

智慧城市背景下工程测量技术发展趋势

李卫超

北斗数云(天津)科技有限公司 天津 300000

摘要: 随着智慧城市建设的深入推进,工程测量技术正经历着深刻的数字化转型。本文系统分析了智慧城市对工程测量技术的多元化需求,评估了传统与现代工程测量技术的发展现状,深入探讨了多源数据融合、智能化设备、云计算服务及虚拟现实等创新应用。研究表明,智慧城市背景下工程测量技术呈现出技术融合、智能化与自动化、绿色测量及服务化四大发展趋势。工程测量正在从单一的数据获取工具向城市时空信息基础设施的核心组成部分转变,其与物联网、人工智能、大数据的深度融合,将为智慧城市的规划、建设与运营提供全生命周期的时空信息支撑。

关键词: 智慧城市;工程测量技术;发展趋势

引言:智慧城市作为现代城市发展的高级形态,依托物联网、云计算、大数据等新一代信息技术,实现城市要素的全面感知、智能融合与协同优化。在这一进程中,工程测量技术扮演着基础性、先导性的角色。传统工程测量主要服务于工程建设的规划设计、施工放样与竣工验收等环节,而智慧城市对时空信息的精度、广度、粒度与时效性提出了全新要求。本文立足于智慧城市建设的时代背景,系统分析工程测量技术面临的机遇与挑战,梳理技术创新应用,研判未来发展趋势,以期工程测量行业的数字化转型提供理论参考与实践指导。

1 智慧城市对工程测量技术的需求分析

1.1 智慧城市建设的特点与要求

智慧城市建设以全面感知、互联互通与智能决策为核心特征,这给工程测量技术带来多维度新要求。精度上,自动驾驶高精地图、城市地下管网精准定位等众多应用场景,对空间数据精度要求达厘米级甚至毫米级,远超传统测绘标准。广度方面,要覆盖全域空间信息,从地下到高层建筑、从城市中心到城乡结合部,工程测量技术需具备全空间覆盖能力。粒度上,既要有宏观城市地形地貌,又需微观到城市部件等精细信息,实现多粒度表达。时效性上,智慧城市要求实时监测与动态更新城市运行状态,传统静态测绘模式无法满足,需构建新型动态测量服务体系。另外,测量成果要语义化、结构化,能被计算机系统自动识别调用,实现时空与业务信息深度融合。

1.2 不同城市领域对工程测量的特定需求

智慧城市多元应用场景使工程测量技术需求呈现差异化。城市规划领域,三维实景与城市信息模型是规划决策基础,需高精度、高真实感城市空间数据支持三维管控与方案比选。交通领域,智慧交通依赖高精度道

路几何、交通设施位置及实时路况数据,车路协同与自动驾驶更需专用高精地图。市政管理领域,地下管线普查与动态更新关乎城市安全,要综合运用多种技术获取管线精确信息。建筑领域,建筑信息模型向运维管理延伸,需激光扫描等技术实现竣工模型与实物精准校核。环境监测领域,城市热岛效应等需遥感与地面监测网络协同观测。公共安全领域,地质灾害监测等需高精度数字高程模型与变形监测数据,推动工程测量技术创新^[1]。

2 现有工程测量技术现状评估

2.1 传统工程测量技术回顾

传统工程测量技术历经从光学到光电、模拟到数字化的演进。早期,光学经纬仪、水准仪是主要工具,依赖人工观测与记录,作业效率低且精度易受人为影响。二十世纪后期,全站仪实现角度与距离自动化测量,电子记录和数据传输提升了效率。全球定位系统引入后,控制测量发生革命性变化,实时动态差分技术实现厘米级定位,简化了测量控制网布设。数字摄影测量技术成熟,使地形图测绘从野外转向室内,提升了作业安全性。但传统技术局限明显:数据获取点状离散,难实现面状连续覆盖;作业模式静态,难满足动态监测需求;成果表达二维,难承载丰富空间信息;信息共享依赖图纸文件,难融入数字化系统。这些局限使其难以适应智慧城市对时空信息全息化、实时化、智能化的需求。

2.2 现代工程测量技术发展现状

近年来,现代工程测量技术快速发展。数据获取上,三维激光扫描实现单点到面状连续扫描跨越,每秒获数百万三维坐标点,形成高密度点云,精细表达目标形态。无人机航测机动灵活、成本低,广泛用于地形测绘、土方计算、矿山监测等,倾斜摄影可生成真三维模型。车载移动测量系统集成多种设备,高效采集道路

