

地球自转和倾角的实时测量

(中国科学院理化技术研究所 戴 闻 编译自 Rachel Berkowitz. *Physics*, July 17, 2020)

一组环形激光器实现了在一个位置对地球运动的首次连续测量。

地球的自转旋转速度和自转轴取向,始终经历着行星内部、海洋和大气变化所带来的持续不断的涨落。德国研究人员最近报道了对这些微小涨落的第一次连续测量。这一实验设施的主体由埋在地下14 m深处的4个激光陀螺组合而成。新设施提供的数据对于保持GPS导航系统之即时精度非常重要。

许多因素,包括洋流、大气和冰架的运动,都导致地球质量中心的涨落,影响着自转轴取向和旋转速度不断起伏(合二为一称为:旋转矢量起伏)。准确的GPS导航要求定位系统卫星知道这些起伏,以便GPS使用者能够确定其相对于地表的确切位置。

目前测量地球旋转矢量的黄金标准,来自甚长基线干涉(very long baseline interferometry, VLBI),它涉

及分布于世界各地的无线电接收器。接收器感知微小的时间差异(非常遥远的类星体微波发射的突然变化,到达VLBI每一个接收器的时间不同),以准确地确定自己的位置。这些信息使它们能够监测地球相对于这些遥远物体方向上的微小变化。但将VLBI观测结果转化为最终的有用信息,可能需要几天的时间。如今,处于单个位置的旋转传感器可以提供独立的测量,并允许连续提供数据。

这种旋转传感器可以是管型激光器,其谐振腔被设计成一个闭环,称为环形激光器。在传统的直线激光器中,腔的两端都有反射镜,它们的间隔决定了产生的波长。环形激光腔通常是充满气体的管的三角形。它产生两束光,以相反的方向围绕环路传播。令该结构旋转,在正方向上运动的光束必须比相反方向的光束传播更长的距离才能完成一个回环,从而导致两个稍微不同的波长。这些光束的干涉形成一个描述旋转速率的干涉图。

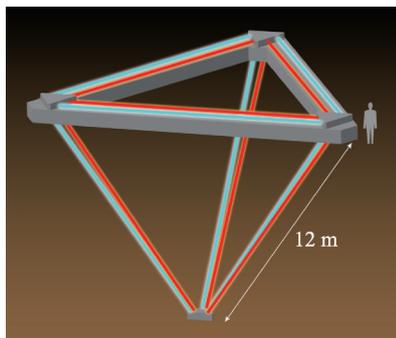
环形激光器是在20世纪90年代为测量地球运动而开发的。用氦气和氖气作为激光介质,环路是方形或三角形的,边长数米。但单环激光只能检测单个平面内的旋转;一个系统如果使用4个三角形环形激光器(作为四面体的面),则可以提供关于地球旋转矢量的完整三维信息。4个传感器中的任意3个可以提供数据,而第4个备用。这种四面

体结构,每边长12 m,于2016年在慕尼黑附近建造,并埋在地下。它是地震学旋转运动仪(rotational motions in seismology, ROMY)设施中旋转运动的中心部件,首次全尺度使用多组分环形激光器测量地球的运动。

经过47天的连续数据采集,慕尼黑工业大学的Ulrich Schreiber和同事高精度地确定了地球的旋转矢量。ROMY是足够敏感的,小组得到的数据精度很高:地球的极点在测量时间内平均位置对均值的偏离不到1弧秒(4.8×10^{-6} 弧度)。研究人员还发现,角速度偏离常数值不超过每秒2纳弧度,即表明传感器稳定性为 $5/10^5$ 。

Schreiber说,这些结果给出了迄今为止地球运动的光学干涉测量所能达到的最高灵敏度和稳定性,“一个实时观察地球运动的目标正在成为现实”。但是他同时指出,这个初步测试的性能仍然远远低于VLBI系统。有专家说:“令人着迷的是,人们可以在不观测卫星或系外射电源的情况下,仅用位于地球表面的一种仪器,来测量地球的旋转变化。”

然而,ROMY不会使卫星测量过时。随着ROMY的灵敏度和精度通过技术改进变得更加精巧,例如激光腔进一步稳定,其连续观测将补充天基观测。Schreiber认为,先进的环形激光器提供了短期、高分辨率的测量,而卫星系统和VLBI则保证长期的稳定性。



地震学旋转运动仪设施中旋转运动的中心部件。两个单独的激光束在ROMY的4个三角形周边,按相反方向环行。光束的干涉为地球旋转速度和转轴倾角提供了一个非常敏感的涨落测量



ZHUOLING MECHATRONICS
FOR VACUUM · FOR CRYOGENICS

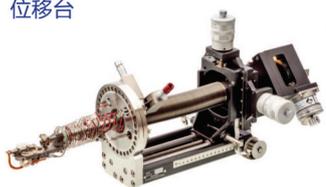
卓凌机电

您身边的真空低温产品与服务提供商

卓凌机电依托市场需求，
提供高品质的真空低温产品已经超过 50000 项，
是真空低温领域全方位整合服务的供应商。

代理品牌：VG 及普发真空，中国区代理

位移台



氦质谱检漏仪



分子泵



腔体



磁力杆



离子泵 / 吸气泵



VAT 阀门



分子泵机组



我们还提供检漏仪租赁及检漏服务，
以及各种真空泵、规管、四极质谱的租赁服务。

残余气体分析仪



安徽卓凌机电技术有限责任公司

您身边的真空低温产品与服务提供商

上海办公室 鲍美玲 15324491919 meiling.bao@zlvacuum.com
合肥办公室 杜劲松 15324491122 jsdu@zlvacuum.com

网址: www.zlvacuum.com
地址: 东湖高新合肥创新中心 13 栋 403 室