

外军多源融合动态简报

(2025年第3期，总第3期)

2025年6月30日

主办单位：导航与时空技术国家级重点实验室

1.HBK推出新型15克战术级组合导航系统。

gpsworld网站2025年6月30日报道，HBK公司旗下的MicroStrain品牌于2025年6月30日发布了一款名为3DM-CV7-GNSS/INS的超紧凑战术级惯性导航系统。该系统专为无人机、无人地面车辆及自动驾驶机器人等空间受限平台设计，旨在解决在复杂动态环境下实现高精度导航与定位的挑战。该新型组合导航系统将先进的惯性技术与紧密耦合的板载双频GNSS接收机相结合，即使在GNSS信号微弱、间歇或完全中断的拒止环境下，依然能够提供精确可靠的导航数据。其重量仅为15.6克，尺寸为38x30x10毫米，在未牺牲性能、尺寸、重量或成本的前提下，实现了战术级导航精度。为确保在各类实际应用场景中的数据稳健性与可靠性，3DM-CV7-GNSS/INS系统内置了自适应扩展卡尔曼滤波器，并经过了全工业温区校准。此外，该系统兼容PX4和ROS等

主流开源平台，能够显著简化系统集成过程并缩短开发周期，为工程技术人员提供了高效便捷的解决方案。

2.泰雷兹公司提升法国抗干扰导航能力。

Thales官网2025年6月12日消息，法国泰雷兹公司(Thales)宣布将在2025至2028年间投资5500万欧元，用于强化法国沙泰勒罗和瓦朗斯两地的工业基地，以巩固其在空、陆、海抗干扰导航领域的领导地位。此次投资旨在应对民用和军事领域对安全导航解决方案的增长需求，具体包括将沙泰勒罗基地的惯性导航系统产能提升四倍，该基地拥有六十年激光陀螺仪技术积累，是欧洲唯一为民用飞机提供相关设备的供应商；在瓦朗斯基地启动TopStar-M GNSS接收机和TopShield抗干扰解决方案的批量生产，并新建惯性微机电系统(MEMS)自主生产线，后者将借助Tronics Microsystems的专业技术加速落地。泰雷兹公司的抗干扰导航方案融合惯性系统与GNSS信号接收技术，例如TopAxyz惯性导航系统确保自主导航连续性，加密多星座TopStar-M接收机与TopShield结合保障信号完整性，这些技术受法国军备总局OMEGA计划支持。此次扩产预计新增150个就业岗位，进一步强化法国在导航产业的领先地位。

3.西班牙UAV Navigation-Grupo Oesía公司开发多种抗干扰导航技术。

InsideGNSS网站2025年6月9日消息，随着全球导航卫星系统（GNSS）面临的欺骗和干扰威胁加剧，西班牙UAV Navigation-Grupo Oesía公司开发了多种抗干扰导航技术，以确保无人机在GNSS拒止环境中的可靠运行。该公司通过集成惯性导航系统（INS）、视觉导航系统（VNS01）和太阳能导航等多传感器融合架构，构建了多层级导航解决方案：INS核心组件为自研姿态与航向参考系统（AHRS），经军事测试验证可在强电子战环境中维持导航连续性；VNS01利用AI和计算机视觉技术，通过地形识别和视觉里程计减少惯性漂移，在GNSS拒止环境中定位误差低于飞行距离的1%，且新版本将支持低光和夜间作业；太阳能导航通过太阳方位角计算航向，不受磁场干扰，测试显示其与双GNSS罗盘的航向偏差小于2度，虽受光照和天气限制，但通过紫外光谱传感器研发有望提升全天候性能。这些技术经实战和军事级测试验证，可动态检测威胁并优先使用可信数据源，显著增强无人机在复杂环境中的导航弹性和任务可靠性，该公司还计划进一步开发AI算法和适配更大平台，以应对日益严峻的GNSS拒止挑战。

4.美Maxar公司和瑞典Saab公司建立战略合作伙伴关系，开发多域战场解决方案。

Satnews网站2025年6月8日消息，美Maxar公司与瑞典

Saab公司达成战略合作伙伴关系，联合开发下一代多域战场解决方案，重点聚焦先进天基C5ISR系统（指挥、控制、通信、计算机、网络、情报、监视与侦察）及自主无人机系统的GPS抗干扰能力，助力欧洲加速构建更先进的自主天基能力。根据合作协议，Saab公司可获取Maxar公司的地理空间情报及Raptor等先进任务产品，并借助其技术专长，双方此前已在多个国家完成Maxar Raptor软件产品的联合测试，该技术在真实环境演示中展现出小于2米精度的地面坐标提取能力。Maxar公司的全球3D地形数据和近实时商业卫星影像将支持萨博构建更先进的C5ISR解决方案，实现多源数据实时融合与多域联合作战。Maxar公司表示，此次合作结合了该公司领先的地理空间情报与萨博先进的防御系统，可应对复杂战术挑战，同时彰显其支持国际客户构建自主防御能力的承诺；Saab公司动力业务负责人约尔根·约翰松（Görgen Johansson）指出，通过整合太空域信息与防御系统，双方正为多域军事行动的有效性和可靠性设定新标准。

5.美国Draper公司高精度天文导航系统获新突破，成功完成飞行前测试。

2025年6月4日，美国Draper公司宣布，其机载天文导航系统（CNS）在预生产测试中取得重大进展。此次测试在双涡桨飞机上进行，累计飞行时间超过30小时，涵盖昼夜条件，

飞行高度达到25000英尺。测试结果显示，该1.5立方英尺的CNS已通过MIL-STD-810和MIL-STD-461军用标准环境测试，导航精度优于30米，满足作战平台的集成和实战需求。Draper采用自主研发的Skymark技术，为GPS受限或信号受干扰环境提供高可靠的天文导航能力。据悉，该技术已发展为可覆盖舰艇、飞机、导弹等多平台的系列化产品，并可拓展应用于地面及空间航天器。其中，舰艇版本已部署于阿利·伯克级驱逐舰，机载版本计划于2026年底开始交付。本次飞行还同步验证了Draper“随时、随地、全域抗威胁定位导航定时”（A3PNT）系列产品，包括基于可见光与红外图像的视觉导航（VAN）系统，以及利用低轨卫星互联网射频信号的机会信号（SOOP）导航模块。各系统协同应用，可显著提升作战平台应对复杂电磁环境、保障导航独立性的能力。

6.德雷珀公司完成系列GPS替代导航技术飞行测试。

军事航空航天网站2025年6月5日报道，德雷珀公司近期成功完成了一系列旨在替代全球定位系统（GPS）的可靠定位、导航与授时（APNT）技术的飞行测试。此次测试在一架双涡轮螺旋桨飞机上进行，累计飞行时间超过30小时，涵盖了昼夜不同光照条件及高达25,000英尺的飞行高度。这些测试是为军事和航空航天应用开发GPS替代方案的关键一步，旨在确保在GPS信号被拒止或降级的严峻环境中，仍能维持

精确的导航能力。本次测试的核心是德雷珀公司的天体导航系统（CNS）。该系统被集成于一个1.5立方英尺的外场可更换单元（LRU）中，在未经加压和温控的舱室环境下，展现了优异的性能，导航精度控制在30米以内。该系统采用了专为GPS拒止环境设计的Skymark天体导航技术，并已通过MIL-STD-810和MIL-STD-461军事环境标准认证。德雷珀公司表示，测试结果证明了该天体导航系统已具备量产和集成到客户平台的条件。除天体导航系统外，此次飞行测试还评估了德雷珀“全时域、全地域、全威胁定位导航授时”（A3PNT）技术组合中的其他系统。其中包括视觉辅助导航（VAN）系统，该系统利用可见光和红外图像在无GPS环境下维持导航，其测试高度范围从100米至100公里，成功应对了高空夜航和水上导航等复杂挑战。另一项被评估的技术是机遇信号（SOOP）单元，它通过一个Ku波段接收器，捕获近地轨道（LEO）卫星互联网星座的射频信号，并利用这些非传统信号源实现多普勒导航。该系统具有低尺寸、低重量和低功耗的特点。此次由德雷珀公司内部投资支持的系列测试，凸显了其应对高对抗性挑战环境、降低对GPS依赖的战略决心。通过整合天体、视觉和机遇信号等多种导航模式，德雷珀旨在构建一个多层、冗余的导航解决方案，以确保未来在跨多域、多平台的军事行动中拥有持续的机动自由。

7.美国Inertial Labs公司发布视觉辅助惯性导航系统，应

对全球GPS干扰挑战。

GPS World网站2025年6月2日报道，美国Inertial Labs（VIAVI Solutions子公司）发布全新视觉辅助惯性导航系统（VINS），专为在GPS/GNSS信号受限环境下辅助飞行器保持高精度航迹而设计。VINS系统通过集成Maxar Raptor 3D视觉定位技术，即便在无GNSS信号情况下，依靠机载摄像头与卫星精密三维地图比对，实现绝对空间定位。系统水平定位精度达到35米，垂直精度5米，速度误差控制在0.9米/秒以内，航向误差不超过 1° ，俯仰/横滚误差不超过 0.1° 。如GNSS可用，系统精度进一步提升，水平和垂直分别达到1米和2米以内，速度误差缩小至0.03米/秒，航向与俯仰/横滚误差分别降至 0.1° 和 0.03° 。该模块化系统适用于低空作业，配备处理与传感模块、GNSS或CRPA天线、气象数据计算机和风速传感器，兼容固定翼与多旋翼无人机。用户还可选配商用无线电、低轨道Iridium GNSS及M-Code/SAASM军用GNSS模块，以提升在无GPS环境下的数据与定位能力。

