

GPS测绘技术在工程测绘中的应用研究

王涛林

四川省第十地质大队 四川 广元 628000

摘要: 本文聚焦GPS测绘技术在工程测绘中的应用, 阐述了基于空间距离交会原理, 介绍系统组成及差分GPS技术。分析了在控制测量、地形图测绘等核心应用场景中的优势与操作。并探讨误差来源及控制方法, 还研究GPS与全站仪、无人机倾斜摄影等技术的融合应用, 以及多系统融合趋势。旨在为工程测绘中GPS技术的科学应用提供参考, 推动行业技术发展。

关键词: GPS测绘技术; 工程测绘; 融合应用

引言: 工程测绘是各类工程建设的基石, 其质量关乎工程成败。传统测绘技术在面对复杂地形与高精度需求时, 渐显力不从心。GPS测绘技术凭借高精度、全天候、实时性等优势, 为工程测绘带来新契机。深入研究其在工程测绘各环节的应用, 包括原理、核心应用、误差控制及融合应用等, 对提升测绘效率与质量、保障工程建设顺利推进具有重要意义。

1 GPS 测绘技术原理与系统组成

1.1 GPS定位基本原理

GPS定位基于空间距离交会原理。通过在地球上均匀分布的多颗GPS卫星, 持续向地面发射包含卫星位置和时间信息的信号。地面接收机同时接收至少四颗卫星的信号, 根据信号传播时间计算接收机到各卫星的距离, 再结合卫星的已知位置, 通过空间后方交会法确定接收机在地球坐标系中的三维位置, 即经度、纬度和高度。

1.2 GPS系统组成

GPS系统主要由空间部分、地面控制部分和用户设备部分组成。空间部分由24颗工作卫星和若干备用卫星构成, 均匀分布在六个轨道面上, 确保全球任何地点在任何时间至少能观测到颗卫星。地面控制部分负责监控卫星运行状态、编制星历、调整卫星轨道等。用户设备部分即GPS接收机, 用于接收卫星信号并处理计算, 获取用户位置信息。

1.3 差分GPS (DGPS) 技术

差分GPS技术是为了提高GPS定位精度而发展起来的。它通过在已知精确坐标的基准站上设置GPS接收机, 接收卫星信号并计算出基准站的坐标修正量, 然后将修正量通过数据链传输给附近的移动站。移动站利用接收到的修正量对自己的定位结果进行修正, 从而消除或减弱公共误差, 如卫星钟差、电离层延迟等, 显著提高定位精度, 广泛应用于对精度要求较高的工程测绘领域^[1]。

2 GPS 技术在工程测绘中的核心应用

2.1 控制测量

控制测量是工程测绘的基础, 旨在建立统一的平面与高程控制网, 为后续测绘提供基准, GPS技术凭借高精度、高效率成为控制测量的首选方法。传统控制测量(如三角网、导线网)需相邻控制点通视, 在山区、林区等地形复杂区域布设困难, 而GPS控制测量不受通视条件限制, 可灵活布设控制点。作业时, 采用静态GPS技术, 将接收机分别安置在各控制点上, 同步观测4颗及以上卫星, 观测时间根据精度要求确定(如一级控制网观测60-90分钟), 通过基线解算获取控制点间的相对位置, 再进行网平差, 得到各控制点的精准坐标。

2.2 地形图测绘

地形图测绘是工程勘察设计的重要依据, GPS技术可快速获取地形数据, 适用于大比例尺(1:1000-1:5000)地形图绘制。传统地形图测绘需采用全站仪逐点测量, 效率低, 尤其在大范围、复杂地形区域作业难度大。GPS地形图测绘分为静态测绘与动态测绘: 静态测绘适用于大范围地形(如水利库区), 通过布设GPS控制网, 结合全站仪补测局部细节, 生成地形图; 动态测绘(如准动态GPS、RTK)适用于中小范围地形(如建筑场区), 流动站在地形特征点(如等高线拐点、地物边界点)停留数分钟, 实时获取坐标, 配合电子手簿记录地形属性(如地物类型、高程), 数据直接导入绘图软件(如AutoCAD、CASS)生成地形图。

2.3 变形监测

变形监测是保障工程安全的关键, 用于监测建筑物、边坡、地基等在施工与运营期间的位移、沉降, GPS技术可实现自动化、高精度监测, 适用于桥梁、高层建筑、滑坡体等场景。传统变形监测(如测斜仪、水准仪)需人工定期观测, 数据时效性差, 难以捕捉突变变

