



# 山东科技大学

课题名称：大地测量学基础生产实习

实习性质：生产实习

实习地点：青岛经济技术开发区（小珠山）

学院：测绘与空间信息学院

专业班级：测绘工程（海洋测绘方向）2018

姓名：黄瑾

学号：201801020510

指导教师：张燕

报告日期：2020. 12. 21

# 山东科技大学

## 实习任务书

### 一、实习名称：

大地测量学基础生产实习

---

### 二、实习时间：

2020-12-16 至 2020-12-27

---

### 三、实习地点：

青岛经济技术开发区（小珠山）

---

### 四、实习主要内容与进度安排：

(1) 布设某一测区三等水准网；布设某一测区四等导线网和三角高程测量。

---

(2) 控制网的图上设计、选点、精度估算；仪器的检验；水平角和垂直角观测；归心元素测定；距离测量；水准测量；水准网的平差；导线网的平差；高程网的平差。

---

(3) 进度安排：踏勘、选点、熟悉测区情况等 1 天；导线图形设计及精度估算、水准图形设计及精度估算 1 天；经纬仪检验、水准仪及水准尺检验 1 天；水平角观测及测站平差、垂直角观测、归心元素测定 5 天；光电测距导线测量 3 天；三等水准测量 3 天；四等水准联测 1 天；三角概算、三角网平差、导线平差、水准网平差 3 天；实习报告 1 天；机动 1 天。

---

### 五、具体要求（技术要求等）：

培养学生理论联系实际，对技术工作一丝不苟、严细、准确、精益求精的学风。切实掌握测区三、四等控制测量。在高精度测角、测距、水准测量等方面对方案设计、野外观测、外业概算、平差计算等基本技能都得到训练。

---

# 目录

1 实习的性质与目的.....	1
2.1 基本内容.....	2
2.2 进度安排.....	2
2.3 实习组织.....	2
2.4 实习工具.....	3
2.5 技术规范.....	3
3 仪器的校准与检验.....	4
3.1 电子水准仪的检验与校正.....	4
3.2 全站仪的检验与校正.....	5
4 测区概述与使用的仪器.....	8
4.1 测区的情况概述.....	8
4.2 实习所用的仪器设备.....	8
5 水准测量以及实施细节.....	10
5.1 水准测量外业技术指标.....	10
5.2 水准网布设原则.....	11
5.3 水准观测方法.....	12
5.4 实习水准测量线路略图.....	12
5.5 水准网的概算与平差分析.....	13
6 导线测量以及实施细节.....	16
6.1 导线测量外业技术指标.....	16
6.2 导线网布设原则与观测方法.....	18
6.3 三角高程测量原理与计算.....	19
6.5 导线网略图.....	21
6.4 导线网平差.....	22
7 外业实习总结.....	25
8 部分数据附录.....	26
9 参考文献与资料.....	42

## 1 实习的性质与目的

“大地测量学基础”实习，是“大地测量学基础”课程的主要教学环节之一。是在学完了大地测量学基础的理论和方法后，模拟或结合实际生产任务所进行的一次综合性实践。是生产实习。通过某测区控制网（平面、高程）的实地踏勘、观测、概算、平差，使学生进一步加深理解和熟练掌握所学的理论，巩固所学的知识，提高操作技能；了解控制测量工作在国民经济建设和生产中的地位和作用。提高学生的测算基本功，并为毕业实习打下基础。

通过三周时间的实习，应达到以下目的：

1. 巩固课堂教学知识，加深对大地测量学基础基本理论的理解，能够用有关理论指导作业实践，做到理论与实践相统一，提高学生分析问题、解决问题的能力，从而对大地测量学基础的基本内容得到一次实际的应用，使所学知识进一步巩固、深化。
2. 对学生进行控制测量野外作业的基本技能训练，提高动手能力和独立工作能力。通过实习，熟悉并掌握三、四等控制测量的作业程序及施测方法；
3. 对野外观测成果的整理、检查和计算。掌握用测量平差理论处理控制测量成果的基本技能。
4. 通过完成控制测量实际任务的锻炼，提高学生独立从事测绘工作的计划、组织与管理能力，培养学生良好的专业品质和职业道德，达到综合素质培养的教学目的。

## 2 实习的基本内容与进度安排

### 2.1 基本内容

布设某一测区三等水准网；布设某一测区四等导线网和三角高程测量。

控制网的图上设计、选点、精度估算；仪器的检验；水平角和垂直角观测；归心元素测定；距离测量；水准测量；水准网的平差；导线网的平差；高程网的平差。通过实习使学生得到下列诸方面训练：

- 1、培养学生吃苦耐劳、爱护仪器、团结协作的作风；培养学生理论联系实际。对技术工作一丝不苟、严细、准确、精益求精的学风。
- 2、切实掌握测区三、四等控制测量的作业程序、作业方法和精度指标。
- 3、在高精度测角、测距。高精度水准测量等方面对方案设计、野外观测、外业概算、平差计算等基本技能都得到训练。
- 4、培养学生联系实际分析问题、解决问题的能力。

### 2.2 进度安排

踏勘、选点、熟悉测区情况等 1 天；导线图形设计及精度估算、水准图形设计及精度估算 1 天；经纬仪检验、水准仪及水准尺检验 1 天；水平角观测及测站平差、垂直角观测、归心元素测定 5 天；光电测距导线测量 3 天（距离数据观测可以使用全站仪）；三等水准测量 3 天；四等水准联测 1 天；三角概算、三角网平差、导线平差、水准网平差 3 天；实习报告 1 天；机动 1 天。

### 2.3 实习组织

本次实习组号为测绘工程（海洋测绘方向）2018 班 3 组，组长为黄瑾，小组共有四人，均为班级成员，人员配比为 3 男 1 女，主要进行仪器的操作、数据观测、外业记录以及内业数据处理等工作。

表 2-1.小组成员名单与分工

小组	姓名	分工
3	黄瑾	测量、数据平差
	孟怡君	数据记录、粗处理
	刘杨	测量
	张家朋	测量

4	隋思成	测量
	王凯选	测量
	韦冠全	测量
	李玲妃	记录数据、粗处理

## 2.4 实习工具

- 1、2 秒全站仪一套，具体包括：全站仪、脚架、单（三）棱镜、安全标志等。
- 2、S1 电子水准仪一套，具体包括：电子水准仪、水准尺、尺垫等。
- 3、安全服、实习报告等。
- 4、自备：记录本、计算纸张、计算器、铅笔、油漆等等。

## 2.5 技术规范

《国家三、四等水准测量规范》 GB/T 12898-2001

《全球定位系统测量规范》 GB/T-18314-2001

《工程测量规范》 GB50026-2007

《三、四等导线测量规范》 CH T2007-2001

### 3 仪器的校准与检验

#### 3.1 电子水准仪的检验与校正

对电子水准仪进行分项检定，大多数项目同光学自动安平水准仪相同，可参照自动安平水准仪的检定方法和限差指标进行。目前国内大多数计量部门对电子水准仪的检定采用的就是这种方法，就此本文不作过多介绍，仅就不同于光学水准仪的一些检定项目作以下四点说明：

表 3-1.电子水准仪检验项目

序号	仪器	检验项目	新仪器	作业前
1		仪器外观、通电检视	+	+
2		圆水准器的检校	+	+
3		望远镜调焦运行误差	+	+
4	电子水准仪	视线观测中误差(安平精度)	+	+
5		视准轴误差(光学 i 角和电子 i 角)	+	+
6		内符合精度	+	+
7		补偿范围	+	
8		补偿精度	+	+
9		测站单次高差的中误差	+	+
10		系统分辨力	+	+
11	条码	圆水准器的检校	+	+
12	水准	一对标尺的零点差	+	+
13	标尺	标尺的检视	+	+
14		测程(视距)范围	+	

注：表中“+”表示应检验的项目

第一点：鉴于前面的分析和阐述，作者认为编码标尺的分划误差不应列入电子水准仪的检定项目中。

第二点：内符合精度是指重复观测过程中，仪器复现测量值的能力。通过在不同视距上，各进行 10 次观测，对每组观测数据按照白塞尔公式计算标准差。

第三点：系统分辨力的检定是将编码标尺安置在水平双频激光干涉仪上，通过控制双频激光干涉仪，编码标尺以 0.02mm 的步距水平移动，其位移值由双频

激光干涉仪测定并视为真值，在标尺的每个移动位置读数 10 次，标尺共移动 100 次，总移动量为 2mm。分别在视距为 5m，10m，15m，20m 的位置做上述检定，最后按照白塞尔公式计算系统分辨力。

总而言之，需要在测量之前对水准仪做以下四项检定：

- (1) 水准仪及脚架各部分的检视。
- (2) 圆水准器安置正确性的检验。
- (3) 光学测微器效用正确性和分划值的测定。
- (4) 视准轴与水准器轴相互关系的检定。

### 3.2 全站仪的检验与校正

#### 一、长水准器的检查和校正

检查：

- 1、将仪器安放于较稳定的装置上（如三脚架、仪器校正台），并固定仪器；
- 2、将仪器粗整平，并使仪器长水准器与基座三个脚螺丝中的两个的连线平行，调整该两个脚螺丝使长水准器水泡居中；
- 3、转动仪器  $180^\circ$  观察长水准器的水泡移动情况，如果水泡处于长水准器的中心，则无须校正；如果水泡移出允许范围，则需进行调整。

校正：

- 1、将仪器在一稳定的装置上安放并固定好；
- 2、粗整平仪器；
- 3、转动仪器，使仪器长水准器与基座三个脚螺丝中的两个的连线平行，并转动该两个脚螺丝，使长水准器水泡居中；
- 4、仪器转动  $180^\circ$ ，待气泡稳定，用校针微调正螺钉，使水泡向长水准器中心移动一半的距离；
- 5、重复 3、4 步骤，直至仪器用长水准器精确整平后转动到任何位置，水泡都能处于长水准器的中心。

