

# 同濟大學

TONGJI UNIVERSITY

## 摄影测量编程实验报告

项目名称	摄影测量编程实验
姓名	孙海丽
学号	061168
学院(系)	土木工程学院测绘系
专业	测绘工程
指导教师	叶勤
日期	2009年4月30日

## 目 录

实验报告内容	2
数字内定向	2
空间后方交会	4
空间前方交会	8
同名点量测成图	10
心得体会	12

装  
订  
线

## 摄影测量编程实验报告及小结

### 实验报告内容

#### 一、实验目的：

掌握数字内定向、空间后方交会、空间前方交会的原理，利用计算机编程语言实现双向解析计算的空间后交—前交法，并将计算结果利用 AutoCAD 进行简单成图。

#### 二、仪器用具及已知数据文件：

计算机 XP 系统，编程软件 (MATLAB)，通用图像处理软件 Photoshop，AutoCAD2004  
立体像对：左片 1505.tif，右片：1504.tif

内定向数据文件：1505.kb, 1504.kb。内定向答案：1505photo.io, 1504photo.io  
后方交会数据文件：1504.txt, 1505.txt。后方交会答案（外定向参数）文件：  
1504\_ao.txt, 1505\_ao.txt

九对同名点坐标：tongmingdian.txt

#### 三、实验内容：

##### 1. 数字内定向

内定向的意思就是将含系统误差的框标坐标改正到正确的框标坐标，实验目的就是求内定向参数。试验中给出四个框标量测像素坐标和理论坐标，并要求用仿射变换公式：

$$x=h_0 + h_1*i + h_2*j$$

$$y=k_0 + k_1*i + k_2*j$$

通过最小二乘平差求取内定向参数：

x 方向：h0, h1, h2

y 方向：k0, k1, k2

具体编程思路实现步骤：

思路：因要求的是 h0, h1, h2, k0, k1, k2，故可以将这六个待求参数当做误差方程中的 X，则将得到一个有六个参数的误差方程，方程的系数 A 对于每个框标来说是：

(1 i j 0 0 0

0 0 0 1 i j)

常数阵由  $x, y$  构成。即可平差求定内定向参数。

具体步骤:

1. 数据文件的读取, 我在读入的时候存入一个  $16 \times 1$  维的数组, 并分别赋给一个结构数组  $point$ , 其具有四个属性:  $i, j, x, y$ 。
2. 给系数矩阵  $B$  和常数项矩阵  $L$  赋值。(权阵为单位阵)
3. 利用平差知识:  $X = \text{inv}(B' * B) * (B' * L)$ , 可解求内定向参数。
4. 求改正数  $V$ , 并做误差评定。
5. 输出结果。

实验数据:

数据格式为:

$i, j$

$x, y$

具体数据见 1505. kb, 1504. kb

平差得

1505:

内方位元素:

-121.64202    0.02798    0.00061    115.32183    0.00060    -0.02798

平差后的  $x, y$ , 坐标为:

-109.99443    110.00185

-124.65253    112.17801

109.99343    110.00315

-118.49793    112.30978

精度:

$s_x = 0.004979$      $s_y = 0.002552$

1504:

内方位元素:

装  
订  
线

-121.76606    0.02798    0.00052    115.12595    0.00052    -0.02798

平差后的 x, y, 坐标为:

-109.99365    109.99766

-124.78592    111.99113

109.99265    110.00734

-118.63116    112.10449

精度:

sx=0.005679    sy=0.001197

## 2 . 空间后方交会

单幅影像的空间后方交会：利用已知地面控制点数据以及相应像点坐标，根据共线方程，反求影像的外方位元素。

数学模型：共线条件方程式

$$x = -f \frac{a_1(X - X_s) + b_1(Y - Y_s) + c_1(Z - Z_s)}{a_3(X - X_s) + b_3(Y - Y_s) + c_3(Z - Z_s)}$$

$$y = -f \frac{a_2(X - X_s) + b_2(Y - Y_s) + c_2(Z - Z_s)}{a_3(X - X_s) + b_3(Y - Y_s) + c_3(Z - Z_s)}$$

求解过程:

1) 获取已知数据:

a. 像片比例尺 1/m:

由像片上两点间距离与相应地面点间距之比求得。

b. 平均航高 H:

$$H = m * f$$

其中，n 为已知控制点数。

c. 内方位元素 x0, y0, f:

d. 地面摄影测量坐标 Xtp, Ytp, Ztp

2) 量测控制点的像点坐标:

像点坐标及相应地面摄测坐标如下表所示：数据格式：

x	y	Xtp	Ytp	Ztp
---	---	-----	-----	-----

右片 (1504)

左片 (1505)

