

轻小型无人机载合成孔径雷达 (Mini-SAR) 应用介绍

2025年5月



目录

1

SAR技术介绍

2

典型应用场景

3

应用案例

1.1 合成孔径雷达SAR

🌀 合成孔径雷达 (SAR) :

(Synthetic Aperture Radar SAR) 是利用一个小天线沿着长线阵的轨迹等速移动并辐射相参信号, 把在不同位置接收的回波进行相干处理, 从而获得较高分辨率的成像雷达。是主动式侧视雷达系统, 通过发射和接收微波信号生成地表影像, 且成像几何属于斜距投影类型。

🛩️ SAR系统主要组成 :

发射机 : 产生电磁波并将其发射出去

接收机 : 接收反射回的信号

天线 : 负责电磁波的发送和接收

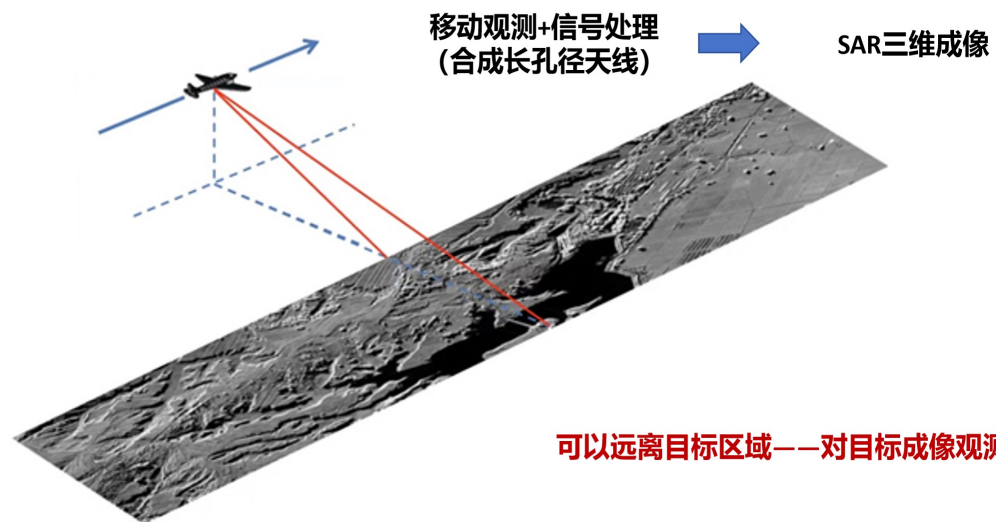
平台 : 提供 SAR 系统运动所需的轨迹

数据处理单元 : 对原始数据进行处理, 产生最终的 SAR 图像。

☰ SAR 类型 :

聚焦型 : 方位分辨率好、与目标距离无关、覆盖面积大、测绘速度快, 但设备复杂 ;

非聚焦型 : 方位分辨率与波长和距离的平方根成正比, 其所形成的天线长度有一个最大的可能值。



1.2 合成孔径雷达 (SAR) 的优势

- SAR符合低空经济这一国家重大发展需求；
- SAR广泛应用装载多种平台，也是军用及民用遥感领域不可或缺的重要技术手段。



广泛应用装载多种平台

优势：

SAR发出的信号类型是电磁能量脉冲，可以穿透黑暗、云层和雨水，它可用于检测由于自然或人为事件引起的环境变化，例如洪水、漏油、森林砍伐、船舶探测和海冰等。信号的波长决定穿透深度；波长越长，信号穿透和穿透地形植被的深度就越深。



挑战：——白天夜晚工作（全天时）

——穿透云雨雾霾烟尘工作（全天候）



夜间感知



恶劣天气下感知

1.3 SAR是目前唯一具备**全天时**、**全天候**成像感知能力的传感器

SAR是目前唯一具备**全天时**、**全天候**成像感知能力的传感器，可大面积立体测绘、全极成像，不仅能探测到目标，并能够形成完整的2D/3D图像数据信息。

光学相机 (拍摄)		传统雷达 探测发现		激光雷达 三维建模
黑夜无法成像 Optical	无法穿透云雾	照片/图像	分辨率低且高频段穿透力差	成像距离200M-2KM 扫描范围百米级 受谱段限制和不良气候影响
SAR 图像	24小时工作 3 m SAR	全天候	多能力	成像距离 > 5KM 扫描范围千米级， 抗干扰能力强
全天时	全天候	多能力	成像观测	



SAR系统在应急管理领域的应用

□ 面向应急的无人机+SAR系统应用特点：

- ✓ 合理的成本
- ✓ 恰当的空间精度
- ✓ 贴近行业的工作流
- ✓ 良好可控的操作性
- ✓ 灵活高效的采集方法



通过“无人机+SAR”，可以在应急场景中快速生成SAR相关影像成果，并可一键转发。在应急应用场景中，需要迅速掌握特定区域的相关情况，通过运用“无人机+SAR”在高空中快速获取该区域的数张影像，然后通过服务器端快速完成整个工作流，整个过程无需较多的等待和复杂联网操作。可以生成高精度的SAR、DEM、光学红外等相关影像成果，并以服务的形式对外共享，为抢险救灾的技术人员提供强有力的技术支持。

SAR系统在应急中的应用为应急管理部门提供了有力的技术支持，有助于提高应急响应的效率和准确性。通过不断的技术创新和应用实践，SAR系统将为应急响应提供更加准确、高效的支持。

SAR系统在应急管理领域：4类21个典型应用场景

类	一、侦察测绘						
场景	1 灾情侦察	2 全景图拍摄	3 三维建模	4 正射测图	5 打点定位	6 滑坡体识别测量	7 堰塞湖识别测量
场景需求	<p>通过无人机搭载Mini SAR等侦察载荷，从空中对灾害现场进行侦察，实时获取灾害范围、灾害发展态势、灾场周边条件，以及道路损毁、建筑物倒塌、人员受困等关键信息，为救援行动开展与指挥决策提供支撑。</p>	<p>利用无人机搭载Mini SAR，快速采集灾害核心区及周边区域影像，并生成全景SAR影像图，直观呈现灾害现场关键要素的空间分布，为灾情研判与救援力量部署提供可视化支撑。</p>	<p>利用无人机搭载Mini SAR载荷，获取灾区影像数据，并进行三维建模，制作灾区三维实景图，同时在模型上开展灾害体标注、点线面量测、救援力量部署等，为灾情评估提供空间数据支撑。</p>	<p>利用无人机搭载Mini SAR载荷，获取灾害区域影像数据，制作二维正射影像图，并进行点的坐标获取，线段、面积量测及灾害前后比对等，为灾情评估提供空间数据支撑。</p>	<p>利用无人机搭载定位模块、激光测距、Mini SAR载荷等，快速打点获取灾害点的位置信息，为开展救援行动提供精准的位置数据。</p>	<p>通过无人机搭载可见光、红外、激光、Mini SAR等测绘载荷，获取灾区滑坡体影像数据，通过智能识别算法，精准识别任务区域内滑坡体，确定滑坡体的数量、位置、大小等特征。</p>	<p>通过无人机搭载可见光、红外、激光、Mini SAR等测绘载荷，获取灾区影像数据，通过智能识别算法，精准识别任务区域内堰塞湖，确定堰塞体位置、体积、周边地形地质、湖水容积等。</p>

