

应急装备技术

Emergency Equipment Technology

应急管理部科技和信息化司

应急管理部信息研究院



【本期关注：防汛地质灾害】

Rapidam Flexi 柔性防洪屏障

天-空-地多基平台 InSAR 技术在地震及地质灾害监测中的应用

激光雷达和 AI 助力规划灾后最佳路线

第 2 期

(总第6期)

2020.7

目 录

【本期关注：防汛地质灾害】

Rapidam Flexi 柔性防洪屏障.....	1
天-空-地多基平台 InSAR 技术在地震及地质灾害监测中的应用.....	3
激光雷达和 AI 助力规划灾后最佳路线.....	6

【前沿技术】

以色列扑灭山火新神器 HyDrop 系统.....	9
以色列多功能可变形飞行机器人.....	10
美国波士顿动力机械狗 Spot.....	11

【应急装备】

滑坡泥石流早期预警系统.....	13
日本可折叠式架桥 Mobile Bridge®.....	16
以色列超宽带穿墙雷达成像系统.....	18

【本期关注：防汛地质灾害】

Rapidam Flexi 柔性防洪屏障

近期，全球多国遭遇暴雨袭击，引发洪水，数万民众被迫撤离家园，经济财产受到重大损失。快速部署防洪设备，已成为全球关注的焦点。英国 Aquobex 公司推出一款柔性防洪屏障—Rapidam Flexi，可用于河道、水库堤岸、房屋设施的防洪。

当洪水突然袭来，时间和人力成为部署防洪设施的关键因素。Rapidam Flexi 作为一种便携式应急防洪产品，仅需 4 名操作人员即可在 30~40 分钟内完成 100 米的铺设和组装。该款柔性防洪屏障是一种单组件的柔性膜系统，利用洪水本身重力提供与地面的摩擦力和密封压力，以达到防洪效果。模块化设计可将防洪屏障的长度无限延长，形成一个巨大的防洪屏障，长度可达数公里。经过测试，1.5 米高的防洪屏障可抵御 0.79 米高的洪水及 0.4 米高的风浪。

1 Rapidam Flexi 系统简介

Rapidam Flexi 系统由单个柔性屏障组成，屏障长度从 2 米到 200 米不等，高度也有 0.5 米-1.5 米等多种选择。Rapidam Flexi 柔性防洪屏障由先进“防撕裂”材料制成，在穿孔情况发生时，屏障仍能保持稳定，并可将渗透量控制在 40 升/小时以内。相关参数如表 1 所示。

表 1 Rapidam Flexi 系统参数

单个柔性屏障长度	2 米~200 米
单个柔性屏障高度	0.5 米、1 米、1.2 米、1.5 米
储存	约 3 米长，3 米宽，2 米高（200 米柔性屏障） 可卷起收存，存储在一个较小的存储区域

Rapidam Flexi 系统通过使用螺纹套管，将柔性防洪屏障与泥土或混凝土结构进行固定安装。安装配件和设备包括铝合金角钢和手持式电钻。该装置可采用直立式（锚定在直立位置）或前倾式（锚定在平面位置）锚定固定（图 1，下页），也可以选择自站立式（在柔软地面上使用几个沙袋固定）（图 2，下页）。在铺设较为长直的防洪屏障时，可采用内置转角的方式，按照角度的变化搭建防洪屏障。



图 1 Rapidam Flexi 锚定固定



图 2 Rapidam Flexi 自站立式

2 Rapidam Flexi 系统的优势

(1) 无需填充，系统简单灵活

Rapidam Flexi 柔性防洪系统不需要填充，打开后经过简单固定即可使用，大量节约了部署的时间，非常适合突发洪水等紧急情况。采用灵活的柔性膜系统，与同类产品相比，系统结构更加简单。此外，可根据不同的需要选择不同尺寸和固定方式，灵活方便。

(2) 可重复使用，便于清理和储存

Rapidam Flexi 柔性防洪屏障可重复使用，洪水消退后，可快速清洗，方便储存。使用完成后，可利用电动卷轴将屏障收起，方便再次使用。

(3) 快速部署，不耗人力和设备

该款防洪屏障可适用于曲面、倾斜平面、凹凸不平的地面及混凝土表面。柔性防洪屏障可以装载在拖车卷轴架上，由皮卡车辅助拖拉，部署时可将滚筒旋转 90 度，通过遥控装卸机在电动卷轴上移动部署，铺设时，可由 3 名工人配合施工，1 名工人操作电动卷轴，另外 2 名工人配合铺设，如图 3 所示。此外，系统的任一部件重量均不超过 23 公斤，工人可轻松安装。



图 3 Rapidam Flexi 铺设现场

编者注：目前，我国新型防洪系统—充水式橡胶子坝，采用以水治水的原理，省时省工省力，该产品采用氯磺化聚乙烯加 50%天然橡胶制成，护坦采用编织长绒土工膜以水作坝体填充材料，当有超标准洪水发生时，利用该设备可快速组成防洪子堤，该设备可随地生根、无限连接、防渗漏。充水式防洪子坝防洪高度可达 0.8 米，可抵御不超过

0.3 米的风浪。子坝主要由三根直径 0.8m 水囊组成品字形为一组，经上下护坦布包裹，组成长度为 10 米，充水后高度可达 1.2 米，配有聚乙烯涤纶短纤维织物的护坦土工布，另配有专用充水泵。在打开阀门后 20 分钟内即可构筑一道长 10 米、高 1.5 米的充水式橡胶子堤(图 4)。



图 4 充水式橡胶子坝

(根据 www.iaquobex.com 等综合整理)

天-空-地多基平台 InSAR 技术在地震及地质灾害监测中的应用

1 InSAR 技术概述

合成孔径雷达干涉测量 (InSAR) 技术是继 GNSS 技术后一种新型空间大地测量技术和对地观测手段，主要采用的波长范围在 1mm~1m 的电磁波，可以用于探测地球表面的微小形变，技术示意图如图 1。

在过去的二十多年间，基于 SAR 卫星对地壳形变的大地测量技术不论是质量还是数量上都得到了极大提升，这有助于地表活动过程的连续观测。目前，对大部分大陆中强地震、火山活动及滑坡等地质灾害，利用

