

# 数字化测绘技术在工程测量中的应用

景峰 张海鹏

陕西嘉明空间信息技术有限公司, 陕西西安, 710000;

**摘要:** 工程测量作为工程建设的基础环节, 其精度与效率直接影响工程的质量与进度。数字化测绘技术在工程测量中的应用已成为现代工程建设的重要支撑, 其通过整合全球导航卫星系统 (GNSS)、遥感技术、地理信息系统 (GIS)、三维激光扫描等先进技术, 显著提升了测量效率与精度。本文详细探讨了数字化测绘技术在工程测量中的具体应用场景、技术优势及未来发展趋势, 旨在为工程测量领域的技术选择与实践提供参考。

**关键词:** 数字化测绘技术; 工程测量; 应用

**DOI:** 10.64216/3080-1508.25.06.030

## 引言

传统的测量方法在面对复杂地形、大规模工程及高精度要求时, 往往存在效率低、视角死角多、全局掌握困难等问题。数字化测绘技术的引入, 不仅弥补了传统方法的不足, 还为工程测量带来了革命性的变革。例如, 通过地理信息、三维建模、物联网、大数据等技术手段, 实现了勘察、设计、施工、运维等全生命周期的数据一体化管理。此外, 数字化测绘技术还具备自动化绘制图形、实时编辑、高效数据处理等优势, 为工程测量提供了科学、便捷的解决方案。

## 1 数字化测绘技术在工程测量的应用价值

### 1.1 具有更高的精度度

传统测绘手段因为受到当时技术水平制约, 会在一定程度上的人眼误判以及物性问题等缺陷, 并且传输过程中容易出现信息遗漏或失误等问题; 同时因测绘过程涉及的信息量较大, 所以前期建设项目需要投入较多人力财力时间成本来完成相应的测绘任务; 现阶段测绘手段不仅能对现有图纸进行优化完善提升其精准程度并能有效控制测量偏差范围 (低于 3 mm), 这无疑给建筑设计领域带来极大的便利; 另一方面利用现有的绘图手段, 无论是在成稿还是传输的过程中都不会受到外界环境的影响, 能够为后续施工提供真实有效的参考依据, 极大地提高测绘精确度的同时也大幅缩短了作业周期<sup>[1]</sup>。

### 1.2 具有较高的智能化技术

随着时代的进步和发展, 现在最为人们所关注的是人工智能问题, 即怎样使人的脑力劳动最少化以达到工作效率的最大化, 这是各行业都必须解决的重要课题之一。例如现代数字测图技术便是人工智能领域的典型代表: 通过测绘手段获得的数据可直接输入到计算机中,

在此基础上应用计算机对数据进行运算并得到正确结果后, 再根据这些结果对原始数据进行加工整理, 并从中选出有用的要素信息; 在绘图时, 则可根据数据自动计算所需图形。

### 1.3 图形属性更加丰富

当前由于测绘技术已经高度地融入计算机领域中去, 因此具有强大的信息量及海量的数据储存功能<sup>[2]</sup>。通过数字式的绘图仪进行测绘时可将多种多样的图片输入其中并建立起庞大的数据库; 同时其在作图的过程中也可采用点码绘制的方法来进行, 即利用不同类型的图形或符号来对相应的点位进行表示, 并且针对某一类符号又对应着不同的点号, 但此类符号却可以根据实际需求而选择性应用, 这样就可以大幅缩短绘图时间。

## 2 数字化测绘技术

### 2.1 卫星定位技术

卫星定位技术 (GNSS、RTK) 作为现代工程测量的核心技术, 通过接收多系统卫星信号实现高精度空间定位, 其应用已深度融入工程建设全周期。GNSS 技术体系涵盖美国的 GPS、中国的北斗、俄罗斯的 GLONASS 和欧盟的 Galileo 等全球导航卫星系统, 在工程测量中主要呈现三种应用形态: 静态测量通过长时间观测获取毫米级控制点坐标, 为工程控制网建立提供基准; 动态 RTK 测量借助基准站与移动站的协同作业, 实现实时厘米级定位, 大幅提升地籍测绘与施工放样效率; 导航定位功能则为工程机械、无人机等移动平台提供轨迹引导。RTK 技术作为 GNSS 的高精度增强形态, 依托基准站的误差修正数据, 通过载波相位差分技术将移动站定位精度提升至水平 1—2cm、高程 2—3cm, 其核心技术包括多系统信号融合解算、大气延迟误差建模以及整周模糊度快速固定算法。在工程实践中, 该技术已形成典型应用范

