

# 基于测绘工程技术中GPS技术分析

丁士哲

邓州市大地测绘有限公司 河南 邓州 474100

**摘要：**在现代测绘工程领域，精准高效的技术手段对于工程的质量与进度起着至关重要的作用，本文聚焦测绘工程技术中的GPS技术，先阐述GPS系统组成与定位原理，接着分析精密单点定位、网络RTK、多系统融合定位等关键技术，探讨其在大地控制测量、地形测量等各领域的应用，剖析与卫星、信号传播、接收机有关的误差及处理措施。通过全面研究，为测绘工程中GPS技术的合理应用与误差控制提供理论依据，助力提升测绘工程的质量与效率。

**关键词：**GPS技术；测绘工程；关键技术；误差分析；多系统融合

引言：测绘工程在诸多领域发展里意义重大，精准测量是基础支撑。GPS技术凭借高精度、全天候等优势，成为测绘工程关键手段。其系统由空间卫星、地面控制及用户设备构成，通过伪距、载波相位测量等原理实现定位。随着技术发展，精密单点定位、网络RTK等关键技术不断涌现，多系统融合定位也成为趋势。深入分析GPS技术在测绘工程中的应用与误差，对推动测绘行业发展、提升工程测量水平具有重要价值。

## 1 GPS技术基础原理

### 1.1 GPS系统组成

GPS系统由空间部分、地面控制部分和用户设备部分构成。空间部分由多颗卫星组成卫星星座，这些卫星均匀分布在多个轨道平面上，确保地球上任何地点、任何时间至少能观测到四颗卫星<sup>[1]</sup>。卫星不仅发送定位信号，还携带高精度原子钟，为信号提供精确时间基准，运行特点体现为全球覆盖、连续观测和高度稳定性。地面控制部分由分布在全球的多个地面监控站组成，这些站点负责接收卫星信号，监测卫星运行状态，对卫星轨道和时钟进行精确修正，并将修正数据上传至卫星，确保卫星信号的准确性。工作模式上，地面监控站与卫星保持实时通信，形成闭环控制系统。用户设备部分主要指GPS接收机，类型多样，包括手持式、车载式、机载式等，满足不同场景需求。工作原理是通过接收卫星信号，解算出信号传播时间，进而计算出接收机与卫星之间的距离，结合多颗卫星数据，确定接收机三维位置。主要性能指标包括定位精度、收敛时间、抗干扰能力等。

### 1.2 GPS定位原理

伪距测量定位通过计算卫星信号传播时间确定距离。接收机同步生成本地时间戳，与接收到的卫星时间戳作差得到信号传输时延，乘以光速后获得接收机到卫星的几何距离。由于卫星钟和接收机钟存在偏差，实际

解算的是包含时钟误差的伪距，需通过至少四颗卫星的观测方程联立求解三维坐标和钟差参数。载波相位测量利用卫星信号载波的完整周期数实现高精度定位。接收机通过比较本地振荡器产生的参考信号与接收信号的相位差，结合整数周模糊度解算技术，将相位观测值转换为厘米级精度的距离信息。该技术对硬件稳定性和环境干扰极为敏感，需通过长时间观测或差分处理消除误差。绝对定位直接解算接收机在地球坐标系中的三维坐标，定位结果包含坐标真值和时钟偏差。相对定位通过两台接收机同步观测相同卫星，利用公共误差相关性消除大部分系统误差，解算结果为两台接收机的基线向量。相对定位精度通常优于绝对定位，但需要保持观测同步并建立合理的误差模型。

## 2 GPS技术在测绘工程中的关键技术

### 2.1 精密单点定位技术

精密单点定位技术是GPS技术里颇具创新性的定位手段。它借助单台GPS接收机，捕获载波相位观测值并融合精密星历信息，达成绝对定位，过程无需地面基准站支持，极大提升了应用场景的灵活度<sup>[2]</sup>。定位期间，电离层延迟、对流层折射以及多路径效应等误差，会对定位精度产生明显影响。为消除电离层误差，常用双频观测值构建无电离层组合观测量；对流层误差则靠建立精确模型修正；针对多路径效应，可优化接收机天线设计、挑选开阔观测环境、采用抗多路径算法等措施抑制。这些误差处理手段综合运用，能让该技术达到厘米级定位精度。此技术在测绘工程中优势突出。单台设备就能完成高精度定位任务，省去传统差分定位布设基准站的麻烦，大幅提升作业效率。在山区、海洋等难以建立基准站的区域，它不受基站限制的特性更能发挥作用。而且，该技术支持事后精密处理模式，延长观测时间可进一步提升精度，能满足不同测绘场景需求。

