

# GPS技术在工程测量运用中遇到的问题及解决方法

何海连

怀仁市鸿图测绘有限公司, 山西怀仁, 038300;

**摘要:** 全球定位系统 (GPS) 技术在现代工程测量领域扮演着至关重要的角色, 它为测量工作提供了高效率和高精度的数据采集手段。然而, 在实际应用过程中, GPS 技术也面临诸多挑战, 包括技术局限性、操作与管理问题、环境与设备问题以及基线结算结果的准确性。本文旨在探讨这些关键问题, 并提出相应的解决方法, 以期提高 GPS 技术在工程测量中的应用效果和可靠性。

**关键词:** GPS 技术; 工程测量; 信号遮挡; 高程精度; 人员技术; 设备稳定性; 基线结算

**DOI:** 10.64216/3080-1508.25.06.032

## 1 技术局限性问题

### 1.1 信号遮挡与干扰

#### 1.1.1 问题表现

GPS 技术的优点很多, 但在使用中还存在一些技术缺陷, GPS 信号的遮挡与干扰就是 GPS 中比较明显的一项技术缺陷。在室内、隧道、森林、建筑林立的地方都容易发生信号遮挡, 使接收信号不连续, 从而使观测效果大大降低。如在测量中的观测值跳跃或失锁的现象, 在测量高程中这种误差显得尤为明显, 因为 GPS 测量可以直接得到大地高, 在转换成正常高时由于遮挡会使这种转换产生很大影响。有研究表明, 测站周围的遮挡在高度角  $15^\circ$  以上时, 就会使 PDOP 值 (位置精度因子) 在 3 以上, 则信号无法接收, 达到不合格状态, 严重妨碍观测结果。

#### 1.1.2 解决方法

基准站部署前期, 利用 3D 建模技术和可视域分析来挑选部署地点。利用无人机进行航拍得到测区内 3D 模型, 再利用 GNSS 规划软件 (如 TrimbleGNSS) 推测各个不同时段内的卫星分布以及遮挡情况。目前差分解决方案系统已经是分级部署了。RTK 技术可以利用基站-流动站实时通讯来达到提高平面精度至  $8\text{mm}+1\text{ppm}$  的水准。更高层次的网络 RTK (CORS) 可以通过多基站协同解算来达到在长周期测量中排除施工楼群带来的影响, 已经应用于上海某地铁贯通测量中, 在隧道内可以得到  $\pm 15\text{mm}$  的贯通精度。在隧道等全遮蔽情况下, 构成“GPS+INS+全站仪”的自动化测量模式。惯性导航系统 (INS) 通过对陀螺、加速度计的航位推算, 可以在隧道内部工作 5 分钟/0.1% 的距离内获得精度。针对某长隧道, 利用 LeicaMS60 全站仪+NovAtelSPAN-IGM-A1 组成的自动化测量系统, 在隧道内部采用每 200m 强制对中点的自动续接, 平面闭合差  $\leq 1/25000$ 。随着电磁环境日益复杂, 新接收机采用自适应抑制干扰方案。例如 Septentrio 公司的 AIM+ 可以通过空时自适应处理 (STA

P), 可以抑制 40dB 的窄带干扰。

### 1.2 高程测量精度不足

#### 1.2.1 问题表现

由 GPS 直接求得的大地高需要采用高程异常模型计算到正常高, 这种方法产生的误差相对较大, 在市政工程、对高程精度要求比较高的工程方面则尤为突出。一般说来, GPS 高程拟合精度可以满足四等水准精度要求 ( $\pm 10\text{mm}/\text{km}$ ), 但还需要与普通水准仪协同配合使用, 从而避免产生误差。

#### 1.2.2 解决方法

测区内按点网梯度原则选取 5~8 个已知水准点进行联测, 用其 GNSS 大地高作为已知大地高、用传统水准正常高作为已知正常高, 并建立三维坐标转换基准, 控制点在测区内布设时要遵循“中心-周围”的原则均匀布设。利用二次曲面拟合法建立区域高程异常模型, 其数学表达式为  $\zeta = a \Delta B + b \Delta L + c \Delta B \Delta L + d (\Delta B)^2 + e (\Delta L)^2 + f$ , 其中,  $\zeta$  为高程异常,  $\Delta B$ 、 $\Delta L$  为平面坐标差,  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$ 、 $e$ 、 $f$  为待求参数。通过最小二乘法求出各项参数, 拟合残差应  $\leq \pm 3\text{cm}$ , 若测量区地形起伏大, 则引入三次曲面或利用神经网络模型, 可增强拟合效果。利用 RTK 技术作业时, 将流动站与基准站同时观测, 并建立基准站高程异常数据库, 用载波相位差分技术, 可实现流动站对高程的实时解算。

## 2 操作与管理问题

### 2.1 人员技术水平不足

#### 2.1.1 问题表现

对于工程中的 GPS 应用技术来说, 操作人员的操作能力也会对测量工作产生影响。如果操作员对 GPS 设备, 比如说基准站与流动站, 数据处理软件不了解, 那么就很有可能参数设置错误或者造成数据丢失的现象, 影响测量工作的正常开展。

