

## 工程测量在智慧城市基础设施建设中的应用探索

哈那提·巴哈提

博州自然资源勘测规划院, 新疆 博乐 833400

**[摘要]**工程测量是智慧城市建设的“数据基台”,“空间基石”。文章全面梳理了工程测量在智慧城市基础设施中发挥的基础性作用,重点介绍了工程测量应用于城市道路桥梁、地下管线、轨道交通、建筑工程、智慧水务、城市更新六大领域中的技术和方法的应用情况以及存在的问题——数据标准缺失严重、人才结构不合理、特殊环境下的精确测量困难等,并提出了建立“空天地”联合立体化监测、制定统一的数据标准、推进智能化装备革新、培养复合型人才等解决方案,希望对如何让工程测量助力智慧城市建设起到一定的借鉴作用。

**[关键词]**工程测量;智慧城市;基础设施;北斗定位;三维激光扫描

DOI: 10.64635/ja.2026.1111

中图分类号: TB22

文献标识码: A

### Exploration of the Application of Engineering Surveying in Smart City Infrastructure Construction

Hanati Bahati

Bozhou Natural Resources Survey and Planning Institute, Bole 833400, Xinjiang, China

**Abstract:** Engineering surveying serves as the “data foundation” and “spatial cornerstone” of smart city construction. This paper comprehensively reviews the fundamental role of engineering surveying in smart city infrastructure development, with a focus on its application technologies and methods in six major fields: urban roads and bridges, underground pipelines, rail transit, building engineering, smart water services, and urban renewal. It also analyzes the main problems currently existing in practice, including the serious lack of unified data standards, an irrational talent structure, and difficulties in achieving precise measurement under special environmental conditions. In response, the paper proposes solutions such as establishing an integrated three-dimensional monitoring system based on coordinated space-air-ground observation, formulating unified data standards, promoting innovation in intelligent equipment, and cultivating interdisciplinary professionals. It is hoped that this study can provide useful reference for enabling engineering surveying to better support smart city construction.

**Keywords:** engineering surveying; smart city; infrastructure; BeiDou positioning; 3D laser scanning

### 引言

智慧城市的核心是以数据赋能城市的管理模式发生翻天覆地的变化,高精度的空间数据就是支撑起整个智慧城市运转的血液。而工程测量是一门用来收集、整理、分析以及管理空间信息的基本学科,它的发展程度是直接影响了对于城市的基础设施进行数字化的程度。无论是对于道路桥梁的安全检测,还是地下管线的精确查找,亦或是地铁轨行区的毫米级测量,亦或者是城市更新前现状的测量等等,都在利用北斗导航、无人机激光雷达、三维激光扫描等等新技术,全方位地参与到智慧城市基础设施建设过程中来。现如今中国正处于由高速增长向高质量增长转变的关键时期,低空经济以及城市管理和数字化建造以及精密的测绘与城市建设,以及 BIM 及数字孪生等新兴的技

术、业态都将成为建筑行业升级发展的有力助推器,但在实际运用过程中还存在着很多困难问题。本文以工程测量应用于智慧城市基础设施为例,在此基础上对整个技术框架进行总结并分析存在的问题进而找出解决对策。

### 1 工程测量在智慧城市建设中的作用

工程测量是智慧城市的灵魂性角色,在智慧城市建设中承担着“定基准、测动态、建底座”的重要作用。一方面,它给智慧城市的建设提供了一个统一的空间坐标系与参照体系;另一方面,北斗卫星导航系统广泛应用使测绘基准高精度统一,为跨区域数据整合提供了条件,利用北斗高精定位技术、三维扫描重建技术和多传感器监测技术可以做到高频次、自动化的对建筑体下沉、倾斜、移动等一系列指标的数据获取并通过无线方式传输到监控中心

来随时了解基础设施的状态信息。其次,工程测量支持着城市基础设施实时监测及安全保障工作,结合时序 InSAR、地面激光扫描等手段,可做到城市道路沉降、桥梁变形、建筑倾斜等安全隐患的毫米级感知;而工程测量给数字孪生城市的建造奠定高精度的三维基础数据,实景三维模型是城市信息模型的重要载体,必须依赖于倾斜摄影、激光雷达、移动测量等方法进行大量点云和影像的获取,进而将物理世界进行真实还原的呈现到城市的虚拟空间之中。

