

工程测量技术的发展现状与展望

付世峰

梅河口市不动产登记中心 吉林 梅河口 135000

摘要：工程测量技术作为工程建设的关键环节，在现代科技推动下正经历深刻变革。当前，数字化技术贯穿测量全流程，自动化测量显著提升作业效率，高精度成果为工程质量筑牢根基。展望未来，智能化技术将实现深度融合，多源数据协同挖掘价值，应用领域向新兴行业不断延伸，同时测量标准国际化进程加速，助力工程测量技术迈向更高发展阶段，为各行业工程建设提供坚实技术支持。

关键词：工程测量技术；发展现状；展望

引言

工程测量是工程规划、设计、施工与运维的关键环节，其技术水平直接影响工程质量与效益。在信息化与智能化浪潮下，工程测量技术正经历深刻变革。本文基于行业发展动态，系统梳理数字化、自动化、高精度等技术的应用现状，深入探讨智能化融合、多源数据协同、领域拓展及标准国际化等未来趋势，旨在明晰工程测量技术发展脉络，为行业技术创新与实践应用提供参考。

1 工程测量技术概述

工程测量技术作为测绘科学与技术的重要分支，通过融合现代测绘仪器设备、空间定位技术及计算机信息技术，实现对地球表面各类工程建设对象的几何形态、空间位置和运动状态的精确测定与描述。该技术以大地测量学、工程学、数学为理论基础，利用卫星导航定位系统（GNSS）、全站仪、三维激光扫描仪等设备，对地形地貌、建筑结构等进行数据采集与分析处理，将实际地理空间信息转化为可供工程设计、施工与管理使用的数字化资料。在工程建设全生命周期中，工程测量技术发挥着关键作用。项目规划设计阶段，需通过大面积地形测量获取高精度数字高程模型（DEM）与数字正射影像（DOM），为工程选址、方案比选提供基础数据支撑；施工阶段，基于控制测量建立的高精度坐标基准网，配合全站仪、水准仪等设备，实现建筑物轴线放样、高程传递与变形监测，确保工程实体严格符合设计要求；运营维护阶段，借助精密变形监测技术，对桥梁、大坝等大型结构物进行周期性位移观测与形变分析，及时发现潜在安全隐患，保障工程长期稳定运行。随着科技发展，工程测量技术正朝着智能化、集成化方向迈进。无人机航测系统凭借其高效灵活的特点，可快速获取大范围高分辨率影像数据，经空三加密与三维建模技术，生成高精度实景三维模型；车载移动测量系统

集成激光雷达、惯性导航与全景相机，能够在动态行驶过程中完成道路及周边环境的三维数据采集；基于物联网的自动化监测系统，通过布设传感器网络，实现对工程结构的实时动态监测，数据经云计算平台处理后，可自动生成分析报告与预警信息，极大提升了工程测量的效率与准确性，为现代工程建设提供了强有力的技术保障。

2 工程测量技术的发展现状

2.1 数字化技术广泛应用

工程测量领域，数字化技术已深度渗透至各环节，重塑测量作业模式与成果呈现形态。在数据采集层面，数字全站仪、三维激光扫描仪等设备凭借电子传感与计算机处理技术，可将测量目标的空间坐标、几何形态等信息实时转化为数字信号。例如在大型建筑工程中，三维激光扫描仪通过发射激光束对建筑结构进行扫描，每秒可获取数万甚至数十万个点的三维坐标数据，构建高精度的点云模型，精准反映建筑的实际形态，相较于传统测量方式，数据采集效率提升数倍且数据完整性更强。数据处理与分析环节，地理信息系统（GIS）、计算机辅助设计（CAD）等软件成为核心工具。GIS技术能够将海量测量数据进行空间化存储、管理与分析，通过建立空间数据库，实现数据的快速检索、查询和可视化表达，为工程规划与决策提供直观依据。CAD软件则可依据测量数据进行精确的二维、三维图形绘制，支持工程师对工程设计方案进行修改、优化，在桥梁工程设计中，利用CAD软件可基于测量数据对桥梁结构进行精确建模，模拟不同荷载工况下的结构受力情况，确保设计方案的合理性与安全性。数字化成果的输出与应用也极大地推动了工程建设的协同发展。测量数据以数字文件形式传递，方便各参与方共享与调用，避免因图纸传递、数据转换等过程产生的误差与延误。在城市轨道交通工程中，施工单位可依据测量获取的数字化地形、地

