

# 数字化测绘技术在工程测量中的应用研究

王锐

广西有色勘察设计研究院有限公司

**摘要：**信息技术迅猛推进之下，数字化测绘已成为当代工程测量不可或缺的核心支撑。与传统手工测绘相比，后者数据采集耗时长、处理环节繁杂、精度易受人为与环境干扰，而数字化测绘借助多模态 GNSS（如北斗+GPS 融合 RTK）、地面/机载 LiDAR 三维激光扫描、低空 UAV 摄影测量及 SfM 点云重建等前沿手段，构建起从野外采集到室内处理、成果输出的全链条自动化流程，实现厘米级乃至毫米级空间定位与海量数据高效融合。数字化技术的应用使工程测量在全生命周期均获显著提升——规划阶段快速生成高分辨率地形基础与方案比选依据；施工期支持精准放样、结构变形实时监测与土方动态计量；竣工阶段产出可靠的 as-built 档案，便于质量验收、资产移交及后期运维管理。

**关键词：**数字化测绘技术；工程测量；卫星定位测量；无人机航测；数字化成图

数字化技术构建起数据采集—实时处理—多维表达—共享应用的闭环自动化流程，实现厘米至毫米级定位、亚米级 DEM/DSM 生成与海量异构数据高效融合。其显著优势在于：精度大幅跃升、适应极端环境能力强、成果形式多样（三维数字孪生、实时动态模型）、支持全生命周期数据贯通。贯穿工程全周期，数字化测绘各阶段发挥关键作用：前期快速产出高分辨率地形基础与多方案比选依据；施工期支撑精密放样、结构变形实时监测、土方精准计量与质量闭环控制；竣工阶段生成可靠 as-built 档案，便于验收、移交及智慧运维管理。本文通过系统分析其技术形态与应用路径，对加速工程测量向智能化、精细化跃升具有参考价值。

## 1 数字化测绘技术概述

数字化测绘是信息技术高速迭代催生的综合测绘技术模式，其本质是深度融合高精度 GNSS（多星座 RTK/PPP）、电子全站仪、机载/地面 LiDAR、UAV 低空摄影测量（SfM/MVS 点云重建）以及 GIS/BIM 空间信息处理平台，实现地理空间数据的全链路数字化采集、自动化处理与多维可视化表达。相较传统模拟测绘依赖人工目视、手工记录与纸质成图的局限，该技术从数据源头即以数字格式捕获三维坐标与属性信息，通过实时差分校正、点云去噪分类、自动特征提取与多源融合算法，大幅削减人为误差、缩短处理周期，并将精度提升至厘米甚至毫米级。

数字化测绘技术的特点报刊高时空分辨率数据获取、多模态异构融合、全生命周期信息贯通，以及向智能化转型的趋势。在工程测量实践中，该技术有效应对复杂地形遮蔽、大范围布控与高精度放样需求，

为规划选址、施工过程控制、变形监测及 as-built 档案管理注入可靠的空间数据底座，已稳固确立为现代工程测绘体系的支柱性技术<sup>[1]</sup>。

## 2 数字化测绘技术在工程测量中的主要技术形式

### 2.1 全球卫星定位测量技术

全球导航卫星系统（GNSS）定位技术已成为当代工程测量领域的主流空间定位手段，其核心依赖多星座（如 GPS、北斗、GLONASS、Galileo）信号接收与高精度解算，实现地面目标点的三维坐标精确确定。该技术基于伪距、载波相位及多普勒观测值，结合精密星历、钟差改正、电离层/对流层延迟模型以及相位模糊度固定算法，完成绝对或相对定位。

相较传统光学/水准控制测量受视线通视、地形遮蔽与距离累积误差制约的局限，GNSS 定位显著优势在于广域覆盖、无需通视、快速作业，尤其适用于山区、城市峡谷或大型线性工程。其主流模式包括静态相对定位（长时段观测后处理，毫米级精度，用于高精度控制网建立）、实时动态（RTK）（网络/单基站差分，厘米级实时精度，广泛用于施工放样与地形碎部测量）以及精密单点定位（PPP）（无需本地基站，全球适用，动态下分米至厘米级）。

### 2.2 数字化成图技术

数字化成图技术的核心功能是将野外采集的空间原始数据，通过专业软件平台进行系统化处理、拓扑构建与规范图形化表达，最终产出符合国家或行业标准的数字地形图、工程专题图或 BIM 基础模型。数字化成图技术以高精度 GNSS/全站仪/激光点云等设备获取的离散坐标与属性信息为输入，经数据清洗、坐标转换、特征提取、线面拓扑重建、符号化配置、等

