

7.5控制测量实施

- 7.5.1 选点与埋石
- 7.5.2 外业观测
- 7.5.3 数据处理
- 7.5.4 技术总结
- 7.5.5 成果验收和上交资料



7.5控制测量实施

7.5.1选点与埋石

1. 选点准备

(1) 收集资料

(2) 点位的基本要求

选择的测站点应遵守以下基本要求：

- 应便于安置接收设备和操作，视野开阔，视场内障碍物的高度角不宜超过 15° 。
- 应远离大功率无线电发射源（如电台、电视台、微波站等），其距离不小于200 m；远离高压输电线和微波无线电信号传送通道，其距离不应小于50 m。
- 附近不应有强烈反射卫星信号的物件（如大型建筑物等）。
- 交通方便，并有利于其他测量手段扩展和联测。
- 地面基础稳定，易于标石的长期保存。



7.5控制测量实施

7.5.1 选点与埋石

- 充分利用符合要求的已有控制点。
- 选站时应尽可能使测站附近的局部环境（地形、地貌、植被等）与周围的大环境保持一致，以减少气象元素的代表性误差。

特别的，对于辅助点和方位点应注意：

- 非基岩的A、B级GPS点的附近宜埋设辅助点，并测定其与该点的距离和高差，精度应优于 $\pm 5 \text{ mm}$ 。
- 各级GPS网点可视需要设立与其通视的方位点。方位点应目标明显，观测方便，方位点距网点的距离一般不小于300 m。



7.5控制测量实施

7.5.1 选点与埋石

2. 选点作业

- 选点人员应按照技术设计书经过踏勘，在实地按选点要求选定点位，并在实地加以标定。
- 当利用旧点时，应检查旧点的稳定性、可靠性和完好性，符合要求方可利用。
- 需要水准联测的GPS点，应实地踏勘水准路线情况，选择联测水准点并绘出联测路线图。
- 不论新选定的点或利用旧点（包括辅助点和方位点），均应实地按相应要求绘制点之记，其内容要求在现场详细记录，不得追记。
- A、B级GPS网点在其点之记中应填写地质概要、构造背景及地形地质构造略图。
- 点位周围有高于 10° 的障碍物时，应绘制点的环视图。
- 一个网区选点完成后，应绘制GPS网选点图。



7.5控制测量实施

7.5.1 选点与埋石

3. 选点结束后应上交的资料

- (1) GPS网点点之记、环视图。
- (2) GPS网选点图（测区较小，选点、埋石与观测一期完成时，可以展点图代替）。
- (3) 选点工作总结。



7.5控制测量实施

7.5.1 选点与埋石

4. 标石

- 为了保持点位，以便长期利用GPS测量结果和进行重复观测，需要建立点位标志。建立点位标志，即埋石，包括埋设标石和建造观测墩的工作。
- GPS点标石类型分为天线墩、基本标石和普通标石，各级GPS点均应埋设固定的标石或标志。A级GPS点标石与相关设施的技术要求按CH/T 2008-2005的有关规定执行。B级GPS点应埋设天线墩，C、D、E级GPS点在满足标石稳定、易于长期保存的前提下，可根据具体情况选用。
- 各种类型的标石应设有中心标志。基岩和基本标石的中心标志应用铜或不锈钢制作。普通标石的中心标志可用铁或坚硬的复合材料制作，标志中心应刻有清晰、精细的十字线或嵌入不同颜色金属制作的直径小于0.5 mm的中心点，用于区域似大地水准面精化的GPS点，其标志还应满足水准测量的要求。

