

利用卫星合成孔径雷达进行考古勘探和遗迹保护：Dragon-5

SARchaeology 项目的成果汇报

Francesca Cigna¹, Timo Balz², Deodato Tapete³, Gino Caspari⁴, Bihong Fu⁵, Michele Abballe¹, Haonan Jiang²

- 1) 意大利国家研究委员会-大气科学和气候研究所 (CNR-ISAC)
- 2) 中国武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室 (LIESMARS)
- 3) 意大利航天局 (ASI)
- 4) 悉尼大学考古系
- 5) 中国科学院航天信息研究所 (AIR-CAS)

利用卫星合成孔径雷达图像和先进的处理方法进行考古勘探和遗产地保护为主要目标，Dragon-5 SARchaeology 国际合作项目正在逐步改变，以证明 SAR 有能力探测具有考古意义的物体，并监测文化和自然遗产的状况和稳定性。这些都是土地监测和地球系统科学领域极为重要的地球观测应用。该项目侧重于中国、俄罗斯、蒙古、意大利、挪威和保加利亚的一系列研究地点，包括丰富的文化遗产资源类型，即墓冢、部分埋藏的考古遗址、城市立碑、自然保护区、古河道和附着有机质的冰斑遗迹。

该项工作报告了项目前两年的主要成果。项目执行期间的研究重点包括：回顾文化遗产领域对成像雷达进行的最为先进的应用研究；多传感器合成孔径雷达和光学数据采集，以及对研究区的新采集活动进行有针对性的任务分配；利用特征提取、图像分类、变化检测和干涉合成孔径雷达 (InSAR) 方法进行合成孔径雷达图像处理、分析和解译；实地数据收集、地面实况和基于 EO 的证据和观测的验证。

在更广泛的意大利罗马省，利用 Sentinel-1 IW SAR 图像的大数据进行了长期 InSAR 地面变形分析，并确定了可能对遗产资产构成潜在威胁的土地沉降热点。通过分析 RADARSAT-2 精细波束和 Sentinel-1 IW 双波段收集的 C 波段和 COSMO-SkyMed 收集的 X 波段的多频 SAR 数据，在 DEIMOS-2、WorldView-3、Pléiades-1 和 Google Earth 的高分辨率光学数据的帮助下，对该省的郊区和农村

地貌进行了初步调查，并通过实地收集的证据加以验证。

在中国武汉进行了长期的 SAR 和 InSAR 分析，估算和预测城市化和地表运动对当地文化遗产地造成的风险。通过武汉大学和意大利航天局（ASI）合作的武汉-CSK 项目获得的 COSMO-SkyMed 数据的长时间序列，以及 TerraSAR-X 数据被用于长期变形估计和调查城市化发展。此外，还处理了通过 Dragon-5 项目获得的 ERS-1/2 和 ENVISAT ASAR 数据。来自 Keyhole 传感器的现有历史数据允许手动绘制 1960 年代中期的城市地区地图。城市地区的三维发展是高分辨率 SAR 数据处理的重点。因此，详细的二维和三维城市化分析可以识别城市发展，从而更好地评估武汉文化遗产所在区域面临的风险。

对于墓葬的研究，工作的重点是改进方法和更好地监测气候因素方面的遗址。这一点很重要，因为最有价值的墓穴都是在永久冻土区或靠近永久冻土区发现的。全球变暖和永久冻土的融化会危及一些目前仍处于冰冻状态的相关遗址中的有机遗迹，因此对考古分析来说是极其宝贵的。更多地了解目前永久冻土的范围，监测空间变化，并希望能够预测未来变化的时空模式，这对未来考古发掘的规划和优先次序的确定具有至关重要的意义。

探测盗掘是文化遗产保护的一项重要任务。合成孔径雷达干涉测量相干性是一种非常敏感的变化检测工具，结合合成孔径雷达数据的高时相分辨率，可以成为盗掘活动的一个好方法。该项工作主要的挑战是相干性对变化和其他因素非常敏感，如土壤湿度和空间基线差异。因此，保证成功检测的同时保持低误报率是非常困难的，特别是在寻找亚像素尺寸的变化时。为了测试基于检测适应性本地和非本地邻域内的统计不均匀性的新方法，在武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室（LIESMARS）的卫星接收站准备了一个测试。在试验场上人为制造盗掘结构，利用高分辨率 TerraSAR-X 数据和中分辨率 Sentinel-1 数据测试可探测性并开发支撑技术。