

现代化技术在土地测绘工程中的应用探讨

高秀真

巨野县自然资源和规划局 山东 菏泽 274900

摘要：土地测绘是国家空间信息基础设施核心，是国土空间规划等多项工作的基石。当下，以GNSS、RS、GIS、LiDAR及AI为代表的现代化技术迅猛发展且深度融合，推动传统土地测绘工程范式变革。本文探讨现代化技术在土地测绘工程中的应用：先回顾其从模拟到智能化的发展历程；接着剖析GNSS、RS等关键技术在控制测量等核心业务中的应用场景与效能提升；再论述“空-天-地”一体化协同作业模式及其对测绘生产流程等的重塑；最后针对数据安全等挑战提出对策。研究表明，现代化技术提升了土地测绘精度、效率与覆盖范围，推动测绘服务根本性转变，为智慧国土构建和自然资源治理现代化提供技术支撑。

关键词：现代化技术；土地测绘；GNSS；遥感；激光雷达；无人机

引言

土地信息是国家重要基础性、战略性资源，土地测绘工程通过科学方法测定、记录等地球表面相关信息，是国家治理和社会经济发展的先行官。其随技术进步不断演进，从古代“计里画方”到近代平板仪测图，再到20世纪末数字化测绘。21世纪，第三次工业革命浪潮席卷全球，深刻改变测绘等行业。近二十年，GNSS实现全球高精度定位；遥感技术协同观测能力增强；LiDAR突破局限获取三维地形信息；UAV成为低空遥感主力；GIS进化为强大决策支持平台。此外，大数据等新兴技术融入，推动土地测绘向智能化方向迈进。传统地面测量模式难满足现代社会对土地信息的需求，全面探讨现代化技术在土地测绘中的应用，有重要理论价值与深远现实意义，本文将就此展开论述。

1 现代化测绘技术体系的构成与发展脉络

1.1 从模拟测绘到智能测绘的历史演进

土地测绘发展史是技术驱动的革新史。早期模拟测绘依赖光学机械仪器，手工绘图繁琐且精度受限。20世纪80年代，计算机普及使测绘进入数字化阶段，野外数据电子记录、内业计算机成图，效率和精度提升，但数据孤立静态。21世纪初，“3S”技术集成应用开启信息化测绘时代，产品扩展为4D产品，具时空属性。当下，正迈向智能测绘时代，以AI为核心融合新技术，测绘将实现从“描绘”到“理解”等跨越。

1.2 核心技术群的协同与集成

现代化土地测绘技术体系并非单一技术的堆砌，而是一个由多项核心技术有机集成、协同运作的生态系统。全球导航卫星系统（GNSS）为整个体系提供了统一、高精度的时空基准，是所有空间数据得以精准定位的“骨

架”。遥感（RS）技术，无论是来自太空的卫星还是低空的无人机，都扮演着“天眼”的角色，能够大范围、周期性地捕捉地表的宏观状态与细微变化。地理信息系统（GIS）则是这个生态系统的“中枢神经”，负责对来自不同源头的海量异构数据进行整合、管理、分析和可视化，将原始数据转化为有价值的时空信息^[1]。在此基础上，激光雷达（LiDAR）以其独特的主动探测能力和穿透性，为复杂地形和城市环境的三维精细建模提供了不可替代的数据源。而无人机（UAV）作为一种灵活的移动平台，极大地降低了高分辨率遥感数据的获取门槛，使得按需、高频次的测绘成为可能。这些技术通过标准化的数据接口和统一的时空框架紧密耦合，共同构成了一个反应灵敏、功能强大的现代化测绘技术矩阵。

2 现代化技术在土地测绘核心业务中的应用

2.1 高精度控制测量的范式转移

控制测量是所有测绘工作的基石，其目的是建立一个覆盖测区、精度可靠、密度适当的坐标控制网。在现代化技术出现之前，这项工作主要依赖于精密的三角测量或导线测量，需要大量的人力、物力和时间投入，且易受通视条件和地形限制。全球导航卫星系统（GNSS），特别是基于连续运行参考站（CORS）网络的实时动态差分（RTK）技术，彻底颠覆了这一传统模式。测绘人员只需携带一台轻便的GNSS接收机，在待测点上停留数分钟，即可获得厘米级精度的三维坐标。这种“单点作业”模式不仅将外业效率提升了数十倍，而且由于CORS站网的长期稳定运行，保证了控制点成果的现势性和可靠性。如今，基于CORS的GNSS测量已成为国家大地控制网维护、工程首级控制乃至图根控制的绝对主流方法，标志着控制测量从繁重的体力劳动向高效

