

航带法空中三角测量

武汉大学

遥感信息工程学院

摄影测量教研室

主要内容

- 一、基本思想与流程
- 二、自由航带网的构建
- 三、单航带空中三角测量
- 四、航带法区域网平差

一、基本思想与流程

主要思想

把许多立体像对构成的单个模型连结成一个航带模型，将航带模型视为单元模型进行解析处理，通过消除航带模型中累积的系统误差，将航带模型整体纳入到测图坐标系中，从而确定加密点的地面坐标

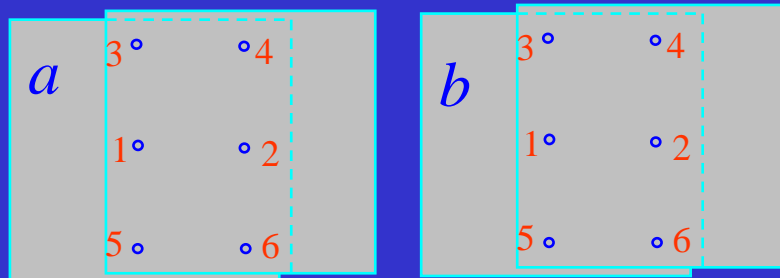
一、基本思想与流程

基本流程

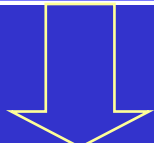
- 像点坐标系统误差预改正
- 立体像对相对定向
- 模型连接构建自由航带网
- 航带网的概略绝对定向
- 航带模型非线性改正
- 加密点坐标计算

二、构建自由航带网

(1、带模型连接条件的连续法相对定向)

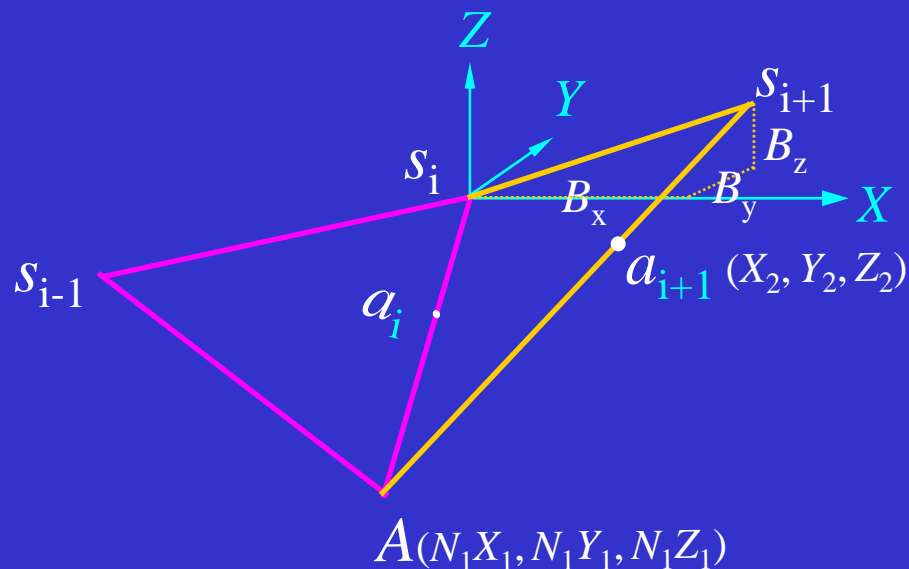


$$\frac{X_2}{N_1 X_1 - B_x} = \frac{Y_2}{N_1 Y_1 - B_y} = \frac{Z_2}{N_1 Z_1 - B_z}$$



$$F_x = Z_2(N_1 X_1 - B_x) - X_2(N_1 Z_1 - B_z) = 0$$

$$F_y = Z_2(N_1 Y_1 - B_y) - Y_2(N_1 Z_1 - B_z) = 0$$



二、构建自由航带网

(1、带模型连接条件的连续法相对定向)

$$v_P = -\left(Z_2 + \frac{X_2^2}{Z_2}\right)N_2\Delta\varphi - \frac{X_2Y_2}{Z_2}N_2\Delta\omega - Y_2N_2\Delta\kappa - \frac{X_2}{Z_2}B_x\Delta\nu + B_x\Delta\lambda - P$$
$$v_Q = -\frac{X_2Y_2}{Z_2}N_2\Delta\varphi - \left(Z_2 + \frac{Y_2^2}{Z_2}\right)N_2\Delta\omega + X_2N_2\Delta\kappa + B_x\Delta\mu - \frac{Y_2}{Z_2}B_x\Delta\nu - Q$$

特别注意：

- 模型中的定向点只建立 V_Q 方程
- 模型间的连接点需建立 V_Q, V_P 方程
- 对于模型间的连接点建立误差方程时，常数项中的 N_1X_1, N_1Y_1, N_1Z_1 必须用前一模型中的 N_2X_2, N_2Y_2, N_2Z_2

二、构建自由航带网

(2、带模型连接条件的连续法相对定向)

