

数字化测绘技术在工程测量中的运用探讨

赖培均

(城乡院(广州)有限公司, 广东 广州 511300)

摘要 工程勘察的精度与效率对工程建设的安全性和经济效益具有直接影响。在近距离、低复杂度的场景下,传统光学经纬仪与钢线组合仍具备一定的应用价值,但其依赖通视条件、气象窗口及人工读数等特性,已难以满足超高层建筑、大跨度结构及深埋隧道对毫米级精度的控制需求。卫星定位、激光雷达、倾斜成像技术与云算力的深度融合,测量模式从“点采集”跃升至“场复制”,单一时空尺度内获取的几何信息呈指数级增长,为工程设计、施工建设及后期运营等环节提供了可追溯的三维时空框架支撑。基于此,本文围绕数字化测绘技术在工程测量中的运用展开分析,以期为相关从业人员提供有益参考。

关键词 数字化测绘技术; 工程测量; 数据采集; 数据处理; 数据传输

中图分类号: TB22; TP391.72

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.35.008

0 引言

数字测绘不是简单的技术替代,其本质是重构测量逻辑,观测对象由离散点云转换为连续场模型,由手工记录到算法求解,成果交付从二维图到多维数据库。这一转变将“误差控制”转移到“数据治理”,第一次实现精度、周期和成本的同步优化,而不是互相制约。更深层次的变革是,测绘数据在工程语言中的“母语”地位得到强化,设计、施工、监理三方在同一时空地图上实时协同,降低因信息不同步而导致的返工和索赔。随着硬件轻型化和软件智能化的不断迭代,数字测绘正在朝着“隐形测量”方向发展,同时完成几何和物理属性的采集,测量环节不再占用独立的工序,而是转化为施工过程的自然衍生品。

1 数字化测绘技术特征

1.1 数据采集精准化与高效化

数字测绘技术依托全球卫星导航、遥感、激光扫描等先进技术,实现高精度、高效率的数据采集^[1]。相对于传统测绘技术,数字测绘可以快速获取多维空间信息,如地形地貌、地质结构、构筑物位置等,并可达到毫米级精度,有效减少人为操作误差。同时,该数字化装置具有自动采集数据的能力,可以连续工作,并能实时记录数据,提高采集效率,降低人力投入和时间成本,可推动数字测绘技术在复杂工程环境下的快速获取,为工程测绘提供高质量的数据支撑。

1.2 数据处理智能化与可视化

数字测绘是集大数据、人工智能和GIS为一体的技术。利用专用软件自动整理、清理、分析和建模,

在不需要大量手工计算和绘图的情况下,快速生成数字地形图和三维模型。同时,借助可视化技术,将抽象的空间数据转换成可视化的图形、图像或三维场景,将地形地貌特征、工程构造关系等信息清晰地展现出来,帮助工程师更好地理解数据的内涵。这种智能可视化的特点,既可以简化数据处理过程,又可以提高数据解释的效率,为工程决策提供直观的科学依据。

1.3 数据传输实时化与共享化

数字测绘技术是以网络通信为基础,实现实时、共享的数据传输。该方法突破了传统测绘数据传输延迟和难以共享的局限,可实现对测绘数据的实时传输。项目设计、施工、监理等各参与方可实时获取最新测绘数据,并进行实时协作,避免因信息不对称引起的设计偏差、施工返工等问题。在此基础上,构建统一的数据共享平台,实现对测绘数据的统一管理、查询和重用,提高数据资源的利用率,促进项目各个环节之间的有效协作,促进工程测量的集成和协作。

1.4 应用场景多元化与动态化

数字测绘技术具有适应性强、适用范围广的特点。从传统的道路、桥梁、建筑,到大型、复杂的轨道交通、水利工程、智慧城市等,数字化测绘可以为用户提供精确的测绘服务^[2]。在此基础上,利用数字测绘技术,实现对工程建设过程中地形变化、结构变形、地质灾害隐患等的实时跟踪监测,并对动态数据进行实时反馈,为施工安全和质量控制提供动态支持。这种多元动态的特点,使数字测绘可以深入整个项目的生命周期中,为项目建设的各个环节提供持续可靠的测绘保障。

2 数字化测绘技术在工程测量中的具体运用

2.1 工程勘察阶段的运用

在地形地貌的数字化测绘中，利用全球卫星导航系统（GNSS）和无人机航测技术，实现对地面控制点的精确定位。无人机航测利用高清相机、激光雷达等设备，实现区域地形影像和高程的快速获取，经过专业软件处理，生成 DEM、DOM 等数字化成果，充分展现地形起伏、地面附着物分布等信息，比传统全站仪测绘范围和效率有很大提高。