8.美霍尼韦尔公司推出全新单卡弹性导航系统。

insidegnss网站2025年5月23日消息，美霍尼韦尔公司（Honeywell）推出HGuide o480，扩充了其导航产品系列。这是一款高性能单卡惯性导航系统（INS），以超小尺寸、轻量化和低功耗的设计，提供精确、可靠的定位和姿态数据。

霍尼韦尔公司相关副总裁称赞其为工程奇迹和技术突破，在同尺寸产品中性价比优势显著，还能结合霍尼韦尔多种替代导航功能，形成出色的弹性导航解决方案。HGuide o480适用于新兴小型无人机、自主地面及水下航行器，以及大地测量行业的多种测绘系统等众多领域。它可直接集成到各类需要精确可靠定位的应用电子设备中，能减小系统尺寸、降低集成复杂度，提升空、地、海无人及自主系统的部署速度和性能。该系统具备强大的安全性能，借助Septentrio公司AIM+技术及Mosaic全球导航卫星系统（GNSS）接收器，拥有抗干扰和防欺骗能力，还提供单天线三频Mosaic X5和双天线双频Mosaic H两种配置，以满足不同GNSS姿态辅助需求，且均具备一流的实时动态（RTK）GNSS性能。

9.欧空局高精度抗干扰授时系统助力关键基础设施安全。

InsideGNSS网站2025年5月27日报道，欧空局（ESA）支持的“先进算法与弹性授时技术”项目近日取得重要突破。由捷克Huld公司与比尔森西波希米亚大学联合开发的新型硬软件平台，能够融合多源时间信号并主动检测输入一致性，实现高精度、高可用性的时间同步。该系统采用多重Kalman滤波器、双混频器时间差（DMTD）及时差数字转换（TDC）等先进技术，分辨率达到0.1皮秒，性能指标接近商用相噪分析仪。2024年，该平台在ESA ESTEC UTC实验室通过严苛测

试，展现出优异的时间测量精度、故障检测能力及钟同步表现。在一秒内实现 4×10^{-14} 的Allan偏差，并识别频率偏差达 10^{-13} 、相位跃变低至5皮秒，满足高端应用对灵敏度的严格要求。系统还可并行运行多种时钟组合算法，自动调整高稳定振荡器，并具备噪声特性识别与实时可视化功能。该项目当前着重面向需应对GNSS信号欺骗与干扰的关键基础设施，如电力、通信等领域，提供强韧性补充层，未来将进一步优化故障检测算法和脉冲每秒（PPS）子系统，并计划将现有平台集成至芯片级产品。项目由ESA NAVISP计划资助，展示了欧洲授时与导航领域的创新能力和前沿水平。

10.先进导航公司成功演示激光辅助惯性导航技术，大幅提升无GNSS环境下的定位精度。

gpsworld网站2025年5月23日报道，先进导航公司（Advanced Navigation）近日成功演示了一款名为AdNav OS Fusion的混合导航解决方案。该方案专为在无全球导航卫星系统（GNSS）信号的恶劣环境下实现长时程、高精度导航而设计。这项技术的核心在于其软件定义的融合架构，能够将战略级光纤陀螺（FOG）惯性导航系统（INS）与一种新型的激光速度传感器（LVS）进行集成，为陆地和空中平台提供定位。LVS通过将其独立测量的速度与GNSS的速度数据进行比对，还能有效识别GNSS欺骗信号，为定位、导航和

授时（APNT）安全策略增添了额外的保障。整个系统的运行由AdNav OS Fusion软件驱动，该软件通过复杂算法实时分析和过滤各传感器数据，并根据可靠性、环境条件和操作背景动态调整权重，确保在信号丢失或降级时仍能提供连续、高置信度的状态估计。在澳大利亚进行的多次地面驾驶测试中，该系统在完全依赖航位推算模式（无任何GNSS位置或航向输入）的情况下，实现了平均行驶距离误差仅为0.053%的卓越性能。此外，在一次搭载于固定翼飞机的低空飞行测试中，该系统在超过545公里的航程中，与战术级惯性导航系统结合，最终的行驶距离误差率低至0.045%，充分证明了其在GNSS受拒或对抗环境下显著提升惯性导航性能的能力。LVS技术源于一项名为LUNA（激光导航辅助单元）的航天级导航技术，其成功开发，标志着顶尖的太空探索技术已成功转化为解决地球上关键导航挑战的成熟解决方案。

11.欧空局HYPER-5G项目成功验证GNSS与5G混合定位技术。

insidegnss网站2024年5月20日报道，欧洲航天局（ESA）通过其导航创新与支持计划（NAVISP）资助的HYPER-5G项目近日公布最终成果，成功研发并验证了一套能够融合多星座全球导航卫星系统（GNSS）与5G信号的精确定位引擎。该项目旨在解决GNSS信号在城市等复杂环境中质量下降的

问题，利用5G网络广泛的覆盖范围和可及性，为定位、导航与授时（PNT）提供更高的冗余度和韧性。该项目由意大利GReD公司（米兰理工大学的衍生公司）牵头，联合algoWatt公司和米兰理工大学共同执行。研究团队在2022年和2023年间，于米兰市中心及周边郊区等多种环境下开展了数次数据采集和测试活动。测试中，团队使用了包括低成本接收机在内的多种GNSS设备和5G扫描仪，并采用混合扩展卡尔曼滤波器（EKF）方法对GNSS和5G数据进行融合处理。测试结果表明，该混合定位技术实现了显著的性能提升。在静态测试中，仅使用5G的定位精度约为4米，而GNSS/5G混合定位的精度提升至1-3米；在动态（运动）测试中，该混合方案的精度达到1-4米，远优于单独使用5G时约20米的精度。该项目的核心成果是成功开发出能够联合处理5G与GNSS伪距观测值的新型算法及软件，验证了在GNSS信号不足的环境中，混合定位技术能提供与纯GNSS相当的定位精度，从而极大增强了定位服务的可靠性。同时，研究也指出了5G基站间的精确同步以及多路径效应对定位精度的关键影响，为未来技术的进一步优化指明了方向。

12.捷克LPP公司启动AI导航无人机量产。

2025年5月19日报道，捷克无人系统开发公司LPP Holding近日宣布，正式启动具备人工智能（AI）自主导航能

力的攻击型无人机批量生产。这批无人机此前已在乌克兰军队服役，经过实战检验。据悉，产品最大亮点在于完全不依赖无线电通信通道，AI系统可通过视觉环境分析、气压与多种传感器数据进行独立导航，有效规避俄方电子战干扰。LPP公司联合所有人Radim Petrash指出，该产品为世界上首批通过实战验证的视觉AI自主导航无人机。软件开发周期不足一年，与乌克兰军方的紧密合作推动了产品的快速落地。公司已向乌克兰交付数十架不同型号无人机，包括战术型MTS05、中程MTS25及可携带12公斤弹头的重型MTS40，工厂现有月产能约50架，并计划进一步扩产。北约专家认为，抗干扰与自主化是现代战场对无人机的核心要求，但高度自主决策也引发了伦理争议。LPP无人机目前已由乌克兰第33突击团等部队在前线部署数月，表现受到关注。

13.欧空局成功开发基于地图辅助的传感器融合新算法。

Insidegnss网站2025年5月12日报道，由瑞士联邦铁路（SBB）主导、欧洲空间局（ESA）共同资助的EGNSS MATE项目近期公布了其重要成果。该项目成功开发并测试了一套基于地图辅助的传感器融合新算法，通过整合欧洲全球导航卫星系统（伽利略系统）及其他传感器数据，实现了对列车位置、速度和时间信息的高精度安全估算。该项目的长远目标是将全球导航卫星系统（GNSS）等新型定位技术全面引

入欧洲铁路运输管理系统（ERTMS）的控制指令与信号体系中，从而实现“移动闭塞”（Moving Block）运行模式。与传统的“固定闭塞”系统（即轨道被划分为固定区段，每个区段仅能容纳一列火车）相比，“移动闭塞”能够根据列车的实时速度和制动能力，动态计算列车间的安全距离。这种模式下，每列火车后方都维持一个随车移动的“保护区”，允许后续列车以更小的间隔紧密跟驰，从而显著提升线路容量、缩短发车间隔、优化交通流量，并减少对昂贵地面轨道旁设施的依赖，有效降低了运营成本。在此项目中，德国宇航中心（DLR）负责核心算法的研发，瑞士联邦铁路则利用其常规轨距网络进行了大规模测量活动，为算法测试提供了真实的传感器数据。同时，德国工业设备运营公司（IABG）重点分析了伽利略系统的新型服务——开放服务导航电文认证（OSNMA）和高精度服务（HAS）在ERTMS中的应用潜力，并在实验室内对新算法的抗干扰和抗欺骗攻击性能进行了严格测试。项目计划完全公开其研发的算法，并创建一个测试目录，为未来相关产品的认证奠定基础。

