

基于地形测量中GNSS静态控制网测量精度及误差分析

郝 明

(河北中核岩土工程有限责任公司 河北 石家庄 050021)

【摘 要】地形测量能够将现实中地形形态展绘成图像,可以了解、分析测量地形的起伏变化,为进一步建设、规划提供先决资料。GNSS 技术近年来不断发展,是地形测量的重要应用技术之一,具有操作简便、测量时间短、不受天气影响等优点,受到很多用户信赖。但实际测绘中 GNSS 技术依然存在许多误差问题,为测量工作带来了许多不便。如何有效提高地形测量中 GNSS 静态控制网测量精度,是当今研究的热点。本文具体分析了引起 GNSS 技术测量误差的主要原因,并提出具体应对措施,旨在保证 GNSS 静态控制网测量精度,提高 GNSS 技术的现实应用价值。

【关键词】地形测量;GNSS 系统;测量精度;误差分析

GNSS 系统(Global Navigation Satellite System, GNSS) 全程为全球导航卫星系统,能够在地球表面或近地空间的任一位置进行导航定位的系统,包括一个以上卫星星座及其相应增强系统^[1]。应用到地形测量中具有显著优势,它具有全天候、全球性特点,包含全世界各种导航系统,可以随时随地开展地形定位测量工作。GNSS 接收机能对卫星信号进行捕获,也可称为信号的粗同步^[2],然后将捕获的载波多普勒值和码相位给跟踪模块,跟踪模块对其进行调整,稳定跟踪之后,在软件的辅助下就可测量出接收机到卫星的伪距和多普勒值。导航电文经过软件的解析后得出导航电文参数,接收机即可解算出用户端所在的纬度、经度、高度和时间等信息,从而实现地形测量。

1.GNSS 技术介绍

GNSS 技术基于空间位置已知的卫星定位系统、采用空间后方交会基本原理,实现地面用户终端设备的绝对定位。现场部署的接收机终端,按照既定采集、传输频率将观测数据远程无线传输至监测中心,采用云端接收存储,监测中心对观测数据及时分析处理。

GNSS 技术支持 BDS、GPS、GLONASS 等多系统、多频点,支持双频 RTK 算法,可以实现高频动态厘米级监测,又可实现高精度静态毫米级监测。具有集成度高、精度高、性价比高等优点^[3],采用内置 GNSS/4G/Wi-Fi 一体化天线,内置温湿度传感器和 MEMS 传感器,支持加速度、倾角气 GNSS 结合监测,适用于各类场景的位移变形监测,例如地表位移监

测,边坡变形监测,大坝变形监测,尾矿库变形监测等。

2.GNSS 技术优势

2.1 观测时间短

采用传统定位方法,在保证观测精度情况下,完成一条基线相对定位应用的测量时间通常在 30~90min 之间,而 GNSS 技术采用短基线相对定位法,一次观测所需时间只需要几分钟。

2.2 节省经费

GNSS 技术应用差分技术,可以在全球范围内使用,不需要设置地面基站,可以减少对基站的维护费用和人工、场地成本,地形测量成本较低。

2.3 监测范围广

GNSS 技术在一定范围内可以进行实时连续监测,无需固定时间间隔。监测精度高,对变形趋势的预测与分析能提供可靠的参考依据。监测网布局灵活,可根据不同区域的具体情况进行优化配置^[4]。工作效率高,工作强度小,可自动完成数据采集、数据处理等全部工作。GNSS 技术充分利用已有的地面基准、控制网和现有的测量技术和手段,使其具有经济、灵活、实时、高效的特点。

2.4 操作简便

采用 GNSS 技术设备进行地形测量操作简便,只需要定向接收机天线,然后接收卫星信号,即可根据接收机显示的相位数据计算出载体的相对位置。但在实际地形测量中应注意,最好在一个固定点上同时观测几个相同的 GPS 卫星,可使对同一位置得到的数据精度一致^[5]。

2.5 精度高

GNSS 系统通过基准站与监测站进行数据交换,监测系统可自动捕捉 GPS 信号在各个时刻的位置变化,从而获取各个时刻的坐标,该系统的最大优势是它可以实现固定站与流动站的无缝衔接,在任意位置上进行数据传输,使系统的工作更加方便、快捷。采用这种方法进行位移监测,精度能达到厘米级,根据地形测量要求可以同时使用 2~3 个点进行监测^[6]。在变形区域中可以增加监测点从而有效提高监测精度。并且监测系统能够实现实时在线数据采集、数据显示及数据处理。当地形测量变形速率达到预警值时,能够在控制中心发出报警,提醒测量人员及时修正。

