

“宇宙之大,深空探测器能够触摸的边界实在有限;想要看到探测器“探”不到的远方,人们还需要借助于各种各样的望远镜来“观”。

恒星考古:“探”为“观”止

■本报记者 丁佳 实习生 池涵

2019年新年伊始,美国国家航空航天局(NASA)发布了“新视野”号深空探测器拍下的柯伊伯带小行星 MU69 (绰号“Ultima Thule”,即“天涯海角”)的照片,第一次近距离将这位太阳系边缘的远古邻居呈现在世人面前。

探寻宇宙的早期历史,就像寻找人类起源一样令人着迷。然而宇宙之大,深空探测器能够触摸的边界实在有限;想要看到探测器“探”不到的远方,人们还需要借助于各种各样的望远镜来“观”。

在大洋彼岸的中国,一群从事恒星考古的天文学家就在孜孜不倦地寻找另一种“宇宙化石”。最近,中国科学院国家天文台研究员赵刚团队利用中国自主设计并建造的光学望远镜 LAMOST 的巡天数据,挑选出一万余颗金属含量不到太阳百分之一的贫金属星候选体,形成了目前世界上最大的贫金属星亮源表,相关论文发表在《天体物理学报(增刊)》上。

那么,这些金属含量特别低的恒星,究竟有着怎样的奥秘?它们对研究宇宙演化史而言,又有着怎样的意义?

搜寻宇宙“化石”

顾名思义,贫金属星就是金属元素含量非常低的恒星。在宇宙形成的最初几分钟,仅有的化学元素是氢、氦和极其微量的锂,而宇宙中其他化学元素都是通过恒星这个“宇宙熔炉”产生的。

所以,大爆炸之后 2 亿年左右诞生的第一代恒星在出生时是“零金属”的,它们合成了一些新的金属元素,并在死亡的时候通过超新星爆发的方式,将这些元素抛射到星际介质中,从而实现了化学增丰。

这种增丰过程的细节错综复杂,简而言之,在被增丰的星际介质中诞生的下一代恒星会“继承”这些金属元素,并生产更多的金属元素,再“遗传”给下一代。

如此周而复始,随着宇宙不断变老,金属的雪球越滚越大,每一代新诞生恒星中的金属含量都会比它的上一辈多一些。今天,新生恒星的金属含量要比 130 亿年前的祖辈恒星高出 200 万倍。

因此,金属含量更低的恒星,就意味着它们诞生于更早的宇宙进化阶段。

贫金属星的研究有助于解开一系列围绕早期宇宙、元素起源、第一代恒星和银河系演化的科学问题。如现存古老的恒星中保留了哪些早期宇宙的遗迹?金属元素是怎样在宇宙中产生和积累的?第一代恒星和超新星是什么样子的?银河系的形成和演化历史是怎样的?

“因此,恒星考古的主要任务就是搜寻和研究贫金属星。”赵刚团队成员、中科院国家天文台副研究员李海宁告诉《中国科学报》。

星海“捞针”

从上世纪 80 年代以来,恒星考古取得了一系列重要的成果,例如发现了金属含量超低的第二代恒星,包括金属含量不到太阳十万分之一的贫金属星,以及检测不到铁含量的贫金属星;通过大样本贫金属星发现了银河系有两个晕成分;在近邻矮星系发现了揭示双中子星并合证据的贫金属星,等等。

然而,与其他领域的研究相比,这仍然是一项十分困难的工作。李海宁坦言,贫金属星这类天体非常稀有,基本等同于在星海里面捞针。时至今日,现有贫金属星样本数量仍然非常有限。

在一次讲座上,李海宁曾展示过两张图,第一张图是太阳附近用望远镜拍到的恒星,密密麻麻地占了一整张图;而第二张图是第一张图里挑出来的贫金属星,只剩下了稀疏的四个红点。

美国麻省理工大学物理系副教授 Anna Frebel 也曾曾在《科学美国人》杂志的一篇文章中细数了一系列她在使

用智利卡内基天文台麦哲伦望远镜搜寻贫金属星数据时遇到的困难,除了价格昂贵和地球自转造成的观测中断,还包括信号强度等问题。

尽管难度巨大,但贫金属星的重要性也使其成为近二十年来许多大型巡天项目的主要科学目标之一。现在在很多国家都有正在进行和计划中的恒星考古计划。比如已经开展的汉堡/欧洲南方天文台巡天 HES、美国的斯隆数字巡天 SDSS、澳大利亚的 SkyMapper 巡天,以及未来将开展的日本斯巴鲁望远镜主焦点光谱仪 Subaru/PFS 计划、欧洲 4 米多目标光谱望远镜 4MOST 项目等。

近几年来,中国也以 LAMOST 巡天为契机,在该领域逐渐活跃起来。

银河“淘宝”

