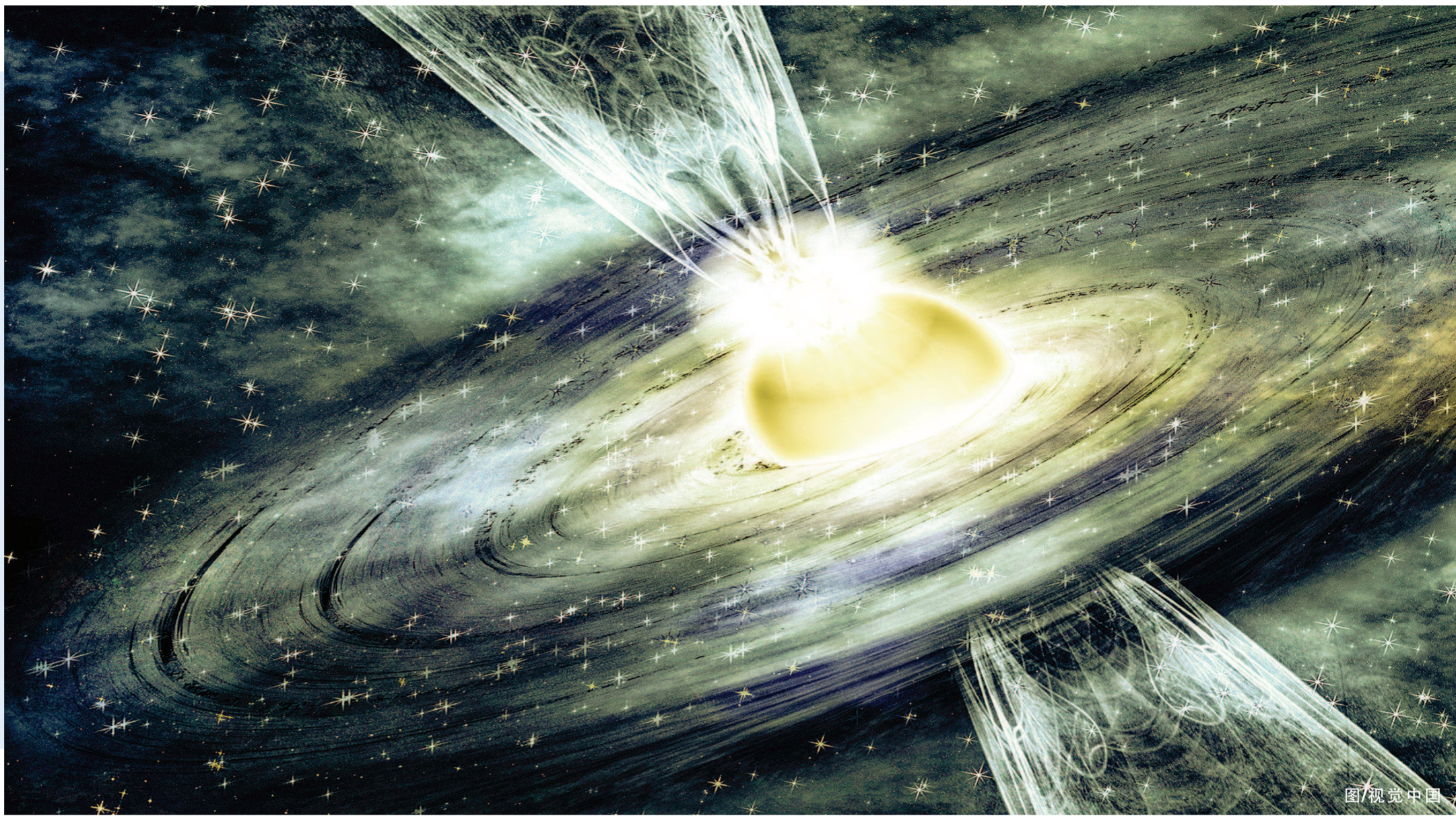


从早期宇宙中寻找暗物质线索,新天文望远镜带来意外收获

“暗星”神秘面纱正逐渐揭开



图/视觉中国

最近,德国天文学家通过追踪遥远星团的X射线,重建了近90亿年的宇宙演化历程。这幅新公布的宇宙地图支持现有宇宙模型。而根据该模型,暗物质的引力作用是塑造宇宙结构的重要因素之一。