2.6 不受天气影响

GNSS 技术通过卫星信号传输和接收数据进行地形测量,不受气候影响,无论何种天气条件下,GNSS 技术设备都能够正常工作。

3. GNSS 技术在地形测量中的具体应用

按照 GNSS 接收机在作业中的运动状态不同可分为静态定位和动态测量^[7]。

3.1 GNSS 静态定位

在地形测量定位过程中,将接收机放置在测站点上并固定不动。严格说来,静态定位只是相对的,通常指接收机相对于其周围点位没有发生位置变化。实际操作时布设 E 级 GNSS 加密控制网,构建 WGS-84 坐标系,提供 WGS-84 平差坐标、独立坐标系相关数据,构建测量地形控制网,测量人员采集外业数据后进行相应计算分析即可。

3.2 RTK 动态测量

在地形测量定位过程中,接收机处于运动状态。实际操作时需要地测测量人员进行踏勘工作,并做好地形测量内业准备工作,针对测量区域建立独立坐标系,所以需要进行 WGS-84 坐标系和独立坐标系转换。在进行参数选取之前,优先完成静态测量作业。RTK 动态定位采用非接触式测量,能显著提升 GNSS 可用范围,作业高效安全。基于 Android 的高性能影像处理技术,能实时获取地形坐标,作业距离为 2~15m,精度 2~4cm。采用 GNSS Soc 芯片,1408 通道,支持北斗三号卫星新频点 B1C、B2a 和 B2b RTK 解算,采用多频点抗干扰技术和多步长自适应滤波技术,具有信号强,数据好,固定快,精度高等优点。可以进行无网断点续测,在差分信号中断期间仍然提供 RTK 测量^[8]。

4. 影响 GNSS 静态控制网测量精度因素

GNSS 静态控制网测量精度的影响因素主要包括三方面,分别为接收机误差、传播路径误差及卫星有关误差。接收机有关误差分别为:(1)接收机的中误差。(2)天线相位中心的位置误差。(3)观测误差以及接收机软件和硬件造成的误差。传播路径有关误差分别为:(1)电离层延迟误差。(2)对流层延迟影响。(3)多路径效应。卫星有关误差分别为:(1)卫星星历误差。(2)卫星钟的钟误差。(3)相对论效应。(4)SA 误差。

5. 地形测量中 GNSS 静态控制网测量操作要点

5.1 GNSS 控制点选点要求

(1)点位应设在易于安装接收设备及视野开阔的较高点上。(2)点位应选在交通方便,有利于其他观测手段扩展与联测的地方。(3)地面基础稳定,易于点的保存。(4)网形应有利于同步观测边、点连接。(5)点位附近不应有大面积水域或不应有强烈干扰卫星信号接收的物体,以减弱多路径效应的影响。(6)点位目标要显著,视场周围 15° 以上不应有障碍物,以减少 GNSS 信号被遮挡或被障碍物吸收。(7)点位应远离大功率无线电发射源,离其距离要大于 200m;远离高压输电线,其距离不得少于 50m,以避免电磁场对 GNSS 信号的干扰。(8)选点人员应按技术设计进行踏勘,在实地按要求选定点位。当利用旧点时,应对旧点的稳定性、完好性以及觇标是否安全可用作检查,符合要求方可使用。(9)当所选点位需要进行水准联测时,选点人员应实地踏勘水准路线,提出有关建议。(10)点位选定后应现场标记、画略图。

5.2 RTK 控制测量要点

GNSS-RTK 并不能完全替代全站仪等常规仪器,在影响 GNSS 卫星信号接收的遮蔽地带,可在附近用流动站及时做出两个控制点,再用全站仪、测距仪等测量工具弥补 GNSS-RTK 的不足^[9]。RTK 控制测量中,可以采取以下方法提高地形测量精度,分别为:(1)选用高精度的 RTK 接收机。(2)转换参数的精度主要取决于校正点本身的精度,点的分布情况以及采用的拟合方式,直接关系到成果的可靠性,而点的分布又是重中之重,特别是对于高程的影响。应选择高精度的、正确的转换点坐标,点位在测区内平均分布,选用合适的拟合方式。(3)人为误差

