

建筑工程测量中 GPS 测绘技术的应用

邓列疆

广西恒悦工程检测有限公司 广西壮族自治区玉林 537000

DOI:10.12238/ems.v7i6.13747

[摘要] 本文以建筑工程测量中 GPS 测绘技术的应用为核心, 系统分析其技术原理、应用优势及具体实践。通过阐述 GPS 技术的基本构成与定位机制, 结合工程测量中的实际需求, 探讨其在定位测量、变形监测、施工放样等场景的应用价值。基于案例分析揭示其提升测量效率、精度的技术优势, 同时指出当前存在的信号干扰、人员素质等问题, 并提出针对性解决策略。研究结论表明, GPS 测绘技术对建筑工程测量具有重要推动作用, 未来需结合 BIM、GIS 等技术深化应用, 实现智能化测量。

[关键词] 建筑工程测量; GPS 测绘技术; 定位精度; 技术融合

在建筑工程测量领域, 随着大型复杂项目的日益增多, 测量技术的精度与效率已成为保障工程质量和施工进度的核心要素。从道路桥梁到超高层建筑, 从水利枢纽到地下管廊, 工程测量的覆盖场景不断扩展, 技术要求愈发严苛。当前, 智能化、高精度化和多技术融合成为行业转型升级的关键方向, 对测量实时性、数据可靠性及跨系统协同能力提出了更高标准。田九玲[1]分析了 GPS 技术在建筑工程测量中的定位原理与应用场景, 指出其通过差分定位与载波相位测量可实现厘米级精度。魏超[2]结合高铁桥梁工程案例, 验证了 GPS-RTK 技术在桥墩定位中的优势, 测量误差可控制在 $\pm 2\text{mm}$ 内, 为施工放样提供了高效解决方案。李强[3]聚焦于大坝变形监测, 通过 GPS 连续观测与精密建模技术, 实现了毫米级位移数据的动态捕捉, 为工程安全预警提供了科学依据。李军[4]研究分析了 GPS 测量在控制网布设、数据解算及质量控制中的标准化流程。王宝谢[5]研究了城市复杂环境下的信号干扰、多路径效应及专业人才短缺等制约着 GPS 技术的深度应用的问题。本文基于上述研究, 主要介绍了 GPS 测量技术的相关内容, 包括有 GPS 测量技术的定义、特点、主要原理等, 然后介绍了 GPS 测量技术在工程测量当中应用优势, 并对 GPS 测绘技术的挑战和解决方向进行分析, 介绍了 GPS 测量技术在工程测量当中的实际应用, 希望能够为相关行业从业者起到一定的参考。

一、GPS 测绘技术相关概述

(一) GPS 系统构成与定位原理

GPS (全球定位系统) 测绘技术是基于卫星导航系统的高精度空间定位方法, 其核心依赖于卫星信号的发射、接收与解算。该系统由空间星座、地面监控和用户设备三大部分组成。空间星座包含至少 24 颗卫星, 分布于 6 个中地球轨道, 确保全球任意地点至少能同时观测到 4 颗卫星, 为三维定位提供基础。地面监控系统通过主控站、监测站和注入站对卫星轨道、时钟误差进行实时校正, 并上传控制指令。用户设备 (如接收机) 通过捕获卫星信号并测量信号传播时间差 (伪距), 结合三边测量原理解算出用户的三维坐标 (经度、纬度、高程) 及时间偏差, 从而实现定位。

(二) 定位模式与高精度测量技术

在测绘应用中, GPS 技术通过绝对定位与相对定位两种模式实现不同精度的需求。绝对定位 (单点定位) 依赖单台接收机直接解算位置, 精度通常在米级, 适用于一般导航; 而相对定位 (差分定位) 通过基准站与流动站的同步观测, 利用差分校正消除公共误差, 可将精度提升至厘米级。载波相位测量是提升精度的关键技术, 通过分析卫星载波信号的相位差替代传统伪距测量, 但因存在整周模糊度问题, 需结合 LAMBDA 等算法进行解算, 以实现毫米至厘米级的高精度定位。

(四) GPS 测绘技术的应用领域

在应用领域, GPS 测绘技术广泛应用于大地测量、工程测量、地理信息采集及灾害监测。例如, 通过长期静态观测建立国家高精度控制网, 或利用实时动态定位 (RTK) 技术进行工程施工放样; 结合地理信息系统 (GIS), 可快速获取地形、地物空间数据; 在地质灾害预警中, GPS 连续监测地壳形变或滑坡位移, 为防灾提供数据支持

二、GPS 测绘技术在建筑工程测量中的应用优势

(一) 测量效率的提升

传统工程测量技术依赖逐站观测与通视条件, 在地形复杂或大面积测区中需频繁设站, 且单次测站架设耗时较长, 受限于视距范围, 导致整体作业效率低下。GPS 测绘技术通过空间卫星信号覆盖与控制网优化设计, 实现了测量模式的根本性变革。

