

# 某项目静态 GNSS E 级点布设及解算流程

俞文孝 黄朝梁 陈文阳  
西南有色昆明勘测设计(院)股份有限公司  
DOI:10.12238/gmsm.v7i4.1790

**[摘要]** 为保证测绘工程定位精确性,对测区进行踏勘,收集测区内交通、气候、水文、地质等资料,对测区范围选择布网地质条件及环境要素,点位避开大面积水位或强烈干扰卫星信号的接收物,均匀先布设首级控制网,其目的是提高测绘精度和效率,保证数据质量误差可控,新测区首级网必须与国家已知点联测3点,计算测区控制网点,随后根据测区需要及测区大小加密若干控制网,观测采用GNSS接收机同步观测,并记录好观测时间、开(关)机时间、点号、天线量高方式、天线和主机类型、天线和主机序列号等。

**[关键词]** GNSS; 选点; 观测数据; 解算成果

**中图分类号:** P2 **文献标识码:** A

## A project static GNSS E-level point placement and solution process

Wenxiao Yu Chaoliang Huang Wenyang Chen

Southwest Nonferrous Metals Kunming Survey and Design (Institute) Co

**[Abstract]** In order to ensure the accuracy of the positioning of the mapping project, the survey area to carry out a foot survey, collect the traffic, climate, hydrology, geology and other information within the survey area, the scope of the survey area to choose the network geological conditions and environmental factors, the point to avoid large areas of the water table or strong interference with the satellite signal receivers, uniform first laid the first level of the control network, which is designed to improve the accuracy and efficiency of mapping and to ensure that the data quality error is controllable, the first level of the network of the new survey area must be 3 points with the national known points, calculate the control network points of the survey area, and then encrypt a number of control networks according to the needs of the survey area and the size of the survey area, the observation adopts the synchronized observation of the GNSS receiver, and record the observation time, the time of the on/off time, the point number, the antenna elevation mode, the type of the antenna and host, the antenna and the host serial number, and so on.

**[Key words]** GNSS; point selection; observational data; interpretation results

### 1 概述

测区范围位于项目所在地理位置,地理坐标:东经E,西经W,北纬N,南纬S,地形类别为山地和居民区,居民区内地物比较复杂、房屋密集,山地地物复杂植被茂密,通视特别困难,野外测绘采集特征点非常困难,为保证项目精度,采用GNSS进行控制网布设,GNSS观测数据包括两部分,分别为外业和内业。选点(即观测站址的选择)、建立观测标志、野外观测作业以及成果质量检核等是外业工作最主要部分;内业工作主要将外业采集数据源解算,包括GNSS测量的技术设计、测后数据处理以及技术总结等。其主要流程为:技术设计、选点与建立标志、外业观测、成果解算,检核与处理。

### 2 GNSS网的设计

#### 2.1 控制网等级

工程类控制网一般布设一级平面控制网作为本项目测量工程基本平面控制,并根据测图需要加密图根控制,一级GNSS平面控制网覆盖整个工程区域,采用静态测量方法施测。在一级GNSS平面控制网基础上,采用单基站GNSS RTK方法测量图根控制点。平均每幅图不少于4个图根点,其中埋石图根点不少于2个(含更高等级控制点),相邻图根控制点之间的距离不宜小于100m。

#### 2.2 GNSS网布设

(1) 布设首级控制网:首级控制网必须与已知点联测,联测点数不少于3点,首级控制点均匀分布测区范围;(2) 加密点:加密点是在首级控制点的基础上加密,加密点一般采用导线和符合水准相结合,既要保证平面精度又要保证高程精度。(3) 点位

布设要统一规格,一级点用“T-001”表示,图根用“T-001”表示,整个测区不重号。

### 3 选点

#### 3.1 GNSS选点基本原则

一级GNSS控制点均选在交通便利、土质坚实可靠、不易被破坏并且要保证作业的安全的地方,点位选择还要考虑安置接收设备和操作要方便,视野一定要开阔;如有大功率无线电发射源和高压输电线一定要远离,点位布设必须要均匀,所选点位还要满足GNSS观测和水准联测条件的要求;点位占用的土地,要得到相关人的同意方可占用。