根据一些理论预测,在早期宇宙中,存在着由暗物质组成的超大恒星“暗星”。如今,詹姆斯·韦伯太空望远镜的观测为这一领域带来了重大发现:在普通恒星系开始发光之前几十亿年,年龄仅几亿年的早期宇宙已有星系在发光。而且,一些暗星候选星系与目前的理论预测相当吻合。

如果这是真的,那么人类离开早期宇宙中出现超大质量黑洞的谜团已经不远了。

产生“透镜效应”而暴露自己的存在。

这种引力透镜效应指的是天体物理学的一种现象,即大质量的天体会扭曲周围的时空和光线,使得周围其他能让我们看到的天体产生像移和变形。“我们有大量证据证明暗物质的引力性质。”美国犹他大学的珀尔·桑迪克说,“它确实存在,而且我们知道它在哪里。”

通过天文学家的观测结果,我们知道,宇宙物质的27%是由暗物质构成的,与暗物质同样神秘的暗能量则占构成宇宙物质的68%,且驱动着宇宙向外膨胀。我们平时接触到的普通物质只有5%,即包括构成椅子桌子以及人体等在内的所有物质。

虽然我们对于暗物质已有所了解,但目前还无法对其进行精确描述。20世纪后期,物理学引入了“候选粒子”的概念,即弱相互作用大质量粒子,简称为WIMP。这种粒子的质量是质子的1000倍,它不与普通物质相互作用,但它们互相之间的作用非常强烈,甚至可以称得上狂暴。两个WIMP粒子在一起会导致湮灭,同时以伽马射线的形式产生巨大能量。

据此,天文学家推导出暗物质在早期宇宙中的行为表现。距今大约138亿年前,宇宙大爆炸发生之后,宇宙中充满了一团乱糟糟的各种粒子,不过这些粒子的结构都不太复杂。暗物质的移动速度较正常物质慢,因此在引力作用下更容易聚集在一起形成星团。在宇宙历史的最初200万年里,暗物质聚集在一起形成被称为“微型暗星”的巨大星团。此后,这些星团也吸收普通物质,形成恒星和星系。

弗里曼推断,如果这些微型暗星里充斥着大量WIMP粒子,可能会导致很有意思的天体演化过程——这种过程与普通恒星诞生类似,所产生的却是一种新形式的恒星,“这可能天文学界尚不了解的一个过程”。

普通星际物质构成星尘和气体,压缩凝结后形成恒星。在引力作用下,氢原子和氦原子被挤压在一起,达到临界

点时,核聚变过程开始,形成星核。恒星诞生过程中,向内挤压的引力与核聚变产生的向外推动力正好互相平衡。

一些暗星团中,如果暗物质密度足够高,WIMP粒子的互相湮灭现象就可产生足够能量来阻止普通物质达到临界密度,核聚变将永远不会发生。为此,在暗星团中会形成与普通恒星完全不同的天体,它们直到比普通恒星质量大得多的时候才会最终稳定下来,其质量可达太阳的数百万倍。弗里曼推测,巨大的热源可防止这些星团不再凝结,热源的巨大能量来自暗物质。

暗星塌缩 或成超大黑洞起源

暗星中的暗物质含量虽然很低,只有0.1%,但足以产生每秒数万亿次湮灭,使恒星发出令人难以置信的明亮的白色或蓝色光芒。弗里曼认为,从这个意义上说,“暗星”之名可能与事实并不相符。暗星实际上可能会非常亮,甚至在早期宇宙中照亮整个星系,“它们的亮度可以达到太阳的十亿倍”。

多年来,弗里曼发表了一系列关于暗星的论文。最早于2008年发表的论文是与她的两位同事合作的,论文的发表在当时引发了激烈争论。美国芝加哥大学的丹·奥佩尔回忆说,“当时我听到很多人在谈论这个问题,言辞激烈,甚至互相叫嚷,我也不知道谁对谁错。”