- 各种天线墩应安置强制对中装置。强制对中装置的对中误差不应大于1 mm。



7.5控制测量实施

7.5.1 选点与埋石

5. 埋石作业

- (1) 各级GPS点的标石一般应用混凝土灌制。有条件的地方也可用整块花岗岩、青石等坚硬石料凿制，但其规格应不小于同类混凝土标石的规定。
- (2) 埋设天线墩、基岩标石、基本标石时，应现场浇灌混凝土，普通标石可预先制作，然后运往各点埋设。
- (3) 埋设标石，须使各层标志中线应严格位于同一铅垂线上，其偏差不得大于2 mm。
- (4) 当利用旧点时，应首先确认该标石完好，并符合相应规格和埋石要求，且能长期保存。必要时需要挖开标石侧面查看标石情况。如遇上标石被破坏，可以下标石为准，重新埋设上标石。
- (5) 方位点上应埋设普通标石，并加适当标注，以便与控制点相区分。



7.5控制测量实施

7.5.1 选点与埋石

5. 埋石作业

- (6) 埋石所占土地，应经土地使用者或土地管理部门同意，并办理相关手续。新埋标石时应办理测量标志委托保管书，一式三份，交标石的保管单位或个人，上交和存档各一份。利用旧点时需对委托保管书进行核实，若委托保管情况不落实应重新办理。
- (7) B、C级点的标石埋设后，至少需经过一个雨季，冻土地区至少需经过一个冻解期，基岩或岩层标石至少需经一个月后，方可用于观测。



特别的，对于标石外部整饰，应注意：

- 1) B、C、D、E级GPS点混凝土标石灌制时，均应在标石上表面压印控制点的类级、埋设年代，B、C级GPS点还应在标石侧面压印“国家设施 请勿碰动”字样。
- 2) B级GPS网点标石埋设后，宜在周围筑混凝土方井或圆井护框，其内径根据情况而定，但至少不小于0.6 m，高为0.2 m。
- 3) 荒漠、平原等不易寻找的控制点还需在其旁埋设指示牌，规格见《GB/T 12898-2009 国家三、四等水准测量规范》。

9



7.5控制测量实施

7.5.1 选点与埋石

6. 埋石后上交的资料

- (1) GPS点之记。
- (2) 测量标志委托保管书。
- (3) 标石建造拍摄的照片。
- (4) 埋石工作总结。



7.5控制测量实施

•表 GPS点点之记

日期： 年__月__日 记录者：_____绘图者：_____校对者：_____

点 名 及 等 级	点 名			土 质		
	点 号					
	等 级			标石说明		
	通视点列表					
				概略位置 (L, B)	纬 度	
					经 度	
所 在 地						
交 通 路 线						
选 点 情 况				点 位 略 图		
单 位						
选点员		日期				
联测水准情况						
联测水准等级						
点 位 说 明						



7.5控制测量实施

7.5.2 外业观测

1. 基本技术规定

- (1) A级GPS网观测的技术要求按GB/T 18314-2009有关规定执行。
- (2) B、C、D、E级GPS测量均应满足表10-5中所列的基本技术要求。
- (3) B、C、D、E级GPS 测量可不测气象元素而只记录天气状况。
- (4) GPS测量时，观测数据文件中应包括：测站名或测站号、观测单元、测站类型（参考站、流动站）、日期、时段号等信息。
- (5) 雷雨、风暴天不宜进行B级GPS观测。



7.5控制测量实施

7.5.2 外业观测

表 10-5 各级 GPS 测量的基本技术要求

项目	级别			
	B	C	D	E
卫星截止高度角/(°)	10	15	15	15
同时观测有效卫星数	≥ 4	≥ 4	≥ 4	≥ 4
有效卫星观测总数	≥ 20	≥ 6	≥ 4	≥ 4
观测时段数	≥ 3	≥ 2	≥ 1.6	≥ 1.6
时段长度	$\geq 23\text{h}$	$\geq 4\text{h}$	$\geq 60\text{min}$	$\geq 40\text{min}$
采样间隔/s	30	10~30	5~15	5~15



