

表 8-11

GPS 外业观测手簿

工程 GPS 外业观测手簿

观测者姓名_____	日 期_____	年_____	月_____	日_____
测 站 名_____				
天气状况_____	测 站 号_____	时 段 号_____		
测站近似坐标:			本测站为	
			<input type="checkbox"/> 新点	
经度: $E$ _____° _____'			<input type="checkbox"/> 等大地点	
纬度: $N$ _____° _____'			<input type="checkbox"/> 等水准点	
高程: _____ (m)			<input type="checkbox"/> _____	
记录时间: <input type="checkbox"/> 北京时间 <input type="checkbox"/> UTC <input type="checkbox"/> 区时				
开录时间_____		结束时间_____		
接收机号_____		天线号_____		
天线高(m): _____		测后校核值_____		
1. _____		2. _____		3. _____ 平均值_____
天线高量取方式略图			测站略图及障碍物情况	
观测状况记录				
1. 电 池 电 压_____ (块条)				
2. 接 收 卫 星 号_____				
3. 信 噪 比 ( SNR ) _____				
4. 故 障 情 况 _____				
5. 备 注 _____				

## § 8.4 GPS 测量的作业模式

近几年来,随着 GPS 定位后处理软件的发展,为确定两点之间的基线向量,已有多种测量方案可供选择。这些不同的测量方案,也称为 GPS 测量的作业模式。目前,在 GPS 接收系统硬件和软件的支持下,较为普遍采用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。下面就这些作业模式的特点及其适用范围简要介绍如下:

### 8.4.1 经典静态定位模式

①作业方法:采用两台(或两台以上)接收设备,分别安置在一条或数条基线的两个端点,

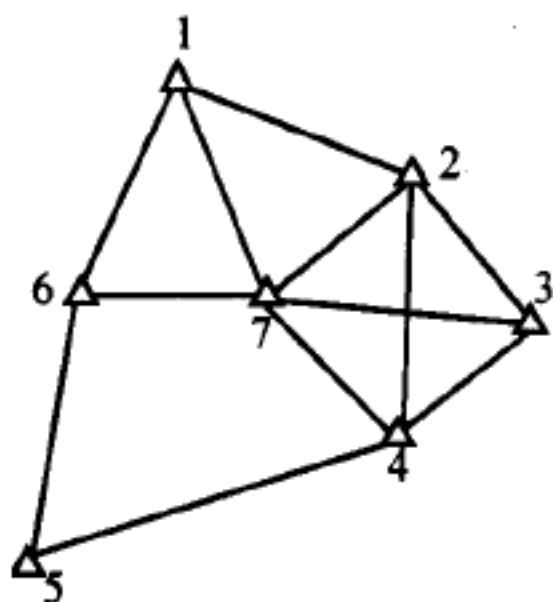


图 8-15 静态定位

同步观测 4 颗以上卫星,每时段长 45min 至 2h 或更多。作业布置如图 8-15 所示。

②精度:基线的定位精度可达  $5\text{mm} + 1 \times 10^{-6} \cdot D$ ,  $D$  为基线长度(km)。

③适用范围:建立全球性或国家级大地控制网,建立地壳运动监测网、建立长距离检校基线、进行岛屿与大陆联测、钻井定位及精密工程控制网建立等。

④注意事项:所有已观测基线应组成一系列封闭图形(如图 8-15),以利于外业检核,提高成果可靠度。并且可以通过平差,有助于进一步提高定位精度。

#### 8.4.2 快速静态定位

①作业方法:在测区中部选择一个基准站,并安置一台接收设备连续跟踪所有可见卫星;另一台接收机依次到各点流动设站,每点观测数分钟。作业布置如图 8-16 所示。

②精度:流动站相对于基准站的基线中误差为  $5\text{mm} + 1 \times 10^{-6} \cdot D$ 。

③应用范围:控制网的建立及其加密、工程测量、地籍测量、大批相距百米左右的点位定位。

④注意事项:在观测时段内应确保有 5 颗以上卫星可供观测;流动点与基准点相距应不超过 20km;流动站上的接收机在转移时,不必保持对所测卫星连续跟踪,可关闭电源以降低能耗。