14. 沙特研究指出混合导航是GPS拒止环境下无人机的最优解。

gpsworld网站2025年5月2日报道，近期，沙特苏丹王子大学的一项综合性研究指出，在GPS信号被拒止的环境下，

采用混合导航方法是确保无人机（UAV）可靠运行的最优解决方案。该研究成果已于2025年4月7日发表在《卫星导航》期刊上。研究团队通过对132篇相关论文的系统性评估，深入分析了无人机在无GPS信号环境下的导航技术。研究重点探讨了两种核心定位技术：绝对定位与相对定位。绝对定位技术依赖于预先绘制的地形匹配数据（如TERCOM和DSMAC），但在地形特征缺失的环境中表现不佳。相对定位技术，如即时定位与地图构建（SLAM）和视觉惯性里程计，则依靠实时传感器数据，适应性更强，但对计算资源要求极高。研究报告强调，将激光雷达（Lidar）、雷达和惯性测量单元等多种传感器进行数据融合，并结合卡尔曼滤波等先进滤波算法，能够显著提升导航系统的可靠性。该研究的首席作者伊门·贾拉亚（Imen Jarraya）表示，没有任何单一传感器或算法能够独立解决GPS拒止环境下的所有导航难题。研究结论认为，将绝对定位与相对定位相结合，并通过多传感器融合加以辅助的混合系统，是实现可靠无人机导航的关键。这一发现对于国防、物流和农业等高度依赖无人机的领域具有重要意义，例如，军用无人机将能够在信号干扰区域内有效执行任务。未来的研究将聚焦于优化系统算法和提升AI处理能力，以应对从密集城市到偏远灾区等各类复杂环境的挑战。

15.美企合作开发铱星辅助惯导系统，应对GNSS信号受

拒环境。

gpsworld网站2025年5月1日报道，美国两家在定位、导航和授时（PNT）领域的知名企业——NAL研究公司（NAL Research）与VectorNav技术公司（VectorNav Technologies），已正式宣布合作，共同为全球导航卫星系统（GNSS）信号受拒或降级的复杂环境开发高韧性导航解决方案。此次合作旨在满足无人系统等关键平台在对抗环境中对精确PNT服务日益增长的需求。该解决方案的核心是将VectorNav公司的VN-210E型战术级惯性导航系统（INS）与NAL研究公司的ALTM Gen2 Mini型铱星卫星时间和定位（Iridium STL）接收机进行深度集成。通过结合惯性测量单元（IMU）和铱星STL的辅助信号，该系统能够在GPS/GNSS信号完全中断的情况下，依然为平台提供高刷新率、连续且可靠的位置、速度和姿态数据，确保任务的持续执行。双方未来的合作将重点关注进一步优化系统性能，致力于减小产品的尺寸、重量、功耗和成本（SWaP-C），提升其在严苛环境下的耐受能力，并推动其满足国防与航空航天应用的军用标准（MIL-STD）。此项合作被视为提升美国及其盟国在复杂电磁环境下作战韧性的重要举措，同时也将加速新兴的低地球轨道（LEO）卫星PNT技术走向成熟应用。

16.量子导航技术获突破：澳大利亚Q-CTRL演示高精度

GPS无源备份系统。

GPSWorld网站2025年4月29日报道，澳大利亚量子基础设施软件公司Q-CTRL近期成功演示了一款名为“**Ironstone Opal**”的新型量子导航系统。该系统旨在应对全球定位系统（GPS）在面临信号中断或干扰时的脆弱性，为军事和民用领域提供一个高精度的备份解决方案。与传统GPS不同，该系统不依赖卫星信号，而是利用先进的量子传感技术进行定位。“**Ironstone Opal**”系统的核心技术在于其对地球磁场的超高灵敏度探测能力。系统通过搭载的量子传感器精确测量不同地理位置的磁场特征，并结合基于人工智能的软件，将这些磁场读数与预存的地球磁场图谱进行匹配，从而生成精确的地理坐标。该系统的一大关键优势是其“无源”特性，即在运行过程中不发射任何信号，使其无法被侦测或干扰，极大地提升了在复杂电磁环境下的生存能力和安全性。在最近完成的实地测试中，“**Ironstone Opal**”系统表现卓越。在地面测试中，其精度提升高达50倍；在空中测试中，精度至少提升了11倍，远超作为标准GPS备份方案的高端惯性导航系统。在最佳测试条件下，系统的定位不确定性仅为总行程距离的0.01%，证明了其在多种环境条件和机动状态下保持高精度的能力。该系统硬件设计紧凑，可集成于汽车、无人机及各类飞行器平台。凭借其高弹性、抗干扰的特点，“**Ironstone Opal**”为自动驾驶汽车、商用飞机以及关键军事

资产等领域提供了一个可靠且独立的导航选择。

17.英国PNT战略提出，要建立独立韧性的国家授时导航体系。

insidegnss网站2025年4月28日报道，英国国家PNT办公室项目主管马克·布拉默（Mark Brammer）在慕尼黑卫星导航峰会上，阐述了英国未来PNT发展的核心战略。该战略旨在构建一个基于国际合作与多技术融合的体系架构，其最终目标是建立一个不完全依赖全球导航卫星系统（GNSS）的、具备高度韧性的国家PNT能力。战略认为，GNSS是全球PNT主要服务提供者，要清醒认识并主动管理其潜在的脆弱性。为此，英国已通过“国家危机预防计划”建立了一套全天候运行的国家级多源PNT监控系统。该系统依托英国航天作战中心，能够对太空及地面的PNT信号性能进行分钟级实时评估，并提供干扰预警。未来，该监控网络还将升级，以兼容eLoran（增强型长距离导航系统）和低轨PNT等新兴技术。该战略的基石是发展独立于GNSS的PNT能力，以实现真正的“GNSS韧性”。为此，英国正大力投资多个项目，包括旨在提供皮秒级精度的国家授时中心、与GNSS融合的陆基eLoran系统，以及完全不使用GNSS频段的独立低轨PNT星座，从而确保在GNSS失效时国家关键基础设施仍能正常运行。国际合作被视为实现这一战略的关键支柱。布拉默特别强调

了与欧洲航天局“导航创新与支持计划”（NAVISP）的紧密合作，该计划促进了英国与欧洲顶尖科研力量的协同创新。一个标志性的合作案例是，英国国防科技公司QinetiQ研发的世界首款高性能GNSS融合芯片，正通过NAVISP与美国Xona空间系统公司合作，在其“PULSAR”低轨星座上进行试验。

18.法国SBG Systems发布Qinertia 4.2，实现无基站厘米级后处理精度。

gpsworld网站2025年4月7日报道，法国导航系统公司SBG Systems于2025年4月7日发布了其全球导航卫星系统（GNSS）与惯性导航系统（INS）数据后处理软件的最新版本——Qinertia 4.2。此次更新旨在显著提升数据处理的精度与易用性，为行业用户带来更高效的工作流程和更高质量的数据成果。新版本最引人注目的功能是首次以测试版形式推出的“精确单点定位固定解”（Precise Point Positioning Fixed Ambiguity）技术。该技术使用户在无需架设地面基站的情况下，即可实现厘米级的定位精度，极大地提升了野外作业的灵活性与效率。此外，软件新增的“轨迹平滑器”（Trajectory Smoother）作为一项RTS平滑选项，能够在不损失精度的前提下有效滤除惯性导航数据中的伪影，进一步优化轨迹质量。为改善用户体验与工作流程，Qinertia 4.2还将“杆臂估算工具”独立为一个界面更简洁的应用程序，并优化了“高级虚

拟基站网络创建”功能，通过改进基站质量指标来增强网络的可靠性。软件的处理速度也得到了提升，并增强了大地测量功能，如新增基站速度分析等。在兼容性方面，该版本已支持全新的Ellipse系列产品以及Teledyne Intrepid惯性导航系统。同时，软件也兼容Ekinox、Apogee、Navsight和Quanta等SBG Systems核心产品的最新固件版本，确保了现有用户能够无缝升级并受益于最新的技术进展。这些更新共同致力于为从事高精度测绘、无人系统导航及其他领域的专业人士提供更为强大和可靠的数据后处理解决方案。

19.SBG系统公司发布新型MEMS陀螺寻北惯性测量单元。

2025年4月3日，法国SBG系统公司发布了一款基于微机电系统（MEMS）的陀螺寻北惯性测量单元（IMU）。该产品的核心特点是能够在全球导航卫星系统（GNSS）信号中断的环境下独立运行，为未来开发更先进的姿态航向参考系统（AHRS）和惯性导航系统（INS）奠定了技术基础，进一步拓展了MEMS导航解决方案的应用范围。在性能方面，该新型IMU在无GNSS辅助的情况下，航向精度优于 $1^{\circ} \secant \text{ latitude}$ 。当与GNSS信号及SBG系统公司的导航算法集成后，其惯性导航系统的航向精度可提升至 0.01° 以上。其内部采用纯MEMS设计，无任何移动部件，无需旋转机构，从而显

著提升了设备在各种操作环境下的耐用性和可靠性。该设备在设计上实现了小型化、轻量化和低功耗。其尺寸仅为52 x 52 x 36毫米，重量不足150克，功耗低至2瓦。同时，该产品专为大规模量产而设计，并且不受美国《国际武器贸易条例》（ITAR）的出口限制，可在全球范围内自由部署。为支持该硬件，SBG系统公司还开发了新的算法，包括可在1分钟内完成静态或动态快速初始化的纯寻北算法，以及即使在低动态环境下也能提供卓越单天线航向精度的先进GNSS/INS融合算法。凭借其优越性能，该IMU可广泛应用于海洋作业、自主系统和地理参考等领域，尤其适用于遥控无人潜水器（ROV）、自主水下航行器（AUV）等水下应用，以及需要高精度单天线航向的地理空间和海洋测绘任务。首批商业化成品预计将于2026年初上市。

