

# 首颗陆地生态系统碳监测卫星发射成功 “句芒”巡天！人间绿水青山看遍

8月4日11时08分,我国在太原卫星发射中心使用长征四号乙遥四十运载火箭,成功发射首颗陆地生态系统碳监测卫星“句芒号”——标志着世界首颗森林碳汇主被动联合观测遥感卫星正式服役。

“句芒”是中国古代民间神话中的木神、春神、东方之神,主管树木的发芽生长,与祝融齐名,象征对自然环境的敬畏与责任。网友们赋予它的这一名字,让卫星增添了一抹独属炎黄子孙的浪漫。

在“句芒号”发射前,我国传统的碳汇测量主要依靠人工对森林植被进行抽样监测,“句芒号”的应用将改变这一现状,标志着我国碳汇监测进入天基遥感时代。

## 解读 “句芒”能做什么？

要实现“碳中和”,就如同大自然的一场“碳源”与“碳汇”的数字运算,最终期待实现“收支相抵”。要对碳收支的账户做到心中有数,首先就要对森林资源一探究竟。

获取高精度的植被高度和面积信息是关键。对应到卫星设计上,其搭载的多角度多光谱相机和激光雷达,可以通过获得森林的地面图像和高度信息,较好地测量出植被的蓄积量和生物量,反映生态系统碳储量。

陆地生态系统碳监测卫星主要用于陆地生态系统碳监测、陆地生态和资源调查监测、国家重大生态工程监测评价,并为环保、测绘、气象、农业、减灾等领域提供业务支撑和研究服务。

“句芒号”卫星是国家民用空间基础设施中长期发展规划中的科研卫星,运行于高度为506公里、倾角97.4度的太阳同步轨道。该卫星配置多波束激光雷

达、多角度多光谱相机、超光谱探测器、多角度偏振成像仪4种载荷,采用点面结合、主被动结合的遥感体制,通过“激光+多光谱+多角度+超光谱+偏振”的综合遥感手段,获取森林碳汇的多要素遥感信息,提高碳汇反演精度,将显著提高我国陆地遥感的定量化水平。

“原来一台相机从头顶经过,垂直观测,只能看到人的头顶。现在拍摄角度多了,不仅能看到头顶,还能看到面部、后脑勺、前胸后背等多方面、多维度的信息。”航天科技集团五院508所多角度多光谱相机主任设计师贾福娟打了个比方。

据悉,该卫星获取的全国以及全球森林碳汇数据,将转变传统的人工碳汇计量手段,提高碳汇计量的效率和精度,为我国“碳达峰、碳中和”目标提供重要的遥感支撑,提高我国应对全球气候变化的话语权和主导权。

## “句芒”的“准、全、细、精”

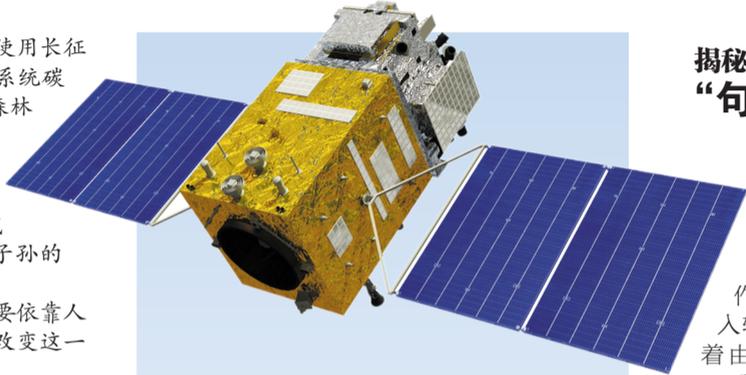
植被测高结果“准”。“句芒号”卫星上的多波束激光雷达通过计算激光到达树冠以及地面的时间差,可计算出树木的高度。研制团队通过数据反演、仿真分析、应用测试等,实现5台激光器1秒发射激光共200次,并对激光雷达所需的卫星环境和硬件配置进行适应性设计,克服了散热等难题,最终实现测点间隔由公里级跨越至百米级。

获取植被面积“全”。“句芒号”卫星设计安装了5个多光谱相机,实现对地5角度立体观测。同时,为了避免植被阴、阳面光线影响,研制团队还创新方法,确保5角度成像光谱响应一致。实现这些能力后,5角度多光谱相机可帮助卫星绘制一幅“立体”植被分布图,精准覆盖观测区域的一草一木。

叶绿素荧光探测

“细”。叶绿素荧光高精度制图是“句芒号”卫星支撑高精度碳汇监测的重要环节。但叶绿素荧光的能量非常小,仅有0.5%至2%以荧光的形式发射出来。为提升叶绿素光谱探测精细程度,该卫星配置了超光谱探测器,并创新使用了光栅分光原理,将光谱分辨率较传统提升了10倍,可探测到太阳光谱的微弱变化。

