

# “宇宙是什么”再添新猜想

## 新构想认为宇宙或是一个巨大且特别的量子

◎实习记者 李诏宇 实习生 王孙伟

身处天地之间，每每仰观俯察，“宇宙是什么”这一问题往往会在脑海中浮现。事实上，在漫长的历史中，人们经常对此问题进行思考，对这一问题的认识也经历了一个复杂的演变过程。

近日，《新科学家》周刊刊发题为《对现实的重新思考：整个宇宙会不会就是一个量子单体》的文章，为我们提供了上述问题的一个可能答案——宇宙或许是一个巨大且特别的量子。

按照这篇文章的观点，宇宙可能根本不是由分开的部分组成，而是一个单一的量子物体。7月24日，有关专家对记者坦言，如果真的找到证据来支持这一想法，可能将彻底改变人类思考宇宙的方式。

### 人类宇宙观经历漫长演变过程

中国科学技术大学物理学院天文学系博士马潇汉介绍，在远古时期，古代埃及人认为宇宙是以天为盒盖、以地为盒底的大盒子，盒子中央是尼罗河；古代印度人则认为世界是驮在几只大象上的平板，而大象则站在巨大的龟背上；“天圆地方说”则是我国古人对宇宙的初步解释。

随着人类的进一步观测和探索，宇宙的轮廓逐渐清晰起来。在西方科学界，物理学者对宇宙的描述经历了从“地心说”到“日心说”，从太阳系到银河系再到整个宇宙的演变过程。而中国古代也相继出现过盖天说、浑天说、宣夜说三大宇宙模型。

“从现代科学来讲，宇宙本质上就是时间和空间的集合体。”马潇汉表示，“在这个时空当中，包括人类自身在内的各种物质，都是作为宇宙的一部分而存在。”

现代科学明确了宇宙的本质，那么我们又该如何理解宇宙的运行方式？换言之，人类该用什么样的视角理解宇宙呢？

多数近代物理学家倾向于以还原论的视角理解宇宙。马潇汉指出，在还原论视角下，物质最终都是由夸克等基本粒子构成的。科学家们可以理解构成宇宙的基本粒子的性质，并借此推断出宇宙的性质。在这种视角下，既然宇宙万物都是由不可再分的物质粒子堆砌而成，那只要找出构成宇宙的基本粒子，再通过分析、归纳等方式，就可以还原出宇宙存在的真相。

德国理论物理学家海因里希·帕斯将这一过程形象地比喻为俄罗斯套娃。“我们不需要知道这个套娃里有没有更小的套娃，而只需要关注到揭开的这一层套娃，并用这一层套娃的理论在一定程度上解释物理世界。”帕斯说。

乍一看，还原论似乎为科学家们理解宇宙提供了一种简单有效的方式。然而，这种方式却并不完美。

在还原论的指导下，科学家们建立了粒子物理学，并试图构建出一个模型来解释宇宙中所有的现象，这个模型被称为“标准模型”。该模型归纳了61种基本粒子，但是这61种基本粒子只占宇宙的5%。“剩下的95%是无法用还原论解释的，这之中就包括约70%的暗能量和25%的暗物质。”马潇汉指出。换言之，还原论指导下的“标准模型”并不完善，这就促使科学家们提出一种更加完善的模型，将宇宙中所有的物质和现象纳入。

中国科学院高能物理研究所研究员、环形成正负电子对撞机(CEPC)加速器负责人高杰对此深有同感。他曾表示，到目前为止，人类只认识了宇宙的很小一部分。其中很大一部分——暗物质和暗能量，还停留在科学家的预测阶段，尚需通过实验手段进行验证。