摄站坐标

$$X_{s2} = X_{s1} + mB_x$$

$$Y_{s2} = Y_{s1} + mB_y$$

$$Z_{s2} = Z_{s1} + mB_z$$

非连接点的模型坐标

$$X_p = X_{s1} + mN_1 X_1$$

$$Y_p = \frac{1}{2} (Y_{s1} + mN_1 Y_1 + Y_{s2} + mN_2 Y_2)$$

$$Z_p = Z_{s1} + mN_1 Z_1$$

连接点的模型坐标

$$X_p = X_{s2} + mN_2 X_2$$

$$Y_p = Y_{s2} + mN_2 Y_2$$

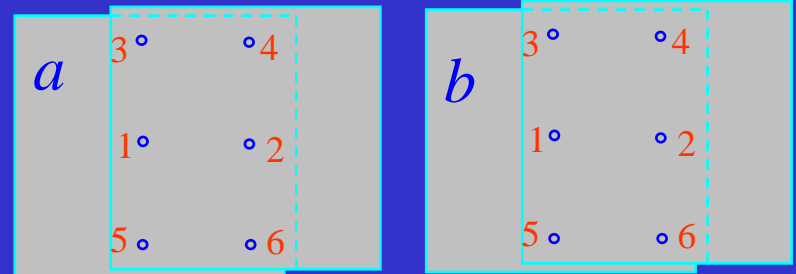
$$Z_p = Z_{s2} + mN_2 Z_2$$

$$N_2 = \frac{N_2^a Z_2^a - B_z}{Z_2}$$

二、构建自由航带网 (2、连续法相对定向)

$$Z_1^b = Z_2^a - B_z^a$$

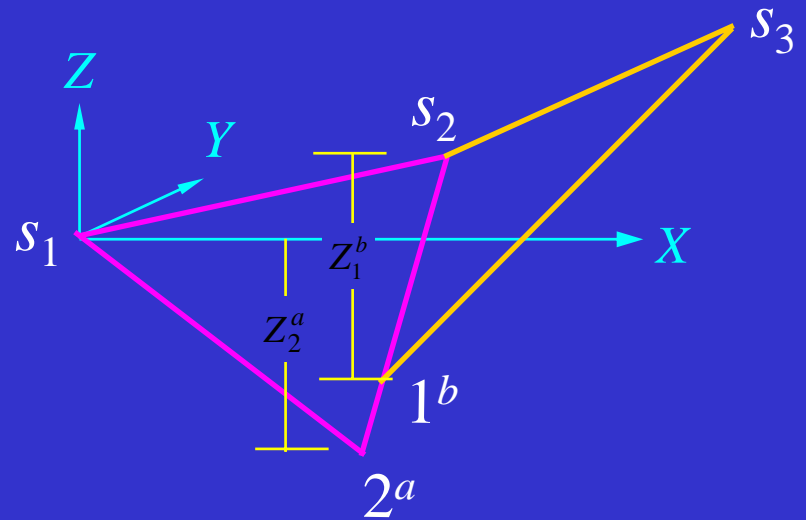
B_z^a 为模型 a 的相对定向元素



归化系数

$$k_2 = \frac{Z_2^a - B_z^a}{Z_1^b}$$

$$\bar{k} = \frac{1}{3}(k_2 + k_4 + k_6)$$



二、构建自由航带网 (2、连续法相对定向)

摄站坐标

$$X_{s2} = X_{s1} + \bar{k}mB_x$$

$$Y_{s2} = Y_{s1} + \bar{k}mB_y$$

$$Z_{s2} = Z_{s1} + \bar{k}mB_z$$

模型坐标

$$X_p = X_{s1} + \bar{k}mN_1X_1$$

$$Y_p = \frac{1}{2}(Y_{s1} + \bar{k}mN_1Y_1 + Y_{s2} + \bar{k}mN_2Y_2)$$

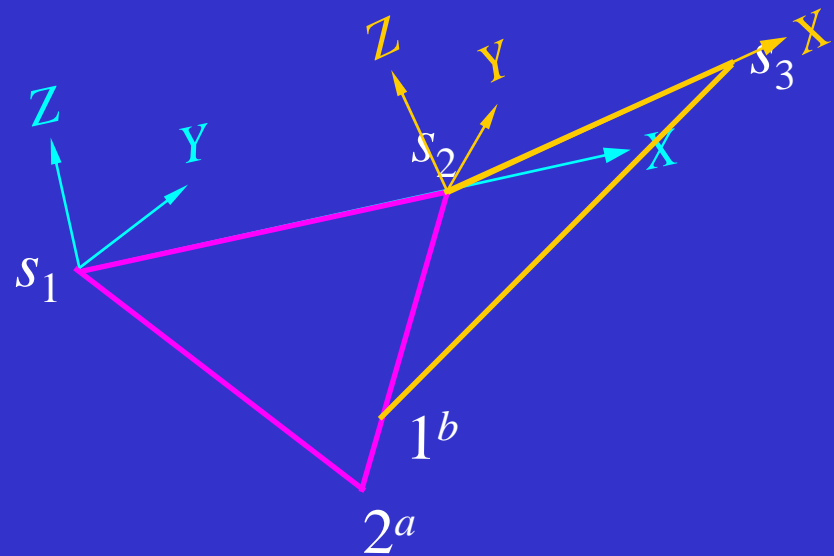
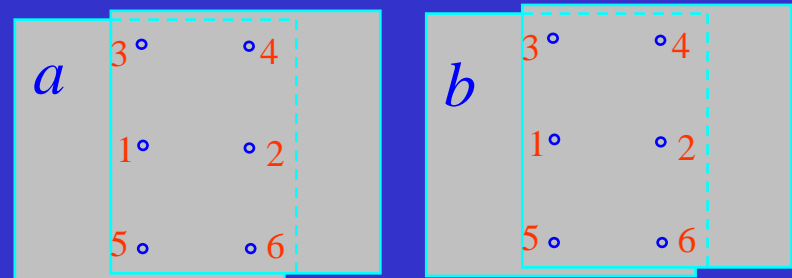
$$Z_p = Z_{s1} + \bar{k}mN_1Z_1$$

二、构建自由航带网 (3、单独法相对定向)

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_2^a = \lambda \mathbf{R} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_1^b + \begin{bmatrix} X_{s2} \\ Y_{s2} \\ Z_{s2} \end{bmatrix}^a$$

已知值

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_2^a = \lambda \mathbf{R} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_1^b$$



二、构建自由航带网 (3、单独法相对定向)

