



中国矿业大学

---

China University of Mining and  
Technology

## 《GNSS 理论与应用 B》课程实验报告

姓 名： 马骁

班 级： 21 级地信 1 班

学 号： 07212393

指导教师： 赵东升

中国矿业大学环境与测绘学院

2023 年 10 月 18 日

---

# GPS 静态测量

## 一、 实验目的与任务：

练习GPS天线的整平、对中、安装；  
练习GPS接收机静态系统配置与连接；  
了解GPS接收机静态系统参数设置；  
熟悉GPS接收机静态数据采集观测信息评价方法  
掌握GPS外业测量的基本工作，掌握GPS外业作业基本流程。  
通过课程实验，加深对卫星导航定位基本理论的理解，提高综合创新能力。熟练掌握GPS仪器设备的使用方法，并且能独立完成GPS数据后处理工作，得到可靠的点位坐标。

## 二、 实验仪器及装置：

1. 华测 GPS X90接收机一台
2. 脚架一个
3. 电池两块
4. 基座一个
5. 2米钢卷尺一把

## 三、 实验内容：

1. 认识华测 GPS X90接收机的各个部件。
2. 掌握GPS接收机各个部件之间的连接方法。
3. 熟悉GPS接收机前面板各个按键的功能。
4. 熟悉GPS接收机后面板各个接口的作用。

## 四、 实验步骤：

### 一、外业采集

1. 将三脚架至视线开阔，观测条件良好的地方，撑开三脚架，并且调至水平
2. 把接收机安装在三脚架上，接收机上方有天线，小三角形定向标，用它指北
3. 在进行接收工作时，对GPS接收机进行两次测量斜高

4. 在接收任务结束以后再对仪器进行第三次测量斜高；
5. 准备工作结束以后，按下电源键，进行接收工作；
6. 长按切换键，等电台灯变成绿灯亮，就松开，切换至静态测量模式；
7. 等待一个小时以上，进行关机操作；

## 二、数据处理

1. 根据点号，把采集到的数据传送入电脑
2. 修改点号名称和仪器高
3. 修改时间为当地时间，基线处理配置中进行相应修改



图 1 基线处理配置

4. 进行基线解算，得到结果

| 索引 | 基线ID         | 基线类型 | 起点   | 终点   | 解算类型  | 利用率(%) | 同步时间         | Ratio | RMS(m) | 合格 | Dx(m)     | StdDx(m) | Dy(m)     | StdDy(m) | Dz(m)     | StdDz(m) |
|----|--------------|------|------|------|-------|--------|--------------|-------|--------|----|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
| 1  | *B01(944694) | 静态   | T002 | T010 | L1固定解 | 100    | 01:06:20.000 | 99.0  | 0.0065 | 合格 | -25.2607  | 0.0006   | 409.5499  | 0.0007   | -547.6438 | 0.0008   |
| 2  | *B02(944694) | 静态   | T002 | T071 | L1固定解 | 100    | 01:06:20.000 | 99.0  | 0.0075 | 合格 | 80.6194   | 0.0007   | 189.2919  | 0.0008   | -190.6659 | 0.0008   |
| 3  | *B03(943157) | 静态   | T010 | T071 | L1固定解 | 100    | 01:06:20.000 | 99.0  | 0.0087 | 合格 | 105.8880  | 0.0010   | -220.2718 | 0.0011   | 356.9688  | 0.0008   |
| 4  | *B04(944694) | 静态   | T002 | T074 | L1固定解 | 100    | 01:06:20.000 | 99.0  | 0.0080 | 合格 | -100.4350 | 0.0007   | 104.5389  | 0.0010   | -204.4824 | 0.0008   |
| 5  | *B07(944694) | 静态   | T002 | T031 | L1固定解 | 100    | 01:06:20.000 | 99.0  | 0.0052 | 合格 | 462.6735  | 0.0003   | 1005.2574 | 0.0003   | -981.7384 | 0.0008   |
| 6  | *B08(943157) | 静态   | T010 | T031 | L1固定解 | 100    | 01:06:20.000 | 99.0  | 0.0061 | 合格 | 487.9340  | 0.0006   | 595.7069  | 0.0008   | -434.0978 | 0.0008   |
| 7  | *B09(944658) | 静态   | T071 | T031 | L1固定解 | 100    | 01:06:30.000 | 99.0  | 0.0077 | 合格 | 382.0495  | 0.0007   | 815.9688  | 0.0008   | -791.0739 | 0.0008   |
| 8  | *B10(944664) | 静态   | T074 | T031 | L1固定解 | 99.25  | 01:06:30.000 | 68.7  | 0.0074 | 合格 | 563.1067  | 0.0006   | 900.7164  | 0.0008   | -777.2551 | 0.0008   |
| 9  | *B11(944694) | 静态   | T002 | T021 | L1固定解 | 100    | 01:06:20.000 | 99.0  | 0.0057 | 合格 | 430.2602  | 0.0004   | 514.3453  | 0.0004   | -364.6864 | 0.0008   |
| 10 | *B12(943157) | 静态   | T010 | T021 | L1固定解 | 100    | 01:06:40.000 | 99.0  | 0.0083 | 合格 | 455.5192  | 0.0010   | 104.7991  | 0.0010   | 182.9604  | 0.0008   |
| 11 | *B13(944658) | 静态   | T071 | T021 | L1固定解 | 100    | 01:06:30.000 | 99.0  | 0.0071 | 合格 | 349.6323  | 0.0007   | 325.0682  | 0.0008   | -173.9935 | 0.0008   |
| 12 | *B14(944664) | 静态   | T074 | T021 | L1固定解 | 100    | 01:07:20.000 | 99.0  | 0.0082 | 合格 | 530.6958  | 0.0006   | 409.8133  | 0.0009   | -160.2017 | 0.0008   |
| 13 | *B15(942921) | 静态   | T031 | T021 | L1固定解 | 99.25  | 01:06:30.000 | 80.8  | 0.0067 | 合格 | -32.4219  | 0.0006   | -490.9073 | 0.0005   | 617.0601  | 0.0008   |