但弗里曼的理论在当时也得到了很多人的支持。“我认为这是一个绝妙的设想,绝对有这个可能性。”桑迪克说。事实上,设想中的怪异恒星并不只是“暗星”,还有双面恒星、玻色子星、混合星等等。

有充分理由相信,这些理论上的恒星都是存在的。除了形成不同寻常类型的恒星之外,暗物质还有可能为一个重大的宇宙谜团提供答案:超大质量黑洞的起源。这些宇宙中的庞然大物通常位于星系中心,黑洞的密度极大,甚至连光线都无法从中逃逸出来。

当我们望向太空深处遥远的早期宇宙时,可以看到年龄小于10亿年的星系,其星系中心的超大质量黑洞的质量是太阳的10亿倍。这些黑洞快速成长的原因一直是个谜。阿肯色大学的穆罕默德·拉蒂夫说:“在早期宇宙中,如此巨大黑洞的合并是一个很大的谜团。”据猜测,它们可能是由较小的黑洞合并而成的,但似乎没有足够的时间让这种情况发生。

所有的暗星在燃料完全耗尽之后,就会坍塌成为黑洞。一些巨大的超大质量暗星形成的黑洞同样也是庞然大物,其质量之大可相当于数百万个太阳。暗星好比数百万倍太阳质量的种子,它们融合在一起,形成十亿倍太阳质量的黑洞,这可能就是超大黑洞的起源。

本世纪初的十多年,暗星理论研究遇到了一些阻碍。随着构成暗物质的其他候选粒子的出现,WIMP粒子存在的理由被弱化。由于没有证据证明WIMP粒子的存在,许多物理学家用一种较轻的被称为“轴子”的理论粒子来解释暗物质的存在。但轴子太轻,无法产生形成暗恒星的足够能量。

还有一些科学家,比如英国伦敦大学玛丽皇后学院的伯纳德·卡尔认为,暗物质根本不是由某种神秘粒子组成的,

而是源于早期宇宙产生的黑洞,这些黑洞被称为“原始黑洞”。

不过,弗里曼对暗星理论研究的前景持乐观态度。2022年,她和同事提出,形成暗恒星的也许不一定是WIMP粒子,可能还有其他暗物质候选粒子。根据目前比较流行的理论,暗物质仍被认为是一种粒子,但它与自身的相互作用更强。

红色暗影 更多确凿证据待寻

2023年,更强詹姆斯·韦伯太空望远镜(JWST)有了新的发现。

JWST于2021年12月发射升空,其镀金反射镜可为红外波长提供最高的反射率和最高的环境稳定性,能够深入宇宙深处,窥探宇宙遥远过去的历史。它新发现的星系可追溯到宇宙形成的最初几亿年,这些星系的形成时间比其他任何太空望远镜观察到的都更早。

观察结果表明,早期宇宙中的明亮天体比预想中的要多得多。今天文学家感到奇怪的是,一般来说,星系开始发光约在宇宙大爆炸之后几十亿年,但JWST发现的许多星系的形成时间似乎要比这个时间点早得多。

2023年6月,JWST高级深银河系外巡天计划(JADES)研究团队的天文学家宣布,新发现的候选星系中最早的追溯到宇宙大爆炸后的3.2亿年。弗里曼和同事很快撰文提出,这些在JWST看起来发红的模糊暗影,可能并非只是星系,而是一颗颗暗星。

弗里曼如此推断的理由是,其中三颗暗星看起来就像恒星一样呈圆形,而不是像星系般呈现丝丝缕缕的稀疏飘渺状。这些天体与暗星模型非常契合,其产生的光线也与对暗星的预期一致。在两颗候选暗星中,其中一颗的质量估计是太阳的100万倍,另一颗的质量也有太阳的50万倍左右。