摄站坐标

$$\begin{aligned} X_{s2} &= X_{s1} + mB_x \\ Y_{s2} &= Y_{s1} + mB_y \\ Z_{s2} &= Z_{s1} + mB_z \end{aligned}$$

$$\begin{bmatrix} B_x \\ B_y \\ B_z \end{bmatrix} = \lambda \mathbf{R} \begin{bmatrix} B \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

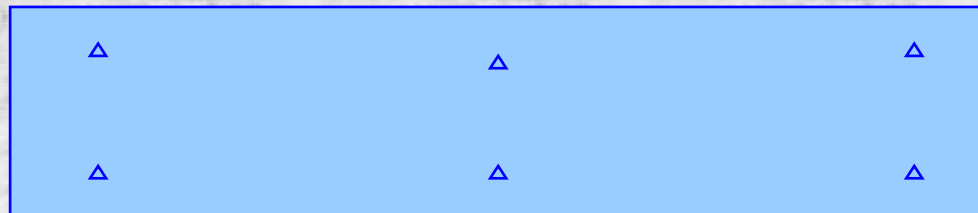
模型坐标

$$\begin{aligned} X_p &= X_{s1} + mX_{\text{新}} \\ Y_p &= Y_{s1} + mY_{\text{新}} \\ Z_p &= Z_{s1} + mZ_{\text{新}} \end{aligned}$$

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{新}}^b = \lambda \mathbf{R} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}^b + \begin{bmatrix} X_{s2} \\ Y_{s2} \\ Z_{s2} \end{bmatrix}^a$$