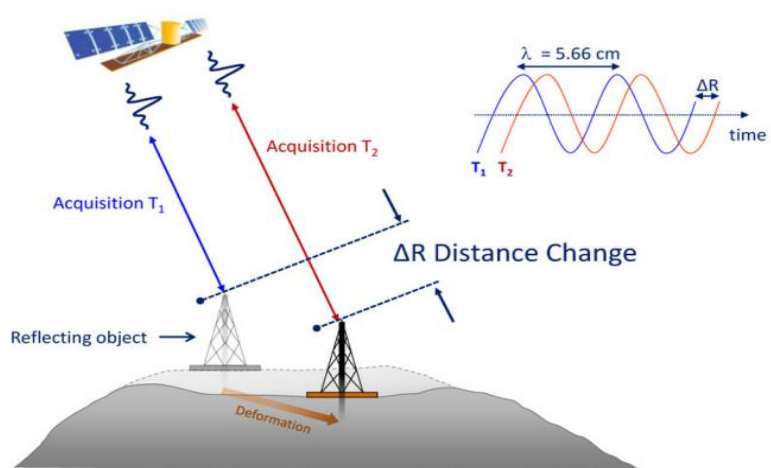


图 1 InSAR 技术的示意图

SAR 卫星数据可以进行定期观测，绘制地表变形的时空分布特征，继而利用该变形信息对地表以下浅部和深部的地壳滑动分布进行估计，以便于计算地壳运动及应力如何变化以及如何影响未来地震及地质灾害的发生和发展。通过 SAR 观测平台的革新，可以帮助研究者更加深入的研究随着时间变化的地表形变现象以及断

裂区域和构造格局的长期演变过程。

2 天-空-地多基平台 InSAR 技术

(1) 天基 SAR (星载 SAR)

利用 InSAR 技术测量与地震及滑坡等地质灾害有关的变形量级较大的地面运动已是成熟的技术。目前在该领域，国内外的相关研究机构取得了令人瞩目的研究成果，这得益于国外相对成熟的星载 SAR 卫星系统和 SAR 成像理论为地表变形监测研究提供的丰富的数据基础，见图 2，基于这些数据可以用于活动构造和地表形变的科学研究。特别是欧空局 2014 年和 2016 年发射的 Sentinel-1A/B 以其免费获取，稳定的全球覆盖成像工作机制，极大促进 InSAR 技术在众多地学领域的发展。

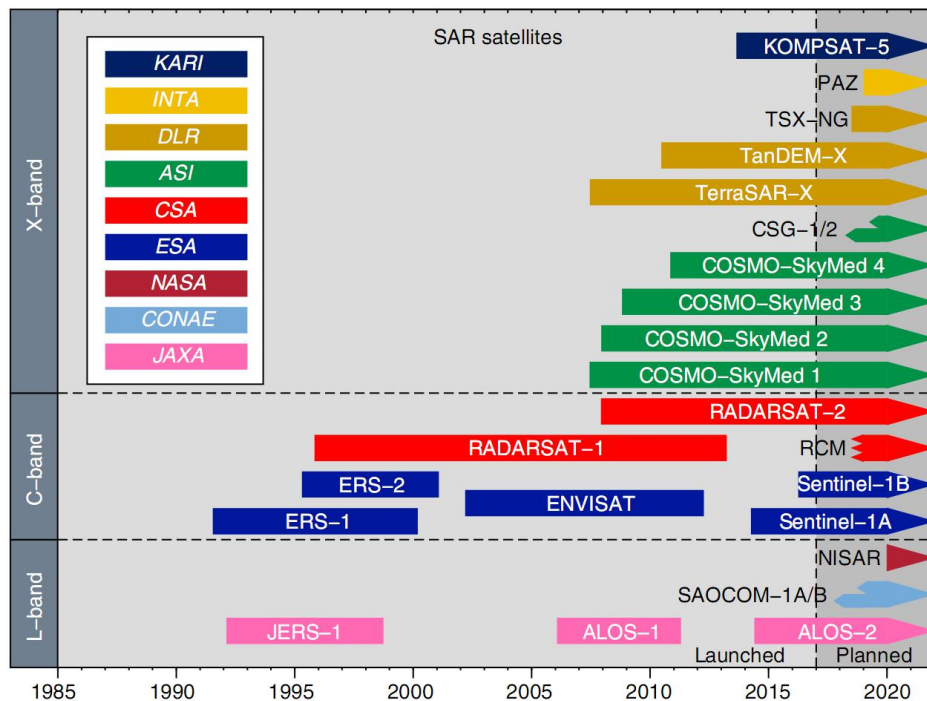


图 2 目前常用的星载 SAR 卫星系统

目前星载 SAR 技术已经广泛的应用于地震及地质灾害防治监测应用中，目前还存在一些需要克服的困难，比如多植被地区的失相干，南北向形变不敏感以及极其微小形变监测精度不足等问题还需要不断的研究解决，因此近些年发展了地基 SAR 和无人机 SAR 系统 (UAVSAR)。

(2) 地基 SAR

地基 SAR 是利用布设在监测对象附近的地面雷达测量系统，能够根据观测目标形变场的演化特征灵活安置，实现对被观测对象的近实时连续监测，弥补星载 SAR 重访周期固定+入射角度单一等不足。利用地基 SAR 进行断层微小形变测量，

由于采用的雷达波长更短（Ku 波段），其测量精度标称达到 0.1mm。星载 SAR 对南北向变形监测不敏感，同时存在视线盲区，地基 SAR 系统则可克服上述缺点。目前该方法在滑坡应急变形监测中得到广泛的应用，图 3 中表示在 2018 年白格滑坡灾害中，利用地基雷达设备对滑坡坡面的稳定性进行实时监测。



图 3 地基 SAR 系统，2018 年白格滑坡监测

（3）无人机 SAR

星载 SAR 由于固定的轨道和重访周期，有时地震或者地质灾害发生后不能及时进行成像操作，而低空飞行平台 SAR 技术可以实时、有针对性的、连续进行观测成像，能进行实时或者近实时的同震及地质灾害的地表形变分析，见图 4。该技术的优势是可以制定任意飞航向，以保证获取地表变形的全局信息。

