

Application and Development Trend of Digital Technology in Construction Engineering Surveying and Mapping

Jinpeng Yi

China Gezhouba Group Three Gorges Construction Engineering Co., Ltd., Yichang, Hubei, 443000, China

Abstract

Digital technologies for construction engineering surveying play a central supporting role throughout the entire construction process. By upgrading surveying equipment, data-processing methods, and result-presentation approaches, these technologies significantly enhance the accuracy, efficiency, and stability of surveying outcomes. The coordinated application of three-dimensional laser scanning, unmanned aerial photogrammetry, and high-precision GNSS positioning has transformed spatial information acquisition from traditional point-or line-based sampling to surface-and volumetric-based representation. This shift establishes a continuous data chain and visualized models, providing a solid technical foundation for standardized and high-quality development in construction engineering surveying.

Keywords

construction engineering surveying; digital technology; 3D laser scanning; UAV photogrammetry; GNSS positioning

建筑工程测量数字化技术应用与发展趋势

易金鹏

中国葛洲坝集团三峡建设工程有限公司，中国·湖北 宜昌 443000

摘要

建筑工程测量数字化技术在工程建设全过程中发挥着核心支撑作用，通过对测量装备、数据处理方式及成果表达模式的全面升级，使测量结果的精度、效率与稳定性显著提升。三维激光扫描、无人机航测和GNSS高精度定位等技术的协同应用，使建筑物空间信息的获取由传统的点状、线状采集向面状、体量化表达转变，形成连贯的数据链与可视化模型，为建筑工程测量的规范化与高质量发展奠定技术基础。

关键词

建筑工程测量；数字化技术；三维激光扫描；无人机航测；GNSS定位

1 引言

建筑工程测量是支撑工程规划、设计、施工和运维管理的重要基础环节，其成果质量直接影响工程建设的精度与安全性。随着建设规模不断扩大和工程结构类型日趋复杂，传统测量方式在效率、精度和信息表达能力方面的局限逐渐显现，难以满足现代建筑工程对多源数据、动态监控和高精度控制的综合需求。数字化测量技术的快速发展，为工程测量提供了新的技术路径，通过自动化测量装备、数字化数据处理平台和可视化成果表达，实现测量全过程的高效化、精细化和协同化发展。

2 建筑工程测量数字化技术的体系构成

建筑工程测量数字化技术的体系由数字化测量装备、

数据处理平台与成果表达模块构成，构建了贯穿测量任务采集、处理与交付的全过程技术链。数字化测量装备覆盖三维激光扫描仪、无人机航测系统、GNSS 高精度接收机及多传感器融合终端，能够以毫米级至厘米级的精度获取空间信息，形成高密度点云、正射影像、数字表面模型及三维坐标成果。数据处理平台承担数据结构化、配准、建模和校正等任务，通过点云自动拼接、航测影像空三解算、卫星观测数据差分改正等算法，实现数据格式的高效转换与质量控制。成果表达模块依据建筑工程需求，将测量结果以三维模型、矢量图、数字地形模型及 BIM 关联成果等形式输出，用于施工放样、结构变形监测和竣工验收等场景。数字化测量体系各模块之间通过数据接口实现衔接，使测量信息在工程建设中的传递更为及时，流程更为精细，提升建筑测量作业的准确性与管理效能。

2.1 三维激光扫描技术的精细化测量优势

三维激光扫描技术基于高速激光脉冲测距原理，通过向目标表面发射激光并接收回波信号计算点位坐标，能够在

【作者简介】易金鹏（1991-），男，中国湖北枝江人，本科，工程师，从事测绘相关研究。

短时间内得到高密度点云信息。扫描仪通常具备每秒几十万至上百万点的采集能力，常用设备的测距精度可保持在 2 毫米至 5 毫米之间，扫描半径可达到 50 米至 200 米，使建筑结构、构件细部和复杂曲面均可被完整记录。扫描成果通过点云配准技术进行多站合并，可形成覆盖完整建筑空间的三维模型。该技术在钢结构节点复测、混凝土结构实体核验、机电管线综合调整等环节具有显著优势，通过点云对比分析，可将偏差控制在厘米级范围内。点云数据在处理过程中可由软件进行噪声剔除、网格化建模和体积计算，通过色带编码反映表面特征，使变形量、位移量的提取更为直观。凭借高精度、高密度和非接触的特点，三维激光扫描技术已成为建筑工程中精细化测量的重要技术支撑^[1]。