#### 3.2控制点埋设要求

为保证测区的埋石统一,各级控制点标石均按照统一标准埋设地要通视好、稳固、不易被破坏且满足观测条件。(1)布设在土质位置的一级GNSS控制点和埋石图根点均采用预制混凝土标进行埋设,规格为顶部12cm×12cm、底20cm×20cm、高60cm,在标石顶部用红色油漆标注点名,标石顶部基本与地面齐平。(2)设置在沥青路面的一级GNSS控制点和埋石图根点在公路边采用钢钉直接打入地下,其长度不小于30cm,直径不小于1cm,并用红色油漆在附近标注点名。(3)所埋控制点要保证至少有一个通视方向。(4)一级GNSS点编号为T-4\*\*;图根控制点编号为T-4\*\* (4代表第四标段)。(5)一级GNSS控制点埋设后,用数码相机对每个控制点各拍摄一张近景和远景照片,并绘制点之记。(6)选点完成后提交选点图、点之记信息、实地选点情况说明,对埋石工作的建议等。

### 4 观测数据

(1)三脚架对中整平于待测点中心位置,丈量天线仪器高度,利用钢卷尺的不同部位量取仪器台下表面至中心标志面的高差3次,互差不大于5mm,取平均值;(2)认真检查仪器、天线、电源连接情况,必须保证符合规定后才能开机观;(3)开机后要输入测站、观测单元和时段等控制信息;(4)天线高的测量要在每个时段进行观测的前后都有做一次,读数要精确到1mm,两次量高之差要小于3mm,取平均值作为最后天线高;(5)在每个时段的观测开始和结束之前都有进行记录观测卫星号、天气状况、实时定位经纬度和大地高、PDOP值等。(6)接收机各种信息必须定时进行检查,需填写的信息在手簿中做好记录,如有特殊情况要在备注栏中做好注明;(7)观测期间一定要避免接收设备震动,不但不能对设备进行移动,而且还要防止天线或者信号被人员或物体碰动遮挡;(8)观测期间,在天线附近50m以内不得使用电台,也不能在10m以内使用对讲机;(9)在观测的过程中不能进行下面的操作:①重启接收机;②进行自测试;③卫星截止高度角的改变;④数据采样间隔的改变;⑤天线位置变动;⑥按动关闭文件和删除文件等功能键。(10)雷电、风暴天气时,不宜进行GNSS观测;(11)新布设的GNSS网点,与高等级联测数要在3个及以上;求定GNSS点在某一参考坐标系中的坐标,联测数不少于1个;在局部补充加密时,采用高等级的网点数不少于4个,观测时段结束后,应及时将观测数据下载,每天的原始数据使用一个子目录,每天的RINEX数据使用另一个子目录。子目录命名方式采

用“测站编号+年代+该天的年月日+D”和“测站编号+年代+该天的年月日+R”的形式(其中,D表示原始观测数据,R表示RINEX格式数据)。原始数据与RINEX数据必须在微机硬盘中保留到上交的数据检查验收完成后,并在不同的介质上备份。

