



星星

诸天述说神的荣耀，无数繁星璀璨，彰显造物主的杰作。

将星尘纺成黄金

2017 年 10 月 16 日，两场新闻发布会宣布探测到两颗中子星合并，引发了广泛关注。尤其引人注目的是，此次合并可能产生了相当于地球质量十倍的黄金。这其中有多少是确凿的事实，又有多少是推测？这又意味着什么？让我来一一解读。

致密天体与引力波

首先，什么是中子星？中子星是一个非常致密但质量巨大的球体，几乎完全由中子构成。其质量上限可能约为太阳的三倍。中子星的直径只有几英里。鉴于其巨大的质量和微小的体积，中子星的密度极高——一茶匙中子星物质的质量就相当于有史以来制造的所有汽车的总和。这是怎么回事呢？要知道，普通物质主

要由空的空间构成——原子核密度很高，但体积却很小。电子的质量很小，而且它们在远离原子核的轨道上运行。原子之间的距离相对于原子核的大小来说也非常大。然而，中子星中的物质被压缩到了原子核的密度。中子星的密度略低于质量相当的黑洞。这听起来像是科幻小说，但中子星早在 20 世纪 30 年代就被理论预测，并于 1967 年首次被探测到。黑洞也是在同一时期首次被探测到的。

黑洞和中子星统称为致密天体。由于它们密度极高，致密天体是检验广义相对论相关理论的绝佳实验室。广义相对论是目前关于引力、空间和时间的最佳理论，由阿尔伯特·爱因斯坦在一个世纪前发表。爱因斯坦预言了引力波的存在。引力波是时空结构中的涟漪。物理学家认为存在四种基本力：引力、电磁力以及强核力和弱核力。其中，引力是最弱的力。由于其微弱的特性，引力产生的引力波非常微弱，难以探测。致密天体的相互作用会产生最强的引力波，为物理学家探测引力波提供了最佳机会。

*致密天体的相互作用会产生最大的引力波，
为物理学家探测引力波提供了最佳机会。*

引力波最早于 1974 年被间接探测到。当时，人们观测到一个近距离双星系统中两颗中子星的轨道逐渐缩小，

这是由于引力波消耗了该系统的轨道能量所致。直到2015年9月，激光干涉引力波天文台（LIGO）的两台仪器才探测到[引力波的直接探测](#)。当时，一个近距离双星系统中两个质量巨大的恒星级黑洞合并产生了引力波。短暂爆发的引力波中包含的复杂波群使理论学家得以拼凑出事件的来龙去脉。这项工作意义重大，并因此荣获2017年诺贝尔物理学奖。

观察

2017年10月16日报道的事件始于2017年8月17日。当天，LIGO实验探测到持续近100秒的引力波信号。位于意大利的Virgo干涉仪也探测到了这一事件。天文学家将此次事件命名为GW170817（“GW”代表“引力波”，数字代表事件的探测日期）。与GW150914（2015年首次直接探测到引力波的事件）类似，理论学家通过分析引力波的频谱推断出事件的性质。对数据的最佳拟合是两颗近距离轨道运行的中子星碰撞，其中一颗质量为1.1个太阳质量，另一颗质量为1.6个太阳质量。碰撞是由轨道衰减导致的，而轨道衰减又是由多年来引力波的逐渐辐射造成的。由于这次事件是由两颗中子星碰撞而不是两个黑洞合并造成的，因此最近这次事件的发生过程与之前的事件截然不同。

一个主要的观测差异是，GW170817的持续时间接近100秒，而GW150914的持续时间仅约四分之一秒，

约为其 1/400。此外，与 GW150914 不同，GW170817 在电磁波谱的多个波段均被探测到。首次探测到的是伽马射线暴（天文学家将其标记为 GRB 170817A——“GRB”代表“伽马射线暴”，数字与之前一样代表探测日期，“A”表示这是当天探测到的第一个伽马射线暴）。地球轨道上的费米伽马射线太空望远镜（FGST）和国际伽马射线天体物理实验室（INTEGRAL）均在引力波信号结束后不到两秒的时间内探测到了 GRB 170817A。伽马射线暴的发现已有半个世纪之久，但多年来其起源一直是个谜，并引发了激烈的争论。目前占主导地位的理论认为，伽马射线暴起源于中子星并合。由于伽马射线暴在天体物理学上具有极高的研究价值，一旦探测到它们，就会立即向世界各地的主要天文台发出警报，促使天文学家开始寻找与该事件对应的光学天体。引力波测量的信息将搜索范围缩小到天空的一小部分区域。在短短 11 小时内，一个团队就在 NGC 4993 星系中拍摄到了一颗“新星”，该星系位于长蛇座，距离地球约 1.3 亿光年。据推测，这颗天体是 GW170817 的可见辐射。九天后，环绕地球运行的钱德拉 X 射线天文台（CXO）首次探测到了来自该源的 X 射线。一周后，甚大阵（VLA）探测到了无线电波。每个电磁信号的时间延迟是由于不断膨胀的喷发物与中子星双星系统周围物质相互作用所需的时间造成的。

诠释

那么，这究竟是什么事件呢？天文学家认为这是一颗千新星，这个术语于 2010 年被提出。千新星是由两颗中子星合并，或一颗中子星与黑洞在近距离双星系统中合并而引发的爆发。第一颗千新星于 2013 年被观测到，当时伽马射线暴 GRB 130603B 发出信号，促使天文学家使用哈勃太空望远镜（HST）寻找遥远星系中微弱的红外辐射。然而，GW170817 提供了一个前所未有的机会，让我们能够在多个波段研究千新星。在许多方面，所提供的数据都证实了这一理论。