不过,这些推测中的暗星也可能是非常小的星系,由于比较模糊,看起来像是一个个光点。JADES团队认为,目前还没有明确证据表明存在暗星模式。JADES团队成员、美国亚利桑那大学的玛丽卡·里克尔对暗星的存在持谨慎态度。她指出,三个候选星系中的两个似乎具有小星系呈稀疏状的特征,而第三个可能只是一个致密星系,“要确认暗星,还需要有相当确凿的证据”。

为此,天文学家还在收集更多证据。例如,JADES收集到的后半部分数据中包括了这些天体的详细光谱数据,即它们发出光的波长。如果这些神秘天体真的是暗星,应该能够捕捉到氢的电离形式,即氢II的特征,天文学家可以看到氢II吸收和发出特定波长的光。“氢II的特征是暗星的确凿证据。”波林说。

有了JWST的强大的观测能力,天文学家有可能发现更多候选暗星。目前,只有JWST拥有发现暗星的能力,而美国宇航局将于2027年发射的罗马太空望远镜可能拥有同样强大的能力。

一些天文学家仍难以接受像暗星这类在他们看来有些异想天开的想法。但我们的宇宙充满了各种奇异的东西,“我们周围不乏许多不可思议的神秘事物,为什么我们不能接受宇宙中有可能存在暗星的观点呢?”卡尔说。

韦伯望远镜解开 著名超新星爆炸之谜

■张石/编译

日前,詹姆斯·韦伯太空望远镜(JWST)解开了一个历史上最著名的超新星爆炸事件之谜,终结了天文学家长达37年的探索——它探测到了超新星SN 1987A的最终归宿是一颗中子星的确凿证据。

1987年2月23日,一颗超新星的爆发引起了全球关注。当时,在长达几个月的时间里,地球上的人们肉眼就能看到非常清楚地看到这颗名为SN 1987A的超新星,其光亮夺目,甚至曾被误认为天空上出现了第二个太阳。这也成为20世纪最大的天体物理事件之一,因为它给天文学家带来了“近距离”观察恒星死亡过程的机会,从而彻底改变了现代天体物理学。

超新星SN 1987A位于大麦哲伦星云,距离地球16万年,也就是说这颗恒星16万年前发生爆炸而死亡。16万年后,它在死亡瞬间发出的耀眼光芒到达地球。几小时内,天空中突然冒出了一颗“新”恒星发出肉眼可见的耀眼光芒。这是自1604年以来地球上观测到的距离最近、亮度最高的超新星。当时,它引发的中微子浪潮冲刷了地球,并触发了世界各地的中微子探测器。记录下这场中微子波的日本科学家小柴昌俊,因此获得2002年诺贝尔物理学奖。

多年来,天文学家观察到这颗超新星的气体和尘埃环从爆炸地点向外扩展。哈勃太空望远镜和JWST接力跟踪了爆炸的演变过程。对SN 1987A的研究最终导致了关于恒星演化的发现,例如垂死恒星如何在其中形成的化学元素排入太空。

尽管天文学家对SN 1987A的爆炸进行了多年研究,但仍未能探测到爆炸后留下了什么:也许会形成黑洞,更多人预测会形成中子星。因为SN 1987A早期产生的中微子波等迹象显示,它应该产生了一颗中子星。中子星的直径可能只有20公里,但密度非常大,一茶匙大小的物质就有数百万吨重。

天文学家利用其他望远镜发现了一些关于这一结果的可能迹象,但都没有得出可靠结论。尽管JWST没有直接观测到这颗中子星,因为它仍然被爆炸产生的尘埃所遮挡,但探测到了电离氢和硫气体的光谱指纹,这些原子在中子星发出的炽热辐射作用下被电离。研究超新星已有数十年之久的美国加州帕萨迪纳TMT国际天文台执行主任罗伯特·柯什纳表示,这是一个非常可信的案例,“过往的探测从未如这次一般直接”。

2021年底发射升空后,JWST在2022年7月的首次科学观测中,就对SN 1987A进行了长达9小时的观测,并获得了高质量观测数据。英国卡迪夫大学天体物理学家松浦美香子说,这一发现是SN 1987A中存在中子星的“迄今为止最有力的观测证据”。