## 科学家破解天文学难题

# 一箭双雕揭秘第一代星系和暗物质

◎本报记者 陆成宽

宇宙中第一代星系是如何形成的？暗物质的性质是什么？这两大谜团能否同时通过天文观测进行揭秘？

最近，我国天文学家提出，通过测量21厘米森林的一维功率谱，未来的平方公里阵列射电望远镜(SKA)将能够同时揭秘宇



图为平方公里阵列射电望远镜(SKA)的首台天线。

宙第一代星系和暗物质的性质。相关研究发表在国际学术期刊《自然·天文》上。

### 探测21厘米森林一直面临极大挑战

宇宙中存在大量的中性氢气体。这些气体中的氢原子在基态能级超精细结构之间的跃迁，会产生电磁波波长为21厘米的线辐射，也就是中性氢21厘米线。

中性氢21厘米线为天文学家探索宇宙提供了巨大的机遇。“中性氢21厘米线为探测宇宙黎明与第一代星系提供了独一无二的手段。同时，利用中性氢21厘米谱线探测宇宙黎明与再电离也是平方公里阵列射电望远镜最重要的科学目标之一。”论文共同通讯作者、中国科学院国家天文台研究员陈学雷说。

同时，宇宙早期各种结构及其周围的中性氢原子气体会在高红移射电光源的光谱上产生密集的21厘米吸收线。“这些吸收线从被天文学家形象地称为21厘米森林。”陈学雷说，多年来，探测21厘米森林一直面临极大挑战。

“主要原因有两方面：一是21厘米森林信号微弱，并且探测它所依赖的宇宙黎明时期的射电光源难以获取；二是21

厘米森林信号同时受到第一代星系加热效应和暗物质性质的影响，因此在观测上我们很难区分这两种效应。这就使得21厘米森林探测难以实际用于限制第一代星系的加热效应或暗物质的性质。”论文共同通讯作者、中国科学院国家天文台副研究员徐怡冬解释。

近年来，已经有一批高红移射电噪的类星体被发现，而且平方公里阵列射电望远镜也进入了工程建设阶段，开展21厘米森林探测已迫在眉睫。

在这项研究中，我国天文学家提出了一种原创性的统计测量方案，使得21厘米森林功率谱同时限制宇宙第一代星系的性质，还可以同时测量暗物质粒子的质量。

### 新方法有望拓展人类对宇宙的认知

“我们意识到由第一代星系的加热效应和温暗物质引起的信号变化，在光谱上的尺度分布特征存在明显不同。通过一维功率谱分析，我们未来可以从统计上区分二者。”徐怡冬介绍。

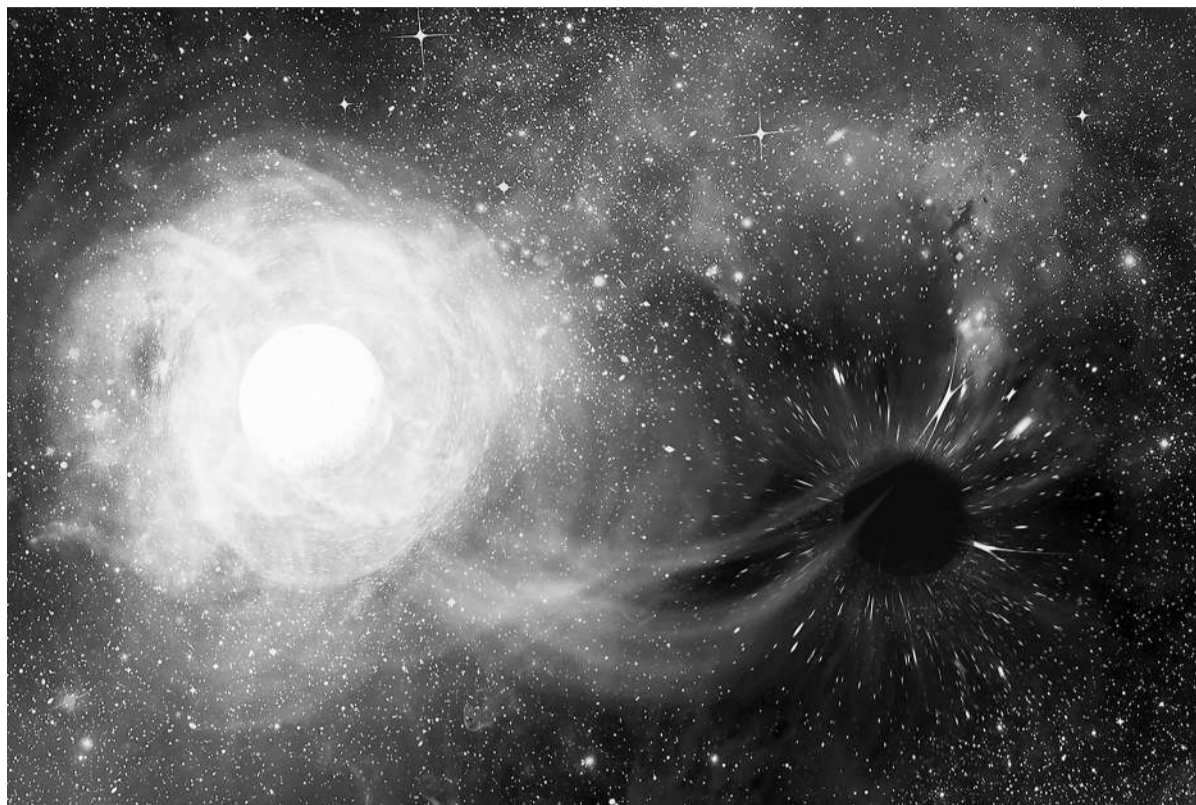
“21厘米森林的一维功率谱确实可以成为一箭双雕的宇宙学探针，它为揭开暗物质和第一代星系之谜提供了一种

