

GPS 测量在某工程中的应用

勘察分院 肖春生 何名君

摘 要 简述了全球定位系统 (GPS) 的基本结构和测量原理,总结了 GPS 用于工程测量所具有的特点,介绍了 GPS 测量在某工程中的应用实例。

关键词 GPS; 工程测量; 应用实例

全球定位系统 (Global Positioning System, 简称 GPS) 是美国从 20 世纪 70 年代开始研制的用于军事部门的新一代卫星导航与定位系统,历时 20 年,耗资 200 多亿美元,分三个阶段研制,陆续投入使用,并于 1994 年全面建成。GPS 是以卫星为基础的无线电卫星导航定位系统,它具有全能性、全球性、全天候、连续性和实时性的精密三维导航与定位功能,而且具有良好的抗干扰性和保密性。因此, GPS 技术率先在大地测量、工程测量、航空摄影测量、海洋测量、城市测量等测绘领域得到了应用,并在军事、交通、通信、资源、管理等领域展开了研究并得到广泛应用。本文介绍 GPS 在山区工程测量中的应用,并提出几点体会。

1 GPS 简介

1.1 GPS 构成

GPS 主要由空间卫星星座、地面监控站及用户设备三部分构成。

(1) GPS 空间卫星星座由 21 颗工作卫星和 3 颗在轨备用卫星组成。24 颗卫星均匀分布在 6 个轨道平面内,轨道平面的倾角为 55° , 卫星的平均高度为 20200 km, 运行周期为 11 h 58 min。卫星用 L 波段的两个无线电载波向广大用户连续不断地发送导航定位信号,导航定位信号中含有卫星的位置信息,使卫星成为一个动态的已知点。在地球的任何地点、任何时刻,在高度角 15° 以上,平均可同时观测到 6 颗卫星,最多可达到 9 颗。

(2) GPS 地面监控站主要由分布在全球的一个主控站、三个注入站和五个监测站组成。主控站根据各监测站对 GPS 卫星的观测数据,计算各卫星的轨道参数、钟差参数等,并将这些数据编制成导航电文,传送到注入站,再由注入站将主控站发来的导航电文注入到相应卫星的存储器中。

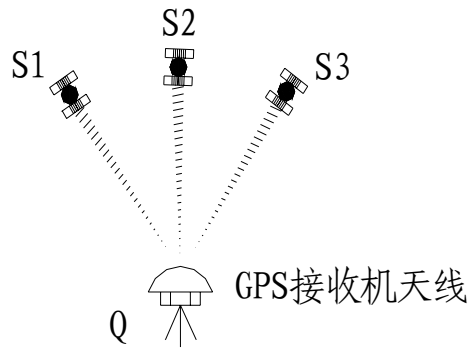


图 1 定位原理图

(3) GPS 用户设备由 GPS 接收机、数据处理软件及其终端设备（如计算机）等组成。GPS 接收机可捕获到按一定卫星高度截止角所选择的待测卫星的信号，跟踪卫星的运行，并对信号进行交换、放大和处理，再通过计算机和相应软件，经基线解算、网平差，求出 GPS 接收机中心（测站点）的三维坐标。

1.2 GPS 定位原理

GPS定位是根据测量中的距离交会定点原理实现的[1]。如图 1 所示，在待测点Q设置GPS接收机，在某一时刻 t_k 同时接收到 3 颗（或 3 颗以上）卫星S1、S2、S3 所发出的信号。通过数据处理和计算，可求得该时刻接收机天线中心（测站点）至卫星的距离 ρ_1 、 ρ_2 、 ρ_3 。根据卫星星历可查到该时刻 3 颗卫星的三维坐标 (X_j, Y_j, Z_j) ， $j=1, 2, 3$ ，从而由下式解算出Q点的三维坐标 (X, Y, Z) ：

