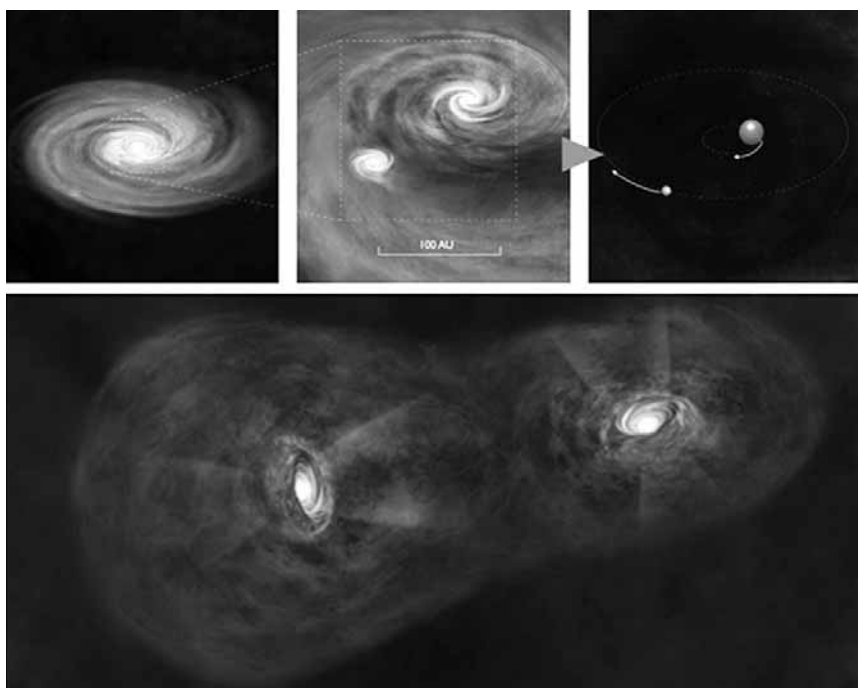


# “三体”是文明的灾难？ 宇宙中的“两体”了解一下

■本报见习记者 池涵



上图为近距双星 来源:美国国家射电天文台 NRAO  
下图为宽距双星可能的形成机制 来源:阿塔卡马大型毫米/亚毫米阵列 ALMA 网站

星,随着时间的演化,最终形成两颗相互围绕的轨道双星”。中国科学院云南天文台研究员陈雪飞解释。

“宽距双星不像近距双星那样形成于碎裂的公共星周盘,而是可能形成于分子云核的湍流碎裂(主要对间距小于1000 AU 的双星来讲)或分解星团成员星的随机配对(主要对间距大于1000 AU 的双星来讲)。同时,与近距双星不同,形成两颗宽距子星的分子云核具有不同的旋转轴向,致使二者难以形成公共的星周吸积盘。随着它们与周围物质的摩擦耗散或其他相互作用,使得两颗子星离得越来越远,最终成为宽距双星。”田海俊补充道。

田海俊说,根据双星在银河系中主要停留的位置,宽距双星通常可以划分为年老的银晕和年轻的银盘双星。年老的球状星团大都分布在银晕中,年轻的疏散星团分布在银盘上。与银盘相比,银晕中的物质分布相对简单,引力扰动源比较单一。另外,因为银晕宽距双星的运行速度快,穿行银盘的时间较短,他们受到银盘中复杂物质结构(比如分子云、其他恒星等)的扰动小,所以科学家主要使用银晕宽距双星来探测并回答 MACHO 是否存在,以及如果 MACHO 存在,它们具有什么样的属性特征等问题。

此次,田海俊等人发现,宽距双星的间距分布并非像传统假设那样服从一个单一的幂律谱,而是在大约0.1 pc 的间距处,不同星族双星的间距分布呈现出不同程度的断裂。具体来讲,在双星间距小于0.1 pc 时,不同星族的双星间距服从一个幂指数为-1.5 的幂律谱,但当间距大于0.1 pc 时,年老的星双星比

