



同濟大學
TONGJI UNIVERSITY

2022 摄影测量实习报告

学 院：____测绘与地理信息学院____

专 业：____测绘工程____

学 号：____1951726____

姓 名：____高扬____

指 导 老 师：____叶勤____

时 间：____2022 年 4 月 12 日____

一、实习内容

外业工作：进行了像片控制测量（汇文楼像控点像素坐标的量测与该点点之记的制作，以及实地的全站仪坐标量测）和像片的判读与调绘。

内业工作：主要是立体像对影像上的同名点坐标量测、编程计算（内定向、相对定向、绝对定向）、部分地物的 CAD 成图以及 14-20 年的校本部变化监测。

二、实习各项目情况与成果

1、航测外业实习

个人负责的像片控制点测量方法：

像素坐标采用 photoshop 目视判读；实地坐标采用全站仪在校园已知点建站，通过后视定向，检验测站坐标精度；通过检验后，再对所选像控点进行观测；对每个像控点进行两次建站观测，取两次观测平均值作为像控点大地坐标。

测量方法图示：



图 1 photoshop 量测像素坐标

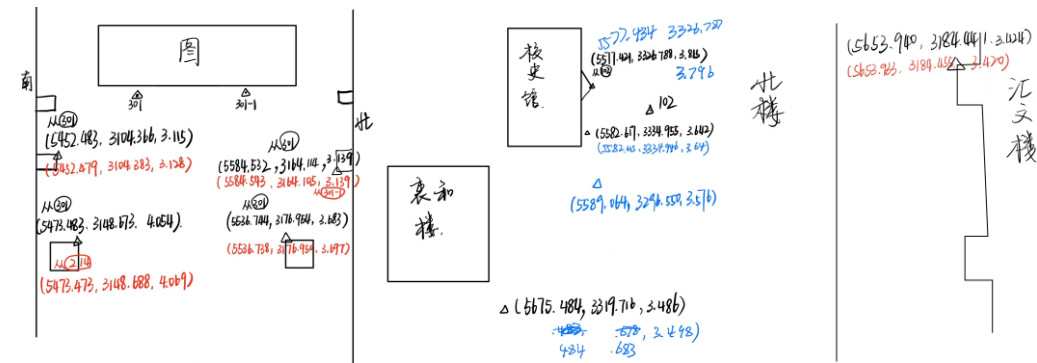



图 2 实地测量图示

所用地面控制点数据：图 2 中标三角形的点即为所用地面控制点。

测量结果和限差：(X, Y, Z) = (5653.936, 3184.448, 3.422) m

观测值与实际坐标差值满足 X, Y 方向小于 2cm, Z 方向小于 3cm。

该点的点之记：

ID	点之记位置说明	点之记略图
6	该点位于汇文楼（北楼正后方）出门方向右侧的柱子的右侧一角	

该点在立体像对每张像片上对应像点的坐标：

ID	588		589		590		地面坐标（m）		
	i	J	i	j	i	j	X (N)	Y (E)	Z
6	1109	19333	6084	19368			5653.936	3184.448	3.422