#### 二、圆水准器的检查和校正

检查：

- 1、将仪器在一稳定的装置上安放并固定好；
- 2、用长水准器将仪器精确整平；



3、观察仪器圆水准器气泡是否居中，如果气泡居中，则无需校正；如果气泡移出范围，则需进行调整。

校正：

- 1、将仪器在一稳定的装置上安放并固定好；
- 2、用长水准器将仪器精确整平；
- 3、用校针微调两个校正螺钉，使气泡居于圆水准器的中心。

注：用校针调整两个校正螺钉时，用力不能过大，两螺钉的松紧程度相当。

### 三、望远镜粗瞄准器的检查和校正

检查：

- 1、将仪器安放在三脚架上并固定好；
- 2、将一十字标志安放在离仪器 50 米处；
- 3、将仪器望远镜照准十字标志；
- 4、观察粗瞄准器是否也照准十字标志，如果也照准，则无须校正；如果有偏移，则需进行调整。

校正：

- 1、将仪器安放在三脚架上并固定好；
- 2、将一十字标志安放在离仪器 50 米处；
- 3、将仪器望远镜照准十字标志；
- 4、松开粗瞄准器的 2 个固定螺钉，调整粗瞄准器到正确位置，并固紧 2 个固定螺钉。

### 四、望远镜分划板竖丝的检查 and 校正

检查：

- 1、将仪器安置于三脚架上并精密整平；
- 2、在距仪器 50 米处设置一点 A；
- 3、用仪器望远镜照准 A 点，旋转垂直微动手轮；如果 A 点沿分划板竖丝移动，则无需调整；如果移动有偏移，则需进行调整。

校正：

- 1、安置仪器并在 50 米处设置 A 点；
- 2、取下目镜头护盖，旋转垂直微动手轮，用十字螺丝刀将 4 个调整螺钉稍

微松动，然后转动目镜头使 A 点与竖丝重合，拧紧 4 个调整螺钉；

3、重复检查 3，校正 2 步骤直至无偏差。

注：如果对分划板的竖丝进行的校正，则在完成后，请检查仪器的照准差和指标差是否发生了改变。

#### 五、仪器照准差 C 的检查与校正

检查：

1、将仪器安置在稳定装置或三脚架上并精密整平；

2、瞄准平行光管分划板十字丝或远处明显目标，先后进行正镜和倒镜观测；

3、得到正镜读数 HI 和倒镜读数 HR；计算照准差  $C = (HI - HR \pm 180^\circ) / 2$ ；

如果  $C < 8''$ ，则无需调整；如果  $C > 8''$ ，则需进行调整。

校正：

1、在倒镜位置旋转平盘微动手轮使倒镜读数  $HR' = HR + C$ ；

2、松开望远镜分划板调整螺钉护盖，调整左右两个调整螺钉，使望远镜分划板与平行光管或远处目标重合；重复进行检校和校正直至合格为止。

#### 六、竖直度盘指标差 I 的检查和校正

请进行完十字丝校正和 2C 差校正后，再进行本检校检查

1、将仪器安置在稳定装置或三脚架上精密整平并开机；

2、用望远镜分别在正镜和倒镜位置瞄准垂直角为  $\pm 10^\circ$  左右的平行光管分划板或远处目标，得到正镜读数 VI 和倒镜读数 VR；

3、计算：指标差为  $I = (VI + VR - 360^\circ) / 2$ 、如果指标差小于  $15''$ ，则无须校正；如果大于  $15''$ ，则需进行调整。

## 4 测区概述与使用的仪器

### 4.1 测区的情况概述

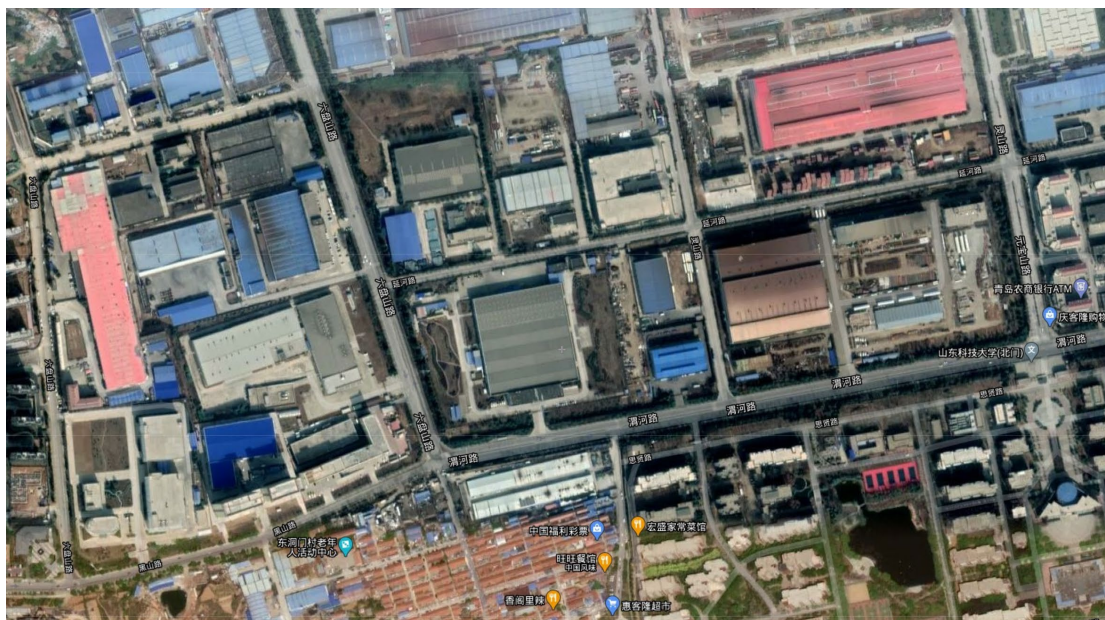


图 4-1.测区范围图

本次实习区域以山东科技大学为中心，测区南侧沿渭河路直到海信珠山小镇十字路口，从该处的十字路口沿洞庭山路向北直至东西向洞庭山路，沿沿河路知道元宝山路，沿元宝山路到山东科技大学北门。第一个环是元宝山路、沿河路、灵山路、渭河路组成的环；第二个环是灵山路、沿河路、六盘山路、渭河路组成的环；第三个环是六盘山路、洞庭山路、渭河路组成的环。

本次实习测量区域主要是上述三个环路以及其周边地区，水准测量主要是进行三等水准测量，围绕着上述区域构成三个闭合环进行测量，最后在进行水准网数据的内业处理与平差。导线测量主要是根据测区具体通视情况，均匀并且适当地选取一定数量的测区控制点，进行四等水准测量，具体控制点的选择可以使用点之记记录本来进行记录。由于测区面积较大，还需压迫考虑距离和方向归算到椭球面，然后再投影到高斯平面等有关的计算方法和过程。

### 4.2 实习所用的仪器设备

#### 1、所使用的全站仪为南方测绘 NTS 全站仪

该款全站仪集瑞士光学机械制造工艺与中国测绘工作需求的一款产品，它采

用更加简约实用的数字键盘并标配导向光功能。



图 4-2.所使用的全站仪

## 2、所使用的电子水准仪为中海达 DL-2007

该电子水准仪集测距、水准功能于一体，同时可以自动精平，大大简化了外业操作程序。



图 4-3.所使用的电子水准仪

## 5 水准测量以及实施细节

### 5.1 水准测量外业技术指标

三等水准测量使用电子水准仪，采用变更仪器高法，往返观测。

三四等水准观测作业规定见下表：

表 5-1.水准外业观测技术指标

项目 等级	视线长度		前 后 视 距 (m)	前后视距累 积差 (m)	视线高度
	仪器类型	视距			
三等	S <sub>2</sub>	≤ 75	≤ 2.0	≤ 5.0	三丝能读数
	S <sub>1</sub> S <sub>0.5</sub>	≤ 100			
四等	S <sub>2</sub>	≥ 100	≤ 3.0	≤ 10.0	三丝能读数
	S <sub>1</sub> S <sub>0.5</sub>	≥ 150			

每一测站观测结束后，各项计算值不得超过下表所规定之值：

表 5-2.水准内业计算各项指标限差

项目 等级	黑、红面（基 辅分划）读数 差 (mm)	黑、红面（基 辅分划）所测 高差之差 (m m)	左、右路线转 点差 (mm)	检测间歇点高 差之差 (mm)
光学测微法 三等 中丝读数法	1.0	1.5	3.0	3.0
	2.0	3.0		
四等	3.0	5.0	5.0	5.0

每一测段观测完毕后，各限差见下表：

表 5-3.水准测段观测限差

项目 等级	检测已测测 段高差之差	路线、测段 往返测高差 不符值	左、右路线 高差不符值	符合线路闭 合差	环闭合差
三等	$\pm 20\sqrt{R}$	$\pm 12\sqrt{K}$	$\pm 8\sqrt{K}$	$\pm 12\sqrt{L}$	$\pm 12\sqrt{F}$
四等	$\pm 30\sqrt{R}$	$\pm 20\sqrt{K}$	$\pm 14\sqrt{K}$	$\pm 20\sqrt{L}$	$\pm 20\sqrt{F}$

注：R、K、L、F 分别为测段路线的长度，以公里计。

水准测量外业结束后，应立即进行外业计算，内容有以下几种：

### 1、外业手薄的检查和计算

应按《规范》规定，对有关项目进行严格、认真的检查。

### 2、计算高差的各项改正数

(1) 水准尺每米平均真长误差的改正。

(2) 正常水准面不平行的改正。

(3) 水准路（环）线闭合差的改正。

## 5.2 水准网布设原则

1、三、四等水准网是在一、二等水准网的基础上进一步加密，根据需要在高等级水准网内布设符合路线、环线或结点网，直接提供地形测图和各种工程建设所必需的高程控制点。

2、单独的三等水准附和路线，长度应不超过 150km；环线周长应不超过 200km；同级网中结点间距离应不超过 70km。

3、单独的四等水准附和路线，长度应不超过 80km；环线周长应不超过 100km；同级网中结点间距离应不超过 30km；山地可适当放宽。

4、水准点的高程采用正常高程系统，按照 1985 国家高程基准起算。青岛原点高程为 72.260m。

5、本次实习是模拟实际工作情境下的外业测量，由于实际情况不能建设规范的混凝土点之记，因此采用油漆来代替埋石操作。

6、三、四等水准测量，每公里水准测量的偶然中误差  $M_{\Delta}$  和全中误差  $M_w$ ，不得超过下表规定的数值：



表 5-4.水准测量相关误差指标

测量等级	三等	四等
$M_{\Delta}$	3.0	5.0
$M_w$	6.0	10.0

### 5.3 水准观测方法

三等水准测量采用中丝读数法进行往返测。当使用有光学测微器的水准仪和线条式因瓦水准标尺观测时，也可进行单程双转点观测。四等水准测量采用中丝读数法进行单程观测。支线必须往返测或单程双转点观测。