年轻的盘双星更容易被破坏掉,观测数据中为什么出现这样的现象、规律背后蕴藏着什么奥秘,是科学家们需要重点回答的问题。

## 改变国际上双星间距分布观念

田海俊说,双星间距的幂律分布发生断裂,国际上一般猜测是由于外界物体(比如 MACHO)的引力扰动所致。如果是这样,根据宽距双星间距分布上的断裂位置,可以有效判断具有什么属性(质量和密度等)的 MACHO 能够导致这样的断裂。

要破坏间距为0.1 pc 的双星,根据太阳邻域的暗物质密度可以粗略估算出至少需要10M $\odot$ 的 MACHO 分布在银晕中,也就是说银晕中可能存在大量的10倍以上太阳质量的致密天体,比如黑洞。

袁强告诉《中国科学报》,科学家曾猜测银河系中分布有大量的原初黑洞,这些原初黑洞可以提供解释银河系旋转变曲线所需的额外引力,即暗物质。2015年激光干涉引力波天文台探测到质量约30M $\odot$ 的双黑洞并合产生的引力波。这类大质量黑洞的形成机制尚不明确,有人认为是宇宙大爆炸早期产生的原初黑洞,并且可以解释宇宙中广泛存在的暗物质。田海俊等人的发现可能为这一理论提供了间接支持。

“然而,大于10倍太阳质量的 MACHO 与其他一些观测结果存在冲突。不过,国际上对 MACHO 的其他观测结果大都存在一些质疑。”田海俊补充道。

“关于该问题,我们提出了另外一种全新的解释。”田海俊说,“宽距双星在诞生之初,双星所在星团的属性(比如速度弥散、星团大小等)存在差异,导致不同星族的宽距双星可能在形成之初的固

合理的解释。本努的表面温度在其4.3小时的旋转周期中变化剧烈。尽管夜晚非常寒冷,但该行星表面在下午显著变暖,这是三个主要事件发生的时间。由于温度的变化,岩石开始破裂,最终粒子可能从表面喷射出来。这个循环被称为热应力破裂。

但大自然并不总是允许简单的解释。“可能有不止一种潜在机制在起作用。”论文作者之一、NASA 加州帕萨迪纳喷气推进实验室高级研究科学家 Steve Chesley 说,“例如,热破裂可以将表面材料切割成小块,使流星撞击更容易将小块卵石送入太空。”

如果热破裂、流星撞击,或者两者都是这些喷发事件的原因,那么这种现象很可能发生在所有的小行星上,因为它们都经历过这些机制。然而,如果水的释放是这些喷发事件的原因,那么这种现象只属于本努等含有含水矿物的特定小行星。

一旦样本被收集并带回地球进行研究,科学家将会有更多发现。作者表示,其中许多喷射粒子足够小,可以被宇宙飞船的采样机制收集,这意味着返回的样品可能包含一些被喷射出并返回到本努表面的物质。

确定一个特定的粒子被抛出并返回到本努可能是一项类似于大海捞针的科学壮举。但是,如果把相关材料传回地球,肯定会增加人们对小行星及其相似性和差异性了解。据悉,相关样品采集时间定于2020年夏季,样品将于2023年9月送达地球。(冯维维)

相关论文信息: <https://doi.org/10.1126/science.aay3544>

## 视界

今年的诺贝尔物理学奖颁给了天体物理领域,其中一位获奖者詹姆斯·皮布尔斯在宇宙学领域做出了许多开创性工作,在宇宙微波背景辐射和宇宙结构形成方面有非常大的贡献。

笔者这篇文章的主角也将在这一个领域发挥它的优势。阿里原初引力波探测计划(简称阿里计划)是我国第一个地面原初引力波探测实验,将建设一台国际一流的宇宙微波背景辐射(简称CMB)偏振望远镜,在我国西藏阿里地区海拔5250米的台址上开展对原初引力波的精确测量,探索宇宙起源。

## 什么是原初引力波

当代宇宙学认为宇宙始于暴胀,广义相对论预言,暴胀过程中时空剧烈的膨胀将产生原初引力波,其物理本质是暴胀过程中时空本身的量子涨落。

暴胀预言的原初扰动为高斯随机场,分布于整个宇宙当中,并不局限在某个特殊的领域,因此,原初引力波是一类背景引力波。经过近137亿年的演化,它的主要频段分布在阿赫兹到飞赫兹,属于引力波家族中频率最低的一类。它完全不同于美国LIGO激光干涉引力波天文台)实验组探测到的来自黑洞、中子星并合产生的高频引力波。