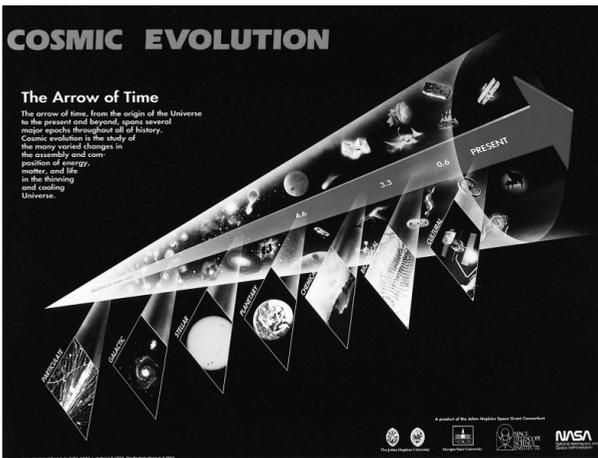
LAMOST,全称大天区面积多目标光纤光谱天文望远镜,是我国 2009 年建成的世界上口径最大、光谱获取率最高的光谱巡天望远镜,每次观测可以获得 4000 个天体光谱。

LAMOST 巡天获取了数以百万计的银河系恒星光谱,是大天区面积下搜寻珍稀的宇宙化石贫金属星的绝佳机会。于是,赵刚研究团队利用 LAMOST 开展了国际上最大规模的贫金属星搜寻项目。

李海宁等人利用 LAMOST 巡天数据挑选出一万余颗金属含量不到太阳百分之一的贫金属星候选体,形成了目前世界上最大的贫金属星亮源表。

“这个贫金属星亮源表的优势在于既大又亮。”李海宁说,一方面,LAMOST 大天区的优势为研究工作提供了大样本,可以显著扩大现有贫金属星样本的数量,并减小统计研究的误差;另一方面,LAMOST 搜索到的结果亮源多,不仅有利于进行后续高分辨率光谱观测,而且也有利于获取这些贫金属星的运动学参数,从而对银河系的形成历史开展化学—运动学多维空间的研究。

研究人员认为,LAMOST 贫金



时间之矢:从宇宙起源到现在及以后,跨越了整个历史的主要时期。宇宙演化是研究逐渐稀薄和冷却的宇宙中,能量、物质和生命的组合和组成的许多变化的一门学科。而恒星考古是研究宇宙演化的重要手段。图片来源:NASA

属星亮源表无疑将成为利用大样本贫金属星系统研究银河系早期演化与银晕起源的极其宝贵的传世资源。美国圣母大学天体物理系主任、基特峰天文台台长 Timothy Beers 教授评价称:“LAMOST 贫金属星亮源表是该研究领域一个非常重要且具有极高价值的贡献。”

基于 LAMOST 贫金属星亮源表的后续高分辨率光谱观测与研究工作也正在顺利进行中,并且已经取得了一系列重要的发现。

例如,科研人员首次系统搜寻并研究锂元素丰度异常超高的贫金属星,构建了目前最大的此类样本,并首次在银河系场星中发现锂元素丰度超高的亚巨星,向经典小质量恒星演化模型提出了挑战;发现了第五颗碳氮氧钠镁等多种元素异常超丰的贫金属星(金属含量不到太阳的万分之一),结合超新星理论模型研究分析,为此类天体的前身

星性质提供了重要的观测限制。李海宁说:“贫金属星多分布在银河系晕,表明银晕是银河系几个成分中比较古老的成分,也就是它形成的时间更早。但是关于银晕的起源我们并不是很清楚,而这也正是我们需要对大样本贫金属星进行研究的原因。”

当然,除了利用 LAMOST 的贫金属星样本开展研究外,中国也在积极寻求国际合作,目前在斯巴鲁望远镜主焦点光谱仪、美国 30 米望远镜等下一代可以开展恒星考古的国际项目中,中国均有参与。

LAMOST 获取的前所未有的海量恒星光谱,为科学家星海“淘宝”提供了一个广阔的信息海洋。这一个令人叹为观止的天文计划,能否为人类开启恒星考古的新时代?我们不妨拭目以待。

相关论文信息:
DOI: 10.3847/1538-4365/aada4a

孙家栋:航天科技事业创新发展的重要推动者

据新华社电 在日前举行的庆祝改革开放 40 周年大会上,已近九旬高龄、作为中国航天科技集团高级技术顾问的孙家栋被授予“改革先锋”称号。

从 1958 年留学归国,孙家栋先后参与了中国第一颗卫星的研制工作,领导第一颗人造卫星“东方红一号”研制工作,60 多年来,所有中国航天发展的关键事件,他都是参与者、亲历者。孙家栋说,中国航天起步时,首先是考虑解决有无问题。出去办事都是到厂里头把老师傅组织起来,把要求提出来,做出来认为合格就拿走,对方也不会提报酬的事。