#### 2.1.2 解决方法

针对作业人员技术水平不高的问题,一是加强 WGS-84 坐标系和地方坐标系转换原理、RTK 测量投影变形控制措施等重点技术要求的讲解;二是讲解某水利工程由于坐标转换使用失误而造成平面 5cm 偏差的实战事例,让学员充分认识到技术重点的重要性,加深理解;三是设计类似实际工程条件的场景,如高楼群、跨河桥等 GPS 虚拟测量场景,在模拟场景中设计卫星遮挡、多路径效应对仪器影响的反常工作场景,要求作业人员进行设置、放样、作业模拟;某测绘单位调查资料显示,连续训练 3 次后,新人作业过程中操作失误减少 42%,证实了模拟训练的有效性;四是编制《GPS 工程测量作业指导手册》,将工程测量按照标准步骤设置 7 大作业单元,每个作业单元设置数据质量控制关口,确保工程测量的正确性。

## 2.2 管理规划不完善

### 2.2.1 问题表现

设备维修保养、数据备份等没有制定一系列的管理规划,可能会造成一些后果,如拖延工期或者失去数据等情况。由于工程测量没有科学合理的计划安排,会造成工程测量工作盲目化,无法高效率完成;未对测量设备进行有效保养以及数据没有进行备份,一旦测量设备发生故障或者数据丢失,将会给工程项目造成沉重的打击。

### 2.2.2 解决方法

通常情况下,对于道路工程来说,其路线比较长,属于线性工程,因此,对于道路工程来说,实施动态测量的方法比较合适。以 RTK(实时动态差分法)放样为例,要想使测量能够达到既满足精度指标又能够及时性要求的话,一般选择的是 2s 的采样率,通过这一频度的采样能够及时采集到测量点的位置信息,这样就能使测量人员快速采集到道路沿线各个位置的点的坐标,从而能够很快完成道路测量放样的作业。而对于桥梁工程来说,则主要考虑其为特殊工程,因此,实施静态测量的方法比较合适,特别是在桥梁进行基础施工以及墩柱等一些需要高精度测量的重点点位的时候,采取很长一段时间静态观测就能取得更可靠、更准确的测点的测量数据,能够为后续的桥梁的设计以及施工提供有效的参考依据。

## 3 环境与设备问题

### 3.1 电离层与多路径效应

#### 3.1.1 问题表现

多路径效应和电离层效应也妨碍着 GPS 技术在工程测设中的使用。电离层对信号的影响相对较大,且在电离层活动较盛的中午信号的延迟较大,在金属材料周围的信号反射,均会对精度造成很大的误差。

#### 3.1.2 解决方法

选择在电离层比较活跃的时候减少干扰,比如选择在夜间,以免电离层的扰动因素。另外可以应用抗干扰式天线,例如应用扼流圈天线,以增强信号的质量,减少多路径等现象,从而提高 GPS 的测量精度。对于山地及林区较多,会遮挡 GPS 信号这一现象,在进行测量之前,应提前对测量区域的环境进行勘察,即对地面进行详细的勘察。尽量选择在开阔地或者站上比较高的地方进行测量,以便于对山体以及树木遮挡 GPS 卫星信号情况的限制。在特殊天气到来的时候,应尽量选择停止测量,等待天气恢复后再进行测量。也可以选择在这一时间暂停测量,等待天气恢复再用 GPS 技术进行测量。如工程时间不允许的话,可以选用辅助的定位技术,例如 GPS 定位技术与全站仪等测量仪器进行联合测量。全站仪有较高的精度,在近距离进行测量,天气状况不好时,可以用全站仪进行测量可以补充 GPS 的不足,即全站仪不受天气变化而影响的精度测量。当天气恢复之后再 GPS 测量,对建筑进行大面积测量。对于高楼多、高楼对 GPS 测定产生干扰的问题,由于在城市进行测量,可选择使用天线增益技术,即测量前可在测量设备上安装一个增益较高的 GPS 天线,进而加强对原始卫星信号的接收并减少对回波信号的接收能力,以便于减少多径效应的问题带来的不利因素。针对施工场地的电磁干扰可以采用屏蔽隔离的方法。在 GPS 测量仪器的周围设置电磁屏蔽罩,把仪器和外界的电磁干扰源进行隔离,保证设备能正常收到和处理 GPS 卫星的信号。安排施工机械和设备运行的时间及位置,避免在测量仪器的附近运行产生强电磁干扰的机械和设备,从而影响测量工作的进行。

## 3.2 设备稳定性问题

### 3.2.1 问题表现

由于基站信号的传输距离短,比如当电池的电压 < 12V 的时候电台通道显示可能闪频造成数据不能正常传输。手簿连接不稳定等也会造成测量的数据不能正常采集和处理。

### 3.2.2 解决方法

为了解决设备的稳定性,需要定期维护设备,检查设备上电瓶电量、天线的连接状态等,使设备能够在良好的状态下运行。对于端口连接失败等类似情况可以通过冷启动设备来解决。另外,当遇到临时信号出现波动的情况,可以在需要解算的精度允许的情况下,降低精度级别,例如将“high”变成“common”模式来获取测量结果以确保测量工作的顺利进行,降低受设备原因所带来不必要的测量误差。

