

# 多基准站式快速静态 GPS 测量及其应用

张玉方\*

(漳州市测绘设计研究院 福建 漳州 363000)

**摘要:** 静态 GPS 测量作为一种经典的测量方式广泛用于高精度监测以及建立各种类型和精度的测量控制网。为确定两点之间的基线向量,较为普遍的作业模式主要有静态相对定位、快速静态相对定位、准动态相对定位和动态相对定位等。本文介绍的多基准站式快速静态 GPS 测量方法,由各个基准站同步不间断的观测提供高精度、高可靠性的骨架基线,而快速静态测量流动站与多个基准站之间构成同步向量,无需考虑各个观测点之间的网形分布。

**关键词:** 测量控制网;多基准站;快速静态定位

## 1 前言

近 20 年来,随着动态 GPS 测量技术的发展与完善, GPS 逐渐在诸如地形测图、施工放样、航空摄影测量、海洋测绘和地理信息数据采集等方面得到充分应用。但静态 GPS 测量作为一种经典的测量方式,仍然活跃在测绘领域的各个方面,尤其适用于高精度测量,例如高精度大地测量、控制测量、变形监测以及建立各种类型和精度的测量控制网。

## 2 GPS 网

GPS 网是采用 GPS 定位技术建立的测量控制网,由 GPS 观测点和基线向量所构成。GPS 网施测的基本外业观测单元是一个由多台 GPS 接收机进行同步观测的时段。GPS 网施测时,待求点的数量往往要远多于用来观测的 GPS 接收机的数量,再加上对平均设站观测次数的要求,因而采用逐步推进的作业方法,通过多个时段的同步观测来完成 GPS 网中所有点的测量。

## 3 GPS 网的布网形式<sup>[1]</sup>

GPS 网的布网形式是指在建立 GPS 网时观测作业的方式,包括网的点数与参与观测的接收机数的比例关系、观测时段的长短、观测时段数以及在观测作业期间接收机所处的地位等特征。现有的布网方式有跟踪式、会战式、多基准站式(枢纽式)、同步图型扩展式及单机站式。本文介绍多基准站式的应用。

多基准站式:

### (1) 布网形式

若干台接收机在一段时间内长期固定在某几个点上作为基准站进行长时间的观测。与此同时,另外一

些接收机则在这些基准站周围相互之间进行网观测模式或点观测模式。

### (2) 特点

多基准站式布网形式建立的 GPS 网,由于各个基准站间进行了长时间的观测,因而可获得高精度、高可靠性的基线向量,这些基线向量可作为整个 GPS 网的骨架。另一方面,若流动站采用同步观测模式,则除了同步观测的流动站间存在基线向量外,流动站与各个基准站之间还存在基线向量,这样可获得更强的图型结构。

### (3) 适用范围

适用于建立 B、C、D、E 级网。根据 GB/T 18314-2009 规定<sup>[2]</sup>,在采用多基准站式布网形式建立等级 GPS 控制网时,网中至少应有包括基准站在内的 4 个以上高等级 GPS 点;当流动站采用点模式进行观测时,最好有 4 个以上的本身为高等级 GPS 点的基准站。

## 4 快速静态定位

为确定两点之间的基线向量,有多种 GPS 测量的作业模式,较为普遍的作业模式主要有静态相对定位、快速静态相对定位、准动态相对定位和动态相对定位等。快速静态定位作业方法是在测区选择一个或多个基准站(参考站),并安置一台接收设备跟踪所有可见卫星,另一台接收机依次到各点流动设站,每点观测数分钟。快速静态定位在观测时段内确保有 5 颗以上的卫星可供观测,流动点与基准点相距不超过 20 km<sup>[3]</sup>。

## 5 多基准站式快速静态 GPS 测量及其应用

多基准站式 GPS 静态测量,由各个基准站同步不间断的观测提供高精度、高可靠性的骨架基线,而快速静态

\* 收稿日期: 2015-02-07

作者简介: 张玉方(1981—),女,注册测绘师,工程师,主要从事城市规划测量技术工作。

测量流动站与多个基准站之间构成同步向量,无需考虑各个观测点之间的网形分布,这样观测就很机动灵活,尤其适合观测点之间距离短,基线可靠性差的网形。这类类似于 RTK 测量,不过比 RTK 测量的精度更高。在实际工程测量中,不仅要考虑精度因素,同时还需考虑作业成本及效率。文献《GPS 精密测量研究实验》<sup>[4]</sup>表明:观测时段在 2 h~6 h 之间,GPS 测量精度基本相同,无明显变化,精度随时段明显发生变化的是在 20 min~2 h 之间。采用多基准站式静态 GPS 测量既能保证测量精度又能减少观测时间,可以节约成本,提高效率。

