

# 三选一的难题 最新研究倾向宇宙是个“球”

实习记者 于紫月

具有巨大盘面的扁球体,就像个超级大号的铁饼——这是我们赖以生存的银河系的肖像。那么,宇宙是什么形状的呢?

无数科学家都曾对其有过诸多猜想,这个疑问也始终没有确切的答案。经过多年的观

测和推算,这些猜想逐渐收敛到一个主流的观点上——宇宙是无边无际的平坦三维空间。

近日,英国曼彻斯特大学研究人员莱奥诺拉·瓦伦蒂诺等人通过对普朗克卫星的观测数据分析指出,宇宙可能不是像床单一样平坦,而是一个封闭的三维球面,就像个巨大的气球一样弯曲。该研究日前发表在《自然·天文学》杂志上。

另外一种思路取决于膨胀宇宙的总密度和临界密度的关系。临界密度取决于膨胀速度,某一时刻的膨胀速度越高,临界密度也越高。

根据广义相对论,当宇宙的总密度(即

平均密度)等于临界密度时,宇宙形状为无限、平坦的三维欧氏空间;当总密度大于临界密度时,宇宙的几何性质表现为球面几何;如果宇宙空间中物质总量太少,使得其密度小于临界密度的话,宇宙表现为双曲几何。

## 微波背景辐射掀起宇宙神秘面纱

然而,如果沿着几何测量思路,在宇宙尺度上,我们不可能飞到足够远的距离去实地探测,因为如果仅仅是在银河系内甚至银河系周边测量,得到的也只是局部的曲率,并非整个宇宙的真实曲率。就像是地球上高山、盆地,高低不平,但地球总体上还是个球体。

如果沿着宇宙密度的思路去研究,实际操作起来也很困难。原因在于,虽然我们已测出了与哈勃常数相关的临界密度值,但宇宙的总密度却很难测准。星系间存在广袤的空间,星系内和星系之间的空间密度便大不一样。更何况,宇宙中还存在着尚未观测到的,所谓的暗物质,其数量可能远超过目前的可见物质,这给总密度的测定带来了很大的不确定因素。

宇宙微波背景辐射则为推算宇宙平均密度提供了很大助力。20世纪90年代末的毫

米波段气球观天计划中,人们通过对宇宙微波背景辐射的相关数据收集,测量出宇宙总密度与临界密度的比值接近于1。“实验是存在误差的,因此基于这一结果,人们认为宇宙没有明显的正曲率或负曲率,几乎是平坦光滑的空间结构。”陈学雷表示,这也与宇宙暴胀理论所预测的平坦宇宙不谋而合。

2018年,欧洲航天局(ESA)普朗克巡天计划公布了更为精确的观测数据,“尽可能地剔除了相关实验误差之后,欧洲航天局的数据显示,宇宙曲率可能倾向于正,即宇宙形状为封闭球面,虽然这一‘倾向’并不十分明显。”陈学雷说。

此次研究中,瓦伦蒂诺等人通过普朗克卫星观测得到宇宙微波背景辐射“引力透镜化”程度的数据基础,又分析了大量数据,采用不同的模型对这些数据进行拟合,相关计算得出宇宙是封闭球面的概率约为99%。

## 结果更可靠但争论远未尘埃落定

这项研究结果可靠吗?宇宙形状的争论是否就此尘埃落定?

“此次研究中所采用的统计学研究并非无懈可击,还存在一定的误差。但如果事实确实如此,那必然会推翻很多传统的认知。”陈学雷告诉科技日报记者,研究人员可能会低估统计误差,真实的概率或许没有99%这么高。

“值得注意的是,所有的参数推演都是基于一定的模型,例如通过时间和速度,可以计算出路程。路程、时间、速度这三者之间的关系就是一个简单的模型。而这项研究中,我们并不确定其用到的模型本身是否包含了所有的物理学效应,这是值得进一步研究的。”陈学雷指出,比如未考虑到某些效应,或存在一些未知效应,就会影响我们对宇宙真实形状的判断。

研究人员也表示:“我不想说我相信一个封闭的宇宙。”他认为,这一结果只是表明与以往的研究有差异,至于为何会存在这一差异,应谨慎地探索其中原因。

以往也曾有研究指出,宇宙的形状并非平坦的三维欧氏空间。为何此次研究,学界较为关注?

