
理论物理所在空间引力波波源的定位研究中取得进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/8249.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

快速且准确地定位引力波源是地面和空间引力波观测的重要任务之一。波源的准确定位对于后续的电磁光谱观测以及确定波源的宿主星系至关重要。在准确地知道了宿主星系的红移之后，引力波的波源能作为标准汽笛来独立地研究宇宙的膨胀历史。

最近，中国科学院理论物理研究所博士研究生阮文洪、刘畅和研究员郭宗宽、蔡荣根、吴岳良提出了LISA-Taiji空间引力波探测网络，可以实现引力波源的快速和准确定位。

由于激光干涉探测器对来自几乎所有方向的引力波都是敏感的，所以难以通过单个地面引力波探测器确定引力波源的空间位置。利用建于不同位置的两台探测器，原则上可以通过引力波信号到达两台探测器的时间差进行三角测量，将波源的位置限制在空间中的一个圆环上。使用超过两台探测器组成的网络进行联合探测，波源的空间位置能借助不同探测器上引力波信号的到达时间差以及相位差和振幅比来确定。譬如，只使用两台LIGO探测器，GW170814的波源空间方位角置信度为90%的置信区间是1160平方度，与Virgo联网之后这个置信区间缩小到了60平方度。将来加入KAGRA和LIGO-India之后将会进一步提高探测器对敏感频段内的引力波信号波源的定位能力。

与地面引力波

探测器不同的是，LISA和太

极的主要目标是位于星系中心的质量在 10^4 太阳质量到 10^7

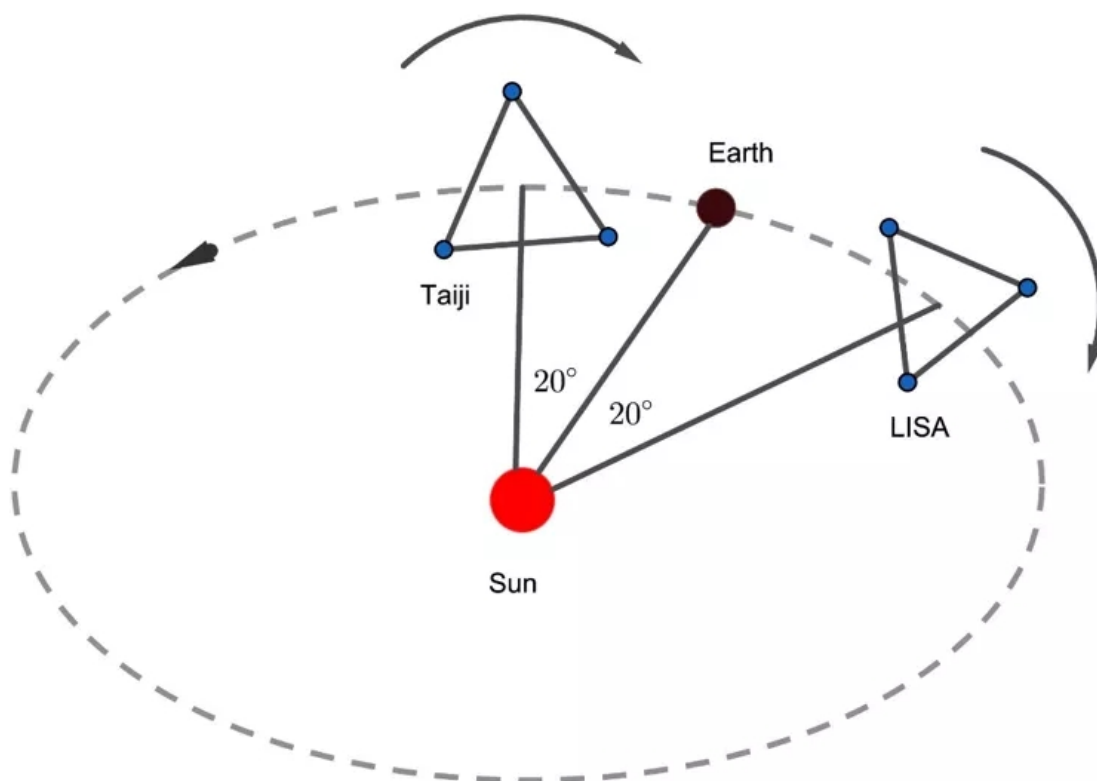
太阳质量之间的大质量双黑洞合并所产生的引力波。尽管束缚的大质量双黑洞系统很难通过电磁观测来识别，但当双黑洞足够靠近，此时系统的轨道周期小于数小时，这些系统就会变成强引力波源。在绕转之后是两个大质量双黑洞的合并，这个过程产生的引力波能靠空间引力波探测器观测到，并且具有很高的信噪比。对这些系统进行电磁和引力波的联合观测，能够对研究大质量双黑洞合并成单个黑洞过程的吸积盘有所帮助。