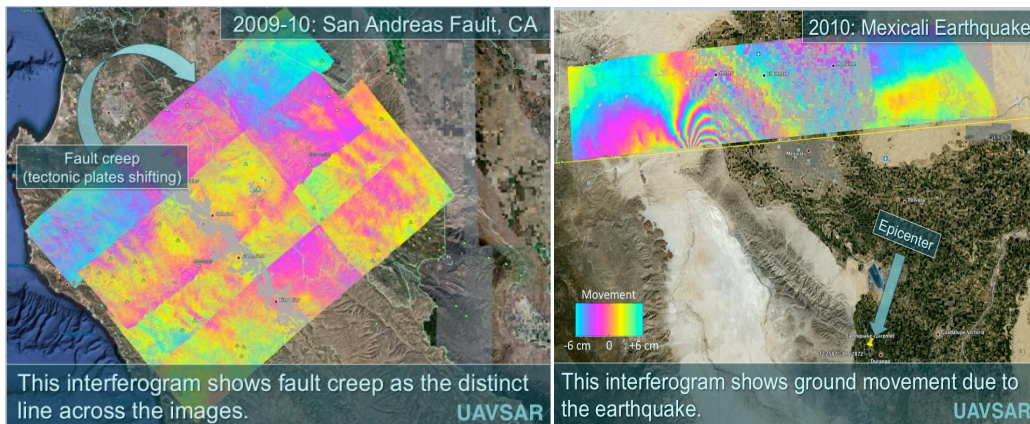


图 4 JPL 开展的 UAVSAR 干涉实验，获取 2010 年美墨边界的 Baja 地震变形场

编者注：中国 InSAR 技术的发展从上世纪 90 年代开始就有学者开始涉足研究，这其中包括中国地震局、武汉大学、中南大学、北京大学、中国科学院、自然资源部等单位。从玛尼地震，张北地震开始逐步学习和吸收国外的相关 InSAR 技术。近二十多年的应用和普及，目前在国内众多的大学，研究所普遍利用 InSAR 技术以解决其行业内的形变监测相关的应用需求。很多研究者利用高分辨率 SAR 卫星数据进行地震构造、隐伏断层、地震危险区划分的研究工作，取得很好的效果，利用 InSAR 对张北尚义地震、昆仑山地震、玛尼地震、于田地震、汶川地震等很多震例进行了研究，获得了多个地震的形变场图像，为地震监测、机理研究提供了重要依据。近些年，利用 InSAR 技术针对重点区域的滑坡等地质灾害隐患普查中得到了广泛的应用，包括金沙江流域和川藏线沿线地质灾

害隐患普查等。

2016年前由于我国没有相应的成熟的民用雷达卫星，大多利用欧空局 ERS-1/2、ENVISAT，日本 JERS-1、ALOS-1/2，加拿大 RADARSAT-1/2，德国的 TerraSAR-X，意大利的 CSK 等卫星数据，SAR 数据来源不稳定，时效性差，限制了 InSAR 技术的大范围推广和应用。

2016年8月10日6时55分，我国成功发射高分三号卫星。高分三号卫星是我国首颗分辨率达到1米的C频段多极化合成孔径雷达(SAR)卫星，显著提升我国对地遥感观测能力，是高分专项工程实现时空协调、全天候、全天时对地观测目标的重要基础。高分三号卫星在系统设计上进行了全面优化，具有高分辨率、大成像幅宽、多成像模式、长寿命运行等特点，主要技术指标达到或超过国际同类卫星水平。高分三号提供了干涉处理实验模式，在人工调轨和调姿的前提下可以实现干涉处理。但是目前高分三号在干涉工程化应用和稳定性方面和国外的先进的卫星系统还存在一定的差距。

目前国防科工局正在开展L波段双星，高轨SAR以及双天线X波段SAR卫星的预研，由航天五院和八院承担。在这三个雷达系统的研制过程中，其中L波段SAR双星(LT-1)计划2021年底发射，LT-1双星是国内首次以地表形变高精度监测为主要目标的L波段干涉测量雷达卫星，在地震及地质灾害监测应用中将发挥重要作用。高轨SAR卫星宽覆盖、重访周期短的特点，能够弥补中低轨以及地面观测手段的不足，在地震及地质灾害应急救援等方面具有重要的应用价值和潜力。双天线X波段SAR卫星构建类似于美国SRTM系统，可以获取高精度地面高程，形变等信息。

激光雷达和 AI 助力规划灾后最佳路线

飓风袭击后，道路往往被树木和杂物阻塞，桥梁被毁，路面破坏。而应急人员很快就会面临诸多问题：如何将物资运送到受灾地区？疏散幸存者的最佳路线是什么？哪些道路破损严重而无法开放？

没有道路交通网的具体数据，应急救援人员就不得不根据不完整的信息作决策。麻省理工学院林肯实验室的人道主义援助和救灾系统小组结合机载激光雷达平台与人工智能算法，来填补这一空白。通过研究人员开发的使用机载激光雷达，对地进行探测，利用往返时间数据绘制道路、树木和建筑的3D“点云”地图，并通过人工智能算法进行分析判断，确定道路受损情况，规划最佳路线，同时量化道路破坏程度。

截至目前，该研究团队已经绘制了卡罗来纳州、佛罗里达州、得克萨斯州和

波多黎各的大片土地。这些地区遭遇飓风后，该团队手动筛选了数据，来帮助联邦紧急事务管理局（FEMA）查找、量化道路受损情况。团队当前的重点是开发可自动量化并寻找运输路线的 AI 算法。

1 确定道路状况

灾后，为了将道路网信息尽快提供给应急救援人员，激光雷达扮演“全视之眼”角色，能提供某片区域的大型地图以及道路的详细信息。具体过程为：

一是机载雷达探测。该实验室的平台使用先进的盖革模式激光雷达对地进行探测。当系统在头顶上方飞行时，传感器可以收集穿过树叶开口的数百万光子。然后将这些叶子从激光雷达地图中滤除，从而揭示出原本从空中看不见的道路。

二是道路状况信息提取。通过神经网络算法计算激光雷达图，查找和提取道路，确定其宽度。再用 AI 算法搜索这些道路，标记出无法通行的路段。例如，一堆雷达点向上延伸并横穿道路，这很可能是一棵倒下的树。雷达点突然下降很可能是道路上的洞或被冲刷的区域。

三是道路信息呈现。将部分道路及其异常标志提取出来后，再与该地区的 OpenStreetMap（类似谷歌地图的开放式访问地图）合并。应急救援人员可用此系统来规划路线，或识别出被灾害隔离的社区。系统能显示某两个指定位置间的最佳路线，并避开无法通行的道路。如图 1 所示。

从提取道路、评估受损情况到路线规划，既能用于单个社区，也能用于整个城市。

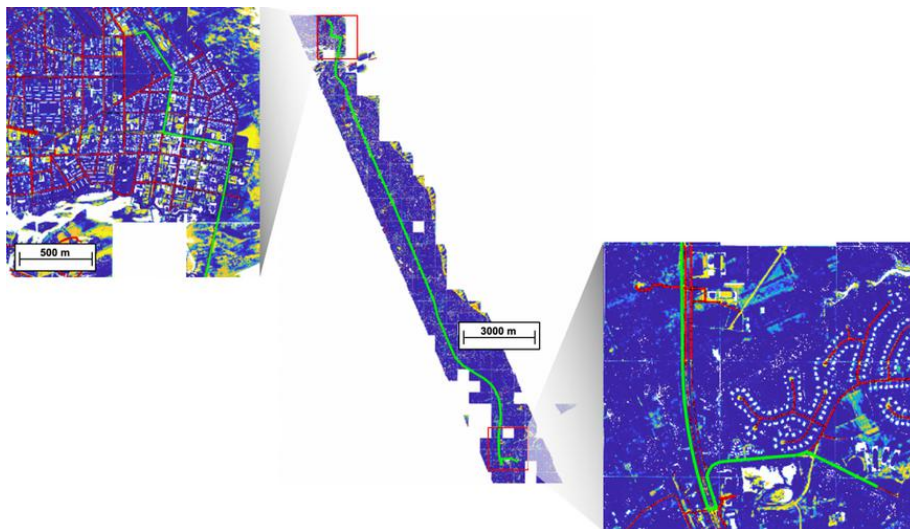


图 1 在这张激光雷达地图中，人工智能算法已经识别出道路（红色）。通过将这张地图与 OpenStreetMaps 对比，用户可以在被认为无法通行的道路周围规划路线，并且可以在整个出行范围内进行规划，覆盖范围约为 400 平方英里。