具体数据见: 1504.txt, 1505.txt

内方位元素为:  $x_0=y_0=0\text{mm}$ ,  $f=210.681\text{mm}$

3) 确定未知数初始值:

在竖直摄影情况下, 角元素的初始值为 0, 即  $\phi = \omega = \kappa = 0$ ; 线元素中,

$Z_{s0}=H$ ,  $X_{s0}$ ,  $Y_{s0}$  的取值可用五个已知控制点坐标的平均值, 即:

$$X_{s0} = \sum X_{t_{pi}} / 5,$$

$$Y_{s0} = \sum Y_{t_{pi}} / 5.$$

4) 计算旋转矩阵 R:

利用角元素值的近似值按下式计算方向余弦值, 组成 R 阵:

$$a_1 = \cos(\phi) * \cos(\kappa) - \sin(\phi) * \sin(\omega) * \sin(\kappa)$$

$$a_2 = -\cos(\phi) * \sin(\kappa) - \sin(\phi) * \sin(\omega) * \cos(\kappa)$$

$$a_3 = -\sin(\phi) * \cos(\omega)$$

$$b_1 = \cos(\omega) * \sin(\kappa)$$

$$b_2 = \cos(\omega) * \cos(\kappa)$$

$$b_3 = -\sin(\omega)$$

$$c_1 = \sin(\phi) * \cos(\kappa) + \cos(\phi) * \sin(\omega) * \sin(\kappa)$$

$$c_2 = -\sin(\phi) * \sin(\kappa) + \cos(\phi) * \sin(\omega) * \cos(\kappa)$$

$$c_3 = \cos(\phi) * \cos(\omega)$$

5) 逐点计算像点坐标的近似值:

利用未知数的近似值按共线方程式计算控制点像点坐标的近似值  $(x)$ ,  $(y)$ 。

6) 组成误差方程式:

按下式逐点计算误差方程式的系数和常数项:

系数:

$$z_{ba} = (a_3 * (X_a - X_s) + b_3 * (Y_a - Y_s) + c_3 * (Z_a - z_s))$$

$$a_{11} = (a_1 * f + a_3 * x) / z_{ba}$$

$$a_{12} = (b_1 * f + b_3 * x) / z_{ba}$$

装订线

$$a_{13} = (c_1 * f + c_3 * x) / z_{ba}$$

$$a_{21} = (a_2 * f + a_3 * y) / z_{ba}$$

$$a_{22} = (b_2 * f + b_3 * y) / z_{ba}$$

$$a_{23} = (c_2 * f + c_3 * y) / z_{ba}$$

$$a_{14} = y * \sin(\omega) - (x * (x * \cos(\kappa) - y * \sin(\kappa))) / f + f * \cos(\kappa)$$

\*  $\cos(\omega)$

$$a_{15} = -f * \sin(\kappa) - x * (x * \sin(\kappa) + y * \cos(\kappa)) / f$$

$$a_{16} = y$$

$$a_{24} = -x * \sin(\omega) - (y * (x * \cos(\kappa) - y * \sin(\kappa))) / f - f * \sin(\kappa)$$

\*  $\cos(\omega)$

$$a_{25} = -f * \cos(\kappa) - y * (x * \sin(\kappa) + y * \cos(\kappa)) / f$$

$$a_{26} = -x$$

常数项:

$$l_x = x - (x)$$

$$l_y = y - (y)$$

用矩阵形式表示为:

$$V = AX - l$$

式中:

$$V = [V_x \ V_y]$$

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} & a_{16} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} & a_{25} & a_{26} \end{bmatrix}$$

$$X = [dX_s \ dY_s \ dZ_s \ d\phi \ d\omega \ d\kappa]$$

$$L = [l_x \ l_y]'$$

$$L = [l_x \ l_y]'$$

所有控制点, 列出误差方程式, 构成总误差方程式:

$$V = AX - l$$

式中:

$$V = [V_1 \ V_2 \ V_3 \ V_4 \ V_5]$$

$$A = [A_1 \ A_2 \ A_3 \ A_4 \ A_5]$$

装  
订  
线

$$L=[11 \ 12 \ 13 \ 14 \ 15]$$

7) 组成法方程式:

计算法方程的系数矩阵  $N_a=A' A$  与常数项  $U=A' l$ 。

8) 解求外方位元素:

根据法方程, 按下式解求外方位元素改正数:

$$X = N^{-1} * U$$

并与相应的近似值求和, 得到外方位元素新的近似值。

9) 检查计算是否收敛:

将求得的外方位元素的改正数与规定的限差比较, 小于限差则计算终止; 否则用新的近似值重复计算, 直到满足要求为止。

迭代限差为:

$$dX_s < 1m, dY_s < 1m, dZ_s < 1m, d\phi < 0.00001, d\omega < 0.00001, d\kappa < 0.00001$$