20.Maxar推出“猛禽”软件套件，助力无人机实现无GPS导航。

2025年3月27日，Maxar情报公司（Maxar Intelligence）正式发布了一款名为“猛禽”（Raptor）的视觉导航软件套件。该软件旨在解决无人机在GPS信号被拒止或不可用环境下的导航与目标定位难题，被视为复杂和对抗性环境中的一项关键技术突破。“猛禽”软件的核心技术在于其无需依赖GPS信号，而是通过将无人机摄像头采集的实时视觉数据，与Maxar

公司覆盖全球超过9000万平方公里的庞大3D地形数据库进行交叉比对，从而生成精确的实时坐标。这项纯软件解决方案无需加装额外硬件，并能在夜间及低能见度等恶劣条件下有效运行，显著提升了无人机在信号干扰、欺骗或山区、密集城市等物理遮蔽环境下的生存与作战效能。该软件套件由三款解决方案组成：“猛禽向导”（Raptor Guide）、“猛禽同步”（Raptor Sync）和“猛禽王牌”（Raptor Ace）。其中，“猛禽向导”利用视觉技术实现空中精确定位，精度优于10米；“猛禽同步”则进一步将无人机视频流与3D地形数据进行地理配准，可提供精度低于3米的地面坐标；而地面操作员可通过“猛禽王牌”从空中全动态视频中获取实时目标坐标，即使在对抗环境中，精度同样低于3米。Maxar公司表示，“猛禽”软件的推出将极大释放自主系统的潜力，无论是在构建数字化战场的联合作战体系中，还是在城市环境中进行大规模精准投送，都具有重要的应用价值。

21.拓普康与Fixposition深化合作，推动Vision-RTK融合定位技术市场化。

insidegnss网站2025年3月6日报道，瑞士高精度定位技术公司Fixposition与拓普康（Topcon）近日宣布深化合作，旨在将先进的定位技术推广至更广泛的自主系统市场。根据合作协议，Fixposition的Vision-RTK传感器产品将全面集成拓

普康的Topnet Live实时动态（RTK）校正服务，为客户提供一体化的“即插即用”式高精度定位解决方案。Fixposition公司的核心技术在于其Vision-RTK传感器，该传感器通过将计算机视觉技术与全球导航卫星系统（GNSS）信号进行“深度传感器融合”，即使在卫星信号受限或中断的环境（如城市峡谷或室内）下，也能保持厘米级的定位精度。自2023年起，该公司的自主系统客户（包括机器人割草机、街道清扫车、采矿与工程机械等）已开始受益于整合了Topnet Live服务的产品。此次合作被双方视为一种“技术共生”，它结合了Fixposition在软件与传感器融合算法上的创新优势，以及拓普康在GNSS硬件和全球差分校正服务网络方面的成熟实力。通过提供预先配置并激活Topnet Live服务的传感器，客户无需进行复杂的设置即可获得稳定的高精度定位，极大地简化了开发和集成流程。此举不仅巩固了双方在各自领域的领先地位，也为高精度定位技术在更多商业和工业领域的规模化应用奠定了基础。

22. 诺瓦泰与GPR合作，融合探地雷达提升GNSS拒止环境定位能力。

gpsworld网站2025年3月10日报道，海克斯康集团旗下的诺瓦泰公司（NovAtel）近日与GPR公司签署了一份谅解备忘录，旨在将GPR公司的WaveSense探地雷达传感器技术集成

至诺瓦泰的SPAN GNSS/INS（全球导航卫星系统/惯性导航系统）解决方案中。此次合作聚焦于为自动驾驶系统、矿业开采以及其他对定位精度和可靠性有严苛要求的关键任务，提供更为强大的定位能力，特别是在GNSS信号受限或拒止的环境下。诺瓦泰现有的SPAN技术通过融合GNSS信号与惯性测量单元（IMU）数据，已能有效应对因建筑物或树木遮挡造成的GNSS信号短暂中断。然而，此次合作旨在解决更严峻的挑战，即在信号被长时间干扰、压制或完全阻断的环境中保持精确定位。GPR公司的WaveSense技术为此提供了创新的解决方案，它通过向地下发射雷达波并扫描深达10英尺（约3米）的地层，绘制出独特的、不受雨、雪、雾等地面天气状况影响的地下特征图谱。将这一稳定的地下图谱作为全新的导航参考源，融合后的系统即使在GNSS信号长时间失效的情况下，也能够持续提供厘米级、高可靠性的位置、速度和姿态（PVA）信息。这对于在GNSS拒止环境或缺少清晰地表参照物的区域执行任务具有重大意义。根据协议，双方将首先针对特定应用场景展开联合技术演示，若验证成功，该合作关系有望发展为正式的产品定义和供应协议。

23.美空军成功测试R-EGI系统，强化GPS拒止环境导航能力。

gpsworld网站2025年3月10日报道，美国空军近期宣布，

其生命周期管理中心(AFLCMC)的定位、导航与授时(PNT)项目办公室,联合IS4S公司及AEVEX宇航公司,成功完成了一项关键的飞行测试。此次测试的核心是“弹性嵌入式GPS/惯性导航系统”(R-EGI),旨在验证该系统在GPS信号受干扰或被拒止的复杂环境下,仍能确保可靠的导航能力。该系统的成功展示了其整合第三方替代性PNT解决方案的卓越性能,标志着美军在发展弹性PNT能力方面取得了重要进展。此次测试在一架特种作战司令部的C-146A“美洲狮”(Cougar)运输机上进行了六次飞行。测试中,R-EGI系统集成了AEVEX宇航公司开发的“LynxVBN”视觉导航系统。该系统利用视觉信息进行定位,在长达2.5小时的GPS信号完全中断的飞行过程中,依然能够提供约10米的高精度定位。这款第三方视觉导航系统的软件集成到R-EGI系统中仅耗时一小时,充分验证了R-EGI系统所采用的模块化开放系统架构(MOSA)带来的“即插即用”能力和高度适应性。此次测试的成功,为美国国防部武器系统未来快速、低成本地集成各类新型导航技术开辟了道路。R-EGI系统的开放架构不仅能够融合来自不同供应商的GPS接收器,还能无缝接入视觉导航等替代性PNT技术,从而极大增强了系统在未来高强度对抗环境下的生存能力和任务执行能力。美空军官员称,此次测试是该项目历史上“最令人印象深刻的展示”,为在GPS降级或拒止环境中实现可靠、灵活的导航设立了新的基准。

24.美陆军批准全面生产GPS拒止环境下的导航系统。

防务邮报网站2025年3月6日消息，美国陆军批准柯林斯航空航天公司（Collins Aerospace）全面量产第二代车载可靠定位导航与授时系统（MAPS Gen II）。作为美军现代化战略的一部分，该系统专为GPS对抗环境下的陆军车辆设计，采用模块化开放系统架构，通过NavHub-100导航系统和集成传感器融合算法与非射频传感器的多传感器天线系统，抵御GPS欺骗和干扰。其使用军用级GPS（M码），确保作战人员在山区、城市高楼或敌方电子战区域等GPS信号不可用或降级环境中仍能精确执行任务。MAPS Gen II的研发可追溯至2019年部署的第一代系统（MAPS Gen I），美军于2022年9月与柯林斯签订价值5.83亿美元的五年合同，此次批准标志着该系统向初始作战能力迈进。

25.NextNav成功演示基于5G的PNT技术，旨在补充和备份GPS。

2025年2月27日，美国NextNav公司宣布，其基于5G波形中定位参考信号（PRS）标准的定位、导航与授时（PNT）解决方案，已成功完成实验室及外场技术验证。此次演示的成功，证明了利用现有的5G及PRS标准来构建大规模商用PNT网络的可行性，该网络将作为传统全球定位系统（GPS）的一种高弹性地面补充与备份系统。本次技术验证的关键环

节是在加利福尼亚州帕洛阿尔托进行的实地测试。NextNav公司利用其现有频谱运行了一个原型网络，成功验证了该5G PRS方案在精确授时同步和稳健定位方面的能力，为后续的广泛商业部署奠定了坚实的技术基础。NextNav联合创始人兼首席技术官Arun Raghupathy表示，这是朝着“基于全球标准构建GPS地面备份系统”这一目标迈出的重要里程碑。展望未来，NextNav公司正寻求与5G基础设施及设备供应商合作，共同建设一个规模化的地面PNT解决方案。为此，该公司已向美国联邦通信委员会（FCC）提交了一份规则制定请愿书，建议重新规划和分配低900MHz频段，旨在支持一个基于5G的地面三维PNT网络。该网络在作为GPS的补充与备份系统的同时，也能促进5G宽带的部署和应用，以应对当前PNT系统韧性与5G频谱资源日益紧张的双重挑战。

26.赛罗斯公司获美军合同，研发量子融合PNT系统。

gpsworld网站2025年2月13日报道，美国太空军的创新部门SpaceWERX已授予赛罗斯系统公司（Xairos Systems Inc.）一份价值190万美元的“直接进入第二阶段”（Direct-to-Phase II）合同，旨在开发一套先进的融合定位、导航与授时（PNT）系统。该项目致力于通过集成量子与光学时钟同步技术，以应对美国空军部（DAF）在相关领域面临的关键挑战，从而加强美国国防能力。为执行此项合同，赛罗斯公司正与