2 系统的速度和准确性

在最近的一次测试中，该团队用激光雷达扫描了 647 平方公里的区域，大小相当于一个芝加哥市，在 AI 的辅助的基础上，数据分析在 36 小时内就完成了。

为确定人工智能算法准确性，该团队用 5 万平方米的郊区数据对该算法进行了性能评估。ROC 曲线显示，当前算法标记为道路的雷达点中，标记正确率为 87%。错误标记的地方通常是几何形状看起来像道路，但并非道路。研究团队计划使用 OpenStreetMaps 数据排除这些误报，从而获得高精度的 3D 点云。

为检测道路损坏程度算法准确性，团队正在进一步汇总地面真实数据以评估其性能。初步结果令人欣喜。算法最近标记了马萨诸塞州贝德福德地区一条被阻塞的道路，该道路看似是一个宽 10m、长 7m、深 1m 的洞。该镇的公共工程部门经实地考察证实，施工确实阻碍了道路。如图 2 所示。

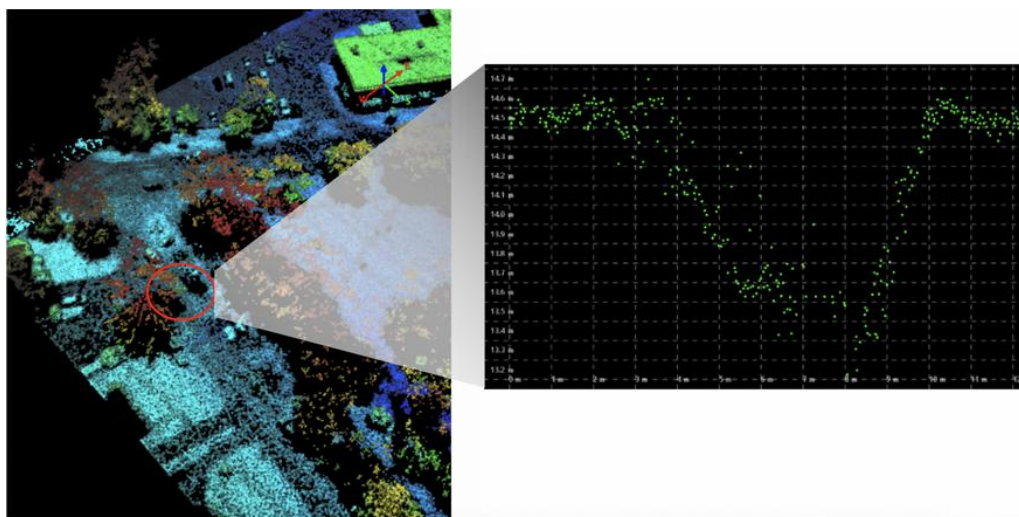


图 2 左侧激光雷达地图中圆圈处被 AI 算法标记为道路异常；右侧的数据显示出故障区域的大小为 10*7*1 m。该地区地面真实情况确认道路施工。

研究团队表示，通过加注实地考察得到的信息，他们不仅希望能评估、改进算法性能，也希望更好地根据地方应急管理需求定制模型，发挥它的路线规划和维修成本估算的作用。下一步，该团队将继续测试、训练和调整算法，提高准确性。他们希望，这项技术可能很快部署，为灾难响应和恢复提供重要信息支撑。

（根据应急装备之家等综述）

【前沿技术】

以色列扑灭山火新神器 HyDrop 系统

前段时间山火肆虐引发持续关注。最近，以色列国际国防电子公司 Elbit Systems 展示了一种全新的空中灭火系统：HyDrop（图 1），并对这种高海拔、高精度的空中灭火技术系统进行了成功的实地示范。



图 1 HyDrop 液体颗粒及装备 HyDrop 系统的消防飞机

自 1953 年以来，消防部门一直使用液体倾泻的方式进行空中灭火，该方法要求在 100~120 英尺的高度进行飞行，以减少由气溶胶效应造成的液体损失。出于安全考虑和民航法规，这种低空飞行只能在白天进行。但是，根据全球的消防经验，将空中灭火限制在白天，会严重降低效率。为了解决这一需求缺口，以色列国际国防电子公司 Elbit Systems 展示了一种全新的、可夜间飞行的空中灭火系统：HyDrop，该系统能够从 500~2000 英尺的高度安全地进行消防作业，并得到夜间飞行的民航认证。同时，该公司对这种高海拔、高精度的空中灭火技术系统进行了成功的实地示范。

在以色列消防和救援局领导的演习中，以色列消防中队的两架空中拖拉机飞机从 500 英尺高空扑灭一处燃烧场，比标准的空中消防飞行平均高度高出四倍以上。每架飞机都使用 HyDrop 系统，能够精准计算弹道，发射了 1.6 吨的 140 克液体颗粒，实现了精确打击，饱和度为每平方米 1~2 升。

通过直升机、固定翼和起重器配置，Hydrop 集成了战斗机级别的航空电子设备，包括弹道计算机、命令和控制（C2）系统以及先进的显示系统，还有就是存储在专门设计的容器中的液体颗粒。C2 单元将飞机导航到降落点，而弹道计算机考虑飞机速度、高度、GPS 位置、风况以及液体颗粒的重量和形状，生成准确的发射轨迹。如图 2 所示。

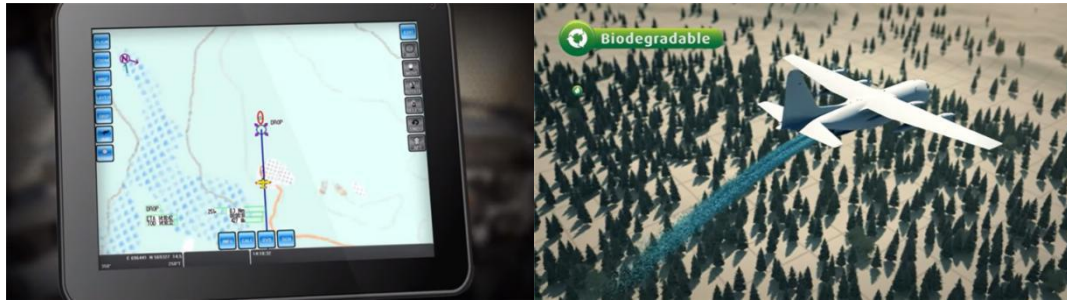


图 2 装备 HyDrop 系统的消防飞机通过 C2 系统作业

Hydrop 系统包括颗粒制造机。在一个标准的 20 英尺的容器内，制造机器每小时可生产多达 10 吨的颗粒。这些可生物降解的颗粒可以填充水、泡沫或阻燃剂，已被证明没有有害残留物，而且它们的掉落也经过测试，对地面上的工作人员是安全的。