形,而GPS变形监测可实现24小时连续观测,实时传输数据^[2]。作业时,在变形体(如桥梁墩台、滑坡体)上布设监测点,在稳定区域布设基准站,采用RTK或GNSS连续监测系统,实时采集监测点坐标,通过数据处理软件分析位移变化(如水平位移、垂直沉降),当位移量超过预警值(如桥梁水平位移超5mm)时自动报警。

2.4 施工放样

施工放样是将设计图纸上的点位坐标转化为实地位置的过程,GPS技术(尤其是RTK)凭借实时定位优势,大幅提升放样效率与精度,适用于道路、建筑、管线等工程施工。传统施工放样需采用全站仪按“测站-后视-放样”流程操作,每点放样需多次调整,效率低,且在通视条件差区域(如建筑群、深基坑)作业困难。GPS施工放样流程简单:先将设计点位坐标(如道路中线点、建筑基础角点)导入GPS接收机,流动站在实地移动,接收机实时显示当前位置与设计点位的偏差(如X、Y方向偏差),直至偏差小于允许值(如 $\pm 2\text{cm}$),标记点位。例如,某住宅小区建筑基础放样,需放样30个基础角点,采用RTK技术,2人团队1天完成全部放样,较传统全站仪效率提升2倍,放样精度达 $\pm 1.5\text{cm}$,满足施工要求。GPS施工放样还可用于管线铺设(如燃气管道、电缆沟),实时放样管线中心线与开挖边界,确保施工符合设计走向,减少返工。

2.5 水下地形测量

水下地形测量是水利、港口工程的重要环节,用于获取水下地形高程数据,绘制水下地形图,GPS技术结合测深仪可实现高效水下测绘,解决传统水下测量(如测深锤、回声测深仪)效率低、范围小的问题。GPS水下地形测量原理为:在测量船上布设GPS接收机与测深仪,GPS实时获取测量船的平面坐标与高程,测深仪测量水下测点深度(从水面到水底的距离),通过换算(水面高程-测深值=水底高程)得到水下测点的三维坐标。作业时,测量船按预设航线(如平行航线,间距根据比例尺确定)航行,GPS与测深仪同步采集数据,数据经处理后导入绘图软件生成水下地形图。

3 GPS 测绘误差分析与质量控制

3.1 主要误差来源

GPS测绘误差主要来自卫星、信号传播、接收机三大环节,影响定位精度。卫星方面,卫星轨道误差(卫星实际轨道与理论轨道的偏差)、卫星钟差(卫星时钟与GPS系统时间的差异)会导致伪距测量误差,轨道误差对中长距离测量影响较大(如100km距离误差可达1-2m),卫星钟差可通过差分技术部分消除。信号传播方面,电

离层延迟(信号穿越电离层时传播速度变化)、对流层延迟(信号穿越对流层时折射)是主要误差源,电离层延迟白天比夜晚严重(白天误差可达10m),对流层延迟受温度、湿度影响(潮湿地区误差更大);多路径效应(信号经地面、建筑物反射后被接收机接收)会导致定位偏差,在水面、高楼密集区多路径误差可达0.5-1m。接收机方面,接收机钟差(接收机时钟误差)、天线相位中心偏差(天线实际相位中心与理论中心的差异)、观测噪声(信号处理过程中的随机误差)会影响测量精度,观测噪声通常较小($\leq 1\text{cm}$),但在信号弱区域(如山区)会增大^[3]。

3.2 误差控制方法

针对GPS测绘误差,需从技术选择、作业流程、数据处理三方面采取控制措施。在技术选择上,采用差分GPS技术(如RTK、静态差分)消除卫星钟差、大气延迟等共性误差,提升定位精度;在复杂环境(如城市高楼区)采用多系统融合(GPS+北斗),增加卫星观测数量,减少信号遮挡影响。在作业流程上,合理选择观测时间,避开电离层活跃时段(如正午),减少电离层延迟;基准站布设在开阔、无遮挡、远离干扰源(如高压线路、无线电发射塔)的区域,避免多路径效应与电磁干扰;流动站观测时,确保卫星数量 ≥ 5 颗、PDOP值(位置精度因子) ≤ 6 ,保证观测数据质量;对于高精度测量(如控制测量),延长观测时间(如一级控制网观测 ≥ 60 分钟),增加数据量,减少随机误差。在数据处理上,采用专业软件(如TrimbleBusinessCenter、南方CASS)进行数据预处理,剔除粗差(如观测值超出允许范围的数据);对大气延迟进行模型修正(如采用IONEX模型修正电离层延迟、Saastamoinen模型修正对流层延迟);进行基线解算与网平差,确保控制网精度符合规范要求(如一级控制网基线向量中误差 $\leq 5\text{mm}$)。