校园调绘成果：

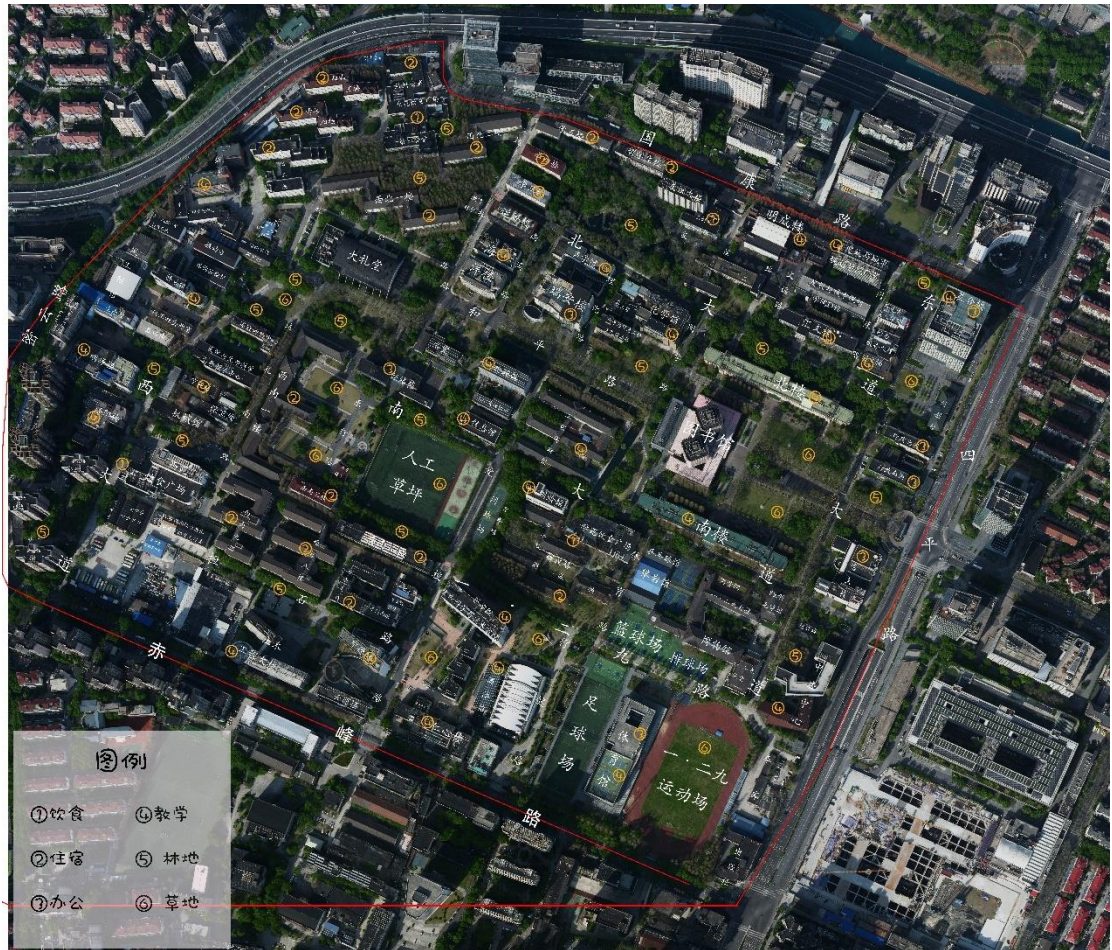


图 3 校园调绘成果图

2、航测内业实习

a. 内定向

程序：参见 program_changed 文件夹下的 interior_orientation.py 文件

解算依据的数据：

相机参数文件的像主点像素坐标(7295. 5, 12863. 5)与像素大小(3. 900000000001569 微米)，取像片的四个角点分别在像平面坐标系与像素坐标系下的坐标，计算出内定向参数。

数字内定向元素：

$\begin{bmatrix} -2.84544000e+01 & 3.90000000e-03 & -8.67361738e-19 \\ 5.01696000e+01 & 8.67361738e-19 & -3.90000000e-03 \end{bmatrix}$

b. 相对定向

* 注：由于我最初量测的同名点分布不太好，因此重新进行了量测。其他小组成员可能没有更换同名点数据，因此各人的剔除值与参数可能不太一致。结尾的比较部分采用的是最初量测的同名点情况下的结果进行比较。

负责量测的相对定向点（图上位置，具体数值）：

小组将像片从上到下划为 6 个条带，我负责量测的是第二个条带。



图 4 我负责量测的相对定向点图上位置图示

我负责量测的相对定向点的具体数值如下：

X21	1777	8209	6759	8242
X22	2837	4339	7764	4368
X23	8368	8335	13384	8357
X24	1202	6821	6215	6857
X25	8275	5985	13302	6020
X26	5354	4659	10417	4682
X27	4468	8209	9564	8250
X28	5025	6465	10021	6495
X29	861	5478	5842	5507
X30	8779	4369	13757	4402