质数据,结合BIM(建筑信息模型)技术,进行施工进度模拟与风险分析,提前规划施工方案,实现工程建设的高效推进^[1]。

2.2 自动化测量程度提升

工程测量技术的自动化发展显著提升了测量效率与作业安全性。自动化测量系统集成传感器技术、计算机控制技术与通信技术,能够实现测量任务的自主执行与数据的自动采集、处理。例如,自动化变形监测系统广泛应用于高层建筑、大坝等大型工程结构的健康监测。该系统通过在结构关键部位安装位移传感器、应变传感器等设备,配合自动化数据采集仪与远程传输模块,可24小时不间断地自动采集结构的变形、应力等数据,并实时传输至监控中心。一旦监测数据超过预设阈值,系统将自动触发预警,为工程结构的安全运行提供可靠保障。在地形测量领域,无人机航测系统展现出强大的自动化优势。无人机搭载高分辨率相机与定位导航设备,按照预先设定的航线自动飞行并拍摄地面影像。飞行结束后,通过专业的航测软件对影像进行处理,利用空中三角测量、数字高程模型生成等算法,自动完成地形数据的提取与地形图的绘制。相较于传统人工地形测量,无人机航测在大面积地形测绘中效率大幅提升,尤其在地形复杂、人员难以到达的区域,能够快速获取高精度地形数据,有效降低测量人员的劳动强度与作业风险。自动化全站仪在工程放样与施工测量中发挥着关键作用。该仪器具备自动照准、自动测量、自动记录功能,通过与计算机控制系统相连,可根据设计坐标自动计算放样数据,并引导仪器完成目标点的放样工作。在道路施工测量中,自动化全站仪能够快速、准确地放样道路中心线、边线及高程控制点,减少人工操作误差,提高施工测量的精度与效率,确保道路施工符合设计要求。

2.3 高精度测量成果保障

现代工程测量技术在追求高精度成果方面不断取得突破,为各类复杂工程建设提供可靠的数据支撑。卫星导航定位技术的发展是实现高精度测量的重要基石。全球卫星导航系统(GNSS),如北斗卫星导航系统、GPS等,通过接收多颗卫星信号进行定位解算,可实现厘米级甚至毫米级的定位精度。在大型桥梁工程的建设中,GNSS技术被用于桥墩的精确放样与变形监测,通过在桥墩顶部安装高精度GNSS接收机,实时获取桥墩的三维坐标变化,及时掌握桥墩的变形情况,保障桥梁结构的稳定性与安全性。惯性导航技术与卫星导航定位技术的融合进一步提升了测量精度与可靠性。惯性导航系统(INS)通过陀螺仪和加速度计测量载体的角速度和加速

度,经过积分运算可推算出载体的位置、速度和姿态信息。当卫星信号受到遮挡或干扰时,惯性导航系统能够提供连续的导航信息,与卫星导航系统形成互补。在隧道工程测量中,INS与GNSS的组合系统可有效解决隧道内卫星信号弱的问题,实现隧道掘进方向的精确控制,确保隧道两端准确贯通,将贯通误差控制在极小范围内。高精度测量仪器的研发与应用也为测量成果质量提供了坚实保障。新型的超站仪集成了全站仪与GNSS接收机的功能,具备高精度的角度测量、距离测量和卫星定位能力,可在复杂环境下快速获取测量数据,并通过内置的数据处理软件进行实时平差计算,提高测量结果的准确性。在精密工程测量领域,如光刻机基础平台的安装测量、大型粒子加速器的建设测量等,对测量精度要求极高,这些高精度测量仪器的应用能够满足工程建设对毫米级甚至亚毫米级测量精度的需求,确保工程建设的高质量完成^[2]。

3 工程测量技术的未来展望

3.1 智能化技术深度融合

(1)人工智能与机器学习算法的深度渗透,将重塑工程测量的数据处理范式。传统测量中需人工干预的复杂计算与分析,如地形模型构建、变形监测预警等,将逐步由智能算法自主完成。例如,基于深度学习的图像识别技术,可对海量无人机航测影像进行自动化特征提取,精准识别地物边界与高程变化,相比人工解译效率提升数十倍,且能有效避免人为误差。(2)机器人技术的集成应用,使测量作业突破人力与环境限制。智能测量机器人搭载激光雷达、视觉传感器等设备,可在高海拔、地下空间、有毒有害等危险区域自主执行任务。在隧道施工中,机器人能够自动完成断面扫描与收敛监测,实时生成三维模型,为施工进度与安全控制提供数据支撑。(3)物联网技术构建的智能感知网络,实现测量数据的实时采集与动态分析。数以万计的传感器节点嵌入桥梁、大坝等结构物,持续感知应力、位移等物理量变化,通过边缘计算与云计算协同处理,构建起全生命周期的健康监测系统,大幅提升重大工程的安全性与可靠性。

