

测绘工程测绘新技术应用

刘海燕

内蒙古第八地质矿产勘查开发有限责任公司 内蒙古 乌海 016000

摘要：测绘工程作为国民经济建设的基础性行业，其技术革新意义重大。近年来，以北斗卫星导航系统等为核的新一代测绘技术体系，通过“天-空-地”一体化协同作业模式，实现了测绘范式的转变。本文通过分析中铁二院高原铁路测绘等典型案例，揭示新技术在多场景中的突破性应用，探讨行业变革与挑战，为测绘工程数字化转型提供理论与实践参考。

关键词：测绘新技术；天-空-地一体化；智能监测；三维建模；工程变形预警

1 引言

在当今科技飞速发展的时代，测绘工程作为国民经济建设的基础性行业，其重要性愈发凸显。从城市规划到基础设施建设，从资源勘探到灾害监测，测绘数据为各个领域的决策提供了关键的空间信息支撑。传统测绘技术受限于精度、效率和环境适应性等因素，已难以满足日益复杂和多样化的工程需求^[1]。近年来，以北斗卫星导航系统为代表的新一代测绘技术蓬勃发展，构建起“天-空-地”一体化协同作业模式，实现了测绘范式从单一、静态向多维、动态的深刻转变。这些新技术不仅提升了测绘的精度与效率，更拓展了测绘的应用场景，为测绘工程数字化转型注入了强大动力。本文将深入剖析核心测绘新技术的原理突破与应用场景，结合典型案例探讨行业变革与挑战，为测绘工程未来发展提供有益参考。

2 核心测绘新技术的原理突破与应用场景

2.1 无人机LiDAR技术

2.1.1 技术原理

通过机载激光发射器（脉冲频率可达1MHz）向地面发射近红外激光，利用飞行时间差计算地表高程，结合IMU（惯性测量单元）和GNSS数据解算三维坐标。其核心优势在于：（1）穿透性：可穿透植被冠层获取真实地形，在金黔既有线测绘中，通过500kHz脉冲重复频率的激光器，有效点密度达50点/m²，穿透率较传统摄影测量提升65%。（2）高效性：单架次可覆盖20km²，在中铁二院高原铁路项目中，无人机LiDAR测绘效率较全站仪提升200倍，中线精度优于2cm。（3）安全性：在既有线测绘中，避免人工上道作业风险，符合铁路“天窗期”施工要求。

2.1.2 典型应用：

（1）既有线改造：金黔铁路采用无人机LiDAR获取全线三维点云，通过自动提取钢轨、接触网等特征点，

生成1:2000数字高程模型（DEM），指导轨道精调施工^[2]。（2）滑坡监测：在川藏铁路某标段，部署固定翼无人机搭载长测程LiDAR（测程达2km），每月进行一次全线扫描，通过点云配准算法检测坡体位移，成功预警3次滑坡风险。

2.2 三维激光扫描技术

2.2.1 技术原理

采用脉冲式或相位式激光测距技术，通过高速旋转镜面实现360°全方位扫描，获取物体表面密集点云数据。其技术特性包括：（1）高精度：地面三维激光扫描仪测距精度达±1mm，角度精度0.005°，在隧道收敛监测中，可捕捉0.1mm级的形变。（2）全要素采集：可同时获取几何尺寸、纹理、反射强度等多维信息，在文物保护中，通过4500万像素全景相机与激光扫描融合，实现文物毫米级三维重建。（3）实时处理：结合SLAM（同步定位与建图）技术，在无GNSS信号的隧道内，通过激光点云实时解算设备位姿，实现“边扫边建”。

2.2.2 典型应用：

（1）隧道施工监测：中铁二院在高原铁路某隧道采用设站式+车载式激光扫描组合方案，设站式扫描仪（精度±2mm）用于掌子面超欠挖分析，车载式扫描仪（精度±5mm）用于隧道全断面变形监测，数据更新频率从传统每月一次提升至每日一次。（2）桥梁健康诊断：在港珠澳大桥沉降监测中，部署地面三维激光扫描仪与全站仪协同作业，通过点云与BIM模型对比，检测桥墩倾斜度，误差控制在0.001°以内。