极有前景的新途径。”论文共同通讯作者、东北大学教授张鑫强调。

针对此研究，加拿大圆周理论物理研究所教授凯瑟琳·麦克评论道：“这项研究提出了一种有趣的方法，能够利用21厘米森林功率谱同时限制宇宙X射线对星系介质的加热，以及温暗物质的可能效应这两种现象。虽然以前的研究已经检查了21厘米森林作为星系介质探针的可能性，但将温暗物质效应作为一个独立信号包含进来，则为未来的观测提供了一个新的科学目标。”

《自然·天文》的编辑团队也针对这项研究发表了评论：“我们宇宙的最远处总是极为神秘，由于被尘埃、吸收光的原子和中间介质中的气体阻挡而很难直接观测。这项研究将吸收转化为一种优势，利用它打破了其他方法所遭遇的不同效应的简并，并可用于阐明早期宇宙的结构形成。”

研究人员表示，这一突破性方法的发展对于解开暗物质和宇宙早期天体形成的奥秘具有重要意义，并将进一步推动我们对暗物质的理解，揭示宇宙结构形成及演化的过程。通过更深入的观测和分析，我们有望在不久的将来获得关于暗物质性质和早期星系形成的更多见解，进一步拓展我们对宇宙的认知。



### 量子理论为宇宙探索提供新视角

高杰认为，研究暗物质等问题需要将描述微观世界的粒子物理与描述宇宙观世界(即包括星团、星系、星系团、超星系团、总星系以及遍布于宇宙空间的射线和引力场所构成的物质系统)的宇宙学相结合。量子理论在宇宙学中的引入为宇宙学研究提供了新的研究思路 and 理论框架，能够解释之前粒子物理学无法解释的问题。马潇汉表示，物理学家常用彩虹来比喻粒子物理学和量子物理学之间的对应关系。在彩虹中，红、橙、黄、绿、青、蓝、紫这七种颜色是肉眼可见的，而彩虹中紫色以上的区域(即紫外区)和红色以下的区域(即红外区)是肉眼不可见的。可见光部分相当于粒子物理标准模型适用的领域，而粒子物理标准模型之外的“红外区和紫外区”则需要通过新思路，即结合量子力学和引力来解释。

随着研究的深入，物理学家发现，极大的宇宙和极小的微粒之间存在不可分割的联系，而这种联系目前只能用量子理论来进行说明。

科学家们猜测，这种现象可能是量子纠缠导致的。量子纠缠通常被描述为量子体之间的关联，这种关联性证明了纠缠的量子系统不能被理解为由某些部分构成的，它们就是同一的整体。若该理论成立，这也就意味着宇宙不同能量级实际上是同一的，宇宙万物不是由逐级变小的部分组成，整个宇宙是一个“单一、不可分割的量子体”。

一沙一世界，世界亦尘埃。“其实对于‘单一量子体’这一概念，科学界还没有形成严谨统一的术语。”马潇汉指出，目前“单一量子体”这一猜想仍停留在科学哲学层面，科学家对于宇宙未知部分的探索仍在继续。要想将这一猜想以更精确的方式表达出来，还需要更多观测和理论方面的努力。