## 2 工程测量在智慧城市基础设施建设中的具体应用

### 2.1 城市道路与桥梁工程测量应用

城市道路和桥梁作为智慧城市的交通骨架,在智慧城市建设中的测量环节包括设计规划、施工放样以及后期的健康监测和日常维护巡查,而道路测量工作也包含了从设计规划到施测再到最后的检测保养等全过程,传统的道路测量主要依靠人工使用各种测量工具进行测量,耗时较长且容易出错,而车载移动测量系统则可以沿道路快速获取高密度的三维点云及高清图片,大大提高传统人工测量的工作效率。盐城市公路事业发展中心运用车载激光扫平技术和倾斜摄影等技术手段对道路、桥梁、安全标识牌乃至周边监控设施进行高精度三维重建,已对市域内 21 条普通国省道进行公路基础设施三维数字化测绘建模,实现了公路设施全方位、高精度的数字化再现,从而实现由传统纸质图纸上查看道路变为真实立体式查看道路的目的。对于桥梁检测来说,三维激光扫描技术以无接触、快速的方式进行采集,则可以及时地生成墩柱的完整“数字孪生”。

### 2.2 地下管网与综合管廊测量应用

地下管网称为城市的“生命线”,而工程测量技术的发展正在促进地下管网逐步由“盲管”向“透明化”转变。“十四五”期间,国家发改委规划我国将新建改建地下管网超过 70 万公里,投资额将达到 5 万亿以上,把管网改造成基础设施建设的重点任务之一来抓,在对地下管线进行探测时可以采用电磁波感应法和地质雷达相结合的方法全面了解管线的空间分布情况、走向、深度、规格等信息<sup>[1]</sup>。南方测绘推出的觅境 ME 测量系统集成了 RTK,激光 SLAM,视觉 SLAM 以及组合导航、机器视觉等多种新技术为一体,摆脱了传统测绘对卫星信号的依赖,能够满足地下隧道、楼宇内部以及城市峡谷等各种复杂地形下的测绘需求,在无卫星信号环境下也能达到厘米级别的定

位精度大大提高地下管网施工的速度及安全性。

### 2.3 城市轨道交通工程测量应用

地铁施工测量要求非常高的精度,无论是盾构机掘进的方向控制、还是运营期间对隧道结构监控都要靠高精度的测量进行支持,在施工过程中,使用北斗高精度定位技术提高测量的精准性。在成都地铁项目首次使用了北斗卫星定位系统为成都地铁工程项目提供厘米级高精度的位置信息,自工程建设第一根桩打入地基时就把所有的坐标点锁定住,从源头保证误差不会累积;这个停车场占地面积达到 370 多亩,包含 21 座建筑单元,从放线开始到钢结构安装等各个环节都对空间坐标有着精确的要求。针对隧道内的情况,在测量方面三维激光扫描仪可以快速得到隧道横截面完整的点云数据并同 BIM 模型进行比较分析从而准确发现隧道的变化情况。同时施工过程中也首次尝试使用了“无人机+AI”的智能巡检方法,将无人机航拍飞行、AI 隐患探测、即时构建以及报警联动有机结合在一起。

### 2.4 建筑工程与城市综合体测量应用

建设工程测量在智慧城市发展的推动下再次焕发生机,在施工期间,测量机器人配合 BIM 模型实现放样及验收的智能化,大幅提高工程质量及进度;南方测绘研发的测量机器人与 GNSS 联合工作模式能够一人独立完成测量、放样等工作,基于北斗高精度定位和多种传感器组合应用实现精确施工,大大提高工程进度;在基坑监测以及主体沉降检测方面,自动化的监控设备可以随时获取建筑物位移信息并将之传送到远程服务器上,随时发送警报;在竣工环节,三维激光扫描仪可以对建筑进行全面信息逆向建模形成一个与设计 BIM 模型相比较的“竣工实景模型”。