图 2 基线解算结果图

## 5. 更改残差序列图，减小误差

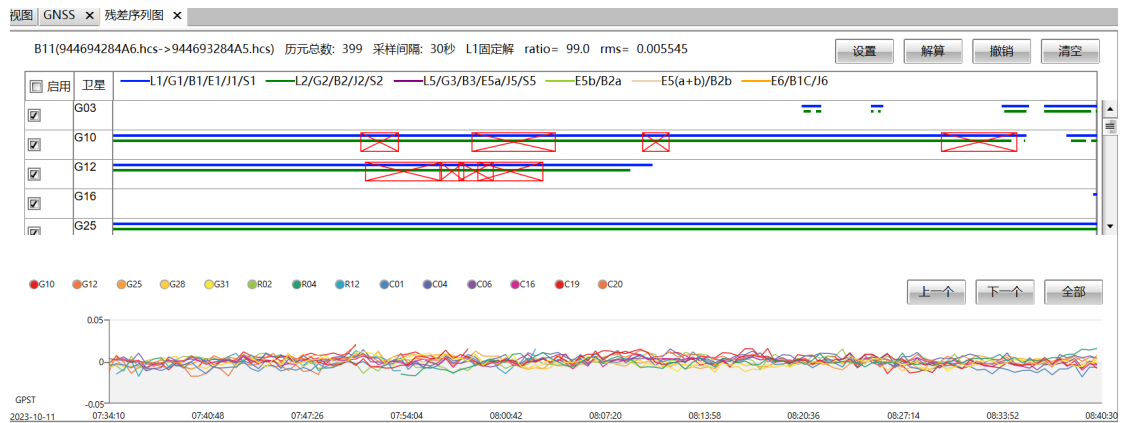


图 3 更改残差序列图

## 6. 转为控制点

将 3 个已知点转为控制点，对控制点坐标进行约束。

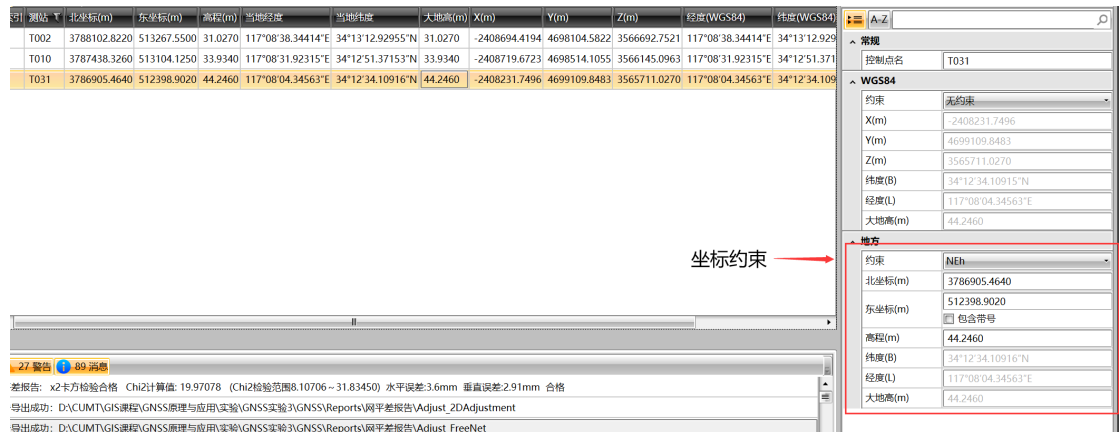


图 4 控制点约束

## 7. 网平差

选择手动-二维约束平差进行平差，得到二维约束平差报告。



\*全自动平差：基于控制点个数和约束条件自动执行相应的平差。  
\*自由网平差：无需控制点，即可平差。  
\*三维约束平差：存在至少1个WGS84约束控制点，或至少1个本地约束控制点。  
\*二维约束平差：常用2个本地约束控制点。  
\*另：当控制点为工程或局部坐标时，可能导致三维平差计算结果出现偏差。

图 5 控制网平差

三、平差结果

控制网平差结果合格。

| 2 平差统计    |                    |
|-----------|--------------------|
| 统计总结      |                    |
| 名称        | 值                  |
| 网参考因子     | 1.91266182694764   |
| x2卡方检验    | 合格                 |
| Chi2计算值   | 19.97078           |
| Chi2检验范围  | 8.10706 ~ 31.83450 |
| 单位权中误差比   | 1.05332            |
| 精度置信水平    | 2 sigma            |
| 水平误差      | 3.6                |
| 垂直误差      | 2.91               |
| 检验结果      | 合格                 |
| 3 控制网合格检验 |                    |