7.5控制测量实施

2. 天线安置

天线安置应符合下列要求：

- 1) 用三脚架安置天线时，其对中误差应不大于1mm。
- 2) B级的GPS测量，天线定向标志线应指向正北，对于定向标志不明显的接收机天线，可预先设置标记，每次按此标记安置仪器。
- 3) 天线集成体上的圆水准气泡必须居中，没有圆水准泡的天线，可调整天线基座脚螺旋，使在天线互为 120° 方向上量取的天线高互差小于3mm。



7.5控制测量实施

3. 开机观测

- (1) 观测组应严格按照规定的时间进行作业。
- (2) 经检查接收机电源电缆和天线等各项连接无误，方可开机。
- (3) 进行自测试并输入测站、观测单元和时段等控制信息。
- (4) 作业过程中，应随时逐项填写测量手簿中的记录项目。
- (5) 每时段观测开始及结束前各记录一次观测卫星号、天气状态、实时定位经纬度和大地高、PDOP值等。
- (6) 每时段观测前后各量取天线高一次。
- (7) 除特殊情况外，一般不得进行偏心观测。



7.5控制测量实施

- (8) 在一个时段的观测过程中不允许进行以下操作：
 - (a)接收机重新启动；
 - (b)进行自测试；
 - (c)改变卫星截止高度角；
 - (d)改变数据采样间隔；
 - (e)改变天线位置；
 - (f)按动关闭文件或删除文件功能键；
- (9) 天气太冷时，接收机应适当进行保温和加热。天热时，应避免阳光直射接收机，以确保接收机能正常工作。
- (10) 经认真检查，所有预定的作业项目均已全面完成，并符合要求，记录和资料完整无误，方可迁站。



7.5控制测量实施

4. 观测记录

- 1. A级GPS网外业成果记录
- 2. B、C、D、E级GPS网外业成果记录

(1) 记录类型：观测数据，测量手簿，其他记录，包括偏心观测资料等。

(2) 记录内容：观测数据（原始观测数据和Rinex格式数据），对应观测值的GPS时间，测站及接收机的初始信息。

(3) 记录要求：



7.5控制测量实施

- 观测前和观测过程中应按要求及时填写各项内容，书写要认真细致，字迹清晰、工整、美观。
- 测量手簿各项观测记录一律用铅笔进行记录，不得刮、涂改，不得转抄和追记。如有读、记错误，可整齐划掉，将正确数据写在上面并注记原因。其中，天线高、气象读数等原始记录不应连环涂改。
- 手簿整饰，存储介质注记和各种计算一律用蓝黑墨水书写。
- 外业观测中接收机内存储介质中的数据文件应及时拷贝成一式两份，并在外存储介质外面适当处制贴标签，注明网区名、点名、点号、观测单元号、时段号、文件名、采集日期、测量手簿编号等。两份存储介质应分别保存在专人保管的防水、防电的资料箱内。
- 接收机内所存数据文件卸载至外存介质上时，不得进行任何剔除、删改和编辑。
- 测量手簿事先应连续编印页码并装订成册，不应缺损。其他记录，应分别装订成册。



• 7.5.3 数据处理

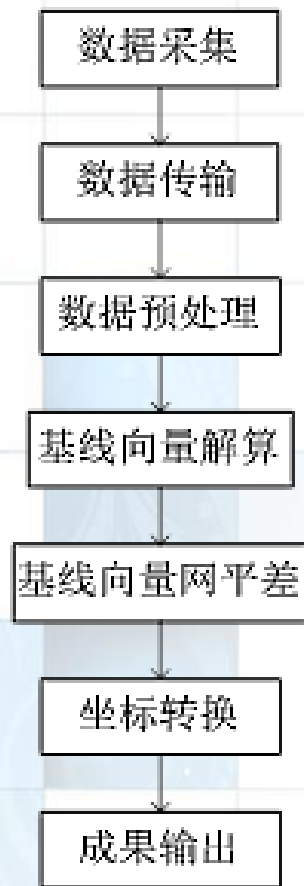
GPS测量定位数据不同于常规的测量数据（如距离、角度、高差等），它是接收机天线相位中心至卫星的伪距、载波相位和卫星星历等数据。相比之下，它具有海量的数据、复杂的处理过程、多样的数学模型和自动化程度高这些特点。

