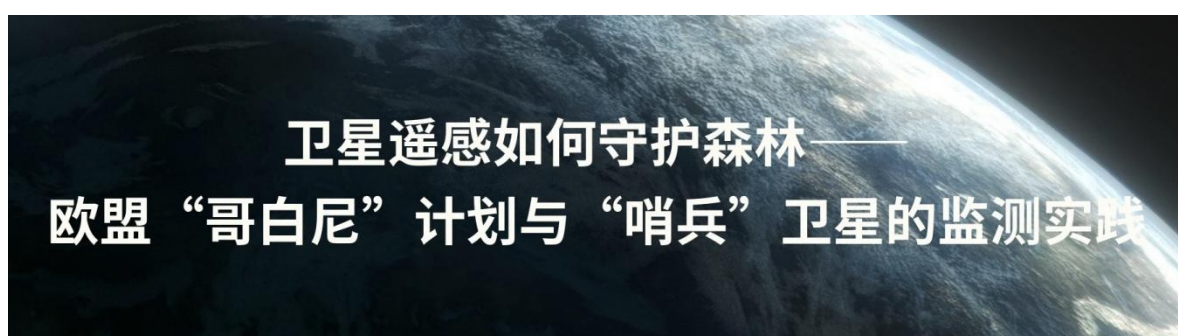


海纳集成第二十七期

在全球范围内，利用卫星遥感技术开展森林监测应用广泛，是提升森林资源管理效能的关键支撑。其中，欧盟借助“哥白尼”计划构建的系统性监测体系，以其全球性公共产品的定位与开放的服务模式，为林业现代化管理提供了一个具有参考价值的范本。



01

● “哥白尼”计划背景概述 ●

欧盟是全球最大的区域经济一体化组织，境内森林资源丰富，森林面积达 23.85 亿亩。与全球许多地区一样，其森林也面临着火灾、病虫害及气候变化带来的严峻压力。传统地面监测手段难以全面覆盖大范围森林区域，在突发灾害面前更无法满足快速响应的时效要求。在此背景下，一双从太空俯瞰地球的“眼睛”变得至关重要。

欧洲航天局（European Space Agency）成立于 1975 年，是一个致力于探索太空的政府间组织，总部设在法国巴黎。欧洲航天局的太空飞行计划包括载人航天、发射和运行其他行星和月球

的无人探测任务、地球观察和通信、设计运载火箭等。2014 年，由欧洲航天局主导实施的“哥白尼”（Copernicus）计划全面运行。该计划通过构建一个以“哨兵”（Sentinel）系列卫星为骨干的综合性对地观测网络，旨在为全球提供覆盖陆地、海洋、大气等关键领域的权威环境数据，其最显著的特点是坚持“免费、开放、持续”的数据政策。“哨兵”系列卫星配备雷达与多光谱传感器，能穿透云雾、不受昼夜限制，具备对大范围地球表面进行高频次、全覆盖动态观测的强大能力。基于这一能力，“哥白尼”计划能实现对大范围森林资源进行精准、连续的动态扫描，为生态保护、公共安全与可持续发展提供至关重要的空间信息支持。



图 1 欧洲航天局

图源：

<http://www.uux.cn/viewnews-115832.html>

02

● “哥白尼”计划监测服务 ●

“哥白尼”计划提供土地、大气、海洋、应急管理、气候变化、安全等六大领域监测服务。

其中，与林业管理密切相关的主要是土地监测服务和应急管理服务。土地监测服务可为世界各地用户提供有关土地覆盖及其变化、土地利用、植被状态、地表水循环和能量平衡的地理信息，支持城市空间规划、森林和水资源管理、农业和粮食安全、自然保护恢复以及农业农村发展等应用。

应急管理服务能为参与自然灾害、人为紧急救援和人道主义危机管理等的相关人员，提供及时准确的地理空间信息。在森林资源管理方面，可提供 10 米到 20 米空间分辨率的森林类型、生物量、火灾、风倒木、病虫害等标准化产品，并纳入欧盟官方统计与监管体系。



图 2 “哥白尼”计划开发的卫星

图源：

<https://www.esa.int/Applications/Observing-the-Earth/Copernicus/Introducing-Copernicus>