程序：参见 program_changed 文件夹下的 relative_orientation.py 文件

解算依据的数据：

小组量测的 60 个同名点，参见 program_changed 文件夹下的 relative_orientation_points.xlsx 文件；随后将这些同名点的像素坐标代入前面的内定向过程，求解出其像平面坐标，代入求解相对定向元素。

取舍：

采用循环的方式自动剔除 q 大于 0.015 的点，实际上剔除的点索引为 3, 12, 13, 15, 16, 24。


```
# automatically drop points for which q larger than 0.015
for i in range(len(self.q)):
    if abs(self.q[i]) > 0.015:
        drop_index.append(i)
if drop_index:
    xyf1, xyf2 = drop(xyf1, xyf2, drop_index)
    drop_index.clear()
    iterator = 0
else:
    undropped = False
```

图 5 自动剔除 q 值较大的点

两航片间的相对定向元素：

[[0.00072389 0.00019751 0.00035715 0.000267 0.00830018]]

上下视差的残差值：

```
q
[ 7.09135734e-03  5.90228058e-03  5.13091526e-03  3.73822321e-03
-3.96477038e-03  9.68269081e-04  4.88563984e-03  5.15270226e-03
 3.37176138e-03 -1.38303556e-03 -1.14608946e-02  2.32100819e-03
-1.40714716e-02 -1.29968990e-02 -2.86427398e-03  5.71467092e-03
 5.39471151e-03  3.29148059e-03 -2.80757513e-03 -4.91504990e-03
 5.50956147e-03  3.80710159e-04 -3.11305958e-03  7.06844698e-04
-2.50242202e-03  1.21103846e-03  2.65365640e-04  4.09121866e-03
-2.87866744e-04  3.78911515e-03  3.63888163e-03  5.32625513e-04
 8.83969314e-04  1.63138202e-05 -2.49053777e-03  2.18129975e-03
-6.15153127e-04  3.25723915e-04 -1.35165217e-03  6.60938222e-04
 1.86300355e-03  3.38707030e-03  1.42438230e-06 -8.86704947e-04
 9.02883288e-05 -2.84940742e-03  1.29908109e-03 -2.91264963e-03
 2.61060432e-03 -2.23138694e-04 -1.67431459e-03 -2.61985325e-03
 1.11361107e-03  4.44428497e-03]
```

图 6 相对定向上下视差的残差值

c. 前方交会

程序：参见 program_changed 文件夹下的 forward_intersection.py 文件

解算依据的数据：

使用 program_changed 文件夹下的 gp_recovered.xlsx 文件中的地面点像素坐标与实地量测坐标。先由像素坐标经内定向求出像平面坐标，再由相对定向求出像空间辅助坐标，与实地量测坐标、原像素坐标一起代入前方交会程序，求得航向重叠度 p、摄影比例尺 M、摄影基线 B，最后求取模型点的坐标并计算 y 方向的上下视差 Q。对于 Q 特别大的点，剔除后重新进行前方交会。（这里因为早期我并没有为每个模块添加自动剔除误差较大的点的功能，当时直接在 excel 表格中删去了误差较大的点）

模型的残差值：这里的模型点坐标采用 mm 作为单位，故 Q 的限差是 1000。

```
Q
[ -20.18505759  82.97882444 -16.15913853 -14.27944626  82.90181955
-18.16107758 -220.38917637  79.61317554 -27.87796292  169.15981507
-38.21568748 -25.6137021 -88.24321792  9.69169726 -68.31458155
-121.20822377 -16.25435289 -45.88794515 -12.34050073  21.69487106
-95.0158667 -1.10259541 -23.56734692  21.18812094  779.9712165
 279.12426689  880.68886263 -23.72436665  201.48253352  88.0860213
-8.57056978 -10.74951933 -4.77999084  91.62163293 -5.05320701
-101.32584159]
```