工作间歇时，最好能在水准点上结束观测。否则，应选择两个坚稳可靠、光滑突出、便于放置标尺的固定点，作为间歇点。间歇点，应进行检测，检测结果符合限差要求即可起测。如无固定点可选择，则间歇前最后两测站的转点处打入带有帽钉的木桩作间歇点。间歇后进行检测，比较任意两转点间歇前后所测高差，若符合限差要求，即可由此起测。否则，须从前一水准点起测。需要注意的是，检测高差不予采用。

### 5.4 实习水准测量线路略图



图 5-1.水准测量线路图

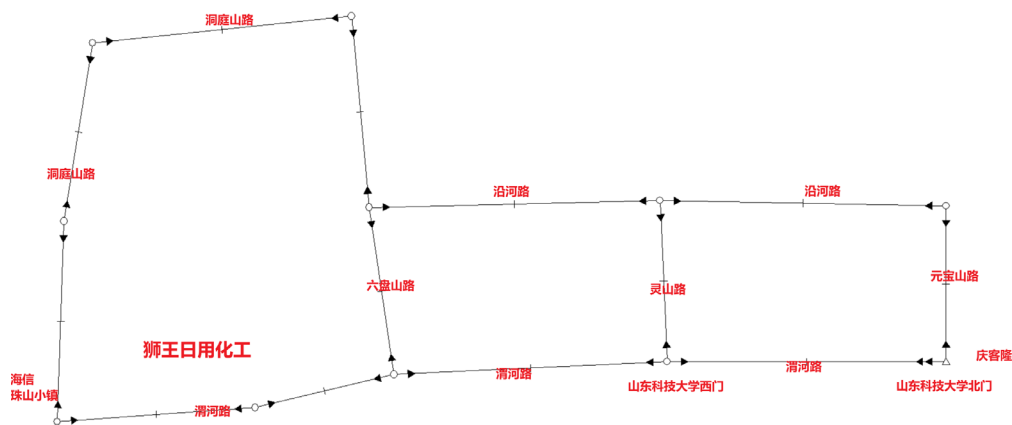


图 5-2.水准网导线略图

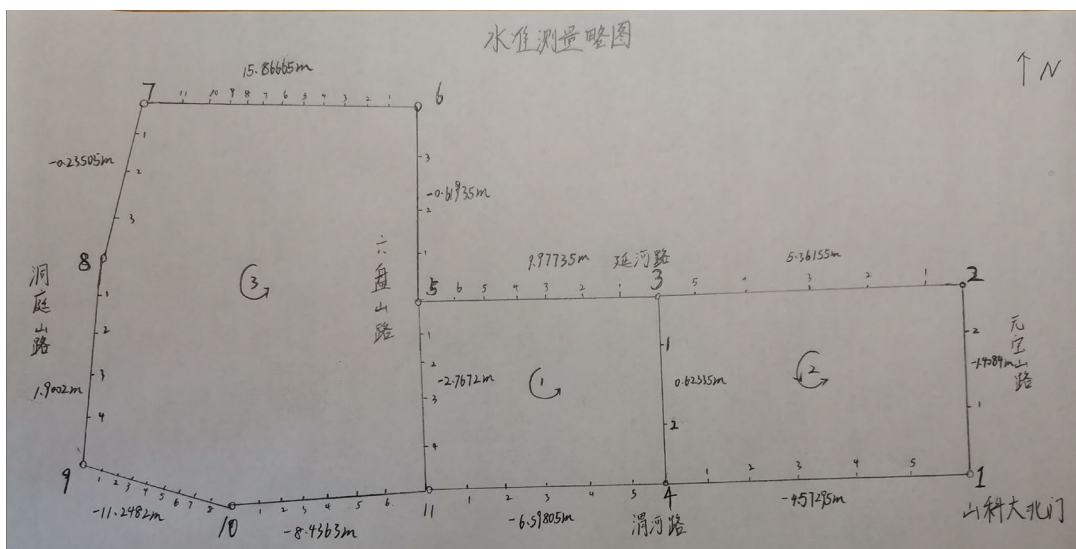


图 5-3.实际测量水准网路线图

## 5.5 水准网的概算与平差分析

水准网的平差主要有以下几个关键点：

(1) 精密水准测量精度鉴定与水准路线的限差规定

$\Delta$  为往返不符值，根据权的性质和权与距离的关系，得到：

$$P_1 \Delta_1^2 = P_2 \Delta_2^2 = \dots = P_n \Delta_n^2 = 1 \cdot \Delta_0^2$$

$$\frac{\Delta_1^2}{2R_1} = \frac{\Delta_2^2}{2R_1} = \dots = \frac{\Delta_n^2}{2R_n} = \frac{\Delta_0^2}{1}$$

因此，高差不符值的单位全中误差为：



$$\mu = \pm \sqrt{\frac{\frac{1}{2} \left[ \frac{\Delta\Delta}{R} \right]}{n}} = \pm \sqrt{\frac{1}{2n} \left[ \frac{\Delta\Delta}{R} \right]}$$

则每公里往返高差平均值的中误差为：

$$M_{\Delta} = \frac{\mu}{\sqrt{2}} = \pm \sqrt{\frac{1}{4n} \left[ \frac{\Delta\Delta}{R} \right]}$$

由 N 个环长为 F、环闭合差为 W 的闭合环求得的每公里高差中误差为：

$$M_w = \pm \sqrt{\frac{1}{N} \left[ \frac{WW}{F} \right]}$$

(2) 观测值的改正

水准尺每米长度误差改正：

$$\delta_h = f \sum h$$

近似正高改正：

$$\varepsilon_i = \frac{2c \sin \varphi_n}{\rho'} H_n$$

(3) 水准路线闭合差的改正

$$W_i = (H_0 - H_n) + \sum_{j=1}^{n_i} h'_j + \sum_{j=1}^{n_i} \varepsilon_j$$

$$v_j = - \frac{R_j}{\sum_{j=1}^{n_i} R_j} W_i$$

(4) 采用间接观测平差，权为距离的倒数。

本次水准大圈环路平差采用武汉大学的科傻数据处理软件进行，具体软件操作界面如下图所示：

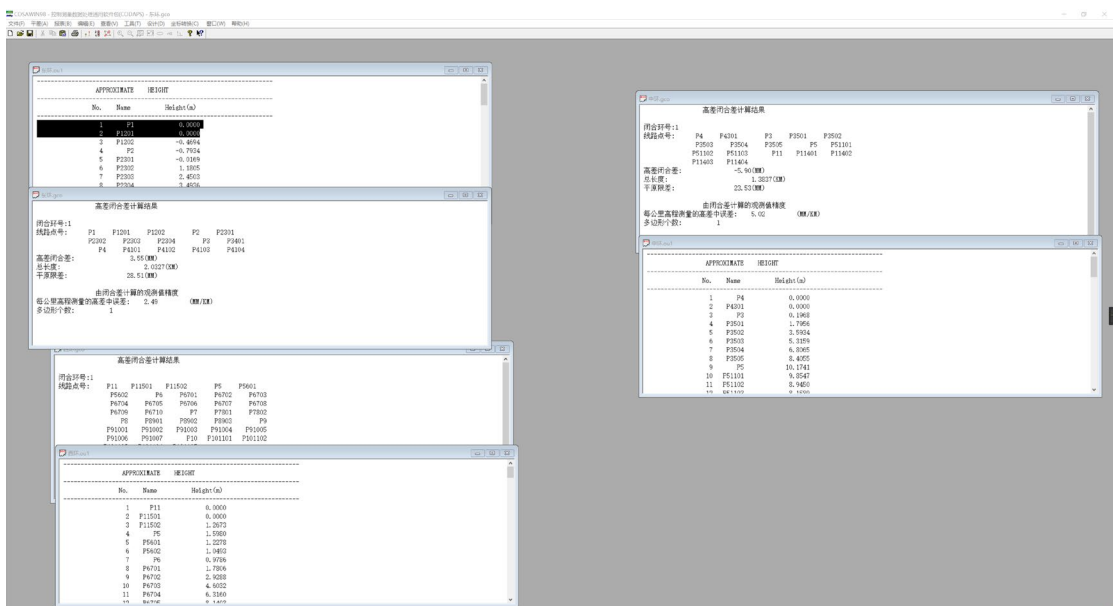


图 5-4.软件运行界面

计算前进行，默认起始点 1 点的高程是 0.00 m，基于这个高程开始进行水准网平差概算。这次我负责计算，经过计算，水准高差闭合差为-12.55mm，环线总长度为 4.4978km，根据总长度计算出此环的限差为 42.42mm，闭合差小于限差，结果符合精度要求。最终，经过计算，每公里高程测量的高差中误差为 5.92 mm。

## 6 导线测量以及实施细节

### 6.1 导线测量外业技术指标

1、水平角观测采用方向观测法：

(1) 应选择距离适中，同时良好，成像清晰的方向作为零方向。

(2) 各测回度盘位置按下式计算：

$$\frac{180^\circ}{m}(i-1)\tau'(i-1) + \frac{\varpi''}{m}\left(i - \frac{1}{2}\right)$$

式中：m——测回数；i——测回序号（ $i = 1, 2, \dots, m$ ）； $\tau'$ ——测回之间度盘分数变动量。J<sub>1</sub>型， $\tau' = 4'$  J<sub>2</sub>型， $\tau' = 10'$ ； $\varpi''$ ——测微器以秒计的总分格值。J<sub>1</sub>型， $\varpi'' = 60''$  J<sub>2</sub>型， $\varpi'' = 600''$ 。

