?id=77>.

Top astronomy events in 2022

SONG Yujia^{1,2}, YANG Jun^{1,2}, FENG Ye^{1,2}, GOU Lijun^{1,2*}

1. National Astronomical Observatories, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100012, China
2. School of Astronomy and Space Science, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

Abstract This article reviews the hot spots in astronomy in 2022 from two aspects: scientific research progress and important scientific and technological events. The exploration of black holes took an important step forward. Webb finally reached the destination and produced the first batch of considerable results. NASA’s asteroid impact test gained great success. The research papers produced by FAST and LAMOST remained at a high output. Chang’e-5 lunar soil analysis was full of surprises. And several space observation instruments were successfully launched this year.

Keywords astronomy; black hole; asteroid ●



(责任编辑 傅雪)