GPS控制网数据处理的目的就是将采集的数据经数据处理和测量平差后归化到参考椭球面上并投影到所采用的平面上，得到点的准确位置。本节首先讨论了GPS数据处理的整体流程，然后详细介绍了数据预处理、基线向量解算、基线向量网平差和坐标转换的过程。



GPS数据处理流程

GPS测量数据处理的基本过程可以分为：数据采集、数据传输、数据预处理、基线向量的解算、基线向量网平差、坐标转换、成果输出等步骤，其过程如图所示：



数据处理流程



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其加工成标准化文件，找出整周跳变点并进行修复，确定整周未知数的初值；对观测值进行各种模型改正。



主要环节包括有：

- （1）数据传输；
- （2）数据分流；
- （3）数据文件格式标准化；
- （4）整周跳变的探测和修复；
- （5）观测值的各种模型改正。

22



3) 基线解算质量检核

基线向量质量控制的目的是为后续数据处理分析提供合格的基线向量结果。

基线质量控制指标可分为相对指标、半相对指标、绝对指标。**相对指标**只是对解算质量的一般性评价，无法准确判定解算质量合格与否；**半相对指标**可确定质量是否不合格，却无法准确判定质量是否合格；**绝对指标**可确切判定质量合格与否。



质量指标

- (1) 单位权方差因子（参考因子） σ_0

$$\sigma_0 = \sqrt{\frac{V^T P T}{f}}$$

其中， v 为观测值的残差； P 为观测值的权； f 为自由度。
单位权方差因子以mm为单位，该值越小，表明基线的观测值残差越小且相对集中，观测质量也较好，可在一定程度上反映观测值质量的优劣。



- （2）观测值残差的均方根RMS

$$RMS = \sqrt{\frac{V^T V}{n}}$$

其中， v 为观测值的残差； n 为观测值的数量。

RMS表明了观测值与参数估值间的符合程度，观测质量越好，RMS就越小。



- (3) 数据剔除率

基线解算过程中，当观测值的改正数大于某一阈值时，则认为该观测值含有粗差，就需要将含有粗差的观测值剔除，**被剔除的观测值与观测值总数的比值即为数据剔除率。**

数据剔除率从一定程度上反映了原始观测值的质量，该值越高说明观测值的质量越差。**GPS**测量技术规范一般规定，同一时段观测值的数据剔除率应小于10%。



- (4) 比率RATIO

$$\text{RATIO} = \text{RMS}_{\text{次最小}} / \text{RMS}_{\text{最小}}$$

由公式可看出：该值大于或等于1，反映了所确定整周未知数的可靠性，值越大，可靠性越高。它既与观测值的质量有关；也与观测条件的好坏有关，通常观测时卫星数量越多，分布越均匀；观测时间越长，观测条件也越好。



- (5) 相对几何强度因子RDOP

$$RDOP = \sqrt{tr(Q)}$$

式中，Q为基线解算时待定参数的协因数阵。RDOP值的大小与基线位置和卫星在空间的几何分布及运行轨迹有关，当基线位置确定后，RDOP值就只与观测条件有关，RDOP值的大小取决于观测条件的好坏，不受观测值质量好坏的影响。目前RDOP值只能由数据处理后获得。



4). 环闭合差质量检核

主要包括复测基线长度较差、同步环检验、异步环检验、基线重复性检验、坐标分量闭合差和环闭合差检验。

- 需要注意的是，同步环检验又称作半相对质量指标，仍无法判定基线解算结果是否合格。异步环闭合差检验和复测基线长度较差是判定基线质量合格与否的绝对质量指标，在进行网平差之前一定要进行这两项指标的计算与检验。一般情况下，网中所有基线均应进行异步环闭合差检验。
- 在数据处理过程中，可根据基线质量评定标准选择不合格基线并剔除，使其不参与平差，以免影响平差后点位精度。