最后得出的六个外方位元素的解为:

$$X_s = X_{s_0} + dX_{s_1} + dX_{s_2} + \dots$$

$$Y_s = Y_{s_0} + dY_{s_1} + dY_{s_2} + \dots$$

$$Z_s = Z_{s_0} + dZ_{s_1} + dZ_{s_2} + \dots$$

$$\phi = \phi_0 + d\phi_1 + d\phi_2 + \dots$$

$$\omega = \omega_0 + d\omega_1 + d\omega_2 + \dots$$

$$\kappa = \kappa_0 + d\kappa_1 + d\kappa_2 + \dots$$

实验结果:

1504 的外方位元素为:

$$X_s = 501257.415130$$

$$Y_s = 543170.793250$$

$$Z_s = 911.523432$$

$$f_{ai} = 0.040645$$

$$\omega_{mi} = -0.014536$$

$$\kappa_{ap} = -0.013462$$

$$f = 210.681000$$

迭代次数为: 3

装  
订  
线

1505 的外方位元素为:

$X_s=500934.461857$

$Y_s=543180.119456$

$Z_s=910.372048$

$fai= 0.028449$

$omi= -0.012638$

$kap= -0.050018$

$f=210.681000$

迭代次数为: 3

### 3. 空间前方交会

空间前方交会,是指有立体相对左右两影像的内、外方位元素和同名像点和同名像点的影像坐标量测值来确定该点物方空间坐标(某一暂定单位坐标系里的坐标或地面测量坐标系坐标)。

实验数据:

九个同名点的量测坐标格式:

1505(左片)      1504(右片)

x      y      x      y

具体数据见: tongmingdian.txt

解算过程:

读入同名点坐标;

读入内外方位元素;

利用以上九个同名点的量测坐标通过数字内定向解算出改正后的像点坐标  $(x, y)$ ,

公式:  $x=h_0 + h_1*i + h_2*j$

$y=k_0 + k_1*i + k_2*j$

即得到像空间坐标  $(x, y, -f)$

在利用相应的外定向角元素组成旋转矩阵,将像空间坐标转化为像空辅助坐标  $(X, Y, Z)$ ,公式如下:

$$a_2(X_2, Y_2, Z_2) \begin{bmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{bmatrix} = R_2 \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ -f \end{pmatrix} \qquad a_1(X_1, Y_1, Z_1) \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{bmatrix} = R_1 \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ -f \end{pmatrix}$$

5. 利用外定向线元素计算相对定向线元素 (Bx, By, Bz)

$$B_x = X_{s4} - X_{s5}; \quad B_y = Y_{s4} - Y_{s5}; \quad B_z = Z_{s4} - Z_{s5}.$$

6. 再计算点投影系数利用公式:

$$\left. \begin{aligned} N_1 &= \frac{B_x Z_2 - B_z X_2}{X_1 Z_2 - X_2 Z_1} \\ N_2 &= \frac{B_x Z_1 - B_z X_1}{X_1 Z_2 - X_2 Z_1} \end{aligned} \right\}$$

7. 计算模型坐标, 公式:

$$\begin{cases} X = X_{s1} + N_1 X_1 \\ Y = \frac{1}{2} [(Y_{s1} + N_1 Y_1) + (Y_{s2} + N_2 Y_2)] \\ Z = Z_{s1} + N_1 Z_1 \end{cases}$$

8. 计算上下视差 q:

$$q = N_1 * Y_1 - N_2 * Y_2 - B_y.$$

9. 数据输出。

实验结果:

模型坐标:

X	Y	Z	q
501375.359791	543077.583150	6.272671	-0.166181
501371.114535	543073.652819	6.435918	-0.061655
501364.374138	543067.480435	6.290513	-0.015249
501359.975167	543063.533730	6.782134	-0.030267
501353.205875	543057.285066	6.966721	0.013135

501349.043662	543053.274305	6.428268	-0.126876
501337.929647	543043.110593	6.756246	0.020050
501327.220202	543032.840475	6.741530	0.031060
501316.421439	543022.333409	6.350965	-0.079289

## 4. 同名点量测成图

实验过程:

1. 利用 photoshop 图像处理软件将所给立体像对: 左片 1505.tif, 右片: 1504.tif 打开, 目视判断地物同名点, 并记录下同名点在左右影像上的像素坐标 (i1, j1), (ir, jr)