Luminous Cyber公司及Eritek公司合作，目前团队已完成该系统的初步设计审查。此次拨款是美国空军研究实验室（AFRL）与SpaceWERX为简化“小企业创新研究”（SBIR）及“小企业技术转让”（STTR）流程所做的更广泛努力的一部分。该举措旨在通过缩短从提案到授标的时间、消除行政障碍等方式，扩大对小企业的创新资助，加速前沿技术在美国国防领域的应用与转化。

27. 诺斯罗普·格鲁曼公司以M码技术助美海军强化机载导航能力。

gpsworld网站2025年2月12日报道，美国海军已选定诺斯罗普·格鲁曼公司（Northrop Grumman）为其提供先进的LN-251M型惯性导航/全球定位系统（INS/GPS），旨在全面提升其机载导航的精确性和可靠性。该系统是现有LN-251系列的重要升级，其核心亮点在于集成了先进的M码（M-Code）军事信号技术。M码是一种经过加密的军用专用GPS信号，相较于民用信号，其在抗干扰和抗欺骗方面具有显著优势。通过采用M码技术，LN-251M系统能够为海军飞机在复杂的电磁对抗环境中提供更强的信号保护，确保导航信息的安全与稳定。这一技术突破使得飞行员即便在GPS信号受到压制、干扰或完全中断的区域，也能有效执行任务，极大地增强了作战韧性。诺斯罗普·格鲁曼公司指出，LN-251M是首款专

为海军飞机设计的M码导航系统。此外，该系统在设计上充分考虑了兼容性与未来发展，能够与现役飞机的导航架构无缝集成，并支持后续的软件升级与GPS现代化改造，确保了技术的长期有效性。

28.ANELLO光子公司获美海军合同，开发无GPS环境下的先进导航技术。

gpsworld网站2025年1月22日报道，ANELLO光子公司（ANELLO Photonics）于2025年1月22日宣布，已获得美国海军授予的一份为期六个月的第一阶段“小企业创新研究”（SBIR）合同。根据该合同，ANELLO公司将向美国海军演示其专为无GPS环境设计的先进导航解决方案。此次合作的核心在于，美国海军将对ANELLO公司的集成光子技术及其基于人工智能的传感器融合引擎进行评估。这些技术，特别是其光学陀螺仪，旨在解决GPS信号在复杂或对抗环境中不可用或受损时的精确导航难题。该项目的目标是验证ANELLO技术在维持高精度定位与导航能力方面的有效性。这项技术的发展不仅满足了国家安全领域的迫切需求，也反映出军事与民用领域对可靠定位系统的共同依赖和日益增长的需求。除了军事应用，ANELLO公司的导航解决方案在建筑、农业、交通、机器人技术和无人驾驶车辆等多个领域也具有广泛的应用前景。

29.ANELLO光子公司推出基于硅光子陀螺仪的新型海事惯性导航系统。

gpsworld网站2025年1月13日报道，ANELLO光子公司（ANELLO Photonics）近日发布了一款专为自主水面舰船和水下航行器设计的新型海事惯性导航系统（INS）。该系统旨在为GPS信号受限或不可用的复杂环境提供高精度的导航、定位与姿态信息。该系统的核心优势在于集成了公司专有的硅光子光学陀螺仪（SiPhOG）技术与一个先进的传感器融合引擎。这项技术融合了光学陀螺仪的卓越性能与硅光子技术的小尺寸、低功耗优势。其搭载的高精度三轴硅光子陀螺仪在无外部辅助的情况下，航向漂移率低于每小时0.5度，并能以100赫兹的频率输出参考级的位置、速度和姿态数据。为进一步提升可靠性，该系统配备了具有静态航向测定功能的双三频GNSS接收机，并集成了一个由人工智能驱动的传感器融合引擎。该引擎不仅能提供精确的航位推算，还具备GNSS欺骗攻击的检测与防御能力。其坚固耐用的设计使其能够防水并抵抗腐蚀、盐雾及化学品的侵蚀，完全适应恶劣的海洋作业环境。除了核心的海事应用，这项技术在建筑、农业、机器人技术和国防等领域也展现出广阔的应用前景。

30.Anello公司推出新型海用惯性导航系统，提升GPS受限环境自主导航能力。

2025年1月7日，美国惯性导航系统供应商 Anello Photonics 公司宣布，正式推出其新型海用惯性导航系统（Maritime INS）。该系统旨在为水面及水下自主航行器提供高精度导航解决方案，尤其专注于解决全球导航卫星系统（GNSS）信号受扰或完全中断环境下的导航难题。该系统的核心技术优势在于集成了公司专有的硅光子光学陀螺仪（SiPhOG）与一个先进的传感器融合引擎。这一组合使其在GPS受限的复杂海洋环境中依然能保持卓越性能。关键性能指标包括：在无辅助情况下航向漂移率低于每小时0.5度，并能提供参考级的100Hz位置、速度和姿态数据。此外，系统还配备了双三频全星座GNSS接收机和具备静态测向功能的人工智能（AI）传感器融合引擎，后者集成了先进的GNSS欺骗检测能力。该系统在设计上充分考虑了严苛的海洋应用环境。其功耗低于6瓦，具备紧凑、轻量化的特点，并通过了IP68防护等级认证，可有效防水并抵抗腐蚀、盐雾及化学品侵蚀，同时具备优异的抗冲击和抗振动性能。在实际应用方面，自主水面航行器制造商Seasats公司已通过集成该系统显著提升了其在GPS拒止场景下的导航能力，验证了该技术的有效性。Anello公司已在2024年11月完成了由军工巨头洛克希德·马丁（Lockheed Martin）等机构共同领投的B轮融资，显示出其技术在国防及自主系统领域获得了重要战略支持与市场认可。此次新型海用惯导系统的推出，是其技术在

陆、空领域成功测试后，向海洋应用拓展的关键一步。

31.美国陆军增购MAPS GEN II系统，强化多平台导航抗干扰能力。

AFCEA International网站2025年1月2日报道，美国陆军近日宣布，已授予柯林斯宇航公司（Collins Aerospace）一份价值约9683万美元的新合同，用于增购其“车载可靠定位、导航与授时系统”（MAPS）GEN II。根据合同，陆军将接收1212套系统，海军陆战队系统司令部将接收400套，另有29套将交付给AWS。此次采购是双方于2022年9月签署的为期五年、总价值5.83亿美元的无限期交付/无限量（IDIQ）生产框架协议的一部分，新系统的交付将从2025财年开始。此次系统升级的主要目标是应对日益演进的电子战威胁，特别是来自同等级别对手的干扰与欺骗攻击。MAPS GEN II系统通过融合多种传感器数据，即使在军用GPS信号中断或受干扰的环境下，也能为作战人员提供可靠、高精度的定位、导航与授时（PNT）信息。这不仅能确保士兵的方位感知，也为多域作战提供了关键的技术保障。该系统的核心技术是柯林斯宇航的NavHub-100导航系统与多传感器天线系统（MSAS）。系统采用开放式架构，利用其专有的NavFusion技术，整合来自不同传感器的信息，并结合具备先进抗干扰与反欺骗能力的M码GPS信号，从而在复杂的电磁环境中维

持导航精度。该系统首批将主要集成于史崔克旅级战斗队和装甲旅级战斗队的地面车辆平台，并计划未来扩展至陆军的水上船艇。整个项目的预计完成日期为2026年7月26日。

32.德国安修斯公司完成“猎人”级护卫舰综合导航系统关键设计审查。

海军新闻网站2024年12月17日报道，德国安修斯公司（Anschutz）近日宣布，其在澳大利亚“猎人”级护卫舰项目中取得了重要的里程碑式进展。该公司已成功完成了为该级护卫舰设计的“军舰综合导航与舰桥系统”（WINBS）的初步设计审查（PDR），系统总体设计方案获得了主承包商BAE系统公司澳大利亚海事分部的认可，为项目转入最终设计阶段奠定了坚实基础。此次初步设计审查详细规定了系统的各项性能需求，并明确了系统架构、核心元件及外部接口。审查工作在系统安全性方面取得了显著进展，特别是在共享基础设施及“千兆以太网数据复用系统”的接口定义上。该数据系统将负责在舰上各关键系统之间进行数据传输，其接口的明确是保障全舰信息高效互通的关键。安修斯公司将为“猎人”级护卫舰提供其先进的SYNOPSIS NAVAL导航系统。该系统是一套具备高度灵活性和客户化定制能力的WINBS，其设计具有传感器无关性，并能无缝融入共享计算环境与网络基础设施。系统的核心是一个智能化的“舰桥集

成平台”，负责确保数据的完整性与安全性，并将多源数据融合成一幅统一、连贯的海上态势图。借助该平台，舰上军官可从任何通用显控台访问全面的导航与战术信息，显著提升决策效率。安修斯公司也为英国皇家海军的26型和31型新一代护卫舰项目提供同类先进的综合导航与舰桥系统及相关设备，这进一步证明了其在该领域的深厚技术实力与领先地位。