“以往的研究通常会根据宇宙微波背景辐射的热斑判断宇宙形状。”陈学雷告诉记者,宇宙微波背景辐射的温度是不均匀的。宇宙早期存在声波振荡,第一次振荡产生的热斑最大。以往的研究相当于只是在这个最大热斑的基础上画了一个三角形,测量宇宙曲率。事实上,如果改变其中某些参数,即便不同的模型也可能拟合出同样的曲线,因此准确度相对较低,可信度也较低。

“而此次研究相当于不仅采用了最大热斑的三角形,还同时分析了其他振荡所产生的热斑的三角形,宇宙是封闭球面的结果相对更加可信。”陈学雷说,“文章中还提到了对除宇宙微波背景辐射之外的观测,如超新星等,拟合效果并不理想,这表明还有一些东西我们未考虑到,需要进一步的探索。”

## 两种思路探索宇宙形状之谜

以牛顿引力为基础的牛顿宇宙观认为,宇宙是无限无边的三维欧氏几何空间,即宇宙分布在我们常说的立体几何空间里,这一空间是无限的,其中均匀地分布着无限多的天体。然而,这一假设与引力理论并非完全契合,而是存在某些矛盾。

“后来,当人们认识到弯曲空间的概念以后,便有了宇宙是三维球面的可能性。”中国科学院国家天文台研究员陈学雷在接受科技日报记者采访时表示,爱因斯坦构造了一个有限无边的宇宙静态模型,他认为宇宙可能是一个有限封闭的三维球面。

根据广义相对论,物质的存在使得时空弯曲。在巨大质量的天体附近,光线不“走”直线,而是“走”曲线。后来,随着对宇宙的认知进一步加深,人们发现,实际上宇宙的真实形状存在着多种可能性。

“最常见的有3种可能,即平直的三维欧氏几何空间、弯曲的封闭三维球面和弯曲的三维双曲面。”陈学雷表示,即宇宙曲率分别为零、正和负时,宇宙所呈现的三种不同形态。

这三种可能的宇宙形状中,只有封闭三维球面是有限的空间。三维双曲面就像马鞍的形状一样,马鞍的两侧下沿无限延伸。而

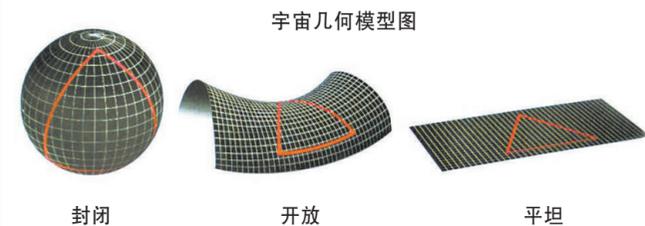
平坦的三维欧氏空间就更无边无际了。

那么,这三种可能性究竟哪种才是宇宙的真实形状呢?我们又是用何种方法测算出宇宙的形状呢?

“主要有两种思路,其一是用几何的方法测量,其二是用密度的方法去界定。”陈学雷介绍。

众所周知,在平直空间的欧氏几何中,任何三角形的内角之和都是180°。但是在球面上或曲率为正的曲面上,内角加起来将超过180°。而在双曲面或曲率为负的曲面上,三角形内角加起来将小于180°。几何测量方法的原理是,以观测者作为一个顶点,再在空间选取2个点,构成一个三角形。如果我们能测出三条边的边长,在欧氏几何中就可以确定这一具有唯一性的三角形,其顶角的大小就可以计算出来。另一方面,我们也可以直接观测得到我们所在的顶角的大小,与计算值相抵,就可以确定是否一致,还是更大或更小。

如果这个顶角的观测值和计算值(真实值)相等,表明宇宙是平直的三维欧氏空间;如果观测值大于计算值,则表明光线在一个正曲率面上穿行,即宇宙为球面;如果观测值小于计算值,则表明宇宙是负曲率的双曲面。



宇宙几何模型图

封闭

开放

平坦

因曲率不同,宇宙可能有三种不同的形态,即平直的三维欧氏几何空间、弯曲的封闭三维球面和弯曲的三维双曲面。

# 你好,第二位星际旅行者

天闻频道

本报记者 张盖伦

嗨,旅行者2号,展信佳。2018年11月5日,你飞出了日球层。已经在星际空间航行了一年了,你现在还好吗?最近,你传回了首批数据信息,《自然·天文学》杂志也刊发了好几篇和你有关的论文,让我们对日球层边界的情况又多了一点了解。