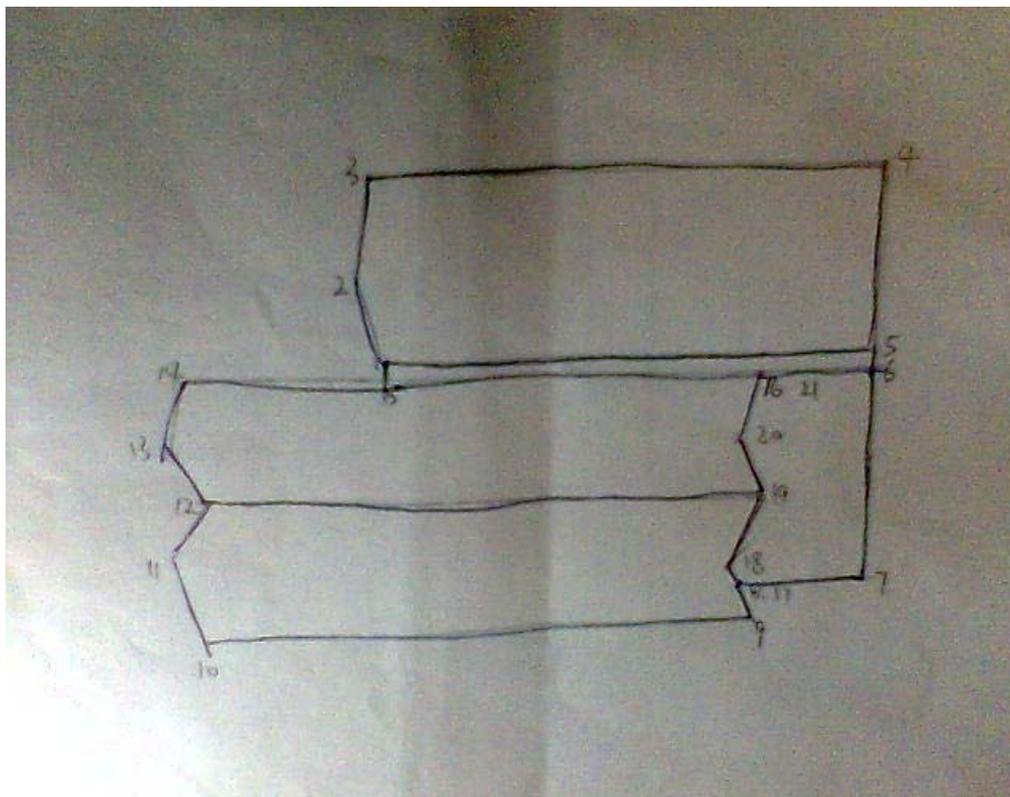
1505		1504	
------	--	------	--

x	y	x	y
---	---	---	---

3627	3198	827	3039
------	------	-----	------

具体量测数据见文件: 量测数据.txt

并记录下像点连接的情况。



装  
订  
线

2. 利用量测的同名像点的像素坐标以及 1 中所求内定向参数计算出同名点在左右像片的像框标坐标系中坐标；利用 2 中所求左右像片外方位元素、以及前方交会计算

式，计算该像点对应地面点的坐标，并地面点 Y 方向上的残余上下视差。过程与前方交会一样。

3. 数据输出：为了 CAD 成图方便，为每个点加上点号和编码，部分结果如下：

1 543291.578 500888.491 10.324 411B1

2 543299.109 500890.040 12.957 411M1

见数据文件：模型坐标.txt

4. 利用 CAD 数据转化程序将数据文件转化为可成图的格式（程序为数字测图时已经测试过的）

如下：

1

543292.0

500888.0

0.324

411B1

2

543299.0

500890.0

2.957

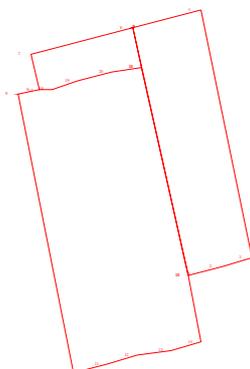
411M1

具体数据见文件：转化.txt

利用 CAD 自动成图程序，再成图（详见附 dwg 格式图）。

图如下：

装  
订  
线



## 心得体会

1. 要好好听课，老师的细微的启迪都可能让我受益匪浅。
  2. 要好好看书，好好看实验指导书，也要仔细检查公式，有必要的时候要自己推导。
  3. 对于类似的或者对称的语句要注意，千万不要只是复制粘贴就 OK，一定要仔细。
  4. 要弄懂原理再动手编程，不要急于求成。
  5. 好好编程，好好理解和体会公式。
  6. Fighting !
- 易错点：
1. 类似的公式复制粘贴时要特别注意，记得更改变量。
  2. 量测立体像对同名点坐标（像素坐标）时，最好将两张图放大到相同比例。

装  
订  
线