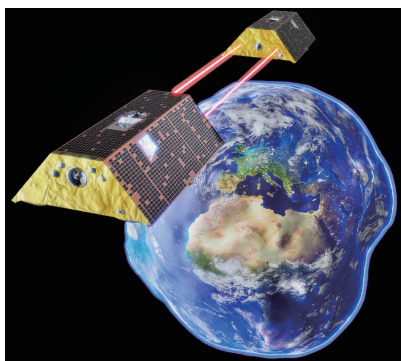


航天器测距达纳米级

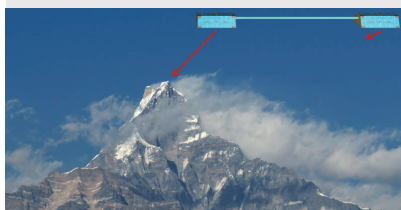
(北京大学 徐仁新 编译自 Philip Ball. *Physics*, July 19, 2019)

相距二百多公里的一对卫星打破了精密测距方面的纪录，有助于测定地球的重力场分布。

测量地球物质大幅度运动(如洋流或冰川移动)所致万有引力的微小变化，是监测地球物理过程的有效方法。引力场的变化将导致两颗在轨卫星间距的改变；而航天领域已经发展了成熟的技术，利用激光干涉达到的前所未有的精度来测量这一间距的改变。除了行星科学的价值外，这一技术还可用于探测极端天体物理事件产生的引力波。



测定地球重力场。GRACE 继任者 (GRACE-FO) 的一对卫星通过激光干涉测量它们之间的距离，从而测绘地球万有引力的微小变化(此图夸张地显示了地球变形导致的引力场改变)



山峰的万有引力。为了解释这一重力测量技术，考虑 GRACE-FO 的一对航天器飞越一座山峰的情形。当飞行器陆续越过山峰时，将被额外的重力向下拽拉，导致卫星间距有序地增加和减少

GRACE(Gravitational Recovery and Climate Experiment)是美国国家航空航天局 NASA 和德国航空航天中心 DLR 合作的产物，由处于 450 km 高空极地轨道上的两个航天器组成，运行于 2002 至 2017 年。航天器相距二百多公里，通过微波反射测距，并且用 GPS 精确监视它们的轨道。若卫星飞越的区域出现重力异常，航天器间距就会有所改变。

在空间使用激光干涉(而非微波)测距仅有一个先例：2015 年发射的“LISA 探路者”。它的任务是验证在空间测量引力波的原理，但间距仅 40 cm。旨在探测引力波的空间激光干涉仪 LISA(Laser Interferometer Space Antenna)计划将于 2030 年代发射，在相距 250 万公里的三个飞行器之间进行激光测距。

2018 年，NASA 及德国研究机构推出了 GRACE 继任者 (GRACE-FO) 计划，执行 GRACE 的后续任务，现已得到最新结果。GRACE-FO 在原 GRACE 两个飞行器上配备了更灵敏的测距仪，以激光替代微波。虽然地面实验已很好地检验了这一测量原理，但要在空间获得成功尚属挑战。激光频率必须很稳定，且要校正非引力(如航天器微弱的大气拖曳)导致的间距改变。研究人员还须剔除激光器的内禀噪声。

激光束需不断调整方向，以便一直击中目标。德方负责人、马普引力物理研究所的 Gerhard Heinzel 说：“若无光束跟踪调节，则飞行器

的随机抖动足以使激光偏向而迷失”；对于相距二百多公里的飞行器而言，光束跟踪需使激光在一米以内锁定目标。美方负责人、加州理工学院的 Kirk McKenzie 认为，建造如此精密而稳定的光学系统，“即使在实验室也是挑战，更不用说在空间了；要经历猛烈的发射阶段，还要从一个大气压、地球重力场环境转变为真空和失重状态”。

GRACE-FO 公布的首次结果表明，这些仪器确实能够高精度地测距。航天器相距 220 km，但能够探测 1 赫兹左右的周期性距离变化，精度达 0.2 nm(相当于原子大小)。

Heinzel 说：“尽管两个飞行器以每小时两万五千公里以上的高速数百次先后穿过地极，但激光测距系统一直稳定工作”。他认为，鉴于这次成功实验，“下一代地球重力场测量应该使用激光测距”。

汉诺威大学大地测量研究所的 Jakob Flury 认为，对于地球观测而言，“测距的可靠性非常重要”。他说：“高精度激光干涉测距有助于监测冰层融化、干旱和洪水、板块运动等过程导致的地球重力场变化”。

“随着数据的积累，我相信这项研究会发现新物理和新科学”，从事空间引力波探测的格拉斯哥大学 Christian Killow 说，“但要实现这一目标，不应忽视项目必须的技术改进和奉献精神”。

更多内容详见：K. Abich et al. *Phys. Rev. Lett.*, 2019, 123: 031101.

磁场仪器

赫姆霍兹线圈系统

- 500mm和1m直径线圈
- 直流补偿设备
- 500mm线圈直流时产生磁场500 μ T,在5kHz时可达100 μ T
- 可选不同轴数的功率放大器和控制器



Mag-03三轴磁场探头

- 低噪声版： $<6\text{pTrms}/\sqrt{\text{Hz}}$ at 1Hz
- 标准噪声： 6 到 $\leq 10\text{pTrms}/\sqrt{\text{Hz}}$ at 1Hz
- 基础噪声： >10 到 $20\text{pTrms}/\sqrt{\text{Hz}}$ at 1Hz ,
- 带宽典型为3kHz , 量程从 $\pm 70\mu\text{T}$ 到 $\pm 1000\mu\text{T}$



Mag628/Mag629和Mag669宇航认证的三轴磁力仪

- 量程： $\pm 75\mu\text{T}$
- 感应轴共点
- 工作电源：28V (Mag629)
- 连续工作温度范围： -55°C 到 55°C
- 依据MIL-STD-810 (振动和冲击)和MIL-STD-202 (热冲击)设计, 适于集成到机载平台
- 低噪声：在1Hz时, $<8\text{pTrms}/\sqrt{\text{Hz}}$ (Mag628/Mag629)或在1Hz时, $<4\text{pTrms}/\sqrt{\text{Hz}}$ (Mag669)



北京优赛科技有限公司
地址：北京市石景山区八角东街65号融科创新中心A座1403室
电话：010-68487691 传真：010-68700626
E-mail:sales@eusci.com 网址：www.eusci.com



www.bartington.com
Bartington[®]
Instruments