

数字化测绘技术在工程测量中的实践应用

张先新

(山东智恒土地房地产资产评估测绘有限公司, 山东 东营 257000)

摘要 工程测量是工程建设全生命周期的核心技术支撑。传统测绘技术存在效率低、精度把控难等问题, 已无法适配现代工程精细化、智能化建设需求。数字化测绘技术依托卫星定位、三维激光扫描、无人机航测、BIM/GIS 融合等技术, 实现测量数据的自动化采集、智能化处理、可视化应用。本文采用文献研究法、现场实践法及案例分析法, 系统梳理数字化测绘技术的核心体系, 分析其在工程测量各环节的实践应用要点, 构建“数据采集—处理—应用—反馈”的全流程数字化测绘应用体系, 并结合实际工程案例验证技术应用成效。研究表明, 数字化测绘技术可将工程测量外业工作效率提升 60% 以上, 测量精度控制在厘米级甚至毫米级, 大幅降低人工误差, 为工程建设提供精准数据支撑。

关键词 数字化测绘技术; 工程测量; 无人机航测; 三维激光扫描

中图分类号: P25; P228.4

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.13.007

0 引言

工程测量是工程建设中不可或缺的“眼睛”, 贯穿了从规划设计到施工放样, 再到变形监测以及竣工验收和运营维护的整个流程。测量的精度高低和效率快慢直接决定了工程建设的整体质量与安全。随着国家基础设施建设不断朝着超大型、高精度以及智能化的方向迈进, 以往依靠人工测绘和模拟测图的旧方式逐渐显露出了作业周期比较长、数据处理过程烦琐、多专业数据协同困难等不少弊端, 已经很难再满足像高铁、超高层建筑以及跨江大桥这类重大工程对测量的具体需求。本文结合工程测量的实际需求, 深入解析数字化测绘技术的核心类型及其应用要点, 同时通过实际案例验证技术的应用价值, 旨在为数字化测绘技术在工程测量中的规范化应用提供参考。

1 数字化测绘技术核心体系构建

1.1 卫星定位测绘技术

卫星定位测绘主要靠 GNSS 技术, 结合北斗三号、GPS、GLONASS 等系统。目前, 工程测量中最常用的就是 RTK、CORS 这两种技术, RTK 靠着基准站和移动站实时交换数据, 能让平面和高程定位达到厘米级精度, 平面定位精度能到 $\pm 8 \text{ mm} \pm 1/1\ 000\ 000$, 高程精度则是 $\pm 15 \text{ mm} \pm 1/1\ 000\ 000$; CORS 技术是搭建一个区域性的基准站网络, 利用云计算把多个基站的数据联合起来解算, 这大大提高了控制测量的布设效率,

特别适合大型工业园区或者城市基础设施建设这类大范围的测量场景。

1.2 智能全站仪测绘技术

智能全站仪完成了光电一体化和数字化的升级, 把光电测距、电子测角、自动补偿以及蓝牙传输等功能都集成在一起, 可以自动搞定角度、距离、高差这些参数的测量和数据记录工作^[1]。双轴自动补偿系统能够实时修正仪器的倾斜误差, 纵轴倾斜的允许范围可以达到 $\pm 6'$, 能显著提升测量的精度。无棱镜型的全站仪还可以在 1 km 的范围内实现免棱镜测距, 特别适合用在危险区域或者高空作业、地下管线探测等工程场景里, 这种仪器的测距精度可以达到 $\pm (2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm} \cdot D)$, 完全能够满足绝大多数工程测量对于精度的要求。一些高端的全站仪还搭载了自动照准和 AI 棱镜识别功能, 实现了测量作业的自动化跟踪以及数据采集, 进一步降低了人工干预所造成的误差。

1.3 三维激光扫描测绘技术

三维激光扫描技术通过发射激光脉冲能够快速获取物体的三维点云数据, 单台设备扫描耗时最低能降到两分钟, 点间距可以控制在 1 mm 以内, 分辨变形的能力也接近亚毫米量级^[2]。这种技术不需要直接接触被测物体就能快速构建工程结构的三维实景模型, 精准捕捉结构的外形尺寸与变形特征。在超高层建筑施工放样以及桥梁变形监测等高精度测量场景中具有难

作者简介: 张先新 (1988-), 男, 专科, 研究方向: 建筑工程测量。

以替代的优势。点云数据还能和BIM模型进行精准配准,配准精度被控制在3 mm范围之内,从而实现测量数据与设计模型的无缝融合。

2 数字化测绘技术在工程测量中的实践应用要点

2.1 工程规划设计阶段的测绘应用

工程规划设计非常看重地形测绘数据的精度和完整性,数字化测绘技术能够迅速构建出高精度的数字高程模型和数字线划图,给工程设计提供精准的地形数据。无人机航测技术可以在极短的时间内完成工程场区的大面积地形测绘工作,通过处理点云数据就能自动生成数字高程模型,把格网间隔控制在0.1 m以内,并且地物点提取比例超过98%。GNSS-RTK技术可以完成工程场区的控制网布设工作,CORS技术的应用使一级控制测量的布设效率提升了300%以上,原本20个控制点的测量任务现在两天内就能完成。

