

工程测量中 GPS 测量技术应用

吴晓林

山西省地质工程勘察院有限公司 山西 太原 030000

摘要:为解决传统工程测量地形限制大、效率低、精度不均等问题,本文深入研究GPS测量技术的系统构成与工作原理,梳理静态、快速静态、RTK等常用技术的应用特点。重点分析该技术在工程控制网布设、地形测绘、施工放样及变形监测中的实操应用,系统总结卫星、传播、人为及环境四类误差来源,提出针对性误差消减方法与全流程质量控制策略,为工程测量智能化、精准化作业提供技术参考。

关键词:工程测量;GPS测量技术;应用

引言:工程测量是工程建设规划、施工与运维的核心基础,测量精度与效率直接决定工程整体质量与安全。传统测量技术受地形、天气、通视条件制约显著,难以适配复杂场地、大范围、高精度的现代工程测量需求。GPS测量技术凭借全天候、高精度、自动化、无通视限制的优势,已广泛应用于各类工程测绘场景。基于此,本文结合工程实践,系统探究GPS技术原理、应用场景、误差问题及质控措施,助力提升工程测量整体作业水平。

1 GPS测量技术核心原理与系统构成

1.1 GPS系统整体组成架构

(1) 空间卫星星座系统是GPS的核心信号载体,由多颗在轨卫星组成固定组网结构,按照既定轨道持续环绕地球运行,全天候向地面发射定位导航信号,保障全球任意区域均可接收卫星信号,为定位测量提供基础信号支撑。(2) 地面监控系统是系统运行的管控核心,主要负责监测卫星运行状态、校准卫星时钟、修正轨道误差,同时汇总卫星数据并下发校准指令,保障卫星稳定工作,确保定位信号的精准性与稳定性,形成闭环管控工作流程。(3) 用户接收设备为工程测量终端,核心分为专业测量型、民用导航型等类型,测量型设备具备高灵敏度信号捕捉、数据解析能力,抗干扰性强,可精准采集卫星数据,适配各类工程测量场景。

1.2 GPS测量基本工作原理

(1) 伪距定位原理通过测量卫星与接收机的信号传播距离实现粗定位,运算速度快;载波相位定位依托卫星载波相位差值测算位置,精度更高,是高精度工程测量的核心原理。(2) 差分GPS定位技术(DGPS)通过基准站与流动站的数据差值修正定位误差,抵消大气、轨道等干扰因素,有效提升定位精度,解决普通GPS定位误差偏大的问题。(3) 静态GPS定位设备固定静置观测,观测时长充足、精度极高,适用于控制点布设;动态GPS定

位设备处于移动状态,实时输出位置数据,适配移动测量作业场景^[1]。

1.3 GPS测量技术核心优势

(1) 测量精度高、覆盖范围广,不受地形通视限制:可实现毫米至厘米级精度,覆盖全球区域,无需测点间通视,彻底突破传统测量受山地、河湖、建筑遮挡的地形限制。(2) 作业效率高、可全天候不间断测量作业:无需繁琐布点,单人即可完成作业,且不受昼夜、阴晴、云雾天气影响,可全天候持续作业,大幅缩短工程测量周期。(3) 自动化程度高,适配规模化、数字化工程测量:设备可自动采集、解算、存储数据,人工干预少,数据可直接对接数字化工程系统,适配现代大规模、智能化测绘工程需求。

1.4 工程测量常用GPS技术类型

(1) 静态GPS测量技术应用特点:观测时长较长,数据采集完整、稳定性强、精度极高,主要用于各级平面、高程控制网的建立,是工程基础测绘的核心技术。(2) 快速静态GPS测量技术应用特点:缩短观测时长,兼顾精度与效率,点位布设灵活,适用于工程加密控制测量、小型场地地形测绘等中等精度测量场景。(3) RTK实时动态测量技术应用特点:可实时输出厘米级定位结果,无需事后数据处理,作业高效便捷,广泛应用于工程放样、地形测图、施工动态监测等现场作业。

2 GPS测量技术在工程测量中的具体应用

2.1 工程控制网布设中的应用

(1) 首级平面与高程控制网的GPS布设方案:在大型工程项目建设前期,需依托GPS技术构建区域首级控制网。布设时结合工程场地地形、施工范围及规范要求,合理规划控制点点位,保证点位分布均匀、视野开阔、无信号遮挡。通过静态GPS观测模式,长时间采集卫星观测数据,经基线解算、网平差处理后,建立高精度平面与