⑤优缺点:优点:作业速度快、精度高、能耗低;缺点:两台接收机工作时,构不成闭合图形(如图 8-16),可靠性较差。

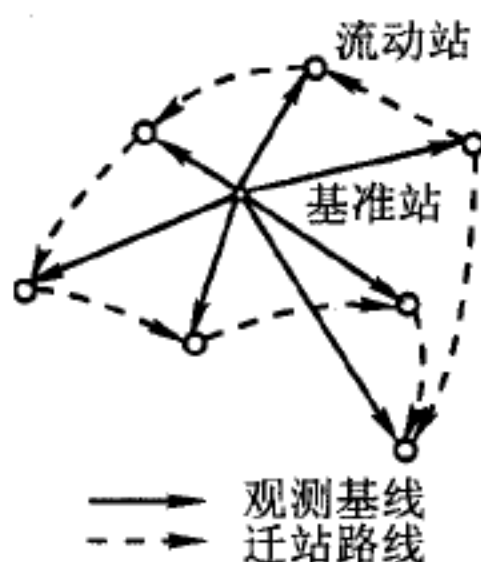


图 8-16 快速静态定位

#### 8.4.3 准动态定位

①作业方法:在测区选择一个基准点,安置接收机连续跟踪所有可见卫星;将另一台流动接收机先置于 1 号站(如图 8-17)观测;在保持对所测卫星连续跟踪而不失锁的情况下,将流动接收机分别在 2,3,4...各点观测数秒钟。

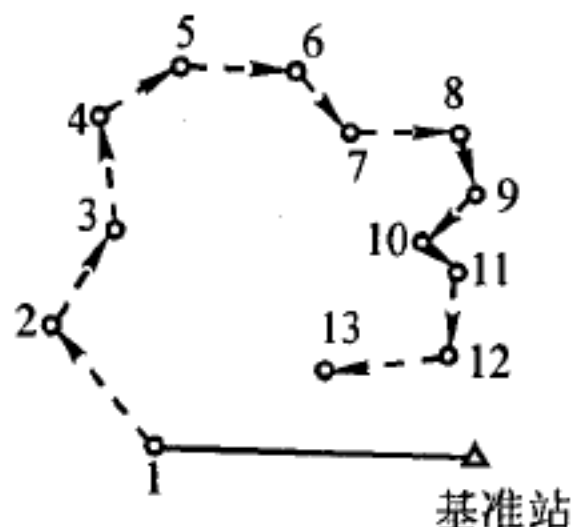


图 8-17 准动态定位

②精度:基线的中误差约为 1~2cm。

③应用范围:开阔地区的加密控制测量、工程定位及碎部测量、剖面测量及线路测量等。

④注意事项:应确保在观测时段上有 5 颗以上卫星可供观测;流动点与基准点距离不超过 20km;观测过程中流动接收机不能失锁,否则应在失锁的流动点上延长观测时间 1~2min。

#### 8.4.4 往返式重复设站

①作业方法:建立一个基准点安置接收机连续跟踪所有可见卫星;流动接收机依次到每点观测 1~2min;1h 后逆序返测各流动点 1~2min。设站布置如图 8-18 所示。

②精度:相对于基准点的基线中误差为  $5\text{mm} + 1 \times 10^{-6} \cdot D$ 。

③应用范围:控制测量及控制网加密、取代导线测量及三角测量、工程测量及地籍测量等。

④注意事项:流动点与基准点相距不超过 20km;基准点上空开阔,能正常跟踪 3 颗以上的卫星。

#### 8.4.5 动态定位

①作业方法:建立一个基准点安置接收机连续跟踪所有可见卫星(如图 8-19 所示);流动接收机先在出发点上静态观测数分钟;然后流动接收机从出发点开始连续运动;按指定的时间间隔自动测定运动载体的实时位置。

②精度:相对于基准点的瞬时点位精度 1~2cm。

③应用范围:精密测定运动目标的轨迹、测定道路的中心线、剖面测量、航道测量等。

④注意事项:需同步观测 5 颗卫星,其中至少 4 颗卫星要连续跟踪;流动点与基准点相距不超过 20km。

#### 8.4.6 实时动态测量的作业模式与应用

##### 1. 实时动态(RTK)定位技术简介

实时动态(Real Time Kinematic,简称 RTK)测量技术,是以载波相位观测量为根据的实时差分 GPS(RTD GPS)测量技术,它是 GPS 测量技术发展中的一个新突破。众所周知,GPS 测量工作的模式已有多种,如静态、快速静态、准动态和动态相对定位等。但是,利用这些测量模式,如果不与数据传输系统相结合,其定位结果均需通过观测数据的测后处理而获得。由于观测数据需在测后处理,所以上述各种测量模式,不仅无法实时地给出观测站的定位结果,而且也无法对基准站和用户站观测数据的质量,进行实时地检核,因而难以避免在数据后处理中发现不合格的测量成果,需要进行返工重测的情况。