针对地质灾害隐患点的精确探测，将地质雷达、高密度电法等数字探测技术和测绘技术相结合，利用高频电磁波探测地下地质构造，精确识别断层、溶洞、地下水等隐患点的位置和规模^[3]。利用高密度电法测量地下介质的电阻率分布，判断岩土体的含水量、密实度等物性参数，结合 GNSS 定位技术，实现隐患点的精确定位，形成地质灾害隐患地图，为隐患风险评价和防控方案的制定提供精确的数据支撑。

在勘测数据可视化处理和分析环节，利用地理信息系统（GIS）技术，融合地形地貌、地质探测、钻孔等多源信息，建立三维地质模型，直观地反映地层分布、地质构造等复杂信息。在 GIS 空间分析功能的支持下，对勘测资料进行叠合分析、缓冲区分析、坡度坡向分析等，快速判定工程场地的适宜性，识别潜在的地质风险，为项目选址、总平面布置等设计决策提供数据支持，保证勘察成果的科学性和实用性。

2.2 工程设计阶段的运用

在数字地形图的绘制和设计底图的制作上，利用 GNSS 数据、无人机航测数据等，在 AutoCAD、Civil3D 等专业设计软件的基础上，绘制出了高精度的数字地形图。地形图包括地形、地物、控制点等细节，并且还具有分层管理、属性编辑等多种功能，设计者可以按照自己的需要，对相关信息进行快速的查询和修改，比起传统的纸质地图，它的使用更加方便和高效^[4]。同时，结合工程设计需求，对数字化地形图做有针对性的处理，标注设计需要的地形参数和地质情况等信息，制作专属的设计底图，为以后的总平面设计、竖向设计等提供精确的基础载体。

在三维建模和设计方案仿真验证方面，采用 BIM 技术结合数字测绘数据，将地形地貌、结构、管线等要素融合到模型中，构建三维空间模型。设计者可以通过三维模型直观地观察设计方案与周围环境的适配性，模拟结构的空间布局和高度等，及时发现设计冲

突和不合理性。以住宅小区设计为例，利用三维模型模拟建筑立面布局对日照的影响，优化单元间距和朝向。在道路工程设计中，通过模拟路线走向与地形的匹配程度，对纵断面进行优化设计，降低工程量，减少对环境的破坏。

在多方案比选的基础上，利用 GIS 的空间分析功能，定量分析不同方案的地形适应性、工程量、环境影响。将设计方案和地形资料进行叠加，计算出各方案所需的土方和填方量，并进行工程造价比较，分析该工程对周边生态环境和地质条件的影响，并对该工程的环境可行性进行评价，综合交通流量和服务范围等资料，对该方案的使用功能合理性进行了分析。在此基础上，设计人员可对各种方案进行科学比较，从中选出最佳方案，以保证工程设计在满足功能要求的同时兼顾经济和环保。

2.3 工程施工阶段的运用

在施工放样环节，采用 GNSS-RTK、全站仪免锥测量等数字化放样方法，大大提高了施工效率和精度。在施工前，先把设计方案中的轴线、高程和构筑物的位置等资料输入 GNSS 接收机或全站仪，然后利用卫星接收信号或者激光测距技术，精确定位样点的位置，并进行标记^[5]。针对大型或复杂结构物，利用三维激光扫描技术实现空间坐标信息的快速获取，保证构件安装位置的精确性，如桥梁工程，采用 GNSS-RTK 对桥墩、台背地基进行精确定位，采用三维激光扫描技术实现钢箱梁的安装定位，保证结构安装精度。

在施工过程的动态监测方面，建立以沉降、位移和变形为主要指标的数字监测系统。利用 GNSS 自动监测站、倾斜仪、应变计等自动化监测设备，实时获取监测数据，并通过无线网络传输到监测平台上，监测平台能实时处理和分析数据，当监测数据超出预定阈值时，会发出警报，提醒施工人员及时采取防治措施。针对高风险区域（如深基坑、高边坡等），结合三维激光扫描技术，对边坡（基坑）进行变形监测，绘制变形趋势图，分析其变形规律，预测潜在风险，保证施工安全。

通过对施工放样数据、动态监测数据和施工日志等信息的集成，构建施工进度和质量的数字化管理平台。利用平台对施工进度进行实时监控，对计划和实际进度之间的差异进行比较，并对偏差产生的原因进行分析，对施工方案进行调整；融合施工质量检测数据和数字测绘数据，如混凝土浇筑厚度、构件尺寸等，在三维模型上标注质量数据，直观地检查质量满足设

计要求，精确定位不合格点并修正。同时，通过无人机航拍技术，定期对施工现场进行航拍，生成施工进度影像数据，将不同时段的航拍成果进行对比，将施工进度直观地展现出来，为施工管控提供可视化支持，提高施工管理的准确性和高效性。