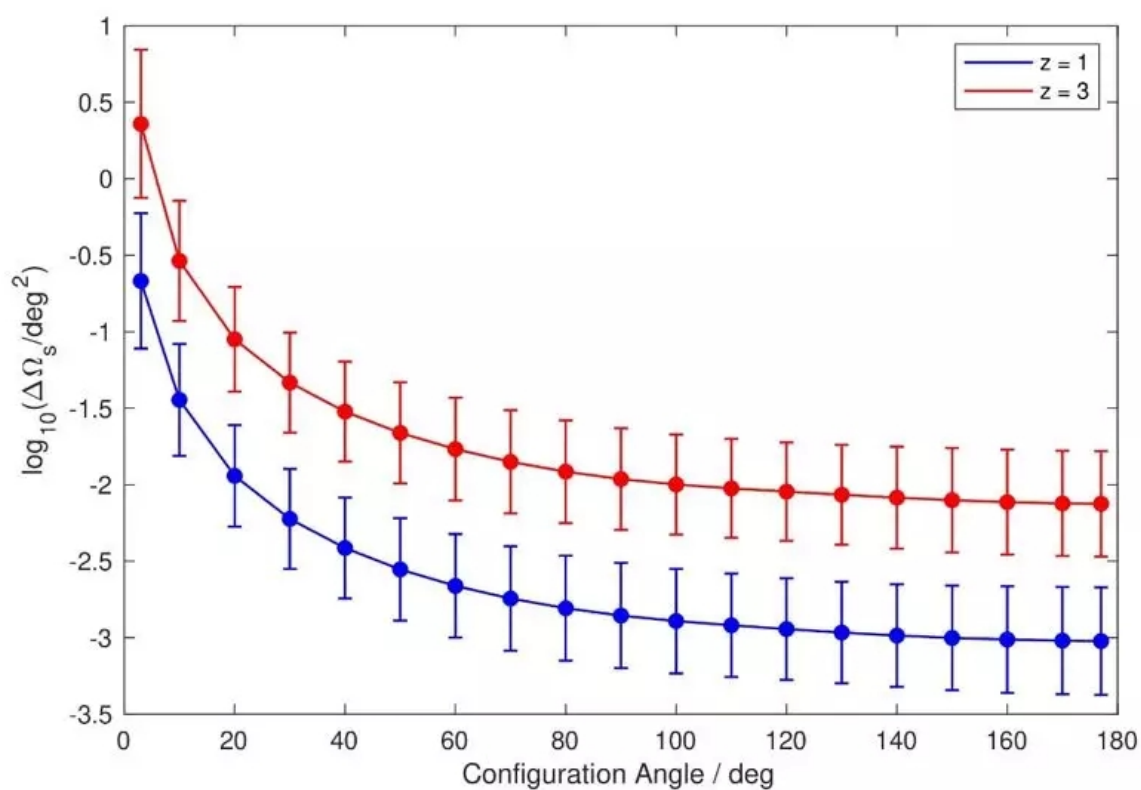
这种大质量双黑洞系统绕转以及合并过程产生的引力波信号能在LISA和太极的敏感频段内持续数天到数年时间。由于探测器在空间中的运动，时间依赖的响应函数将在引力波源的定位中起到重要作用。因此，单个空间引力波探测器能够看作是由位于其运动轨道上不同位置处的多台探测器组成的一个联合探测网络，这些探测器在不同的时间观测到一个特定的引力波事件。LISA预期能让引力波源的角坐标精度达到1到100平方度，精确程度跟双星的质量、与探测器间的距离等参数有关。但是，考虑到通过LISA探测到的波源的预期红移分布，这样的角坐标精度不足以确定波源所在的星系。如果LISA和太极进行联合探测，那么它们组成的网络可以采用类似于地面探测器对信号进行三角测量的策略显著提高引力波源的空间定位精度。

LISA和太极联合探测达到的引力波源角坐标精度与它们在日心轨道上的夹角有关，当这个角度到180度时，波源的角坐标范围最小。对于总质量为 10^5

太阳质量的等质量双黑洞系统，考虑红移为1和3两种情形，当夹角从3度增加到40度时波源角坐标精度提高了2个数量级，但当夹角从40度增加到180度时精度只提高了约0.6个数量级。因此，LISA和太极联合探测达到40度的夹角就能够有效地帮助人们快速而准确地定位引力波源了。

该研究成果近日发表在Nature Astronomy 4 (2020) 108上。该项研究得到国家自然科学基金重大项目、中科院战略先导科技专项和前沿科学重点研究项目的支持。





理论物理所在空间引力波波源的定位研究中取得进展

研究团队单位：理论物理研究所

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发