### 2.5 智慧水务与排水系统测量应用

水务系统属于智慧城市的组成部分中的一项,工程测量技术对于河道治理以及排水管网监控以及内涝警戒起着重要的支撑作用,在水系测量的时候无人船装载有测深仪和声呐,可以快速的得到河道的水底地貌以及淤泥堆积情况等信息,在市政管道的应用场景中无人船安装有 AI 智能识别相机还有侧扫声呐,可以对河道两旁进行彻底细致的扫描,出详细清晰的反馈图,适合用来寻找隐藏在水下的一些暗管或者其他的风险隐患点,大大提高找寻隐蔽问题的能力<sup>[2]</sup>。而在水质检测环节中无人船内置高效的水质传感器,可以按设定好的行驶轨迹完成对水质水样的采集及多项指标的同时检测等工作。水利部已经提出要加快推进“空天地水工”全时域智能化监控系统的建设,采用

卫星、探地雷达、无人机、无人船及水下机器人等多种方式进行隐患排查和智能巡查。

### 2.6 城市更新与既有设施改造测量应用

伴随着我国城市建设由规模扩张向质量提升转变的过程中，城市更新成为城市建设发展的主要内容，自2019年中央部署开展城市更新工作以来，全国已累计启动改造城镇老旧小区约28万个，涉及1.2亿户居民受益。针对城市更新前期三维建模的需求，三维激光扫描技术可以及时高效的采集到旧建筑、老街区的准确三维点云信息并构建出高分辨率现状模型。南方测绘以觅境ME测量系统、

SPL-1500 国产架站式三维激光扫描仪为代表的国产智能化测绘仪器设备为基础，为城市既有建筑改造、基础设施更新、生态保护及文物保护提供精准测绘服务。针对原有建筑改造过程中，BIM+GIS 集成技术作为方案选择和施工仿真的直观判断依据，通过对三维激光扫描仪所获取到的石材切割大小、损坏情况、渗漏状况等一系列数据进行处理，从而立体地再现出了建筑物当前状态，在一定程度上弥补了传统图纸与实际情况相脱节的问题；在后续运维环节中，数字化测绘信息实时导入到城市CIM系统中去，是构建虚拟孪生城市的不可或缺的一环。

表1 工程测量在智慧城市基础设施各领域的应用概况

应用领域	主要测量内容	关键技术手段	典型应用效果
城市道路与桥梁	道路线形、平整度、桥梁变形	车载激光扫描、三维激光扫描	全路段三维数字化采集建模
地下管网与综合管廊	管线走向、埋深、管廊结构	电磁感应法、SLAM融合测量	无卫星信号厘米级精准定位
城市轨道交通	隧道断面、轨道几何、盾构导向	北斗高精度定位、无人机+AI巡检	源头杜绝误差累积
建筑工程与城市综合体	基坑监测、主体沉降、立面测绘	测量机器人、BIM+GNSS协同	单人高效完成精准施工
智慧水务与排水系统	河道地形、排水管网、水位流量	无人船声呐、AI智能识别	提升隐蔽问题发现能力
城市更新与既有设施改造	现状地形、建筑立面、管线调查	三维激光扫描、BIM+GIS融合	解决图纸与现状不符难题

### 3 工程测量在应用过程中存在的问题

虽然工程测量为智慧城市建设做出了很大的贡献，但是在具体的实施过程中依然存在着一些困难。一方面是数据标准不一致以及无法共享问题，在各个部门之间、不同公司之间进行的测量工作所使用到的数据类型以及坐标方式还有精度等方面都存在差异，使得不同系统的数据不能够相互间进行整合使用，存在信息壁垒的问题，并且地下的管道之类的隐蔽工程的数据更新机制也不完善。另一方面是跨部门协作不到位，智慧城市的基础设施涉及到规划、建设、交通、水务、市政等多个不同的部门，每个部门都有自己的测量信息系统，而工程测量的结果在建设完成后交付给运营管理的时候会出现“数据断裂”的情况，建设管理相分离的现象比较严重。三是复合型人才匮乏问题越发突出，在职测绘技术人员面临着巨大的学习新知识、掌握新技术的压力，高等院校测绘地理信息类课程设置与行业发展需求有一定差距；在人口稠密的市区范围内，高楼大厦密集分布，信号容易受阻挡或者反射造成信号丢失、多路径效应等现象的发生使得精度陡然降低<sup>[3]</sup>，另外一些特殊的测量任务仍旧存在技术短板，在诸如地下洞室、矿井等不能接收到GNSS的环境中进行精确定位依然是目前测图工作的难点，而高端仪器价格昂贵，保养维修难度大的问题也限制了对先进技术应用程度的加深及范围扩大。