除了能在夜间进行消防作业，这种高空系统还消除了由气溶胶效应引起的液体流失，从而在白天和晚上提高了飞行员的安全性并提高了空中消防的效率。

（翻译整理自 elbitsystem.com）

以色列多功能可变形飞行机器人

2019 年 5 月 20 日，以色列内盖夫本-古里安大学在加拿大蒙特利尔举行的 2019 年机器人与自动化国际会议上推出了一款混合动力可自动变形的无人机机器人 FSTAR（图 1），可用于搜救、包裹投递、维修、清洁、拍摄及执法和反恐应用等。它能像典型的四轴飞行器一样飞行，也能在崎岖的地形上行驶，并能挤进狭小的空间。这款无人机最大的特点是螺旋桨臂另一侧装备了一组可移动的旋转轮。

FSTAR 可以飞过障碍物或在障碍物下穿行。当在地面行走时，就会转换为类似汽车的机器人。FSTAR 还能够调整螺旋桨臂从机身伸出的角度，最高可达 55 度，在遇到障碍物时有效的升高或降低其机身，以实现平地上爬行或奔跑、越过大型障碍物或狭窄空间，或者穿过隧道、管道或在普通无人机无法飞行的缝隙之

间或缝隙下面（图 2）爬行。旋转轮和螺旋桨由同一组发动机控制，地面行驶速度可达 2.6 米/秒。



图 1 可自动变形的无人机机器人 FSTAR



图 2 机器人 FSTAR 穿越缝隙

目前研究人员正在对其进行改进，使其能够更加智能地独立完成任务。另外，研究人员计划开发更大和更小的版本，以扩大该系列机器人的应用范围。

（根据 techcrunch.com 等综述）

美国波士顿动力机械狗 Spot

美国波士顿动力机械狗 Spot（图 1）是美国知名机器人公司波士顿动力（Boston Dynamics）的产品之一。它是一款四足机器人，身形较小，能够在室内使用，移动时噪声小，行动灵活，能够轻松爬楼梯和穿越崎岖的地形，可根据用户需要进行定制，能够在多尘而潮湿的工业环境工作，可应用于建筑、石油和天然气、能源、公用事业、公共安全、采矿、娱乐和研究等多个行业，可用于远程搜索和扫描危险环境或灾区、危险气体泄露探测、水和蒸汽泄漏探测、辐射探测、隧道检验、远程医疗等。



图 1 机械狗 Spot

机械狗 Spot 基础功能如下：

- (1) 每秒可移动 1.6 米，能够上/下 30 度的斜坡，爬跃台阶高度 30 厘米；
- (2) 内置 360 度立体摄像机可供深度信息生成 3D 点云数据，使机器人能够绘制周围环境的地图并避开障碍物，拍摄范围 4 米；
- (3) 利用感知系统生成的实时地图自动导航；
- (4) 配备易于使用的平板电脑功能—Autowalk，允许用户记录和回放自主任务执行情况；
- (5) 每次运行 90 分钟，电池可更换；
- (6) 可为各种应用场景定制，可搭载波士顿动力或第三方载荷，或用户自己设计的硬件和软件开发包；两个有效负载端口为机器人提供电源和通信，可连接以太网，有效载荷能力 14 千克。

搭配波士顿动力公司提供的负载后，机械狗 Spot 可更好的发挥作用：

- (1) 在机器人上增加一个 Spot CAM，可更好地感知环境。Spot CAM 带有一个可选的云台倾斜 30 倍变焦（PTZ）摄像机，可实现 360 度拍摄。
- (2) Spot 的内置计算机完全用于机器人的移动和导航，不供用户使用。如要处理和分析来自 Spot 或其他传感器的数据，可以给机器人增加一台外部计算机，比如 Spot CORE。
- (3) 搭载 LIDAR，有助于提高 Spot 在大空间、动态变化环境中自主导航能力。LIDAR 与 Spot CORE 共同使用，可以更好地自主选择路线导航，或者与 Spot CORE 和 Spot CAM 共同使用，可以增强自主性和远程呈现。LIDAR 拍摄范围 100 米，精度±3 厘米。
- (4) 加装 Spot ARM 可以实现与环境交互，可以开门和打开橱柜，操纵物品。承载能力 4 千克，自由度大于 6。该功能预计 2021 年初完成。

据美国全球性财经媒体 CNBC 2020 年 5 月 15 日报道，全世界大约有 120 个 Spot 机器人被广泛使用。在 2020 年抗击新冠疫情中，Spot 也发挥了一定作用。

2020 年 4 月 23 日，Spot 机器狗在波士顿布莱根妇女医院上岗，被部署为移动远程医疗平台（图 2），帮

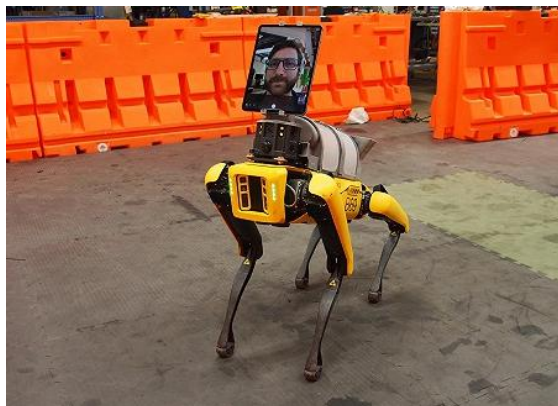


图 2 Spot 被部署为远程医疗平台

助美国医护人员远程看诊，降低医务人员感染新冠肺炎的风险。Spot 携带 iPad 和双向收音机，实时传输医生的信息，医生可还以在线上与患者交谈；同时，帮助医护人员对患者进行远程分类。目前，研究人员正致力于为 Spot 引入更多新功能，包括给病人量体温、呼吸频率、脉搏率和血氧饱和度等，以及在背上安装 UV-C 紫外线杀菌灯或其他技术，支持非结构化空间的表面消毒。

据英国《每日邮报》6月25日报道，美国太空探索技术公司 SpaceX 在得克萨斯州的博卡奇卡工厂测试基地，对星际飞船原型机 SN7 燃料箱进行一次液氮低温压力测试时发生爆炸。Spot 机器狗进入烟雾弥漫充满危险的爆炸现场，前往被炸倾斜的燃料箱收集科研数据（图3）。