高程控制基准,为整体工程施工提供统一、可靠的坐标系统,适配市政、水利、建筑等各类大型工程基础测绘需求。(2)加密控制网的快速布设与精度优化方法:针对首级控制网点位间距大、无法满足细部施工测量的问题,可采用快速静态GPS技术布设加密控制网。根据施工分区精准布设加密点位,灵活调整观测时长,兼顾作业效率与测量精度。精度优化主要通过统一观测时段、规避电磁干扰、剔除粗差数据、同步进行差分修正等方式,减少卫星信号误差、大气折射误差,确保加密控制点精度契合细部施工测量标准^[2]。(3)相较于传统控制测量的应用优势与效果对比:传统全站仪、水准测量受地形通视、天气条件限制极大,作业范围有限、耗时耗力。而GPS控制网布设无需点位通视,可适配山地、丘陵、水域等复杂地形,作业覆盖范围更广。同时,GPS测量自动化程度高,大幅减少人工误差,点位整体精度均匀、稳定性强,作业效率较传统测量提升数倍,有效解决了传统控制测量精度不均、施工周期长、地形适配性差等难题。

2.2 工程地形测绘与勘察中的应用

(1)大范围地形地貌数据快速采集:在场地勘察阶段,利用GPS动态测量技术可快速完成大范围区域的地形数据采集。测量人员手持接收设备遍历测区,实时采集地形高程、地貌点位、地物边界等数据,设备自动记录存储观测信息,无需繁琐人工记录与测算,能够高效完成大面积荒地、山地、河道等复杂区域的地形测绘,大幅缩短工程勘察周期。(2)工程场地测绘、边界勘测数据获取:在工程选址、征地勘测、场地平整作业中,GPS技术可精准获取场地边界、用地红线、地形起伏及构筑物分布数据。通过定点观测与动态遍历测量,精准划定工程施工范围,采集场地原始地形数据,为工程规划设计、土方量计算、场地布局优化提供精准、全面的基础数据支撑,保障工程设计的合理性与规范性。(3)结合差分技术提升地形测绘精准度的方法:地形测绘中引入DGPS差分定位技术,依托基准站实时生成误差修正参数,对移动端观测数据进行实时修正,有效抵消卫星轨道误差、大气传播误差、多路径效应带来的测量偏差。该方法可将常规GPS米级精度提升至厘米级,彻底解决大范围测绘中误差累积问题,保障地形数据、边界点位数据的精准性与统一性^[3]。

2.3 工程施工放样与定位中的应用

(1)建筑工程轴线、点位精准放样作业:在建筑施工中,依托RTK实时动态GPS技术,导入施工设计坐标参数,可快速完成建筑轴线、基础点位、柱网点位的精准放样。设备实时输出精准定位数据,无需人工拉线测距,

操作便捷、点位精准,能够有效避免传统放样的累计误差,保障建筑基础施工、主体结构施工的位置精度。(2)道路、桥梁、管线线性工程施工定位:针对道路、桥梁、管线等线性工程跨度大、线路长的特点,GPS技术可实现全线不间断定位放样。根据设计线路参数,实时完成中线、边线、桩基点位放样与高程定位,解决了传统测量远距离放样偏差大、转点误差累积的问题,保障线性工程平顺度与施工精度,适配长距离、跨区域线性施工场景^[4]。(3)复杂场地、高空作业的精准测量放样:在地形复杂、场地狭窄、高空塔吊、桥梁墩柱等特殊作业场景,传统测量设备难以架设作业。GPS测量无需固定观测站点,可灵活移动作业,不受场地遮挡和高度限制,精准完成高空点位、边坡点位、复杂构筑物的放样定位,极大降低了高危作业测量难度,提升复杂工况施工测量的安全性与精准度。

2.4 工程变形监测中的应用

(1)建筑物沉降、位移实时监测:大型建筑、高层建筑投入使用后,利用GPS监测设备布设固定监测点位,可24小时不间断采集建筑物坐标与高程数据,实时监测结构沉降、水平位移变化。系统自动对比往期数据,及时捕捉微小变形量,提前预判结构安全隐患,保障建筑使用安全。(2)边坡、基坑、堤坝动态变形监测:在基坑开挖、边坡支护、堤坝运维过程中,GPS动态监测技术可实时追踪边坡滑移、基坑形变、堤坝沉降等动态变化。尤其适配暴雨、施工扰动等特殊工况下的变形监测,能够精准捕捉瞬时变形数据,为施工安全管控、灾害预警提供核心数据支撑。(3)长期监测数据采集与变形趋势分析:GPS监测系统可自动存储长期观测数据,形成完整的监测数据库。通过对海量时序数据进行整理分析,可精准研判构筑物变形规律与变化趋势,区分正常形变与异常形变,为工程运维方案优化、隐患整改、工程质量评估提供科学、精准的数据依据。