SAR系统在应急管理领域：4类21个典型应用场景

类	二、巡查监测									
场景	8 火场态势监测	9 水流流速监测	10 地质灾害监测	11 尾矿库监测	12 森林火灾巡检	13 河道巡查	14 巡堤查险	15 地质隐患巡查	16 化工园区巡检	17 高危场景巡查
场景需求	利用无人机搭载Mini SAR、可见光、红外热成像等载荷，对火灾现场的火势发展、烟雾扩散、温度分布等情况进行实时监测和数据采集，为火灾扑救指挥决策提供准确、及时的信息支持。	在洪涝、泥石流等灾害引发的水流湍急场景中，利用无人机搭载Mini SAR、流速仪等载荷，对水流速度进行快速、精准测量，为救援决策提供关键数据支持，辅助评估风险、制定救援方案及保障救援人员安全。	通过无人机搭载Mini SAR、可见光、红外热成像、激光雷达和合成孔径雷达等载荷，按预设周期巡航隐患区域，快速获取地表位移、裂缝变形、岩体松动等数据，分析形变趋势，辅助灾变预警与应急响应。	通过无人机搭载Mini SAR、可见光、红外热成像，以及激光雷达等载荷，对尾矿库的坝体、库内水面、排洪设施、周边环境等关键部位进行定期或不定期巡查、数据采集和分析，实现对尾矿库安全状况的实时监测和评估，及时发现潜在的安全隐患，为尾矿库的安全管理提供科学依据。	在森林防火工作中，通过无人机、搭载Mini SAR、可见光、热红外成像相机，按预设航线巡航林区，及时发现并识别火情，辅助火灾早期预警与精准扑救。	利用无人机搭载Mini SAR、可见光、多光谱传感器等设备，对河道进行空中巡检，通过航拍快速获取水位、水流、淤积等数据，及时发现河道安全隐患。	利用无人机搭载Mini SAR、可见光、红外热成像、激光雷达等传感器，快速扫描堤防表面及周边区域，精准识别渗漏、管涌、裂缝、滑坡等隐情隐患，有效提升巡查效率。	利用无人机、搭载Mini SAR、可见光、热红外成像相机和激光载荷等，对可能存在地质灾害隐患的区域进行空中巡查，以快速、高效地获取地形地貌变化及地质信息，识别潜在地质隐患。	通过无人机搭载Mini SAR、高精度气体传感器与可见光、红外热成像载荷，对化工园区等重点风险区开展日常立体化监测巡查，实时检测甲烷、硫化氢等有毒气体浓度及设备表面温度异常，辅助管理人员动态掌握风险态势，实现常态化安全防控。	利用无人机搭载Mini SAR、可见光、热红外等载荷，对危化品事故处置等存在高风险、可能危及人员安全的高危场景进行持续巡查，及时发现安全隐患或为救援行动提供安全监测支持。

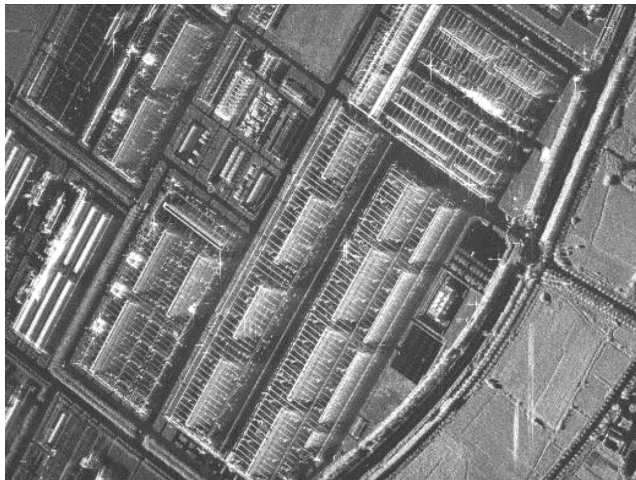
SAR系统在应急管理领域：4类21个典型应用场景

类	三、灾情评估			四、安全生产
场景	18 灾情评估	19 火灾调查评估	20 建筑倒塌损失评估	21 执法取证
场景需求	<p>利用无人机搭载Mini SAR、可见光、多光谱、激光雷达等载荷，在灾后快速获取受灾区域的高清影像或激光点云数据，生成精准的受灾范围图、建筑物损毁模型及地表变形分析，辅助评估山体滑坡、洪涝、地震等灾害的影响程度，为损失统计和重建规划提供科学依据。</p>	<p>利用无人机搭载Mini SAR等各种专业设备，对发生建筑火灾或森林火灾的区域进行全方位、多角度的勘察和数据采集，进而对火灾的规模、损失、成因等进行分析评估，为防火措施制定、恢复重建等提供科学依据。</p>	<p>利用无人机搭载Mini SAR、高清摄像头、激光雷达等设备，对建筑倒塌现场进行全方位、多角度的图像和数据采集，再通过专业的分析软件，对建筑结构损坏程度、内部物品损失情况以及周边环境影响等进行综合评估，为后续的救援和重建等工作提供科学依据。</p>	<p>采用无人机搭载Mini SAR、高清摄像头、热成像仪等设备，对矿山、化工园区、建筑工地等场所进行空中巡查，实时监测企业安全生产状况，快速识别违规操作、设备隐患或气体泄漏等风险，并进行远程取证，助力精准排查隐患，防范生产事故发生。</p>

SAR系统的典型应用场景：城建勘测、农业普查

□ 城建勘测

Mini SAR可以对建筑物进行精细成像，获取其结构信息、分布和变化情况，为城建勘察提供基础数据。



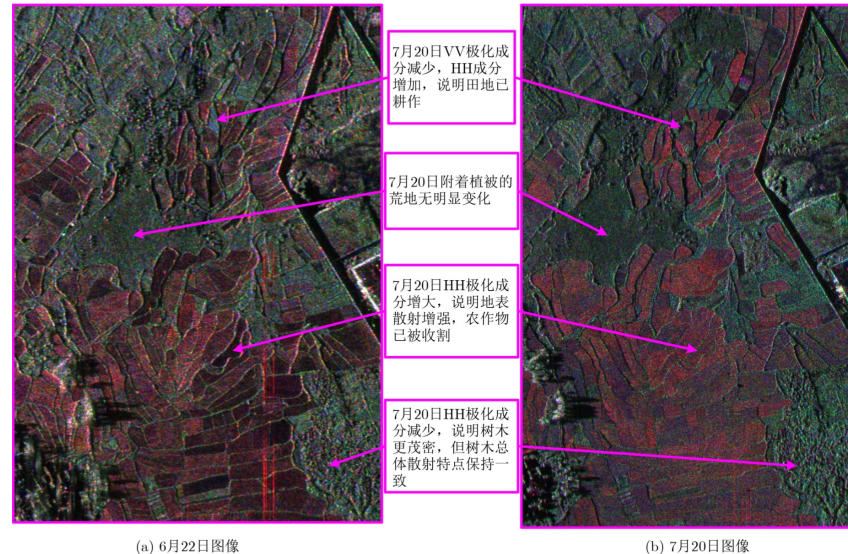
图一、城郊SAR图像 (Ku波段)