高线自动生成及注记智能排版等流程, 实现地物要素(点、线、面、体)的精确数字化表征与空间关系完整表达<sup>[2]</sup>。相较传统手工绘图的低效与易出错, 数字化成图显著提升处理速度、精度一致性与可追溯性, 支持版本控制、批量修改、动态更新及多格式输出(DWG、SHP、GeoTIFF、3D Tiles等)。更重要的是, 通过空间数据库的无缝关联, 它将几何信息与语义属性深度融合, 为工程规划选址、施工放样验证、土方精确计算、变形分析及后期GIS/BIM应用提供高可靠、可复用的数字底图。

### 2.3 无人机航测技术

无人机航测是工程测量领域近年来迅猛崛起的低空遥感技术手段, 主要依托多旋翼或固定翼无人机平台, 搭载高分辨率数码相机或多光谱传感器, 按照规划的航带与重叠率(通常纵向80%、横向60%以上)执行自主飞行, 对目标区域实施系统化低空影像采集, 从而获取高重叠度序列影像。无人机航测突出优势包括以下几点: 设备机动性极强、单次起降灵活、作业成本仅为其几分之一、响应速度快, 尤其适用于山区、丘陵、采矿区、灾区或城市局部精细测绘等通视困难或大比例尺需求场景。同时, 其数据更新周期短、可重复性高, 与GNSS/全站仪地面补测融合后, 能高效满足工程地形测绘、土方计量、变形监测、线路选址及BIM建模对高时空分辨率空间数据的迫切需求。

## 3 数字化测绘技术在工程测量中的应用

### 3.1 工程前期测量中的应用

#### 3.1.1 地形数据获取

在工程建设前期阶段, 高精度地形数据采集构成了规划设计、选址论证与方案优化的核心基础, 其质量直接决定项目经济性、可行性及后续风险控制水平。工程实践中, 综合运用多星座GNSS/RTK精密定位、全站仪电子化碎部采集、机载LiDAR点云扫描以及UAV低空倾斜摄影测量(SfM/MVS重建)等手段, 对目标区地形起伏、地貌形态、地物要素及植被覆盖进行全覆盖、高密度探测, 并直接以数字格式捕获三维坐标与语义属性, 实现野外数据即时入库与初步质检。

数字化路径能显著缩短大范围测区周期, 通常可在数日至数周内完成, 同时将平面/高程精度稳定控制在厘米级, DEM/DSM分辨率达0.1-0.5米, 信息完整度与现势性大幅提升。

后续处理环节依托专业平台, 开展点云滤波分类、DEM插值、正射纠正、等高线自动提取及三维建模, 生成高分辨率数字高程模型(DEM)、数字表面模型

(DSM)、数字正射影像图(DOM)及矢量地形图等多格式成果。这些标准化空间数据为线路比选、场地平整估算、土方平衡优化及BIM/GIS基础底图构建提供可靠支撑, 并支持全生命周期动态更新与多方协同共享, 确保地形信息在规划—设计—施工—运维链条中持续发挥决策价值。

#### 3.1.2 基础控制网建立

基础控制网布设的根本目的是为全项目提供统一、高精度的三维空间基准框架, 确保后续地形碎部测绘、施工放样、变形监测及竣工复测的空间一致性与可靠性。在数字化测绘体系下, 控制网建设主要依托多星座GNSS静态/快速静态相对定位(或PPP-AR)、高精度电子全站仪导线/边角网测量以及精密几何水准(或数字水准仪)高程传递等手段, 在测区内科学布设平面控制点与高程控制点, 形成具有足够冗余、闭合差严格受控的约束网络。

数字化路径显著提升了布网效率与科学性: RTK预勘选点、电子手簿实时记录、现场质量控制、自动平差迭代与成果可视化, 使整个过程高度可追溯、可复核; 同时, 控制网成果无缝接入GIS/BIM数据库, 支持与地形点云、放样数据、监测序列的统一管理与动态更新, 为工程全生命周期的精准定位、质量闭环控制及智慧化运维奠定坚实坐标基础。

### 3.2 工程施工阶段测量中的应用

#### 3.2.1 施工放样测量

施工放样测量是工程施工阶段最关键的现场定位作业, 其核心目标在于依据设计蓝图与已建立的基础控制网, 将构筑物的设计坐标、轴线位置、标高及几何形态精确投影至实地, 为后续开挖、浇筑、安装等工序提供可靠的空间基准。在数字化测绘框架下, 放样工作已全面转向高精度仪器主导模式, 主要依托全站仪免棱镜/有棱镜放样、GNSS RTK网络/单基站实时动态定位、UAV辅助倾斜摄影验证以及三维激光扫描复核等集成手段, 实现从设计模型到现场点的无缝转换与厘米级精确定位。