(3) 测回数规定如下表所示：

表 6-1.测绘数目规定表

等级 仪器	三等	四等
J <sub>1</sub> 型	9	6
J <sub>2</sub> 型	12	9

(4) 测站作业的限差如下表所示：

表 6-2.测站作业限差规定表

项目	J <sub>1</sub>	J <sub>2</sub>	备注
光学测微器两次重合读数差	1''	3''	当照准方向垂直角超过 3° 时该方向的 2C 互差可按同一观测时间段内的相邻测回进行比较。若按
半测回归零差	6''	8''	
一测回 2C 互差	9''	13''	

化归同一起始方向后，同一方向值各测回互差	6"	9"	这种方法比较时，在手簿中应注明。
----------------------	----	----	------------------

(5) 方向数 $< 3$ 时不归零，方向数 $\geq 6$ 时需分组观测。分组时需包括两个共同方向。两组共同方向观测较差应小于 $3''.6(2 \times 1''.8)$ 。

(6) 观测过程中气泡偏中不能超过一格。一测回中不得变动望远镜焦距，上、下半测回照准目标顺序相反，仪器转动时在半测回中旋进方向一致，微动螺旋、测微螺旋最后操作一律“旋进”。

(7) 联测，已测过的点第二次设站观测，应联测两个已测方向。在一个点上同时进行不同等级观测时，如能确保照准的高等方向正确无误，低等方向观测时可只联测一个通视良好、成像清晰的高等方向。

(8) 记录，读数精确到 $0''.1$ 。测回中数取 $0''.1$ ，不附合限差的方向或测回应整齐划去，并记明原因。同一页上测回与测回之间应留空格。一般一测回不要跨记两页。每一点上的观测结果和计算需由两人全面检查一次，无误后方可离点。

(9) 一点全部基本测回完成后，对超出规定限差的结果，均应进行重测。重测的有关规定及要求，参见教材有关部分。

## 2、垂直角观测

(1) 各点必须以国家水准网为基础用三角高程测量方法测定其高程。

(2) 网的每一条边均对向观测垂直角，中午前后时间观测为宜，分组观测时垂直角也分组观测。

(3) 中丝法每个目标四个测回，三丝法每个目标两个测回。

(4) 每次读垂直度盘之前，必须是垂直度盘上的指标水准器气泡符合。

(5) 各方向的照准部位，一般将水平丝切于标心柱顶部或圆筒上沿。垂直角观测的照准部位，按下列符号记于手簿中：——圆筒上沿——标心柱顶。

(6) 垂直度盘测微器两次读数差： $J_1$ 型不得超过 $0.5$ 格。 $J_2$ 型不得超过 $3''$ 。

(7) 垂直角互差不得大于 $10''$ ；指标差互差不得大于 $15''$ 。

(8) 重测规定：若中丝法一水平丝所测某一方向的垂直角或指标差互差超限，此方向须用中丝法重测一测回。三丝法若在同一方向一测回中有两根水平丝所测结果超限，则该方向须用三丝法重测一测回，或用中丝法重测两测回。

(9) 仪器高、战标高两次直接丈量结果只差不得大于一厘米。

### 3、归心元素的测定

(1) 归心元素的测定在测角前和全部测回测完以后各进行一次。测定的常用方法有三种：图解法、直接法和解析法三种。

(2) 偏心距在 0.3~0.5 的范围内，一般用图解法。当用图解法测定归心元素时，对于标面中心 B 和仪器中心 Y 的示误三角形的边长，不得超过 10 毫米，如符合要求，取示误三角形的中心作为投影点位置。

(3) 当偏心距较大时，可采用直接法或解析法测定。

## 6.2 导线网布设原则与观测方法

### 1、三、四等导线的布设

(1) 三、四等导线的布设应视测图、工程需要而定，宜附合在高等级大地点上，布设成附合导线形式。在高等级大地网内布设几条附合导线时，应尽可能布设成网。

(2) 三、四等导线宜逐级布设，如有特殊要求，可在高等级大地网内直接布设四等导线，且宜布设成带有结点的导线网。

(3) 附合导线宜布设成等边直伸状，导线边的倾角不宜过大。导线边不宜超过 10 条，相邻边长之比不宜超过 1: 3。

(4) 导线边长选择可视使用的测距和测角仪器的性能和所需导线点的密度而定。当条件允许时，应采用较长的边长。

(5) 当三、四等导线做为测区的首级控制时，须布设成网形。

(6) 导线网中，结点与高级点、结点与结点之间的导线边数不应超过 7 条。

(7) 当导线的平均边长较短，附合导线边数超过 10 条时，应提高测角精度。

### 2、采用基准

(1) 国家三、四等导线测量采用 1980 西安坐标系。其平面坐标采用高斯-克吕格平面坐标系统，各等级导线点均应计算出高斯平面的 6° 带或 3° 带的平面直角坐标。

(2) 国家三、四等导线测量的高程采用正常高程系统，由 1985 国家高程基准起算。

### 3、技术设计

(1) 1 三、四等导线布测前应进行技术设计，技术设计应在充分收集和分析资料的基础上，采用野外踏勘和图上设计相结合的方法，以获取最优的布设方案。

(2) 技术设计前应收集的资料包括测区内已有的大地测量成果资料，测区的各种比例尺地形图，测区内有关气象、水文、地质、交通等方面的资料。

(3) 技术设计完成后，应编写技术设计书，其格式、内容、要求与审批程序应符合“CH/T1004”的要求。

4、选点

(1) 在完成图上设计后，应实地选点。将图上设计的点位到实地进行检查确定。因特殊情况需更动原计划时，应及时将改变情况上报。

(2) 导线点须通视良好，便于观测，易于发展和使用，且稳定和便于保存。

(3) 导线边须适合光电测距仪测边。应避开大面积水域、强电磁场等水利条件。视线应超过和旁离障碍物 1.5m。

(4) 导线边须适合测角，没有明显旁折光影响。

(5) 导线边两端点的高差不宜过大，若两端点的高差是用对向三角高程方法测定，则高差的限差应符合下式的要求。

$$h \leq \frac{8S}{T} \cdot 10^3$$

上式中：h—导线边两端点的高差，单位为 m；S—实测边长，单位为 m；  
T—该导线相对边长中误差的分母数值。若导线边两端点的高差采用等级水准测量测定，则高差大小不受限制。

6.3 三角高程测量原理与计算

三、四等导线点的高程可采用三角高程测量方法测定，但三角高程的起算点须采用水准测量或电磁波测距高程导线测量（以下简称高程导线测量）的方法测定。起算点一般应选择导线的起点、终点和导线网的结点。

三角高程测量是测定导线点高程的基本方法，三、四等导线的各条边均须对向观测垂直角。垂直角观测采用经纬仪中丝法。每一测回分别在望远镜盘左和盘右两位置照准目标，进行两次垂直度盘读数。其技术要求应符合下表的规定。

表 6-3.三角高程测量中垂直角观测的技术要求

项目	限差
----	----

每一方向测回数	4
两次读数互差	1 秒
指标差互差	10 秒
各测回垂直角互差	10 秒

指标差互差，按同一时段各测回的结果互相比。每条边垂直角观测应分成两组，分别照准视牌或视标圆筒（标心柱）的上边缘进行观测。每组观测宜为总测回数的一半。

若两次读数差超限，须重新照准该方向进行两次读数；若某一方向的垂直角或指标差互差超限，则须重测有关测回。重测的测回数，不得大于规定测回数的二分之一，否则该组的垂直角应全部重测。

仪器高、视标或牌高应采用钢卷尺量取两次，取中数采用。当两次互差超过 5mm 时，应重新量取。

计算的高差经地球曲率和折光差改正后应满足下列要求（其中  $S$  为导线边边长，km）：由两组垂直角计算的同方向两点高差之差，不得大于  $70 \cdot S\text{mm}$ ；由对向观测所求得的高差之差，不得大于  $100 \cdot S\text{mm}$ ；c. 闭合或附合到高程起算点的闭合差，不得大于  $50\sqrt{S^2} \text{ mm}$ 。

表 6-4 三角高程中垂直角的观测数据

站	觇	H 仪 (m)	H 棱 (m)	度	分	秒	斜距	高差
1	4	1.635	1.814	0	38	45.5	424.6685	4.7884
1	2	1.635	1.71	-0	17	48.5	236.2903	-1.2623
2	1	1.655	1.73	0	23	20.375	263.261	1.6037
2	3	1.655	1.45	0	43	15.125	435.421	5.4759
3	2	1.698	1.453	-0	43	39.125	435.429	5.5186
3	4	1.698	1.726	0	9	16.625	244.879	0.6512
4	3	1.685	1.71	-0	10	14.625	244.884	-0.7274
4	1	1.685	1.78	-0	36	26.125	424.637	-4.5254
4	11	1.625	1.765	0	56	18.875	416.1605	6.8165
4	3	1.625	1.515	-0	9	45.25	244.884	-0.689
3	4	1.65	1.55	0	7	56.625	344.8845	0.5616
3	5	1.65	1.525	1	16	43.5	442.991	9.874
5	3	1.655	1.618	-1	17	58.5	442.991	-10.0214
5	11	1.655	1.661	-0	37	3.625	256.7145	-2.7755
11	5	1.636	1.613	0	36	57.75	256.682	2.7563
11	4	1.636	1.61	-0	54	44.75	416.1555	-6.6195