图3 Spot 在 SpaceX 测试基地爆炸现场收集数据

此外，Spot 于 2020 年开始在挪威海斯卡夫油田巡检 Aker BP 公司的油气生产船担任检查员，监测碳氢化合物泄漏情况、收集数据和生成报告。

（根据 www.bostondynamics.com 等综述）

【应急装备】

滑坡泥石流早期预警系统

由于自然现象或人类活动，大量的土壤、岩石或岩屑沿着斜坡向下移动，常常引发严重的滑坡和泥石流等地质灾害。据世界卫生组织统计，1998 年—2017 年，山体滑坡影响了约 480 万人，造成 1.8 万人死亡。随着气候变化，气温上升以及永久冻土的融化，岩石斜坡会变得更加不稳定，预计将引发更多山体滑坡。

英国拉夫堡大学迪克森教授、史密斯博士和詹姆斯·弗林特博士研发了一款滑坡泥石流早期预警系统—CSS 系统（The Community Slope SAFE, CSS），通过监听斜坡位移，监测滑坡的发生，并与社区或乡村的基站无线通信，提醒居民注意滑坡风险。目前，该监测系统已在英国、澳大利亚、意大利、加拿大、马来西亚、缅甸等多个国家部署应用。这种新型低成本的监测方法，可以帮助世界各地地质灾害高发的地区免受滑坡危害，减少民众生命和财产损失。

1 CSS 系统技术概述

CSS 系统主要由地下水位监测部分和地表形变监测部分组成。地下水位监测部分主要由雨量计、监测立管、水压计组成；地表变形监测采用全球定位系统定期调取地理位置标记网格，利用遥感、激光扫描结合摄影测量法定期监测，并配备光纤电缆、地面倾斜度测量仪、地表应变仪等传感器设备对地表情况进行持续监测。该款系统主要利用声发射技术，对地下土壤颗粒间摩擦与结构元件（如波导）界面摩擦产生弹性应力波进行监听，声发射技术可听到人耳听不到的声音频率，是一种超可听技术。实验表明，声发射监测技术可以通过监测斜坡剪切面的缓慢变形及加速变形，提供边坡失稳的预警。

2 CSS 系统部署

滑坡预警系统采用太阳能板驱动传感器，它可以连续和近实时地监测声发射，它与一个通信节点无线连接，通过一个标准的移动通信网络向民众提供警报信息。在山坡上钻入一个深孔井，加装一根内置有源波导的钢管，在钢管与井壁之间的环空填充“噪声”颗粒

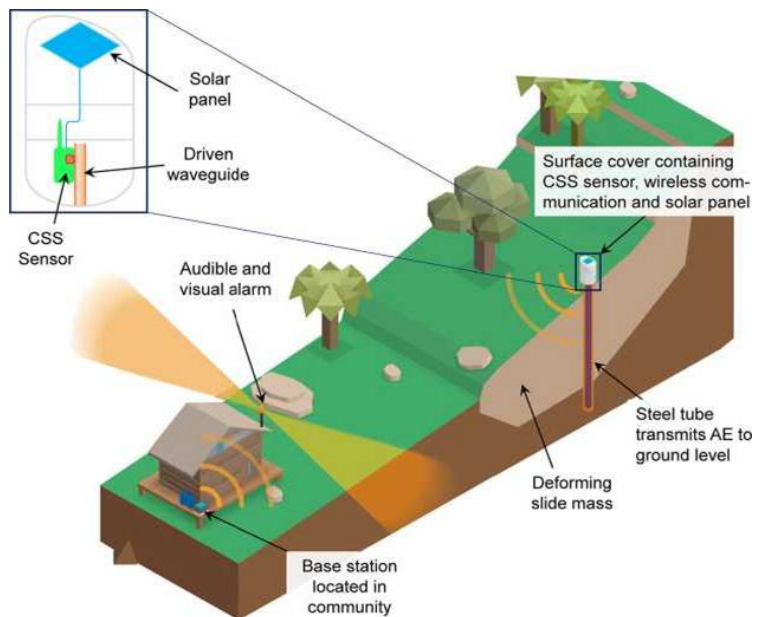


图 1 CSS 系统部署原理图

材料（即砾石或沙子）。声发射传感器安装在钢管的顶部，上部覆一个安全保护罩。随着坡度的移动，声发射的原位材料外和充填体材料发生变形，产生高水平的声发射。声发射沿钢管向上传播到地面的传感器，在被检测到的同时转换成电压信号并被量化。将整个滑坡预警系统与地方基站相连接，由地方基站或社区发出可听或可视的报警信号，提醒地方居民迅速撤离到安全地区，如图 1 所示。主要组件和操作架构如图 2 所示。社区斜坡安全系统（CSS）传感器组件的照片，如图 3（下页），波导传感器连接的方法如图 4（下页）所示。

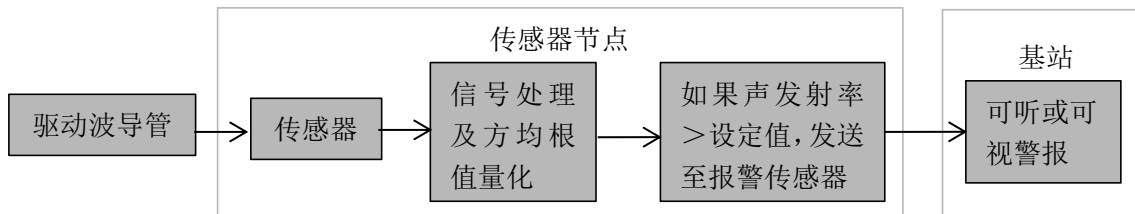


图 2 CSS 系统主要组件和操作架构



图 3 CSS 传感器组件



图 4 波导传感器连接的方法

3 CSS 系统优势

(1) 成本低

成本低廉，可在目前无滑坡泥石流监测技术的发展中国家进行推广，每个传感器的成本约为几百美元。

(2) 易于安装，灵敏度高

滑坡泥石流早期预警系统使用驱动钢管波导简化安装过程，可用简单的工具进行安装，可由几名经过培训的工作人员即可进行安装。系统可适用于各种地质条件和土壤类型，如花岗岩、细颗粒土等。

(3) 近实时警报

该系统采用的声发射技术是通过计算声发射（AE）信号超过预定电压阈值的次数（称为环流计数（RDC））来量化的。选择阈值去除系统和背景噪声。声发射（AE）被量化为环流计数，预定的监测周期，通常为 15~30 分钟，因此，系统提供近实时信息的滑坡信息（即，每个监测周期为 15 至 30 分钟，在结束时，如果超出阈值，即可触发警报。）因此该系统可以近实时的向用户社区传输警报。

(4) 可靠性高

整个系统依靠太阳能电池板充电系统，用传感器处理数据并进行决策，自动识别可能对被监测地区造成的滑坡变形率，利用无线遥测技术进行报警，以简单方式将预警信息传送给社区。该系统即使突然断电，也具有最小错误警报和自动恢复传感器故障状态，性能可靠。