图二、立交桥高分辨率SAR图像

□ 农业普查

Mini SAR可以准确测量目标区域面积和变化情况，特别是利用极化信息，可以进一步提取地块种植情况变化。通过遥感技术，能够实现高效的农业普查。



(a) 6月22日图像

(b) 7月20日图像

图三、利用全极化SAR图像进行农作物普查 (X波段)

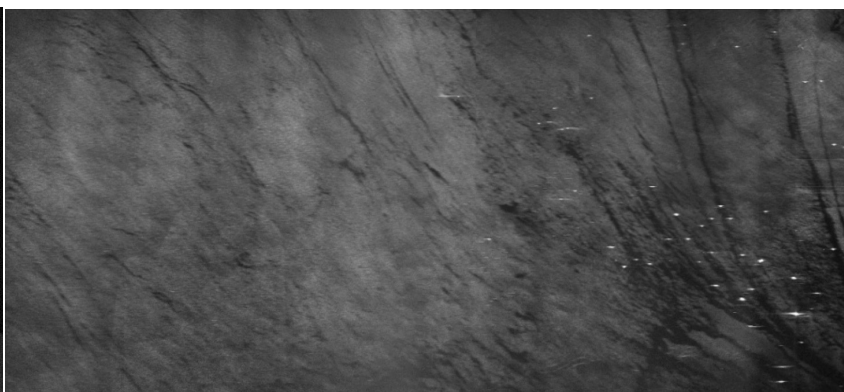
SAR系统的典型应用场景：海洋检测

□ 海洋监测

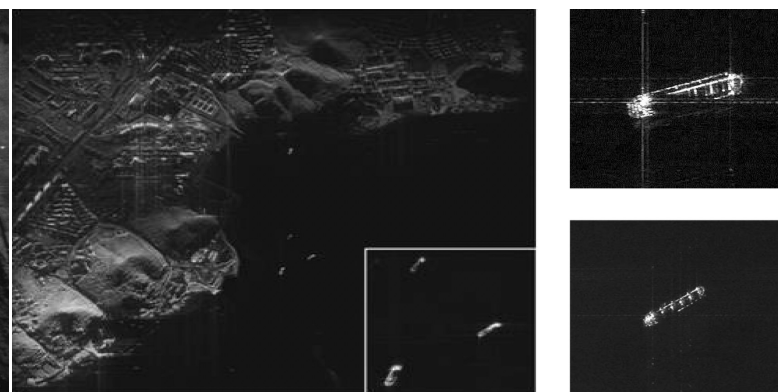
海洋环境监测包括对海洋灾害、海面溢油、海上船舶、沿海滩涂等的监测，Mini SAR可以在海上不利气象条件下，实时获取海面目标的微波散射信息，对我国海监、海事开展执法、维权任务提供有力保障。



图一、海冰监测SAR图像



图二、海面监测SAR图像



图三、船只监测SAR图像

应用案例：2024年四川省森林火灾快速处置

- 2024年3月，四川省森林发生火灾，翼龙-2型无人机通过搭载的光电设备和合成孔径雷达（SAR）等专用任务载荷，对3个火场进行多谱段、全方位的侦察。通过实时传输现场数据和高清画面至应急救援指挥中心，实现了图像、语音、数据的上下贯通和可视指挥，有效打通了灾情信息传递的“最后一公里”，**破解了灾区“力量突不进去、信息传不出来”的难题**，为确定风险点位、监测火情发展，开展有针对性的救援、扑火行动提供了至关重要的信息决策支持。

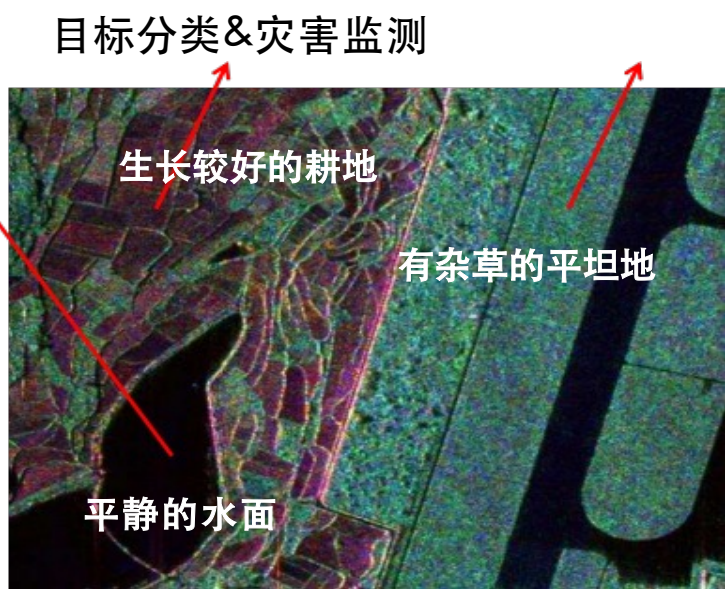
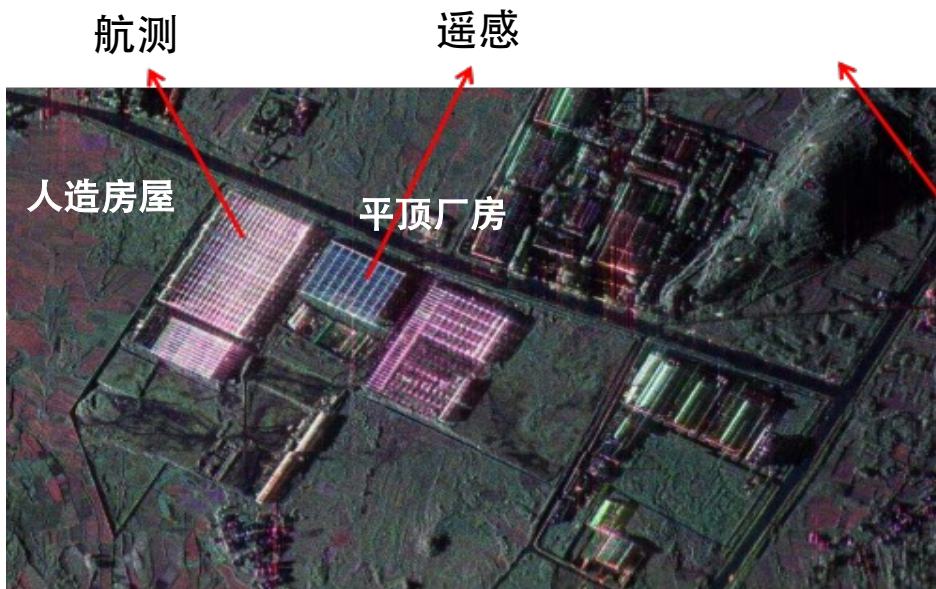