3.2 多源数据融合发展

(1)卫星遥感、航空摄影与地面三维激光扫描等技术的协同应用,打破单一数据源的局限性。卫星遥感提供大范围、周期性的宏观地理信息,航空摄影获取高分辨率影像,地面激光扫描则针对关键区域采集高精度点云数据,三者融合后可生成覆盖全域、细节丰富的三维地理信息模型。在城市更新项目中,这种多源数据融合

模型能够精准识别建筑结构、管线布局，为改造方案设计提供完整的数据基础。（2）惯性导航、全球卫星导航系统（GNSS）与视觉定位技术的融合，显著提升移动测量的精度与稳定性。车载移动测量系统集成多种传感器，在行驶过程中同步采集道路几何参数、路侧设施信息与影像数据，通过多传感器数据融合算法，实现厘米级定位与高精度建模，广泛应用于交通基础设施数字化建设。（3）新兴传感器技术与传统测量手段的结合，催生更丰富的测量维度。例如，探地雷达与激光雷达的协同作业，既能获取地表地形信息，又能穿透地下探测管线、空洞等目标体，在地质灾害调查与地下空间开发中发挥重要作用，推动工程测量向立体化、精细化方向发展^[3]。

3.3 应用领域持续拓展

（1）在智慧城市建设中，工程测量技术成为数字孪生城市构建的核心支撑。通过高精度三维建模与动态数据采集，将城市建筑、交通、管网等要素映射至虚拟空间，实现城市运行状态的实时模拟与智能决策。例如，利用倾斜摄影测量技术构建的城市级三维模型，结合物联网数据，可直观展示城市交通流量、能源消耗等指标，辅助城市管理者优化资源配置。（2）随着新能源产业的蓬勃发展，工程测量在风电、光伏等项目中的应用日益重要。在风电场选址阶段，需通过高精度地形测量与气象数据分析确定最佳机位，利用无人机航测快速获取大范围地形数据，结合流体力学模拟优化风机布局；在光伏电站建设中，精确测量光伏板安装角度与间距，确保发电效率最大化。（3）深空探测与海洋工程领域对工程测量提出新挑战与机遇。在月球、火星等天体探测任务中，基于视觉导航与激光测距的原位测量技术，帮助探测器实现精准着陆与地形测绘；在海洋工程方面，多波束测深、侧扫声呐等技术构建海底地形模型，为跨海大桥、海底隧道等工程提供关键数据，推动人类向更深、更远的空间探索。

3.4 测量标准国际化

（1）全球工程建设项目的协同需求，促使测量标准

向国际化统一迈进。在跨国基础设施建设中，如中欧班列沿线工程、海上丝绸之路项目，各国需采用一致的测量基准与数据标准，确保工程数据的兼容性与互操作性。基于国际通用的坐标系统（如WGS84）与数据交换格式（如CityGML），不同国家的测量成果能够无缝对接，降低项目沟通成本与技术风险。（2）新兴测量技术的快速发展，推动国际标准的更新迭代。随着三维激光扫描、无人机航测等技术广泛应用，国际标准化组织（ISO）等机构正制定相关技术规范与质量评定标准，对数据采集精度、建模流程、成果表达等进行统一界定，保障新技术应用的规范性与可靠性。（3）国际工程测量领域的学术交流与技术合作，加速测量标准的全球化传播。通过国际会议、联合研究项目等形式，各国科研机构与企业共享测量技术创新成果，共同参与国际标准制定，形成全球统一的测量技术语言，为跨国工程建设、地理信息共享等提供坚实的标准保障，推动工程测量行业的全球化协同发展^[4]。

结束语

综上所述，工程测量技术已在数字化、自动化与高精度方向取得显著成果，为各类工程建设筑牢数据根基。面对未来，智能化与多源数据融合将重塑测量模式，应用领域的拓展与标准国际化则带来新机遇与挑战。持续推动技术创新与标准体系完善，不仅能提升工程测量效率与精度，更将助力建筑、交通等多行业高质量发展，为社会建设提供坚实技术支撑。

参考文献

- [1]张警文.浅谈工程测量技术发展现状与未来展望[J].建筑工程技术与设计,2020(18):426.
- [2]巩秀莉.浅谈我国工程测量技术的现状及发展[J].华北自然资源,2020(2):80-81.
- [3]文凯,胡战歌.工程测量技术的现状及未来发展[J].中国房地产业,2021(21):125.
- [4]罗景彪.研究工程测量技术的现状及未来发展[J].测绘与勘探,2020,2(2):1-3.