

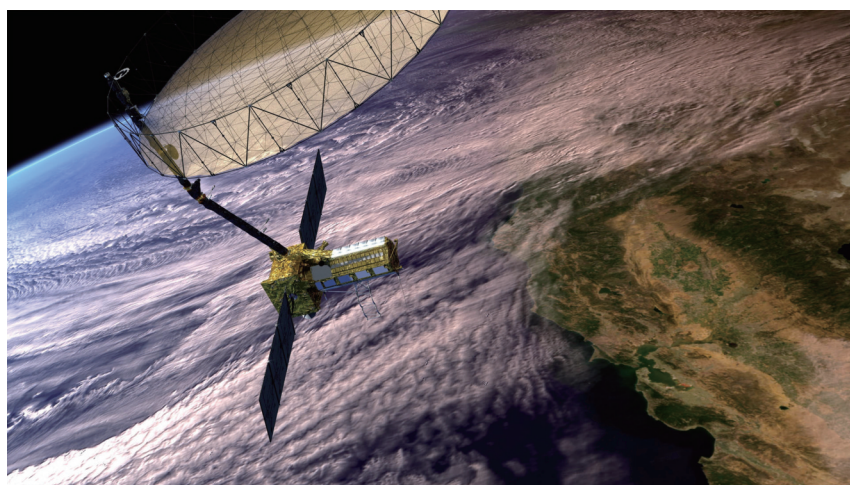
科技新闻

·深度报道·

巨型雷达卫星将探测地球的位移和震动

美国国家航空航天局与印度斥资15亿美元打造的NISAR卫星有望监测全球陆地和冰层的动态变化

文/Michael Greshko



美国国家航空航天局(NASA)与印度空间研究组织(ISRO)联合研制的“NASA-ISRO合成孔径雷达”(简称NISAR)卫星,将在太空中展开12 m宽的雷达天线,并采集240 km幅宽范围内的数据
(图片来源:美国国家航空航天局)

地球始终处于运动中,地震撕裂大地、改变地形,飓风淹没海岸、摧毁作物,冰盖吱嘎作响、不断隆起。美国国家航空航天局(NASA)和印度空间研究组织(ISRO)联合研制的新型雷达卫星NASA-ISRO合成孔径雷达(简称NISAR),有望以极高的细节捕捉这些动态变化。NISAR卫星最早将于7月26日从印度发射升空。在进入距地球747 km的轨道后,这颗近3 t重的卫星将成为人类迄今发射的最大的太空雷达之一。其15亿美元的造价,也

在卫星中首屈一指。

密歇根州立大学水文学家、NISAR卫星科学团队成员Narendra Das表示:“大家都在期待NISAR卫星发射。数据一旦传回,其应用场景和研究成果必将迎来爆发式增长。”

向地球发射微波脉冲并接收反射信号,全天候拍摄地球表面图像,不受云层和黑夜影响。与许多同类卫星一样,NISAR卫星在运行中会合成多个信号,形成“合成孔径”,模拟出一个远超实际天线尺寸的虚拟天线,进而绘

制更精细的地表特征。

即便在竞争激烈的卫星领域,NISAR卫星仍独具优势。2014年,美国与印度达成联合研制协议,其背后既有双方对先进雷达数据的共同需求,也得益于2008年“月船1号”探月任务的成功合作基础。NISAR卫星的12 m天线盘过大,无法直接装入火箭舱体,将在太空中像折叠露营椅一样展开,可收集240 km幅宽范围内的数据。这意味着它每12 d可以以不同间隔对地球几乎所有的陆地和冰层完成2次观测。同时,其合成孔径技术将使其能够绘制分辨率低于10 m的地表特征。通过反复观测地球同一地点并监测微波脉冲传播时间的变化,该卫星可识别出地表小于1 cm的垂直与水平位移。

“在我看来,其独特之处在于空间和时间覆盖的全面性。”NASA喷气推进实验室(JPL)NISAR卫星项目科学家Paul Rosen表示。

在运行的前3年,该卫星将生成高达140拍字节(petabytes, PB)的数据——大约相当于NASA整个地球科学数据档案库的总量。

NISAR卫星还将首次实现以2种不同波长进行雷达测量。其中,由NASA研制的雷达工作波长为24 cm,能穿透植被,清晰呈现地球实际地表图像。喷气推进实验室地球科学家Eric Fielding希望利用这一功能,探测此前在印度尼西亚和美国太平洋西北地区等茂密森林地区被植被遮挡的地震活动。他指出:“这将是一项