大气校正数据“精”。为了去除大气对卫星监测数据的影响,“句芒号”卫星专门配置了偏振成像仪,支持35个角度监测大气PM2.5含量,获取大气横向PM2.5含量信息。同时,该卫星还增配了大气激光雷达,用于获取大气纵向PM2.5含量信息。一横一纵,就将数据结果由二维变成了三维立体信息,确保大气校正更精准。



我国成功发射陆地生态系统碳监测卫星。

## 揭秘 “句芒”是怎么做到的？

记者从航天科技集团五院获悉,空间碳汇监测是“双碳”目标的关键工作之一,此次成功上天入轨的“句芒号”还携带着由航天科技集团五院508所研制的三件“神器”。据了解,这三件“神器”将在日后的“碳汇”量化监测和全球“碳家底”摸排中发挥至关重要的作用。

### 神器1 追捕叶绿素荧光的“奇幻之眼”

叶绿素荧光的探测直接关系到大尺度的植被光合作用动态监测,叶绿素荧光于绿植中无处不在,其光谱范围狭窄,只有纳米级宽度。此外,其能量在植被反射能量中又非常微弱,只有1/50的量级。

为了追捕叶绿素荧光,航天科技集团五院508所研制了超光谱探测器。该探测器具备高光谱分辨率、高信噪比、高稳定性等技能优势。

在高信噪比方面,这只“眼睛”的信噪比很强大,叶绿素荧光能量比其背景能量小50倍,这只“眼睛”却能够把比背景能量小200倍的东西一览无余,因此,即便是在微亮的晨曦,或是昏暗的傍晚,也能够对叶绿素荧光进行无死角探测。

同时这台超光谱探测器还具有高动态范围和高稳定性的探测优势。它自身还能在强光里运作,其自身还携带了高品质的星上定标装置,在轨利用特性永恒的太阳能不断地进行光谱和辐射定标,进行稳定精准探测。

### 神器2 从天外扫描森林的“奇妙之尺”

激光雷达作为一种主动遥感技术,除了能获得距离信息,还能获得物体本身的一些特性,而这些信息就隐藏在激光的波形信号里。

当激光从雷达照射到森林时,光束首先到达树冠,一部分激光被树冠反射回去,另一部分激光则沿着缝隙向下穿透,再被树木中间的树叶、枝干反射回去,最后一部分激光到达地面,被地面反射。这样,就能得到树冠、中部、地面的回波,科研人员根据冠层和地面回波的时间差,就可以计算树高。

航天科技集团五院介

绍,要在500公里的卫星轨道上实现这一目标,非常困难。首先,由于卫星轨道太高,大部分的激光能量都在路上耗散了。其次,激光发射和接收系统还必须精确地对准地面同一个目标,在500公里之外偏差不能超过55米,这样才能保证反射回来的光被接收到。并且要求整个激光雷达在经历了火箭发射段的振动、太空失重、入轨后冷热交变的太空环境后,指向不能发生改变。

航天科技集团五院508所多波束激光雷达研制团队,攻克了大功率高频激光器、超高灵敏度微弱信号探测、高精度收发光学系统设计装配等关键技术,解决相关难题。

### 神器3 能三维立体俯瞰的“奇异精灵”

一般的遥感应用通常采取垂直对地观测的方式,随着太阳高度角及观测角度的变化,常常使得所观测的同一地表物体因其反射、辐射信息的很大差异而获得不同的反馈信息,从而降低了对目标物的识别精度和对其参数反演的准确度。

多角度多光谱相机是我国首个五角度可见光探测相机。在对植被的观测中,可以分别从垂直0度、正负19度、正负41度5个方向获取同一地面景物的多光谱图像数据,获得更为详细可靠的地表三维空间结构信息。

同时,这五个角度在观测光谱的选择上“暗藏玄机”,设计上它还能“看”出森林的健康情况,进而推算其固碳能力。由于森林叶绿素含量、冠层结构不同,植被叶片在红边波段的反射率会发生突变,将达到一个明显陡峭的斜坡。

据介绍,业界认为,品质好的植被其反射率大幅度上升,因此其斜坡斜率越大说明植被越健康。正是利用这个特点,科研人员设计时将其中两台大角度观测相机全光谱段改换为红边波段,而其余的小角度观测相机仍采用了传统可见光波段设置,这样能更加全面准确地用于观测植物氮素含量、叶绿素含量、病虫害、生物量估算等。

值得注意的是,其“体态”非常轻盈,单台不超过20公斤。

据新华社、央视、《武汉晚报》、《人民日报》