以往解决这一问题的措施,主要是延长观测时间,以获得大量的多余观测量,来保障测量结果的可靠性。但是,这样一来,便显著地降低了 GPS 测量工作的效率。

实时动态测量的基本思想是,在基准站上安置一台 GPS 接收机,对所有可见 GPS 卫星进行连续地观测,并将其观测数据,通过无线电传输设备,实时地发送给用户观测站。在用户站上,GPS 接收机在接收 GPS 卫星信号的同时,通过无线电接收设备,接收基准站传输的观测数据,然后根据相对定位的原理,实时地计算并显示用户站的三维坐标及其精度。

这样,通过实时计算的定位结果,便可监测基准站与用户站观测成果的质量和解算结果的收敛情况,从而可实时地判定解算结果是否成功,以减少冗余观测,缩短观测时间。

RTK 测量系统的开发成功,为 GPS 测量工作的可靠性和高效率提供了保障,这对 GPS 测量技术的发展和普及,具有重要的现实意义。当然,这一测量系统的应用,也明显地增加了用户的设备投资。

##### 2. RTK 作业模式与应用

根据用户的要求,目前实时动态测量采用的作业模式,主要有:

###### (1) 快速静态测量

采用这种测量模式,要求 GPS 接收机在每一用户站上,静止地进行观测。在观测过程中,

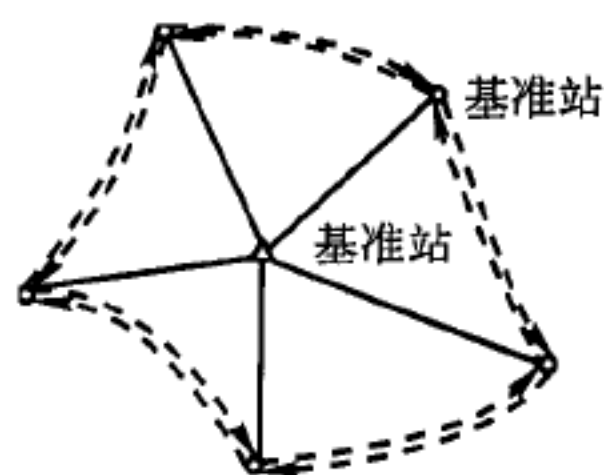


图 8-18 往返式重复设站

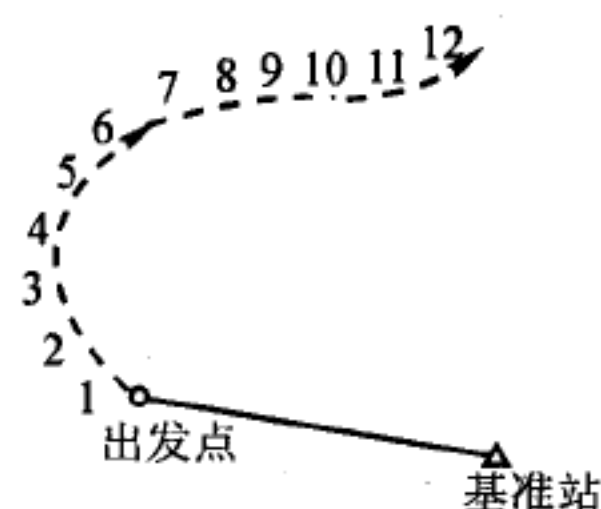


图 8-19 动态定位



连同接收到的基准站的同步观测数据,实时地解算整周未知数和用户站的三维坐标。如果解算结果的变化趋于稳定,且其精度已满足设计要求,便可适时的结束观测。

采用这种模式作业时,用户站的接收机在流动过程中,可以不必保持对 GPS 卫星的连续跟踪,其定位精度可达  $1 \sim 2\text{cm}$ 。这种方法可应用于城市、矿山等区域性的控制测量、工程测量和地籍测量等。