伴随着改革开放的春天,科技产业界有了更好的发展条件,中国航天也吹响了开放的号角。

“航天事业是一项系统工程,是各种科学技术发展的集成。各行各业基础好了,取得了各种发展,再找人合作时,对方能够提供一些新的技术应用在航天上。”他说。

与此同时,改革开放也让中国航天开始面向国民经济主战场,越来越多“航天特产”走入寻常百姓生活。

“造卫星涉及许多热物理方面的技术。这类技术也开始应用到日常生活当中,比如在纺织行业,运用这些技术可以帮助进行布匹清洗。”孙家栋说。

到了 20 世纪 80 年代,中国政府提出中国火箭走向世界,为世界航天市场服务。并宣布,中国的运载火箭将投入国际市场,承揽对外发射业务。

发射外星,是带有商业性质的国际间技术合作。时任航天工业部副部长的孙家栋又一次受命于中国航天发展的关键时刻。首次商业卫星发射,就成功用长征火箭将一颗美国制造的卫星发射升空。

“那个时候确实做了大量工作,在世界市场也有很大的影响。”孙家栋说。

40 年来,从“风云”系列气象卫星到“北斗”系列导航卫星,从东方红通信卫星到月球探测卫星,一件件国之重器的背后,都少不了孙家栋的身影。

孙家栋也被称为中国航天的“总工程师”,他创新思路和方法,突破了一项项关键技术,攻克了诸多复杂难题。

回顾几十年的工作,孙家栋认为自己“仅仅是航天人中很平常的一个”。他的境界里,是“中国航天精神铸造了中国第一星”;他的荣誉里,“是中国航天事业发展成就了自已”。

(胡喆、荆淮桥)

黑洞与暗物质的相互作用研究取得系列进展

本报讯 黑洞及其周围的物理现象是现代天体物理学研究的重要领域之一,不同质量的黑洞(如恒星级质量、中等质量、超大质量等)由物质通过复杂的过程而形成,它们具有视界、能层、时空奇点等特性。宇宙中充满大量暗物质,它们如何影响黑洞的时空特性?黑洞又如何影响暗物质的分布?长期以来,中国科学院云南天文台徐兆意博士、侯贤副研究员、王建成研究员等开展了黑洞与暗物质相互作用的系列理论研究,近日先后在《宇宙学与粒子天体物理杂志》《经典引力和量子引力》国际核心期刊发表 5 篇文章,取得了重要进展。

目前,科学家们提出许多暗物质模型,如冷暗物质、标量场暗物质、理想流体暗物质等。对于冷暗物质和标量场暗物质,云南天文台研究团队得到暗物质中的稳态黑洞时空解析解,发现暗物质增加黑洞的视界,减小黑洞的能层,但不改变黑洞的时空奇点,而黑洞对周围的暗物质密度分布有重要影响。对于理想流体暗物质和宇宙学常数下的黑洞,研究团队得到旋转黑洞的时空解,发现黑洞的视界和能层取决于暗物质参数和宇宙学常数。

人们普遍认为超大质量黑洞位于包括银河系在内的大多数星系的中心,直接探测黑洞仍然是天文学中最重要的问题之一。徐兆意表示,在确定黑洞性质(如黑洞的质量和自旋)的不同方法中,利用 VLBI(甚长基线干涉仪)观测黑洞的阴影可能是最令人兴奋和有趣的方法。

侯贤说:“黑洞的阴影是一个明亮天体经过黑洞后投射的光学图像,观测者看到的是一个二维的黑暗区。黑洞的阴影是广义相对论的自然结果,它不仅可以提供黑洞基本性质的信息,还可以检验广义相对论,探测黑洞周围的暗物质性质。”

研究团队计算了理想流体暗物质中旋转黑洞的阴影,发现黑洞阴影的形状受到黑洞旋转和暗物质参数的影响;计算了银河系中心超大质量黑洞人马座 A* 的阴影,发现冷暗物质和标量场暗物质对黑洞阴影形状的影响不同;研究了不同物质(包括暗物质、尘埃和辐射)对黑洞阴影的影响,发现暗物质对黑洞阴影的影响最显著。“这些理论研究结果有可能为未来黑洞直接探测提供重要的依据和图像。”王建成说。(沈春蕾)

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1088/1475-7516/2018/09/038>
<https://doi.org/10.1088/1361-6382/aabcb6>
<https://doi.org/10.1088/1475-7516/2018/12/040>
<https://doi.org/10.1088/1475-7516/2018/07/015>
<https://doi.org/10.1088/1475-7516/2018/10/046>