3 GPS测量误差来源及质量控制措施

3.1 GPS测量主要误差来源分析

(1)卫星相关误差:卫星轨道误差、时钟误差。卫星轨道误差是指实际卫星运行轨道与官方发布轨道参数存在偏差,会直接造成测距定位偏差,在长距离测量中误差影响更为明显。卫星时钟误差源于卫星原子钟存在微小钟差,导致信号发射时间记录不准,产生系统性测距误差,是GPS定位的基础固有误差之一。(2)信号传播误差:电离层、对流层折射误差。卫星信号穿越大气层时会发生传播折射与延迟现象。电离层受太阳活动、天气时段影响,会改变电磁波传播速度与路径;对流层受

温度、湿度、气压变化影响,造成信号传播延迟,两类误差是野外GPS测量中最主要的可变误差来源。(3)设备与人为误差:仪器精度、操作规范误差。仪器本身存在接收机固有精度偏差、天线相位中心偏移等硬件误差。同时,作业人员仪器架设不水平、对中不准确、天线高测量读数失误、观测操作不规范等人为操作问题,会进一步加大测量数据偏差,影响整体成果精度。(4)环境误差:遮挡、电磁干扰、地形环境影响。在建筑密集区、山林峡谷等区域,卫星信号易被遮挡,造成卫星接收数量不足、信号质量变差。施工现场的大型机械、电力设备、无线设备会产生电磁干扰,引发信号多路径效应,导致观测数据抖动、粗差增多。

3.2 各类误差的消减与修正方法

(1)卫星与信号传播误差的技术修正手段。可采用官方精密星历数据替代预报星历,修正卫星轨道误差;利用卫星时钟修正参数补偿钟差。针对大气折射误差,可依托经典电离层、对流层修正模型对观测数据进行预处理,有效削弱大气层带来的信号延迟偏差,提升基础数据精度。(2)通过差分技术、多时段观测降低测量误差。差分GPS技术可通过基准站与流动站同步观测,抵消大部分公共系统误差,是工程测量最常用的误差消减方式。同时,选择不同时段、不同卫星组合开展多次观测,取平均值处理,能够有效规避偶然误差,弱化天气、时段带来的误差波动。(3)优化设备选型与作业环境规避人为、环境误差。根据工程精度要求选用高精度测绘级接收机,定期开展仪器检定校准。作业时优先选择开阔无遮挡测站点位,远离高压线路、信号基站等干扰源。严格规范架设、量高、观测流程,杜绝人为操作失误,从源头降低人为与环境误差^[5]。

3.3 工程测量全过程质量控制策略

(1)外业观测前期筹备质量管控要点。测量前需核对仪器检定状态,确保设备性能合格;提前踏勘测区,合理布设点位、规划观测时段。结合工程规范制定观测

方案,明确观测时长、采样间隔、卫星截止高度角等参数,提前规避恶劣天气与干扰环境,为精准作业奠定基础。(2)现场观测作业过程标准化管控措施。现场严格按照规范架设仪器,保证对中、整平精准,准确测量并记录天线高度。观测过程中实时监测卫星数量、信号强度、PDOP值等核心参数,数据异常时及时重测。做好现场防护,避免设备晃动、遮挡、干扰,保障外业观测数据的有效性与完整性。(3)内业数据处理、平差计算质量校验方法。内业需先筛选外业数据,剔除粗差、无效观测记录,完成基线解算与精度检验。根据工程等级选择合适的平差模型,依次开展三维无约束平差与二维约束平差,校核点位精度指标。最终对比规范标准完成成果校验,确保测量成果精度达标、数据真实可靠。

结束语

综上所述,GPS测量技术有效弥补了传统工程测量的诸多短板,在工程控制布设、地形勘察、施工放样及安全监测中发挥着关键作用,具备极高的工程应用价值。本文梳理了GPS技术核心原理与应用形式,全面分析测量误差成因并制定全流程质量控制方案。未来需持续优化技术应用方式,弱化环境与设备干扰,进一步提升测量精度与效率,推动工程测量数字化、智能化持续发展。

参考文献

- [1]杨逸.GPS系统在工程测量中存在的问题及优化措施[J].产业创新研究,2023,23(12):136-138.
- [2]邓林辉.GPS测量技术及其在工程测量中的应用要点分析[J].城市建设理论研究(电子版),2023,8(17):176-179.
- [3]车向东,张向阳,衡富顺.GPS在工程测量中的应用[J].价值工程,2022,41(28):118-120.
- [4]董校洪.测绘新技术在工程测量中的应用[J].居舍,2022,3(18):42-45.
- [5]焦晓磊.GPS测量技术在工程测量中的应用[J].华北自然资源,2022,10(3):105-108.