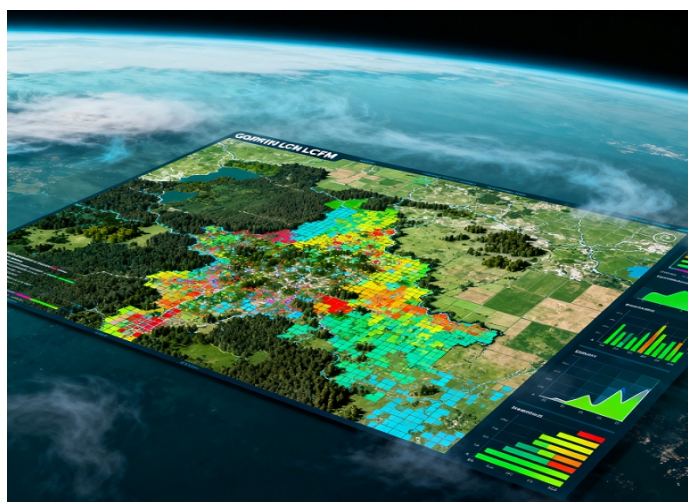


图 3 “哥白尼”计划的全球土地覆盖与热带森林监测项目

图源：

<https://osgeo.cn/post/1dd95/>

● “哥白尼”计划林业应用之森林防灭火 ●

欧盟森林资源丰富，约 39% 的陆地面积为森林所覆盖，但近年来正面临日益严峻的火灾威胁。据欧盟委员会联合研究中心统计，2023 年欧盟有 20 个成员国的森林过火面积高于历史平均水平。仅在 2023 年夏天，希腊的森林火灾烧毁面积已超过 2006 至 2022 年间的年均过火面积，前所未有的森林火灾事件造成了巨大的生态与经济损失。

“哥白尼”计划的预警和监测服务，成为森林火灾防控的“指挥参谋”。2023 年 5 月，西班牙西部发生重大森林火灾；2024 年 9 月，葡萄牙北部和中部地区野火蔓延，“哥白尼”计划均通过提供卫星图像等信息，为及时高效扑灭林火发挥了关键作用。尤其在 2024 年 9 月葡萄牙北部野火蔓延期间，“哥白尼”计划迅速向该国交付了 11 份制图产品，累计精准识别和划定烧毁面积超过 166 万亩，为高效调度消防飞机与消防员部署等救援行动提供了关键地理空间信息。

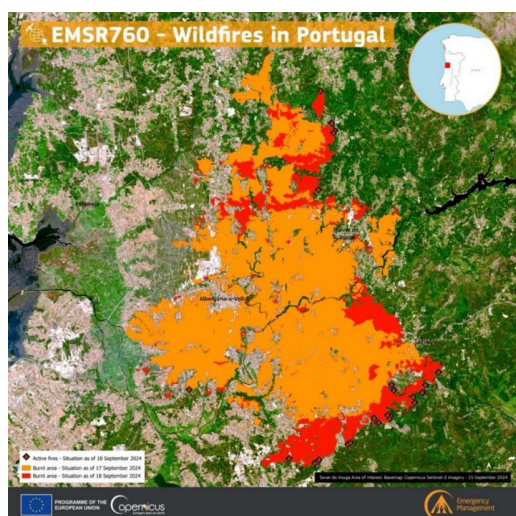


图 4 葡萄牙塞韦尔杜武加地区野火烧毁面积的时间演变可视化图

图源：

<https://mapping.emergency.copernicus.eu/news/information-bulletin-174-copernicus-emergency-management-service-monitors-wildfires-in-portugal/>

为系统化提升森林火灾防控能力，欧盟采取了以下综合措施：一是在政策层面，2023 年提出森林监测法规提案，推动建立统一的欧盟森林资源监测系统。二是在能力建设层面，通过增加消防直升机等设备、强化救援队伍并开展空地协同培训（已有约 5000 名消防员参与），提升实战水平。三是在系统协调层面，以“哥白尼”数据为基础，欧盟持续升级欧洲森林火灾信息系统（EFFIS）以强化火情监测与信息共享，并准备在必要时启动欧盟民事保护机制，从而整合跨区域应急响应能力。

04

● “哥白尼”计划林业应用之森林采伐监测 ●

森林是陆地生态系统的核心，不仅维系着生物多样性、调节气候与水循环，更贡献了全球约 20% 的氧气。然而，全球森林依然面临持续的毁林压力。据统计，在 2015 至 2020 年间，全球每年约有 1000 万公顷森林因砍伐而消失，相当于每分钟失去 30 个足球场。为此，欧盟制定了《欧盟零毁林法案》《森林监测框架》等严格的法律与政策框架，并设定了到 2030 年至少种植 30 亿棵树的目标。