在不久的将来，如果科学家能够找到证据证明量子纠缠适用于整个宇宙，那么人类过往的宇宙观可能会被颠覆。人类可能需要从新的视角——宇宙作为一个纠缠联系的单一量子体——来理解和认识宇宙。

在求知欲和好奇心的驱使下，从千百年前的仰望星空开始，到如今在科学观测和理论指导下理解宇宙，人类从未停下对宇宙探索的脚步。随着文明和科技的进步，人类最终将揭开层层面纱，将宇宙的真实面貌越来越清晰地呈现出来。

### 相关链接

#### 与宇宙起源相关的有趣理论

宇宙起源这个话题一直吸引着众多科学家孜孜不倦地探索。虽然科学家们对宇宙究竟是怎么起源的尚无定论，但有几种假说或许能为揭示这个谜团提供线索。

关于宇宙起源，最流行的假说可能就是“宇宙大爆炸”了。该假说认为，宇宙应该是诞生于137亿年前的一次大爆炸。宇宙在最初的时候只是一个能量奇点，这个奇点不占用任何空间，但它却被科学家们认为集合了宇宙中所有的物质和能量。在奇点发生爆炸的一瞬间，所有的物质和能量被释放了出来，而现如今宇宙中的物质粒子都是在宇宙大爆炸之后4分钟内形成的。直到宇宙大爆炸后的38万年，宇宙温度才下降到3000摄氏度左右，而宇宙也从粒子粥一样的混沌状态变得透明，光子开始在宇宙中穿梭，原子结构得以形成。

爱因斯坦的广义相对论预言了白洞的存在。白洞是一种性质正好与黑洞相反的特殊天体，它是宇宙中的喷射源，可以向外部区域喷射物质和能量，但不能吸收外部区域的任何物质和辐射。聚集在白洞内的物质，只可以经边界向外运动，而不能反向运动。一些科学家认为，白洞通过虫洞与黑洞相连接，把黑洞“吃”进去的物质再“吐”出来。我们的宇宙可能就起源于一次白洞喷射。

还有科学家认为，也许宇宙本身就是一个循环。宇宙在发生大爆炸后会不断膨胀，但当它膨胀到一个临界点，无法继续膨胀时，就会向内坍塌，直至再次形成一个奇点、再次发生爆炸。

◎姜鹏

当今世界，科技成为一个国家硬实力的体现。党的二十大报告强调，坚持面向世界科技前沿、面向经济主战场、面向国家重大需求、面向人民生命健康，加快实现高水平科技自立自强。以国家战略需求为导向，集聚力量进行原创性引领性科技攻关，坚决打赢关键核心技术攻坚战。

打赢这场攻坚战，习近平总书记对国家战略科技力量寄予厚望。

2016年9月，“中国天眼”(即500米口径球面射电望远镜，英文简称FAST)建成，习近平总书记在贺信中提出明确要求，高水平管理和运行好这一重大科学基础设施，早出成果、多出成果，出好成果、出大成果，努力为建设创新型国家、建设世界科技强国作出新的更大的贡献。

为了贯彻落实习近平总书记重要指示，“中国天眼”团队连续三个春节假期都奋战在望远镜现场，仅用时两年就完成了望远镜的调试任务。疫情期间团队日夜坚守，保证了“中国天眼”高效运行，并快速建立了为用户服务的全链条服务体系。

“中国天眼”正式运行以来发现脉冲星超过800颗，是国际上同一时期所有其他望远镜发现脉冲星总数的3倍以上。“中国天眼”在脉冲星物理、快速射电暴、中性氢宇宙学、低频引力波探测等领域取得了一批具有国际影响力的重要科学成果。“中国天眼”成功投入运行标志着中国射电天文观测设备完成了由“追赶”到“领先”的跨越。

人无远虑，必有近忧。我们必须清醒地认识到，“中国天眼”在国际上面临着激烈的竞争态势。射电波段是人类认识宇宙最重要的窗口之一，一些宏伟的计划正在孕育，比如国际合作的平方公里阵列射电望远镜(SKA)计划于2029年完成第一阶段建设任务，美国下一代甚大阵(NGVLA)计划于2035年投入使用。它们都可以完全覆盖“中国天眼”的工作频率，灵敏度与“中国天眼”相当，分辨率却高于“中国天眼”。