2.3 多源遥感融合技术

2.3.1 技术原理

整合光学、SAR、高光谱、红外等多类型遥感数据，通过深度学习算法提取特征信息。其技术突破体现在：（1）全天候观测：SAR卫星可穿透云雾，在河

北省山水林田湖生态修复项目中,通过Sentinel-1A卫星(C波段)与高分三号卫星(X波段)数据融合,实现雨季地表变化监测。(2)多尺度分析:光学卫星(如WorldView-3,分辨率0.31m)提供宏观地形信息,无人机热红外相机(分辨率0.1m)捕捉局部热异常,在矿山生态修复中,可同时监测植被覆盖度与地下水渗漏^[3]。(3)智能解译:河北省遥感中心研发的STAB-Net(基于自注意力机制的变化检测网络),在生态修复工程监测中,实现地表覆盖类型自动分类(精度92%)与变化检测(F1-score0.89)。

2.3.2 典型应用:

(1)湿地保护:在白洋淀湿地监测中,通过多光谱遥感(Landsat8)提取水体边界,结合LiDAR数据计算水域容积变化,辅助制定生态补水方案。(2)森林火灾预警:采用MODIS(中分辨率成像光谱仪)热异常数据与无人机红外影像融合,在四川凉山森林火灾中,提前48小时发现火点,定位精度达50m。

3 测绘新技术应用的典型案例分析

3.1 中铁二院高原铁路测绘:突破“无人区”技术瓶颈

川藏铁路雅安至林芝段穿越横断山脉,面临“三高”“三活跃”等极端条件,传统测绘手段难以满足需求。中铁二院采取创新技术方案:自主开发卫星影像参数解译系统,处理光学卫星影像生成1:10000地形图,解决无人区控制点布设难题;利用SAR数据与光学影像互补特性,无控绘制1:2000地形图,提高测绘效率和精度;首次在铁路工程高程控制测量中开展重力测量,将闭合差从±50mm/km降至±15mm/km,确保高程测量准确。新技术体系优势显著。测绘效率大幅提升,全线测绘从传统3年缩短至18个月,大大缩短项目前期准备时间;成本显著降低,无人机LiDAR替代人工测绘,减少外业人员60%,设备投入回收期缩短至2年;实现“零伤亡”目标,保障了施工人员生命安全。

3.2 河北省山水林田湖生态修复监管:构建“天空地”一体化监测网

河北省作为首批国家生态保护修复试点省份,需对12类工程进行全流程监管,涉及投资超200亿元。传统人工核查方式效率低、数据滞后,难以满足需求。河北省构建“天空地”一体化监测网:搭建基于“互联网+”、人工智能、遥感技术的智慧监管平台,集成多源数据,实现工程进度、质量、效果实时监控;研发CAFNet网络进行AI自动分类,地表覆盖分类精度达91%,较传统目视解译提升35%,提高数据处理效率和准确性;构建卫星

遥感动态巡查(每月一次)+无人机精细化监测(每周一次)+实地核查(按需)的立体监测体系,及时发现某矿山修复项目3处未达标区域,确保生态修复工程质量。该监测网取得了显著效益。经济效益上,避免重复投资,累计节约经费1500万元,提高资金使用效率;社会效益上,形成可复制推广的“河北方案”,在自然资源资产审计、河道生态补水督查等领域应用,推动生态文明建设数字化转型,为其他地区生态修复监管提供有益借鉴。

4 测绘新技术应用面临的挑战与对策

4.1 技术融合的“数据孤岛”问题

多源数据在融合过程中面临着诸多挑战,由于不同数据来源在格式、坐标系、精度等方面存在差异,导致数据融合效果不理想。例如,SAR影像与光学影像的几何配准误差可达5m,严重影响融合分析结果的准确性,无法为测绘工程提供可靠的数据支持。为解决这一问题,需要从标准化建设和算法优化两方面入手。在标准化建设方面,制定《测绘数据融合技术规范》,统一数据格式、坐标系、精度指标等,为数据融合提供统一的标准和规范^[4]。在算法优化方面,研发基于深度学习的数据配准算法,如中铁二院开发的“多模态数据融合引擎”,可将SAR与光学影像配准误差控制在0.5m以内,有效提高了数据融合的精度和效果,为测绘新技术的深入应用奠定了基础。