5) GPS网平差

(1) GPS网平差的目的

(2) GPS网平差的分类

(3) GPS网平差的流程

(4) 质量分析与控制



(1) GPS网平差的目的

- 消除由观测量、已知条件中存在的误差所引起的GPS网在几何上的不一致性。
- 改善GPS网的质量，评定网的精度。
- 确定GPS网中点在指定参考系下的坐标及其它所需参数的估值。



(2) GPS网平差的分类

分类条件	类型
平差时采用的观测量和已知条件的类型和数量	无约束平差
	约束平差
	联合平差
平差时采用坐标系	三维平差
	二维平差

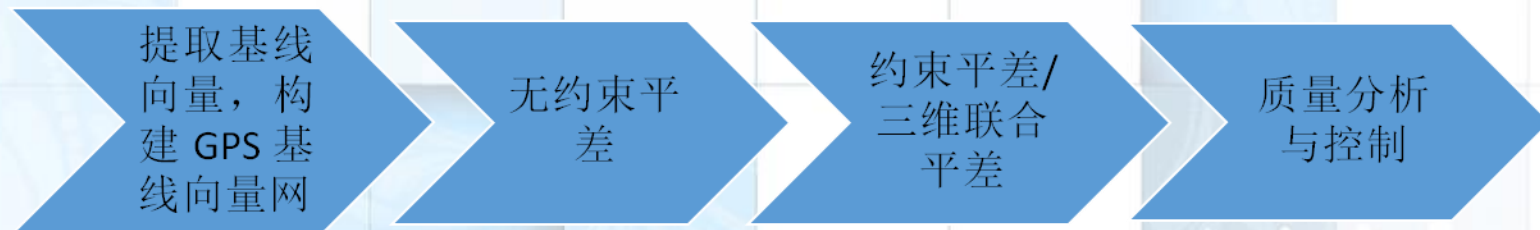
网平差类型	概念	特点
无约束平差	平差时固定网中某一点的坐标，平差的主要目的是检验GPS基线向量网本身的内部符合精度以及基线向量之间有无明显的系统误差和粗差。	GPS网的几何形状完全取决于GPS基线向量，与外部起算数据无关
约束平差	平差时以国家大地坐标系或地方坐标系的某些点的坐标，边长和方位角为约束条件，并顾及GPS网与地面网之间的转换参数进行平差计算。	引入了外部起算数据，可能会使GPS网的尺度和方位发生变化。常在大地上测量中应用
联合平差	除了GPS基线向量观测值和约束数据以外，还有地面常规测量值如边长、方向和高差等，将这些数据一并进行平差的方法	常用于工程测量



网平差类型	概念	特点
三维平差	在GPS网的三维平差中所采用的GPS基线向量观测值和所确定的点的位置都是在一个三维坐标系下	
二维平差	指平差在二维平面坐标系下进行，观测值为二维观测值，解算处的结果为点的二维平面坐标	二维平差一般适合于小范围GPS网的平差