### 5 数据处理

数据处理(数据传输、格式转换、基线处理、网平差)、基线解算、网平差。

#### 5.1 GNSS E级点观测数据处理

将记录在接收机中观测原始数据调入专业软件处理,采用格式软件转换为标准数据、输入观测开始时间、结束时间、点名、量取的天线高、天线类型等数据、基线解算如图1。

文件名	路径	观测日期	开始	结束	测站ID	天线高	量取...	量取方式	天线类型	版本
GP011551...	F:\2...	2021年06月04日	11时01分	12时05分	GP01	1.5307	1.5090	天线斜高	STXS9SX055A	99.90
GP021551...	F:\2...	2021年06月04日	11时01分	12时06分	GP02	1.5737	1.5520	天线斜高	STXS9SX055A	99.90
GP041553...	F:\2...	2021年06月04日	15时59分	17时00分	GP04	1.5427	1.5210	天线斜高	STXS9SX055A	99.90
GP051552...	F:\2...	2021年06月04日	13时28分	14时30分	GP05	1.5187	1.4970	天线斜高	STXS9SX055A	99.90
GP061551...	F:\2...	2021年06月04日	11时02分	12时05分	GP06	1.6408	1.6190	天线斜高	STXS9SX055A	99.90
GP061552...	F:\2...	2021年06月04日	13时29分	14时30分	GP06	1.6318	1.6100	天线斜高	STXS9SX055A	99.90
GP071551...	F:\2...	2021年06月04日	11时01分	12时06分	GP07	1.4476	1.4260	天线斜高	STXS9SX055A	99.90
GP081551...	F:\2...	2021年06月04日	11时02分	12时05分	GP08	1.5898	1.5680	天线斜高	STXS9SX055A	99.90
GP091551...	F:\2...	2021年06月04日	11时02分	12时05分	GP09	1.6098	1.5880	天线斜高	STXS9SX055A	99.90
GP091552...	F:\2...	2021年06月04日	13时30分	14时30分	GP09	1.6038	1.5820	天线斜高	STXS9SX055A	99.90
GP101552...	F:\2...	2021年06月04日	13时29分	14时30分	GP10	1.5016	1.4800	天线斜高	STXS9SX055A	99.90
GP101553...	F:\2...	2021年06月04日	15时59分	17时00分	GP10	1.5016	1.4800	天线斜高	STXS9SX055A	99.90
GP111553...	F:\2...	2021年06月04日	15时59分	17时01分	GP11	1.5487	1.5270	天线斜高	STXS9SX055A	99.90
GP111554...	F:\2...	2021年06月04日	18时08分	19时10分	GP11	1.5487	1.5270	天线斜高	STXS9SX055A	99.90
GP121554...	F:\2...	2021年06月04日	18时08分	19时10分	GP12	1.5167	1.4950	天线斜高	STXS9SX055A	99.90
GP121561...	F:\2...	2021年06月05日	09时24分	10时26分	GP12	1.5527	1.5310	天线斜高	STXS9SX055A	99.90
GP131554...	F:\2...	2021年06月04日	18时08分	19时10分	GP13	1.6879	1.6660	天线斜高	STXS9SX055A	99.90

图1 观测数据

5.2所有基线解算如下图2、图3

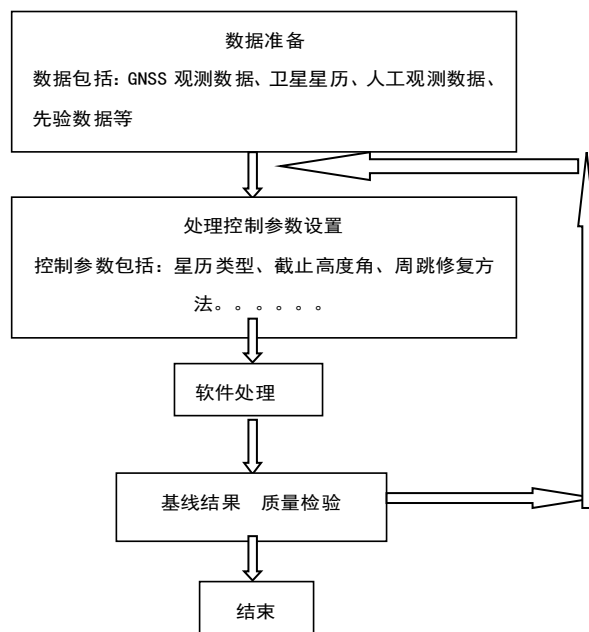


图2 数据处理

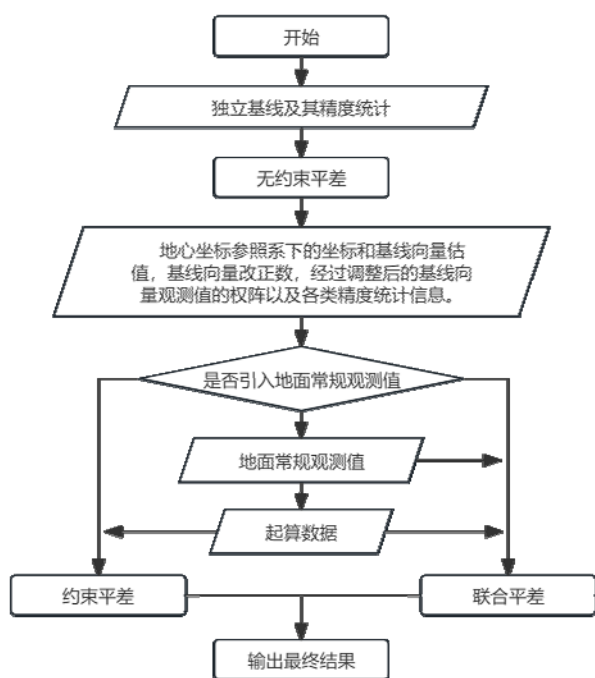


图3 处理流程

### 5.2.1 GNSS测量数据处理

从数据采集到输出成果的过程: GPS数据采集及准备→外业数据质量检核→基线向量解算→基线精处理质量检核→提取基线向量→三维无约束平差→约束平差和联合平差→质量检查、提交成果