你由美国国家航空航天局(NASA)研制,从1977年发射算起,你已经42岁了。你身上还在工作的探测器会一个个关闭,你携带的核燃料也会在若干年后耗尽。对人类来说,42年,已换了两代科学家;但对你来说,42年,你的旅途才刚刚起步。

## 还不算飞出了太阳系

有必要向你通报一下你妹妹旅行者1号的情况。

她比你迟半个月发射,你俩踏上了相似却又不同的旅途。2012年8月,她已经率先飞进了星际空间,这被称作“人类探索史上的重大里程碑”。

当然,你也不慢。在如计划那样探索了木

星和土星之后,你又拜访了天王星和海王星。如今,你也飞出了日球层。

日球层是太阳风吹出的巨大“气泡”。日球层内的环境,由太阳主导。在挣脱了太阳风的影响后,你到达了更加陌生的星际空间。

你也许要问,你是不是已经飞出了太阳系?这其实要看太阳系的定义。

天文学家说,有关太阳系的边界主要有以下几种定义方式:一是按太阳风所能到达的距离为界;二是按太阳引力所能影响到的范围为界;三是按距太阳最远的行星或矮行星的轨道为界;四是按奥尔特云所处的位置为界,奥尔特云是一个假设包围着太阳系的球体云团,布满着不活跃的彗星。

如果要完全飞出奥尔特云,你还要飞好几万年呢。

至于为什么认定2018年11月5日是你飞出日球层的“纪念日”,也是有讲究的。

在宇宙当中,绝大多数气体是以等离子体的形态存在。它们的运动速度缓慢,星际空间中带电粒子的密度会更高一些;而太阳风来自于太阳表面的气体爆发,运动速度更快,密度相对低一些。所以,当一个探测器飞出日球层时,它周围的等离子体密度会发生变化。据悉,当空间探测器周围等离子体密度是太阳日

球层内的40到80倍,接近天文学家预测的星际空间的等离子体密度时,就算进入了到星际空间的怀抱。

## 孤独地继续前往宇宙深处

你进入星际空间的时间和位置与旅行者1号不同。但是,这些数据并不能用来和旅行者1号进行严格对比。毕竟,太阳活动是有周期的,你们于不同的周期穿越日球层,所处的环境本身差异较大。

你和旅行者1号一样,携带了10种科学探测仪器:成像系统、紫外光谱仪、红外光谱仪、行星射电天文实验装置、照相偏振测量仪、磁强计、等离子体实验装置、低能量带电粒子实验装置、等离子体实验装置和宇宙射线望远镜。它们可用于探测宇宙射线、行星磁场和行星大气成分等。不过,你们的一些探测装置已经关闭。

接下来和你打交道的,主要就是宇宙中各种各样的高能射线了。对于这似乎空无一物又暗藏玄机的星际空间,需要你给我们带来更多信息。

你的每一步,都是独特的。

现在,你还可以和地球保持通讯,尽管你说一声“hello”,要过约17个小时我们才会听到。

NASA此前透露,你和旅行者1号或许还

能工作5到10年。电力耗尽后,你们还会靠着惯性向宇宙深处飞去。但那时你们将无法再传回信息,和母星永久失去联系。

害怕吗?但从某种意义上来说,你们也是永恒的。

你和旅行者1号都携带了名为“地球之音”的镀金铜制唱片,寿命可达10亿年。它一面录制了55种语言的问候语、35种地球自然界的语音和27首古今世界名曲;另一面录制了116幅反映地球人类文明的照片,告知了太阳系的方位、地球人的细胞组成等信息。

虽然可能性很低,我们也希望,有朝一日,你们会被宇宙中的外星智慧生命发现。他们可能了解到地球文明的存在,并和我们联系。

至于你们的后继者,目前来看情况并不乐观。我们还不确定,美国的“新视野”号探测器在完成柯伊伯带的探测后,是否增加实施飞向星际空间的拓展计划。在它之后,我们还没有派出新的远征者。

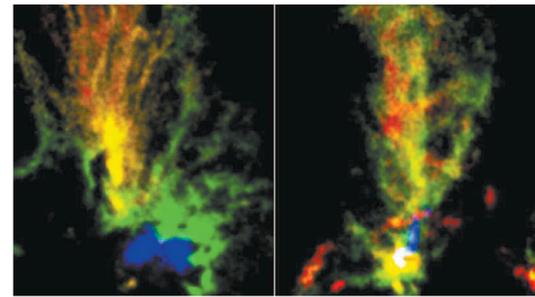
不管怎样,你会继续飞下去。带着人类的智慧、勇气和期盼,去往前人未至之境。祝好!