2.4 工程竣工与运维阶段的运用

在竣工测绘和数字档案建设中，利用三维激光扫描、GNSS等技术，对竣工后的结构、管线、场地等进行综合测量，获得精确的竣工数据。用专业软件对竣工资料和设计资料进行比对分析，形成竣工测量报告，检验工程是否按设计要求施工，标注并解释偏差的位置。在竣工测量数据的基础上，建立一个工程竣工的三维模型，通过对模型、竣工图、测量数据、质量检验报告等数据的集成，构建一个数字化的竣工档案。与传统的纸质档案相比，数字化档案具有方便的查询、存储和可追溯的优点，为以后的维护、改建和扩建提供完备的基础数据^[6]。

在结构运行期，延续施工阶段的动态监测系统，根据运营要求对监测方案进行优化。可利用长期自动化监测设备，实时监测结构的沉降、位移、振动和应力等参数，并将监测数据实时传送到运营管理平台，分析数据的发展趋势和预警，并在结构发生不正常变形或损坏时，及时预警，通知维修人员及时维修。结合无人机巡检技术，定期对工程结构物进行全面覆盖巡检，特别是高空、边远等人工难以到达的部位，采用无人机航拍获取高清图像，采用图像识别技术分析结构面有无裂缝、锈蚀等病害，精确定位病害部位和程度，为维护和维修提供精确依据，延长工程使用寿命。

在地理信息系统的基础上，采用基于地理信息系统的项目资产管理系统。在该系统中，对工程资产进行分类管理，对资产的位置、型号、安装时间、维修记录等信息进行标注，使运维人员能够迅速地了解资产的相关信息，并制定出有针对性的维修方案。利用地理信息系统的空间分析功能，对资产分布及周边环境进行分析，从而优化资产维修路径，提高维修效率，结合资产监测数据，对资产的运行状况进行评估，并对资产的使用寿命进行预测，为资产的更新和报废提供决策支持。

3 数字化测绘技术实践效果分析

某城市轨道交通10号线全长28 km，沿线地形复杂，包括城市核心区、郊区农田和山体等，存在断层、溶洞等地质隐患，建设难度较大。项目采用数字测绘

技术，对整个项目进行全过程精确测量和有效控制。在工程勘测阶段，利用卫星定位技术，结合无人机航测，对沿线28 km范围内的地形地貌进行快速测绘，并生成高程模型和正射影像。利用地质雷达和高密度电法，对3个断层、7个溶洞等地质灾害隐患点进行精确探测，利用地理信息系统技术，建立三维地质模型，为线路布设提供科学依据。在设计阶段，以数字化测绘数据为基础，建立BIM三维模型，对线路走向、车站结构、管线迁移等设计方案进行仿真验证，通过多方案空间数据分析，对3条线路进行优化，减少土方开挖12万m³，节约工程造价8 000多万元。在施工阶段，利用GNSS-RTK技术，精确定位轴线和高程，误差小于3 mm。建立数字化施工监控平台，集成无人机航测进度影像和自动化监测数据，对施工进度和结构变形进行实时监测，对两次深基坑边坡小位移进行预警，及时采取加固措施，避免了安全事故的发生。项目完成后，利用3D激光扫描完成竣工测量，构建数字化竣工档案，构建基于GIS的运营管理平台，实现对轨道线路、站点结构、机电设备等资产的精细化管理，结合结构长期健康监测数据，实现对运营维护的精确支撑。

4 结束语

数字测绘将工程测绘由“后台辅助”推进到“价值中心”，其意义不仅在于提高测绘的精度和效率，还可以为基础设施的整个生命周期植入可追踪、可计算、可预测的数字化基因。未来，随着星群、激光雷达和人工智能等的低成本应用，建筑施工过程中将“隐形”测量，并形成与“材料、设备、能源”并列的“第四要素”，持续推进建筑业向安全、绿色、智能的方向发展。

参考文献：

- [1] 杨杰.工程测量中GIS技术和数字化测绘技术的应用[J].中国信息界,2024(07):35-37.
- [2] 胡南.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),2024(29):184-186.
- [3] 秦磊.数字化测绘技术在地质工程测量中的应用[J].石化技术,2024,31(08):150-152.
- [4] 田鑫雨.现代数字化测绘新技术及其在工程测量中的应用[J].现代农村科技,2023(11):120-121.
- [5] 杨李.数字化测绘技术在水利工程测量中的应用研究[J].河南水利与南水北调,2023,52(09):98-99.
- [6] 游进跃.数字化测绘技术在地质工程测量中的应用[J].智能建筑与智慧城市,2023(08):107-109.