原初引力波是检验暴胀及其他候选早期宇宙论,如反弹、循环等模型,探索宇宙起源的唯一有效途径,被誉为当代宇宙学的“圣杯”。国际上,原初引力波至今未被观测到,是宇宙学一大热点前沿。

## 原初引力波的探测

由于原初引力波的存在,将影响光子在最后散射面上的分布,从而会在CMB上留下特殊的印记——原初B模式偏振,因此,对CMB B模式偏振的精确测量为探测原初引力波提供了有效途径。

微波实验可以通过空间卫星、高空气球及地面微波望远镜开展观测。自1965年微波背景被发现以来,已经先后有三代空间卫星给出了精确测量,气球实验于本世纪初最先提供了大尺度上对CMB功率谱的高信噪比测量,并给出平坦宇宙的测量结果。之后的普朗克卫星对温度功率谱作了更为精确的测量。

对CMB偏振的精确测量,从而探测原初引力波是该研究领域下一个重要核心科学目标。然而,在普朗克卫星之后,目前尚未有立项的空间CMB卫星项目。而地面CMB观测,以其精度高、建设周期短、成本较低,风险小等优势将成为近期研究的主要手段。

地面CMB探测实验已经给出对微波光子偏振的精确测量。现在有一些正在开展观测的CMB实验。也有一些正在建设的天文台,均分布在南半球的南极极点和智利的阿塔卡马沙漠台址。我国的阿里原初引力波探测计划的主要科学目标聚焦于原初引力波及检验CPT对称性。

## 引力波探测对环境要求苛刻

地面CMB探测对台址观测环境要求苛刻,需要极高的大气透射率。大气中所含水汽是CMB偏振观测的主要噪声来源,水汽不仅吸收CMB光子,而且在CMB观测的微波频段产生大量噪声辐射。海拔高、大气干燥是对CMB观测台址的基本要求。

基于全球大气模型及气象数据分析结果显示,地球上可以开展CMB观测的台址包括南半球的南极、智利的

## 进展

### 太阳黑子半影形成和衰退研究获进展

详细研究。通过对黑子半影演化过程中,黑子磁场变化的分析发现:随着黑子半影面积的增加,黑子半影磁场的横场强度增加,纵场强度减少。而在半影消失的过程中,黑子半影磁场的横场强度减小,纵场强度增加。新浮现的磁流管被已存在的磁场压制、汇聚形成了黑子半影,而黑子半影磁场在新浮现磁流管的作用下由水平变为垂直会导致黑子半影的消失。

通过对黑子演化过程中黑子速度场的演化分析发现,随着黑子半影的形成,围绕黑子外围的物质流速逐渐出现。在黑子半影衰退过程中,靠近新浮现磁流管一侧的物质流速逐渐变小、消失。同时,还发现黑子周围的磁场环境对黑子寿命有影响,耀斑爆发区域附近的黑子寿命较短。

科研人员利用澄江抚仙湖一米新真空望远镜(NVST)和美国太阳动力学卫星(SDO)观测数据,对活动区12673中的黑子演化过程进行了

阿塔卡马,和位于北半球的我国青藏高原以及格陵兰岛。目前,已经完成或正在运行的以探索原初引力波为主要科学目标的地面CMB偏振实验都位于南半球的南极或智利,无法覆盖北半球天区。

我国青藏高原位于冈底斯山脉西部、喜马拉雅山脉东侧背风面,冬季尤其干燥。阿里地区地域辽阔、地貌丰富,广袤的山脊为开展微波探测提供了理想的观测条件。利用NASA气象卫星数据过去几十年积累的气象数据分析发现,阿里台址在观测季(每年10月至次年3月间)大气平均水汽含量约1毫米左右,保证了开展微波波段观测所需的大气透射率,其观测条件与智利天文台相当。