图一、翼龙-2型无人机搭载
光电设备和合成孔径雷达（SAR）



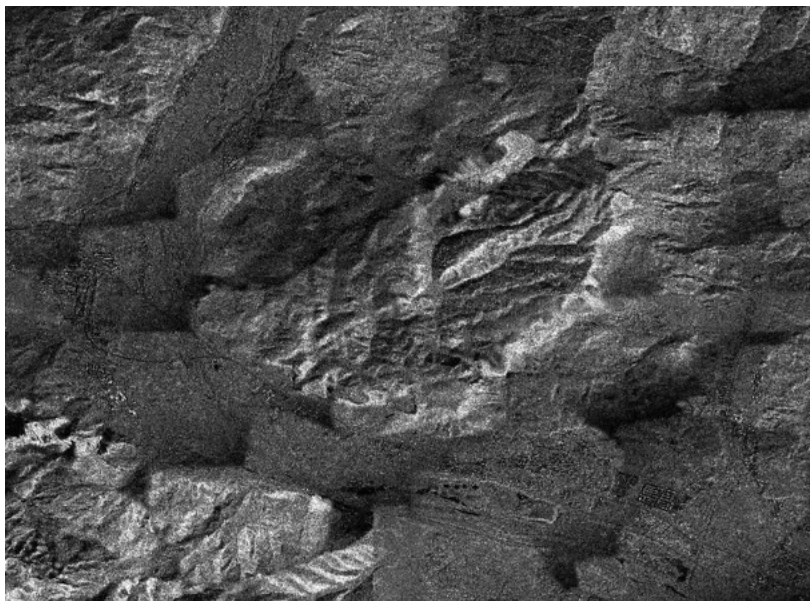
图二、应急救援指挥中心

应用案例：2020年鄱阳湖洪涝、2022青海泥石流灾害应急监测

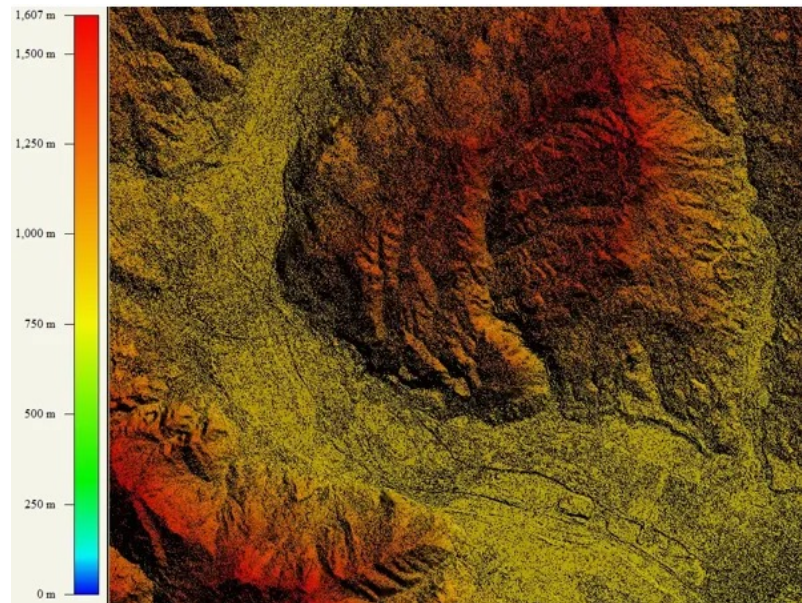


应用案例：利用机载SAR系统在四川某地开展1：1万测图试点研究

- 某四川测绘地理信息中心技术人员利用机载SAR技术在四川某地开展1：1万测图试点研究，相关技术成果可有效解决长期困扰我国西南地区基础地理信息数据获取难、精度差、时效性差等难题。以下是获取的图像信息。



单极化DOM图像



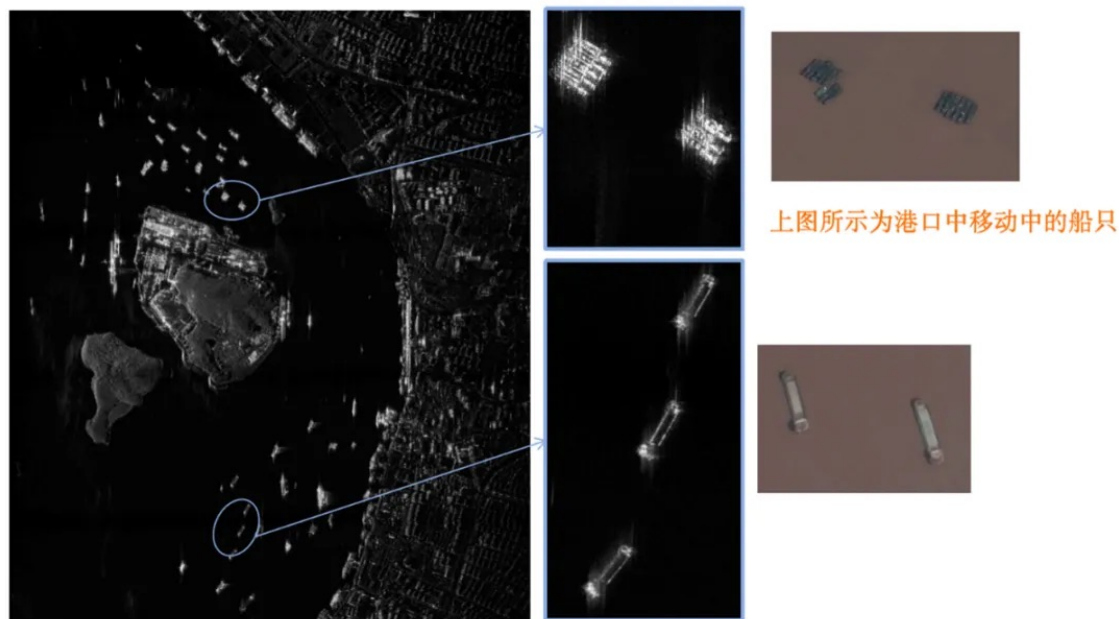
DSM图像

应用案例：港口边境监测

- 2021年12月，巴拿马籍“QIMING STAR”外轮停靠在青岛前湾港内锚地，山东出入境边防检查总站黄岛边检站民警通过启用无人机进行全方位巡查，确保黄岛口岸节假日期间的安全稳定。针对防控期间港区巡查难度大、码头点多面广等情况，黄岛边检站充分发挥机载SAR系统“**视野宽、体积小、响应快速、操作便捷**”的特点，将机载SAR系统运用到疫情防控和口岸管控工作中，对港区特别是民警难以到达和监控无法覆盖的关键区域进行空中巡查，排查管控隐患。“一旦在空中发现违法行为和可疑人员，地面警力可立即前往处置，弥补辖区管控漏洞。”