要实现上述目标，依赖于对森林变化进行精准、可核查的监测。“哥白尼”计划在此发挥了核心作用：其哨兵-1 号雷达卫星能穿透云层与树冠，不受昼夜和天气限制，可全天候探测地表植被的结构变化，有效识别森林采伐等活动。哨兵-2 号光学卫

星则提供高分辨率多光谱影像，用于精确分析森林类型、健康状况及土地覆盖变化。

基于这些数据，哥白尼的土地监测服务能够生成覆盖欧洲、分辨率达 10 米的森林覆盖密度、优势树种分布等标准化产品，从而为相关政策制定、执行与监管提供关键的数据支撑。

例如，荷兰科技公司 Satelligence 利用卫星图像的时序变化数据，构建了森林损失风险指数，能够精准识别疑似非法采伐活动。该公司还将卫星数据与木材供应链中数百万个地理定位点（如林场、加工厂）相结合，实现了对木材来源与流向的可视化追溯，为打击非法木材贸易提供了关键证据。据统计，2022 年“哥白尼”计划的相关监测帮助挽救了约 3.2 万公顷面临毁林风险的森林，相当于减少了近 580 万辆汽车一年的碳排放量。

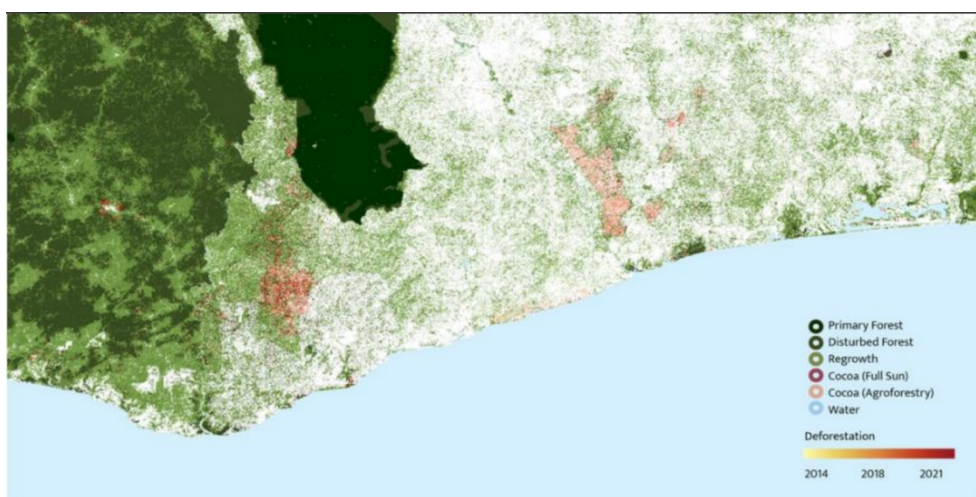


图 5 荷兰 Satelligence 公司森林砍伐监测产品示例图

图源：

EU Agency for the Space Programme

● “哥白尼”计划林业应用之林业碳汇监测 ●

森林是碳库，具有强大的固碳增汇功能，在应对气候变化中发挥着重要作用。实现森林碳储量的可测量、可报告与可核查，是当前气候治理面临的主要挑战之一，传统的实地调查方法往往因监测范围有限、实施成本高昂而难以满足大面积、高频次的监测需求。

“哥白尼”计划凭借先进卫星监测技术构建的“太空监测网络”，为更大范围的森林碳汇监测与 REDD+森林碳汇机制核算提供了科学支撑。其中，哨兵-1 号雷达卫星可全天候监测森林覆盖变化与退化情况；哨兵-2 号高分辨率光学卫星能获取植被类型与健康状况，为碳储量估算提供关键参数；哨兵-5P 卫星专注于监测大气温室气体浓度，从而追踪森林碳排放动态。

为将卫星数据转化为可实用成果，“哥白尼”计划配套开发了 SEPAL 系统和 OpenForis 工具包等专业化工具，分别用于整合卫星数据与地面调查信息和规范数据采集流程，支持快速生成森林碳汇变化地图，确保森林面积、生物量等数据的一致性。“哥白尼”计划的数据格式与国际气候公约相兼容，有效推动了 REDD+机制下可比较、可核查的碳汇统一核算。目前，全球超过 90%的 REDD+报告依赖于其数据。

