

引力波背景噪声

(中国科学院理化技术研究所 戴 闻 编译自 Mark Buchanan. *Physics*, March 31, 2016)

假设 LIGO 最近探测到的黑洞融合不是不寻常的，由此研究人员修正了他们的背景噪声强度估计，这噪声来自四面八方遥远融合事件的总和，穿越整个宇宙。

最近，引力波(它源自一对正在融合的黑洞)被成功探测；这意味着存在大量类似的双黑洞对，它们应该正在产生一个引力波总和背景。不过，这背景过于暗淡，以致于使用目前的技术难于探测。使用这些信息，研究人员现在估计，这一引力波背景可能比先前预期的要强约 10 倍，并且在几年后(当探测仪更加灵敏时)可能被探测到。背景信号可以帮助天体物理学家更好地了解黑洞双星如何形成，并且为探测各种引力波铺平道路，这些波在大爆炸之后的瞬间被膨胀的宇宙发射。

2015 年 9 月 14 日在激光干涉仪引力波天文台(LIGO)，引力波首次被探测(如图所示)。当引力波通过，借助于在相距 4 km 的镜面之间的反射激光，该小组检测到了反射镜间距离的微小起伏。这波是由一个事件——GW150914 所触发，涉及一对黑洞的融合，二者分别具有大约 29 倍和 36 倍的太阳质量。

研究人员预期，类似的黑洞对以及中子星对，它们的融合应持续不断地发生。由此产生的引力波从四面八方冲击地球，在探测器中造就了微弱的等效噪声。之前，我们不知道实际黑洞双星的情况，因此为了预估引力波背景的可能强度，不得不作一些假定，如可能存在多少对黑洞双星，它们的质量分布又如何。这些估计属于猜测性的，因为实际黑洞双星的情况未知。

“最近的观测已经改变了上述被

动局面。我们现在开始知道黑洞双星的数量，我们有了一点这方面的信息，”明尼苏达—卡尔顿学院和 LIGO 科学协作组(LSC)的 Nelson Christensen 说。

新的分析由 LSC 的研究人员与欧洲 Virgo 协作组一起做出，估算了在 100 Hz 以下的频率范围内(在此区间 LIGO 探测器最为灵敏)引

力波背景的能量密度。为了做出这一估计，他们假定了各种尺寸的黑洞双星的数量，以及与地球距离的范围，并且创建了各种可能的场景。然后，他们计算出源自这些黑洞双星融合的引力辐射量。

然后，研究组使用 GW150914 事件的细节(特别是参与融合的黑洞质量)调整上述估计，对黑洞双星的实际分布做一个最可几猜测。其思路是，所观察到的融合对于双星数量总体上来说是最有代表性的，而不是极端不寻常事件。如果黑洞双星数量被表示为一个钟形(或高斯)曲线，GW150914 事件应该位于曲线主隆起段，而不是在尾部。观察到的 GW150914 的质量表明，黑洞双星的主要成员可能要比先前预期的重约 20 倍。这将产生一个比以前的估计约 10 倍“响亮”的背景。然而，Christensen 强调，结果有很多不确定性，因为它仅仅建立在单一事件的基础之上。

“在我看来这似乎是非常合理的



捕捉引力波：LIGO-利文斯顿干涉仪由两个 4 km 长的臂组成，在每个臂内激光在配对镜面间来回反射，两臂激光的干涉可以给出些许信号，该信号表征由于引力波的到来所产生的臂长度的微小变化

估计”，在美国西弗吉尼亚大学的天体物理学家 Maura McLaughlin 说。她是 NANOGRV 协作组成员，这个协作组试图在比 LIGO 观察低得多的频率范围探测引力波。“我看不到他们的论证中有什么漏洞。除非 LIGO 的成功探测真正是幸运的产物，那么必定有比先前所认为的更多的黑洞双星系统。”

“这一强度水平的引力背景，对于 LIGO 和 Virgo 探测器来说，可能会在未来 2—5 年之内，达到足以看到它的灵敏度；比此前物理学家预期的要来得早”，Christensen 说，“这导致了很多人期待，每个人都非常兴奋。”

探测引力波背景将确认引力波的存在，它携带着能量遍布整个宇宙。研究人员表示，引力波背景研究将有助于进一步精确地了解黑洞形成的机理。通过扣除这个背景，有朝一日天文学家将会有能力探测更为暗淡的引力波，它来自大爆炸后瞬间的宇宙膨胀。

更多内容详见：B. P. Abbott et al. *Phys. Rev. Lett.*, 2016, 116: 131102.