2.2 无人机航测技术的快速获取能力

无人机航测技术以机载航摄相机、惯导系统及定位模块为核心，通过按规划航线实施空中摄影获取建筑区域影像数据。常规多旋翼无人机的航摄分辨率可达到 2 厘米至 5 厘米，固定翼无人机在大范围作业中可实现 5 厘米至 10 厘米的地面分辨率，能够满足建筑场地、基坑、道路及周边环境的空间信息快速更新需求。无人机航测通过影像空三加密、区域网平差和正射校正技术形成高精度正射影像、数字表面模型和三维实景模型，平面精度常控制在 5 厘米至 15 厘米，高程精度维持在 10 厘米至 20 厘米。无人机具备快速部署与低空机动能力，可在几十分钟内完成大范围测区的影像采集，显著提升测量效率。通过多视影像匹配，可自动生成高密度点云，使建筑轮廓、场地形态和构筑物位置得以完整呈现。航测成果在施工规划、土方量计算、安全巡查与形变监测等环节具有重要应用价值，其快速、灵活和覆盖范围广的特点，使无人机成为建筑测量的重要数字化装备。

2.3 GNSS 高精度定位技术的实时测量特性

GNSS 高精度定位技术依托卫星观测信息，通过载波相位测量、差分改正和实时动态定位算法，实现建筑工程中的

高精度位置获取。常用 RTK 模式可将平面定位精度保持在 1 厘米至 2 厘米，高程精度保持在 2 厘米至 3 厘米，满足建筑放样、基坑监测和结构变形观测的精度要求。GNSS 接收机通过多频段观测与抗干扰技术提升信号稳定性，使观测数据在复杂施工环境中仍具可靠性。实时动态定位系统通过移动站与基准站的数据链路实现秒级更新，能够在施工放样过程中提供连续、实时、动态的坐标信息。结合倾斜测量、电子气泡、自适应滤波等功能，可进一步提升外业测量的效率与稳定性。在建筑工程全周期中，GNSS 技术可用于控制网布设、施工过程定位、结构监测数据获取等多类场景，使测量作业更加高效、连续和可控，支撑工程建设过程的实时化管理需求。

3 建筑工程测量数字化关键技术的应用路径

3.1 三维激光扫描技术在建筑测量中的应用

三维激光扫描技术在建筑测量中的应用涵盖精细建模、结构变形监测、施工质量核验和竣工成果生成等多个环节，通过高速激光测距与空间点云建模形成高精度几何信息。扫描仪通过发射激光脉冲并记录回波，构建的点云密度可达到每平方米 5000 点至 50000 点，空间误差控制在 2 毫米至 5 毫米，可满足钢结构构件安装、幕墙龙骨定位与室内机电综合管线核查等对精度要求较高的场景。建筑施工阶段采用多站扫描配准技术，可形成完整的建筑三维模型，点云之间的配准误差可收敛在 5 毫米范围。通过点云与设计模型的对比分析，可将结构偏位、构件尺寸误差和地面不平度以色带方式直观展示，为施工偏差调整提供依据。扫描成果在基坑变形监测中可形成高程差分模型，通过时间序列点云比对，可监测毫米级沉降变化。在竣工测量中，点云数据可直接转化为建筑信息模型，实现快速交付，提升成果表达的精度和完整性，图 1 为三维激光扫描技术在建筑测量的流程示意图。