及沿线设施。数据处理方面,点云自动分类、建模算法优化,人工智能目标识别与提取技术成熟,提升处理效率。成果表达上,实景三维模型、建筑信息模型等普及,实现二维到三维跨越^[2]。但现代技术也面临挑战:多源异构数据融合标准不统一;海量数据存储、处理与渲染对计算资源要求高;数据安全和隐私保护问题突出;专业人才储备不足制约技术推广。解决这些问题将推动技术迈向更高水平。

3 智慧城市背景下工程测量技术的创新应用

3.1 多源数据融合技术

多源数据融合是智慧城市背景下工程测量技术的重要创新方向。城市空间信息的获取渠道日益多元,包括卫星遥感、航空摄影、无人机航测、地面激光扫描、移动测量系统、物联网传感器等,不同数据源在精度、尺度、时效性、光谱特性等方面各具优势。多源数据融合技术的核心在于建立统一的时空基准,通过坐标转换与时间同步,实现不同来源数据的精准对齐。在数据层面,通过点云配准算法实现不同站点、不同平台点云数据的自动拼接;通过影像与点云融合,赋予点云真实的色彩与纹理信息。在特征层面,融合多光谱影像的光谱信息与激光雷达的高程信息,提升地物分类的准确性;融合倾斜摄影的纹理信息与地面扫描的精细结构,构建高保真三维模型。在决策层面,融合多期监测数据识别城市变化,融合不同传感器数据验证事件真实性。多源数据融合技术实现了优势互补,形成了从天上到地下、从室外到室内、从宏观到微观的全空间信息获取能力,为智慧城市提供了完整、一致、可靠的时空数据基础。

3.2 智能化测量设备与系统

智能化测量设备与系统的创新应用正在重塑工程测量的作业模式。在设备层面,测量机器人集成了自动目标识别与照准功能,可实现无人值守的自动化监测;无人机搭载实时动态定位模块,实现了无像控点的直接地理定位;手持式激光扫描仪采用即时定位与地图构建技术,可在无全球导航卫星系统信号的室内环境实时建模;智能全站仪配备安卓操作系统,可直接安装测量软件实现数据现场处理。在系统层面,自动化监测系统集成了传感器、数据采集、传输与预警功能,广泛应用于桥梁、隧道、边坡的安全监测;无人机自主飞行巡检系统可根据预设航线自动完成数据采集任务;移动测量系统配备实时点云显示与质量检查功能,确保外业采集的可靠性。人工智能技术的引入进一步提升设备的智能化水平:基于深度学习的视觉识别技术可自动识别目标特征点;智能算法可优化测量路径与观测计划;异常数据

可被自动检测与标记^[3]。智能化设备与系统大幅降低对作业人员专业技能的依赖,提升了作业效率与成果质量,为大规模、常态化城市空间信息采集提供技术支撑。

3.3 基于云计算和大数据的工程测量服务

云计算与大数据技术正在推动工程测量从单机作业向云端服务转型。在数据存储方面,云存储平台为海量测量数据提供了弹性可扩展的存储空间,解决了本地存储容量有限、数据备份困难的问题。在数据处理方面,云计算平台通过分布式计算架构,将大规模三维重建、点云处理任务分解并行执行,大幅缩短处理周期,使过去需要数周完成的任务缩短至数小时。在数据共享方面,云服务平台通过标准化应用程序编程接口,实现测量成果的在线发布与按需调用,城市规划、交通管理、应急指挥等业务系统可直接接入时空数据服务,避免了重复采集与数据孤岛。在算法模型方面,云端部署了丰富的测量数据处理算法库,用户无需安装专业软件即可完成复杂的数据处理任务。大数据分析技术则赋予测量数据更深层的应用价值:通过分析历史监测数据,可识别城市沉降规律与变形趋势;通过挖掘多期影像数据,可发现城市违建与变化图斑;通过融合社会统计数据与空间数据,可支持城市公共服务设施的优化布局。基于云计算与大数据的工程测量服务,正在实现从“卖数据”向“卖服务”的商业模式转变。

3.4 虚拟现实与增强现实技术在工程测量中的应用

虚拟现实与增强现实技术为工程测量成果的可视化表达与沉浸式体验开辟了新途径。在规划设计阶段,基于实景三维模型与建筑信息模型构建的虚拟现实场景,使设计师能够身临其境地评估设计方案与周边环境的协调性,发现二维图纸难以察觉的空间冲突。在施工阶段,增强现实技术可将建筑信息模型信息叠加到施工现场,指导构件安装与管线敷设,提升施工精度与效率;施工人员通过移动设备扫描现场,即可查看隐蔽管线、构件参数等增强信息。在竣工验收阶段,虚拟现实技术可实现对竣工模型与设计模型的沉浸式对比检查,直观呈现偏差与问题。在运维管理阶段,管理人员可穿戴增强现实设备,在实地查看设备时同步调取其运维历史、技术参数等信息。在公众参与方面,虚拟现实技术使非专业人员能够直观理解规划方案与工程影响,提升公众参与的有效性。在城市宣传方面,基于实景三维的虚拟城市漫游成为展示城市形象的新载体。虚拟现实与增强现实技术将抽象的测量数据转化为直观的空间体验,打通了专业测量与大众认知之间的鸿沟,拓展了工程测量成果的应用场景与社会价值。