$$\rho_1^2 = (X - X_1)^2 + (Y - Y_1)^2 + (Z - Z_1)^2$$

$$\rho_2^2 = (X - X_2)^2 + (Y - Y_2)^2 + (Z - Z_2)^2$$

$$\rho_3^2 = (X - X_3)^2 + (Y - Y_3)^2 + (Z - Z_3)^2$$

1.3 GPS 测量的特点

相对于常规测量来说，GPS测量主要有以下特点：①测量精度高。GPS观测的精度明显高于一般常规测量，在小于 50 km的基线上，其相对定位精度可达 1×10^{-6} ，在大于 1000 km的基线上可达 1×10^{-8} 。②测站间无需通视。GPS测量不需要测站间相互通视，可根据实际需要确定点位，使得选点工作更加灵活方便。③观测时间短。随着GPS测量技术的不断完善，软件的不断更新，在进行GPS测量时，静态相对定位每站仅需 20 min左右，动态相对定位仅需几秒钟。④仪器操作简便。目前GPS接收机自动化程度越来越高，操作智能化，观测人员只

需对中、整平、量取天线高及开机后设定参数，接收机即可进行自动观测和记录。

⑤全天候作业。**GPS**卫星数目多，且分布均匀，可保证在任何时间、任何地点连续进行观测，一般不受天气状况的影响。

⑥提供三维坐标。**GPS**测量可同时精确测定测站点的三维坐标，其高程精度已可满足四等水准测量的要求。

2 应用实例

2.1 工程概况

洛南区的神龙山观光园是一个以苗圃、经济林及药材种植为主，集休闲、娱乐、旅游、度假等功能于一体的综合项目。工程位于龙门西山，占地 2.5km²多，测区地形属山地丘陵地貌。高差约 100 m。山上树木茂盛，地形复杂，通视困难，行走不便。为了该工程的设计和施工，需建立首级控制网。考虑到工程复杂，工期较紧，测区通视困难，地形起伏大等因素，决定采用GPS测量。

2.2 GPS 测量的技术设计

(1) 设计依据。GPS 测量的技术设计主要依据 1999 年建设部发布的行业标准《城市测量规范》、2001 年发布的国家标准《全球定位系统（GPS）测量规范》[3] 及工程测量合同有关要求制定的。

(2) 设计精度。根据工程需要和测区情况，选择城市或工程二级GPS网作为测区首级控制网。要求平均边长小于 1 km，最弱边相对中误差小于 1 / 10000，GPS接收机标称精度的固定误差 $a \leq 15 \text{ mm}$ ，比例误差系数 $b \leq 20 \times 10^{-6}$ 。

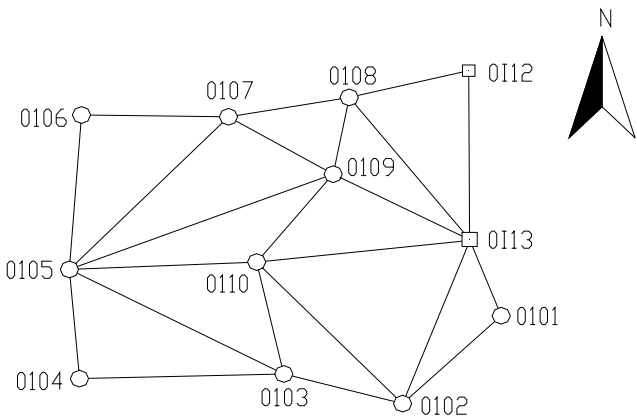


图 2 控制网设计图

(3) 设计基准和网形。如图 2 所示，控制网共 12 个点，其中联测已知平面

控制点 2 个 (I12, I13), 高程控制点 5 个 (I12, I13, 105, 109, 110, 其高程由四等水准测得)。采用 3 台 GPS 接收机观测, 网形布设成多边形。

(4) 观测计划。根据 GPS 卫星的可见预报图和几何图形强度 (空间位置因子 PDOP), 选择最佳观测时段 (卫星多于 4 颗, 且分布均匀, PDOP 值小于 6), 并编排作业调度表。