三、自由航带网的概略绝对定向

- ◆ 获取控制点的地面摄影测量坐标 X_{tp}, Y_{tp}, Z_{tp}



- ◆ 计算重心化坐标
- ◆ 求相似变换参数
- ◆ 计算各模型点的地面摄影测量坐标

四、航带网的误差传播

◆ 系统误差

◆ 偶然误差

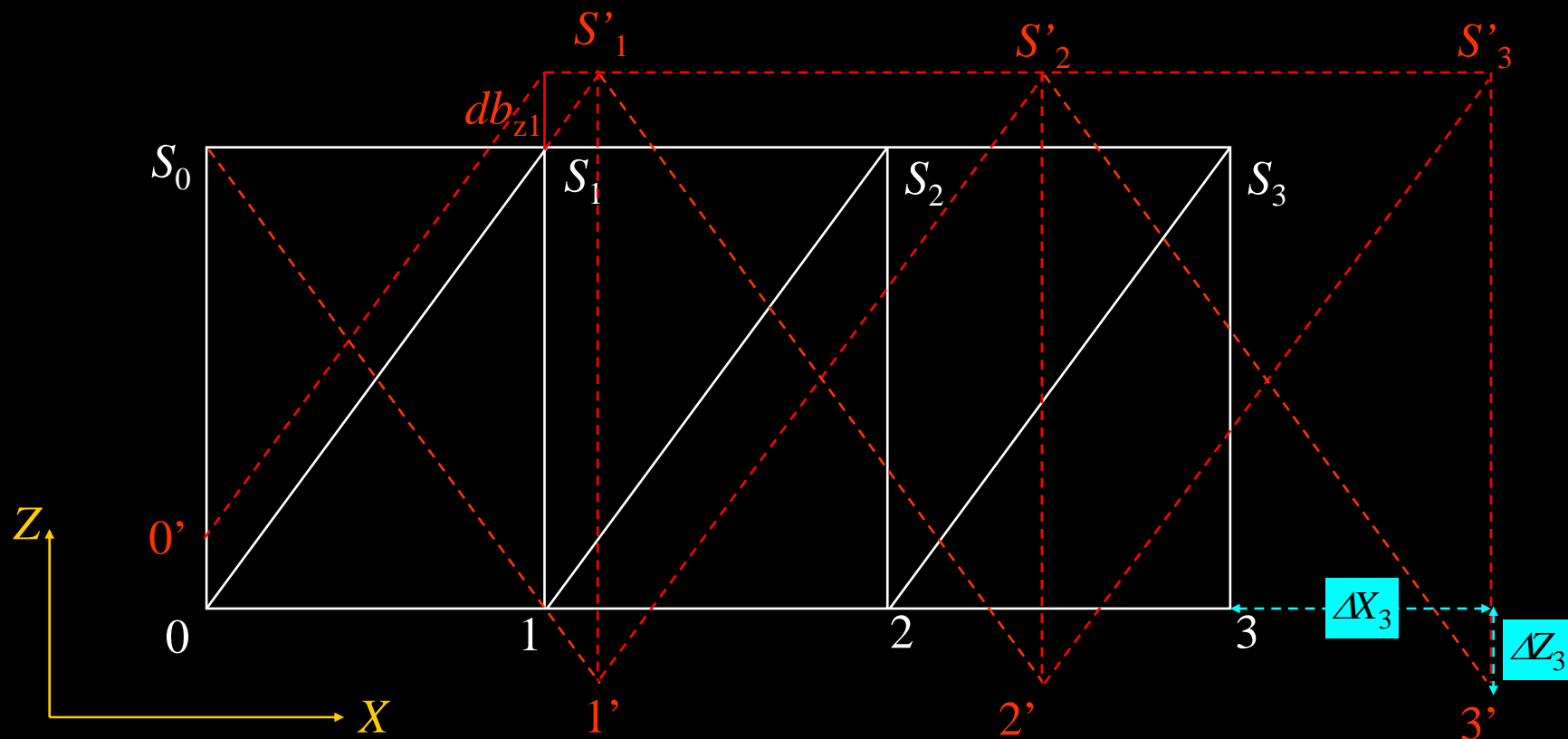
- 独立累积性误差：不随模型个数的增加而增大其影响

$$[\delta_n] = \delta_1 + \delta_2 + \cdots + \delta_n$$

- 非独立累积性误差：随模型个数的增加而增大其影响

$$[\delta_n] = n\delta_1 + (n-1)\delta_2 + \cdots + \delta_n$$

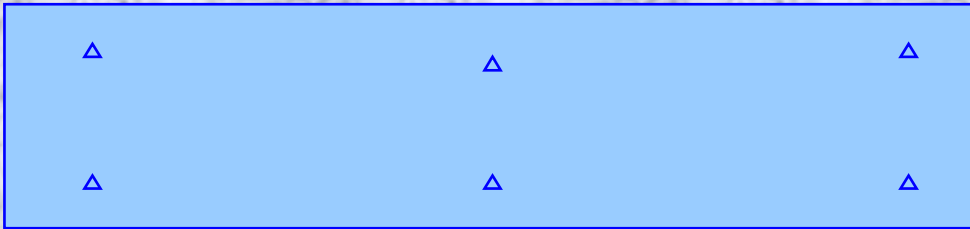
四、航带网的误差传播



$$\Delta Z_1 = \Delta Z_2 = \Delta Z_3$$

$$\Delta X_1 < \Delta X_2 < \Delta X_3$$

五、航带模型非线性改正



用一个多项式曲面拟合航带网复杂的变形曲面，使该曲面经过航带网已知点时，所求得坐标变形值与它们实际的变形值相等或使其残差的平方和为最小

1、二次多项式

$$\Delta X = A_0 + A_1 X + A_2 Y + A_3 X^2 + A_4 XY$$

$$\Delta Y = B_0 + B_1 X + B_2 Y + B_3 X^2 + B_4 XY$$

$$\Delta Z = C_0 + C_1 X + C_2 Y + C_3 X^2 + C_4 XY$$

$$X_{tp} = X + \Delta X$$

$$Y_{tp} = Y + \Delta Y$$

$$Z_{tp} = Z + \Delta Z$$

五、航带模型非线性改正

2、二次正形变换多项式

$$\begin{aligned} X' &= a_0 + a_1X + a_2Y + a_3X^2 + a_4XY + a_5Y^2 + a_6X^3 + a_7X^2Y + a_8XY^2 + a_9Y^3 \\ Y' &= b_0 + b_1X + b_2Y + b_3X^2 + b_4XY + b_5Y^2 + b_6X^3 + b_7X^2Y + b_8XY^2 + b_9Y^3 \end{aligned}$$

$$\frac{\partial X'}{\partial X} = \frac{\partial Y'}{\partial Y}, \quad \frac{\partial X'}{\partial Y} = -\frac{\partial Y'}{\partial X}$$

$$\begin{aligned} a_0 &= A_1 & b_0 &= A_2 \\ a_1 &= b_2 = A_3 & a_2 &= -b_1 = -A_4 \\ 2a_3 &= -2a_5 = b_4 = 2A_5 & a_4 &= -2b_3 = 2b_5 = -2A_6 \\ 3a_6 &= -a_8 = b_7 = 3b_6 = 3A_7 & a_7 &= -3a_9 = -3b_6 = b_8 = -3A_8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X' &= A_1 + A_3X - A_4Y + A_5(X^2 - Y^2) - 2A_6XY + A_7(X^3 - 3XY^2) - A_8(3X^2Y - Y^3) \\ Y' &= A_2 + A_4X + A_3Y + A_6(X^2 - Y^2) + 2A_5XY + A_8(X^3 - 3XY^2) + A_7(3X^2Y - Y^3) \end{aligned}$$

用一个二次正形变换多项式曲面拟合航带网的变形曲面，使该曲面经过航带网已知点时，所求得坐标变形值与它们实际的变形值相等或使其残差的平方和为最小，并且由多项式曲面上一点变换到航带网无变形曲面上相应点时应保持该点处在极小范围内相应线段的夹角不变（保角变换）

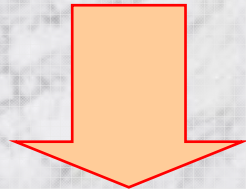
五、航带模型非线性改正

2、二次正形变换多项式

$$\text{令 } X' = \bar{X}_{tp}, Y' = \bar{Y}_{tp}, X = \bar{X}, Y = \bar{Y}$$

$$\text{第一式两边} - \bar{X}, \text{ 则 } \bar{X}_{tp} - \bar{X} = \Delta X$$

$$\text{第二式两边} - \bar{Y}, \text{ 则 } \bar{Y}_{tp} - \bar{Y} = \Delta Y$$



$$\Delta X = A_1 + A_3 \bar{X} - A_4 \bar{Y} + A_5 \bar{X}^2 - 2A_6 \bar{X}\bar{Y}$$

$$\Delta Y = A_2 + A_4 \bar{X} + A_3 \bar{Y} + A_6 \bar{X}^2 + 2A_5 \bar{X}\bar{Y}$$

$$\Delta Z = C_0 + C_1 \bar{X} + C_2 \bar{Y} + C_3 \bar{X}^2 + C_4 \bar{X}\bar{Y}$$

五、航带法解析空中三角测量

3、误差方程式的建立（以X坐标为例）

$$-v_x = A_0 + A_1 \bar{X} + A_2 \bar{Y} + A_3 \bar{X}^2 + A_4 \bar{X}\bar{Y} - (\bar{X}_{tp} - \bar{X}), \quad p = 1$$

$$V = \begin{bmatrix} v_{x_1} \\ \vdots \\ v_{x_n} \end{bmatrix}$$

$$V = Ax - l$$

$$x = \begin{bmatrix} A_0 \\ \vdots \\ A_4 \end{bmatrix}$$

$$A = \begin{bmatrix} 1 & \bar{X}_1 & \bar{Y}_1 & \bar{X}_1^2 & \bar{X}_1 \bar{Y}_1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & \bar{X}_n & \bar{Y}_n & \bar{X}_n^2 & \bar{X}_n \bar{Y}_n \end{bmatrix}$$

$$l = \begin{bmatrix} \bar{X}_{tp_1} - \bar{X}_1 \\ \vdots \\ \bar{X}_{tp_n} - \bar{X}_n \end{bmatrix}$$