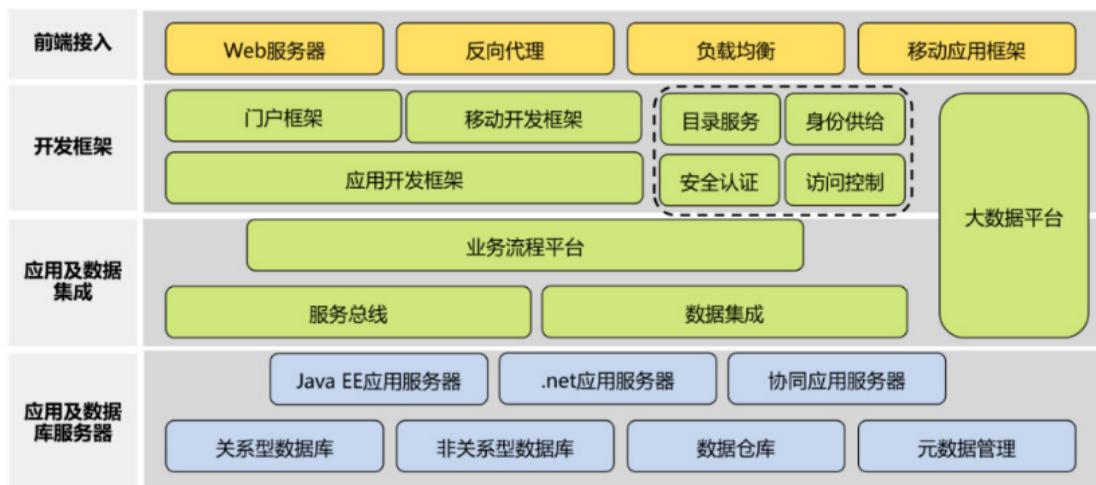


图 1 三维激光扫描技术在建筑测量的流程示意图

3.2 无人机航测技术在建筑测量中的应用

无人机航测技术在建筑测量中主要用于地形测绘、场地规划、施工进度分析和大型构筑物外观建模，通过对建筑区域实施低空影像获取实现数据快速更新。多旋翼无人机配备24毫米至35毫米航摄相机，在50米至120米的飞行高度下可获得2厘米至5厘米的地面分辨率，满足精细化地形建模和放样准备需求。航测数据经过空三加密与区域网平差后，可生成平面精度5厘米至15厘米、高程精度10厘米至20厘米的正射影像和数字表面模型，用于场地规划和施工布置。建筑外立面与周边构筑物可利用倾斜摄影技术进行三维重建，通过五镜头或七镜头相机获取多角度影像，结合密集匹配算法形成高密度点云，点云密度可达每立方米数十万点，使外观模型更加精细。施工过程可通过定期航拍获得影像序列，对比不同时间的三维模型，可计算土方变化量、基础开挖深度和进度偏差，提升施工管理的直观性和准确性^[2]。

3.3 GNSS 高精度定位技术在建筑测量中的应用

GNSS高精度定位技术通过载波相位差分、实时动态定位和多星座观测，实现建筑施工全过程的精确定位控制。RTK定位方式可提供1厘米至2厘米的平面精度和2厘米至3厘米的高程精度，适用于控制网布设、道路与管线放样、桩位定位和基础开挖线形控制。建筑高层测量中可采用多频GNSS接收机，通过L1、L2、L5等多频段观测提升抗遮挡能力，在钢结构密集区域仍可保持观测稳定性。GNSS与全站仪联用可形成混合控制网，通过几何约束优化使整体测量精度保持在毫米至厘米级。施工过程应用GNSS定位系统可实现实时坐标输出，移动站更新速率可达到5Hz至20Hz，使放样点位能够连续呈现。在基坑监测中，GNSS可结合自动化采集系统实现全天候观测，通过时间序列数据分析提取位移变化，实现结构安全的实时监控。技术在施工放样、结构变形测量、竣工测量和运维定位中发挥广泛作用。