33.瑞典潜艇部队全面换装先进导航系统以强化潜航能力。

防务邮报网站2024年12月9日报道，瑞典已与加拿大OSI海事系统公司（OSI Maritime Systems）签署协议，将其整个潜艇部队全面部署先进的“电子海图精确综合导航系统”（ECPINS）。此次升级计划涵盖了瑞典海军现役的所有潜艇，包括三艘哥特兰级（A19）和一艘南曼兰级（A17）柴电潜艇，并且未来即将服役的新一代A26级潜艇也将在建成后装备该系统。这项协议不仅涉及最新版本ECPINS 7的部署，还包含了一项多年的在役技术支持服务。ECPINS系统的核心优势在于其专业的“潜航导航”（dived navigation）功能，这对于需要长时间在水下隐蔽行动的潜艇至关重要。由于潜艇在任务中需严格控制水面暴露时间，无法持续依赖全球卫星导航系统。ECPINS通过整合潜艇自身的传感器数据，在电子海图

上实时、精确地显示航行信息，并可叠加雷达图像、目标接触点和作战区域等数据，从而显著增强了潜艇在水下的态势感知能力和导航安全性。根据OSI公司的资料，ECPINS作为一种成熟的军用舰载电子海图显示与信息系统（WECDIS），其潜航导航解决方案已获得八个北约及盟国海军的认可，并在全球超过25个国家海军的700余艘舰船上得到应用。OSI公司负责人表示，瑞典潜艇的作战水域是全球最具挑战性的海域之一，此次合作将为其提供顶尖的导航技术，有效保障其潜艇部队在复杂环境下的作战效能。

34.R-EGI项目取得关键里程碑：弹性PNT能力获飞行验证。

insidegnss网站2024年11月18日报道，美国空军弹性嵌入式GPS/惯性导航系统（R-EGI）项目近期取得重大进展，其开放式架构导航系统成功完成了多轮综合飞行测试。该系统集成于F-16战斗机改装的线路可更换单元（LRU）中，于8月和10月在新墨西哥州霍洛曼空军基地进行了四次飞行测试，搭载在一架C-12J飞机上。测试结果表明，R-EGI系统在保持精确的定位和姿态方面表现出色，验证了其模块化开放系统架构下的定位、导航和授时（PNT）能力。此次成功飞行测试标志着PNT技术的重要进步，并验证了R-EGI系统的能力，将有助于提升现代军事行动中导航系统的准确性和可

靠性。项目团队，包括IS4S、Kearfott公司、通用动力任务系统（GD-MS）、柯林斯航空航天等多个机构的专家，通过快速原型开发和严格的测试流程，确保了系统的成熟度和飞行就绪性。R-EGI采用模块化开放系统架构（MOSA），旨在为美国国防部平台提供强大且可靠的PNT能力，具备灵活性，可适应不同平台并支持未来升级以应对新兴威胁。通过整合政府参考架构（GRA），R-EGI项目旨在建立行业和政府间的合作，并促进新硬件和软件的快速集成，从而在PNT领域保持领先地位。未来，R-EGI项目计划于2025年开展一系列活动，包括互补PNT飞行演示、工程功能单元的生产，以及在NAVFEST25上展示先进接收器和波束成形天线技术，以进一步推动导航技术的发展。

35.美国Inertial Labs公司推出INS-DM-FI：集成战术级光纤陀螺的高性能惯性导航系统。

insidegnss网站2024年11月14日报道，美国Inertial Labs公司于2024年11月14日发布了其最新的GPS辅助惯性导航系统（INS）——INS-DM-FI。该系统的核心是采用了战术级光纤陀螺仪（FOG）技术，旨在为陆地、海洋及空中等多种平台提供高精度、高可靠性的导航与定向解决方案，满足严苛环境下的作战与应用需求。INS-DM-FI系统在设计上具备高度的坚固性和环境适应性，拥有IP68防护等级，并具备出色

的电磁屏蔽能力，能有效抵抗外部干扰。该系统高度集成化，整合了惯性导航系统(INS)、姿态和航向参考系统(AHRS)、运动参考单元(MRU)以及基于光纤陀螺的惯性测量单元(IMU)等多种功能。系统可精确测定载体在静态或动态下的位置、速度、姿态(航向、俯仰和横滚)，为各类应用提供可靠数据。在技术配置方面，该系统内置的惯性测量单元由战术级光纤陀螺仪和MEMS加速度计构成。它兼容并支持多种全球导航卫星系统(GNSS)接收机，包括NovAtel OEM7、u-blox F9及Septentrio mosaic-H系列，能够处理GPS、GLONASS、GALILEO、QZSS和北斗(BEIDOU)等多个卫星星座的信号。此外，系统还集成了先进的抗干扰与防欺骗技术，确保在复杂电磁环境下的数据安全与精度。根据用户需求，该系统还可选配内置的大气数据计算机(ADC)，进一步增强其在航空应用中的性能。

36.美空军增购LRASM反舰导弹，注重传感器融合与自主攻击能力。

军事航空航天网站2024年11月1日报道，美国空军生命周期管理中心于近期宣布，已向洛克希德·马丁公司授予一份价值3.58亿美元的新订单，用于采购第8b批次的远程反舰导弹(LRASM)。该合同旨在为美国海军、空军及盟友提供先进的反舰武器，以应对高价值水面舰艇，如航空母舰和导

弹巡洋舰等带来的挑战。LRASM是一款基于“联合空对地防区外增程导弹”（JASSM-ER）研发的精确制导武器，旨在取代自1977年以来服役的“鱼叉”反舰导弹。其射程超过200海里，并具备扩展至500海里以上的潜力。该导弹采用高亚音速飞行，飞行中段于中空巡航，末端则下降至海平面进行掠海突防，以规避舰载防御系统。该导弹的核心优势在于其高度自主的作战能力和在复杂电子战环境下的生存性。LRASM装备了先进的多模射频传感器、新型数据链和抗干扰数字全球定位系统（GPS），使其能够不完全依赖外部情报、监视和侦察（ISR）平台或GPS信号，利用弹载系统独立完成目标搜索与识别。其导引头由BAE系统公司开发，采用了先进的传感器融合技术。该技术能够综合处理来自弹载雷达、半自主制导系统、数据链以及外部传感器的数据，即使在强烈的电子干扰或欺骗环境下，也能精确识别并打击受保护的目标。此次订单使洛克希德·马丁公司在该项目上的合同总价值已接近15亿美元，相关工作预计将于2028年7月前完成。

37.Skyline Nav AI视觉导航技术：GPS拒止环境下的定位新方案。

insidegnss网站2024年10月16日报道，初创公司Skyline Nav AI正在商业化一项源自美国陆军研究实验室的计算机视觉导航技术，旨在为全球定位系统（GPS）在信号受扰或

完全拒止的环境下提供有效的补充与替代方案。该技术名为 Skyline Match AI，由拥有美国陆军背景的首席执行官坎瓦尔·辛格（Kanwar Singh）领导，通过拍摄设备周围的天际线轮廓，并与参考数据库进行比对，无需依赖GPS、蜂窝网络或Wi-Fi信号即可实现定位。该技术在性能上表现出色，尤其在城市等复杂环境中。测试数据显示，在视野无遮挡的城市区域，Skyline Match AI有95%的概率实现5米以内的定位精度。而且，它并非一个孤立的系统，可以与惯性导航系统（INS）、全球导航卫星系统（GNSS）以及即时定位与地图构建（SLAM）技术深度融合，以获得更精确的导航结果。其关键优势之一是能够有效校正惯性传感器随时间产生的固有漂移，解决了惯性导航系统在无GPS信号时精度会快速下降的核心痛点。凭借其军事应用潜力与技术创新性，Skyline Nav AI已获得美国空军、陆军、国家地理空间情报局（NGA）等机构的支持，并与多家行业巨头建立了战略合作关系。例如，公司已同BAE系统公司合作，将其技术集成至军用夜视摄像头中，使车辆在夜间或GPS失灵时仍能通过视觉感知进行自主定位。目前，该技术已应用于移动定位、无人机、地面车辆及车队导航等领域，并为美军提供了专用的战术突击套件（ATAK）版本。

38.美UAVOS公司人工智能视觉导航技术突破，无人机实现GNSS拒止环境自主飞行。

GPS World网站2024年8月27日报道，UAVOS公司与合作客户联合完成了一项关键测试，验证了其先进自动驾驶仪系统在GNSS（全球导航卫星系统）信号拒止环境下的导航能力。该系统融合计算机视觉与人工智能技术，搭载于无人直升机，通过深度学习算法驱动的机载视觉导航模块，为无人机提供精确的地理坐标，实现白天与夜晚环境下的自主飞行控制。测试结果显示，UAVOS的创新方案使无人机能够在无外部GNSS信号依赖的条件下，完成安全的起降与任务飞行，显著提升了其在复杂电磁环境下的自主性和作业灵活性。通过“看见”并实时解读周边环境，UAVOS为无人系统赋予了前所未有的独立导航能力，为未来无人作战与高风险区域应用提供了重要技术支撑。

39.美TrustPoint公司赢得SpaceWERX替代PNT合同。

SpaceNews网站2024年8月21日消息，美TrustPoint公司宣布获得美国太空军创新部门SpaceWERX的两份合同，总价值380万美元，用于推进替代定位、导航与授时（AltPNT）技术开发。根据声明，两份合同均为“直接进入第二阶段”（direct-to-phase 2）类型，旨在加速商业化AltPNT解决方案的落地。TrustPoint公司计划利用资金开发不依赖GPS的地面控制段，并演示先进PNT安全应用。其核心技术路径是在低地球轨道（LEO）部署C波段卫星星座，提供与现有GPS L