的脑力劳动转变。

2.2 地形图测绘的多元化与三维化

地形图是土地测绘最经典的产品，其测绘方式也因现代化技术而变得空前丰富和高效。航空摄影测量技术，借助有人驾驶飞机或无人机平台，可以快速获取大面积的高分辨率立体影像。通过先进的空中三角测量和数字摄影测量工作站，这些影像能被自动处理成数字线划图（DLG）、数字正射影像图（DOM）和数字高程模型（DEM）。对于植被茂密或地形复杂的区域，传统的光学摄影测量往往难以获取真实的地面高程信息，此时机载或地面激光雷达（LiDAR）技术便展现出巨大优势。LiDAR通过发射激光脉冲并精确记录其往返时间，能够穿透稀疏的树冠，直接获取地面点的三维坐标，从而生成高精度的数字地形模型（DTM）^[2]。此外，倾斜摄影测量技术的兴起，更是将地形测绘推向了三维实景的新高度。通过搭载多角度相机的飞行平台，可以同步获取地物的顶面和四个侧面的纹理信息，经过密集匹配和三维重建，生成具有真实感的三维实景模型（Mesh）。这种模型不仅包含了精确的几何信息，还保留了丰富的纹理细节，为城市规划、应急管理、文化遗产保护等领域提供了前所未有的直观视角和分析基础。

2.3 地籍与不动产测绘的精准化与立体化

地籍与不动产测绘关乎国计民生，其核心在于精确界定土地和房屋的权属界址。传统方法依赖于全站仪进行逐点测量，效率低下且容易引发权属纠纷。现代化技术的应用，特别是GNSS-RTK技术，为界址点的测定提供了高精度、高效率的解决方案，大大缩短了外业周期。更重要的是，无人机倾斜摄影技术在农村房地一体确权登记工作中发挥了革命性作用。通过构建村庄的三维实景模型，内业人员可以在虚拟环境中清晰地量测每一栋房屋的边长、计算建筑面积，有效解决了传统入户测量中因农户不在家、房屋结构复杂等因素导致的困难。这不仅提高了工作效率，也增强了测绘成果的客观性和公信力。展望未来，随着城市空间利用向立体化发展，地下空间、空中廊道等新型权利客体不断涌现，三维地籍管理的需求日益迫切。现代化测绘技术所积累的三维空间数据和建模能力，正是构建未来立体化、精细化不动产登记制度不可或缺的技术前提。

2.4 土地利用动态监测的常态化与智能化

对土地利用状况进行动态监测，是自然资源部门履行“两统一”职责（统一行使全民所有自然资源资产所有者职责，统一行使所有国土空间用途管制和生态保护修复职责）的关键抓手。过去，这种监测主要依靠年度

变更调查，存在严重的滞后性。现代化遥感技术，尤其是高分辨率、高频次的商业卫星星座和灵活机动的无人机，使得建立“季度+年度”相结合的常态化监测机制成为可能。通过获取不同时相的遥感影像，并运用人机交互或人工智能算法进行比对分析，可以快速、准确地发现违法用地、耕地“非粮化”、建设用地无序扩张等变化图斑。近年来，深度学习技术在遥感影像解译领域的突破，更是将变化检测的自动化水平推向了新高度。卷积神经网络（CNN）等模型能够从海量影像中自动学习地物特征，实现对特定类型变化的高精度识别，极大地解放了人力，提高了监测的客观性和覆盖面^[3]。这种从“被动响应”到“主动发现”的转变，使得土地监管的关口前移，为及时制止和查处违法违规行为提供了强有力的技术支撑。

3 技术融合驱动下的测绘生产与服务模式重塑

3.1 “空-天-地”一体化协同观测体系构建

现代化测绘技术融合优势明显，多源数据协同可克服单一技术局限。“空-天-地”一体化协同观测是其集中体现。项目实施中，会依任务目标等优化组合多平台、多传感器。如大型区域综合测绘，先用中低分辨率卫星影像宏观规划与初步分类；再针对重点区域派无人机详查；最后用地面GNSS-RTK测量验证补测。这种协同作业模式保证数据完整、一致且性价比优，提升综合效能，形成立体化感知网络。

3.2 内外业一体化与无纸化作业流程实现

技术融合改变了测绘生产组织流程。过去外业采集与内业处理割裂，易引入错误。如今依托移动GIS技术和云服务平台，内外业一体化作业成现实。外业人员用集成设备的平板或手机在电子底图操作，数据实时上传云端；内业人员同步访问编辑、质检和入库。过程无缝衔接，告别纸质手簿与人工转录，提高效率，保证数据准确可追溯，实现全流程数字化无纸化。