4 建筑工程测量数字化技术的发展趋势

4.1 测量装备智能化与一体化趋势

测量装备正向智能化与一体化方向发展，通过自动识别、自动配准、智能算例和传感器集成技术提升作业效率与智能水平。新型三维激光扫描仪融合IMU、陀螺仪和SLAM算法，可在无控制点条件下进行移动扫描，点云配准误差可控制在10毫米以内，适用于楼层狭窄空间与复杂工况。无人机测量装备正在向集成化发展，通过RTK模块、倾斜相机和避障雷达组合，使飞行精度得到显著提升，轨迹控制误差常保持在10厘米以内。GNSS接收机正向网络化和高灵敏度方向演进，通过多星座观测(GPS、北斗、GLONASS、Galileo)提升信号冗余度，使定位成果更加稳定。多测量设备正在通过数据接口和智能控制平台实现一体化联动，可由单一终端完成控制、采集与初步处理，使外业效率提升20%至40%，推动装备向更高集成度与智能化迈进。

4.2 测量数据融合化与实时化趋势

建筑工程测量数据正在向多源融合与实时更新方向发展，通过整合激光点云、无人机影像、GNSS坐标和全站仪观测数据，形成结构化、统一化的空间数据体系。点云融合

算法通过ICP与NDT技术实现不同设备点云的精确拼接，误差可收敛在5毫米至10毫米范围。影像数据与点云可通过特征点匹配实现联合建模，使三维模型具备真实纹理与结构特征。实时化趋势通过RTK网络、5G通信和边缘计算实现，外业数据可在数秒内上传至云端平台并完成初步处理，使施工放样、变形监测和进度分析具备动态更新能力。多源数据融合可生成高精度数字地形模型、建筑表面模型和施工进度模型，用于多部门协同。随着数据结构标准化水平提升，融合后的测量成果可在设计、施工和运维中实现共享，提升建筑工程管理效率^[3]。

4.3 测量应用平台化与协同化趋势

建筑工程测量正从单点作业向平台化与多部门协同方向发展，通过数字化测量管理平台实现成果集中管理、任务协同和流程可视化。平台通过云端架构存储激光点云、航测影像及三维模型，可支持TB级数据管理及多终端访问，满足大型建筑项目多阶段、多区域测量成果的集中应用。平台具备在线建模、点云浏览、断面提取、偏差分析和成果比对功能，可实现快速处理与可视化展示。协同化趋势通过项目管理模块实现测量任务分配与进度跟踪，使测量、设计、施工和监理单位可在同一平台共享数据^[4]。接口标准化技术使平台可与BIM系统、项目管理系统和物联网监测系统互联，在施工放样、结构监测和运维管理中提供持续的数据支撑。随着数据流动能力增强，测量成果正逐步成为工程信息链的关键节点，为建筑工程数字化建设提供稳定支撑。

5 结语

建筑工程测量数字化技术的快速发展，为工程建设全过程提供了更加精细、高效和可视化的技术支撑。三维激光扫描、无人机航测与GNSS高精度定位等关键技术在数据获取、处理与表达中的深度融合，使测量成果的表达能力、实时性与准确性显著提升，推动建筑测量由传统手工化模式向智能化、系统化模式转变。伴随测量装备的智能升级、多源数据的融合共享以及平台化协同体系的完善，数字化测量已成为建筑工程质量控制、施工管理与运维监测的重要基础。在未来的工程实践中，数字化测量技术将继续发挥支撑作用，为建筑行业的高质量发展提供持续动力，并在更广的应用场景中展现其技术价值与发展潜能。

参考文献

- [1] 梁露.建筑工程测量中数字化测绘技术应用分析[J].科技资讯,2025,23(17):139-141.
- [2] 郑板涛.数字化测绘技术在建筑工程测量中的应用探究[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(20):158-160.
- [3] 郭富坤.建筑工程测量中数字化测绘技术的应用[A].2025年第四届工程领域数字化转型与新质生产力发展研究学术交流会论文集[C].广西网络安全和信息化联合会:2025:556-557.
- [4] 李国庆.测绘技术在建筑工程测量中的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(09):91-93.