波段服务互补的商用PNT服务。公司创始人兼首席执行官帕特里克·香农（Patrick Shannon）指出，选择C波段旨在实现频率多样性——当前轨道已有近200颗L波段GNSS卫星，而C波段可减少频段拥挤带来的干扰风险，同时确保独立于传统系统，提升商业和国防用户的可靠性与弹性。目前，TrustPoint公司已发射两颗试验卫星。新合同资金将用于扩大团队、推进星座核心技术与系统开发，并验证面向自主系统的PNT应用场景。美国太空军此前多次强调GNSS的脆弱性，此次合作体现了其通过商业创新提升PNT弹性的战略导向。

40.分析认为AltPNT应与GNSS协同发展。

SpaceNews网站2024年7月2日，随着乌克兰与中东冲突升级及中美地缘竞争加剧，全球导航卫星系统（GNSS）的脆弱性日益凸显，欺骗和干扰不仅困扰战场定位，还波及民航等民用领域，催生了对不依赖GNSS的AltPNT（替代定位导航与授时）技术的需求。然而，完全取代GPS并不现实。AltPNT需满足独立于GNSS、精度速度与全球覆盖可比肩GPS、抗干扰等严苛条件，当前多数技术仅为补充而非替代。例如，低地球轨道（LEO）卫星星座（如Xona、TrustPoint等公司方案）虽能提升信号强度和精度，但存在成本高、寿命短、易受空间碎片威胁等缺陷；惯性导航系统（INS）依赖初始GNSS数据且存在漂移问题，量子技术虽可能改善但

尚未成熟；地基增强系统（如eLORAN）覆盖有限，地形导航（TBN）在平坦或战乱地区效果受限；视觉定位（VPS）和激光雷达（LiDAR）则依赖预测数据，适应性不足。文章强调，单一技术无法全面替代GPS，需采用多层次融合架构，结合GNSS与AltPNT实现“弹性降级”。尽管AltPNT技术发展迅速，但短期内仍需持续投资GPS现代化及增强技术（AugPNT），通过多技术协同提升导航系统的可靠性与抗干扰能力。最终结论认为，AltPNT是重要补充而非颠覆，与GNSS协同发展才是构建稳健PNT体系的可行路径。

41.美Inertial Labs公司推出下一代GPS辅助惯性导航系统。

THE GPS TIME网站2024年6月19日消息，美Inertial Labs公司推出新一代GPS辅助惯性导航系统INS-FI。该系统采用战术级光纤陀螺仪（FOG）技术，具备IP67防护等级，可抵御电磁干扰，适用于陆地、海洋和空中平台。INS-FI集成光纤陀螺惯性测量单元（IMU）和全星座多频段GNSS接收机（支持GPS、北斗等），能提供精确的位置、速度和姿态数据，在无GNSS信号时，陆地应用中位置误差约为行驶距离的0.1%，航空（无人机）应用中漂移为5海里/小时，且支持与该公司的大气数据计算机、视觉惯性导航系统等兼容。

42.赛峰发布新型惯性导航产品，集成M码应对GPS拒止

环境。

insidegnss 网站 2024 年 6 月 19 日报道，法国赛峰集团（Safran）旗下的联邦系统公司于 2024 年 6 月初在美国肯塔基州举行的联合导航会议（JNC）上，发布了两款新型惯性测量单元（IMU）——Iconyx 与小型战术 IMU（STIM），并宣布为其基于半球谐振陀螺（HRG）技术的 Geonyx 惯性导航系统（INS）集成了 M 码（M-Code）反欺骗功能。此次产品更新旨在为无人系统和天基操作等领域提供高性能、高弹性的导航解决方案，特别强化了 GPS 拒止环境下的作战能力。新推出的两款产品各具特点。Iconyx 是一款战术级 IMU，其核心由三个 HRG 晶体和三个闭环微机电系统（MEMS）加速度计组成，封装紧凑，适用于精确制导与控制应用。另一款 STIM 则是基于高端 MEMS 陀螺技术，专为对尺寸、重量和功耗（SWAP）有严苛要求的应用场景优化，能在紧凑的体积内实现卓越性能。此次升级的重点在于为 Geonyx 惯性导航系统集成了 M 码能力。M 码是现代化的军用 GPS 信号，具备更强的抗干扰和防欺骗能力。通过将 M 码接收器与 HRG 惯性系统深度融合，该系统能够在 GPS 信号被干扰或中断时，无缝切换至高精度惯性导航模式，确保作战人员获得持续、可靠的定位信息。当 GPS 信号恢复后，系统会自动切换回 GPS 导航，从而实现多源输入的智能融合与最优解算。赛峰公司强调，其 HRG 技术是下一代陀螺技术的代表，相较于传统的光

纤陀螺（FOG）和环形激光陀螺（RLG），HRG在实现同等或更高性能的同时，具备显著的低SWAP优势，且性能提升无需增大设备体积。这项技术已在全球范围内部署超过3万套，在军事应用中拥有超过1500万小时的运行记录，其可靠性已得到充分验证。赛峰认为，这种兼具高性能、低SWAP和高可靠性的技术对于未来在GPS拒止环境下的军事行动至关重要，具有颠覆性的潜力。

43.GSAB项目成功演示船舶自动靠泊方案，融合多源传感器提升港口效率与安全。

insidegnss网站2024年5月27日报道，在欧洲航天局（ESA）NAVISP计划的支持下，“格里马尔迪卫星自主靠泊”（GSAB）项目成功开发并演示了一套面向大型（200米级）运输船的高精度自动化港口靠泊解决方案。该项目由格里马尔迪集团（Grimaldi Group）牵头，旨在通过集成先进技术，为船员提供实时的船舶态势感知和精确的操纵指引，从而优化复杂的靠泊作业流程。该解决方案的核心是集成了多种先进传感器的综合系统。技术合作伙伴康士伯集团（Kongsberg）开发了一套惯性导航系统，该系统深度融合了全球导航卫星系统（GNSS）的定位数据与运动陀螺罗盘（MGC）的姿态数据，能够稳定、精确地输出船舶的位置、速度及加速度信息。同时，系统还包括一个基于摄像头的感知套件，用于实时测量

船体与码头之间的精确距离。此外，非营利研究机构 Radiolabs 借鉴其在汽车领域的经验，成功验证了融合 GNSS、惯性测量单元（IMU）和激光雷达（LiDAR）的地面真值参考系统，进一步提升了定位与测距的精度和可靠性。系统还可通过增强现实（AR）设备，将关键信息直观地呈现给操作人员。项目成果表明，该系统能显著提升港口作业效率，有效缩短船舶进出港时间，并随之减少污染物排放，在成本节约、安全保障和环境保护方面展现出巨大潜力。基于此次成功，项目各方将在后续的 GSAB2 项目中继续合作，计划将该系统应用于自动化程度更高的船舶，并引入基于人工智能的先进算法。

44. 美军探索多元化技术以应对 GPS 失灵风险。

突破防务网站 2024 年 5 月 14 日报道，美国国防部正日益关切全球定位系统（GPS）在地缘政治冲突中易受干扰和欺骗的脆弱性。为此，美国军方正积极寻求替代方案。专家普遍认为，不存在能够完全替代 GPS 的单一技术。未来的解决方案将是一个结合多种技术的“整体战略”，通过融合不同来源的数据形成一个可靠的“复合信号”。这种策略要求军方摆脱对 GPS 的过度依赖，并针对不同平台和任务需求，在尺寸、重量、功率和成本之间进行权衡。国家地理空间情报局（NGA）的专家将现有及在研的替代技术归纳为六大类。

第一类是其他射频信号，如欧洲的“伽利略”系统、中国的“北斗”系统以及地面蜂窝或广播塔信号，但它们同样面临被干扰的风险，且缺乏GPS所具备的秒级信号验证机制。第二类是基于重力的惯性导航系统（INS），该技术无法被干扰，但存在固有的“漂移”问题，需要其他方式校准。第三类是地磁导航（Mag-nav），它通过测量地球磁场特征进行定位，具有不被干扰、无法欺骗且无需主动发射信号的优点，被认为是“理想的解决方案”之一，但其关键挑战在于高精度磁场数据的获取与应用。第四类为传统的天文导航（利用恒星甚至太空垃圾定位），第五类是基于地标的视觉导航，第六类是通过雷达或声呐测量高程或水深的导航技术。后三者虽历史悠久，但分别受制于天气、烟雾或有主动发射信号而暴露位置的风险。综上所述，美军要通过细致地评估和整合，构建一个多层次、多技术的PNT体系。这一过程需要深入理解每种技术的优劣，并根据具体的作战需求进行定制化组合，以确保在未来复杂的战场环境中获得持续、可靠的时空信息优势。

45.日印合作突破自主军用车辆先进导航技术。

defence.in网站2024年4月8日报道，日本防卫装备厅（ATLA）与印度国防研究与发展组织（DRDO）在自主军用技术领域取得显著进展，双方联合研究项目已成功完成。