(3) GPS网平差的流程



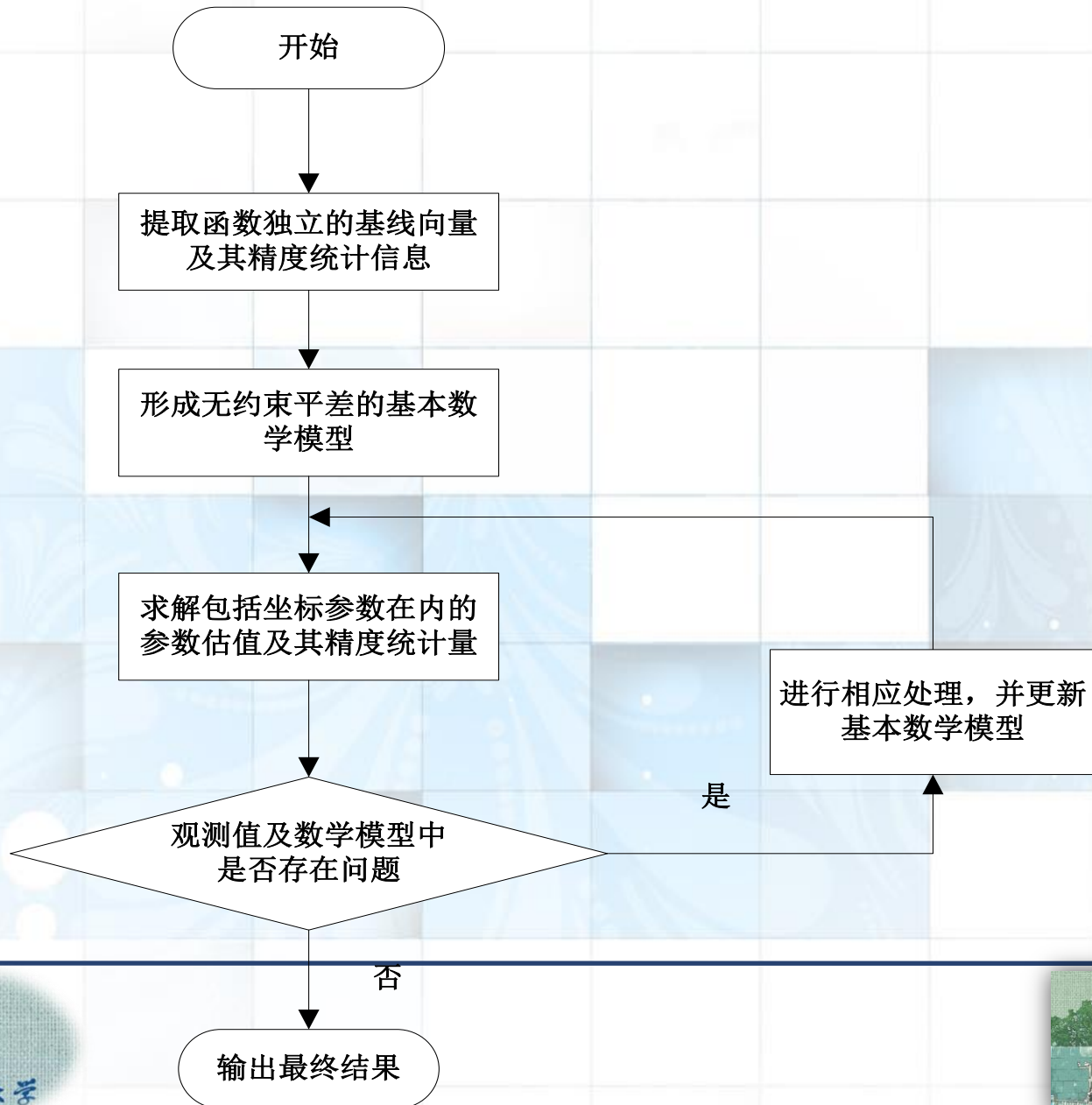
A 提取基线向量，构建GPS基线向量网

选取原则：

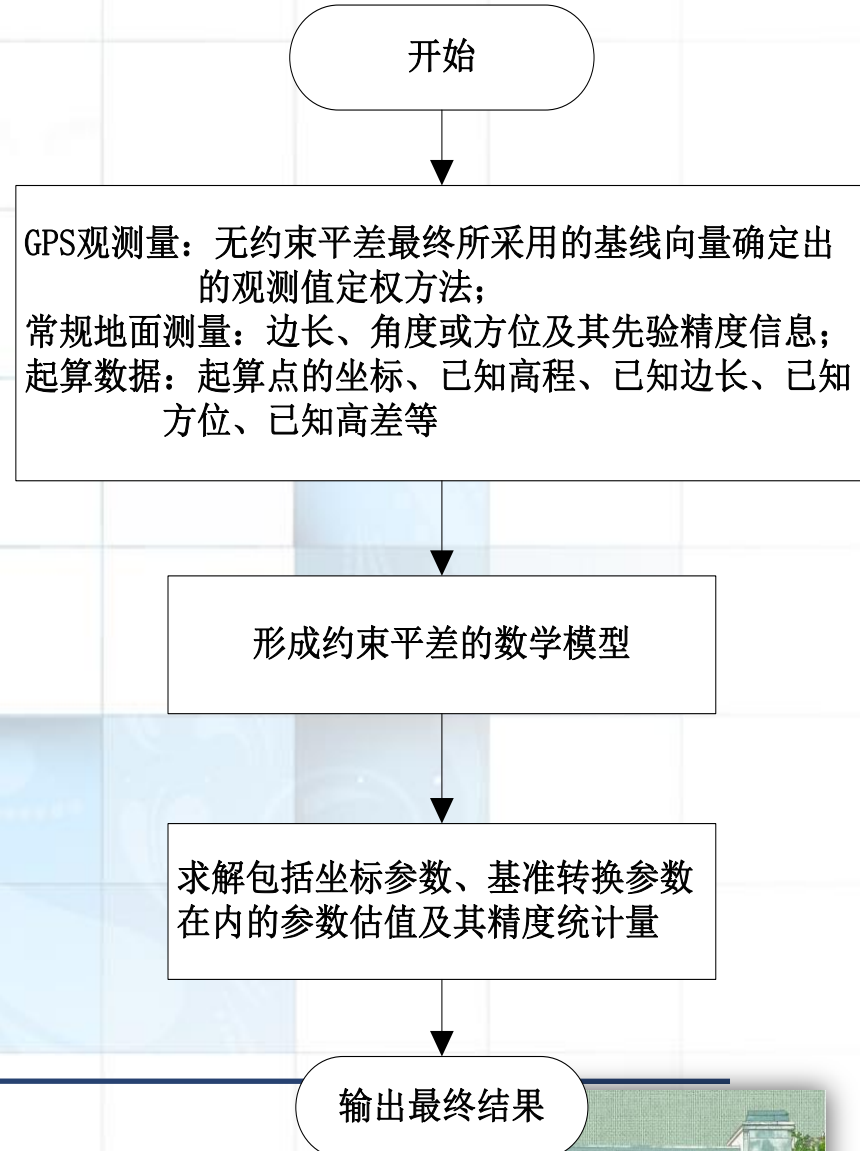