| 控制网等级     |                    |
| 名称        | 值                  |
| 控制网等级     | E级-2009            |

图 6 控制网平差结果

设计的平差网图和选取的控制点如下所示。

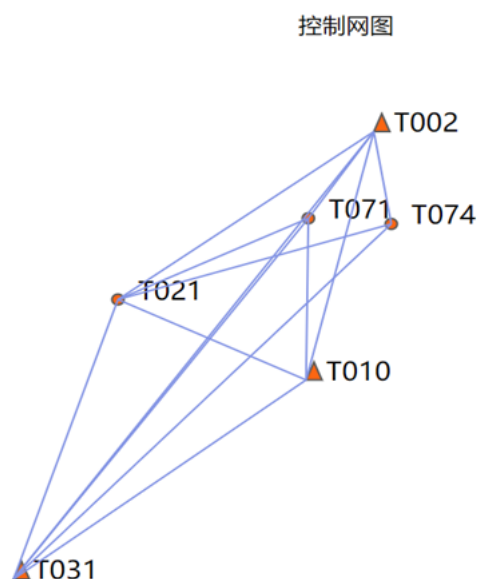


图 7 控制网图

解算后的各点平面坐标:

| 点ID  | 北坐标(m)       | 北坐标中误差(m) | 东坐标(m)      | 东坐标中误差(m) | 高程(m)   | 高程中误差(m) |
|------|--------------|-----------|-------------|-----------|---------|----------|
| T002 | 3788102.8220 | 0.0000    | 513267.5500 | 0.0000    | 41.4836 | 0.0014   |
| T010 | 3787438.3260 | 0.0000    | 513104.1250 | 0.0000    | 44.4210 | 0.0027   |
| T071 | 3787870.8972 | 0.0028    | 513109.7765 | 0.0022    | 43.1252 | 0.0026   |
| T074 | 3787855.7171 | 0.0035    | 513309.5798 | 0.0025    | 41.3019 | 0.0029   |
| T031 | 3786905.4640 | 0.0000    | 512398.9020 | 0.0000    | 54.6853 | 0.0015   |
| T021 | 3787653.3989 | 0.0018    | 512650.6581 | 0.0013    | 52.5908 | 0.0017   |