2.3 GPS 测量的外业实施

(1) 选点。GPS 测量测站点之间不要求一定通视, 图形结构也比较灵活, 因此, 点位选择比较方便。但考虑 GPS 测量的特殊性, 并顾及后续测量, 选点时应着重考虑: ①每点最好与某一点通视, 以便后续测量工作的使用; ②点周围高度角 15° 以上不要有障碍物, 以免信号被遮挡或吸收; ③点位要远离大功率无线电发射源、高压电线等, 以免电磁场对信号的干扰; ④点位应选在视野开阔、交通方便、有利扩展、易于保存的地方, 以便观测和日后使用; ⑤选点结束后, 按要求埋设标石, 并填写点之记。

(2) 观测。根据 GPS 作业调度表的安排进行观测, 采取静态相对定位, 卫星高度角 15°, 时段长度 30min, 采样间隔 10 s。在 3 个点上同时安置 3 台接收机天线 (对中、整平、定向), 量取天线高, 测量气象数据, 开机观察, 当各项指标达到要求时, 按接收机的提示输入相关数据, 则接收机自动记录, 观测者填写测量手簿。

2.4 GPS 测量的数据处理

GPS 网数据处理分为基线解算和网平差两个阶段, 采用随机软件 (中海达 GPS 平差测量软件) 完成。经基线解算、质量检核和网平差后, 得到 GPS 控制点的三维坐标 (见表 1), 其各项精度指标符合技术设计要求。

表 1 GPS 坐标及标高成果表

点号	坐 标		桩顶 H (米)	备注
	(X) 纵 (米)	(Y) 横 (米)		
0101	38209.686	44116.525	203.370	埋石
0102	38001.472	44060.975	213.782	埋石
0103	38134.095	44813.326	258.500	埋石

0104	38253.205	44557.277	272.510	埋石
0105	38277.040	44552.207	247.384	埋石
0106	38283.889	44583.385	222.941	埋石
0107	38672.225	44859.886	253.682	埋石
0108	38743.054	45008.271	210.247	埋石
0109	38536.709	44956.558	233.269	埋石
0110	38330.531	44819.596	246.526	埋石
0112	38374.567	45096.838	203.854	X,Y,H 已知
0113	38790.230	45097.337	241.278	X,Y,H 已知

3 结束语

通过 GPS 在测量中的应用，得到如下体会。

(1) GPS 控制网选点灵活，布网方便，基本不受通视、网形的限制，特别是在地形复杂、通视困难的测区，更显其优越性。但由于测区条件较差，边长较短（平均边长不到 300 m），基线相对精度较低，个别边长相对精度大于 $1 / 10000$ 。因此，当精度要求较高时，应避免短边，无法避免时，要谨慎观测。

(2) GPS 接收机观测基本实现了自动化、智能化，且观测时间在不断减少，大大降低了作业强度，观测质量主要受观测时卫星的空间分布和卫星信号的质量影响。但由于个别点的选定受地形条件限制，造成树木遮挡，影响对卫星的观测及信号的质量，经重测后通过。因此，应严格按有关要求选点，择最佳时段观测，并注意手机、步话机等设备的使用。

(3) GPS 测量的数据传输和处理采用随机软件完成，只要保证接收卫星信号的质量和已知数据的数量、精度，即可方便地求出符合精度要求的控制点三维坐标。但由于联测已知高程点较少（仅联测 5 个），致使控制网中的部分控制点高程精度较低。因此，要保证控制点高程的精度，必须联测足够的已知高程点。

参考文献

[1] 刘大杰. 全球定位系统 (GPS) 的原理与数据处理 [M]. 上海: 同济大学出

版社，1996.

[2] 北京市测绘设计研究院. CJJ73—97, 全球定位系统城市测量技术规程 [S]. 北京: 中国建筑工程工业出版社, 1997.

[3] 国家测绘局测绘标准化研究所. GB/T 18314—2001, 全球定位系统 (GPS) 测量规范 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2001.