图 7 前方交会上下视差的残差值

模型点坐标结果：参见 program_changed 文件夹下的 gps_model.txt 文件

d. 绝对定向

程序：参见 program_changed 文件夹下的 absolute_orientation.py 文件

解算依据的数据：

上一步前方交会求得的模型点坐标（将单位从 mm 换算为 m）与 gp_recovered.xlsx 文件中地面点的实地量测坐标。

取舍：

采用循环的方式自动剔除残差大于 1m 的点，实际上剔除的点索引为 0, 8, 22, 28, 34。

```
self.error = self.ground_points-self.gps_ground
# automatically drop points for which error larger than 1m
for i in range(self.error.shape[1]):
    if abs(self.error[0, i]) > 1 or abs(self.error[1, i]) > 1:
        drop_index.append(i)
if drop_index:
    self.gps_model, self.ground_points = drop(
        self.gps_model, self.ground_points, drop_index)
    self.DIM = self.gps_model.shape[1]
    drop_index.clear()
    iterator = 0
else:
    undropped = False
```

图 8 自动剔除残差大于 1m 的点

模型的绝对定向元素：

```
[[ -7.34151221e-13  2.05131695e-12 -5.29084927e-13  1.00266751e+00
  1.39982083e-03 -1.65833829e-03  4.64617451e-03]]
```

残差值：

```
error
[[ 7.25957571e-02 -4.73486693e-02 -4.26732980e-02 -7.35979652e-02
 -2.83132368e-02 7.57737301e-02 7.01730240e-03 5.14659652e-02
 6.28448010e-02 -2.38909263e-02 4.85006326e-02 5.22445062e-02
 -3.10396841e-02 -1.34089740e-01 3.48833188e-02 -1.57161068e-02
 9.71773946e-02 3.52539665e-02 8.99249282e-02 -8.45496008e-02
 -4.90403687e-02 1.23534380e-01 7.51958421e-02 2.07426620e-03
 -9.87339590e-02 3.43086325e-02 -1.66356372e-02]
 [ 2.16177858e-02 1.29461782e-01 -1.98673386e-01 -5.93792889e-02
 1.05766844e-01 3.85905782e-02 5.85804547e-02 1.21115506e-02
 1.37939470e-03 -4.04025948e-02 -2.55614742e-01 5.66535227e-02
 -5.28664832e-02 -1.30903398e-01 1.56890589e-01 -1.89746597e-01
 2.40203018e-02 -4.44019707e-02 -3.27842171e-02 -2.32302549e-01
 -1.75045520e-02 -1.15819577e-01 1.13302666e-01 -2.09451368e-01
 2.58178683e-01 3.11194686e-01 -1.12987860e-01 3.70152069e-03
 3.31793245e-01 1.21486514e-01 -5.18915320e-02]
 [-4.33261849e-01 -6.72929155e-04 3.58182713e-01 1.18347177e-01
 -3.55274122e-01 -2.65683274e-01 -1.38933451e-01 -3.85281477e-01
 -5.03695915e-02 8.36442239e-02 7.81690448e-01 -4.28663423e-02
 3.27521529e-01 4.06642292e-01 -1.60704238e-01 4.38094838e-01
 -1.59978286e-01 2.20347613e-01 3.31867003e-01 7.58572937e-01
 1.14133062e-01 1.30760985e+00 -2.41139003e-02 -1.76868134e+00
 -1.90489539e-02 -1.01769991e+00 1.60657658e-01 -6.06314354e-02
 -2.74708783e-01 1.65527622e-01 -4.14929083e-01]]
```

图 9 绝对定向求得的地面点坐标与实际量测坐标的残差值

e. CAD 成图

负责量测的同名地物点坐标：北楼周边的草坪，包括图书馆门口、汇文楼门口等等。

原始的同名点像素坐标：

参见 program_changed 文件夹下的 all_points_for_mapping.xlsx 文件，其中第 102 行至第 143 行，第 2 至第 5 列是我的量测成果。

