

·科技纵横·

引力波：从激光干涉引力波天文台到宇宙微波背景辐射

1916年爱因斯坦说：要有引力波。

2016年2月11日 advanced LIGO (提升的激光干涉天文台)说：真的有引力波。

座落在相距3000多公里的美国路易斯安那州的列文斯顿和华盛顿州的汉福德的两个激光干涉天文台于2015年9月14日同时聆听到13亿光年外两个约30个太阳质量的黑洞并合发出的“啾啾叫”的声音，从而证实100年前爱因斯坦预言的引力波真的存在。这是21世纪基础科学又一个重大发现。当然一个重大的发现需要经过严格的检验。期待未来有更多的引力波被探测到，否则此次发现将会被置于质疑之中。

引力是万有的。它普遍存在于宇宙中任何两个质点之间。加速一个带电粒子可以产生电磁波，而加速任何一个物体都可以产生引力波。一个最简单的产生引力波系统是两个天体相互环绕直至并合。然而大多数这样的系统所产生的引力波都小到无法察觉。黑洞是宇宙中拥有巨大质量的最致密的天体之一。引力波天文台的创建者之一的基普·索恩曾打赌说双黑洞并合产生的引力波会最先被观测到。结果证明他赢了！

电磁力作用于带电的物体。自然界存在两种基本电荷，既正电荷和负电荷。本着同性相吸、异性相斥的原理，电磁力可以是吸引力也可以是排斥力。因此系统中带电粒子可以通过移动来抵消和屏蔽电磁波。然而由于引力是万有的，它无法被屏蔽和阻隔。因此引力波可以在宇宙空间中自由的传播。

黑洞在很小的范围内聚集了极大的质量从而产生很强的引力，以至于光

都无法摆脱黑洞的吸引逃逸出来。因此利用光信号无法直接探测黑洞。以前人们只能从黑洞对周围物质的吸引推测黑洞存在。提升的激光干涉天文台却可以通过引力波直接“目击”了两个黑洞的并合。随着未来更多的观测到引力波信号，人们可以更深入的了解那些隐藏于黑洞不为人知的秘密。

引力波的传播速度确实是光速吗？宇宙中是否存在宇宙弦？中子星表面是光滑的吗？是什么原因造成恒星爆发？……这些问题都有可能借助于引力波来回答。

此外，更引人注目的是：引力波还可能告诉我们宇宙是如何起源的。宇宙现在的年龄大约是138亿年。在宇宙年满38万年前，宇宙中充斥着各种带电的粒子。这些带电的粒子和光强烈发生强烈的相互作用，使得光都无法在宇宙间自由的传播。因此光完全无法穿透层层带电的迷雾去刺探早期宇宙的奥秘。引力波成为探索早期宇宙奥秘的不二法宝。

除了产生于被加速的物体外，更为神奇的是引力波还可以产生于早期宇宙真空的量子涨落！通常这些真空量子涨落最终湮灭于真空之中。然而宇宙不是静止的，而是在不断膨胀的。宇宙早期发生了一次爆炸式的膨胀。这个过程被称为暴胀。这些引力波的量子涨落在暴胀过程中被拉伸到宇宙视界之外，从而摆脱了湮灭于真空

的命运而一直保留至今。这些残留的引力波即为原初引力波。人们发现那些宇宙尺度波长的引力波在宇宙微波背景辐射中留下了特殊的指纹。发现这些细微的指纹必将再一次震撼整个科学界！

2014年3月 BICEP2 (宇宙河外偏振背景成像)曾经宣布他们在微波背景辐射中找到了这样的指纹(图1)。遗憾的是，包括本课题组在内的一些研究小组发现 BICEP2 所发现的这些指纹其实源于尘埃物质的污染，而不是原初引力波。但是这个挫折并不能消磨人类追求真理的意志。目前国际上还有不少观测站以其坚韧的毅力在夜空中继续搜寻着这些原初引力波留下的指纹。最近中国科学院也在酝酿在西藏阿里展开类似的探索。

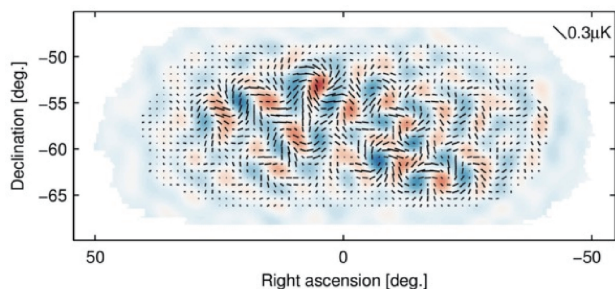


图1 微波背景辐射B模极化
(图片来源 http://bicepkeck.org/B2_2014_i_figs/eb_maps.png)

我很庆幸于生活在这个时代，可以伴随引力波天文学和引力波宇宙学等新学科的兴起与发展，并参与其中。引力波将为我们揭开宇宙更多的奥秘。

文/黄庆国

作者简介 中国科学院理论物理研究所研究员。

(编辑 傅雪)