图 8 解算后的各点平面坐标

## 五、野外现场研讨内容

(1) 此次实验的目的是什么？最终提交的具体成果是什么？这些成果在测绘领域有什么用？

通过 GNSS 接收器记录的各个测量站点的经纬度、高度等坐标信息；

最终提交的结果有：基线向量，数据质量分析报告，最终的测量站点坐标解算结果；

GNSS 测量提供了高精度的地理空间数据，可用于制图、地理信息系统 (GIS)、土地测量、建筑工程、导航、自然资源管理等各种应用。

(2) 其他各组（班）成员此时此刻在完成什么任务？

首先选取测量站点，进行仪器的对中整平，然后各个组应同时开机和关机，保证测量时段的完整，通过仪器进行 GNSS 数据的记录。

(3) 如果你进行本次测量的技术设计，应该有哪些内容？

- 1、 站点选择：选择合适的测量站点
- 2、 GNSS 设备的选择：选择测量精度较高的设备

- 3、观测时间设计：确定观测时间的统一性和连续性
- 4、基线设计：规划不同站点之间的基线，保证测量数据的充足
- 5、数据处理：对 GNSS 数据进行相应的处理和分析，进行控制网平差
- 6、质量分析：制定测量的误差等级，对数据进行分析 and 精度评估
- 7、撰写报告：对测量实验内容进行撰写，详细描述方法、结果。

## 六、数据处理要求讨论

(1) 讨论与视频中的设置参数相比，你所采用的设置参数哪些是相同的，哪些是不同的？原因是什么？

- 相同参数：

坐标系统参数中的东方向加常数，基线处理设置参数相同。

- 不同参数：

坐标系统参数如椭球体的选择、中央子午线的设置、北方向加常数的设置、时间系统都选择当地时间但是时区不同，测站点的仪器高，控制点坐标约束。

- 原因：

视频中 GNSS 数据为肯尼亚数据，坐标系统和所处经度不同，所处时区不同，测量的点也不同，需要自行修改对应的参数。

### (2) 讨论数据处理中基线、闭合环不合格的原因。

- 1、系统误差：测量过程中可能受到对流层和电离层的影响，卫星钟差、接收机钟差的影响。
- 2、基线长度过长：过长的基线可能导致精度下降。
- 3、测量数据较差，卫星数量不足：可能受到建筑物、树木的遮挡，在数据传输记录的过程中发生数据缺失。
- 4、仪器精度：接收机接收信号的准确度不够，波动误差较大。
- 5、人员操作问题：在进行数据采集、处理的过程中，操作不当。
- 6、观测时间不充足：观测时间不够接收到的信号不充足，进行解算时误差较大。

(3) 讨论解算出来的验证点坐标与给出点坐标的一致性，并分析影响解算坐标标准度的因素有哪些？

| 点ID      | 北坐标(m)       | 北坐标中误差(m) | 东坐标(m)      | 东坐标中误差(m) | 高程(m)   |
|----------|--------------|-----------|-------------|-----------|---------|
| T002     | 3788102.8220 | 0.0000    | 513267.5500 | 0.0000    | 41.4836 |
| T010     | 3787438.3260 | 0.0000    | 513104.1250 | 0.0000    | 44.4210 |
| T071     | 3787870.8972 | 0.0028    | 513109.7765 | 0.0022    | 43.1252 |
| T074     | 3787855.7171 | 0.0035    | 513309.5798 | 0.0025    | 41.3019 |
| T031     | 3786905.4640 | 0.0000    | 512398.9020 | 0.0000    | 54.6853 |
| 验证点 T021 | 3787653.3989 | 0.0018    | 512650.6581 | 0.0013    | 52.5908 |

| 点名(新) | 点名(原) | 北方向         | 东方向        | H 高程    | 备注  |
|-------|-------|-------------|------------|---------|-----|
| T002  | I1    | 3788102.822 | 513267.550 | 31.027  | 已知点 |
| T010  | I63   | 3787438.326 | 513104.125 | 33.934  | 已知点 |
| T031  | I39   | 3786905.464 | 512398.902 | 44.246  | 已知点 |
| T021  | I22   | 3787653.393 | 512650.650 | 42.1438 | 验证点 |
| T037  | I34   | 3787266.767 | 512208.077 | 47.5837 | 验证点 |

图 9 验证点给出坐标与解算坐标对比

影响坐标解算准确度的因素有：

- 1、卫星几何：卫星的几何位置分布会影响定位精度
- 2、对流层、电离层误差
- 3、多路径效应：建筑物反射信号，信号经过多次反射，精度降低
- 4、卫星钟差和接收机钟差
- 5、基线长度：较长的基线可能误差较大
- 6、外部原因：天气条件，环境影响
- 7、卫星信号强弱

## 七、实验心得

在进行 GNSS 静态实验的过程中，我们小组利用接收机接收卫星信号，并进行数据处理，数据处理的过程中让我了解到影像 GNSS 信号质量的原因，比如建筑物遮挡，树木遮挡等（多路径误差）。此外在处理基线和闭合差时，观察到有的数据质量很差，分析了可能的原因，如观测时间不足等。这次实验加深了我对 GNSS 的理解，将书本的内容待到实践中，达到了学以致用效果。