## 2.2 网络RTK技术

网络RTK技术通过构建基准站网络系统,实现了差分数据的实时传输与处理。该系统由多个连续运行的参考站组成,这些参考站持续采集GPS观测数据并传输至控制中心,经过统一解算后生成区域性误差修正模型,再通过无线网络将差分信息播发给用户站。参考站网络的构建需综合考虑地理分布、通信条件等因素。合理的站间距设置既能保证误差修正模型的有效性,又能控制建设成本。数据传输采用专用无线通信链路,确保差分信息实时可靠传输。控制中心采用分布式计算架构,可同时处理多个参考站数据,生成高精度的区域误差模型。实时动态定位精度保障依赖于数据链稳定性和误差模型准确性。采用多频点、多通道通信技术可增强数据传输抗干扰能力;通过长期观测数据积累建立的区域误差模型,能够更精确反映空间相关误差特征。这些技术措施共同确保了网络RTK技术能够实现厘米级实时定位精度。

## 2.3 多系统融合定位技术

现代测绘工程中,GPS与GLONASS、Galileo、北斗等多卫星系统的融合定位已成为发展趋势。这种融合模式通过整合不同系统的观测数据,显著增加了可见卫星数量,特别在城市峡谷等遮挡严重区域,能有效改善卫星几何分布结构,提升定位可靠性。数据融合算法是多系统融合的核心技术。通过加权平均、卡尔曼滤波等算法,可实现不同系统观测值的优化组合。时间同步技术则确保各系统观测数据在时间维度上的精确对齐,避免因时钟偏差导致的定位误差。这些关键技术的突破,推动了多系统融合定位精度达到新的水平。

## 3 GPS技术在测绘工程各领域的应用

### 3.1 大地控制测量

大地控制网构建遵循选点、埋石、观测与数据处理的技术流程。选点阶段需综合考量通视条件、地质稳定性及空间几何强度,确保控制点分布均匀且具备长期保存价值。埋石作业采用强制对中观测墩,配备不锈钢标志与防护装置,提升点位稳固性。观测环节通过多时段同步观测增强数据冗余度,采用双频接收机采集载波相位观测值,观测时长根据基线长度动态调整。数据处理运用无约束平差与约束平差相结合的方法,先进行自由网平差消除系统误差,再引入已知控制点实现坐标框架转换<sup>[1]</sup>。GPS控制网突破传统三角网对通视的严苛限制,布网形式灵活可构建任意边长的混合网型,单点定位精度达毫米级,观测效率较常规方法提升数倍。与传统大地测量衔接时,需通过公共点联测实现坐标系统统一,

利用GPS高程异常模型弥补水准测量在偏远地区的覆盖不足,形成优势互补的测量体系。

### 3.2 地形测量

地形图测绘作业模式随精度需求动态调整。静态测量适用于大范围首级控制网建立,通过长时间观测获取高精度基线向量;快速静态测量在短基线场景中兼顾效率与精度,观测时长缩短至15-30分钟;动态测量依托RTK技术实现实时成图,特别适用于地形复杂区域的快速测绘。外业数据采集采用编码法或草图法记录地物属性,编码体系需与成图软件兼容,草图绘制应清晰标注地物关联关系。内业处理通过专业软件完成数据编辑、等高线生成与图幅整饰,数据处理流程包含数据过滤、粗差剔除与拓扑检查。地形测量精度遵循分级控制原则,图根点相对邻近控制点中误差不超过图上0.1毫米,高程注记点误差控制在等高距的二分之一。质量控制体系涵盖仪器检校、观测重测率统计与成果抽检,通过多级检查机制确保成果可靠性。

### 3.3 工程测量

建筑工程测量中,GPS技术实现施工放样自动化与变形监测连续化。坐标转换参数将设计坐标传递至施工场地,放样精度可达1-2厘米,满足建筑物轴线定位需求。变形监测采用强制对中观测墩与周期性重复观测,观测周期根据变形速率确定,通常为7-30天,结合时间序列分析识别结构形变趋势,为施工安全提供数据支撑。交通工程测量涵盖线路测量、桥梁测量与隧道测量,线路中线测设通过坐标法直接展点,点位间距控制在20-50米;桥梁测量利用4台以上接收机构建独立坐标系,确保测量精度;隧道测量采用洞内外联测确保贯通精度,贯通误差控制在50毫米以内。水利工程测量针对水域环境特点,采用无验潮模式进行水下地形测绘,通过水位改正模型消除潮汐影响,测点间距控制在5-10米;堤防变形监测结合GPS与水准测量实现三维形变分析,灌区测量则侧重渠道走向与坡度控制,坡度误差控制在0.5%以内。