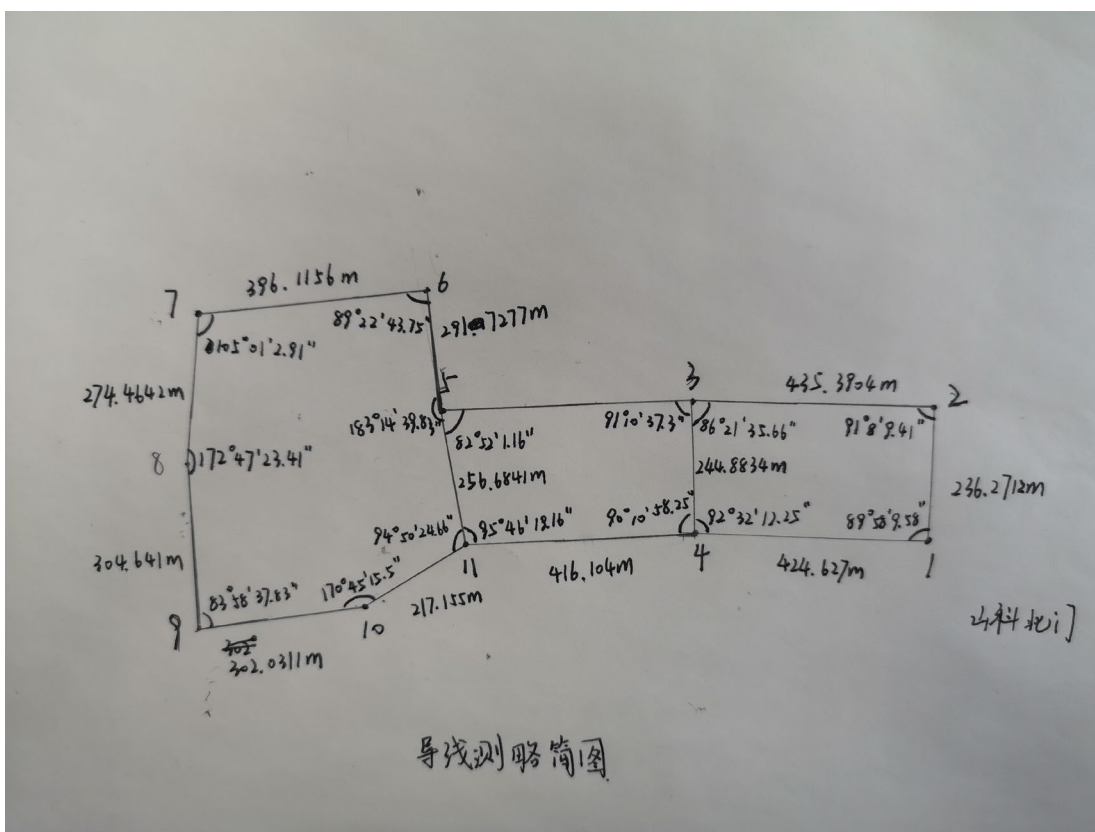


图 6-2.导线网实际测量示意图

本次导线网起始点为山东科技大学北门，为了不和其他组的起始点相互冲突，这样可以排除数据计算作弊的嫌疑。测量路线第一个环是元宝山路、沿河路、灵山路、渭河路组成的环；第二个环是灵山路、沿河路、六盘山路、渭河路组成的环；第三个环是六盘山路、洞庭山路、渭河路组成的环，大致路线与水准测量路线基本一致。此次我们选取的位于北门庆客隆对面的一个固定标记点作为起始点，假设其坐标为（2000, 2000），为了方便后序计算，将这个点命名为 1 号点，剩余的点位序号命名依次递增，共设置 11 站，即命名 1-11 号点。

## 6.4 导线网平差

导线网平差具体按照以下几个步骤进行：

(1) 求个方向的平差值

$$A = \frac{[a]}{m}, \quad B = \frac{[b]}{m}, \quad \dots, \quad N = \frac{[n]}{m}$$

(2) 精度评定

各观测值的改正数为：

$$V_{a_i} = A - a_i, \quad V_{b_i} = B - b_i, \quad \dots, \quad V_{n_i} = N - n_i$$

一测回方向值的中误差为：

$$\mu = \pm K \cdot \frac{[|V|]}{n}$$

其中：

$$K = \frac{I \cdot 25}{\sqrt{m(m-1)}}$$

式中：m——测回数；

N——观测方向数；

$[|V|]$ ——改正数绝对值之和；

M 个测回方向中数的中误差之和：

$$M = \pm \frac{\mu}{\sqrt{m}}$$

经过平差后各个控制点的误差椭圆如下图所示：

### Circle 控制网网图

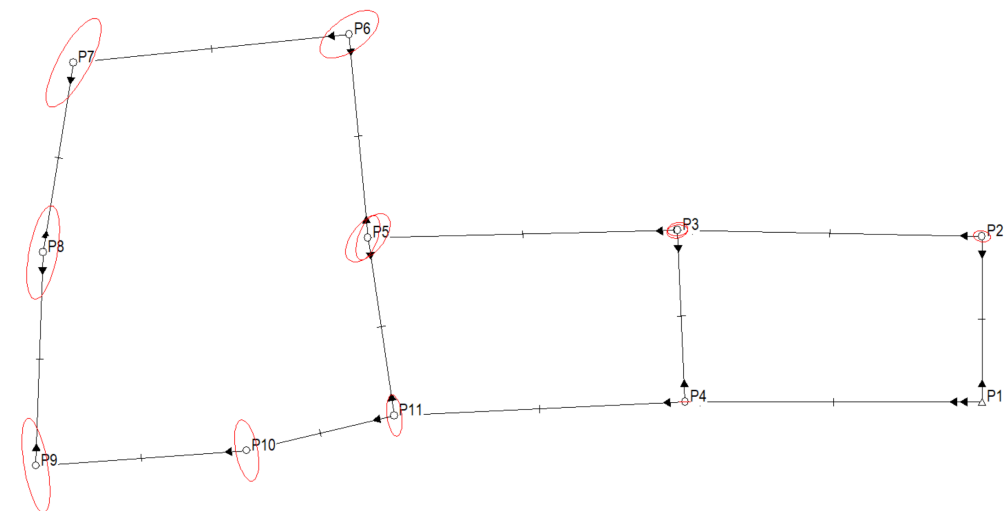


图 6-3.控制点网形图以及误差椭圆分布

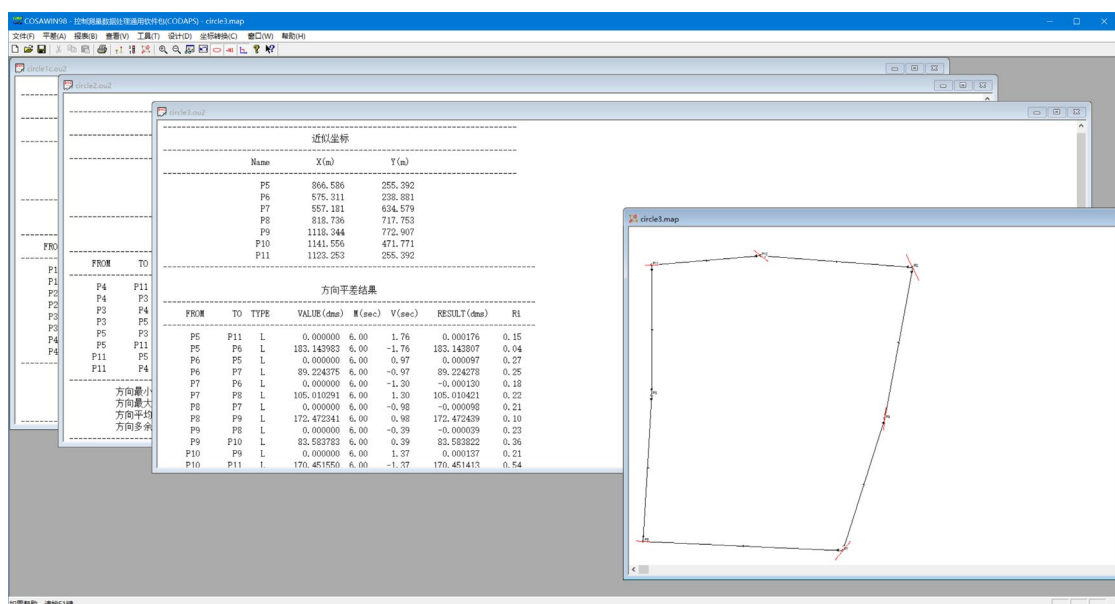


图 6-4.软件导线处理结果

本次导线数据平差处理用的也是科傻软件，初始测站为 1 号站，照准方向值为 4 号点，照准角度为 0 度，这些数据将会作为科傻原始文件编写时的重要参数。计算出的各个控制点的坐标如下表所示：

表 6-5.控制点坐标

点号	Y坐标	X坐标
P1	2000.000	2000.000
P2	2236.247	1999.874
P3	2244.584	1564.524
P4	2000.000	1575.387
P3	2244.645	1564.568
P5	2234.142	1121.847
P11	1980.289	1159.749
P5	2234.170	1121.812
P6	2524.658	1095.099
P7	2484.109	701.067
P8	2213.134	657.459
P9	1908.666	647.190
P10	1930.189	948.452-

## 7 外业实习总结

本次实习时间是 16-17 周，小组成员是黄瑾、孟怡君、刘杨、张家朋、王凯选、隋思成、李玲妃、韦冠全。所需要进行的工作有学校北门及其西部地区的导线、高程测量。

组内成员自大一实习开始均为同一小组，大家之间相互配合默契，小组关系极好，在整个实习过程中，大家齐心协力，共同工作，克服了观测时间不连续，风大寒冷等困难，早于计划观测安排高质量的完成了整体的测量任务。下面从实习过程中遇到的一些挑战、困难与安排总结整个实习过程。

实习动员会结束后，本组即进行了测站的勘测选点，选择了确保通视的 11 个观测点。第二天进行了仪器的领取以及观测，由于第一天选点选择时间较晚，第二天观测时发现 1 号点和 4 号点之间观测由于路线长，其次其路边有供暖排气的装置排除水蒸气严重影响观测，因此在完成几个测回的观测之后，我们先进行了 2 号点的观测；第三天补测了 1 号点，只有在早上时，路两侧的供暖排气设备不进行排气，在增加一个补测点的情况下，小组仍按计划完成了当天的观测任务，同时在观测 3 号点与 4 号点时，由于大型卡车的停靠，导致我们两点之间通视受到影响。但是通过与司机的积极沟通，司机师傅帮忙将车停放到了路对面。第四天。由于前几天种种原因，东侧的两个小圈始终无法完成完整的观测，因此小组进行了西侧最大圈的观测，由于小组同学们已经逐步熟悉了仪器的操作，大圈的观测十分顺利。随后观测了因无法通视的点位，进行了初步的闭合平差发现，在 4 号点与 3 号点观测存在误差，即往返观测的距离相差 30cm 左右，初步怀疑是建设站点时候假设到了别的小组相似的控制点上，第二天小组进行了这两个点的重测，最终小组顺利完成测量任务。

