

力学所等在空间引力波探测星间激光链路构建研究中取得进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/20314.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！

力学所等在空间引力波探测星间激光链路构建研究中取得进展

。太极计划通过卫星编队的形式进行空间引力波探测，而构建星间激光链路是其中的关键环节之一。相比应用于星间激光通信、重力场测量等领域的传统星间激光链路构建任务，太极计划需应用有限的星上资源实现三百万公里超远距离激光捕获及 $1\text{ nrad/Hz}^{1/2}$ 量级超高精度指向，因此其实现难度要大得多。为此，科学家提出采用三级捕获探测方案，通过星敏感器（STR）、CMOS捕获相机及四象限探测器（QPD）逐级探测压制激光指向偏差。目前对该方案的研究仍停留在仿真模拟及关键技术原理方法学论证阶段，并未充分考虑各阶段之间系统参数及核心探测技术之间的耦合关系，亟需通过全流程地面模拟实验进一步验证激光链路方案主要技术指标的可行性。

针对上述问题，中国科学院力学研究所引力波实验中心与中国科学院大学杭州高等研究院太极团队研究人员开展了面向太极计划的超高精度星间激光链路构建地面验证技术研究，设计并搭建了激光捕获跟瞄一体化地面模拟实验系统（图1）。该系统在完整还原捕获跟瞄方案光学系统及实施流程的基础上充分考虑了对激光远场波前、高斯平顶光束接收、弱接收光强等空间实际运行情况的模拟。系统采用小口径光阑结合大发散角出射光，依据合理的参数设计及器件选型，在实验室近场传输情况下实现了双端近似夫琅禾费衍射模拟及高斯平顶光束接收。

光学平台上放置有CMOS及QPD两级探测器，利用自研的上位机软件可实现捕获-跟瞄全流程自动模拟。模拟实验采用DWS信号实时监测激光指向角度变化，实验数据展示了由初始指向—扫描开环捕获—闭环捕获—精密指向的全流程指向角度变化（图2），实现了对初始时刻百微弧度量级指向偏差的逐级压制。

在激光捕获探测技术方面，该研究首次提出并采用了改进的质心算法，在百皮瓦级弱光情况下实现了亚像素级光斑中心定位精度。在QPD前设计了共轭成像系统，降低了beam-walk对DWS技术非线性误差产生的影响，提高了精密指向阶段角度测量精度。在QPD探测器处，激光捕获及激光精密指向结果（图3），对应到实际400倍放大率的望远镜前均能满足太极计划要求，充分验证了目前拟采用方案的可行性。

该项研究工作从物理实验的角度出发，设计并搭建了星间激光链路构建地面模拟实验系统，一方面为相应关键技术研究提供了模拟实验平台，验证了关键技术间的耦合关系，提出方法学上的改进策略并指导器件参数选择；另一方面，充分验证了整个方案的可行性，为未来方案转入工程化实现阶段提供了完备的理论验证及技术支持。相关研究成果近期发表在*Optics and Lasers in*