2.2 工程施工阶段的放样测量应用

施工放样是工程施工阶段的核心测量工作,要求测量精度高、作业速度快,数字化测绘技术实现了施工放样的自动化、精准化^[3]。智能全站仪与BIM模型的集成应用是施工放样的主流模式,全站仪可通过无线局域网直接从BIM模型读取设计坐标,自动计算放样线路,将超高层建筑标准层的放样时间从4小时缩短至1.5小时。在放样过程中,实测数据可实时传输至BIM平台,生成施工偏差热力图,当偏差累积超5 mm时自动报警,形成“放样—检测—反馈”的闭环控制体系,使钢结构安装质量合格率从92%提升至99.6%。GNSS-RTK技术适用于大型工程的现场放样,如超长跨海大桥施工中,可在海上平台架设GNSS基准站,通过4G网络实现20 km范围内的RTK信号播发,解决了传统测量船定位困难的问题。三维激光扫描技术则可用于超高层建筑核心筒钢结构安装的精度检测,将安装精度控制在±2 mm,比传统方法精度提升60%以上。

2.3 工程施工阶段的变形监测应用

工程变形监测是保障施工安全的关键环节,数字化测绘技术实现了变形监测的自动化、实时化和智能化。针对桥梁、大坝、超高层建筑等大型工程结构,可布设由GNSS、三维激光扫描、倾角传感器组成的多源监测网络,利用5G专网实现秒级数据传输。在跨江斜拉桥变形监测项目中,通过在塔与梁关键断面部署固定激光扫描站,可识别出0.3 mm级的季节温度变形,为结构安全评估提供精准数据^[4]。在水库大坝监测中,基于滑动窗口方差分析法的预警平台可在结构异常变

形达到预警指标前30 min发出预警,在台风等极端天气下可精准预测泄洪闸支撑结构的微变形趋势,为提前加固提供依据。地铁隧道施工中,融合卫星遥感、光纤应力传感、三维激光扫描的“天地一体式”监测系统,可实现隧道沉降、围护结构水平收敛的全天候监测,当每日变形超过0.5 mm时自动预警,有效预防施工事故。

2.4 地下工程测量中的技术应用

地下工程(隧道、地铁、地下管廊)测量面临空间狭窄、GNSS信号缺失、通视条件差等问题,数字化测绘技术为地下工程测量提供了高效解决方案。无棱镜全站仪可在隧道内实现免棱镜测距,精准定位隧道断面轮廓、地下管线位置,避免开挖破坏;三维激光扫描技术可快速获取隧道全断面的点云数据,自动完成断面超欠挖检测,相比传统人工检测,效率提升80%以上,且检测精度更高。惯性导航系统(IMU)与全站仪的融合应用,可在GNSS信号弱的地下环境实现亚米级定位;BIM技术则可将地下工程测量数据与设计模型融合,实现隧道施工的三维可视化指导,精准控制隧道轴线偏差,确保地下工程施工质量。

2.5 工程竣工验收与运维阶段的测绘应用

工程竣工验收阶段需要对工程实体尺寸、施工偏差进行全面检测,数字化测绘技术可实现验收工作的智能化、高效化^[5]。三维激光扫描技术可快速获取工程实体的三维点云数据,与BIM设计模型进行自动比对,自动识别超过5 mm的施工偏差,大幅提升验收效率;智能全站仪可完成工程实体的尺寸复核,实现测量数据的自动化记录与报表生成,减少人工记录误差。

3 数字化测绘技术工程应用案例分析

3.1 工程概况

某高原高速公路工程全长17 km,途经高海拔、多植被、大落差区域,传统测绘技术面临作业风险高、RTK信号缺失、植被遮挡难以获取真实地面高程等问题。工程建设需要完成高精度地形测绘、线路选线、施工放样、边坡变形监测等多项测量工作,测量范围达80 km²,要求地形测绘精度满足1:500比例尺要求,施工放样精度控制在厘米级。

3.2 数字化测绘技术应用方案

结合工程的具体特点,采用包含“BIM+无人机激光雷达+GNSS-CORS+三维激光扫描”的综合数字化测绘方案。首先,利用搭载激光雷达的无人机设备来完成整个工程场区的地形测绘工作,激光脉冲可以穿透