式：在地籍测绘领域实现亚米级数字高程模型快速构建，较传统全站仪测量效率提升5倍以上。

## 2.2 遥感技术

数字化测绘遥感技术是建立在电磁波理论、摄影测量学和数字图像处理的基础上，采用多种平台（航空航天飞行器、车载移动设备）、多种传感器（可见光、红外、合成孔径雷达、激光），进行同步或异步获取，经过严格的内外方位元素确定、辐射定量转换、多源数据综合集成、海量时空大数据智能挖掘等环节，获得高质量地理空间信息并加以利用的一整套综合性技术体系。其中，关键技术主要包括：遥感影像几何纠正（RPC模型的构建及其对共线方程的改进）、遥感影像辐射定标（大气校正方法、BRDF影响修正）、多源数据融合（像素级、特征级和决策级融合）、高精度三维重构、智能化解译以及时空大数据分析（变化检测、时序建模）等<sup>[3]</sup>。通过将GIS空间分析（叠加分析、网络分析和空间统计）嵌入到整个生产流程中来实现对生产过程进行控制，从而完成从数据获取到最终产品的全过程。

## 2.3 三维激光扫描技术

目前三维激光扫描技术作为工程测量领域的最新成果，在空间数据的采集上具有划时代的意义，它是利用发射激光脉冲后接收返回信号获得被测对象表面大量离散点的空间坐标，并将这些点进行计算机处理得到一个完整的三维几何模型的技术。根据不同的测距方式可分为：相位式（Phase）、脉冲式（Pulse）以及时差式（TIME DIFFERENCE）。由于相位式的精度最高，所以主要用于近景范围内（一般小于10m），精度能达到亚毫米级；脉冲式可以用于大场景的快速扫描，但精度相对较低；时差式结合了前两种的优点，因此现在广泛应用于实际工程当中。现代激光扫描仪器除了常规的激光器外还集成了GNSS定位、IMU惯导及全景相机等部件，形成了MMS（Mobile Mapping System）移动测绘系统，大大提高了单站扫描的速度，达到每分钟采集几千万个点的能力。随着新技术的发展，三维激光扫描技术已经得到了广泛的推广和应用。

## 2.4 地理信息系统

地理信息系统（GIS）作为空间信息管理的核心技术体系，通过集成计算机硬件、软件、地理数据和专业分析方法，构建起多维度的空间决策支持平台。该系统采用矢量-栅格混合数据模型，矢量数据以点、线、面要素精确表达地物空间特征，栅格数据则通过像元矩阵实现连续表面建模，二者结合可支持从微观设施管理到

宏观区域规划的多尺度分析。现代GIS技术栈包含数据采集（GNSS/遥感）、数据库管理（空间SQL）、分析引擎（拓扑运算/空间统计）及可视化模块（三维渲染/时空立方体）四大核心组件，ESRI ArcGIS、开源QGIS等平台已实现从数据入库到智能分析的完整 workflow。在工程测量领域，GIS构建起空间数据中枢角色：技术演进呈现三大特征：云计算架构使分布式空间分析成为可能，处理亿级要素的路径规划耗时从小时级缩短至分钟级；人工智能赋能遥感解译，建筑物自动提取F1值突破0.9；数字孪生推动GIS与BIM/CIM深度融合，形成城市级时空数据底板。当前面临的主要挑战包括多源异构数据融合、时空大数据实时处理等，正通过空间区块链、流计算框架等技术寻求突破。作为新型智慧城市的基础操作系统，GIS技术正在从传统的地理空间分析工具向智能空间决策大脑转型，其与物联网、5G定位技术的结合将重构工程管理的数字化范式，为基础设施全生命周期管理提供核心支撑<sup>[4]</sup>。

## 3 数字化测绘技术在工程测量中的应用

### 3.1 地面激光扫描采集数据

通过三维激光扫描手段获得通州燃灯塔相关的精确三维几何空间数据，可以有效弥补以往常规测绘方法中存在的诸多缺陷与弊端。对通州燃灯塔相关数据信息的采集主要目的在于对其进行历史方面的调查研究，而历史文献、史料等就是其最为核心的价值体现，也是今后能够实现开发利用及科学保护的重要基础性资料之一；三维数据采集过程中的难题：由于通州燃灯塔的高度相对比较高，所以无法借助于传统的地面三维激光扫描测量的方式来进行各个单体构件的信息提取以及相应数据的收集工作；此外塔身上的部分构件被其他结构所遮蔽，导致整个塔身上存在着很多严重的扫描盲区<sup>[5]</sup>。鉴于此，在选定用于此次数据采集工作的扫描仪设备的过程中就必须综合全面地考虑到仪器本身的尺寸大小及其各项性能参数是否符合要求等方面的问题，由此才能最终确定出选用Riegl VZ-400这种脉冲式的地面三维激光扫描仪来完成此项任务才是最为合理的解决方案。为了更好地保证本项目成果的质量，并且尽可能地降低因人为操作所带来的误差值。在控制测量过程中，根据控制测量原理，在控制网中建立平面控制、高程控制坐标系；将燃灯塔已有控制点作为空间坐标的起始点进行复测。