监测港区动态，排查管控隐患

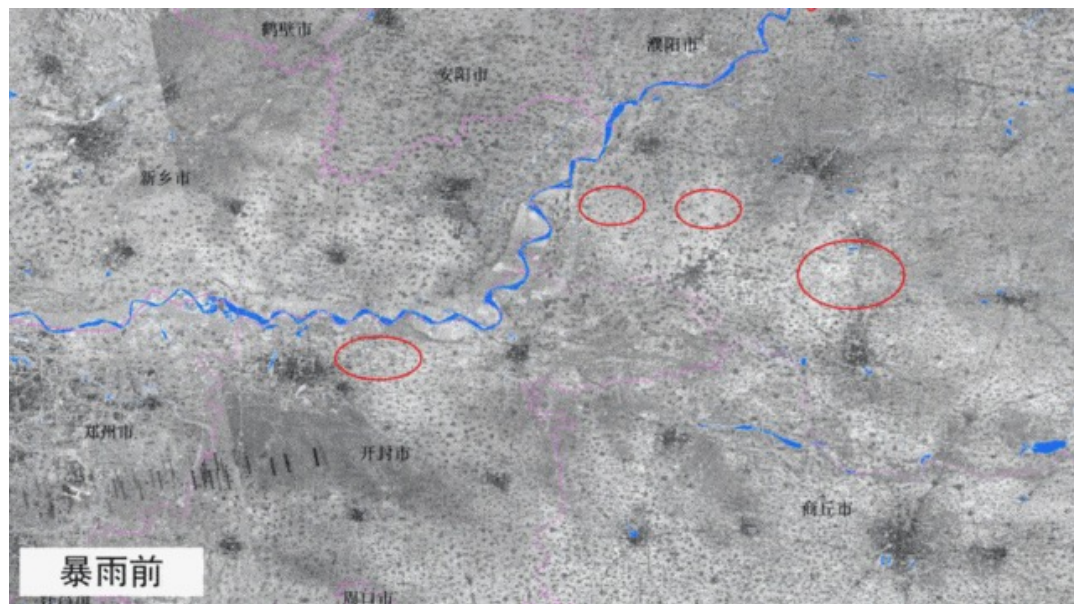
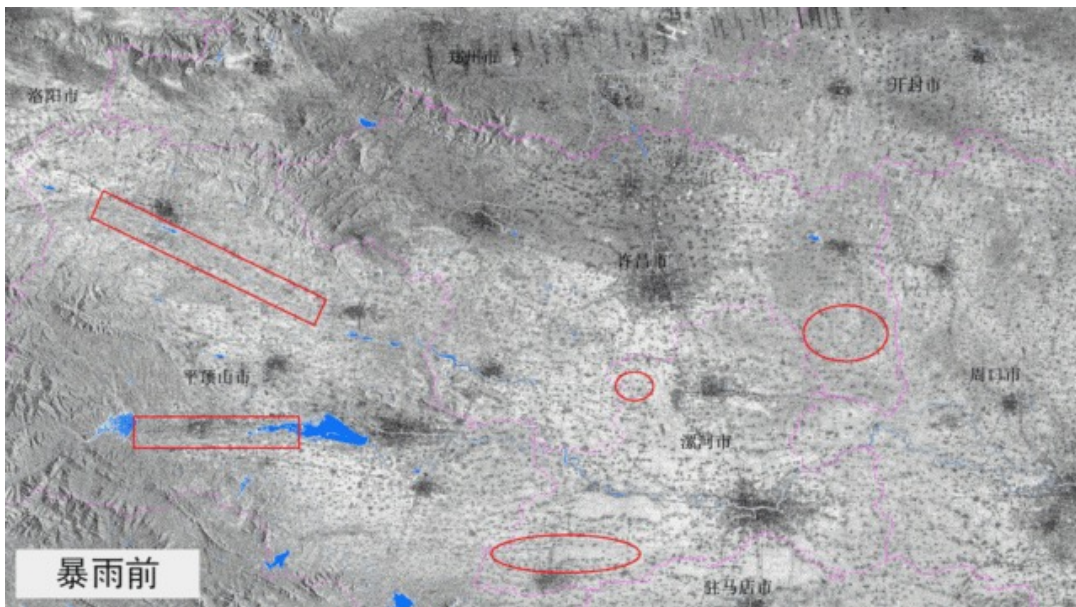


上图所示为港口中移动中的船只

港区SAR巡查动态监测图

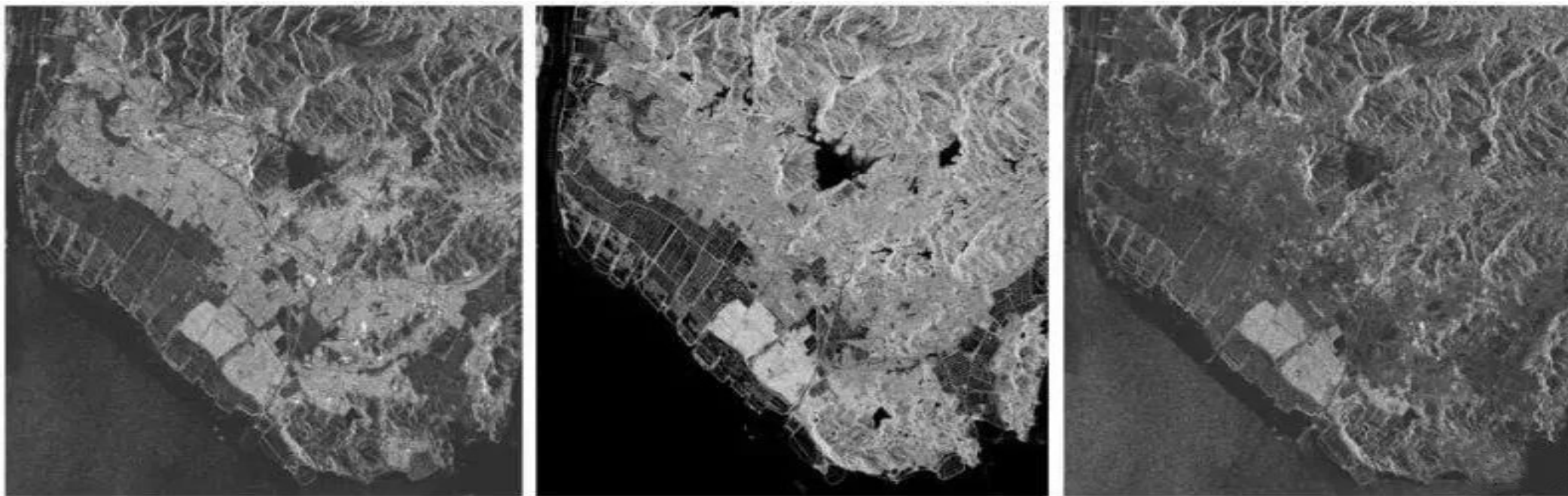
应用案例：洪水淹没分析

- ❑ 2022年夏季河南遭遇罕见暴雨，引起了社会广泛关注，技术中心尝试用SAR数据做了河南暴雨期间一些地区的暴雨分析应用。下图为利用7月Sentinel-1A GRD产品监测河南暴雨前后区域洪水分布图。针对受暴雨影响显著的区域进行放大对比，可以发现较为明显的洪泛区。
- ❑ 暴雨后，河南平顶山市内的沙河与北汝河河道明显变宽；漯河市内颍河、澧河流域附近开始出现积水区，水域面积开始扩大；周口市鄆陵县亦出现明显的积水区。据新闻报道，受河南强降雨影响，贾鲁河祥符区段水位持续上涨，7月21日贾鲁河开封祥符区段出现决口。由哨兵-1SAR影像可以看到，暴雨后，开封市祥符区附近出现明显积水区，与新闻一致。