五、航带法解析空中三角测量

待定点地面坐标计算

$$X_{tp} = X_{tpg} + \bar{X} + \Delta X = X_{tpg} + \bar{X} + A_0 + A_1 \bar{X} + A_2 \bar{Y} + A_3 \bar{X}^2 + A_4 \bar{X} \bar{Y}$$

$$Y_{tp} = Y_{tpg} + \bar{Y} + \Delta Y = Y_{tpg} + \bar{Y} + B_0 + B_1 \bar{X} + B_2 \bar{Y} + B_3 \bar{X}^2 + B_4 \bar{X} \bar{Y}$$

$$Z_{tp} = Z_{tpg} + \bar{Z} + \Delta Z = Z_{tpg} + \bar{Z} + C_0 + C_1 \bar{X} + C_2 \bar{Y} + C_3 \bar{X}^2 + C_4 \bar{X} \bar{Y}$$

将上述坐标反变换到地面坐标

$$\begin{bmatrix} \Delta X_t \\ \Delta Y_t \end{bmatrix} = \frac{1}{\lambda^2} \begin{bmatrix} b & a \\ a & -b \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta X_{tp} \\ \Delta Y_{tp} \end{bmatrix}$$

$$Z_t = \frac{1}{\lambda} Z_{tp}$$

六、航带法区域网平差

1、基本思想



1. 按照单航带法构成自由航带网
2. 利用本航带的控制点及与上一航带的公共点进行三维空间相似变换，将整区各航线纳入统一的坐标系中
3. 同时解求各航带非线性变形改正参数
4. 计算各加密点坐标

六、航带法区域网平差

2、重心化坐标计算

区域重心坐标

航线重心坐标

$$X_{pg} = \frac{1}{2}(X_{p_1} + X_{p_{20}})$$

$$Y_{pg} = Y_{p_1}$$

$$Z_{pg} = \frac{1}{2}(Z_{p_1} + Z_{p_{20}})$$

$$X_{pg_i} = X_{pg}$$

$$Y_{pg_i} = Y_{p_1} - (2i-1) \frac{Y_{p_1} - Y_{p_{20}}}{2N}$$

$$Z_{pg_i} = Z_{pg}$$

$$X_{tpg} = \frac{1}{2}(X_{tp_1} + X_{tp_{20}})$$

$$Y_{tpg} = Y_{tp_1}$$

$$Z_{tpg} = \frac{1}{2}(Z_{tp_1} + Z_{tp_{20}})$$

$$X_{tpg_i} = X_{tpg}$$

$$Y_{tpg_i} = Y_{tp_1} - (2i-1) \frac{Y_{tp_1} - Y_{tp_{20}}}{2N}$$

$$Z_{tpg_i} = Z_{tpg}$$

重心化坐标

$$\bar{X}_{p_i} = X_{p_i} - X_{pg_i}$$

$$\bar{Y}_{p_i} = Y_{p_i} - Y_{pg_i}$$

$$\bar{Z}_{p_i} = Z_{p_i} - Z_{pg_i}$$

$$\bar{X}_{tp_i} = X_{tp_i} - X_{tpg_i}$$

$$\bar{Y}_{tp_i} = Y_{tp_i} - Y_{tpg_i}$$

$$\bar{Z}_{tp_i} = Z_{tp_i} - Z_{tpg_i}$$



六、航带法区域网平差

3、误差方程式的建立（以X坐标为例）

控制点：

$$-v_X = A_0 + A_1 \bar{X} + A_2 \bar{Y} + A_3 \bar{X}^2 + A_4 \bar{X}\bar{Y} - (\bar{X}_{tp} - \bar{X}), \quad p = 1$$

公共点：

$$\begin{aligned} -(v_X - v'_X) = & A_0 + A_1 \bar{X} + A_2 \bar{Y} + A_3 \bar{X}^2 + A_4 \bar{X}\bar{Y} - \\ & (A'_0 + A'_1 \bar{X}' + A'_2 \bar{Y}' + A'_3 \bar{X}'^2 + A'_4 \bar{X}'\bar{Y}') - \\ & (\bar{X}' + X_{tpg_{i+1}} - \bar{X} - X_{tpg_i}), \end{aligned} \quad p = \frac{1}{2}$$

六、航带法区域网平差

误差方程矩阵形式

$$-V_{i\text{控}} = A_{i\text{控}} a_i - l_{i\text{控}}, \quad P_{i\text{控}} = E$$

$$-V_{i,i+1} = \begin{bmatrix} A_{i\text{下}} & A_{i+1\text{上}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_i \\ a_{i+1} \end{bmatrix} - l_{i,i+1}, \quad P_{i,i+1} = \frac{1}{2} E$$



六、航带法区域网平差

总误差方程

$$\begin{bmatrix} V_{1\text{控}} \\ V_{12} \\ V_{2\text{控}} \\ V_{23} \\ V_{3\text{控}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{1\text{控}} & 0 & 0 \\ A_{1\text{下}} & -A_{2\text{上}} & 0 \\ 0 & A_{2\text{控}} & 0 \\ 0 & A_{2\text{下}} & -A_{3\text{上}} \\ 0 & 0 & A_{3\text{控}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} l_{1\text{控}} \\ l_{12} \\ l_{1\text{控}} \\ l_{23} \\ l_{1\text{控}} \end{bmatrix}$$