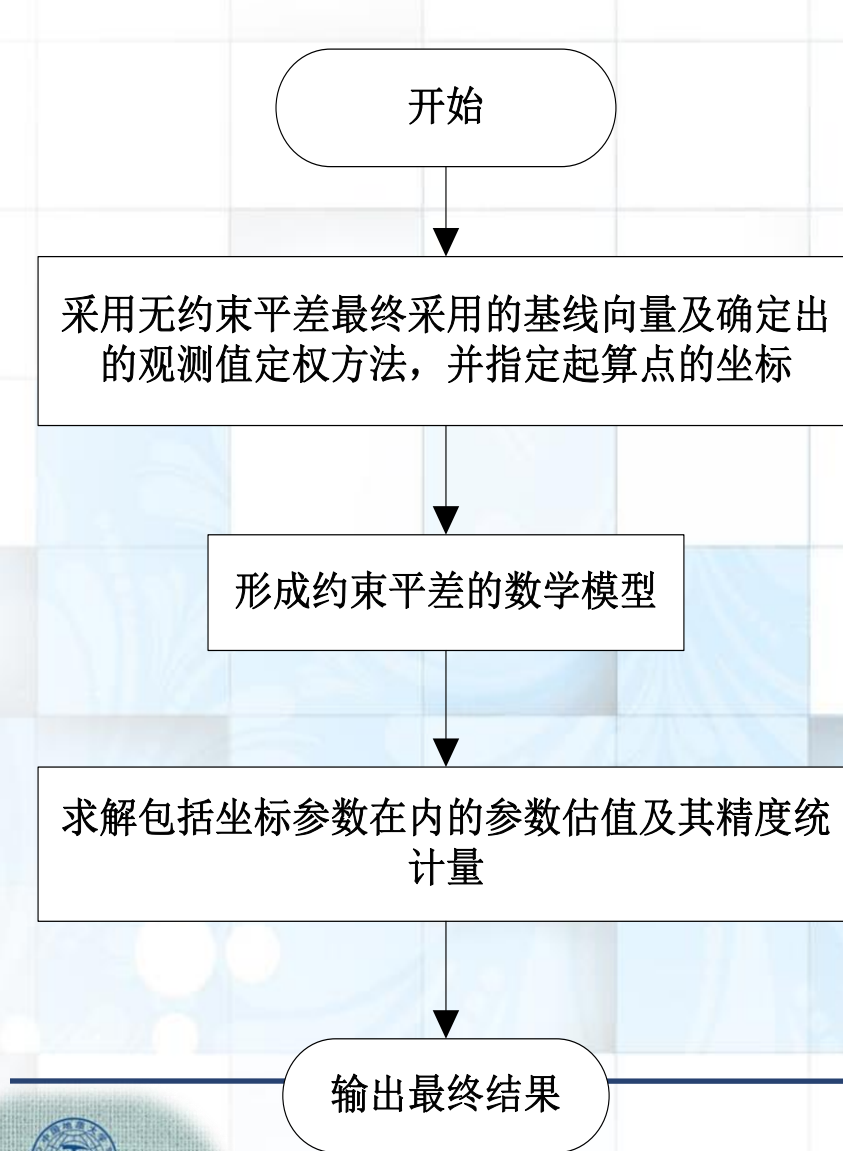
- 选取相互独立的基线，所选取的基线应构成闭合的几何图形。
- 选取质量好的基线向量。
- 选取能够成边数较少的异步环的基线向量。
- 选取边长较短的基线向量。