总的来说，本小组的整个观测要经历了控制点被遮挡、早起避免较差观测环境、更换测量仪器等种种问题，但是由于小组内同学齐心协力共同克服了一系列困难，提前完成了观测任务。相较其他小组，本组的观测进度整体快于其他小组 1~2 站左右，这与小组内同学们通力协作、一同起早贪黑不无关系。通过这次实习，我们学到了许多，无论是专业知识或是团队协作，每个同学都受益匪浅。

## 8 部分数据附录

### 1、水准科傻输入的原始文件（部分）

p1, 0	p6707, p6708, 1. 7662, 0. 04148
p1, 0	p6708, p6709, 1. 26535, 0. 033619
p1, p1201, -0. 6150, 0. 10204	p6709, p6710, 1. 1210, 0. 031382
p1201, p1202, -0. 46945, 0. 0797	p6710, p7, 1. 1497, 0. 031999
p1202, p2, -0. 32395, 0. 05565	p7, p7801, 0. 0754, 0. 08123
p2, p2301, 0. 7765, 0. 09055	p7801, p7802, -0. 0193, 0. 07086
p2301, p2302, 1. 19745, 0. 11844	p7802, p8, -0. 29115, 0. 12558
p2302, p2303, 1. 2698, 0. 1015	p8, p8901, -0. 52425, 0. 09172
p2303, p2304, 1. 0433, 0. 06582	p8901, p8902, -0. 2254, 0. 09298
p2304, p3, 1. 0745, 0. 06982	p8902, p8903, 0. 88065, 0. 06299
p3, p3501, 1. 59885, 0. 12145	p8903, p9, 1. 7692, 0. 07315
p3501, p3502, 1. 79775, 0. 09371	p9, p91001, -1. 7165, 0. 034457
p3502, p3503, 1. 72255, 0. 0766	p91001, p91002, -1. 6061, 0. 032821
p3503, p3504, 1. 4906, 0. 04909	p91002, p91003, -1. 5732, 0. 032089
p3504, p3505, 1. 59895, 0. 0431	p91003, p91004, -1. 4528, 0. 030122
p3505, p5, 1. 76865, 0. 06232	p91004, p91005, -1. 3702, 0. 028454
p5, p5601, -0. 3702, 0. 10685	p91005, p91006, -1. 48795, 0. 033917
p5601, p5602, -0. 17845, 0. 09089	p91006, p91007, -1. 17905, 0. 05468
p5602, p6, -0. 0707, 0. 1028	p91007, p10, -0. 8624, 0. 05649
p6, p6701, 0. 80195, 0. 04016	p10, p101101, -1. 23355, 0. 04299
p6701, p6702, 1. 14825, 0. 026554	p101101, p101102, -1. 53055, 0. 031672
p6702, p6703, 1. 67435, 0. 03952	p101102, p101103, -1. 85665, 0. 036487
p6703, p6704, 1. 7128, 0. 04033	p101103, p101104, -1. 7749, 0. 038135
p6704, p6705, 1. 8243, 0. 04354	p101104, p101105, -1. 19895, 0. 033229
p6705, p6706, 1. 69205, 0. 04407	p101105, p11, -0. 8417, 0. 035217
p6706, p6707, 1. 7107, 0. 0408	p11, p11401, -1. 5365, 0. 11259

p11401, p11402, -1.39915, 0.08663

p4101, p4102, -0.9438, 0.09904

p11402, p11403, -1.44805, 0.09148

p4102, p4103, -1.01235, 0.09617

p11403, p11404, -1.38595, 0.08709

p4103, p4104, -0.6514, 0.06336

p11404, p4, -0.8284, 0.05446

p4104, p1, -0.9942, 0.7509

p4, p4101, -0.9712, 0.09306

## 2、水准网平差结果报告

APPROXIMATE		HEIGHT
No.	Name	Height (m)
1	P1	0.0000
2	P1201	0.0000
3	P1202	-0.4694
4	P2	-0.7934
5	P2301	-0.0169
6	P2302	1.1805
7	P2303	2.4503
8	P2304	3.4936
9	P3	4.5681
10	P3501	6.1670
11	P3502	7.9647
12	P3503	9.6873
13	P3504	11.1779
14	P3505	12.7769
15	P5	14.5455
16	P5601	14.1753
17	P5602	13.9969
18	P6	13.9262
19	P6701	14.7281
20	P6702	15.8763
21	P6703	17.5507
22	P6704	19.2635
23	P6705	21.0878
24	P6706	22.7799
25	P6707	24.4906
26	P6708	26.2568
27	P6709	27.5221
28	P6710	28.6431

29	P7	29.7928
30	P7801	29.8682
31	P7802	29.8489
32	P8	29.5577
33	P8901	29.0335
34	P8902	28.8081
35	P8903	29.6887
36	P9	31.4580
37	P91001	29.7415
38	P91002	28.1353
39	P91003	26.5621
40	P91004	25.1093
41	P91005	23.7391
42	P91006	22.2512
43	P91007	21.0721
44	P10	20.2097
45	P101101	18.9762
46	P101102	17.4456
47	P101103	15.5890
48	P101104	13.8141
49	P101105	12.6151
50	P11	11.7734
51	P11401	10.2369
52	P11402	8.8378
53	P11403	7.3897
54	P11404	6.0038
55	P4	5.1754
56	P4101	4.2042
57	P4102	3.2604
58	P4103	2.2480
59	P4104	1.5966

---

KNOWN HEIGHT

---

No.	Name	Height (m)
1	P1	0.00000
2	P1201	0.00000

---

MEASURING DATA OF HEIGHT DIFFERENCE

---

No.	From	To	Observe (m)	Distance (km)	Weight
1	P1	P1201	-0.61500	0.1020	9.800

2	P1201	P1202	-0.46945	0.0797	12.547
3	P1202	P2	-0.32395	0.0556	17.969
4	P2	P2301	0.77650	0.0905	11.044
5	P2301	P2302	1.19745	0.1184	8.443
6	P2302	P2303	1.26980	0.1015	9.852
7	P2303	P2304	1.04330	0.0658	15.193
8	P2304	P3	1.07450	0.0698	14.323
9	P3	P3501	1.59885	0.1214	8.234
10	P3501	P3502	1.79775	0.0937	10.671
11	P3502	P3503	1.72255	0.0766	13.055
12	P3503	P3504	1.49060	0.0491	20.371
13	P3504	P3505	1.59895	0.0431	23.202
14	P3505	P5	1.76865	0.0623	16.046
15	P5	P5601	-0.37020	0.1068	9.359
16	P5601	P5602	-0.17845	0.0909	11.002
17	P5602	P6	-0.07070	0.1028	9.728
18	P6	P6701	0.80195	0.0402	24.900
19	P6701	P6702	1.14825	0.0266	37.659
20	P6702	P6703	1.67435	0.0395	25.304
21	P6703	P6704	1.71280	0.0403	24.795
22	P6704	P6705	1.82430	0.0435	22.967
23	P6705	P6706	1.69205	0.0441	22.691
24	P6706	P6707	1.71070	0.0408	24.510
25	P6707	P6708	1.76620	0.0415	24.108
26	P6708	P6709	1.26535	0.0336	29.745
27	P6709	P6710	1.12100	0.0314	31.865
28	P6710	P7	1.14970	0.0320	31.251
29	P7	P7801	0.07540	0.0812	12.311
30	P7801	P7802	-0.01930	0.0709	14.112
31	P7802	P8	-0.29115	0.1256	7.963
32	P8	P8901	-0.52425	0.0917	10.903
33	P8901	P8902	-0.22540	0.0930	10.755
34	P8902	P8903	0.88065	0.0630	15.876
35	P8903	P9	1.76920	0.0732	13.671
36	P9	P91001	-1.71650	0.0345	29.022
37	P91001	P91002	-1.60610	0.0328	30.468
38	P91002	P91003	-1.57320	0.0321	31.163
39	P91003	P91004	-1.45280	0.0301	33.198
40	P91004	P91005	-1.37020	0.0285	35.144
41	P91005	P91006	-1.48795	0.0339	29.484
42	P91006	P91007	-1.17905	0.0547	18.288
43	P91007	P10	-0.86240	0.0565	17.702
44	P10	P101101	-1.23355	0.0430	23.261
45	P101101	P101102	-1.53055	0.0317	31.574



46	P101102	P101103	-1.85665	0.0365	27.407
47	P101103	P101104	-1.77490	0.0381	26.223
48	P101104	P101105	-1.19895	0.0332	30.094
49	P101105	P11	-0.84170	0.0352	28.395
50	P11	P11401	-1.53650	0.1126	8.882
51	P11401	P11402	-1.39915	0.0866	11.543
52	P11402	P11403	-1.44805	0.0915	10.931
53	P11403	P11404	-1.38595	0.0871	11.482
54	P11404	P4	-0.82840	0.0545	18.362
55	P4	P4101	-0.97120	0.0931	10.746
56	P4101	P4102	-0.94380	0.0990	10.097
57	P4102	P4103	-1.01235	0.0962	10.398
58	P4103	P4104	-0.65140	0.0634	15.783
59	P4104	P1	-0.99420	0.7509	1.332

---

ADJUSTED HEIGHT

---

No.	Name	Height (m)	Mh (mm)
1	P1	0.0000	
2	P1201	0.0000	
3	P1202	-0.4804	385.05
4	P2	-0.8119	498.54
5	P2301	-0.0479	637.18
6	P2302	1.1334	775.42
7	P2303	2.3892	871.22
8	P2304	3.4235	925.50
9	P3	4.4885	977.72
10	P3501	6.0707	1057.74
11	P3502	7.8556	1111.66
12	P3503	9.5676	1151.43
13	P3504	11.0515	1175.07
14	P3505	12.6445	1194.73
15	P5	14.4046	1221.44
16	P5601	14.0198	1262.85
17	P5602	13.8289	1294.04
18	P6	13.7441	1325.20
19	P6701	14.5406	1336.25
20	P6702	15.6852	1343.22
21	P6703	17.3541	1353.11
22	P6704	19.0614	1362.63
23	P6705	20.8797	1372.25
24	P6706	22.5657	1381.32
25	P6707	24.2708	1389.13