误差方程数



16
8
14
8
16

观测值数 62

必要观测数 45/33

多余观测数 17/29

六、航带法区域网平差

法方程

$\begin{bmatrix} \mathbf{A}_{1控}^T \mathbf{A}_{1控} + \\ \frac{1}{2} \mathbf{A}_{1下}^T \mathbf{A}_{1下} \\ \\ \\ \\ \\ 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -\frac{1}{2} \mathbf{A}_{1下}^T \mathbf{A}_{2上} \\ \\ \mathbf{A}_{2控}^T \mathbf{A}_{2控} + \\ \frac{1}{2} \mathbf{A}_{2上}^T \mathbf{A}_{2上} + \\ \frac{1}{2} \mathbf{A}_{2下}^T \mathbf{A}_{2下} \\ \\ -\frac{1}{2} \mathbf{A}_{3上}^T \mathbf{A}_{2下} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 \\ \\ -\frac{1}{2} \mathbf{A}_{2下}^T \mathbf{A}_{3上} \\ \\ \mathbf{A}_{3控}^T \mathbf{A}_{3控} + \\ \frac{1}{2} \mathbf{A}_{3上}^T \mathbf{A}_{3上} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} \mathbf{a}_1 \\ \mathbf{a}_2 \\ \mathbf{a}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{A}_{1控}^T \mathbf{l}_{1控} + \frac{1}{2} \mathbf{A}_{1下}^T \mathbf{l}_{12} \\ \mathbf{A}_{2控}^T \mathbf{l}_{2控} - \frac{1}{2} \mathbf{A}_{2上}^T \mathbf{l}_{12} + \frac{1}{2} \mathbf{A}_{2下}^T \mathbf{l}_{23} \\ \mathbf{A}_{3控}^T \mathbf{l}_{3控} - \frac{1}{2} \mathbf{A}_{2上}^T \mathbf{l}_{23} \end{bmatrix}$
---	---	---	--

航带间连接点的互法化阵，系数为 $-1/k$

航带中参与平差点自身法化阵之和，控制点系数为1，连接点系数为 $1/k$

六、航带法区域网平差

法方程

$$\begin{bmatrix} N_{11} & N_{12} & 0 \\ N_{21} & N_{22} & N_{23} \\ 0 & N_{32} & N_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_1 \\ L_2 \\ L_3 \end{bmatrix}$$

消元通式：

$$\begin{aligned} N'_{i+1,i+1} &= N_{i+1,i+1} - N_{i,i+1}^T N_{i,i}^{-1} N_{i,i+1} \\ L'_{i+1} &= L_{i+1} - N_{i,i+1}^T N_{i,i}^{-1} L'_i \\ (i &= 1, 2, \dots, n-1) \end{aligned}$$

法方程的消元

$$\begin{bmatrix} N_{11} & N_{12} & 0 \\ 0 & N'_{22} & N_{23} \\ 0 & 0 & N'_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_1 \\ L'_2 \\ L'_3 \end{bmatrix}$$

$$L'_2 = L_2 - N_{12}^T N_{11}^{-1} L_1$$

$$L'_3 = L_3 - N_{23}^T N'_{22}^{-1} L'_2$$

$$N'_{22} = N_{22} - N_{12}^T N_{11}^{-1} N_{12}$$

$$N'_{33} = N_{33} - N_{23}^T N'_{22}^{-1} N_{23}$$

六、航带法区域网平差

法方程的解

$$\mathbf{a}_3 = \mathbf{N}'_{33}{}^{-1} \mathbf{L}'_3$$

$$\mathbf{a}_2 = \mathbf{N}'_{22}{}^{-1} (\mathbf{L}'_2 - \mathbf{N}_{23} \mathbf{a}_3)$$

$$\mathbf{a}_1 = \mathbf{N}_{11}^{-1} (\mathbf{L}_{12} - \mathbf{N}_{12} \mathbf{a}_2)$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{N}_{11} & \mathbf{N}_{12} & 0 \\ 0 & \mathbf{N}'_{22} & \mathbf{N}_{23} \\ 0 & 0 & \mathbf{N}'_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{a}_1 \\ \mathbf{a}_2 \\ \mathbf{a}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{L}_1 \\ \mathbf{L}'_2 \\ \mathbf{L}'_3 \end{bmatrix}$$

回代通式：

$$\mathbf{a}_n = \mathbf{N}'_{nn}{}^{-1} \mathbf{L}'_n$$

$$\mathbf{a}_i = \mathbf{N}'_{ii}{}^{-1} (\mathbf{L}'_i - \mathbf{N}_{i,i+1} \mathbf{a}_{i+1})$$

$$(i = n-1, \dots, 2, 1)$$

六、航带法区域网平差

待定点地面坐标计算

$$X_{tp_i} = X_{tpg_i} + \bar{X}_i + \Delta X_i = X_{tpg_i} + \bar{X}_i + (A_0 + A_1\bar{X} + A_2\bar{Y} + A_3\bar{X}^2 + A_4\bar{X}\bar{Y})_i$$

$$Y_{tp_i} = Y_{tpg_i} + \bar{Y}_i + \Delta Y_i = Y_{tpg_i} + \bar{Y}_i + (B_0 + B_1\bar{X} + B_2\bar{Y} + B_3\bar{X}^2 + B_4\bar{X}\bar{Y})_i$$

$$Z_{tp_i} = Z_{tpg_i} + \bar{Z}_i + \Delta Z_i = Z_{tpg_i} + \bar{Z}_i + (C_0 + C_1\bar{X} + C_2\bar{Y} + C_3\bar{X}^2 + C_4\bar{X}\bar{Y})_i$$