### (2) 准动态测量

同一般的准动态测量一样,这种测量模式,通常要求流动的接收机在观测工作开始之前,首先在某一一起始点上静止地进行观测,以便采用快速解算整周未知数的方法实时地进行初始化工作。初始化后,流动的接收机在每一观测站上,只需静止观测数历元,并连同基准站的同步观测数据,实时地解算流动站的三维坐标。目前,其定位的精度可达厘米级。

该方法要求接收机在观测过程中,保持对所测卫星的连续跟踪。一旦发生失锁,便需重新进行初始化的工作。

准动态实时测量模式,通常主要应用于地籍测量、碎部测量、路线测量和工程放样等。

### (3) 动态测量

动态测量模式,一般需首先在某一一起始点上,静止地观测数分钟,以便进行初始化工作。之后,运动的接收机按预定的采样时间间隔自动地进行观测,并连同基准站的同步观测数据,实时地确定采样点的空间位置。目前,其定位的精度可达厘米级。

这种测量模式,仍要求在观测过程中,保持对观测卫星的连续跟踪。一旦发生失锁,则需重新进行初始化。这时,对陆上的运动目标来说,可以在卫星失锁的观测点上,静止地观测数分钟,以便重新初始化,或者利用动态初始化(AROF)技术,重新初始化,而对海上和空中的运动目标来说,则只有应用 AROF 技术,重新完成初始化的工作。

实时动态测量模式,主要应用于航空摄影测量和航空物探中采样点的实时定位,航道测量,道路中线测量,以及运动目标的精密导航等。

目前,实时动态测量系统,已在约  $20\text{km}$  的范围内,得到了成功的应用。相信随着数据传输设备性能和可靠性的不断完善和提高,数据处理软件功能的增强,它的应用范围将会不断地扩大。

## § 8.5 数据预处理及观测成果的质量检核

### 8.5.1 数据预处理

为了获得 GPS 观测基线向量并对观测成果进行质量检核,首先要进行 GPS 数据的预处理。根据预处理结果对观测数据的质量进行分析并作出评价,以确保观测成果和定位结果的预期精度。

#### 1. 数据处理软件及选择

GPS 网数据处理分基线解算和网平差两个阶段。各阶段数据处理软件可采用随机软件或经正式鉴定的软件,对于高精度的 GPS 网成果处理也可选用国际著名的 GAMIT/GLOBK、BERNESE、GIPSY、GFZ 等软件。

#### 2. 基线解算(数据预处理)

对于两台及以上接收机同步观测值进行独立基线向量(坐标差)的平差计算叫基线解算,

有的也叫观测数据预处理。

预处理的主要目的是对原始数据进行编辑、加工整理、分流并产生各种专用信息文件,为进一步的平差计算作准备。它的基本内容是:

①数据传输 将 GPS 接收机记录的观测数据传输到磁盘或其他介质上。

②数据分流 从原始记录中,通过解码将各种数据分类整理,剔除无效观测值和冗余信息,形成各种数据文件,如星历文件、观测文件和测站信息文件等。

③统一数据文件格式将不同类型接收机的数据记录格式、项目和采样间隔,统一为标准化的文件格式,以便统一处理。

④卫星轨道的标准化 采用多项式拟合法,平滑 GPS 卫星每小时发送的轨道参数,使观测时段的卫星轨道标准化。

⑤探测周跳、修复载波相位观测值。

⑥对观测值进行必要改正 在 GPS 观测值中加入对流层改正,单频接收的观测值中加入电离层改正。

基线向量的解算一般采用多站、多时段自动处理的方法进行,具体处理中应注意以下几个问题:

①基线解算一般采用双差相位观测值,对于边长超过 30km 的基线,解算时也可采用三差相位观测值。

②卫星广播星历坐标值,可作基线解的起算数据。对于特大城市的首级控制网,也可采用其他精密星历作为基线解算的起算值。

③基线解算中所需的起算点坐标,应按以下优先顺序采用:

- 国家 GPS A、B 级网控制点或其他高等级 GPS 网控制点的已有 WGS-84 系坐标;
- 国家或城市较高等级控制点转换到 WGS-84 系后的坐标值;
- 不少于观测 30min 的单点定位结果的平差值提供的 WGS-84 系坐标。