26	P6708	26.0313	1396.49
27	P6709	27.2921	1402.05
28	P6710	28.4088	1406.90
29	P7	29.5541	1411.52
30	P7801	29.6184	1421.79
31	P7802	29.5893	1429.06
32	P8	29.2810	1438.17
33	P8901	28.7442	1441.81
34	P8902	28.5060	1442.93
35	P8903	29.3780	1442.22
36	P9	31.1372	1439.91
37	P91001	29.4160	1438.26
38	P91002	27.8054	1436.36
39	P91003	26.2278	1434.19
40	P91004	24.7709	1431.86
41	P91005	23.3968	1429.41
42	P91006	21.9042	1426.16
43	P91007	20.7176	1420.17
44	P10	19.8475	1413.00
45	P101101	18.6080	1406.87
46	P101102	17.0732	1401.96
47	P101103	15.2115	1395.91
48	P101104	13.4314	1389.12
49	P101105	12.2279	1382.80
50	P11	11.3813	1375.70
51	P11401	9.8294	1350.08
52	P11402	8.4184	1327.24
53	P11403	6.9578	1299.98
54	P11404	5.5599	1270.86
55	P4	4.7241	1250.97
56	P4101	3.7401	1213.81
57	P4102	2.7827	1169.47
58	P4103	1.7572	1121.13
59	P4104	1.0971	1086.11

---

ADJUSTED HEIGHT DIFFERENCE

---

No.	From	To	Adjusted_dh(m)	V(mm)	Mdh(mm)
1	P1	P1201	0.0000	615.00	0.00
2	P1201	P1202	-0.4804	-10.92	385.05
3	P1202	P2	-0.3316	-7.63	322.64
4	P2	P2301	0.7641	-12.41	409.91
5	P2301	P2302	1.1812	-16.23	467.28

6	P2302	P2303	1.2559	-13.91	433.43
7	P2303	P2304	1.0343	-9.02	350.48
8	P2304	P3	1.0649	-9.57	360.80
9	P3	P3501	1.5822	-16.64	473.01
10	P3501	P3502	1.7849	-12.84	416.84
11	P3502	P3503	1.7121	-10.50	377.62
12	P3503	P3504	1.4839	-6.73	303.26
13	P3504	P3505	1.5930	-5.91	284.35
14	P3505	P5	1.7601	-8.54	341.17
15	P5	P5601	-0.3848	-14.64	444.43
16	P5601	P5602	-0.1909	-12.46	410.66
17	P5602	P6	-0.0848	-14.09	436.13
18	P6	P6701	0.7964	-5.50	274.58
19	P6701	P6702	1.1446	-3.64	223.62
20	P6702	P6703	1.6689	-5.42	272.40
21	P6703	P6704	1.7073	-5.53	275.15
22	P6704	P6705	1.8183	-5.97	285.79
23	P6705	P6706	1.6860	-6.04	287.50
24	P6706	P6707	1.7051	-5.59	276.74
25	P6707	P6708	1.7605	-5.68	279.01
26	P6708	P6709	1.2607	-4.61	251.41
27	P6709	P6710	1.1167	-4.30	242.96
28	P6710	P7	1.1453	-4.39	245.33
29	P7	P7801	0.0643	-11.13	388.66
30	P7801	P7802	-0.0290	-9.71	363.44
31	P7802	P8	-0.3084	-17.21	480.76
32	P8	P8901	-0.5368	-12.57	412.49
33	P8901	P8902	-0.2381	-12.74	415.25
34	P8902	P8903	0.8720	-8.63	342.97
35	P8903	P9	1.7592	-10.03	369.17
36	P9	P91001	-1.7212	-4.72	254.50
37	P91001	P91002	-1.6106	-4.50	248.43
38	P91002	P91003	-1.5776	-4.40	245.67
39	P91003	P91004	-1.4569	-4.13	238.07
40	P91004	P91005	-1.3741	-3.90	231.43
41	P91005	P91006	-1.4926	-4.65	252.51
42	P91006	P91007	-1.1865	-7.49	319.86
43	P91007	P10	-0.8701	-7.74	325.04
44	P10	P101101	-1.2394	-5.89	283.99
45	P101101	P101102	-1.5349	-4.34	244.08
46	P101102	P101103	-1.8617	-5.00	261.83
47	P101103	P101104	-1.7801	-5.23	267.63
48	P101104	P101105	-1.2035	-4.55	249.96
49	P101105	P11	-0.8465	-4.83	257.27

50	P11	P11401	-1.5519	-15.43	455.90
51	P11401	P11402	-1.4110	-11.87	401.12
52	P11402	P11403	-1.4606	-12.54	411.96
53	P11403	P11404	-1.3979	-11.94	402.16
54	P11404	P4	-0.8359	-7.46	319.22
55	P4	P4101	-0.9840	-12.75	415.43
56	P4101	P4102	-0.9574	-13.57	428.27
57	P4102	P4103	-1.0255	-13.18	422.16
58	P4103	P4104	-0.6601	-8.68	343.96
59	P4104	P1	-1.0971	-102.91	1086.11

---

UNIT WEIGHT AND PVV

---

PVV= 3789201.298  
 Free Degree= 2  
 Unit Weight= 1376.445  
 [s]= 4.498 (km)  
 Total Point Number= 59  
 Height Difference Number= 59

---

### 3、高差闭合差结果

#### 高差闭合差计算结果

---

闭合环号:1

线路点号:	P1	P1201	P1202	P2	P2301
	P2302	P2303	P2304	P3	P3501
	P3502	P3503	P3504	P3505	P5
	P5601	P5602	P6	P6701	P6702
	P6703	P6704	P6705	P6706	P6707
	P6708	P6709	P6710	P7	P7801
	P7802	P8	P8901	P8902	P8903
	P9	P91001	P91002	P91003	P91004
	P91005	P91006	P91007	P10	P101101
	P101102	P101103	P101104	P101105	P11
	P11401	P11402	P11403	P11404	P4
	P4101	P4102	P4103	P4104	

高差闭合差: -12.55 (MM)

总长度: 4.4978 (KM)

平原限差: 42.42 (MM)

由闭合差计算的观测值精度

每公里高程测量的高差中误差: 5.92 (MM/KM)

多边形个数: 1

---

#### 4、导线平差输入原始文件

1. 83, 3. 67, 2	17
1, 4003742. 4930, 1051871. 180	15, L, 0
1	18, L, 158. 0720
8, A, 104. 24446	18, S, 48. 459
2, L, 0	18
8, L, 202. 0740	17, L, 0
8, S, 1006. 193	19, L, 110. 3920
23, L, 113. 1544	19, S, 84. 043
23, S, 183. 467	19
8	18, L, 0
1, L, 0	20, L, 174. 4701
9, L, 93. 1140	20, S, 368. 554
9, S, 401. 619	20
9	19, L, 0
8, L, 0	21, L, 171. 3534
10, L, 179. 5404	21, S, 91. 1878
10, S, 547. 624	21
10	20, L, 0
9, L, 0	22, L, 178. 0359
11, L, 123. 5956	22, S, 524. 119
11, S, 54. 792	22
11	21, L, 0
10, L, 0	25, L, 109. 0033
12, L, 135. 4533	25, S, 469. 598
12, S, 310. 721	25
12	22, L, 0
11, L, 0	26, L, 163. 4002
13, L, 179. 2107	26, S, 289. 431
13, S, 165. 837	26
13	25, L, 0
12, L, 0	27, L, 164. 4406
14, L, 274. 5326	27, S, 940. 185
14, S, 394. 031	28, L, 105. 1241
14	28, S, 500. 158
13, L, 0	27
15, L, 98. 0006	26, L, 0
15, S, 580. 102	29, L, 157. 0309
15	29, S, 120. 734
14, L, 0	23
16, L, 80. 2557	1, L, 0
16, S, 346. 322	24, L, 179. 3714
17, L, 276. 0357	1, S, 183. 434
17, S, 318. 004	24

23, L, 0  
16, L, 166. 3212  
23, S, 634. 014  
16, S, 187. 121  
2  
1, L, 0  
3, L, 202. 2813  
1, S, 54. 216  
3, S, 127. 889  
3  
2, L, 0  
4, L, 95. 4838  
4, S, 28. 875  
4  
3, L, 0  
5, L, 263. 4126  
5, S, 183. 708  
5  
4, L, 0  
6, L, 273. 3238  
6, S, 54. 1015  
6  
5, L, 0  
7, L, 80. 1409  
7, S, 269. 37  
29  
7, L, 0  
27, L, 128. 2246  
27, S, 148. 196  
7, S, 273. 4122

## 5、导线平差报告

近似坐标			
Name	X (m)	Y (m)	
P1	2000.000	2000.000	
P2	2236.247	1999.874	
P3	2244.584	1564.524	
P4	2000.000	1575.387	
P3	2244.645	1564.568	
P5	2234.142	1121.847	
P11	1980.289	1159.749	
P5	2234.170	1121.812	
P6	2524.658	1095.099	
P7	2484.109	701.067	
P8	2213.134	657.459	
P9	1908.666	647.190	
P10	1930.189	948.452	

方向平差结果							
FROM	TO	TYPE	VALUE(dms)	M(sec)	V(sec)	RESULT(dms)	Ri
P1	P4	L	0.000000	6.00	0.07	0.000007	0.34
P1	P2	L	89.580958	6.00	-0.07	89.580951	0.34
P2	P1	L	0.000000	6.00	1.97	0.000197	0.33
P2	P3	L	91.080941	6.00	-1.97	91.080744	0.33
P3	P2	L	0.000000	6.00	7.54	0.000754	0.30
P3	P4	L	86.213566	6.00	-7.54	86.212812	0.30
P4	P3	L	0.000000	6.00	8.08	0.000808	0.47
P4	P1	L	92.321225	6.00	-5.44	92.320681	0.32
P4	P11	L	269.490175	6.00	-2.64	269.485911	0.34
P3	P4	L	0.000000	6.00	11.36	0.001136	0.32
P3	P5	L	91.103730	6.00	-11.36	91.102594	0.32
P5	P3	L	0.000000	6.00	-0.00	-0.000000	0.00
P5	P11	L	82.520116	6.00	0.00	82.520116	0.00
P11	P5	L	0.000000	6.00	-11.21	-0.001121	0.40
P11	P4	L	95.461916	6.00	13.88	95.463304	0.29
P11	P10	L	265.093534	6.00	-2.67	265.093267	0.23
P5	P11	L	0.000000	6.00	-2.11	-0.000211	0.15