如今,天文学家把注意力转移到“如何更好地了解中子星及其随时间的演变”上来。瑞典斯德哥尔摩大学天体物理学家克雷斯·弗兰森和他的同事们从JWST上获得了新的观测数据,并计划寻找更多细节,比如中子星是否被强大的磁场所包围。

至于通过望远镜真正看到中子星,还要等待尘埃的进一步消散。弗兰森说:“随着超新星的膨胀,阻挡中心光线的尘埃和体会越来越稀薄,这样我们就更容易地看到中心区域。”

该SN 1987A的图像通过将哈勃太空望远镜拍摄的照片与JWST的一台仪器的数据相结合而生, JWST探测到了超新星核心中子星(蓝色)的特征光谱。
图片来源:J. Larsson

■方陵生/编译

宇宙时间尺度上的早期,是一个非常遥远的年代。在宇宙大爆炸后不久,宇宙中可能散落着许许多多的星际怪物,包括一些被称为“暗星”的超大恒星。

暗星的直径之大,足以横跨整个太阳系。与普通恒星不同的是,这些超大恒星不是由核聚变提供动力,而是由暗物质提供动力。具体而言,这种神秘物质的粒子会通过自我湮灭,为“暗星”提供燃料。

美国德克萨斯大学奥斯汀分校理论天体物理学家凯瑟琳·弗里斯于2007年首次提出“暗星”理论。当时,这一理论并没有得到很多响应和赞同,“我无意中听到,一些研究生说我们是一群疯子”。

但弗里斯一直没有放弃关于“暗星”的理论设想。过去十几年里,她和同事们已经完善了对暗星这一假想天体的理解,还要为暗星的存在找到证据似乎还很遥远。

直到最近,让暗星理论柳暗花明的新发现终于出现了。弗里斯和她的同事报告称,他们通过新的天文望远镜看到了一些不同寻常的星系。当时,在美国纽约科尔盖特大学的团队成员吉莉安·波林说:“这些天体中有一些也许并不是星系,而是被称为‘暗星’的超大恒星。”

然而,另一些天文学家却提出了不少质疑。“暗星的存在是一个非常具有争议的理论设想。”美国科尔盖特大学的科斯基·伊利认为,如果它们确实存在,那将不仅是某种特殊暗物质存在的证据,还可帮助破解宇宙学中的最大谜团之一——驱动星系演化的超大质量黑洞的神秘起源。

能量驱动

暗物质狂暴湮灭

宇宙中充满了暗物质,但我们无法直接看到它,因为它不与光发生作用。但暗物质确实存在,它会通过扭曲时空

延伸阅读

宇宙中的奇特恒星

暗恒星不是太空中唯一的奇特恒星,天文学家可能还会发现更多奇特恒星,但或许有些奇特恒星我们永远也发现不了。

双面恒星“雅努斯”

2023年7月,天文学家宣布发现一颗明显从中间分为两个半球的恒星——一个半球由氢组成,另一个半球由氦组成,就像罗马神话中的雅努斯神不同的两半脸。这颗恒星可能只在某个奇特的时刻才能被看到,即处于从燃烧氢到燃烧氦的转变过程中,这是许多白矮星所要经历的一个过程。

索恩-齐特科天体

索恩-齐特科天体也被称为“混合星”,它就像一个俄罗斯套娃,一颗中子星嵌套在另一颗普通恒星内。

这可能是两颗恒星碰撞合并的结果,在它们短暂的生命中,看起来与其他大恒星没有什么区别。

不过,以上这些仍然都只是理论上的假设,要发现这类恒星,将引力波测量和恒星内部元素观测结合起来,可能是唯一办法。

玻色子星

在什么情况下,一种天体是黑洞而非黑洞呢?当它是玻色子恒星时,恒星通常由费米子构成,费米子是构成物质的粒子。但是玻色子(自然界中携带力的粒子)有可能以几乎无限的数量聚集在一起,诞生出一种透明天体,这种天体对周围物体会施加巨大引力。

不过,这类天体与黑洞几乎无法区分,这也是为什么天文学家还没有想出能够轻易发现它们的好办法。