计算出的模型坐标：参见 program_changed 文件夹下的 pfms_model.txt 文件。

最终的地面坐标：

参见 program_changed 文件夹下的 all_points_for_mapping.xlsx 文件，其中第

7 至第 9 列即为求得的地面坐标。

草图：

先对坐标进行预处理，加上弧段类型写入 txt 文件后，采用摄影测量展点.lsp 文件对求得的地面坐标进行展点连线。

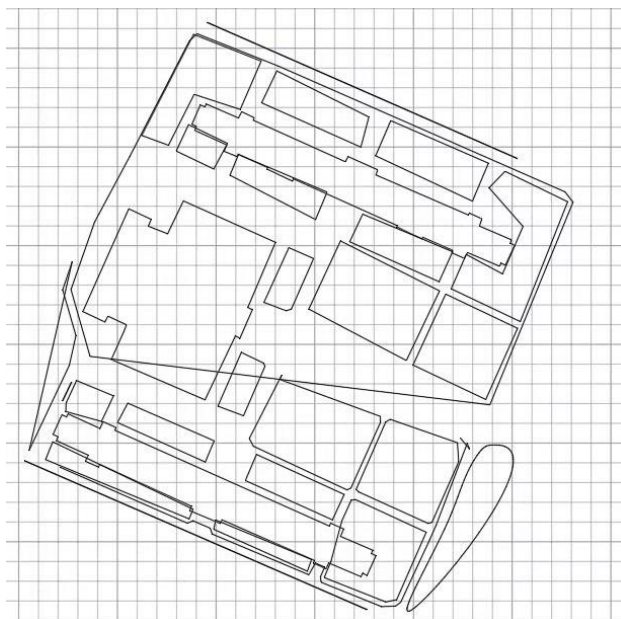


图 10 根据前述过程求得的成图点地面坐标绘制的 CAD 草图
草图经叶沛淇同学整理加工后，得到了更为详细的地图成果：
(我所成的图只是作为参考，实际采用的是叶沛淇同学的计算数据)



图 11 小组绘制的 CAD 成果图

f. 14-20 年基于航空影像的变化检测结果：



图 12 14-20 年基于航空影像的变化检测成果图

三、附录

1、关于内业程序的几点说明

- 所有程序均在 program_changed 文件夹下，分模块写在不同的文件中，便于重用。对于内业的每一个步骤，均写成一个类，使用时调用其方法和参数即可；详细可以查看 README.md 的介绍。数据加载在 data_loading.py 文件下，一些工具函数定义在 utils.py 下；主函数是 main.py。
- 助教老师如果需要调试，需要注意所有 excel 文件的起始数据应当是 B3 单元格且不包含中文；需要在 data_loading.py 中修改自己载入与保存的文件的路径与文件名。
- 一些对程序的改进：
 - * 使用上下文装饰器实现了计算出代码块以及函数的运行时间与占用内存，以方便进一步的优化。整个求解各参数与计算待定点坐标、写入 excel 的过程只需要 0.67s。

```
__main__.main : 0.6715301seconds
__main__.main : consumed memory: 96,772,096
```

图 13 代码运行时间与占用内存

- * 通过上面的计算发现 np.linalg.inv 函数会显著地增加运行时间，因此改用 linalg.lstsq 函数解算最小二乘，从而缩短了最小二乘的计算时间。
- * 解算时所有点的数据全部放入 numpy 数组中，采用矩阵的计算方法计算，避免了在不

同点之间的循环；通过调用 drop 函数实现自动去除误差较大的点。

* 采用 log 日志处理报错。

d. 目前尚有以下三个问题未能解决：

- * 相对定向中的 A 阵的第四个元素前 z 的符号到底应当取正还是负呢？（我在计算时取了负）
- * 在相对定向中为什么要在求 L 时给 f 加一个负号呢？（我试过不加负号无法收敛，加了负号最后成图的地面点坐标也是相当准确的）
- * z 方向的误差为何会偏大？（我猜想一是由于 z 方向的数据数量级比 x 和 y 方向小；二是由于航片接近竖直摄影，在判读同名点时即使只差了几个像素也可能带来 z 方向上较大的差值，因此 z 方向的数据参考价值较小）

