# 高阶引力波的可观测量研究获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/40139.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！*

**高阶引力波的可观测量研究获进展**

。LIGO探测器探测到双黑洞合并时产生的引力波信号，从观测上证实广义相对论的预言，标志着引力波天文学成为探索宇宙的前沿阵地。随着观测精度从“看到”向“看准”跨越，二阶引力波的规范依赖问题随之显现。不同规范下的测算结果差异显著，学界因缺少统一物理判定标准争议不断，阻碍了通过观测信号精准锁定原初黑洞暗物质等目标。

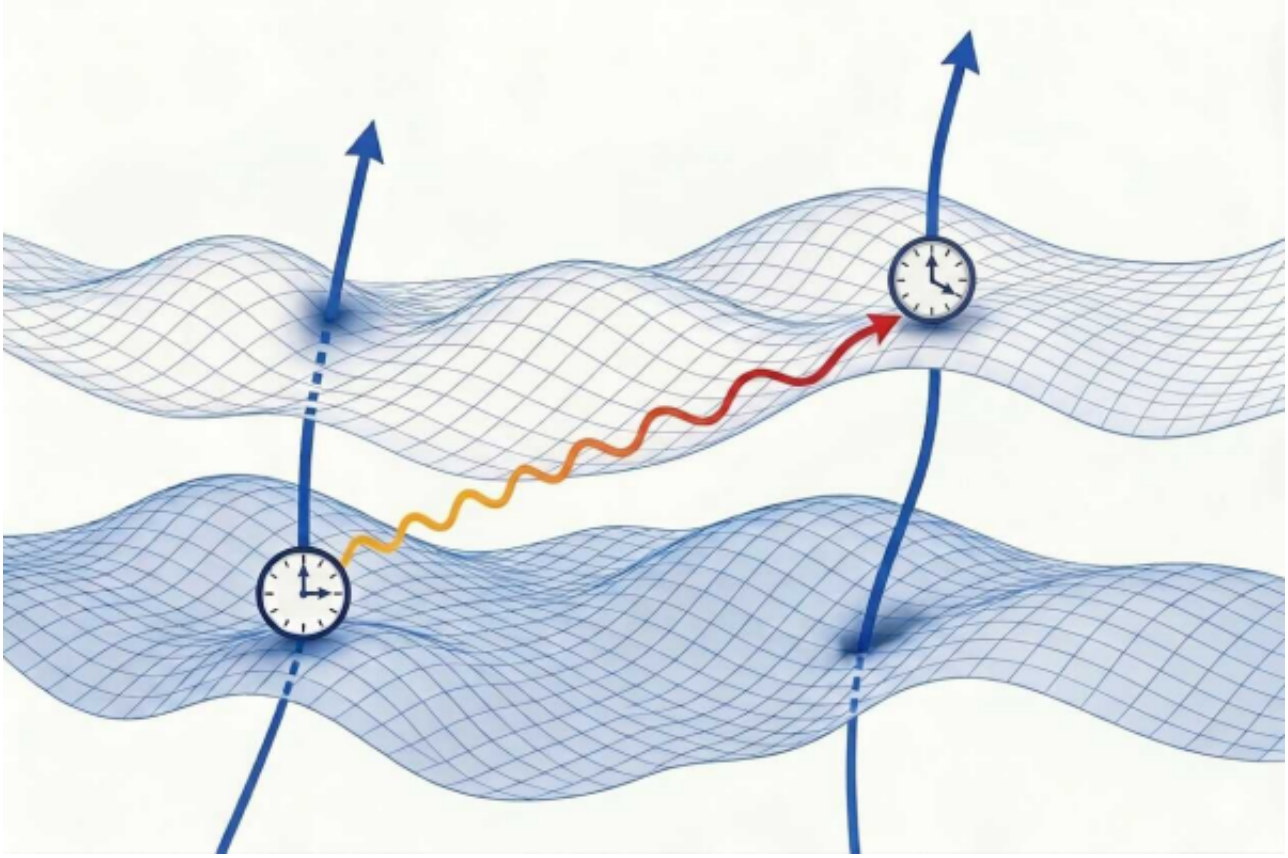
近日，中国科学院理论物理研究所等探索引力波经过时探测器的实际观测效应，实现了从“坐标选取”到“可观测量”的研究范式转变。研究采用“测地钟”观测方案：设想在膨胀的宇宙中，存在两个处于自由落体状态的观测者。研究通过发射和接收沿着类光测地线传播的电磁信号来测量时间延迟。由于时间延迟和红移是真正的物理可观测量，它们在物理上必然是独立于规范选择的。在形式上，这种同步观测方案等价于费米正规观测者看到的固有时。这类通过测地线定义的等时超曲面，等价于费米正规坐标系中的等固有时超曲面，与宇宙学中描述大尺度结构观测量的“宇宙钟”构造契合。

基于这一物理图景，研究求解观测者的测地线运动，并计算考虑微扰边界条件下的二阶类时测地线积分。在处理胶葛庞杂的二阶微扰项时，研究将时间延迟自然分解为由引力波传播引起的部分，以及来自观测者运动和初始条件的边界项，并将后者与前者严格区分开来。经过数学推导，研究揭示了一个清晰的结论：探测器测得的二阶时间延迟中，真正由引力波传播引起的信号完全由牛顿规范下的二阶横向无迹度规扰动决定。测量过程就像一个“过滤器”，能够自动剔除掉那些与坐标选择相关的非物理分量。

这一发现为次级引力波的观测预言奠定了理论基础并提供了计算框架。同时，该成果在观测层面澄清了长期存在的次级引力波规范选取争议，明确了高阶度规扰动与可观测信号之间的对应关系。

相关研究成果被选为编辑推荐文章，发表在《物理评论快报》（*Physical Review Letters*）上。研究工作得到国家重点研发计划、国家自然科学基金、中国科学院研究生国际合作培养计划、德国科学基金会埃米·诺特计划等的支持。

论文链接



次级随机引力波背景下的“ 测地钟 ”之间传递电磁信号示意图

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转发