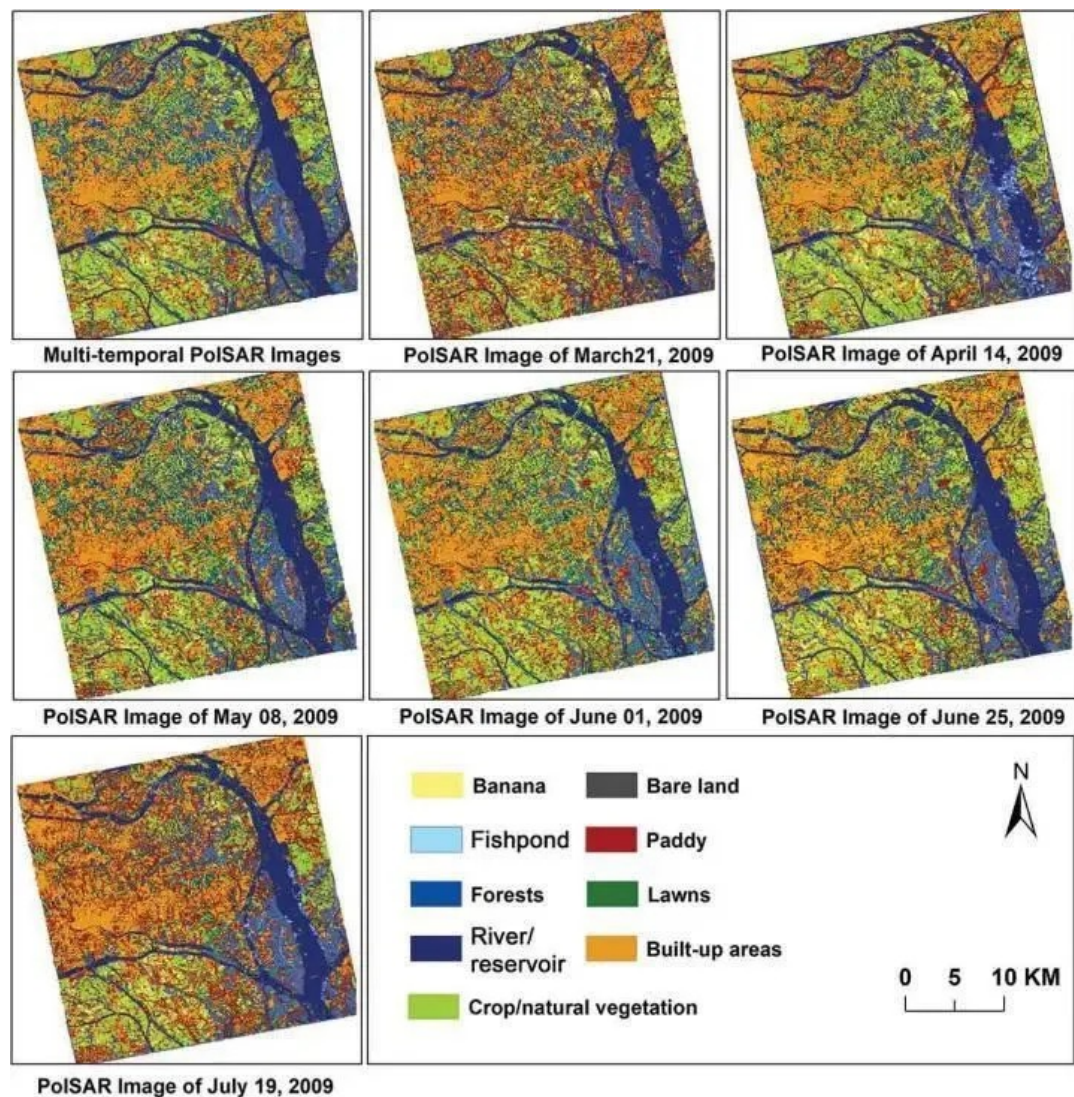
应用案例：农业应用

- 以水稻为例，水稻种植初期，植株矮小，区域以水田为主，表现出较低的后向散射特性，而随着作物生长发育，后向散射系数逐渐增加并在抽穗期达到最大值，之后略有下降。根据这一特点，使用SAR极化影像进行水稻面积提取的应用较多，并且后向散射与作物生产力存在相关，因此还可利用后向散射系数进行作物估产。



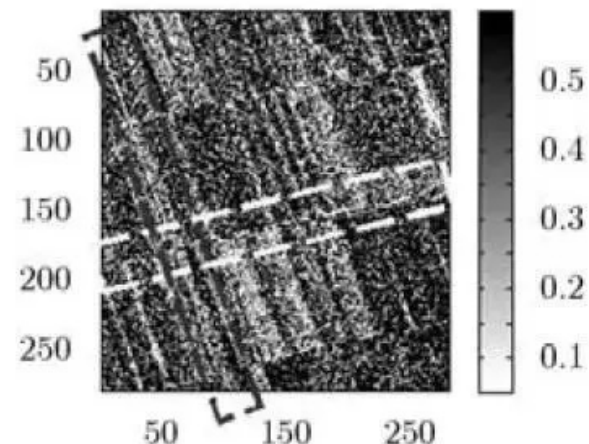
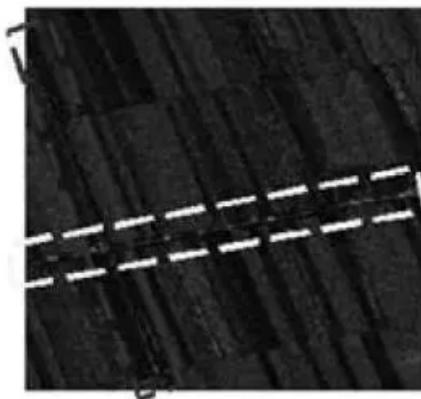
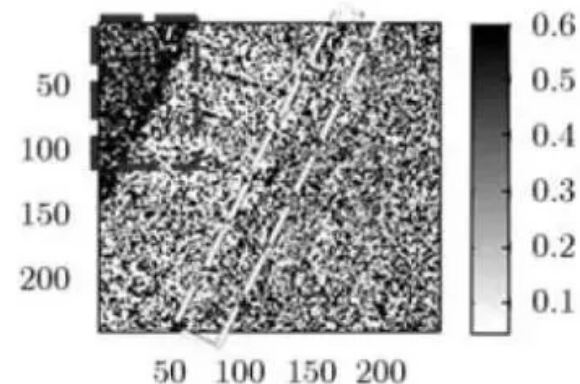
应用案例：制图测图

□ SAR具有全天时、全天候的观测能力，回访周期较短，因此在制图领域具有一定的优势。使用极化SAR影像可以完成地表覆盖分类，根据多时相全极化SAR影像，结合“面向对象、决策树、随机森林和神经网络等”的图像分类和模式识别算法和多种极化分解方法，为广东自然资源调查提供多源数据支持。