2、成果比较

- a. 经过计算，588 与 589 哪张作为左片求出的各参数有所不同，但最后计算得到的用于成图点的地面坐标基本一致。（我之前采用 589 作为左片，后来改用了 588 作为左片，成果中呈现的是 588 作为左片时的情况）
- b. 我将我、刘栋与徐涵栩同学的成果进行了比较，参见 comparison.xlsx（只进行了 x 与 y 方向上的比较）。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	徐涵栩			刘栋			我			徐涵栩-我			徐涵栩-刘栋			刘栋-我	
2	3091.514	5489.725		3091.477	5489.785		3091.538	5489.768		-0.02415	-0.04318		0.037076	-0.06075		-0.06123	0.017576
3	3106.944	5522.042		3106.9	5522.105		3106.959	5522.088		-0.01543	-0.04658		0.043166	-0.06301		-0.05859	0.016433
4	3109.218	5520.849		3109.173	5520.914		3109.236	5520.895		-0.01849	-0.04602		0.044695	-0.06503		-0.06318	0.01901
5	3115.531	5535.249		3115.483	5535.316		3115.547	5535.296		-0.0162	-0.04716		0.048035	-0.06705		-0.06423	0.019892
6	3113.259	5536.497		3113.212	5536.562		3113.272	5536.544		-0.01302	-0.04752		0.046634	-0.06484		-0.05965	0.017325
7	3127.289	5569.35		3127.236	5569.416		3127.293	5569.4		-0.00425	-0.05067		0.052737	-0.06694		-0.05699	0.016274
8	3080.717	5590.389		3080.662	5590.451		3080.719	5590.43		-0.0026	-0.04106		0.054676	-0.06183		-0.05727	0.020771
9	3072.71	5573.75		3072.659	5573.809		3072.716	5573.789		-0.00542	-0.03917		0.051004	-0.05919		-0.05642	0.020021
10	3062.934	5577.616		3062.878	5577.679		3062.948	5577.651		-0.01341	-0.0341		0.056099	-0.06296		-0.06951	0.028864
11	3064.415	5581.053		3064.358	5581.116		3064.428	5581.088		-0.01258	-0.03468		0.056631	-0.06342		-0.06921	0.028744
12	3053.059	5586.401		3053.003	5586.462		3053.069	5586.434		-0.01016	-0.0328		0.056329	-0.06095		-0.06649	0.02815
13	3029.761	5534.448		3029.714	5534.506		3029.787	5534.475		-0.02555	-0.02687		0.047399	-0.05811		-0.07295	0.031238
14	3040.92	5529.158		3040.872	5529.218		3040.948	5529.186		-0.02775	-0.02816		0.047976	-0.06003		-0.07572	0.031874
15	3042.492	5532.112		3042.446	5532.17		3042.514	5532.142		-0.02272	-0.03023		0.046034	-0.05789		-0.06875	0.027664
16	3051.857	5527.72		3051.812	5527.779		3051.879	5527.753		-0.02213	-0.03291		0.044763	-0.05857		-0.06689	0.025659
17	3050.472	5524.29		3050.43	5524.347		3050.493	5524.324		-0.02025	-0.0338		0.042423	-0.05682		-0.06267	0.023026
18	3044.145	5510.183		3044.105	5510.238		3044.167	5510.216		-0.02254	-0.03269		0.039059	-0.05483		-0.0616	0.02214
19	3121.416	5539.012		3121.381	5539.064		3121.405	5539.069		0.011355	-0.05701		0.03487	-0.05188		-0.02352	-0.00514
20	3132.708	5534.739		3132.679	5534.787		3132.689	5534.802		0.019335	-0.06299		0.029635	-0.04881		-0.0103	-0.01418

图 14 不同组员计算的成图点地面坐标比较图

可以看出，我们三个的计算结果之间相差均在厘米数量级，具有相当的准确度。