④在采用多台接收机同步观测的一个同步时段中,可采用单基线模式解算,也可以只选择独立基线按多基线处理模式统一解算。

⑤同一级别的 GPS 网,根据基线长度不同,可采用不同的数据处理模型。但是 0.8km 内的基线须采用双差固定解。30km 以内的基线,可在双差固定解和双差浮点解中选择最优结果。30km 以上的基线,可采用三差解作为基线解算的最终结果。

⑥对于所有同步观测时间短于 30min 的快速定位基线,必须采用合格的双差固定解作为基线解算的最终结果。

### 8.5.2 观测成果的外业检核

对野外观测资料首先要进行复查,内容包括:成果是否符合调度命令和规范的要求;进行的观测数据质量分析是否符合实际。然后进行下列项目的检核:

#### 1. 每个时段同步观测数据的检核

①数据剔除率,剔除的观测值个数与应获取的观测值个数的比值称为数据剔除率。同一时段观测值的数据剔除率,其值应小于 10%。

②采用单基线处理模式时,对于采用同一种数学模型的基线解,其同步时段中任一三边同步环的坐标分量相对闭合差和全长相对闭合差不得超过表 8-12 所列限差。

表 8-12

同步坐标分量及环线全长相对闭合差限值 ( $1 \times 10^{-6}$ )

限 差 类 型 \ 等 级	二	三	四	一级	二级
坐标分量相对闭合差	2.0	3.0	6.0	9.0	9.0
环线全长相对闭合差	3.0	5.0	10.0	15.0	15.0

## 2. 重复观测边的检核

同一条基线边若观测了多个时段,则可得到多个边长结果。这种具有多个独立观测结果的边就是重复观测边。对于重复观测边的任意两个时段的结果互差,均应小于相应等级规定精度(按平均边长计算)的  $2\sqrt{2}$  倍。

## 3. 同步观测环检核

当环中各边为多台接收机同步观测时,由于各边是不独立的,所以其闭合差应恒为零。例如三边同步环中只有两条同步边可以视为独立的成果,第三边成果应为其余两边的代数和。但是由于模型误差和处理软件的内在缺陷,使得这种同步环的闭合差实际上仍可能不为零。这种闭合差一般数值很小,不至于对定位结果产生明显影响,所以也可把它作为成果质量的一种检核标准。

一般规定,三边同步环中第三边处理结果与前两边的代数和之差值应小于下列数值。

$$\omega_x \leq \frac{\sqrt{3}}{5}\sigma, \quad \omega_y \leq \frac{\sqrt{3}}{5}\sigma, \quad \omega_z \leq \frac{\sqrt{3}}{5}\sigma$$

$$\omega = (\omega_x^2 + \omega_y^2 + \omega_z^2)^{1/2} \leq \frac{3}{5}\sigma \quad (8-9)$$

式中,  $\sigma$  为相应级别的规定中误差(按平均边长计算)。

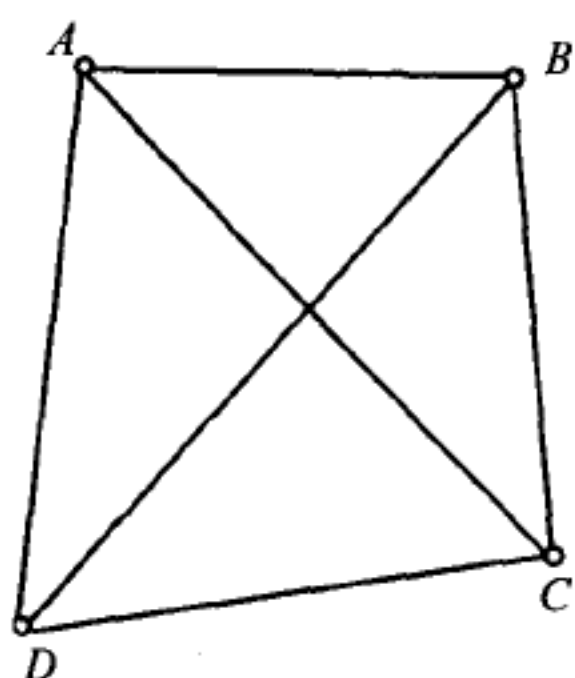


图 8-20 同步闭合环

对于四站以上的多边同步环,可以产生大量同步闭合环,在处理完各边观测值后,应检查一切可能的环闭合差。以图 8-20 为例, A、B、C、D 四站应检核: ①  $AB - BC - CA$ ; ②  $AC - CD - DA$ ; ③  $AB - BD - DA$ ; ④  $BC - CD - DB$ ; ⑤  $AB - BC - CD - DA$ ; ⑥  $AB - BD - DC - CA$ ; ⑦  $AD - DB - BC - CA$ 。