围绕抢占科技制高点的目标要求，“中国天眼”团队时刻牢记习近平总书记“早出成果、多出成果，出好成果、出大成果”的指示要求，正在全力提高可持续发展能力。

持续提升“中国天眼”的性能，努力推进国际前沿的相位阵馈源(PAF)先进接收机的研制。相位阵接收机是解决大口口径射电望远镜巡天效率不足的重要手段，也是制约我国中低频射电天文领域发展的“卡脖子”技术。在这方面，我们目前已经完成原理样机的研制与测试，未来团队将针对该技术反复迭代、提升性能，争取在3到5年内，实现世界一流水平、可安装到“中国天眼”上使用的相位阵接收机的突破，数量级地提升“中国天眼”的巡天效率。

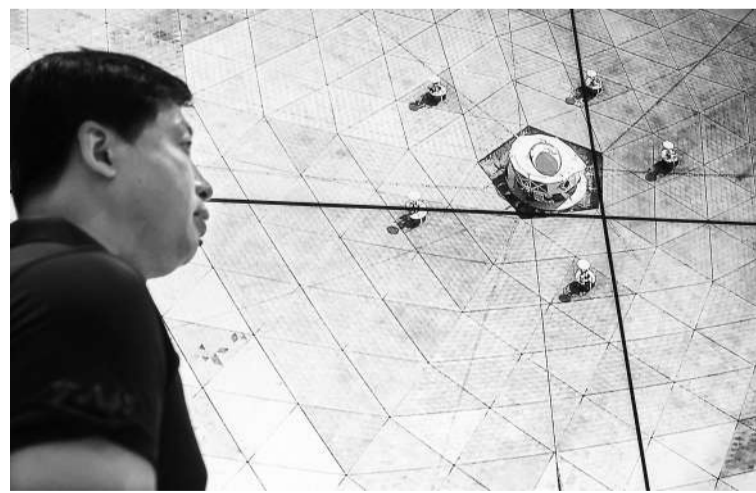
不断拓宽“中国天眼”的功能和工作领域。技术研发团队在帮助天文学家探索宇宙、取得更多突破的同时，在深空探测及通信、脉冲星时间基准、近地天体预警、空间碎片探测等领域发展探测技术，充分发挥“中国天眼”灵敏度优势，为国家重大战略需求服务。

启动“中国天眼”核心阵的关键技术研究工作。我们团队正在研究与推进一种低成本、可快速实施的阵列方案。这个阵列方案计划在“中国天眼”周边5公里范围内实施，将充分利用台址范围内的优良电磁波环境，且不影响地方经济发展，能在未来10到20年保持核心竞争力。总之，团队正在探索能长久保持“中国天眼”国际核心竞争力的最佳途径。

发挥“中国天眼”以点带面的能力。过去多年，“中国天眼”团队与相关企业不断进行联合攻关，部分关键部件的研发和生产取得了重要进展。最近，与贵州铜绳合作启动的馈源支撑索研发也取得了重要进展，预计年底投入使用。未来，我们还计划与国内相关企业联合开展大功率电机、减速机等技术研发，提升关键部件的研发和生产能力，同时推动相关领域的技术革新。

荣誉只属于过去。“中国天眼”团队将始终保持“从零开始”的态度，保持严谨务实的工作传统，继续脚踏实地进行原创性引领性科技攻关。

(作者系中国科学院国家天文台FAST运行和发展中心常务副主任、总工程师)



“中国天眼”坐落于贵州平塘县，是目前世界上最大、最灵敏的单口径射电望远镜。姜鹏是FAST运行和发展中心常务副主任、总工程师，在他和团队的努力下，“中国天眼”工程建设调试任务圆满完成，综合性能达到国际领先水平。

“中国天眼”建设初期，面临很多技术难关，姜鹏来到平塘，和同事们攻坚克难，参与、见证了“中国天眼”的建设、调试和运行。姜鹏表示，保持“中国天眼”在国际同类设备中的核心竞争力，让“中国天眼”的性能进一步提升，是他关注的焦点。

图为姜鹏在“中国天眼”的总控室内工作。

新华社记者 欧东衢摄

本版图片除标注外由视觉中国提供