### 5.1 实例一

#### (1) 项目概况

某客运专线某标段约 16 km 线路进行 GPS 控制点复测,验证其可靠性,从而能更好地建立 CP III 控制网,保证线路的准确一致。

为满足工程需要,控制网沿线路两侧布设,网点结合现场的条件均匀地分布在线路两侧,共有 GS II 控制点 13 个,加密 CP II 控制点 22 个。控制网示意图如图 1 所示:

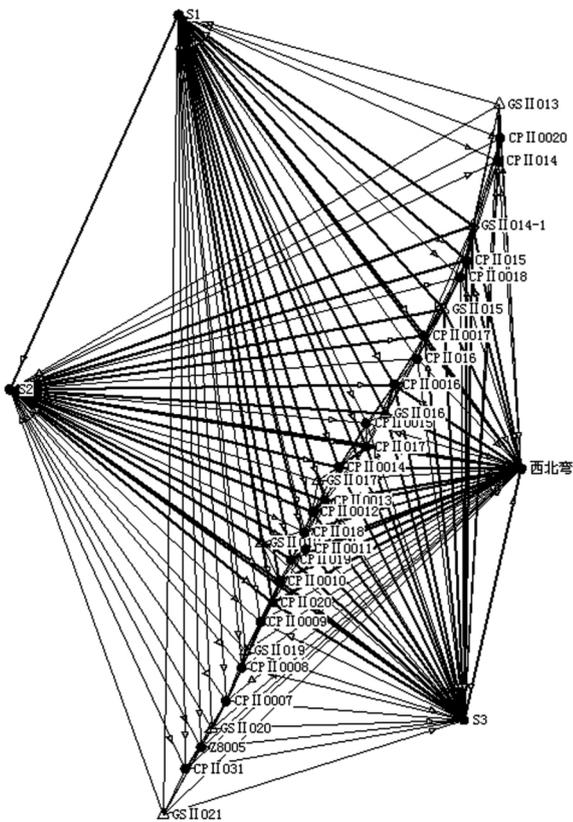


图 1 铁路控制网示意图

#### (2) 控制网布设

根据网形分布特点,在控制点连线的两边各选取两个 GPS 控制点, S1、S2 和 S3、西北湾作为基准点进行连续观测,从而使网形有足够的强度,作业时将 4 台 GPS 接收机安置在选取的控制点上,另外 5 台 GPS 接收机采取边

连式,采用快速静态的观测方法进行观测,具体的方法是每次移动 3 台接收机,保持有一个公共边,GPS 控制点每个观测时段不小于 60 min、相邻的 GPS 控制点之间基本上都有共同的观测时段,观测严格按照《全球定位系统(GPS)测量规范》GB/T 18314-2001 的要求进行。

#### (3) 复测结论

通过复测 GS II 控制网,与给出的坐标进行比较,虽然限差在允许范围之内,但可以看出 GS II 019 与 GS II 021 有一定的移动,这次复测与上次复测的结果相近,建议 GS II 019 与 GS II 021 控制点采用现复测坐标。通过复测 CP II 控制网,由于它是 GS II 控制网的加密,通过固定 GS II 控制点进行约束平差,结果与给出的坐标对比,基本上变化在几个毫米以内,最大的变化是 11 mm,满足规范限差要求。

该复测控制网布设方案合理,控制网强度大,有较多的多余观测量,经数据处理后,顺利通过了委托方的质检验收。

### 5.2 实例二

#### (1) 项目概况

D03、D04……D07 为某自定义坐标系的经过漳州市芫城区外郊的沈海高速公路复线的带状地形图的首级平面控制点, 1038 点为加密平面控制点, JC1、JC2、JC3 为漳州市地方坐标系离此高速公路最近的高级控制点。为把该高速公路沿线的带状地形图纳入漳州市的测绘基础资料库,需联测两个不同的控制系统,然后根据公共点进行转换。高速控制点离漳州市已有控制点较远,且成带状分布,根据此网形特点,考虑到联测控制网的强度,故采用多基准站式快速静态观测法进行联测。在 JC1、JC2、JC3、D07 摆设固定站长时间观测,一台接收机依次在 D03、D04 架站观测,另一台接收机依次在 D05、D06、1038 架站观测, D03、D04、D05、D06 以 D 级 GPS 网观测要求进行,观测时段数  $\geq 1.6$ ,时段长度  $\geq 60$  min<sup>[1]</sup>。观测网形如图 2 所示。本项目中为了检查快速静态的精度, 1038 点采用 D 级 GPS 快速静态的要求进行观测,观测时间为 25 min  $\geq 20$  min<sup>[2]</sup>。