4.2 人才短缺的“技能断层”风险

新技术应用对测绘人才提出了更高要求,需要既懂测绘又懂编程、算法的复合型人才。然而,当前高校专业设置与行业需求存在脱节现象,如某高校测绘工程专业仅15%课程涉及人工智能,导致毕业生无法满足企业对复合型人才的需求,人才短缺成为制约测绘新技术应用的重要因素。为应对这一挑战,需要加强产学研协同和在职培训。产学研协同方面,企业与高校共建“智能测绘实验室”,如中铁二院与西南交通大学合作开设“测绘+AI”双学位项目,通过校企合作的方式,培养适应行业发展需求的复合型人才。在职培训方面,建立“技术认证体系”,如中国测绘学会推出的“智能测绘工程师”认证,要求从业人员掌握Python编程、深度学习框架等技能,通过认证提升在职人员的专业水平,缓解人才短缺问题。

4.3 数据安全的“隐私泄露”隐患

测绘数据涉及国家安全(如军事设施坐标)、个人隐私(如住宅三维模型)等重要信息,数据安全至关重要。然而,当前加密技术存在漏洞,如某省测绘档案馆曾发生数据泄露事件,涉及10万条地理信息,给国家安

全和个人隐私带来严重威胁。为保障数据安全，需要从技术防护和制度保障两方面采取措施。技术防护方面，采用同态加密技术，允许在加密数据上直接进行计算，如河北省遥感中心部署的“隐私计算平台”，实现数据“可用不可见”，在保证数据安全的前提下，满足数据分析和应用的需求。制度保障方面，制定《测绘数据安全管理方法》，明确数据采集、存储、传输、销毁全流程安全规范，加强对测绘数据的安全管理，防止数据泄露事件的发生。

5 测绘新技术应用的未来趋势展望

5.1 智能化：从“人工解译”到“自主决策”

随着Transformer架构在测绘领域的广泛应用，未来测绘系统将具备“感知-认知-决策”能力。在地质灾害预警中，系统可自动分析降雨量、坡体位移、土壤湿度等多维度数据，运用先进的算法模型预测滑坡概率，并根据预测结果生成科学合理的疏散方案，实现从数据采集到决策制定的全流程智能化，大大提高地质灾害预警的准确性和及时性，为保障人民生命财产安全提供有力支持。

5.2 实时化：从“事后处理”到“秒级响应”

5G+边缘计算技术的快速发展将推动测绘数据实时处理成为现实。无人机在飞行过程中即可完成点云解算，通过5G网络将结果迅速传输至指挥中心，实现“即测即用”。在应急测绘中，这一技术优势尤为明显，可将灾情评估时间从小时级缩短至分钟级，为应急救援决策提供及时准确的数据支持，提高应急响应速度和救援效率，最大限度地减少灾害损失。

5.3 普惠化：从“专业设备”到“大众工具”

智能手机集成LiDAR传感器（如iPhone15Pro）的趋势将降低三维建模门槛，普通用户可通过APP扫描房间生成BIM模型，使三维建模技术更加贴近大众生活。在智慧

城市建设中，市民可参与城市信息模型（CIM）更新，形成“政府-企业-公众”协同治理新模式，充分发挥公众的力量，提高城市管理的效率和透明度，推动智慧城市建设向更高水平发展。

结语

测绘新技术的深度应用正在深刻重塑工程测绘的行业生态。从高原铁路的“无人区”测绘到生态修复的“智慧监管”，从毫米级形变监测到全域三维建模，新技术不仅显著提升了测绘效率与精度，更拓展了行业边界，为测绘工程带来了前所未有的发展机遇。未来，随着人工智能、5G、物联网等技术的深度融合，测绘工程将朝着“智能感知-自主决策-实时响应”的方向加速演进，为国民经济高质量发展提供更强大、更精准的空间信息支撑。然而，我们也必须清醒地认识到，技术融合带来的数据安全、人才短缺等问题仍需持续关注和解决。只有通过制度创新、产学研协同等有效路径，加强数据安全管理，培养适应行业发展需求的复合型人才，才能确保测绘新技术真正成为推动行业变革的“核心引擎”，引领测绘工程行业迈向更加辉煌的未来。

参考文献

- [1]曾祥天.测绘新技术在测绘工程中的应用研究[J].产品可靠性报告,2025,(07):163-164.
- [2]王杨生,张海文,张璇.测绘新技术在测绘工程测量中的应用研究[J].科技与创新,2025,(15):219-221+225.
- [3]韩宣.测绘新技术在测绘工程中应用的常见问题及对策分析[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(22):160-162.
- [4]牛明乐.测绘新技术在测绘工程测量中的应用分析[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(20):149-151.