4 智慧城市背景下工程测量技术的发展趋势预测

4.1 技术融合趋势

技术融合是智慧城市下工程测量发展的首要趋势，体现为测量技术与其他信息技术深度交叉渗透。测量与物联网融合，让测量传感器成为城市感知网络节点，实现从静态测绘到动态监测、定期采集到在线实时的转变。与人工智能融合，借助深度学习算法，可自动解译遥感影像、分类点云数据、检测变化图斑，替代传统人工操作。与5G通信融合，利用高速率、低时延网络，能实时回传海量测量数据并云端处理，支撑远程操控测量设备。与建筑信息模型融合，形成全生命周期信息传递链，实现实体与数字模型精准映射。与地理信息系统融合，使测量成果变为动态时空数据服务，融入城市信息管理平台。技术融合模糊了边界，催生诸多交叉创新应用场景与服务模式^[4]。

4.2 智能化与自动化趋势

智能化与自动化是智慧城市下工程测量发展的核心趋势，贯穿数据全流程。数据采集时，无人机自主规划航线与避障、测量机器人自动完成变形监测、无人驾驶移动测量平台夜间自动采集道路数据，无需人工干预。数据处理中，智能算法能自动识别噪声点、分类地物、构建模型、检测变化区域，从劳动密集型向技术密集型转变。质量控制环节，系统自动检测数据缺陷并提示补测。成果应用时，智能工具可按需提取信息、生成定制化成果。此趋势能解放人力，推动行业升级，但也对数据安全等提出新挑战，需行业共同应对。

4.3 绿色测量趋势

绿色测量是智慧城市下工程测量发展的新兴趋势，彰显行业对可持续发展的担当。其内涵丰富，能源消耗上，发展低功耗设备与节能传感器，优化无人机航线，采用新能源装备，降低碳足迹。材料消耗方面，推广无接触测量技术，用电子记录替代纸质，实现无纸化作业。环境影响上，优化作业时间频次，采用低噪音设备，合理规划飞行区域。资源利用上，推动成果共建共享，避免重复采集，建立数据资产化管理体系。生态保

护上，用遥感技术替代人工进入敏感区域作业。绿色测量是技术选择与发展理念，要求行业满足需求同时降低环境影响，实现双赢。

4.4 服务化趋势

服务化是智慧城市下工程测量发展的方向性趋势，体现为从产品交付向价值交付转变。传统测量以交付图纸、报告等有形产品为主，用户需专业知识解读应用。服务化趋势下，测量单位更注重提供问题解决方案。服务内容上，从单一数据采集扩展到全链条服务，提供定制化方案。服务方式上，从一次性合作变为长期伙伴关系，建立常态化更新运维机制。服务载体上，从交付物理文件变为提供在线数据服务，用户按需调用付费。服务对象上，从服务专业人员拓展到社会公众。价值创造上，测量成果成为城市运行等重要资源。服务化趋势将重塑行业商业模式与竞争格局，推动测量单位转型发展。

结束语

智慧城市建设推动工程测量技术发展，既添动力也提要求。研究表明，工程测量正从数字化向智能化、产品化向服务化深刻转型，多源数据融合、智能化设备、云计算与大数据、虚拟现实等技术带来诸多改变。展望未来，技术融合、智能化提升、绿色理念普及、服务模式转型等趋势明显。行业应把握机遇，加强创新与人才培养，完善标准体系，推动深度融合，助力数字中国与智慧社会建设。

参考文献

- [1]秦勇智,孙晓英,董艳云,等.摄影测量与遥感在智慧城市建设中的应用研究[J].中国高新科技,2025(24):91-93.
- [2]方海涛.城市地下空间开发中的工程测量技术探究[J].建材发展导向, 2025, 23(19):100-102.
- [3]石中凯.智慧城市建设中无人机倾斜摄影测量技术的应用[J].电子元器件与信息技术,2025,9(2):121-123.
- [4]王丹,王树东,任小强,等.创新驱动的城市及工程测量发展——基于建设综合院测绘遥感七十年实践[J].工程勘察,2022,50(11):1-6.