### 5.2.2 外业数据质量检核

(1) 数据剔除率: 在规定的时段观测值的数据剔除率, 必须低于10%; 数据的可利用率大于或等于80%; L1、L2频率的多路径效应影响MP1、MP2应小于0.5m; GNSS接收机钟的日频稳定性要高于10-8等; (2) 复测基线长度差E级GNSS网基线处理, 复测基线的长度较差 $ds$ 应满足下式:  $ds \leq 2\sigma$ 。

### 5.2.3 提取基线向量

一定要取相对独立的基线; 并且被选取的基线要构成一个闭合的几何图形; 基线向量的选择必须符合: 质量好; 能构成边数较少的异步环; 边长较短。符合这几个要求的才能被选取。

### 5.3 平差解算

#### 5.3.1 无约束平差

在基线向量检核符合要求后, 以一个点在2000国家大地坐标系中的三维坐标为依据, 进行无约束平差, 根据无约束平差结果, 判别在所构成的GPS网中是否有粗差基线, 调整各基线向量观测值的权, 使得它们相互匹配。

#### 5.3.2 约束平差和联合平差

利用无约束平差后的观测数据, 选择在2000国家大地坐标系或者选择地方独立坐标系中进行三维约束平差, 平差中强制指定进行平差的基准和坐标系统; 指定起算数据; 检验约束条件的质量; 进行平差解算。平差包括相应坐标系中三维或二维坐标、基线向量改正、基线边长、方位、转换参数及其他相应精度。

#### 5.4 质量分析与控制输出

利用无约束平差后的观测数据, 选择在2000国家大地坐标系或者选择地方独立坐标系中进行三维约束平差, 将已知点坐标输入进行强制约束在指定坐标系下, 进行质量检查、成果输出、提交成果。如下图4基线解算。

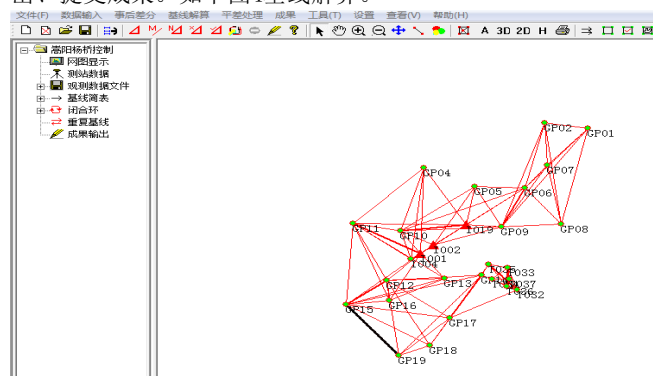


图4 基线解算

## 6 结束语

随着测绘新技术、新装备的更新, 平面控制点基本被CORS代替, 有时CORS信号不稳定, 测区还是选择静态GNSS完成平面控制, 测绘控制点布设需要根据实际需要和用途进行制定, 同时遵循测量基本原理, 科学布设网点, 才能保证测绘工作的质量、测绘精度、测绘效率及成果的可靠性, 控制点运用频繁, 每次使用必须检核, 才能保障成果真实及准确, 本文希望给同行提供一点建议。

### [参考文献]

- [1] 武汉测绘科技大学. 测量学[M]. 北京: 中国测绘出版社, 2000.
- [2] 戚浩平. 测绘工程技术专业[M]. 中国建筑工业出版社, 2002.
- [3] 测绘基础[M]. 自然资源部职业技能鉴定指导中心编, 2019.

### 作者简介:

俞文孝(1979--), 男, 汉族, 云南曲靖人, 本科, 测绘高级工程师, 从事测绘及地理信息专业研究。