

黑洞在其周围形成的引力透镜现象

年幼的宇宙 如何养育出大胖子黑洞

左文文

近日,《自然》刊发的一篇文章再次刷新了人类探测黑洞的记录。该文章宣布发现了宇宙大爆炸之后6.9亿年的超大质量黑洞,是迄今所知

宇宙中常见的怪兽

黑洞的提出,还要回到爱因斯坦的广义相对论。在广义相对论提出的那一年,德国天文学家史瓦西求出了爱因斯坦方程的第一个严格解,对应的是球对称、不自转物体重力场的精确解。他发现,任何具有质量的物体都存在一个临界半径——后被称为史瓦西半径。如果某质量的物体塌缩至史瓦西半径,该物体将在自身引力作用下继续塌缩至黑洞。在史瓦西半径内,包括光子在内的任何粒子都无法逃离,意味着我们无法看到它。

当然,黑洞不是停留在笔尖的数学解,而是宇宙中常见的怪兽。尽管我们不能直接看到黑洞,

贪婪吞噬物质的一生

一般认为,恒星级质量黑洞的形成与大质量恒星有关。它演化到晚期后,核心的燃料用尽,所产生的能量无法抵消自身物质向内的引力,会发生塌缩,并以超新星爆炸结束自己的生命。当剩余的核心质量大于3.2倍太阳质量时,将会在引力作用下继续塌缩形成黑洞。

面对中等质量黑洞缺乏观测证据的现状,天

宇宙最早期的超大质量黑洞。

如果将可观测宇宙历史138亿年浓缩为100年,那就相当于在宇宙只有5岁时,养育了一个大胖子黑洞。这不禁让人疑问,这个胖子黑洞是如何养成的?

但可以通过它们对周围物质的引力影响来判断它的存在,如根据周围恒星或气体的运动、根据黑洞的强引力对光线的弯曲效应等。引力波信号的探测,以另一种方式证明了黑洞的存在。

天文学家们根据质量的不同将黑洞分类成:恒星级质量黑洞(质量从几倍到几百倍太阳质量)、超大质量黑洞(质量大于几百万倍太阳质量)和介于恒星级和超大质量黑洞之间的中等质量黑洞三大类。目前,恒星级质量黑洞和超大质量黑洞都被观测到,唯独中等质量黑洞的观测成果甚少。

文学家们推测,中等质量黑洞的来源有三种可能机制:恒星级质量黑洞的合并或恒星级质量黑洞通过吞噬气体成长而形成,宇宙大爆炸过程中形成的原初黑洞,以及经星团历练后的大质量恒星塌缩而成。对于第三种可能,科学家认为在星团中,很多大质量恒星可能持续损失能量和转动的能力,因而慢慢移动到星团的中心,它们之间相

互碰撞合并形成更大质量的恒星,直至形成质量在几百倍至几千倍太阳质量的恒星,并最终塌缩形成中等质量黑洞。

至于超大质量黑洞,简单的回答便是通过更小质量黑洞的碰撞合并,以及更小质量的黑洞吞噬气体尘埃而成。

黑洞吞噬物质在宇宙中是常见的。而黑洞

黑洞成长的时间危机

黑洞吞噬周围气体是有节制的。黑洞在吸积吞噬周围物质时,物质下落释放的引力能会转化为辐射,当吞噬的物质累积到一定程度,向外的辐射压会阻止物质的进一步下落。当天体作用于一个粒子上的引力和辐射压刚好平衡时,对应的临界吸积率称作爱丁顿吸积率。一般情况下,爱丁顿吸积率是黑洞吸积物质的最大效率。

观测发现,在宇宙早期,比如宇宙大爆炸之后10亿年内,就存在质量为百亿倍太阳质量的超大质量黑洞。这令人疑惑,如果说它是从一个婴儿(种子)黑洞长大的,这个婴儿黑洞得多大? 婴

吃得更快,还是生来就更胖

为了解决这个问题,缩短超大质量黑洞成长所需要的时间,天文学家们从理论上提出了多种可能方案,其中有三种广为接受。

其中一种理论中,科学家假设种子黑洞仍然是小质量的恒星级黑洞,但是成长速度更快,以超过爱丁顿吸积率的速度吃东西。理论研究发现,要想维持超爱丁顿吸积,需要保证种子黑洞深居足够致密的气体中,从而光子无法有效地辐射出去。但是试想,种子黑洞所处的第一代星系中,新形成的恒星还不稳定,会吹出剧烈的星风;演化到晚期的恒星可能进入超新星爆炸阶段,产生强烈的冲击波。在如此不和平的环境中,能否维持那一方致密气体包裹住种子黑洞,让它能保持超爱丁顿吸积直至成长为超大质量黑洞,仍然是个未知。