实践表明，这些数据已深度融入 REDD+管理：例如，巴西借助其监测，核算出 2023 年巴西亚马逊地区毁林率下降 50%对应

的具体碳减排量；印度尼西亚亦通过“哥白尼”数据，验证了2021-2022年间毁林率下降8.4%，成为其成功获取国际气候资金的关键依据。

“哥白尼”计划已成为全球森林碳汇核算的“基础设施”，在降低碳汇监测成本和提升数据透明度的同时，增强了国际社会对数据成果的可信度。随着未来更多卫星的部署和发射，“哥白尼”计划将实现森林碳交换过程的直接监测，为REDD+机制高效运行和全球“净零”排放目标的实现，提供更坚实的科学保障。

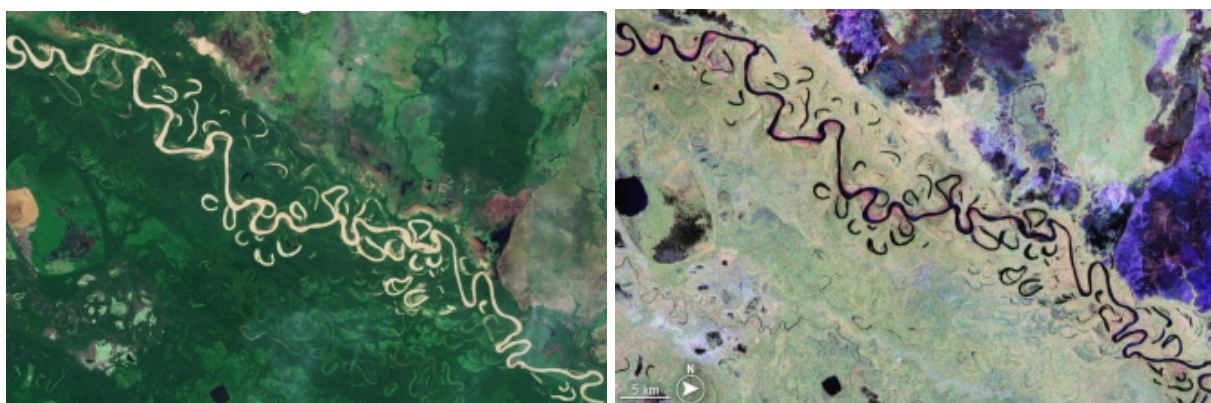


图6 Biomass 卫星测量玻利维亚一区域的木质生物量拍摄画面，测量结果可作为碳储存的替代指标（绿色代表雨林、红色代表平原和湿地、蓝紫色代表草地、黑色代表河流和湖泊）。

图源：

<https://www.esa.int/ESA-Multimedia/Images/2025/06/Bolivian-forest-and-landscape-from-Biomass>

● 对我省林业的启示 ●

福建智慧林业已建成集卫星遥感、无人机、视频监控、护林员地面巡护一体的“天空地人”智能化立体感知体系，通过即时更新的高分辨率卫星遥感数据，定期监测全域资源变化，保障森林生态安全。

“哥白尼”计划所构建的系统性地观测体系，为我们持续推动林业治理现代化提供了有益的国际视角与技术借鉴。**一是构建更丰富的数据体系。**可借鉴“哥白尼”计划的数据管理模式，依托本省智慧林业工程，整合森林资源、生态及产业数据，建立统一管理、便捷共享的数据服务平台，为政策制定、产业发展和科技创新提供支撑，持续驱动福建林业高质量发展。**二是发展更多元的监测手段。**可探索利用类似哨兵-1 系列合成孔径雷达卫星对台风、暴雨引发的森林灾害（如山体滑坡、泥石流）进行实时动态监测，为应急救援与生态恢复提供快速、准确的空间信息支持。**三是激发更强大的创新能力。**探索林业科技创新，挖掘更全面的应用手段，深化林业无人机应用、强化新一代信息技术和低空经济应用场景，持续推进智慧林业发展。

参考文献来源:

- [1]<https://www.esa.int/>
- [2]<https://dataspace.copernicus.eu/>
- [3]<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>
- [4]<https://browser.dataspace.copernicus.eu/>
- [5]<https://aux.sentinel1.eo.esa.int/>
- [6]<https://slqc.asf.alaska.edu/aux-poeorb/>
- [7]<http://step.esa.int/main/download/snap-download/>
- [8]<http://step.esa.int/main/third-party-plugins-2/sen2cor/>
- [9]<https://search.asf.alaska.edu/>
- [10]<https://emergency.copernicus.eu/>
- [11] <https://www.mfa.gov.cn/web/gjhdq-676201/gjhdqzz-681964/>
- [12] <http://www.uux.cn/viewnews-115832.html>