从开展CMB观测方面考虑,阿里地区处于最理想的中纬度区域,充分利用地球自转,可见天区覆盖接近全天的65%,利于开展大天区扫描,并能很好地与南半球已有的观测台址互补,有助于实现地面探测CMB的全天覆盖。基于普朗克卫星已有的高频测量结果显示,北半球天区存在大片前景辐射低的干净天区。瞄准干净天区进行深度扫描,有助于率先发现原初引力波,同时覆盖部分南天,与现有南半球实验形成有力的互补,利于不同实验间的交叉检验。

## 观测站建设现状及未来目标

阿里计划于2014年由中科院高能物理研究所张新民团队提出,2016年正式立项。阿里计划将充分利用青藏高原的海拔优势,建成世界上海拔最高的原初引力波观测站,打开北天地面原初引力波观测的新窗口,开展对CMB偏振的精确测量,并与南半球台址在地域上形成有利的互补,成为地面CMB探测的三大基地之一。

阿里原初引力波观测站海拔5250米,经过两年多的发展,已完成台址基础设施建设。

阿里计划前五年(2016—2021年)将集中于Ali CMB Polarization telescope-1号望远镜(简称Ali-CPT-1)的建设、观测及相关的科学研究。

Ali-CPT-1将采用对微波信号极其灵敏的超导边缘相变探测器(transition edge sensor,简称TES)。TES是当前主流的CMB望远镜探测器。随着探测器技术的发展,目前科学家们已经能够将在上千个TES探测器集成在一个4到6英寸的模板上,做成探测器模块,摆放到望远镜的焦平面上,来开展对微波信号的精确测量。

目前Ali-CPT-2号正在规划之中,为下一个五年内的主要研究目标。同时,阿里计划将研制更大口径的CMB偏振望远镜,开展更多频段的观测,其科学目标将扩展到包括中微子质量、暗物质物理本质等宇宙学领域的研究。

(作者系中科院高能物理研究所研究员)

# 阿里计划：探测宇宙最初的涟漪

■李虹

## 纵览

# 小行星本努喷发神秘粒子

在美国宇航局(NASA)的奥西里斯-雷克斯号(OSIRIS-REx)探测器抵达小行星本努后不久,该任务科学团队意外地发现,这颗小行星可能是活跃的,或持续向太空发射粒子。正在进行的对本努的研究,以及最终返回地球的样本或将揭示为什么会发生这种有趣的现象。

今年1月,该探测器的导航摄像机拍摄到的图像中,首次观察到了粒子喷射事件。乍一看,这些粒子似乎是小行星背后的恒星,但仔细观察后,研究小组意识到,这颗小行星正在从其表面喷出物质。在得出这些粒子不会危及航天器安全的结论后,该任务开始了专门的观测,以便全面记录这些活动。

“在本努的众多惊喜中,粒子喷射激起了我们的好奇心,过去几个月我们一直在研究这个谜。”美国亚利桑那大学奥西里斯-雷克斯号首席研究员 Dante Lauretta 说,“这是扩展我们对小行星如何运行的相关知识的一个好机会。”

在分析观测结果后,该任务团队在

12月6日发表于《科学》的一篇论文中公布了他们的发现。研究小组在今年1月6日、19日和2月11日观察了三次最大的粒子喷发事件并得出结论,认为这些事件起源于本努表面的不同位置。第一个事件起源于南半球,第二个和第三个事件发生在赤道附近。这三次事件都发生在本努的傍晚。

研究小组发现,从小行星表面喷射出来后,这些粒子要么短暂地绕着本努轨道运行,然后落回本努表面,要么从本努逃逸进入太空。观测到的粒子以每秒3米的速度移动,大小从2.54厘米到10厘米不等。在1月6日发生的最大规模的活动中,大约观察到了200个粒子。

研究小组调查了各种可能导致喷射事件的机制,并将候选范围缩小到三个:流星撞击、热应力破裂和水蒸气释放。

流星撞击在本努的深空附近很常见,这些太空岩石的小碎片有可能击中本努,用它们的冲击力摇动松散的粒子,而探测器没有观测到它。

研究小组还认为,热破裂是另一种