在另一种方案中,科学家认为宇宙早期就存在中等质量黑洞,种子黑洞生来就更胖,而它们源于气体云块的直接坍缩。这一方案的重点在于,气体云块无法有效冷却,因而抑制了气体云的碎裂和后续的恒星诞生,导致最后直接引力塌缩为中等质量黑洞。在真实的早期宇宙中,具有这种性质的气体云块确实可能存在——一团主要成分为氢和氦的气体云,沐浴在紫外光子的海洋中。

合并带来成长,也不难理解。LIGO探测的五次引力波都对上了恒星级质量黑洞的合并事件,让更小的黑洞借助合并成长为更大的黑洞;几乎在每个大质量星系的中心都存在一个超大质量黑洞,宇宙中也不乏星系合并的观测证据,星系合并的后期,便是两者中心超大质量黑洞的合并。

儿黑洞如何吞噬周围气体尘埃食物,才能长成实际观测到的大胖子呢?

最自然的一类种子黑洞要寻根于宇宙大爆炸后几亿年左右形成的第一代星系。它们中的大质量恒星快速演化到晚期,发生超新星爆炸,核心残留的天体便是质量约几百倍太阳质量的黑洞。

但如果假设种子黑洞是这类恒星级质量黑洞,鉴于质量增长的速度受爱丁顿吸积率限制,那么即使种子黑洞一直以最快速度成长,质量增长到十亿、百亿倍太阳质量所需要的时间也远远超过它的年龄。这就带来了所谓黑洞成长时间危机问题。

而针对黑洞吞噬的气体供给方面,近日上海天文台沈俊太的研究提供了一种可能,旋涡星系的盘状结构容易受到自身动力学不稳定性或者星系间的潮汐作用的影响而形成星系棒;早期星系演化中星系棒能够驱使足够多的气体流入星系中心,为形成超大质量黑洞提供了潜在的原料。

不过也有科学家认为,作为种子黑洞的中等质量黑洞,源于经星团历练后的大质量恒星的塌缩。为了缓解时间危机,后两种机制没有试图加快种子黑洞通过吞噬气体成长的速度,而是理论上预言宇宙早期存在中等质量黑洞作为种子黑洞。在上述三种理论中,第二种理论的预言与一些观测结果相符,因此该理论的受关注度越来越高。

关于宇宙如何在其早期养育出胖子黑洞,还有很多未解之谜。相信观测技术和设备的提升会揭开宇宙早期的更多秘密,如詹姆斯·韦伯望远镜将能直接观测到最早期的星系和黑洞,在种子黑洞的寻找和研究上有所收获;以激光干涉空间阵列为代表的空间引力波探测器将有助于限制黑洞合并模型;高精度的数值模拟也将帮助我们理解黑洞的形成与演化。

(作者系中科院上海天文台副研究员)

身边的天文学

在夜空中找到你的星座

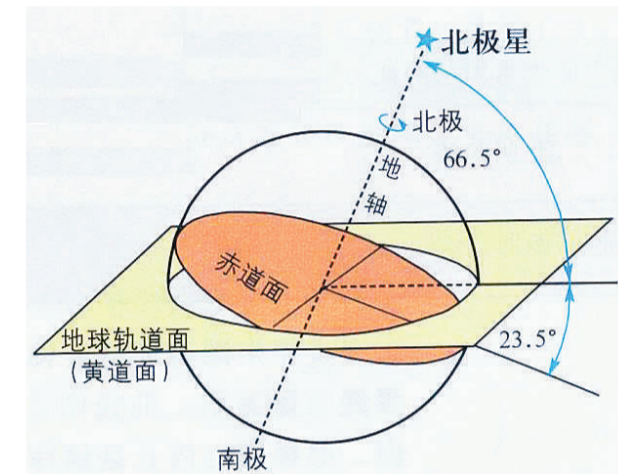
李会超

无论你对天文学有多少了解,可能都知道自己的“星座”是哪个。目前,国际天文联合会将全天精确划分为88个星座,其中12个被人们称作黄道十二星座,并与出生日期联系起来。你知道你所属的星座是如何确定的吗? 而将出生日期与星座相联系、并推断人们命运的办法是否科学呢?