主要是人为的扶杆、对中误差等。测量时应保证扶杆直立,严格对中。

6. 减少地形测量中 GNSS 静态控制网测量误差策略

6.1 控制网点精度及密度

在进行地形测量时,针对测量区域进行系统化控制和测量,保证地形图册绘件、数据采集的精确度。为保证测量精度和密度,应确定测量地形的特征点。在控制网点密度时,应将测量地形的具体范围及测量顺序进行分类,根据具体地形细化成加密网点。对于密度较大的复杂地形,在保证网点具备点位精度的同时,应当视情况增加控制点,便于精确测量。另外根据地形需要在 GNSS 网点下加密一级图根导线,可以精确测量地形拐点。

6.2 GNSS 控制网布设及数据处理

采集地质资料、点位资料、既有 CORS 站及图件等资料,实地勘探后设计 GNSS 控制网。GNSS 控制点选择按照上述中选点要求进行。GNSS 布网方式测绘常用有单基准站式、多基准站式、图形扩展式、跟踪站式等几种^[10],应根据测量地形特点选择合适布网方式。地形测量后数据处理前应再次确认外业测量数据精度,同时要保证 GNSS 网基线精度。最后利用 GNSS 数据处理软件开展 GNSS 网平差工作,提取基线向量,约束或联合三维无约束平差,完成地形测量质量分析及质量控制。

7. 结语

地形测量能够将测绘地形形成图形方式,在国土资源的合理利用、城乡建设规划、农林牧渔业的发展、环境保护以及地籍管理等工作中有重要辅助作用。GNSS 技术对地形测量的开展提供有力的技术支持,通过 GNSS 技术减少了传统地形测量在时间、人力、物力上的消耗,增加了地形测量的便捷度。本文具体阐述 GNSS 技术在地形测量中的应用,分析影响 GNSS 静态控制网测量精度因素,并提出了针对性的策略,为进一步推动土地测绘工作的顺利开展提供理论依据。

参考文献:

[1]杨细源,曾飞翔,聂文泽等.基于GNSS技术的水电站外部变形自动化监测系统方案设计与应用[C].中国大坝工程学会.水库大坝智慧化建设与高质量发

展.中国建筑工业出版社,2023,29(03):122-125.

[2]熊春宝,张雪芳,牛彦波,朱劲松.一种基于RTK-GNSS技术的大跨径悬索桥动态特性分析方法[J].天津大学学报(自然科学与工程技术版),2019,52(07):699-708.

[3]卢石坤.GNSS技术在矿产勘查中的应用及可靠性分析——以广东省粤北矿产勘查区为例[J].东华理工大学学报(自然科学版),2017,40(04):381-385.

[4]张排伟,王燕. GNSS技术在农村集体土地确权测量中的应用[C].中国测绘学会科技信息网分会.全国测绘科技信息网中南分网第二十八次学术信息交流会论文集.黄河水利出版社,2014,05(07):655-657.

[5]聂文泽,杨细源,黎杰等.非洲几内亚苏阿皮蒂水电站基于北斗/GNSS技术的变形自动化监测系统建设方案设计与应用[C].中国水利学会.中国水利学会2021学术年会论文集第四分册.黄河水利出版社,2021,12(06):302-310.

[6]王慧敏,罗忠行,肖映城,刘正兴,何安良,梁晓东.基于GNSS技术的高速公路边坡自动化监测系统[J].中国地质灾害与防治学报,2020,31(05):60-68.

[7]陈廷武.GNSS技术在北京东部区域地面沉降监测中的应用[C].中国测绘地理信息学会工程测量分会,中国测绘地理信息学会矿山测量专业委员会,江苏省测绘地理信息局,江苏省测绘地理信息学会.变形与安全监测理论与实践——2014工程测量分会与矿山测量专委会年会论文精选.中国地图出版社(测绘出版社),2014,11(06):76-77+84.

[8]陈孜,黄观文,白正伟,张双成,张永志.基于低成本毫米级GNSS技术的膨胀土边坡现场监测[J].中南大学学报(自然科学版),2022,53(01):214-224.

[9]於永东,林国利,陈炳富等.GNSS技术在尾矿库坝体变形监测中的应用[C].中国测绘地理信息学会工程测量分会,中国测绘地理信息学会矿山测量专业委员会,江苏省测绘地理信息局,江苏省测绘地理信息学会.变形与安全监测理论与实践——2014工程测量分会与矿山测量专委会年会论文精选.中国地图出版社(测绘出版社),2014,10(02):63-65.

[10]李春林,王波,李亚刚,李小刚.Trimble RTX与传统GNSS技术在青海地区基础测绘应用中的精度对比分析[J].测绘技术装备,2019,21(04):39-44.