(感谢全国空间探测技术首席科学传播专家庞之浩、中国科学院国家天文台研究员苟利军对本文的帮助)

## 亮点追踪

主持人:本报记者 陆成宽

## 孔雀状星云揭示大质量恒星形成之谜



近日,天文学家利用阿塔卡马大型毫米/亚毫米阵列(ALMA)在大麦哲伦星系(LMC)中观测到了两个孔雀状星云。他们在复杂的丝状云中发现了几颗大质量的年轻恒星,这与此前计算机模拟气态云的碰撞结果非常吻合。研究人员认为,丝状云和年轻恒星是2亿年前大麦哲伦星系与小麦哲伦星系(SMC)之间“亲密接触”的生动证据。

气体云的坍塌会形成恒星。但是,人们对于质量在10倍或10倍以上太阳质量大小的巨大恒星的形成过程还不太了解。一些研究人员认为,星系之间的相互作用为大质量恒星的形成提供了理想的环境。由于巨大的引力,星系中的气体云被搅动、拉伸并经常相互碰撞,大量的气体被压缩在极小的空间,变成了大质量恒星诞生的种子。此次研究发现的孔雀状星云与这一假设非常吻合。计算模拟表明,许多丝状结构是在两个气体云碰撞后的短时间内形成的,同样也支持了这一观点。

研究人员认为:“我们首次揭示了巨大恒星的形成与星系相互作用之间的联系。这是理解大质量星团形成过程的重要一步,在这个过程中,星系间的相互作用产生了重大影响。”

## 用引力透镜系统“看”宇宙再电离时期



近日,利用哈勃太空望远镜,天文学家观测到宇宙遥远区域的一个星系,该星系在夜空中出现了12个像。这一独特的景象是由强引力透镜效应产生的,它帮助天文学家更好地理解宇宙的再电离时期。

这个编号为“日爆弧”的星系距离地球约110亿光年,被46亿光年外的巨大星系团“放大”成多幅图像。如果星系团的质量足够大,将会弯曲和放大来自其后面较远星系的光线。该过程不仅导致来自后方星系的光变形,而且会帮星系“画”出多个像。此次“日爆弧”星系就因引力透镜效应形成了12幅“肖像”。

引力透镜效应可以将“日爆弧”星系的亮度提高10到30倍。也正是因此,哈勃太空望远镜才有机会详细观测那些远距离星系的结构。观测表明,“日爆弧”星系类似于宇宙早期形成的星系,早到大爆炸后仅1.5亿年,一个被称为再电离的时期。

再电离时期是早期宇宙的一个关键时期,它结束了“黑暗时代”,即第一批恒星诞生前的时代。当时宇宙是黑暗的,充满了中性氢。随后第一批恒星开始形成,来自第一批恒星的光产生了电离中性氢所需的高能光子。然而这些光子是如何在没有被星际介质吸收的情况下脱离宿主恒星的,仍然是个谜团。此次对于“日爆弧”星系观测数据的研究,将有助于揭开此谜团。

## 宇航员太空行走修复阿尔法磁谱仪



近日,意大利宇航员卢卡·帕米塔诺和美国宇航员安德鲁·摩根携带数十种工具,对国际空间站中的阿尔法磁谱仪做了一场“手术”。他们花了将近两个小时到达仪器位置,拆除了一个防护罩,以便进入里面。

美国国家航空航天局(NASA)认为,这是自几十年前哈勃太空望远镜修复工作以来最困难的一次太空行走。与上次不同的是,此前从未计划过在太空对阿尔法磁谱仪进行“手术”。在轨道运行8年半后,它的冷却系统却几乎瘫痪。这台价值20亿美元的磁谱仪于2011年由“奋进”号航天飞机发射进入轨道,旨在寻找难以捉摸的反物质和暗物质。

帕米塔诺和摩根在此前接受了大量的管道工程训练。他们将在未来进行至少四次太空行走,以便完成此次修复工作。下一次太空行走将进行不锈钢管切割和连接新的泵。

(本版图片来源于网络)