Engineering上。

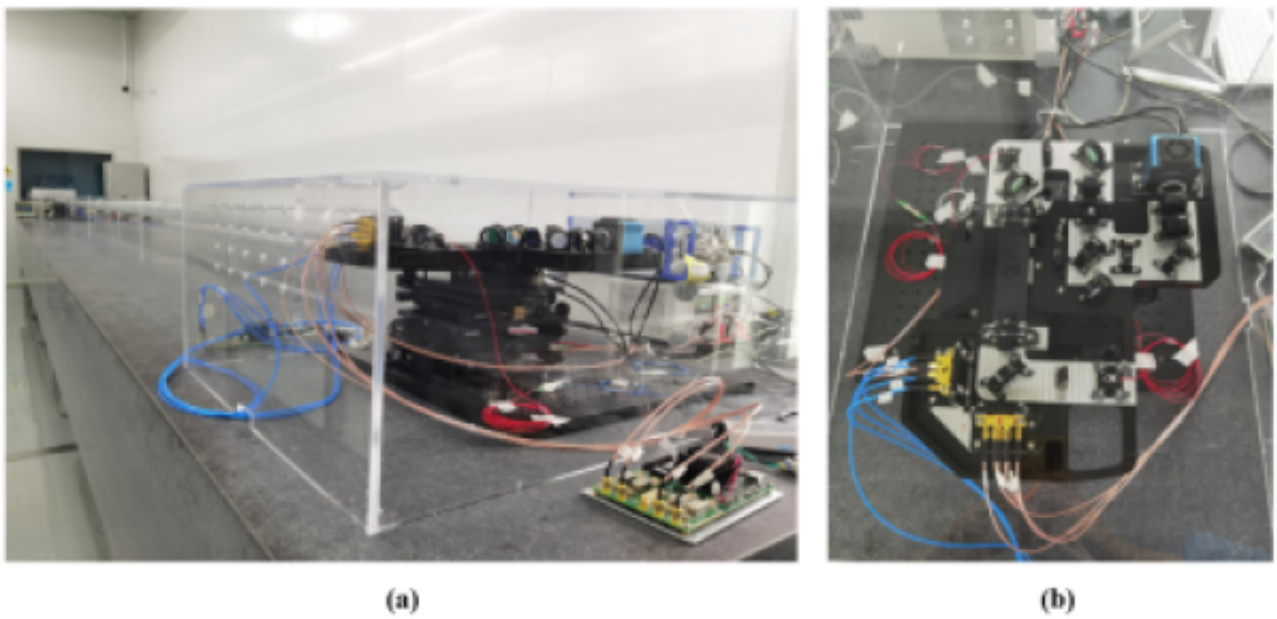


图1 捕获跟瞄一体化地面模拟实验系统实物图

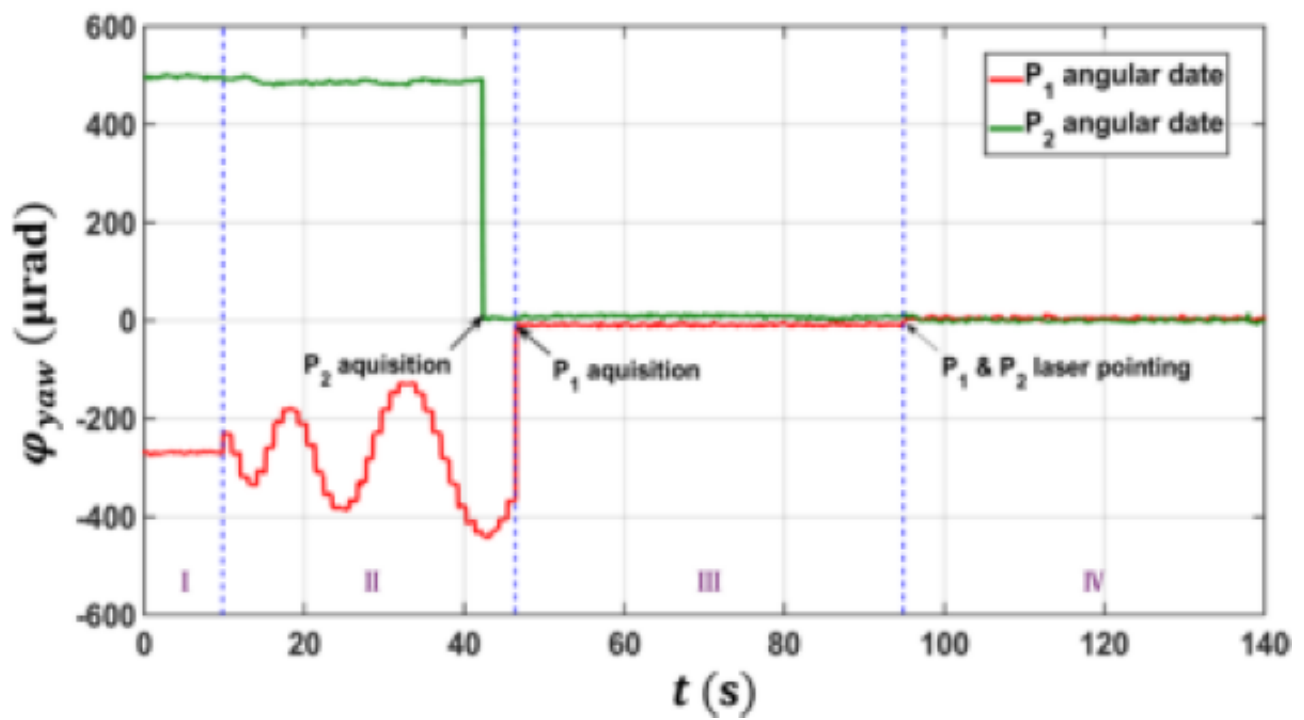


图2 捕获-跟瞄全流程模拟实验yaw方向角度变化

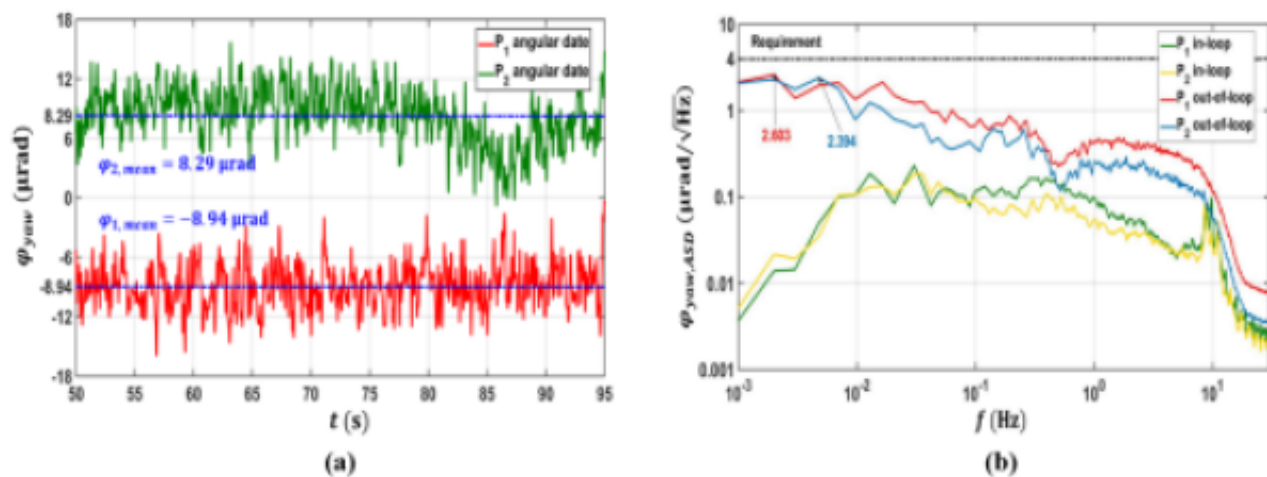


图3 (a)激光捕获完成后角度残余误差示意图。(b)激光精密指向阶段残余指向抖动幅度谱密度曲线

研究团队单位：力学研究所

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