（根据 www.lboro.ac.uk 等综述）

日本可折叠式架桥 Mobile Bridge®

日本长期遭受地震、洪水、海啸和滑坡等毁灭性自然灾害，基础设施容易被严重破坏，2011年“3·11”大地震期间，共有近200座桥被损毁，近年来日本北海道、东北、鹿儿岛等地方也有几座大型桥梁因台风而受损。桥梁一旦受损，重型机械和应急车辆可能无法进入现场，给物资运送带来了极大的困难。

鉴于此，2015年8月18日，日本广岛大学工程学院的研究小组受折纸的启发，成功开发并测试了一种可折叠式架桥 Mobile Bridge®（图1），



图1 日本 Mobile Bridge 安全装载测试（3辆车）

该折叠桥可以在没有基础的情况下快速部署，用于地震、洪水等自然灾害发生后的救援部署工作。该架桥是专门针对应对自然灾害道路抢通所设计，是一种非常高效的实现迅速折叠/搭建桥梁的解决方案，最大承重量为12吨。

Mobile Bridge®由铝合金制成，比普通的铁桥更加轻便，骨架结构也采用了史无前例的折叠式设计，在收纳状态下的高度为4米，伸缩长度为3至20.8米，在2人共同作业下展开和收纳前后所需时间仅为10分钟，此前日本国内搭建临时架桥最短也需要40分钟。该桥是由剪床主部件和包含桥面板的结构部位组装而成，两侧主要结构部件由铝合金材料A6N01制成，最大载荷为230千牛，底板由铝合金材料A6063制成，最大载荷为30千牛。

该移动桥类似于剪式举升机，其侧面由铝梁从溪流或沟壑的一侧伸缩到另一侧，在其侧面转动，桥梁之间具有较大的空隙以减轻重量。这种桥梁体积小，扩展迅速，其部署只需要几个工程师。Mobile Bridge®剪刀结构的折叠式设计使桥系统可以通过拖车、船舶或空运运输到使用现场。

Mobile Bridge®具有无墩的模块化结构，不需要基础工作，无论位置在哪里，都可以快速部署（图2，下页），适用于很多应急救援场景。该桥既可在恢复受自然灾害破坏的桥梁或道路时立即响应，也可以用作现有桥梁的替代品，用途多种多样。

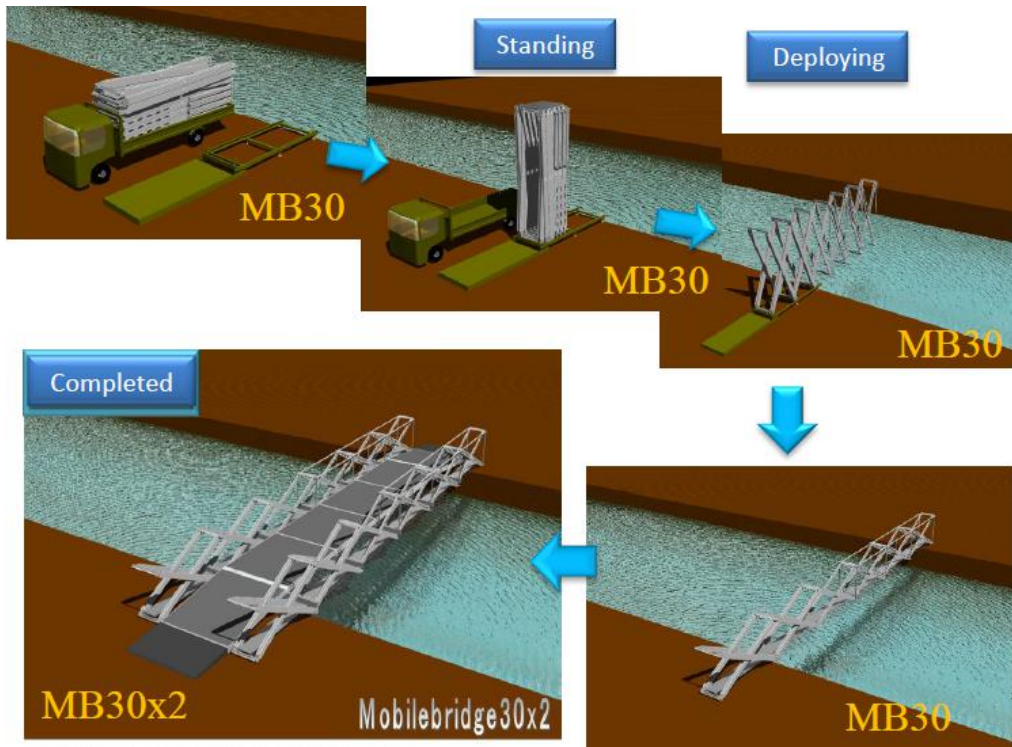


图 2 日本 Mobile Bridge 部署展示

Mobile Bridge®根据用途不同，划分有多种型号，如 MB1.1、MB2.0、MB30 和 MB4.0 等等。其中，MB4.0 用于通过救援及物资车辆，MB30 用于人员疏散，这两种型号架桥的详细参数见表 1。各种型号的架桥之间可以根据现场实际需求拼接在一起使用，如图 3 和图 4 所示。

表 1 MB4.0（车辆用）型号可折叠架桥参数

MB4.0		MB30	
设计载重	120KN（骨架与底板组合） 20KN（单底板）	设计载重	底板面积载重 1.5KN/m ² 试验载重 330KN
桥长	3m~20.8m	桥长	3m~20.8m
跨度	17.3m	跨度	27.5m
桥幅	内幅 2055mm，外幅 2978mm	底板幅	800mm
重量	130KN	重量	约 40KN
动力	油压		



图 3 MB30 和 MB4.0 拼接



图 4 MB1.1 和 MB2.0 拼接

(根据 hiroshima-u.ac.jp/bridge2/等综述)

以色列超宽带穿墙雷达成像系统

以色列一家公司将神话中的“隔墙视物”变成现实。以色列的 Camero-Tech 公司是一家世界领先的提供透视墙（STTW）解决方案的公司，Camero 的核心技术基于微功率脉冲雷达技术，具有创新的先进图像和信号处理算法以及高端固件设计。其开发的 Xaver 系列救生成像系统，被世界各地的搜救队使用。2017 年 9 月，墨西哥中部发生致命地震后，搜救队使用了 Camero 的 STTW 技术。

以色列 Camero-Tech 的“穿墙感应”技术利用无线电波能够穿透瓦砾并从内部接收信号，从而绘制受灾地区内部结构图，并利用特殊算法分析回传信号，实时探测废墟内是否有活动或呼吸，帮助寻找幸存者。使用者还可以利用该系统准确定位困在建筑内的灾民位置，即使在灾民已失去意识的情况下亦可如此。透过大量不同厚度的墙壁，Camero-Tech 系统可以看到 20 米远的地方。