该项目聚焦于提升无人地面车辆（UGV）和机器人的导航系统，并取得了积极成果。军事行动常在复杂环境中进行，传统全球导航卫星系统（GNSS）在此类环境中可能不可靠，信号易受茂密森林、城市区域阻碍或遭遇蓄意干扰，对依赖精确导航的自主车辆构成重大挑战。为解决这一难题，双方开展了名为“日本与印度关于UGV/机器人视觉SLAM辅助GNSS的项目安排”的合作研究。该项目结合了ATLA未来能力开发中心与DRDO人工智能与机器人中心的优势，开发出一种基于视觉同步定位与地图构建（Visual SLAM）的解决方案。Visual SLAM技术使自主车辆能够利用摄像头及其他传感器实时构建周围环境地图，以辅助GNSS数据，即使传统信号受损，也能形成更稳健可靠的导航系统。此次成功的联合研究项目标志着日印两国在自主军用车辆发展方面迈出了重要一步。经强化的导航系统有望革新UGV和机器人在复杂多变环境中的作业方式，从而提升其效能和任务灵活性。

46.英国启动“寻路者”项目，开发抗GPS干扰的无人机导航技术。

英国国防杂志网站2025年2月18日报道，英国国防部于2025年2月17日正式启动名为“寻路者”（Project Wayfind）的关键项目，旨在应对全球导航卫星系统（GNSS）信号受干扰或被拒止对无人机（UAV）作战能力日益增长的威胁。

该项目由英国航天交付团队（Space Delivery Team）主导，总预算高达1000万英镑，其核心目标是提升无人机在复杂电磁环境下的导航韧性和作战效能。“寻路者”项目的技术核心并非创造全新的导航传感器，而是聚焦于融合多种替代性定位、导航与授时（PNT）信息源，以弥补GNSS的不足。项目计划开发并验证至少两款多传感器PNT融合引擎的性能，并推动采用通用数据标准（如“全源定位与导航” ASPN标准），以确保新技术能够快速、便捷地应用于不同型号的无人机平台和多样化的作战环境中。为实现技术的快速迭代与部署，项目将采用“螺旋式开发”模式，以约三个月为周期，快速推出可实地部署的技术版本。该项目将通过两阶段合同方式进行。第一阶段，国防部将筛选约5家供应商，授予为期6周、总额约100万英镑的短期合同，以快速识别和评估现有市场上的PNT融合产品及替代性传感器。随后，国防部将从中择优选定一家或多家供应商，授予价值可达900万英镑、为期一至两年的全周期合同，以进行深度开发和性能验证。此举旨在通过竞争和快速迭代，确保英国在无人机自主导航技术领域保持领先地位。

47.Septentrio推出AntaRx-Si3智能天线，强化恶劣环境下自主系统定位能力。

gpsworld网站2024年2月8日报道，高精度GNSS接收机制

造商 Septentrio 近日发布了一款名为 AntaRx-Si3 的新型 GNSS/INS 智能天线。该产品专为农业机器人等自动化机械设计，采用一体化封装，将厘米级 GNSS 定位模块、惯性测量单元（IMU）及 GNSS 天线集成于一个超坚固的外壳内，旨在简化在各类工业机械上的安装流程。AntaRx-Si3 的核心优势在于其在 GNSS 信号受限环境下的稳定表现。通过采用 FUSE+ 技术，该天线实现了 GNSS 与 IMU 数据的深度融合，即使在茂密树叶遮挡等信号不佳的区域，也能确保持续、精确及可靠的定位，这对于自主系统的稳定运行至关重要。此外，产品内置 Septentrio 的 GNSS+ 算法，具备先进的多路径抑制能力，能有效应对筒仓或大型机械结构附近等复杂环境中由信号反射带来的干扰。其高更新率和低延迟的定位输出，为自主系统的运动控制回路提供了关键支持。为适应严苛的工业作业环境，AntaRx-Si3 在结构设计上具备极高的耐用性。其外壳由抗冲击的聚碳酸酯材料制成，防护等级达到 IP69K，能够承受强烈的冲击、振动和恶劣环境条件，确保了设备在长期作业中的可靠性。

48. 德国提出新型 LEO 导航增强方案，并将进行在轨验证。

insidegnss 网站 2024 年 2 月 6 日报道，德国航空航天中心（DLR）与 Rapid Cubes 公司联合提出了一种新型的低轨 PNT 有效载荷概念，旨在通过部署于 LEO 卫星上的自主化载荷，

增强现有全球导航卫星系统（GNSS）的性能与韧性。该方案的核心在于利用LEO卫星播发额外的导航信号，以应对GNSS信号强度低、易受干扰与欺骗等脆弱性问题。该方案的突出特点是高度自主性，它将主要依赖商业现货（COTS）组件，包括多频GNSS接收机、芯片级原子钟（CSAC）以及导航计算机。通过在卫星上集成在轨自主定轨授时（ODTS）系统，该载荷能够利用接收到的GNSS信号实时精确地确定自身轨道并与GNSS时间保持同步，从而最大限度地减少对地面段的依赖。这种设计不仅提高了系统的灵活性、可扩展性与成本效益，也使其非常适合部署于未来由成百上千颗卫星组成的巨型星座中。时间同步方面，系统通过一个闭环控制系统，利用板载导航滤波器解算出的钟差信息，持续“驾驭”芯片级原子钟的频率，使其与GNSS广播时间对齐，实现了纳秒级的同步精度。轨道确定方面，载荷可自主生成并播发描述自身位置的星历，由于LEO卫星过境时间短，系统采用高频更新的短时效星历模型，以保证用户端的轨道精度。根据仿真评估，该系统有望实现优于10厘米的轨道确定均方根误差（RMS）以及亚纳秒级的授时精度，其综合空间信号测距误差（SISRE）与现有GNSS系统相当，可支持亚米级的用户定位。为实际验证这一概念，计划进行一项名为ATOMIC的在轨演示任务，目标是将三维轨道误差控制在20厘米以内，授时精度达到2纳秒，为后续部署功能完备的LEO PNT有效

载荷奠定坚实基础。

49.意大利Intecs公司开发新型列车定位系统，融合GNSS与视觉传感技术。

insidegnss网站2024年2月6日，意大利硬件与软件开发商Intecs公司正在开发一种名为AGIS4RAIL的新型列车定位平台。该系统旨在通过融合全球导航卫星系统（GNSS）与图像传感器技术，解决当前欧洲列车控制系统（ERTMS/ETCS）中存在的定位难题，从而提升铁路运营的安全性和效率。当前欧洲铁路系统主要依赖安装在轨道间的电子信标（Balise）进行列车定位。这些信标间隔可达数公里，一旦列车因系统重启等原因丢失位置信息，必须以低速行驶至下一个信标处才能重新定位，这往往导致严重的延误。AGIS4RAIL系统通过在轨道旁安装二维码（QR code），并利用车载摄像头读取信息，再结合GNSS数据进行多传感器融合，能够实时、精确地确定列车位置，有效缩短了列车重新定位所需的时间。该系统的核心优势在于其稳健性与低成本。通过融合视觉数据，AGIS4RAIL有效缓解了多径效应、信号干扰和欺骗等对纯GNSS定位系统的影响，显著提升了定位的可用性和完好性。同时，二维码的成本远低于传统的电子信标，且可嵌入认证信息以增强安全性。在近期一次外场测试中，该系统在时速35公里的测试车上实现了小于4.76米的定位误差，优于5

米的设计目标。AGIS4RAIL项目已获得欧洲航天局导航创新与支持计划（NAVISP）的资金支持。目前，Intecs公司正在积极寻求工业合作伙伴以推动该技术的商业化，并计划在意大利的实际运营列车上开展进一步测试。

50.美Viasat公司为英国演示星基增强系统。

GPS World网站2024年1月31日消息，美Viasat公司在试飞中成功演示英国星基增强系统（UK SBAS），该项目由英国交通部通过欧洲航天局（ESA）资助，旨在验证UK SBAS为航空、陆地和海上关键导航场景提供高精度定位服务的能力。试飞使用克兰菲尔德机场的Saab 340B飞机，展示了系统通过融合地面监测数据与卫星信号，实现厘米级定位精度的潜力，尤其在低能见度等复杂气象条件下可显著提升飞行员对导航系统的信任度，增强航空安全与运营效率。鉴于英国已退出欧盟的“欧洲地球静止导航重叠服务”（EGNOS），UK SBAS作为独立互补的星基增强方案，未来计划扩展至铁路、无人机及自动驾驶等领域。此次试验是ESA“导航创新与支持计划”（NAVISP）的一部分，体现了英国通过技术自主化提升关键基础设施弹性的战略，为构建覆盖多交通模式的高精度定位网络奠定基础。

51.美ANELLO Photonics公司推出全球最小的光学陀螺惯性导航系统。

Inside GNSS 网站 2023 年 5 月 22 日，美国 ANELLO Photonics 公司宣布推出全球最小的光学陀螺惯性导航系统（ANELLO GNSS INS），该系统基于其独创的硅光子光学陀螺仪技术（SiPhOG™）和人工智能传感器融合引擎，可在完全无 GPS 信号的环境中提供长达 30 分钟的连续精确航位推算。其核心优势包括：在高温、高振动场景下保持高精度，具备小于 0.5° / 小时的无辅助航向漂移率，集成双多频段 RTK GNSS 引擎、ASIL-D 级汽车认证处理器及多种通信接口（如车载双线以太网、CAN FD 总线等），防护等级达 IP68（防水、防尘、抗盐雾和化学品）。