所有闭合环的分量闭合差不应大于  $\frac{\sqrt{n}}{5}\sigma$ , 而环闭合差

$$\omega = \sqrt{\omega_x^2 + \omega_y^2 + \omega_z^2} \leq \frac{\sqrt{3n}}{5}\sigma \quad (8-10)$$

## 4. 异步观测环检核

无论采用单基线模式或多基线模式解算基线,都应在整个 GPS 网中选取一组完全的独立基线构成独立环,各独立环的坐标分量闭合差和全长闭合差应符合下式:



$$\begin{cases} \omega_x \leq 2\sqrt{n}\sigma \\ \omega_y \leq 2\sqrt{n}\sigma \\ \omega_z \leq 2\sqrt{n}\sigma \\ \omega \leq 2\sqrt{3n}\sigma \end{cases} \quad (8-11)$$

当发现边闭合数据或环闭合数据超出上述规定时,应分析原因并对其中部分或全部成果重测。需要重测的边,应尽量安排在一起进行同步观测。

### 8.5.3 野外返工

对经过检核超限的基线在充分分析基础上,进行野外返工观测,基线返工应注意如下几个问题:

①无论何种原因造成一个控制点不能与两条合格独立基线相联结,则在该点上应补测或重测不少于一条独立基线。

②可以舍弃在复测基线边长较差、同步环闭合差、独立环闭合差检验中超限的基线,但必须保证舍弃基线后的独立环所含基线数,不得超过表8-5的规定;否则,应重测该基线或者有关的同步图形。

③由于点位不符合 GPS 测量要求而造成一个测站多次重测仍不能满足各项限差技术规定时,可按技术设计要求另增选新点进行重测。

### 8.5.4 GPS 网平差处理

在各项质量检核符合要求后,以所有独立基线组成闭合图形,以三维基线向量及其相应方差协方差阵作为观测信息,以一个点的 WGS-84 系三维坐标作为起算依据,进行 GPS 网的无约束平差。无约束平差应提供各控制点在 WGS-84 系下的三维坐标,各基线向量三个坐标差观测值的总改正数,基线边长以及点位和边长的精度信息。

在无约束平差确定的有效观测量基础上,在国家坐标系或城市独立坐标系下进行三维约束平差或二维约束平差。约束点的已知点坐标,已知距离或已知方位,可以作为强制约束的固定值,也可作为加权观测值。平差结果应输出在国家或城市独立坐标系中的三维或二维坐标,基线向量改正数,基线边长,方位以及坐标,边长,方位的精度信息;转换参数及其精度信息。

无约束平差中,基线向量的改正数绝对值应满足下式:

$$\begin{cases} V_{\Delta x} \leq 3\sigma \\ V_{\Delta y} \leq 3\sigma \\ V_{\Delta z} \leq 3\sigma \end{cases} \quad (8-12)$$

式中,  $\sigma$  为该等级基线的精度。

否则,认为该基线或其附近存在粗差基线,应采用软件提供的方法或人工方法剔除粗差基线,直至符合上式要求。

约束平差中,基线向量的改正数与剔除粗差后的无约束平差结果的同名基线相应改正数的较差( $dv_{\Delta x}, dv_{\Delta y}, dv_{\Delta z}$ )应符合下式要求:

$$\begin{cases} dv_{\Delta x} \leq 2\sigma \\ dv_{\Delta y} \leq 2\sigma \\ dv_{\Delta z} \leq 2\sigma \end{cases} \quad (8-13)$$