将上述坐标反变换到地面坐标

$$\begin{bmatrix} \Delta X_t \\ \Delta Y_t \end{bmatrix} = \frac{1}{\lambda^2} \begin{bmatrix} b & a \\ a & -b \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta X_{tp} \\ \Delta Y_{tp} \end{bmatrix}$$

$$Z_t = \frac{1}{\lambda} Z_{tp}$$

DGPS/IMU 辅助光束法平差系统 WuCAPS

(Wuhan Combined Bundle Adjustment for DGPS/IMU data and photogrammetric observations)

- 用于摄影测量与遥感高精度点位测定软件包
- 以共线条件方程为出发点，容当代的基于统计理论的误差随机模型和理论上最为严密的自检校光束法区域网平差函数模型于一体，发展了自己的一整套算法并予以实现
- 自1985年开始研制，至今已完成了MS-DOS和Windows 两个版本
- 目前，该系统正在测绘生产单位、科研部门和学校教学实践中广泛使用

WuCAPS界面

DGPS/IMU 辅助光束法区域网平差系统

影像量测 数据编辑 区域平差 质量分析 略图显示 分区接边 系统帮助



WuCAPS

POS辅助光束法区域网平差系统
POS-supported Bundle Block Adjustment System

4.0



武汉大学
Wuhan University

©1985~2005 版权所有

WuCAPS 功能模块

DGPS/IMU 辅助光束法区域网平差系统

WuCAPS

影像量测

影像量测
退出系统

数据文件管理

摄影机信息文件
像点坐标观测值文件
控制点信息文件
定向点名文件
非摄影测量信息文件
其它 ASCII 码文件

联合光束法区域网平差

设置测区基本参数
给定观测值先验权
像片解析内定向
构建自由航线网
航带法区域网平差