由太阳决定的黄道十二星座

由于地球每年绕太阳公转一圈,我们会看到太阳在布满恒星的天幕中穿行,每年一圈,周而复始。古巴比伦人为了记录行星在星空中的位置,将太阳系中的轨迹——黄道等分为12段,并根据每段内一些较亮行星的形状排列,用神话传说中的形象对它们进行了命名,即白羊座、金牛座、双子座等十二星座,并给每个星座指定了独特的符号标记。之后,当他们观察肉眼可见的水星、金星、火星、木星和土星在星空中的位置时,只需要记录时间和行星所在的星座符号即可。

根据生日为人们划分所属星座的办法与此类似。比如你出生在六月上旬、属于双子座,那是因为在六月上旬,太阳刚好位于黄道十二星座双子座附近。



黄道是地球公转轨道面与天球的交线

地球公转自转决定的恒星视运动

不过,想在你的生日观赏你所归属的星座并不现实。比如,六月上旬出生的人们被归入双子座,但真正在夜空好好观赏双子座则要等到冬季。

也许你已经意识到问题出在哪儿了。由于太阳光芒耀眼,太阳所在位置的星座刚好被其光芒遮蔽,因此太阳经过哪个星座时,我们刚好在那段时间看不到它。要好看这个星座,只能等待半年后它远离太阳的光辉,出现在夜晚的天空中。

虽然恒星、行星与我们距离各异,但在夜晚的星空中,它们看起来好像都处在同一个巨大的球壳上。这个假想的球被称作“天球”。从地球上观察,太阳在天球上的移动,即天文学中所谓的太阳在天空中的视运动,可以分成两种情况。一种是太阳每天清晨从东方升起,中午到达距离地平线最远的位置,傍晚在西边落下。这种由地球自西向东自转引起的视觉效果被称为周日视运动。另一种则是在一年的时间里,太阳在天球上各个星座间穿行,最终又回到起点的现象,被称为周年视运动。这是由地球的公转引起的。

太阳的周日视运动和周年视运动叠加在一起,导致恒星每晚也是东升西落,但每天升起的恒星有所不同,它们也是每年在天球上旋转一圈。而天球上与太阳在一起的黄道星座,半年后将位于日地连线的另一端,在午夜12点高悬在你的头顶。

由于地球自身形状和太阳、月球对于地球的引力作用,地球自转轴的方向还存在一种缓慢的变化。地轴这种被称作“岁差”的运动类似于一个即将倒下的陀螺,在陀螺本身还在转动的情况下,陀螺轴的指向也在绕圈。地轴旋转一周所需的时间大约2.6万年,因此在一个人的一生中,可能很难通过肉眼感受到岁差的存在。然而,巴比伦人生活的年代至今已过去数千年,岁差的效应便凸显出来:太阳在天球中的实际位置与古巴比伦人的定义,已经偏离了两个星座。

被证伪的占星学

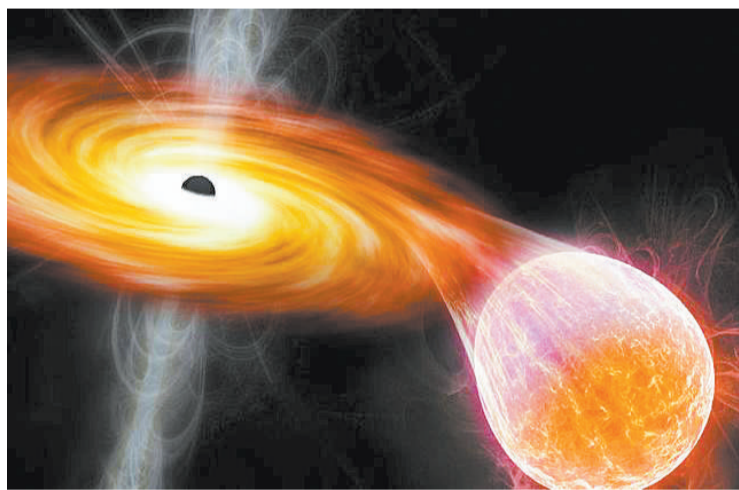
使用星座作为天体测量的工具虽然简单易行,但精确度不高。随着天体测量技术手段的发展,这种方法在之后的观测和研究中便不再被采用。然而,这种曾经的科学工具却在另一些人手中“发扬光大”,炮制出了一套繁杂的说法,将人的性格、命运等与星座联系起来。不少人对这些说法深信不疑,甚至在人事安排、寻找伴侣等需要认真对待的事情中,都用这些说法作为指导思想。