式中,  $\sigma$  为相应等级基线的规定精度。

否则, 认为作为约束的已知坐标, 已知距离, 已知方位与 GPS 网不兼容, 应采用软件提供的或人为的方法剔除某些误差大的约束值, 直至符合上式要求。

采用不同类型仪器或软件, 施测和计算 GPS 基线向量时, 应对其随机模型进行分析。

对 GPS 数据预处理及网平差的原理及数学模型将在第九章详细讨论。

## § 8.6 技术总结与上交资料

### 8.6.1 技术总结

GPS 测量工作结束后, 需按要求编写技术总结报告, 其内容包括:

- 测区范围与位置, 自然地理条件, 气候特点, 交通及电信、电源等情况;
- 任务来源, 测区已有测量情况, 项目名称, 施测目的和基本精度要求;
- 施测单位, 施测起讫时间, 技术依据, 作业人员情况;
- 接收设备类型与数量以及检验情况;
- 选点所遇障碍物和环境影响的评价, 埋石与重合点情况;
- 观测方法要点与补测、重测情况, 以及野外作业发生与存在的问题的说明;
- 野外数据检核, 起算数据情况和数据预处理内容、方法及软件情况;
- 工作量、工作日及定额计算;
- 方案实施与规范执行情况;
- 上交成果尚存问题和需说明的其他问题;
- 各种附表与附图。

### 8.6.2 上交资料

GPS 测量任务完成后, 应上交下列资料:

- 测量任务书与专业设计书;
- 点之记、环视图和测量标志委托保管书;
- 卫星可见性预报表和观测计划;
- 外业观测记录(包括原始记录的存储介质及其备份)、测量手簿及其他记录(包括偏心观测);
- 接收设备、气象及其他仪器的检验资料;
- 外业观测数据质量分析及野外检核计算资料;
- 数据加工处理中生成的文件(含磁盘文件)、资料和成果表;
- GPS 网展点图;
- 技术总结和成果验收报告。



# 第九章 GPS 测量数据处理

## § 9.1 概 述

GPS 接收机采集记录的是 GPS 接收机天线至卫星伪距、载波相位和卫星星历等数据。如果采样间隔为 20s,则每 20s 记录一组观测值,一台接收机连续观测 1h 将有 180 组观测值。观测值中有对 4 颗以上卫星的观测数据以及地面气象观测数据等。GPS 数据处理要从原始的观测值出发得到最终的测量定位成果,其数据处理过程大致分为 GPS 测量数据的基线向量解算、GPS 基线向量网平差以及 GPS 网平差或与地面网联合平差等几个阶段。数据处理的基本流程如图 9-1 所示。

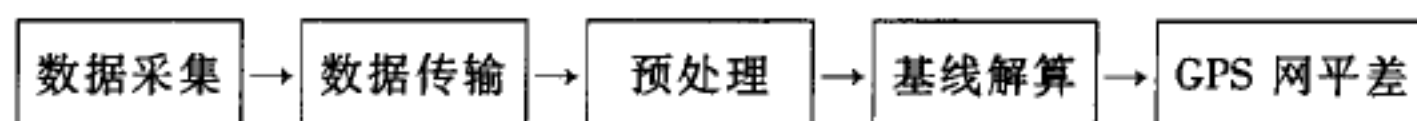


图 9-1 GPS 数据处理基本流程图

图中第一步数据采集的是 GPS 接收机野外观测记录的原始观测数据,野外观测记录的同时用随机软件解算出测站点的位置和运动速度,提供导航服务。数据传输至基线解算一般是用随机软件(后处理软件)将接收机记录的数据传输到计算机,在计算机上进行预处理和基线解算。GPS 网平差包括 GPS 基线向量网平差、GPS 网与地面网联合平差等内容。整个数据处理过程可以建立数据库管理系统。

### 9.1.1 数据传输

大多数的 GPS 接收机(如 ASHTech、TRIMBLE 等型号),采集的数据记录在接收机的内存模块上。数据传输是用专用电缆将接收机与计算机连接,并在后处理软件的菜单中选择传输数据选项后,便将观测数据传输至计算机。数据传输的同时进行数据分流,生成四个数据文件:载波相位和伪距观测值文件、星历参数文件、电离层参数和 UTC 参数文件、测站信息文件。

观测值文件是容量最大的文件。观测值记录中有对应的卫星号,卫星高度角和方位角,C/A 码伪距, $L_1$ 、 $L_2$  的相位观测值,观测值对应的历元时间,积分多普勒记数,信噪比等。