数字化放样能直接导入CASS、Civil 3D、Revit或BIM软件提取的设计坐标, 通过仪器内置放样程序或外接手簿(如徕卡Captive、拓普康Magnet Field)自动计算测站点至放样点的距离、角度与高差, 实时引导操作员布设点位; 同时支持动态纠偏——当实测偏差超出限差时, 可即时调整设计参数或补偿模型, 确保结构位置与设计意图高度吻合<sup>[3]</sup>。

#### 3.2.2 施工过程动态监测

施工过程动态监测是工程施工阶段保障结构安全、

控制施工精度的关键技术环节，其本质通过连续或周期性高频观测，实时捕获构筑物关键部位的空间位移、沉降、倾斜及裂缝扩展等变形参数，实现对施工风险的动态预警与精准调控（如表 1）。在数字化测绘体系下，

该监测主要依托 GNSS RTK/静态连续站、自动化全站仪（如 TCA 系列机器人站）、三维激光扫描及 UAV 倾斜摄影等集成手段，对塔吊、基坑支护、高支模、桥梁梁体等重点对象实施毫米级乃至亚毫米级精度跟踪。

表 1 施工过程动态监测方法

监测内容	技术手段	数据采集频率	主要目的
构件水平位移	全站仪 / 卫星定位系统	实时或每日一次	保证构件水平布置精度
构件垂直沉降	高精度水准仪 / 无人机测高	每周或关键阶段	检测沉降变化，预防超限沉降
构件倾斜及变形	全站仪测角 / 三维激光扫描	实时或周期性监测	发现偏心或倾斜异常
土体及边坡稳定性	无人机航测 / 地形高程模型	每阶段施工完成后	评估施工区域稳定性
控制网状态	卫星定位系统 / 全站仪	每日或每周	校核整体空间控制精度

3.3 工程竣工测量中的应用

3.3.1 竣工地形测量

竣工地形测量是工程项目收尾阶段的任务之一，其根本目的是全面核实建成实体与设计图纸在空间位置、标高、几何形态及尺寸偏差上的符合度，为质量验收、竣工档案移交及后期资产运维提供权威空间依据。在数字化测绘框架下，该环节主要集成 GNSS RTK/静态复测、高精度全站仪碎部采集、UAV 低空倾斜摄影（SfM 点云重建）及地面 LiDAR 扫描等手段，高效捕获施工区整体三维实景数据，实现厘米级精度覆盖。

数据处理依托专业平台进行区域网联合平差、多源点云融合、DEM/DSM 对比分析及 as-built 模型自动生成，精准量化构筑物位移、沉降、超挖 / 欠挖及结构变形等偏差，直观识别潜在质量隐患与竣工偏差。相较传统人工丈量与纸质绘图的低效与主观性，数字化路径显著缩短周期、提升精度一致性，并产出可编辑、可视化的数字档案，支持长期电子化存储、版本追溯、多方查询与智慧城市平台接入，已成为现代工程竣工测量标准化、精细化管理的核心技术支柱。

3.3.2 测绘成果数字化管理

测绘成果数字化管理是工程竣工阶段实现测量数据长效化、规范化存储与高效复用的核心技术环节，其根本目标是通过统一的信息化平台，将多源测绘成果整合为可查询、可追溯、可共享的数字资产，为后期运维、档案移交及智慧化管理提供坚实支撑。在实际应用中，该管理模式以 GNSS、全站仪、UAV 摄影

测量及 LiDAR 点云等采集的数据为基础，经坐标系统一、格式标准化、元数据标注后，导入 GIS 或 BIM 集成平台，建立空间数据库与三维数字孪生模型，实现数据的多尺度、多维度可视化表达与高效检索。通过版本控制、属性-几何关联、空间查询与拓扑分析功能，可对构筑物、管线、地形要素进行精细化管理与动态更新；同时支持与设计模型、施工日志、变形监测序列的多源融合，形成完整的工程全生命周期数据链条。

4 结语

数字化测绘在当代工程测量中的深度融合，已成为驱动测量效率跃升、精度保障与管理优化的核心引擎。通过显著压缩作业周期、将精度稳定在厘米至毫米级，同时大幅削减人为误差，为施工过程控制、质量量化评估及后期设施智慧运维注入可靠的空间数据底座。更关键的是，它推动成果标准化与全链条可追溯，通过统一的空间数据库实现测绘数据与设计模型、施工日志、监测序列的无缝关联与多源融合，奠基工程全生命周期精细化管理的坚实基础。未来，数字化测绘必将向更高智能化、规范化与高效化演进，为基础设施高质量建设提供更强劲的技术与信息支撑。

参考文献：

[1] 徐志虎. 地质工程测量中数字化测绘技术的运用 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2026(1):188-190.  
 [2] 陈卓政. 数字化测绘技术在工程测量中的应用 [J]. 中国科技纵横, 2025(1):46-48.  
 [3] 谷玲玲. 数字化测绘技术在工程测量中的应用 [J]. 工程建设与设计, 2025(13):148-150.