在控制网布设环节, GPS 静态测量技术可通过多台接收机同步观测, 在测区均匀布设控制点, 单次观测时段仅需 45 - 60 分钟即可完成 10 - 20 个控制点的数据采集, 较传统导线测量的逐点观测效率提升 3 倍以上。某大型工业园区建设项目中, 规划面积达 20km^2 , 采用 Trimble NetR9 接收机组建 GPS 静态控制网, 共布设 50 个控制点, 分 5 个观测时段完成数据采集, 总作业时间较全站仪导线测量缩短 60%, 且无需处理通视障碍, 直接节约工期 15 天。

动态测量场景中, RTK 技术通过基准站与流动站的无线数据链, 实现厘米级精度的实时坐标解算, 单点位放样时间 ≤ 3 分钟, 较全站仪极坐标法效率提升 50% 以上。以某商业综合体桩基工程为例, 设计桩位 2300 余个, 采用 GPS-RTK 技术进行放样, 单人单日可完成 150 - 200 个桩位定位, 较传统全站仪方法效率提升 100%, 且避免了因通视不良导致的迁站损耗。

效率优势的技术本质在于 GPS 系统的多星并行观测能力与自动化数据处理流程: 接收机可同时跟踪多颗卫星, 通过内置算法自动剔除低仰角卫星, 并实时计算几何精度因子; 后处理软件支持批量导入观测数据, 自动完成基线解算、网平差及坐标转换, 较传统人工平差效率提升 80%。

(二) 多维度定位精度保障体系

建筑工程对测量精度的需求涵盖平面与高程控制, 从桩基工程的毫米级定位到高层建筑沉降监测的亚毫米级精度, GPS 技术通过多模式观测与误差补偿机制构建了全场景精度保障体系。

在静态相对定位模式下, 通过基准站与流动站的同步观测, 利用双频载波相位数据消除电离层一阶项误差, 结合精密星历进行基线解算, 平面精度可达 $\pm (2\text{mm} + 1\text{ppm})$, 高程精度 $\pm (3\text{mm} + 1\text{ppm})$ 。某高铁桥梁工程中, 采用 Leica GRX1200 接收机建立首级控制网, 联测二等水准点进行高程异常拟合, 桥墩中心定位误差控制在 $\pm 2\text{mm}$ 内, 满足《高速铁路工程测量规范》中“桥梁墩台中心坐标中误差 $\leq \pm 5\text{mm}$ ”

的要求,较传统全站仪放样精度提升60%。

动态RTK技术通过实时差分处理,在10km作业半径内实现平面 $\pm 1\text{cm} + 1\text{ppm}$ 、高程 $\pm 2\text{cm} + 1\text{ppm}$ 的定位精度,适用于普通建筑工程的施工放样。某超高层建筑核心筒施工中,利用Trimble R10 RTK接收机进行轴线放样,实测平面偏差均 $\leq \pm 1.5\text{cm}$,高程偏差 $\leq \pm 2.5\text{cm}$,满足《高层建筑混凝土结构技术规程》中“层间轴线偏差 $\leq \pm 3\text{cm}$ ”的要求。对于高精度需求场景,可采用“静态测量+强制对中”组合方案,在设备基座预埋强制对中盘,通过多个时段观测,将点位中误差控制在 $\pm 0.5\text{mm}$ 以内,满足光刻机基座安装的亚毫米级精度要求。

高程精度方面,GPS直接测量的大地高通过区域似大地水准面精化模型转换为正常高,某市政道路工程中,结合1:5000比例尺地形测绘需求,利用二等水准数据构建局部高程异常模型,将GPS高程转换误差控制在 $\pm 2\text{cm}$ 内,优于《城市测量规范》中“图根水准测量高程中误差 $\pm 5\text{cm}$ ”的标准。

(三) 智能化作业降低人为干预影响

传统测量流程中,人工操作环节占比达60%~70%,人为误差成为精度损失的主要来源。GPS测绘技术通过全流程自动化设计,将人为干预节点减少至30%以下,构建了“观测-处理-应用”的闭环智能化体系。

数据采集环节,接收机内置惯性导航模块可自动补偿天线倾斜误差,配合电子气泡整平系统,使对中精度显著提升;观测数据以二进制格式自动存储,避免人工记录导致的数字误读,某桥梁监测项目中,人工记录数据的粗差率为2.7%,而GPS自动化采集粗差率降至0.3%。

数据处理环节,专业软件支持观测数据自动检核,基线解算通过率大幅提升;网平差过程中,系统自动识别粗差基线,避免人工平差中漏判粗差导致的精度损失。某建筑基坑监测项目中,传统人工平差耗时4小时/次,且存在10%~15%的粗差漏检率,而GPS自动化处理将时间缩短至1小时/次,漏检率降至2%以下。