4 GPS 技术与其他测绘技术的融合应用

4.1 GPS+全站仪集成

GPS与全站仪集成可互补优势,解决单一技术局限,适用于复杂地形(如建筑群、山区)工程测绘。GPS擅长大范围、无通视条件下的定位,但其在密集建筑群中易受信号遮挡,精度下降;全站仪擅长局部高精度测量、通视条件下的细节测绘,但作业范围小、效率低。二者集成应用时,先采用GPS布设大范围控制网,获取控制点精准坐标;再在控制点上架设全站仪,补测GPS信号遮挡区域的细节数据(如建筑物边角、地下管线井口),全站仪通过与GPS控制点联测,确保局部数据与整体控制网坐标统一。例如,“南京市鼓楼区”旧城改造测绘

工程中,先采用GPS布设10个一级控制点,覆盖改造区域5km²;再用全站仪在建筑群内测绘房屋轮廓、道路边线,全站仪测量数据通过与GPS控制点联测,平面精度达±3mm,既保证整体精度,又解决GPS信号遮挡问题,较单一技术效率提升30%。

4.2 GPS+无人机倾斜摄影

GPS与无人机倾斜摄影融合,实现“空中+地面”一体化测绘,适用于大范围地形测绘、三维建模,如城市规划、大型工程勘察。无人机倾斜摄影通过搭载多台相机(正视、侧视)获取地面物体的多角度影像,结合GPS定位数据,生成高精度三维模型;GPS技术为无人机提供实时位置与飞行导航,确保无人机按预设航线飞行,影像采集位置精准。作业流程为:在测区布设GPS控制点(用于影像纠正);无人机搭载GPS接收机与倾斜摄影相机,按航线飞行,同步采集影像与GPS坐标数据;通过数据处理软件(如ContextCapture)对影像进行空中三角测量,结合GPS控制点坐标纠正影像,生成三维点云、数字高程模型(DEM)、数字正射影像(DOM)及三维模型^[4]。

4.3 GPS+三维激光扫描

GPS与三维激光扫描融合,实现“宏观定位+微观建模”,适用于古建筑保护、复杂构筑物测绘(如桥梁、隧道)。三维激光扫描通过发射激光束快速获取物体表面的密集点云数据,生成高精度三维模型,但其自身无法确定扫描数据的绝对坐标;GPS技术可提供绝对坐标,将三维激光扫描数据与工程控制网关联。应用时,先在扫描区域布设GPS控制点;将三维激光扫描仪架设在扫描站点,通过GPSRTK获取扫描站点的绝对坐标;扫描仪对目标物体(如古建筑、桥梁结构)进行扫描,获取点云数据;通过扫描站点的GPS坐标,将点云数据转换为工程控制网坐标系,生成带绝对坐标的三维模型。例如,某古桥保护测

绘,采用GPS+三维激光扫描,在桥周边布设5个GPS控制点,扫描仪对古桥进行全方位扫描,获取点云数据超1000万个,结合GPS坐标生成的三维模型精度达±5mm,可清晰显示古桥的拱券结构、石雕细节,为修复设计提供精准数据,较传统手工测绘效率提升10倍。

4.4 多系统融合(GPS+北斗)

随着北斗卫星导航系统的建成和完善,GPS与北斗的多系统融合成为工程测绘的发展趋势。多系统融合可增加观测卫星的数量,提高卫星可见性,尤其在遮挡严重的环境下,能有效改善定位的几何分布,提高定位的可靠性和精度。同时,多系统融合还可实现不同系统之间的优势互补,为工程测绘提供更稳定、更优质的服务,推动工程测绘技术向更高水平发展。

结束语

GPS测绘技术在工程测绘领域已展现出巨大潜力与价值,从核心应用到与其他技术融合,不断拓展着工程测绘的边界。随着科技发展,多系统融合等趋势将进一步提升其性能。未来,我们应持续探索创新,充分发挥GPS测绘技术优势,推动工程测绘行业向更高精度、更高效、更智能化方向发展,为各类工程建设提供更坚实的测绘保障。

参考文献

- [1]戴君琴.GPS测绘技术在测绘工程中的应用探究[J].西部资源,2023(03):163-165.
- [2]彭新琪.GPS测绘技术在测绘工程中的应用路径[J].工程技术研究,2022,7(14):219-221.
- [3]许智彦.GPS测绘技术在工程测绘中的应用研究[J].科技创新与应用,2020(10):164-165.
- [4]周保存,刘棒.GPS测绘技术在工程测绘中的应用研究[J].电脑采购,2024(31):70-72.