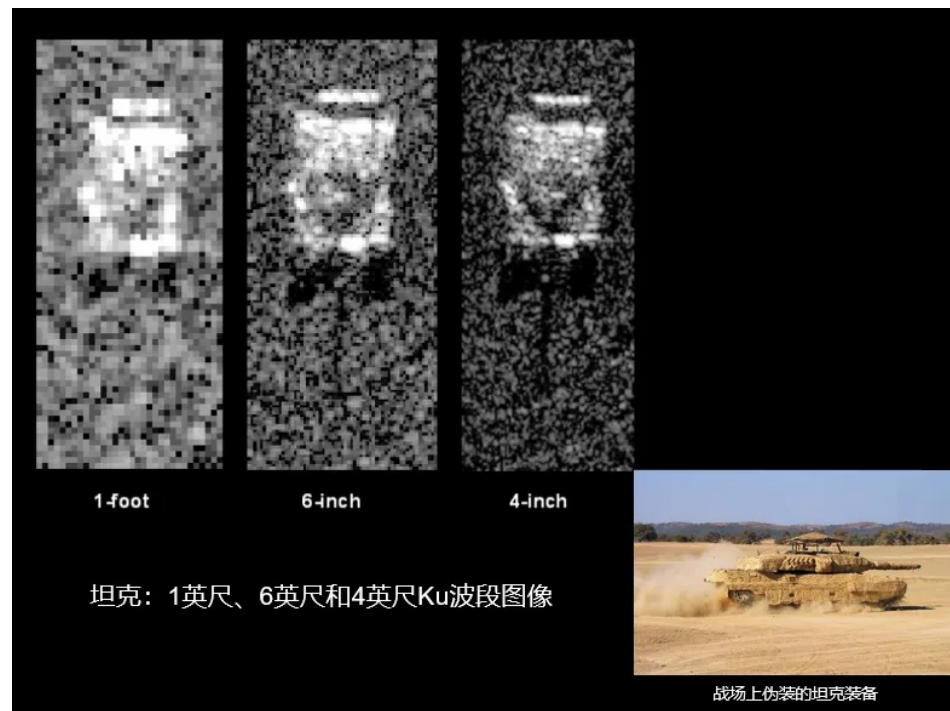
应用案例：水文监测

□ 水文监测主要包括土壤水含量反演、沼泽监测和积雪填图等。传统的水文测量主要通过实地站点观测，对于大范围长时序监测较为困难，而光学传感器易受到云的影响，SAR的出现使得重复观测大范围内的水文信息成为可能。以土壤湿度监测为例，SAR的回波信息受到土壤湿度的影响，因此可从极化SAR数据中反演土壤含水量。



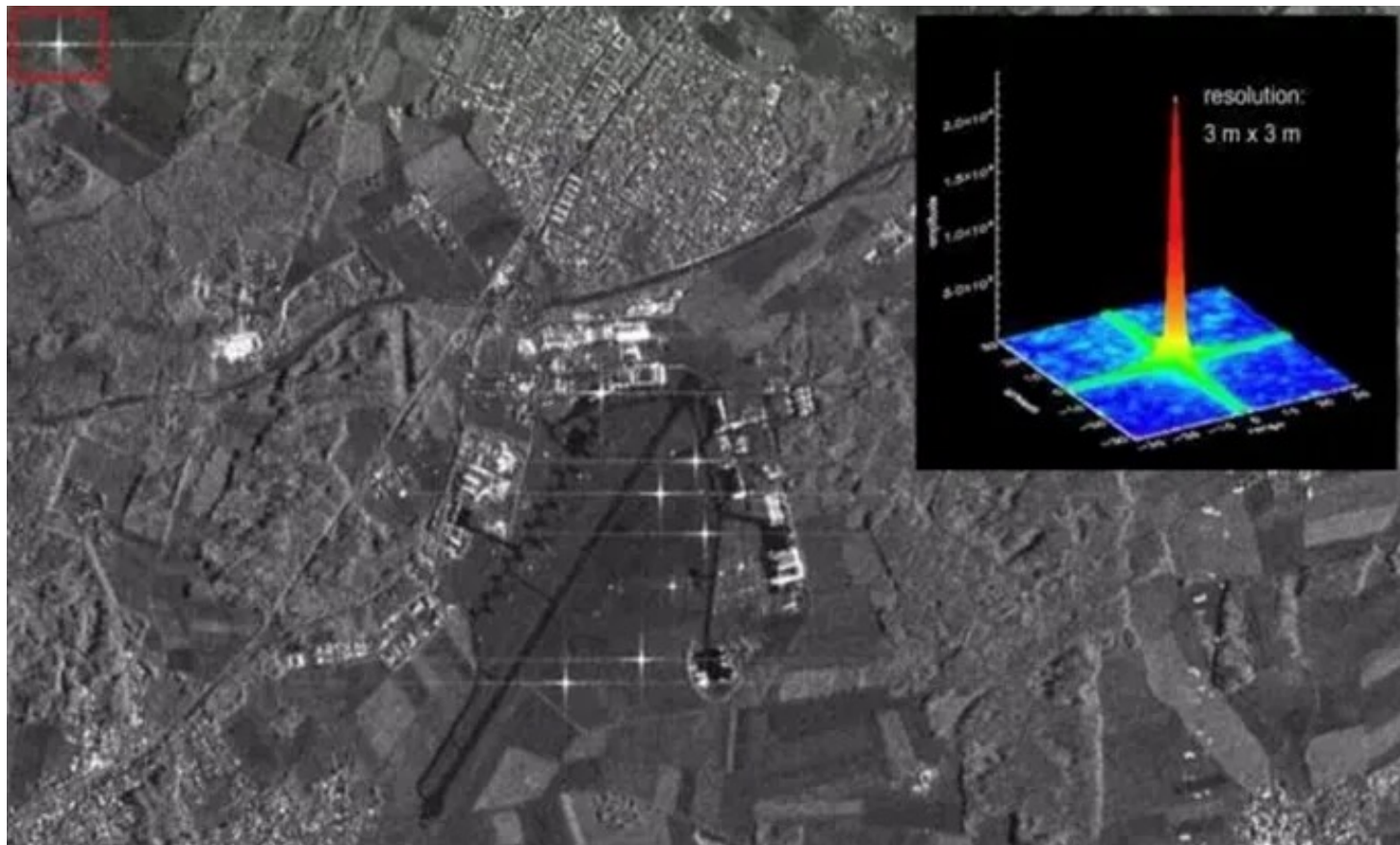
应用案例：伪装评估

- SAR技术在伪装评估中具有全天候、全天时、高分辨率成像、多极化成像、大范围观测以及穿透能力强等多重优势。这些优势使得SAR技术在伪装评估领域具有广泛的应用前景和重要的实用价值。



