



Editorial

精密定位与地理信息科学

李建成^a, 姜卫平^b^a School of Geosciences and Info-physics, Central South University, Changsha 410083, China^b GNSS Research Center, Wuhan University, Wuhan 430079, China

李建成



姜卫平

当前, 时空信息、定位导航服务成为新型基础设施的重要组成部分。精密定位技术是确定时空信息和实现定位导航服务必不可少的手段, 不仅在全球变化、地震监测等科学研究领域, 而且在卫星导航、载人航天、深空探测等重大计划的实施以及经济发展中都发挥了不可替代的作用。地理信息科学则是研究获取、管理、查询、分析、共享、应用和可视化表达时空信息理论与方法的学科, 是数字地球、智慧城市等信息化建设的核心技术, 是发展迅猛的新兴高技术交叉学科。两者都具有广阔的应用前景。

随着人类活动以前所未有的速度和力度从地球表层空间向深空、深地、深海延伸, 对地球参考框架 (TRF) 和卫星定位的精度都提出更高的要求。例如, 建立地球及其邻近空间的统一参考框架要求精密卫星定轨的精度达到 1 cm, 而地震、长期海平面变化等地球系统监测要求定位

精度达到毫米级, TRF 的精度达到 1 mm, 等等。然而, 目前国际上精度最高、最新版本的国际地球参考框架 ITRF2020 精度仅为 1 cm, 不能满足这些需求。应用于 TRF 建立的全球分布基准站复杂非线性运动是限制其精度的最主要因素之一, 其中, 大气、水文、海洋质量重分布造成的环境负载是造成基准站非线性运动的主要地球物理因素。武汉大学李昭、姜卫平和美国犹他大学的 Tonie van Dam 等总结了环境负载位移建模方法、地表质量分布产品及全球环境负载产品服务, 阐述了环境负载对全球及区域卫星导航定位基准站非线性运动贡献的最新进展, 深入剖析了存在的科学问题和未来的研究方向, 指出进一步精化环境负载模型, 构建高时空分辨率、高可靠性的地表质量分布模型, 探索冰盖和人类活动导致的地表质量变化等其他环境负载因素, 并发展空间大地观测最优数据处理模型应用于全球基准站数据重处理, 有助于国际大地测量学界“1 毫米级 TRF”的世纪目标实现。

2023 年以来, 世界上连续发生了许多地震, 频繁的地球活动引起了人们的关注。获取精确的同震位移是地震早期预警的关键, 可帮助决策者发布预警警报, 保障公众安全。实时全球卫星导航系统 (GNSS) 已被证实是地震监测的有效手段。武汉大学的耿江辉等研发了面向地震监测的 GseisRT 软件, 能够支持模糊度固定模式下的多 GNSS 系统精密单点定位, 实时定位精度可达厘米级至亚厘米级。根据 GseisRT 软件获得的水平位移精度在几分钟

之内即可达到4 mm。自2019年在中国、美国、智利等国家的相关部门投入使用以来，GscisRT软件捕获了墨西哥7.4级地震、加利福尼亚5.8级地震及中国7.3级地震，为大范围实时地震监测开辟了新的途径。

高光谱遥感成像在地物精确分类和识别等方面优势巨大，是获取地理信息的重要前沿技术手段。在过去40年里，高光谱遥感技术的发展，促使人类地学研究的范围、尺度、内容和方法发生了革命性的变化。尽管线扫描高光谱成像仪具备灵敏性高的优势，但其覆盖波长范围有限。芬兰地理空间研究所的贾建鑫等以同时实现高空间分辨率、高光谱分辨率、宽光谱覆盖范围、大视场角成像为研究目标，从精细高质量光谱分光方法、紧凑光机设计、一体化布局几个方面进行创新设计，研制了机载多模态光谱成像仪（AMMIS），实现了全谱段一体化集成高光谱成像。目前，AMMIS广泛应用于生态环境监测、矿产资源调查、土地规划等领域，为下一代机载及星载高光谱荷载设计奠定了基础。

天基微波遥感是获取地表森林、水汽、土壤湿度、地壳变形等地理信息的重要手段。然而，赤道地区频发的电离层不规则体闪烁现象会对这些测量产生恶劣影响，但同时也为探测电离层闪烁提供了新的技术手段和视角。国防科技大学的计一飞与香港中文大学的毛文飞等发展了一种利用L波段星载合成孔径雷达（synthetic aperture radar, SAR）探测电离层不规则体闪烁效应的新技术，方位向分辨率优于百米，距离向分辨率优于1 km，在揭示赤道电离层不规则体时空分布特性及规律方面具有很大的应用潜能。电离层闪烁也是影响高精度卫星定位的显著误差源之一，严重时会导致接收机失锁，信号中断，无法提供定位信息。该成果将有望显著提升强闪烁高发区的卫星导航定位精度。

城市规划是地理信息科学的重要应用领域。城市建筑

的合理布局和集约利用是提升城市空间容量、应对土地资源矛盾的重要途径。过去几十年间，快速城市化进程使城市发展从二维低密度蔓延逐步向三维立体式扩张转型。然而，目前对城市建筑空间的度量和研究主要基于水平二维视角。中山大学的刘小平与香港大学的陈广照等合作研制了全球首套500 m分辨率三维建筑空间的多要素数据集（GUS-3D），精细刻画了全球不同城市三维建筑从城市中心向外缘逐渐递减的规律及差异，证实了2000年后垂直扩张在三维城市增长中的主导作用，并指出全球城市在人均三维建筑空间的供给和不平等性方面存在显著差异，印度和非洲南部等地区仅为全球平均水平的1/4，且分配严重不均。GUS-3D有望为众多城市相关研究拓展至三维视角提供可靠的基础数据。

客观世界是一个庞大的信息源。精密定位和地理信息科学已经得到了广泛应用，而且卫星导航、电子地图、遥感影像这些地理信息产业链上的新生事物正在创造奇迹，已经深刻地改变了人们的生活和工作方式。本专题发表的一篇综述论文及四篇研究论文涵盖了高精度卫星定位、地震监测、微波遥感、高光谱遥感、城市规划等领域的热点问题，为读者研究如何进一步提高卫星导航定位精度、开展地震等地质灾害实时精密监测、获取精确地理信息、促进城市可持续发展等提供了一个很好的起点。技术引领未来，我们相信，在众多研究人员的努力下，精密定位和地理信息科学的发展将更加繁荣，应用前景也将更加广阔。

在此，衷心感谢审稿专家在本专题论文出版过程中的鼎力相助！您的专业意见保证了专题的高质量。衷心感谢来自中国、美国、芬兰、智利、印度、新西兰等国家的所有专题论文作者！您的投稿使本专题获得了成功。衷心感谢所有专题编辑及期刊工作人员！您的努力是专题成功的关键。