炼金术？

那么最有趣的部分呢——你知道，就是黄金？天文学家对元素的起源有一个复杂的理论。大多数天文学家认为，宇宙**大爆炸**导致宇宙充满了氢、氦和少量的锂。然而，这无法解释我们骨骼中的钙；我们血液中的铁；构成我们身体大部分的碳、氧和氮；以及许多岩石中的硅。天文学家认为，从碳到铁的大多数元素都源于各种核反应，他们认为这些核反应为不同阶段的恒星提供能量。然后，这些元素通过恒星风或超新星爆发被抛回太空，并在之后的恒星形成过程中相互混合。这种循环的重复使宇宙中的元素（从碳到铁）逐渐丰富起来。

天文学家认为，那些（比铁重的）元素是由中子轰击原子核而形成的。

那么，比铁重的相对稀有的元素又是如何形成的呢？天文学家认为，这些元素是由中子轰击原子核而产生的。随着中子的增加，原子核的原子量增大，产生各种元素的同位素，但原子序数不会增加。中子过多的原子核往往具有放射性，这会导致 β 衰变。在 β 衰变中，中子会分裂成一个质子和一个电子。电子以 β 粒子的形式逃逸出原子核。而质子则留在原子核中，增加原子序数，使其嬗变为越来越重的元素。这个过程有两种途径，取决于中子通量的强度。如果中子通量相对较低，那么增强的原子核有足够的时间衰变为新的元素，之后才有可能再次吸收中子。这就是 s 过程，意味着中子俘获速度相对于衰变速度而言较慢。然而，如果中子通量很高，产生的重核可能来不及衰变就被吸收了更多的中子。这被称为 r 过程，因为中子俘获速度很快。r 过程和 s 过程在元素及其同位素中的转化路径不同，因此我们可以确定哪些元素的哪些同位素是由 r 过程或 s 过程产生的。

s 过程被认为发生在某些恒星内部。事实上，S 型星被认为会经历 s 过程，并且它们的光谱中富含 s 过程元素。另一方面，r 过程只能发生在非常剧烈的爆炸事件中，例如超新星爆发。但超新星只能解释大多数 r

过程元素丰度的一小部分。由于中子星的瓦解会释放出大量的中子，因此人们认为千新星可以解释宇宙中大部分 r 过程元素的来源。这解释了为何要开展广泛的观测活动，对 GW170817 事件进行全电磁波谱观测。这使得天文学家首次有机会观测到这一相对罕见的事件。高通量的中子流照射在碰撞的中子星附近的物质上。这不仅产生了大量的 r 过程元素，而且人们认为，产生的重核衰变为在多个波长下观测到的爆发提供了能量。这就引出了金。金是一种 r 过程元素。根据爆炸过程理论和 r 过程理论对观测结果的解读，可以估算出黄金的产量。但需要注意的是，实际上没有人掌握任何黄金的直接证据。因此，至少关于黄金产量的那部分，很大程度上是推测。

一种新的宗教？

从宇宙大爆炸到千新星爆发，元素起源的这一理论或许是终极进化模型。天文学家和天体物理学家对此赞不绝口。已故的卡尔·萨根喜欢说我们是星尘，尼尔·德格拉斯·泰森和劳伦斯·克劳斯等人也沿用了这一说法。克劳斯更进一步，他曾说过一句名言：“别信耶稣了。星星的死亡是为了让你今天能够存在。”他称这是他所知的物理学中最具诗意的论断。但这算是科学吗？恐怕不是，因为它本质上是一种创世神话，一种世俗宗教。这让我想起了《人猿星球》系列电影第

二部《人猿星球 2：深渊之下》中的一个场景：一群身穿长袍的变种人赞美着一种能够毁灭地球的末日武器，这种武器的外壳上刻有希腊字母阿尔法和欧米伽。

如果星辰创造了我们，那么作为我们的创造者，它们就理应受到我们的崇拜，如同神明一般。

如果星辰创造了我们，那么作为我们的创造者，它们理应受到我们的崇拜，如同神明一般。这听起来匪夷所思吗？并非如此。太阳崇拜很可能源于人们对太阳在我们生活中扮演的重要角色的认识。月亮和其他天体亦是如此。一旦真神的光芒消失，人类几乎可以崇拜任何事物。崇拜也未必需要长袍和赞美诗。克劳斯在阐述他的起源理论时，对星辰充满了敬畏之情。无论他是否意识到，他的言论本身就构成了一种崇拜。

读完这篇文章，你心里是否有一些触动？有没有一些新的想法，或者值得你认真思考的问题？或许，你也开始重新思考自己的信仰和人生的方向。

如果你愿意，现在就可以向上帝祷告，打开心门，成为祂的儿女。祷告不需要华丽的言辞，只要一颗真诚的心。你可以这样祷告：

天父上帝，今天我来到你面前，愿意立定心志，宣告我相信耶稣基督是我的救主，是我生命的主。我愿意离开过去那些不讨你喜悦的生活方式，求你赦免我的过犯。靠着你的恩典，帮助我学习顺服你、爱人如己，活出你所赐的新生命。求圣灵每天引导我、扶持我，使我一生荣耀你的名。奉主耶稣基督的名祷告，阿们。

如果你已经做了这个祷告，愿你知道，你并不孤单。信仰的道路需要陪伴和成长。鼓励你在自己居住的地方，寻找一间合适的教会，与弟兄姐妹一同聚会、学习和成长。

如果你有任何疑问，或在信仰上需要帮助，欢迎随时写信与我们联系。我们愿意倾听，也愿意与你一同前行。