登陆月球背面的背后支撑

■本报记者 黄辛

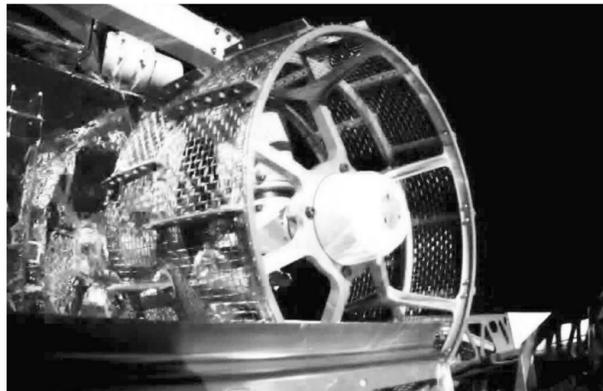
2019年1月3日上午10点26分,“嫦娥四号”探测器成功着陆在月球背面东经 177.6 度、南纬 45.5 度附近的预选着陆区,并通过“鹊桥”中继星传回了世界第一张近距离拍摄的月背影像图,揭开了古老月背的神秘面纱。

此次任务实现了人类探测器首次月背软着陆,首次月背与地球的中继通信,开启了人类月球探测新篇章。“嫦娥四号”着陆后,巡视器随即进行分离,“玉兔二号”月球车在月球背面留下了“人类首次行走”足迹,成功开启在月球背面的巡视探测任务。这一伟大壮举背后也有着上海交通大学材料技术的应用与支撑,彰显了上海交大科学家的智慧。

为“嫦娥四号”构建“金刚不坏之身”

上海交通大学材料科学与工程学院复合材料研究所、金属基复合材料国家重点实验室张荻教授、欧阳保教授团队研制的高性能 SiC 增强铝基复合材料为“嫦娥四号”探测器在月球背面软着陆、“玉兔二号”月球车在月球背面巡视探测等提供材料和部件支撑,为中国迈向空间时代贡献力量。

该研究团队研制的高性能 SiC 增强铝基复合材料应用于“嫦娥四号”探测器中四个关键载荷,包括激光测距仪、三维成像仪、红外光谱仪等星载光学仪器中的镜筒、光学底板、框架等 12 种关键构件。在复杂的空天服役条件下,星载光学仪器的任务要求其必须具有很高的分辨率和稳定的光学性能,这就要求对结构与器件进行优化设计



“玉兔二号”月球车轮子外侧,由 SiC 颗粒增强铝基复合材料制成的棘爪。上海交通大学供图

时,所用材料必须具有足够的尺寸稳定性和良好的刚性等优异的综合性能。而传统材料难以满足这方面的性能要求。

据介绍,研究人员研制的 SiC 颗粒增强铝基复合材料具备轻质、高刚性、高尺寸稳定的特点,可满足载荷结构轻量化、不变形、尺寸稳定的需求,解决了星载仪器高分辨率和高稳定性的难题,为“嫦娥四号”的运行和完成各项科学探测任务提

供重要支撑。

为“玉兔二号”打造“超级风火轮”

月球车在人类从未探知的月球背面开展巡视工作,要面临恶劣复杂的空天环境和复杂未知的地形地貌的考验。如“昼夜”超过 300°C 的温差导致构件产生热应力及热变形,月球车在行走时要承受各种碰撞、

挤压、摩擦、磨损等。登陆月球背面的过程非常曲折,任何细小的失误都会引发一连串的问题,严重的甚至可能导致登月失败。用于主要与月球表面接触的行走机构棘爪是月球车开展月球移动探测的关键和难题之一。

科学家研制的由 SiC 颗粒增强铝基复合材料制成的行走棘爪,成功应用于“玉兔二号”月球车。SiC 颗粒增强铝基复合材料具有重量轻、高刚度、高耐磨、耐冲击、尺寸稳定等特点,能够承受月球表面各种苛刻复杂的服役工况条件,为“玉兔二号”月球车在月球背面行走保驾护航。

长期致力于中国航天工程

除上述成果外,长期以来,张荻教授、欧阳保教授所带领的研究团队对铝基复合材料开展了系统和深入的基础和应用基础研究,使上海交通大学材料科学与工程学院复合材料研究所、金属基复合材料国家重点实验室成为我国轻质高强铝基复合材料主要研发和制造基地。

针对制约我国航天用非连续增强金属基复合材料制备科学中复合调控难、界面匹配难、形变加工难三个难点,研究人员经过辛勤努力,研制成功的 SiC 增强铝基复合材料性能达到国际领先水平,已获得国家发明专利 20 余项。并建立了国内首个航天用铝基复合材料技术标准,以及国家标准,形成了高性能铝基复合材料的批量、多品种研制和生产能力,并成功推广应用,为我国高科技发展和维护国家安全做出了重要贡献。