操作人员可以将 Camero 的 Xaver 系列扫描仪安装在实体墙上，也可以在距离墙体一定距离的位置（在探测范围内）进行探测，以获得物体背后的 3D 轮廓。该系统使用超宽带雷达“看穿”墙壁，并采用“呼吸检测”机制来区分静态和移动物体（即使受难者处于昏迷状态也可检测到）。

扫描仪有 3 种尺寸，每一种都有其独特的功能。最小的是 Xaver100（图 1），是便携式手持“生命探测器”，可以提供关于墙后封闭空间的实时信息；Xaver 400（图 2，下页）：提供了一个二维图像，让用户能够辨别静态和



图 1 Xaver100

动态对象，并计算出它们的位置，同时分析空间的大小。最大的 Xaver 800（图 3）是专为情报、监视和侦察（ISR）任务设计的，被世界各地的军事和执法机构使用。各型号系统特性及相关参数见表 1。



图 2 Xaver400



图 3 Xaver800

表 1 各型号系统特性及相关参数

型号	Xaver100	Xaver 400	Xaver 800
设备类型	手持型穿墙雷达	紧凑型穿墙雷达	3D 穿墙雷达
传感器类型	微功率超宽带脉冲雷达传感器	多通道微功率超宽带传感器	多通道超宽带传感器
穿透墙体材料	水泥、石膏、砖、混凝土、钢筋混凝土、土坯、纸面石膏板和许多其他标准的建筑材料		
探测范围	4 米、8 米、20 米	4 米、8 米、20 米	4 米、8 米、20 米
视野	方位角和仰角均为 120°	方位角和仰角均为 120°	方位角和仰角均为 80°
显示模式	指示目标的存在、移动方向和距离	平面图、随时间变化、高穿透性和 3D 视图	3D 视图、2D 平视图、侧视图
频率范围	3GHz~10GHz	3GHz~10GHz	3GHz~10GHz
分辨率	-	距离向：优于 5 厘米；方位向：8 米测量范围内优于 50 厘米	距离向：优于 3 厘米；方位向：8 米测量范围内优于 30 厘米
尺寸	21.8 厘米×9.7 厘米×6.5 厘米	37 厘米×22.5 厘米×12 厘米	运输：47 厘米×47 厘米；操作：84 厘米×84 厘米
重量	660 克（含 4 节锂 123 电池）	3.2 千克，包括电池	14.5 千克，包括电池
电源	4 节锂 123 电池（可选配 2 节锂 AA 电池）	可充电及原电池，主电源	可充电电池，主电源
运行时长	最长 3.5 小时	充电：3.5 小时，电池：4.5 小时，总共 8 个小时	充电：2 小时
无线功能	可选的内置无线模块，用于远程监控		

编者注：穿墙雷达成像（Through-The-Wall Radar Imaging, TWRI）技术一直是近年来世界范围内的研究热点，各国的科研院所、高科技企业对技术的研究、产品的研制投入了极高的热情。目前，具备一维测距、二维定位功能的穿墙雷达已有成熟产品，而具备三维多目标成像功能的穿墙雷达产品则凤毛麟角。相比于一维测距、二维定位功能的穿墙雷达而言，三维成像穿墙雷达具有更好的杂波抑制/剔除、有效降低虚警等优势，同时在俯仰向具备高度测量能力，可提供目标高度、姿态等更加丰富的环境感知信息，具有更加广泛的应用前景。目前，我国有一款三维成像穿墙雷达 CE400（图 4），可穿透 24-37 厘米厚度砖混结构墙体/障碍物。



图 4 穿墙雷达 CE400

（根据 www.camero-tech.com 等综述）

“应急装备之家”上线测试啦！

一、网站目标

“应急装备之家”作为应急管理部主办的应急装备官方专业网站，服务应急装备的研发、推广、配备、管理、应用，运用互联网+、大数据、云计算、人工智能等新一代信息技术，培育多元、开放、共享的装备创新发展生态，构建“多方参与、全面展示、一网通查”的装备信息服务平台，为提升技术装备现代化水平、应急管理和防灾减灾能力提供有力技术支撑。

二、主要功能

“应急装备之家”坚持公益和专业定位，面向应急救援人员、管理部门、装备供应商、专家学者、第三方机构及普通游客等6类用户，开设了“首页、找装备、装备社区、装备资讯、前沿装备、装备视频、装备制造商、知识库、科普、装备一张图”等10个功能板块，做到应急装备“有据可查、有问可答、有需可得”，实现应急装备“快速查询、全面展示、供需对接、智能调度”，解决应急装备工作实战支撑不足、需求对接不畅等问题。

三、网站价值

服务应急装备配备。网站为装备制造企业提供装备产品信息实时录入功能，建设应急装备动态数据库，实现网上找装备、选装备，货比千家。

先进技术装备推广。网站采编全球前沿和国内先进应急装备技术，发布主要功能、应用场景和使用案例等前沿资讯，引领国内先进装备研发、推广、应用。

应急装备紧急调用。基于地理信息系统实现用户装备需求的实时申报、厂商装备供应的实时反馈、装备供需双方的智能匹配、分布的热点可视化展现。对接应急指挥系统，实现突发情况下，应急装备一键调用。

装备使用需求对接。装备社区以网上问答、视频互动、贴吧论坛等形式，为装备选购、使用、售后维修交流提供平台，搜集装备实际使用中的问题，为装备改进提供需求反馈渠道。

四、测试邀请

目前应急装备之家已通过互联网面向社会开放，正在上线测试。不管您是**应急装备供应商**，**应急救援队伍**，还是相关的**第三方机构**，欢迎大家登录应急装备之家注册和录入数据，并向我们反馈宝贵的建议，共同建设我们的**应急装备家园**。

测试链接：<http://eeh.emerinfo.cn/>

五、联系我们

联系人：

朱锐 17600208790；申琢 18910631661

技术支持电话：

010-64464835；010-64464899

您也可扫描下方二维码进微信运维群和公众号进行反馈。

微信运维群



微信公众号



操作手册

针对企业供应商用户，我们提供厂商操作手册，可在网站首页右侧进行下载。

注意事项

- 1、网站暂不支持IE内核浏览器，推荐使用火狐浏览器、谷歌浏览器、360浏览器极速模式。
- 2、网站目前为正式上线前的测试阶段，如果您在注册和装备信息录入过程中遇到问题，请随时联系我们（技术支持电话：010-64464835,010-64464899）。
- 3、请尽量按照厂商操作手册进行注册，装备信息尽量规范录入并确保产品内容为公司自有产品。厂商操作手册可在网站首页右侧进行下载。
- 4、请选择正确的用户类型进行注册和信息认证工作。

您好！若您阅读中遇到问题或反馈意见，请发邮件。

邮箱地址：wangshanlong@chinasafety.gov.cn