巨大的优势。”

ISRO建造的第2部雷达主要用于扫描印度及极地地区,工作波长为9 cm,介于NISAR卫星的长波雷达与其他多数合成孔径雷达(SAR)任务的波长之间。它既能穿透森林冠层,又能探测部分植被结构,从而绘制出更精确的耕地地图。ISRO亦计划利用这部雷达监测印度沿海水域的波浪运动,通过分析这些数据绘制沿海海床轮廓。

NISAR卫星的雷达脉冲可穿透地表数厘米,为分析土壤类型和含水量提供数据支持。康奈尔大学地球物理学家Rowena Lohman认为,这些数据将揭示全球变暖对永冻层的影响。永冻层占地球陆地面积的15%,全年处于冻结状态。NISAR卫星不仅能追踪永冻层的融化过程,还能监测其位移和沉降情况,包括冻土层上的植被和建筑物的变化。Rowena Lohman指出:“我们将能清晰区分永冻层的移动量和融化量。”

Das指出,在气候更温和的地区,土壤数据结合上层植被含水量的测量结果,将有助于识别农作物并监测其健康状况。此外,NISAR卫星团队将完成一项全球首创的工作:制作分辨率为200 m的全球土壤湿度定期更新地图,这将为灌溉规划、干旱及洪水评估提供支持。Das表示:“这是前所未有的创新。”

澳大利亚联邦科学与工业研究组织的遥感研究员Pascal Castellazzi表示,NISAR卫星将在其数据与其他来源的数据结合后得

以释放全部潜力。过去20年间,通过测量地球引力微小变化的卫星,科学家已追踪到干旱和灌溉导致地下水资源发生的迁移与减少。而NISAR卫星通过测量农民抽取地下水和雨水补给地下水时发生的细微地表运动,可进一步完善这一研究。Castellazzi表示:“将这些数据结合起来,我们基本上就能实现地下水管理的理想目标:绘制出高分辨率的地下水质量变化体积图。”

除科学使命外,NISAR卫星亦标志着美印两国在太空领域的合作日益紧密。NASA与ISRO联合研制的卫星,将由ISRO的火箭从印度南部海岸的斯里哈里科塔发射场送入轨道。亚利桑那州立大学的太空政策学者Namrata Goswami表示:“这是NASA与印度首次真正合作研制硬件,意义极为重大。”

(译自《Science》,2025, 389(6756))

量子随机化的精简实现

基于少量量子门层实现量子计算中的随机性

文/Naoiki Yamamoto, Kaito Wada

掷骰子时,6个面中的每一面都以等概率随机出现。这种简单的随机现象在诸多技术领域中都具关键作用,例如密码学、复杂物理模拟及磁共振成像。在经典计算机科学中,与遵循确定性路径的算法相比,随机化算法能通过运用更少的内存执行更高效的计算。随机性在量子计算中也具有重要的技术作用,但要达到生成结果的随机性则需大量操作。Schuster团队提出的量子电路(一种用于计算的抽象操作序列)可指数级减少实现结果随机性所需的操作数量,降低了在各类应用中实现快速高效量子计算的工程壁垒。

在无噪声的情况下,量子力学中状态的演化可通过幺正矩阵

(复数方阵)进行数学描述。随着量子比特[与经典计算中的比特(0或1)类似的量子位]数量增加,该矩阵的大小以2的幂次方增长($2^n \times 2^n$,其中 n 为量子比特数量)。对于当前已实现超过100个量子比特的设备而言,所需的幺正矩阵规模已变得极为庞大。尽管经典计算机无法对如此庞大的幺正矩阵进行高效处理,但量子计算机却能够做到。此外,由于量子系统高度自由,信息传播速度极快,这不仅为量子计算增添了另一层复杂性,同时也赋予了其更强的算力。

与经典计算领域相同,随机算法在量子密码学、量子模拟等诸多应用场景中均展现出重要价值。大型随机电路能够执行一系