P5	P6	L	183.143983	6.00	2.11	183.144194	0.15
P6	P5	L	0.000000	6.00	-1.60	-0.000160	0.26
P6	P7	L	89.224375	6.00	1.60	89.224535	0.26
P7	P6	L	0.000000	6.00	1.50	0.000150	0.25
P7	P8	L	105.010291	6.00	-1.50	105.010141	0.25
P8	P7	L	0.000000	6.00	1.58	0.000158	0.16
P8	P9	L	172.472341	6.00	-1.58	172.472183	0.16
P9	P8	L	0.000000	6.00	1.35	0.000135	0.25
P9	P10	L	83.583783	6.00	-1.35	83.583648	0.25
P10	P9	L	0.000000	6.00	-1.04	-0.000104	0.16
P10	P11	L	170.451550	6.00	1.04	170.451654	0.16

方向最小多余观测分量:0.00( P5---> P3)

方向最大多余观测分量:0.47( P4---> P3)

方向平均多余观测分量:0.25

方向多余观测数总和: 7.08

#### 距离平差结果

FROM	TO	TYPE	VALUE (m)	M(cm)	V (cm)	RESULT (m)	Ri
P1	P4	S	424.6130	0.35	0.06	424.6136	0.10
P1	P2	S	236.2513	0.35	0.09	236.2522	0.03
P2	P3	S	435.3870	0.50	0.32	435.3902	0.16
P3	P2	S	435.4290	0.50	-0.43	435.4247	0.14
P3	P4	S	244.8780	0.50	-0.22	244.8758	0.04
P4	P4	S	244.8835	0.50	-24488.35	0.0000	1.00
P4	P11	S	416.1040	0.35	0.41	416.1081	0.07
P4	P3	S	244.8830	0.35	-0.17	244.8813	0.06
P3	P5	S	442.8790	0.50	-0.83	442.8707	0.14
P5	P11	S	256.6670	0.50	0.00	256.6670	0.00
P11	P5	S	256.6670	0.35	0.19	256.6689	0.36
P11	P5	S	256.6670	0.50	0.19	256.6689	0.68
P5	P6	S	291.7125	0.35	0.06	291.7131	0.02
P6	P7	S	396.1155	0.35	-0.01	396.1154	0.02
P7	P8	S	274.4645	0.35	-0.06	274.4639	0.02
P8	P9	S	304.6410	0.35	-0.06	304.6404	0.02
P9	P10	S	302.0312	0.35	0.01	302.0314	0.02
P10	P11	S	217.1550	0.50	0.04	217.1554	0.04

边长最小多余观测分量:0.00( P5---> P11)

边长最大多余观测分量:1.00( P4---> P4)

边长平均多余观测分量:0.16



边长多余观测数总和: 2.92

方位角平差结果

FROM	TO	TYPE	VALUE(dms)	M(sec)	V(sec)	RESULT(dms)
P1	P4	A	270.000000	0.00	0.00	270.000000

平差坐标及其精度

Name	X(m)	Y(m) T(dms)	MX(cm)	MY(cm)	MP(cm)	E(cm)	F(cm)
	P1	2000.0000		2000.0000			
P2	2236.2522	1999.8734 99.2713	0.35	0.55	0.65	0.55	0.34
P3	2244.6350	1564.5294 73.3649	0.50	0.66	0.83	0.67	0.48
P4	2000.0000	1575.3864 90.0000	0.00	0.34	0.34	0.34	0.00
P3	2244.6420	1564.5640 84.5928	0.35	0.63	0.72	0.63	0.34
P5	2234.1130	1121.8295 41.1437	1.52	1.41	2.07	1.83	0.96
P11	1980.2622	1159.7467 172.5836	1.29	0.49	1.38	1.30	0.47
P5	2234.1133	1121.8185 19.4056	1.39	0.75	1.58	1.46	0.60
P6	2524.6016	1095.1152 54.4221	1.50	1.85	2.38	2.14	1.03
P7	2484.0732	701.0786 28.4608	2.80	1.74	3.29	3.14	0.98
P8	2213.0972	657.4611 10.3436	2.93	1.03	3.11	2.98	0.89
P9	1908.6302	647.1847 170.3118	2.96	0.88	3.09	3.00	0.74
P10	1930.1745	948.4467 169.1605	1.92	0.76	2.07	1.95	0.68

Mx均值: 1.46      My均值: 0.92      Mp均值: 1.79

### 最弱点及其精度

Name	X (m)	Y (m) T (dms)	MX (cm)	MY (cm)	MP (cm)	E (cm)	F (cm)
P7	2484.0732	701.0786 28.4608	2.80	1.74	3.29	3.14	0.98

### 网点间边长、方位角及其相对精度

FROM	TO	A (dms) F (cm)	MA (sec) T (dms)	S (m)	MS (cm)	S/MS	E (cm)
P1	P4	270.000000 0.00	0.00 90.0000	424.6136	0.34	126000	0.34
P1	P2	359.580944 0.34	4.78 99.2713	236.2522	0.35	68000	0.55
P2	P1	179.580944 0.34	4.78 99.2713	236.2522	0.35	68000	0.55
P2	P3	271.061492 0.46	2.31 172.0946	435.3902	0.46	95000	0.49
P3	P2	91.061126 0.46	2.87 14.0020	435.4247	0.47	93000	0.61
P3	P4	177.273183 0.47	5.54 71.1440	244.8758	0.49	50000	0.67
P4	P4	0.000000 0.00	1.#R 0.0000	0.0000	0.00	90000000	0.00
P4	P1	90.000000 0.00	0.00 90.0000	424.6136	0.34	126000	0.34
P4	P11	267.165231 0.34	6.41 175.4418	416.1081	0.34	122000	1.29
P4	P3	357.280128 0.34	5.24 85.1115	244.8813	0.34	71000	0.62
P3	P4	177.280128 0.34	5.24 85.1115	244.8813	0.34	71000	0.62
P3	P5	268.381585	6.41	442.8707	0.47	95000	1.38

			0.46	1.5630			
P5	P3	88.381558	6.98	442.8597	1.34	33000	1.68
			1.09	35.2827			
P5	P11	171.301674	11.48	256.6670	0.50	51000	1.43
			0.49	76.3522			
P11	P4	87.165231	6.41	416.1081	0.34	122000	1.29
			0.34	175.4418			
P11	P10	256.395194	8.40	217.1554	0.49	44000	0.89
			0.49	163.4135			
P11	P5	351.300806	6.63	256.6689	0.28	90000	0.83
			0.28	81.0527			
P5	P11	171.300806	6.63	256.6689	0.28	90000	0.83
			0.28	81.0527			
P5	P6	354.445211	9.45	291.7131	0.35	83000	1.34
			0.35	85.4141			
P6	P5	174.445211	9.45	291.7131	0.35	83000	1.34
			0.35	85.4141			
P6	P7	264.073906	8.83	396.1154	0.35	113000	1.70
			0.35	174.4947			
P7	P6	84.073906	8.83	396.1154	0.35	113000	1.70
			0.35	174.4947			
P7	P8	189.083896	8.48	274.4639	0.35	78000	1.13
			0.35	98.2626			
P8	P7	9.083896	8.48	274.4639	0.35	78000	1.13
			0.35	98.2626			
P8	P9	181.555922	8.50	304.6404	0.35	87000	1.26
			0.35	92.0548			
P9	P8	1.555922	8.50	304.6404	0.35	87000	1.26
			0.35	92.0548			
P9	P10	85.543436	9.27	302.0314	0.35	86000	1.36
			0.35	174.3346			
P10	P9	265.543436	9.27	302.0314	0.35	86000	1.36
			0.35	174.3346			
P10	P11	76.395194	8.40	217.1554	0.49	44000	0.89
			0.49	163.4135			

最弱边及其精度

FROM	TO	A (dms)	MA (sec)	S (m)	MS (cm)	S/MS	E (cm)
		F (cm)	T (dms)				
P5	P3	88.381558	6.98	442.8597	1.34	33000	1.68

1.09      35.2827

单位权中误差和改正数带权平方和

先验单位权中误差:6.00

后验单位权中误差:92815.50

多余观测值总数:10

平均多余观测值数:0.21

PVV1 = 86147175502.30    PVV2 = 86147175502.39

Circle控制网总体信息

已知点数:	1	未知点数:	12
方向角数:	1	固定边数:	0
方向观测值数:	28	边长观测值数:	18

## 6、平差后点位坐标

点号	Y坐标	X坐标
P1	2000.000	2000.000
P2	2236.247	1999.874
P3	2244.584	1564.524
P4	2000.000	1575.387
P3	2244.645	1564.568
P5	2234.142	1121.847
P11	1980.289	1159.749
P5	2234.170	1121.812
P6	2524.658	1095.099
P7	2484.109	701.067
P8	2213.134	657.459
P9	1908.666	647.190
P10	1930.189	948.452-

## 9 参考文献与资料

- [1]GB/T 12898-2009, 国家三、四等水准测量规范[S].
- [2]GB 50026-2007, 工程测量规范 (附条文说明)[S].
- [3]GB 50026-1993, 工程测量规范[S].
- [4]GB 50026-1993(条文说明), 工程测量规范[S].
- [5]CH 2001-1992, 全球定位系统(GPS)测量规范[S].
- [6]张华海等.应用大地测量学.中国矿业大学出版社.2007 年 8 月。
- [7]孔祥元、郭际明等编.大地测量学基础.武汉大学出版社 2001。