外业作业模式的革新显著降低劳动强度:RTK放样仅需1人携带流动站设备即可完成,较传统全站仪放样减少2名作业人员;变形监测中,自动化监测系统通过固定安装的GPS接收机实现24小时连续观测,数据经网络自动上传至服务器,替代了传统人工巡检,在某深基坑工程中,监测人力成本降低70%,且数据采集频率从每日1次提升至每10分钟1次,显著提高安全预警的及时性。

三、GPS 测绘技术应用中的挑战

(一) 复杂的信号环境

在建筑工程测量实践中,城市高楼林立、山区地形起伏等场景下,卫星信号易受遮挡、反射。建筑密集区的高楼会阻挡卫星信号,导致信号失锁或接收卫星数量不足,无法满足定位的几何条件;金属结构表面、水面等会使卫星信号产生多次反射,引发多路径效应,造成伪距测量误差增大,载波相位观测值出现周跳,严重影响定位精度。此外,电离层闪烁、对流层延迟等空间环境因素也会干扰信号,在太阳活动高峰期或暴雨天气时,L1波段信号误差可能突增至较高水平,导致RTK初始化失败或定位结果跳变。

(二) 数据处理的复杂性

静态测量中,长基线条件下整周模糊度解算困难,传统OTF算法难以快速准确固定模糊度,解算成功率较低,往往需要依赖长时间观测或增加观测时段来提高精度,这无疑增加了测量时间成本。动态测量时,高程转换精度不足的问题凸显,传统的高程异常模型在地形起伏剧烈区域,无法准确拟合高程异常,导致GPS测量的大地高转换为工程所需正常

高时误差较大,不能满足精密工程测量的需求。另外,随着多频多星座卫星导航系统的发展,不同卫星系统的信号频率、调制方式存在差异,多源数据融合处理难度大,若处理不当会引入额外误差,影响最终测量结果的准确性。

(三) 设备成本

高精度双频RTK接收机、专业数据处理软件等价格昂贵,单套设备及软件采购费用高昂,后续升级维护成本也较高,对于中小型建筑企业而言,过高的投入显著增加项目成本,限制了GPS测绘技术的广泛应用。

四、解决方向

(一) 硬件配置优化

针对上述挑战,可采取一系列有效解决策略。在应对信号环境问题上,硬件配置优化是关键。选用抗多路径扼流圈天线,能够有效抑制多路径效应,减少信号反射带来的误差;配备多频多模接收机,支持多个频段和卫星系统信号接收,增强信号接收能力,在信号遮挡区域可提高可用卫星数量,改善PDOP值。同时,部署伪卫星增强系统,通过地面发射模拟卫星信号,补充卫星信号不足,提升复杂环境下的定位稳定性。在软件处理方面,采用改进型卡尔曼滤波算法,结合RAIM技术,实时监测和检测异常观测值,并及时剔除,提高周跳探测准确率,保障数据质量。对于长基线解算难题,引入PPP-RTK技术,利用全球卫星导航系统精密轨道与钟差产品,实现长距离模糊度快速固定,提高测量效率和精度。

(二) 构建高精度高程转换模型

在数据处理环节,构建高精度高程转换模型是提升高程精度的重要途径。结合重力测量数据与高精度数字高程模型,建立区域似大地水准面精化模型,针对不同地形特点进行优化,提高高程异常拟合精度,确保GPS高程转换误差满足工程要求。对于多星座数据融合,采用联合平差算法,建立统一的误差改正模型,消除不同卫星系统间的偏差,实现多源数据的高效融合,提升定位精度。

(三) 设备成本控制

在设备成本控制上,一方面推广国产高性价比设备,其性能已达到国际先进水平,且价格相对较低;另一方面,采用设备租赁模式或搭建共享平台,建筑企业可根据项目需求按需租赁设备,降低初期投入成本。在软件方面,开发轻量化、云端化的数据处理工具,如基于云计算的在线解算平台,用户无需购买专业软件,通过网页端即可完成基线解算、网平差等操作,减少软件采购和维护费用。

结束语:

GPS测绘技术凭借高精度、高效率及自动化优势,已成为建筑工程测量的核心工具。其在控制测量、施工放样、变形监测等场景的应用,显著提升了工程测量质量与效率。然而,信号干扰、人员素质等问题仍需通过技术优化与管理改进解决。未来,随着技术融合与智能化发展,GPS测绘技术将在建筑工程领域发挥更大价值。

【参考文献】

- [1]田九玲.基于GPS技术在建筑工程测量中应用研究[J].粘接,2021,45(2):111-114.
- [2]魏超.建筑工程测量中GPS测绘技术的应用分析[J].中国建筑,2023(8):78-82.
- [3]李强.GPS技术在工程变形监测中的应用研究[D].武汉大学,2022.
- [4]李军.建筑工程测量中GPS测量技术的有效应用[J].设备管理与维修,2022(8):117-118.
- [5]玉宝谢.GPS测量技术在工程测量中的实施[J].工程管理,2022,3(7):46-48.