3.3 从静态数据产品到动态时空信息服务转型

现代化技术带来根本性变革，升级测绘成果与服务模式。传统测绘交付静态离散数据文件，用户自行分析应用。如今依托GIS平台和时空大数据中心，交付功能完备的时空信息服务系统。用户可按需查询等。借助物联网和实时GNSS监测网，测绘从“快照”转向“直播”，如对地质灾害隐患点实时监测预警，将测绘推向社会治理前台，成为智慧城市与公共安全保障核心基础设施。

4 应用深化过程中面临的挑战与应对策略

4.1 数据安全、隐私保护与伦理规制的平衡

现代化测绘技术，特别是高分辨率遥感和精确位置

服务,在带来便利的同时,也引发了严峻的数据安全和隐私保护问题。高精度的影像数据可能暴露军事设施、关键基础设施等敏感目标,而个人的精确位置轨迹则直接关联到其隐私安全。如何在充分发挥数据价值与保障国家安全、公民隐私之间取得平衡,是必须面对的重大课题。这要求我们必须建立健全覆盖数据全生命周期的安全管理体系,包括严格的数据分级分类制度、精细化的访问权限控制、端到端的加密传输机制以及必要的数据脱敏处理^[4]。同时,随着无人机和AI技术的普及,相关的法律法规和伦理准则也亟待完善,以规范低空飞行活动,明确AI自动解译结果的责任边界,引导技术健康、有序、负责任地发展。

4.2 技术标准统一与数据共享壁垒的破除

尽管技术日新月异,但长期以来形成的部门分割和地方保护主义,导致了严重的“信息孤岛”现象。不同部门、不同地区采用的数据格式、坐标系统、精度指标和更新周期各不相同,使得跨部门、跨区域的数据共享与业务协同异常困难。要释放现代化测绘技术的最大潜能,就必须打破这些壁垒。这需要强有力的顶层设计和统筹协调,由国家层面主导,制定并强制推行统一的时空基准、数据标准、服务接口和元数据规范。同时,应大力推动国家级、省级时空大数据中心的建设,将其打造为权威、统一、开放的地理信息公共服务平台,通过“物理分散、逻辑集中”的方式,促进多源数据的深度融合与高效共享,真正实现“一数一源、一源多用”。

4.3 复合型人才培养与知识体系的更新

技术的飞速迭代对测绘从业人员的知识结构和能力素质提出了前所未有的挑战。今天的测绘工程师,不仅要精通传统的测量学原理,还需要掌握遥感图像处理、GIS空间分析、数据库管理、Python/JavaScript编程乃至机器学习等跨学科知识。然而,现有的高等教育体系和在职培训机制往往滞后于产业发展的实际需求,导致复合

型人才严重短缺。为此,高校的测绘地理信息类专业亟需进行课程体系改革,强化交叉学科教育,增加AI、大数据等前沿技术模块。同时,行业主管部门和企业也应加大对在职人员的培训力度,通过线上线下相结合的方式,持续更新其知识储备,培养一支既懂测绘业务又懂数字技术的高素质、创新型人才队伍,为行业的可持续发展提供智力支持。

5 结语

现代化技术已不再是土地测绘工程的辅助工具,而是驱动其转型升级的核心引擎。以GNSS、RS、GIS、LiDAR、UAV和AI为代表的先进技术,通过深度融合与创新应用,已经并将持续深刻地改变土地测绘的数据获取方式、处理流程、成果形态和服务模式。这场变革不仅带来了精度、效率和广度的数量级提升,更重要的是实现了从“测绘地图”到“感知国土”、从“提供数据”到“赋能决策”的质的飞跃。面对机遇与挑战并存的局面,我们必须以开放的心态拥抱技术变革,以系统思维破解发展难题,以法治精神规范技术应用。唯有如此,才能充分发挥现代化技术的巨大潜能,构建起更加精准、高效、智能、安全的新型土地测绘体系,为国家高质量发展、生态文明建设和人民美好生活提供坚实、可靠的时空基底,最终助力实现自然资源治理体系和治理能力的现代化。

参考文献

- [1]刘有成.现代测绘技术在土地测绘中的应用[J].工程建设与设计,2025,(10):95-97.
- [2]张艳雪.现代测绘技术在农村土地资源利用与管理中的应用[J].农业工程与装备,2025,52(02):28-30.
- [3]苏日娜.土地整治工作中现代测绘技术的应用路径探索[J].西部资源,2023,(05):91-93.
- [4]杨志伟.现代测绘技术在农业土地管理的应用分析[J].城市建设理论研究(电子版),2023,(12):137-139.