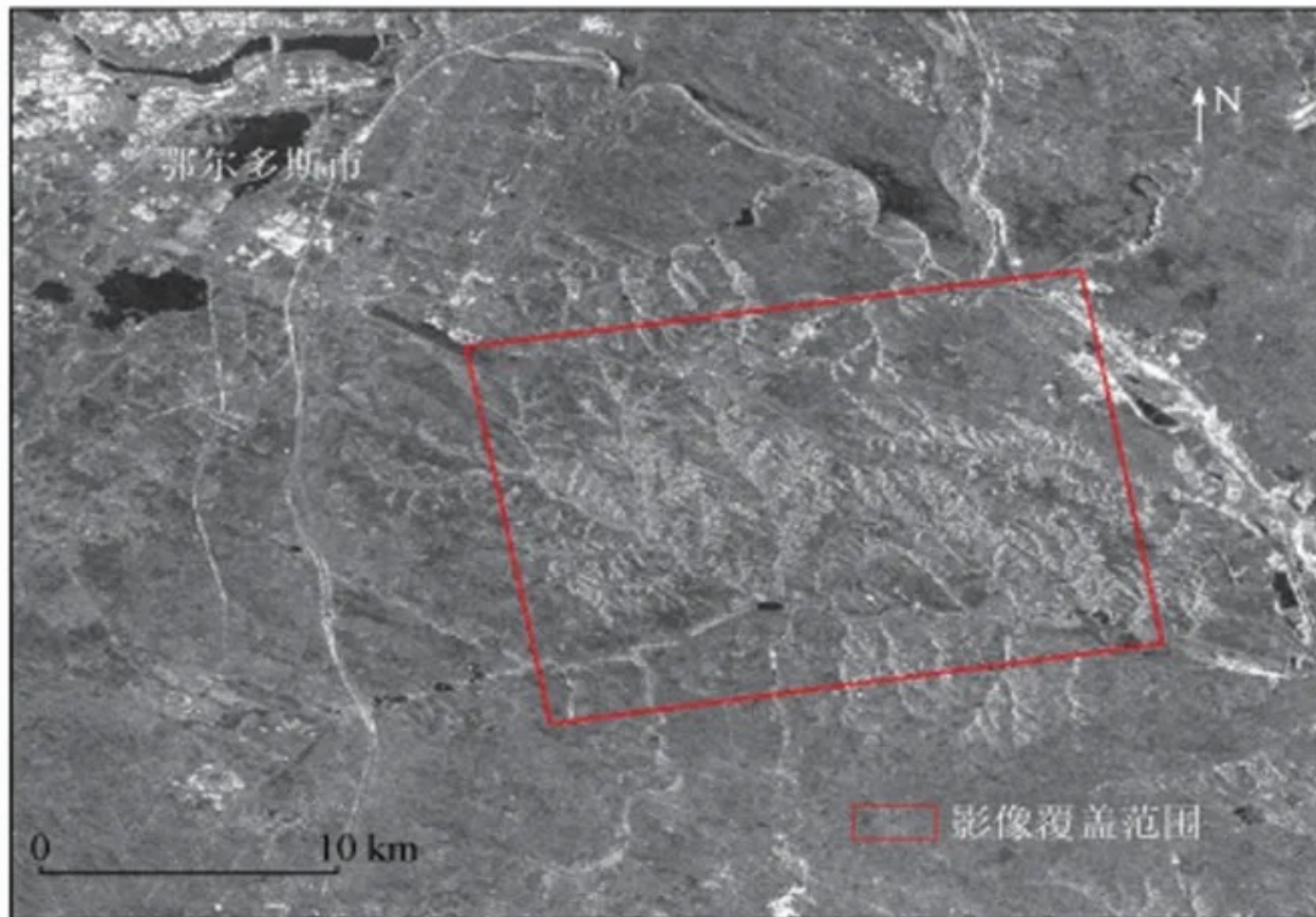
应用案例：城市规划监测

- 在城市规划和建设领域，无人机载MiniSAR可以为城市规划者提供详细的地理信息。通过获取城市的三维地形数据、建筑物分布情况等信息，规划者可以更加准确地评估城市的发展潜力，合理规划城市的功能布局。例如，在新区的规划中，利用无人机载MiniSAR获取的高分辨率地理信息，可以帮助规划者确定最佳的建筑选址、道路走向和公共设施布局，提高城市规划的科学性和合理性。



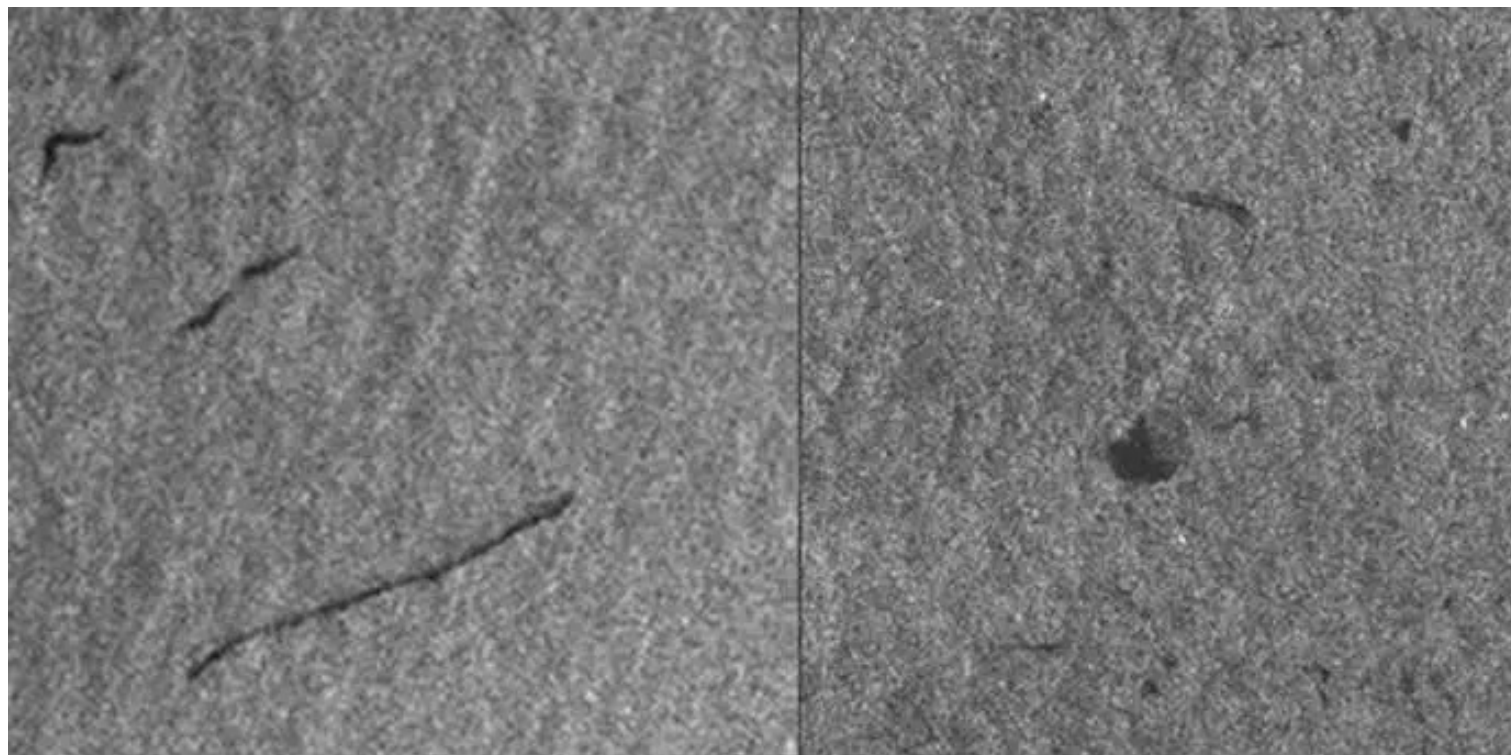
应用案例：资源勘探与开发

- 在资源勘探领域，无人机载MiniSAR可以帮助勘探人员快速发现潜在的资源分布区域。通过对大面积的地质区域进行遥感监测，MiniSAR能够识别出地质构造的特征和变化，从而推断出可能存在的矿产资源。例如，在山区进行矿产勘探时，无人机载MiniSAR可以快速覆盖大片区域，发现传统勘探方法难以发现的潜在矿脉，大大提高了资源勘探的效率和成功率。



应用案例：环境监测与保护

- 在环境监测和保护方面，无人机载MinSAR发挥着重要作用。它可以对森林、湿地、海洋等生态环境进行实时监测，获取植被覆盖、水体变化、海岸线变迁等地理信息。通过对这些信息的分析，可以及时发现生态环境的破坏和变化，为环境保护部门提供决策依据。例如，利用无人机载MiniSAR监测森林火灾的发生和蔓延情况，能够及时掌握火势动态，为灭火救援工作提供准确的地理信息支持。



THANKS!