### 4 工程测量赋能智慧城市基础设施建设的优化策略

对以上问题需要从技术体系、标准规范、人才建设及体制机制等多个方面进行系统的推进以扩大工程测量赋能智慧城市基础设施建设的广度与深度。打造“空天地”全方位监测体系是提高测量效率的关键途径要促进卫星InSAR、无人机航摄、地面传感器网以及移动测量系统的综合应用。中建路桥漯河水厂项目利用无人机方阵及数字孪生等新技术形成“空天地”一体化智能测绘方案，在“GNSS惯导+激光扫描”的动态检测系统的基础上，借助点云数据分析使管道偏差准确地控制在±3cm以内，技术集成使测量人员减少了30%，工作效率提高到了40%，工程数字底板完整率高达98.5%。统一数据标准与接口协议是解决数据孤岛问题的重要方法，必须加快完善工程测量数据格式、坐标系统以及精度的要求方面的统一，制定出针对基础设施各阶段的数据传递制度及共享方式<sup>[4]</sup>。大力发展智能化自动化设备才是提高施工工效、摆脱对人力依赖的最佳途径。要大力推广应用测量机器人、无人船、管道机器人以及其它自动化的装备，在国内大力研发生产自动化设备，加大对它的投入力度，鼓励其应用。加强复合型人才的培养，是保证行业持续健康发展的基础。高校的测绘地理信息技术类专业应加大无人机测绘、三维激光扫描数据分析处理以及BIM+GIS融合等相关前沿技术的

学习比重,通过校企合作、定向培养的方式加快人才培养进度。建立健全全生命周期测量管理体系是保证好数字孪生基础设施长期动态更新的重要手段,应当促进工程建设

测量由“一次性工作”转变为“常态化服务”,在项目建设完成后做到“竣工就入库”,运营期间实行定期维护更新制度。

表2 工程测量赋能智慧城市基础设施建设的优化策略体系

优化策略	具体措施	预期成效
构建“空天地”一体化监测体系	融合卫星 InSAR、无人机航测、地面传感器	测绘人员减少 30%，作业效率提升 40%
统一数据标准与接口协议	制定测量数据交付规范，推动 BIM+GIS 融合	打破数据壁垒，实现跨系统共享
大力发展智能化自动化装备	推广测量机器人、无人船、管道机器人	降低人工成本，提升作业效率
加强复合型人才培养	调整高校课程体系，推进产教融合	填补高端技术人才缺口
健全全生命周期测量管理机制	建立“竣工即入库”制度和定期更新制度	保障数字底座与物理实体同步

## 5 结语

工程测量作为智慧城市的基础设施建设的“数据基座”，“空间基石”。本文全面总结了工程测量对智慧城市建设的重要意义，在道路桥梁、地下管网、轨道交通、建筑施工、智慧水务、城市建设更新六个方面对工程测量的应用进行详述，在数据标准、人才保障、特殊环境下测量、部门间协作方面存在的一些实际困难；并提出了一体化监测网络、数据标准化、智能装备提升、人才培养以及项目全生命周期管理等方面的改进建议。研究发现，工程测量赋能让智慧城市的建设已经由试验探索向深入实践迈进，下一步的重点是如何做到技术集成互通、数据互联、政策协同的一体化跨越。在北斗大规模推广以及实景三维中国建设等国家战略的指引之下，并结合新一代人工智能的发展趋势。工程测量必将更好的为智慧城市基础设施的精细

化管控及提高城市的安全韧性作出贡献。

## [参考文献]

- [1]李红,李连成.工程测量在智慧城市建设中的角色[J].城市建设,2025(27):53-55.
- [2]张惠娟.智慧城市中的工程测量作用[J].城市建设理论研究(电子版),2024(05):217-219.
- [3]徐静.测绘地理信息在智慧城市建设中的作用探析[J].工程建设与设计,2025(13):142-144.
- [4]视频测量自动监测助力智慧城市建设[J].中国建设信息化,2022(10):2.

作者简介：哈那提·巴哈提（1987.10—），毕业院校：新疆工业高等专科学校，所学专业：工程测量，当前单位名称：博州自然资源勘测规划院，就职单位职务：测量工程师，职称级别：中级工程师。