植被的间隙从而获取地面的三维点云数据, 内置的高精度惯性导航系统能确保在没有 GNSS 信号的区域实现厘米级的精准定位, 单次飞行就能完成长达 17 km 线路的三维地形扫描, 并快速生成 DEM 和实景三维模型。其次, 依托区域 CORS 系统来完成整个工程控制网的布设工作, 这就无需在现场布设基准站就能实现全线控制点的快速测量, 确保最终的平面定位精度能够达到 ± 8 mm 以内。进入施工阶段后, 采用智能全站仪与 BIM 模型相融合的方式进行现场放样, 全站仪会自动读取 BIM 模型里的坐标数据, 从而实现桥梁桩位以及道路中线的精准放样作业。最后, 针对高边坡区域专门布设三维激光扫描监测站, 每周进行一次扫描并分析边坡的变形趋势, 以此来实现对边坡安全状况的实时监测。

3.3 应用成效

通过应用数字化测绘技术, 取得了非常显著的技术与经济效益, 地形测绘外业工作周期从原本的 45 天缩短到了仅需要 10 天, 作业人员数量也减少了 60%, 有效降低了高海拔地区野外作业的风险。施工放样精度控制在 ± 3 mm 以内, 没有出现因放样误差导致的返工问题, 使得施工效率提升了 40%。高边坡变形监测实现了 0.5 mm 级别的精度检测, 及时发现两处微小变形并采取了加固措施, 避免了边坡坍塌事故的发生。数字化测绘技术的应用使工程测量工作的效率和精度大幅提升, 为工程顺利建设提供了坚实的技术支撑, 验证了数字化测绘技术在复杂工程场景中的适用性和优越性。

4 数字化测绘技术应用现存问题与优化策略

目前的测量工作还存在单一设备应用的情况, 各种先进技术的数据协同性比较差, 导致点云数据、定位数据和设计模型无法实现无缝融合, 造成了数据利用率低下。数字化测绘技术涉及的知识领域非常广泛, 需要同时掌握测绘、计算机、BIM 和 GIS 等技能, 现在兼具实操能力和数据处理能力的复合型人才十分短缺, 一线测量人员的技术应用能力也有所欠缺, 导致设备功能无法得到充分发挥。数字化测绘产生了海量的点云和影像数据, 但在处理过程中缺乏标准化的质量管控流程, 导致部分数据中含有噪声和误差, 影响后续的应用精度^[6]。面对特殊环境的适应能力还有待提升, 在强电磁干扰或极端低温高湿的环境下, 设备的测量精度容易受到影响, 传感器数据会出现偏差, 却缺乏针对性的误差补偿方案。

积极推动多技术融合应用, 将卫星定位和激光扫

描等技术结合起来, 构建一套多技术融合的测绘体系, 把数据标准和接口规范都统一起来, 让不同技术设备的数据能够互相联通, 能显著提高数据的协同利用效率。加大对复合型人才的培养力度, 建立产学研一体的培养新机制, 让高校增设数字化测绘交叉专业, 行业协会多组织全站仪和无人机培训, 帮助从业人员提升综合技术能力。完善数据质量的管控体系, 明确从数据采集到应用的标准化流程, 处理数据时加入 AI 降噪和自动平差技术。此外, 还要提升设备对各种环境的适应能力, 研发出能适应特殊环境的测绘设备, 给设备增加低温补偿和电磁屏蔽功能, 优化传感器误差补偿算法, 使设备在极端环境下也能测得准且稳。

5 结束语

数字化测绘技术作为工程测量领域的重要革新, 很好地突破了传统测绘技术在效率和精度方面的瓶颈, 使测绘工作从人工走向了自动化, 从模拟走向了数字化, 从单一走向了融合。无论是在规划设计还是施工放样, 或者是变形监测、竣工验收及运维的各个阶段, 都能看到它所展现出的显著优势。随着人工智能、大数据以及数字孪生等技术的持续进步, 数字化测绘技术也会向着智能化、自主化以及一体化的方向升级, 能实现测量数据的自动采集和智能分析, 甚至还能进行预测预警, 这将进一步推动整个工程测量行业实现数字化转型。工程建设领域需要进一步加大数字化测绘技术的推广和应用力度, 同时也要不断完善技术标准和人才培养体系, 使数字化测绘技术在工程建设中充分发挥其核心支撑作用, 进而为我国基建工程的高质量发展提供有力保障。

参考文献:

- [1] 张春燕, 王治超. 测绘新技术服务于智慧城市建设的进展[J]. 科技资讯, 2025, 23(11): 13-15.
- [2] 刘雪龙. 探究现代测绘技术在国土空间规划中的应用[J]. 中国信息界, 2025(05): 45-49.
- [3] 吴柳青. 测绘新技术在建筑工程测量中的应用思路研究[J]. 建筑与装饰, 2024(15): 89-92.
- [4] 罗立鑫. 测绘测量技术在建筑工程施工中的应用[J]. 建筑与装饰, 2024(14): 76-80.
- [5] 王敏. 数字化测绘技术在建筑工程测量中的应用研究[J]. 中国厨卫, 2024(04): 292-293, 296.
- [6] 陈聪. 测绘测量技术在建筑工程施工中的应用研究[J]. 模型世界, 2025(36): 52-56.