1983年,加州大学伯克利分校的科学家肖恩·卡尔森进行了一次占星学的双盲实验,并在1958年将结果发表在了国际顶级科学杂志《自然》上。在实验中,他邀请了占星界推荐的全美最佳占星术“专家”,就实验方法与这些占星家们进行了充分沟通,取得了他们的同意。在实验的第一部分中,实验人员首先按照占星家们的要求,收集了每个被试者的资料。占星家们根据这些资料对每位被试者的性格特征作出预测后,实验人员再向每位被试者提供三份去掉署名的预测,其中一份是占星家对特定被试者本人作出的,另两份是占星家对其他被试者作出的。被试者对三份预测与自己的相符程度进行打分。在实验的第二部分中,每位被试者通过“加州人格量表”(CPI)得到自己的性格特征。每位占星家将会得到三份去掉署名的测试结果,其中一份为某位特定被试者填写,另两份随机选择。占星家们需要从这三份中选择出属于那位特定被试者的问卷。测试结果表明,占星家的预测成功率和随机概率相同。用通俗的话讲,就是成功率与靠“蒙”基本一致。

也就是说,按照出生日期找出自己所属的“星座”,是一种不错的娱乐方式。但希望以此知晓前程命运,那就是现代迷信了。

(作者系中科院国家空间科学中心博士生)

(本版图片除标注外来源于网络)



黑洞从周围天体吸积物质的构想图

捕捉日月同辉的精彩时刻

光谱志

王俊峰 李鹏

在人们的印象中,月亮似乎晚上才会出现,在太阳下山了才会被注意到。其实不然,在一个完整的朔望月周期中,也就是从新月到下一次新月的间隔时间(约为29.5日),月亮除了望月(农历十五或十六甚至十七最圆的时刻)和太阳“天各一方”、初一完全看不见外,其他时间都可以在特定的时间段看到日月同辉的景象。

月亮做地球最近的天然卫星,围绕地球旋转。由于潮汐锁定的缘故,月球的一面永远朝着地球上的观测者。而通过月相的变化,我们能知道每天的什么时刻能看到月亮,白天哪个方位能看到日月同辉。

一个完整的朔望月周期大致分以下阶段:朔月、新月、上弦月、望月、下弦月、残月、朔月。在朔月阶段,月亮位于太阳和地球的中间,由于月球向着地球的一面完全没有被太阳照到,所以在此阶段全白天,月亮和太阳同步升起落下,肉眼几乎是看不到月亮的(日食除外)。从初三到望

月阶段,月亮偏离太阳东侧越来越远,升起时间逐渐落后于太阳,所以在农历上半月,月亮都是在白天升起,黑夜落下;到了望月(圆月),地球位于月亮和太阳中间,太阳西落,月亮东升;过了望月阶段,月亮开始回归靠近太阳,会在晚上升起,天亮后还挂在天上。越接近残月状态,月亮距离太阳西侧越近,被照亮的部分越少,直到月亮回归朔月状态,一个周期结束。

另外,由于地球、月亮及太阳之间的距离关系,月亮和太阳每天升起和落下的时间有很大差异。在相同地理位置,太阳每天升起、落下的时间相差仅1分钟左右,方位角四五天才偏移1°左右。月球就不同了,每天升起的时间就相差了50多分钟,升起落下的角度每天偏移近3°—4°。

由此可知,拍摄日月同辉的最佳时刻是每个农历的初三到初四日落、廿七廿八日出前。这个时段,月亮亮度足够,距离太阳又比较近。在日落或日出的恰当时机,有可能完成一次日月同辉的完美捕捉。同时,通过一些天文模拟的APP,例如Stellarium、Planit等,了解日出月升的时间及方位角,可以做到有的放矢,确保出片率。

1月14日,正值农历廿八。为捕捉到日月同

辉,凌晨3点,笔者从北京城区出发,来到600米高的定都峰。脚下的雾气若隐若现,正好遮挡了城市灯光,以及太阳耀眼的光芒。基于前期调研,我们确认月亮会在日出前两个小时升起,与太阳的距离比较接近。笔者计划在照片中分别拼出两个串像——月亮串像和太阳串像,展示同一个地貌不同时间的景象,形成日出追月的图像。

拍摄此种场景,光圈的把控至关重要。笔者决

定使用光圈优先的拍摄模式。相机机会在环境暗的情况选择比较慢的快门,而在环境变亮时自动缩短曝光时间,以保证照片不会过曝。月升时天比较黑,曝光比较长。天亮后曝光缩短,月亮与天空的亮度差距变小,月亮也慢慢变成一个月牙了。月亮从镜头中消失后,太阳逐渐进入画面,此时快门继续缩短,直到相机被刺眼的阳光逼到极限。至此,一次完美的日月同辉拍摄计划顺利完成。



1月14日,日出追月定都峰。李鹏摄