B 三维无约束平差



c 约束平差/三维联合平差



(4) 质量分析与控制

- 基线向量质量控制
- 单位权方差的检验
- 残差检验



7.5.4 技术总结报告的编写

- 在技术设计书的基础上，结合实际的野外测量和内业数据处理的情况，撰写技术总结报告。重点体现做了什么，与设计有何出入，如何修正。

40



- 1.项目来源
- 2.测区概况
- 3.技术依据
- 4.现有测绘成果

41

介绍测区内及与测区相关地区的现有测绘成果的情况。如已知点、测区地形图等。



- 5.施测方案：原有方案和选点有无调整？
- 6.外业观测：外业观测质量如何，有无补测，重测等。
- 7.数据处理：数据处理结果是否满足等级要求⁴²？
- 8.工作进度实际安排表：与设计有何不同？
- 9.提交成果



• 7.5.5 成果验收和上交资料

◆验收的重点为：

- (1) 实施方案是否符合规范和技术设计的要求；
- (2) 补测、重测和数据剔除是否合理；
- (3) 数据处理软件是否符合要求。处理项目是否齐全，起算数据是否正确；
- (4) 各项技术指标是否符合要求。



◆上交资料

- (1) 测量任务书（或合同书）、技术设计书；
- (2) 点之记、环视图、测量标志委托保管书、选点和埋石资料；
- (3) 接收设备、气象器及其他仪器的检验资料；
- (4) 外业观测记录、测量手簿及其他记录；
- (5) 数据处理中生成的文件、资料和成果表；
- (6) GPS网展点图；
- (7) 技术总结和成果验收报告。