星历参数文件包含所有被测卫星的轨道位置信息,根据这些信息可以计算出任一时刻卫星的位置。

电离层参数和 UTC 参数文件中,电离层参数用于改正观测值的电离层影响,UTC 参数用于将 GPS 时间修正为 UTC 时间。

星历参数文件和电离层参数文件的具体内容见第三章 § 3.4。

测站信息文件包含测站名、测站号、测站的概略坐标、接收机号、天线号、天线高、观测的起止时间、记录的数据量、初步定位成果等。

经数据分流后生成的四个数据文件中,除测站信息文件外,其余均为二进制数据文件。为下一步预处理的方便,必须将它们解译成直接识别的文件,将数据文件标准化。

### 9.1.2 数据预处理

GPS 数据预处理的目的是:对数据进行平滑滤波检验,剔除粗差;统一数据文件格式并将各类数据文件加工成标准化文件(如 GPS 卫星轨道方程的标准化,卫星时钟钟差标准化,观测值文件标准化等),找出整周跳变点并修复观测值;对观测值进行各种模型改正。

#### 1. GPS 卫星轨道方程的标准化

数据处理中要多次进行卫星位置的计算,而 GPS 广播星历每小时有一组独立的星历参数,使得计算工作十分繁杂,需要将卫星轨道方程标准化,以便计算简便,节省内存空间。GPS 卫星轨道方程标准化一般采用以时间为变量的多项式进行拟合处理。

将已知的多组不同历元的星历参数所对应的卫星位置  $P_i(t)$  表达为时间  $t$  的多项式形式:

$$P_i(t) = a_{i0} + a_{i1}t + a_{i2}t^2 + \cdots + a_{in}t^n \quad (9-1)$$

利用拟合法求解多项式系数。解出的系数  $a_{in}$  记入标准化星历文件,用它们来计算任一时刻的卫星位置。多项式的阶数  $n$  一般取 8~10 就足以保证米级轨道拟合精度。

拟合计算时,时间  $t$  的单位须规格化,规格化时间  $T$  为:

$$T_i = [2t_i - (t_1 + t_m)] / (t_m - t_1) \quad (9-2)$$

式中,  $T_i$  为对应于  $t_i$  的规格化时间;  $t_1$  和  $t_m$  分别为观测时段开始和结束的时间。很显然,对应于  $t_1$  和  $t_m$ ,  $T_1$  和  $T_m$  分别为 -1 和 +1。对任意时刻  $t_i$  其  $|T_i| \leq 1$ 。

需指出的是,拟合时引进了规格化的时间,则在实际轨道计算时也应使用规格化的时间。

#### 2. 卫星钟差的标准化

来自广播星历的卫星钟差(即卫星钟面时间与 GPS 系统标准时间之差  $\Delta t_i$ )是多个数值,需要通过多项式拟合求得惟一的,平滑的钟差改正多项式。用于确定真正的信号发射时刻并计算该时刻的卫星轨道位置,同时也用于将各站对各卫星的时间基准统一起来以估算它们之间的相对钟差。当多项式拟合的精度优于  $\pm 0.2\text{ns}$  时,可精确探测整周跳变,估算整周未知数。

钟差的多项式形式为

$$\Delta t_i = a_0 + a_1(t - t_0) + a_2(t - t_0)^2 \quad (9-3)$$

式中,  $a_0, a_1, a_2$  为星钟参数,  $t_0$  为星钟参数的参考历元。

由多个参考历元的卫星钟差,利用最小二乘法原理求定多项式系数  $a_i$ ,再由(9-3)式计算任一时刻的钟差。因为 GPS 时间定义区间为一个星期,即 604 800 秒,故当  $t - t_0 > 302 400$  ( $t_0$  属于下一 GPS 周)时  $t$  应减去 604 800,  $t - t_0 < -302 400$  ( $t_0$  属于上一 GPS 周)时  $t$  应加上 604 800。

#### 3. 观测值文件的标准化

不同的接收机提供的数据记录有不同的格式。例如观测时刻这个记录,可能采用接收机参考历元,也可能是经过改正归算至 GPS 标准时间。在进行平差(基线向量的解算)之前,观测值文件必须规格化、标准化。具体项目包括:

记录格式标准化。各种接收机输出的数据文件应在记录类型、记录长度和存取方式方面