联合平差数据准备
联合光束法平差
显示平差结果

成果质量分析

设置基本参数
最小二乘配置后处理
评定未知数精度
估计观测值可靠性
单模型恢复
显示计算结果

图形显示

像片覆盖
点位分布
控制点平面残差图
控制点高程残差图

区域接边

设置基本参数
寻找分区同名点
设定分区接边点
加密分区自动接边
生成平差结果文件
显示计算结果

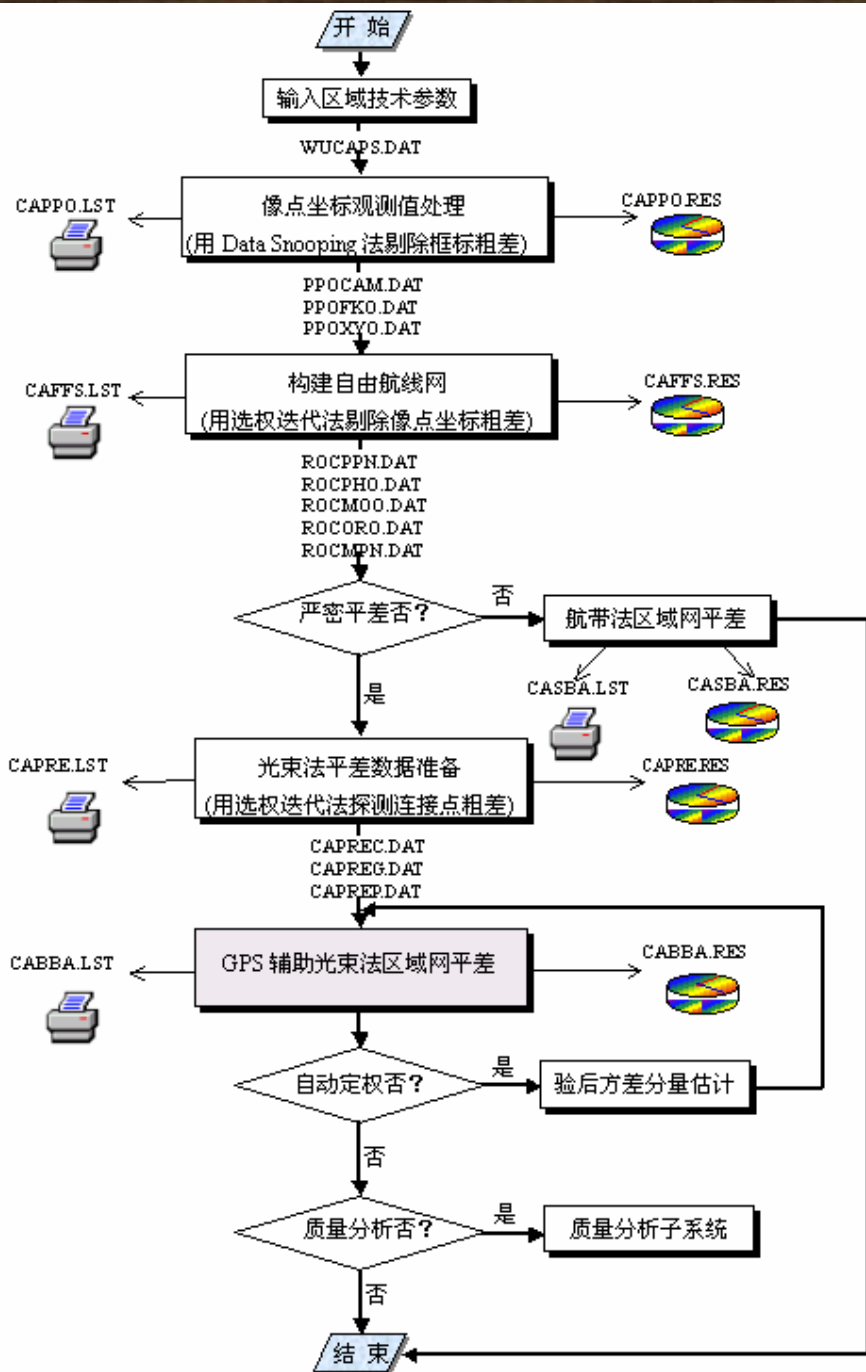
系统帮助

观测值文件格式
系统使用手册
系统版本信息

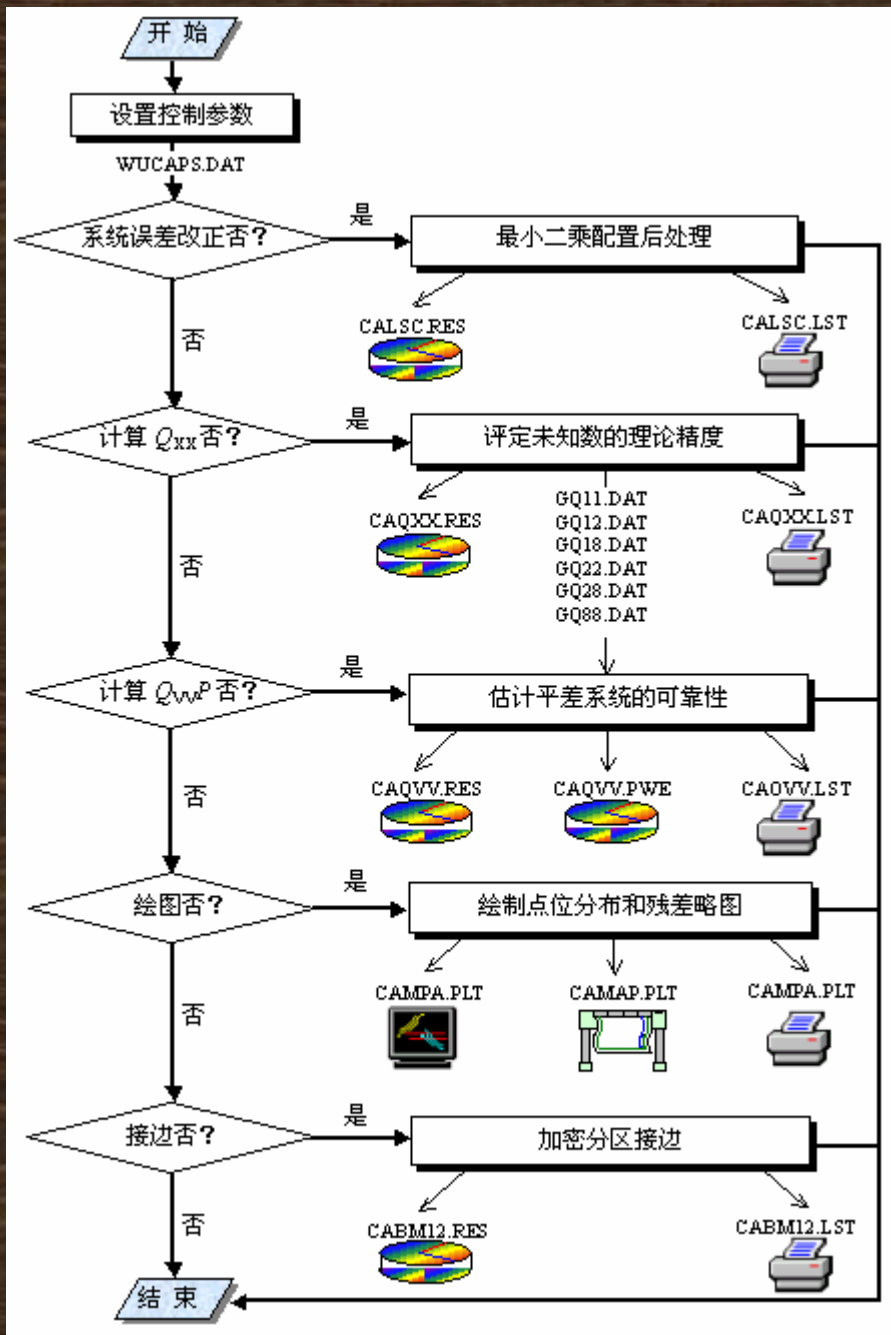
WuCAPS 主要功能

- ❖ 可用于航带法区域网平差
- ❖ 可用于带可选附加参数的自检校光束法区域网平差
- ❖ 可进行地面测量数据与摄影测量观测值的联合平差
- ❖ GPS辅助光束法区域网平差
- ❖ POS辅助光束法区域网平差
- ❖ 可自动剔除观测值的粗差
- ❖ 可补偿观测值的系统误差
- ❖ 可评价各种未知数的理论精度
- ❖ 可估计各类观测值的验后方差
- ❖ 可绘制测区像片覆盖图
- ❖ 可绘制测区点位分布图和已知点残差图
- ❖ 可实现加密分区的半自动接边

WuCAPS 平差主系统框图



WuCAPS 质量分析子系统框图



航带法区域网平差实例



区域网基本参数

项目	参数
航摄飞机	运-12
航摄仪	Leica RC-30
航摄胶片	Kodak 2444
航摄仪主距	153.84 mm
摄影比例尺	1:2500
航向重叠	61%
旁向重叠	32%
航线	9条
构架航线	2条
像片	255张
地面控制点	72个
加密点	3632个
区域范围	4km × 5km

平差计算实例

- ❖ 解析内定向
- ❖ 解析相对定向
- ❖ 单航带空中三角测量
- ❖ 自由航带网概略绝对定向
- ❖ 航带法区域网平差

WuCAPS

本讲参考资料

教材

作业：

PP.75，第9、10题

张剑清，潘励，王树根 编著，《摄影测量学》，武汉大学出版社

参 考 书

李德仁，郑肇葆 编著，《解析摄影测量学》，测绘出版社