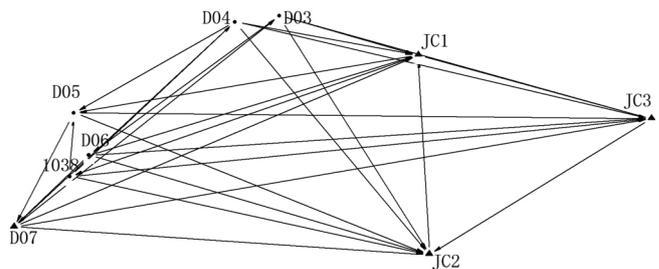


图 2 沈海复线芫城段控制网略图

#### (2) 数据处理

观测数据分别用中海达 GPS 数据处理软件 HDS2003 和徕卡 LGO 软件处理 处理结果两者相差很小 如表 1 所示。

为检验快速静态定位最低观测时间要求(观测

20 min<sup>[2]</sup>) 的可操纵性及精度 本项目中 1038 点采用快速静态定位模式观测 25 min ≥ 20 min 后期数据处理时以 JC1、JC2、JC3、D07 这 4 个固定站中的一个或多个作基准站进行数据解算。精度解算如表 2、表 3 所示:

基线最弱边相对中误差

表 1

起点	终点	北方向误差/m	中误差/m	东方向误差/m	中误差/m	平距/m	方位角/°′″	中误差/m	相对误差
D05	D07	-1 912.716 8	0.009 2	-914.490 2	0.007 9	2 120.089 1	205.553 0	0.012 1	1 : 175 166

最弱点平面中误差

表 2

点名	x	y	h 正高/m	x 中误差/m	y 中误差/m	平面中误差/m
1038	19 488.288 2	16 020.111 2	11.954 9	0.022 5	0.029 5	0.037 1

最终坐标平差值

表 3

点名	x	y	h 正高/m	x 中误差/m	y 中误差/m	平面中误差/m
1038	19 488.288 2	16 020.111 2	11.954 9	0.022 5	0.029 5	0.037 1
D03	22 178.044 9	19 215.788 1	12.368 8	0.003 0	0.003 1	0.004 3
D04	22 074.645 1	18 542.120 8	11.282 0	0.005 2	0.005 6	0.007 6
D05	20 553.559 6	16 084.3106	10.814 6	0.009 0	0.008 9	0.012 6
D06	19 844.227 1	16 312.492 6	11.636 2	0.004 8	0.004 7	0.006 7
D07	18 640.855 7	15 169.825 0	17.557 5	0.002 5	0.002 9	0.003 8

在后期数据处理中发现 采用 JC1、JC2、JC3、D07 这 4 个固定站中的 4 个或者任意 3 个或者任意 2 个作为基准站来解算 其他点解算出来的点位较差非常小 几乎完全一致。由此可知: 只要起算点的精度可靠 采用 2 个、3 个或者 4 个基准站来解算 对整个观测网的影响不大。出于精度考虑至少需要 2 个基准站; 出于经济成本考虑 3 个基准站比较合适。

测量 两种方法取长补短 相得益彰 既有高精度的封闭基线 观测站也不用考虑复杂的布网及重复观测 减少了观测时间 这大大提高了观测的速度 又保证了观测精度。在我院众多的 GPS 测量项目中均采用了此种观测方式 在保证精度的同时 简化了观测流程 减少了观测时间 取得了一定的经济效益。

### 6 结 论

快速静态相对定位模式具有方法简单、作业速度快、精度高和能耗低等优点 当只用两台接收机进行作业时 不构成闭合图形 可靠性差<sup>[5]</sup>; 而静态相对定位能构成一系列封闭的基线图形 有利于外业成果的检核 精度高; 但是观测布网比较复杂 作业速度慢。本文所使用的多基站式快速静态测量方法 在多个(2 个、3 个) 已知点架设基准点 在观测点进行快速静态

### 参考文献

[1] 李征航 黄劲松. GPS 测量与数据处理 [M]. 武汉: 武汉大学出版社 2010: 208 ~ 209.  
 [2] GB/T 18314-2009. 全球定位系统(GPS) 测量规范[S].  
 [3] 黄声享, 郭英起, 易庆林. GPS 在测量工程中的应用 [M]. 北京: 测绘出版社 2007: 140.  
 [4] 张彪, 刘浩. GPS 精密测量研究实验 [J]. 城市勘测 2011 (2): 68 ~ 70.  
 [5] 徐绍铨 张华海 杨志强等. GPS 测量原理及应用 [M]. 武汉: 武汉大学出版社 2003: 118.

## The Application of Fast Static GPS Measurement with Multiple Reference Stations

Zhang Yufang

(Zhangzhou Institute of Surveying and Mapping Zhangzhou 363000, China)

**Abstract:** Static GPS measurements as a classical measurement method is widely used in high-precision geodetic control measurement, established of various precision control network. To determine the baseline vector between two points, there are a variety of GPS measurement mode, such as static relative positioning, fast static relative positioning, relative positioning and dynamic quasi-dynamic relative positioning. Multi-station-style fast static GPS measurement method is described in this article, synchronous continuous observation by each base station to provide high-precision, high reliability skeleton baseline, and fast static measurement between the rover and the coincident vectors, multiple base stations, without regard to net-shaped distribution between each observation point.

**Key words:** measurement and control network; multiple reference station; rapid static positioning