### 3.4 海洋测绘

海洋大地控制测量通过差分GPS与声学定位联合解算海上点位坐标,需考虑潮汐、海流对观测成果的影响,采用动态定位技术提升作业效率,定位精度达5-10厘米。海道测量中,多波束测深系统与GPS定位集成,实现全覆盖水深测量,测线间距控制在20-50米,数据后处理包含声速改正与潮位归算,潮位观测站间距不超过20公里;海岸地形测量采用无人机载激光雷达与GPS同步观测,飞行高度控制在100-500米,提升复杂岸线测绘效率。海洋工程测量针对港口建设需求,开发专用定位软件实现船

舶动态定位,定位更新频率达1赫兹;海上平台安装测量通过精密单点定位技术确保结构空间位置精度,满足深海工程对2-3毫米级安装误差的严苛要求,为海洋资源开发提供基础测绘保障。

#### 4 GPS技术在测绘工程应用中的误差分析

##### 4.1 与卫星有关的误差

卫星星历误差源于轨道预报模型精度限制,广播星历误差通常达米级,精密星历可压缩至厘米级。星历误差对定位结果的影响具有系统性,可通过引入精密星历或采用差分技术削弱。处理时需关注星历更新频率与观测时段的匹配,避免使用过期星历数据。卫星钟差由原子钟频率漂移引发,采用二次多项式模型描述钟差变化,模型参数通过地面监控站实时注入卫星<sup>[4]</sup>。修正时需同步处理卫星钟差与接收机钟差,利用至少四颗卫星的观测数据联立解算。相对论效应导致卫星钟频率产生偏移,其影响量级达纳秒级,需通过预先设定的相对论校正项进行补偿,校正公式包含卫星轨道半径与地球质心速度参数,确保信号传播时间测量准确性。

##### 4.2 与信号传播有关的误差

电离层延迟由自由电子对电磁波的折射引起,延迟量与信号频率平方成反比。双频观测值组合可消除一阶电离层影响,剩余误差控制在1-5厘米;单频用户则依赖经验模型修正,模型输入参数包含观测站地理位置、太阳活动指数等,修正误差达5-10厘米。对流层延迟由水汽与干气分子对信号的折射导致,干分量占总体延迟的90%,可通过萨斯塔莫宁模型或霍普菲尔德模型估算,模型精度达2-3厘米;湿分量时空变化剧烈,需结合实时气象数据或外部水汽产品修正,修正误差控制在1-2厘米。多路径效应源于信号经反射体到达接收机,造成载波相位观测值周期性跳变,影响量级达1-5厘米。减弱措施包括采用扼流圈天线抑制低仰角信号、选择开阔观测环境、延长观测时段平滑误差影响,观测时段延长至30-60分钟,数据处理阶段可应用小波滤波或经验模态分解提取多路径特征。

##### 4.3 与接收机有关的误差

接收机钟差由晶振频率不稳定引发,短基线相对定

位中可通过站间差分消除,单点定位则需将钟差作为未知参数联合解算,钟差估计精度达0.1-1纳秒。高精度测量中常采用外接原子钟或精密时间同步技术提升钟差估计精度,时间同步精度达10-20纳秒。天线相位中心位置偏差包含几何中心与相位中心的差异,其影响量级达1-3毫米。校正时需确定天线类型对应的相位中心变化模型,观测时保持天线对中装置与标石中心严格重合,对中误差控制在0.5毫米以内<sup>[5]</sup>。天线高测量误差直接影响高程成果精度,测量需采用专用量具并实施双人互检,量具精度达0.1毫米,数据处理阶段对天线高进行投影改正,消除观测时天线倾斜对高度角的影响,倾斜角控制在1°以内。误差处理需贯穿观测设计、外业实施与内业解算全流程,通过误差溯源分析与模型优化提升定位成果可靠性。

#### 结束语

GPS技术在测绘工程中应用广泛且成效显著,从大地控制测量到海洋测绘,各个领域都借助该技术实现了高精度测量。精密单点定位、网络RTK等关键技术不断发展,多系统融合定位进一步提升了定位的可靠性。不过,在实际应用中,存在与卫星、信号传播、接收机有关的误差,这些误差会影响测量精度。通过合理的误差分析与处理,能够有效控制误差。持续深入研究GPS技术,优化应用方案,对于提升测绘工程质量、推动行业发展有着不可忽视的作用。

#### 参考文献

- [1] 张建华. 测绘工程技术中GPS技术研究[J]. 电脑爱好者(普及版)(电子刊), 2022(6):2039-2040.
- [2] 敖文飞. GPS技术在地质工程勘察测绘中的应用[J]. 全面腐蚀控制, 2025, 39(2):28-30.
- [3] 杜梦飞, 孔繁佩. GPS测绘技术在测绘工程中的应用分析[J]. 工程技术研究, 2022, 7(10):96-98.
- [4] 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.
- [5] 姜有亮. GPS定位技术在测绘工程中的运用[J]. 工程技术研究, 2022, 7(14):207-209.