## 4 基线结算结果问题

## 4.1 基线起点坐标不准确

### 4.1.1 问题表现

基线起算点位置不精确会导致基线测量的最终结果不准确。由于测量的误差因素,起算点的精度就有可能出现不高的现象,那么基于这种误差基础之后的测量计算和处理数据也都是不准确,会在很大程度上影响工程的定位,影响到工程的施工精度和进度。

### 4.1.2 解决方法

要解决基线起点坐标不准的问题,需要在测量之前认真测定并校准基线起点坐标,可以采用高精度测量仪器和测量方法(例如全站仪进行多测取平均值的方法)来获得基线起点坐标的准确值,并且要求在测量当中严格遵循操作规程来进行操作,切勿因为操作失误导致测量坐标产生偏差,并对测量的基线起点坐标加以重复核对与反复的测量和验证,与已知得比较精确的坐标进行比对,一旦有误差就要及时纠正并予以排除。

## 4.2 卫星观测时间短

### 4.2.1 问题表现

卫星观测时间短会使所获得的观测数据太少,基线解算精度不高,可靠性低。观测时间不足,可能使数据的精准性和完整性不能达到要求,造成基线结算结果存在较大误差。

### 4.2.2 解决方法

针对卫星观测时间短的问题,需要在测量前做好观测时间的规划工作,在依据工程测量要求和实际情况的基础上,安排足够的卫星观测时间,例如,精度较高的工程测量,适当延长卫星观测时间,确保可以获取足够数量和质量的卫星信号数据,此外要合理选择观测时间段,例如,避免选择卫星信号质量较差的时段,太阳黑子活动的高峰期;观测期间要实时观察卫星信号接收情况,如果出现卫星信号质量异常或者接收数量较少,则要对地调整观测策略,如重新选择观测地点或者延长观测时间,确保可以获取足够的卫星观测数据,提高基线结算的准确性。

## 4.3 周跳太多

### 4.3.1 问题表现

周跳过多对基线解算结果的影响较大。卫星信号传输中会因为某些原因造成周跳,在周跳的时候就会出现信号失锁的状况,进而造成相位观测值突然出现整周数变化的状况,周跳过多的现象容易使观测数据不连续,造成解算的基线无法正确完成,导致误差比较大。

### 4.3.2 解决方法

为了克服周跳较多的情况,首先需要采用合理的周

跳探测和修测策略,如采用双频观测值对周跳进行探测,由于双频信号受电离层和对流层影响不同,利用双频信号相位观测值之差可以探测出周跳,探测到周跳后即可采用多项式拟合、电离层残差法等方法完成周跳的修测。其次观测时要保证仪器设备的稳定性和信号的接收有效性,防止因外部干扰或设备失稳造成周跳的出现。另外对观测数据进行实时监测和分析,及时发现可能出现周跳的观测数据,从而消除对周跳的错误计算,保障基线的结算。

## 4.4 多路径效应严重

### 4.4.1 问题表现

多路径效应主要是指信号的反射、折射等影响接收到的信号发生畸变,从而影响基线收敛结果的精度。一般在存在大面积金属反射源或者水面等反射源的情况下,多路径效应就比较突出,将使测量的误差加大,从而使得测量成果的可靠性变低。

### 4.4.2 解决方法

为有效克服多路径效应严重的状况,一方面,选用抗多路径效应的天线,如扼流圈天线或带有抑径板的天线,抗多路径效应天线能较好地衰减反射信号,从而有效地减少多路径效应。另一方面,应合理地选择观测站点,尽量避免选择多路径效应严重的情况。如选择远离大面积金属建筑、水面及其他强反射源的地方,当确定观测地点的观测环境后,在观测过程中应十分注意观测环境的调查分析,在必要时针对多路径的迹象,采取一定的办法,如调整天线高度或方位角,降低多路径效应给测量结果的影响,以提升基线计算结果的精度。

## 5 结束语

GPS技术在工程测量中的应用虽然带来了许多便利,但也伴随着一系列的技术、操作和环境问题。通过采取有效的解决措施,如优化信号接收环境、提高人员技术水平、改进设备稳定性和完善管理规划,可以显著提升GPS技术的应用效果。此外,针对基线结算结果的不准确问题,通过确保基线起点坐标的精确、延长卫星观测时间和减少周跳与多路径效应的影响,能够进一步提高测量数据的可靠性和准确性。

### 参考文献

- [1] 刘立峰. GPS技术在道路桥梁工程测量中的应用[J]. 运输经理世界, 2023(1): 97-99.
- [2] 高健. 浅析GPS测量技术及其在工程测量中的应用要点[J]. 安家, 2024(4): 58-60.
- [3] 吕青龙. GPS技术在公路工程控制测量中的运用分析[J]. 越野世界, 2025, 20(4): 57-58.