### 3.2 低空无人机摄影测量数据

通过无人机摇动作业方式来完成小区域大比例尺

的图像采集与处理工作,属于一种较远距离、非接触式的目标测绘手段,能一次性完成信息获取及处理过程,有效地解决了通州灯塔小范围内的成片资料获取难等问题;并且所获影像分辨率较高,可以生产出正射影像图以达到满足测量精度的三维重构条件。但是由于无人机遥感系统的特殊性:如像幅较小且较多、垂直视角较大以及不同高度上的影像重叠率不均匀等原因使得需借助于专门配套的专业数据处理软件来进行后续的图像预处理工作。因此在开展基于无人机近距离摄影测量之前应先对古塔周围地形地貌进行全面细致的踏查并寻找合适起降场点位置,合理规划航线,针对航摄过程中可能遇到的各种突发状况做好应急方案准备。另外,运用低空无人机摄影测量法可建立古塔三维立体结构,根据无人机拍摄所得立面照片构建三维模型。本次实验中使用的硬件设备为八旋翼无人机和单反相机,为了确保能够完整记录下整个古塔的高度,我们采用了对八个方向逐次向上传递的方式进行航拍,每次由底部开始沿着一条直线到达顶端,并且全部采取连续拍照模式。起飞前要确认当天的气候状态以及云量分布的情况,同时也要注意现场是否有高压线或高大建筑物等因素的存在,尽量选取平整开阔的地方作为起降地点。校准操作:先定位无人机的机轴位置,再将无人机平稳放在水平的地面上(注意要避免有强光照射),当指示灯颜色发生变化时使无人机垂直于地面且指示灯再次发生颜色的变化;开机前需将无人机平放至地面,并通过摇杆完成上电和解锁动作。

### 3.3 数字化绘图

对于数字化绘制图纸来说,测绘一直就是测绘工作的难题之一(测图流程见图1);对于数字化绘制图纸来说,测绘一直是测绘工作的关键难题之一。根据中国测绘科学研究院2022年的研究报告显示,在1:500比例尺地形图测绘中,平均每平方公里需要采集约8000—12000个特征点数据,而1:5000比例尺地图则需要2000—3000个特征点,验证了“比例尺越小所需测绘信息越多”的行业规律。现在所有的数字测绘都是以已经测量过的数字地图为基础来实施测量,这样得到的数据资料非常准确完整,并且还具备了很好的地理信息功能,在后来运用计算机技术和网络信息技术时能够充分地发挥出这些优势,将测量到的数据资料进行储存并传递

给用户使用的话就可以较好地保存好测绘数据,还可以方便于各个工程项目之间的相互联系,使各方之间有了更多的了解,从而达到节约工程费用的目的。当前数字测绘实践表明,以已有数字地图为基础进行补充测量可使数据采集效率提升40%以上(据《测绘通报》2021年数据),且成果精度达到国家《工程测量规范》(GB50026-2020)规定的平面位置误差 $\leq 5\text{cm}$ 标准。

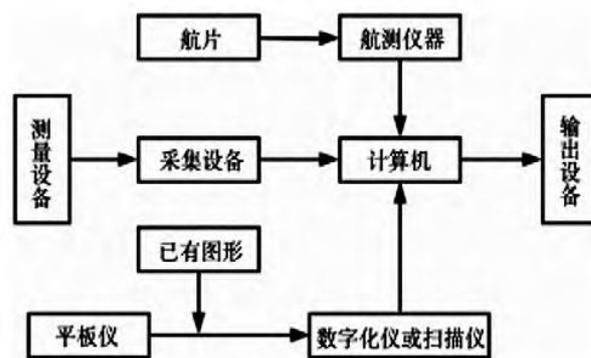


图1 测图流程示意图

## 4 结束语

随着科技的飞速发展,数字化测绘技术在工程测量中的应用已经取得了显著的成果,并展现出广阔的发展前景。从传统的测量手段到如今的数字化、智能化技术,工程测量领域经历了深刻的变革。数字化测绘技术以其高效、精确、便捷的特点,极大地提升了工程测量的效率和质量,为工程建设提供了坚实的数据支撑。通过加强技术研发、优化测量流程、提升数据分析和处理能力,我们可以更好地应对复杂多变的工程测量需求,为工程建设提供更加精准、可靠的技术保障。

### 参考文献

- [1]张峰. 数字化测绘技术在水利工程测量中的应用研究[J]. 科技资讯, 2022, 20(16): 81-83.
- [2]王葵, 朱明明. 数字化测绘技术在土地测量中的应用[J]. 科技创新与应用, 2022, 12(22): 170-173.
- [3]梁芳. 数字化测绘技术在工程测量中的应用[J]. 四川水泥, 2022(7): 276-277, 280.
- [4]张宪涛. 新型数字化测绘技术用于矿山地工程测量中的效果分析[J]. 新疆有色金属, 2022, 45(3): 10-12.
- [5]阮迎贺. 数字化测绘技术在地质工程测量中的应用[J]. 江西建材, 2022(4): 49-50.