



信阳师范学院  
Xinyang Normal University

地理科学学院  
School of Geographic Science

# 数字摄影测量学

## 课程总结

林昊

信阳师范学院 地理科学学院

2017年6月12日

一 绪论

二 影像获取

三 摄影测量基础知识

四 双像立体测图基础与立体测图

五 摄影测量解析基础

六 解析空中三角测量

七 数字高程模型及其应用

八 全数字摄影测量基础

九 像片纠正与正射影像图

十 摄影测量外业工作

## 1、定义：

是对非接触传感器系统获得的影像及其数字表达进行记录、量测和解译，从而获得自然物体和环境的可靠信息的一门工艺、科学和技术

## 2、分类：

按照距离远近：航天、航空、地面、近景、显微摄影测量

按照用途：地形、非地形摄影测量

## 3、发展阶段：

模拟摄影测量 (1851-1970)

解析摄影测量 (1950-1980)

数字摄影测量 (1970-)

### 1、方式：

航空摄影测量：

量测摄像机：框幅式光学航摄仪RC30、数字航摄仪（面阵列DMC、线阵列ADS）

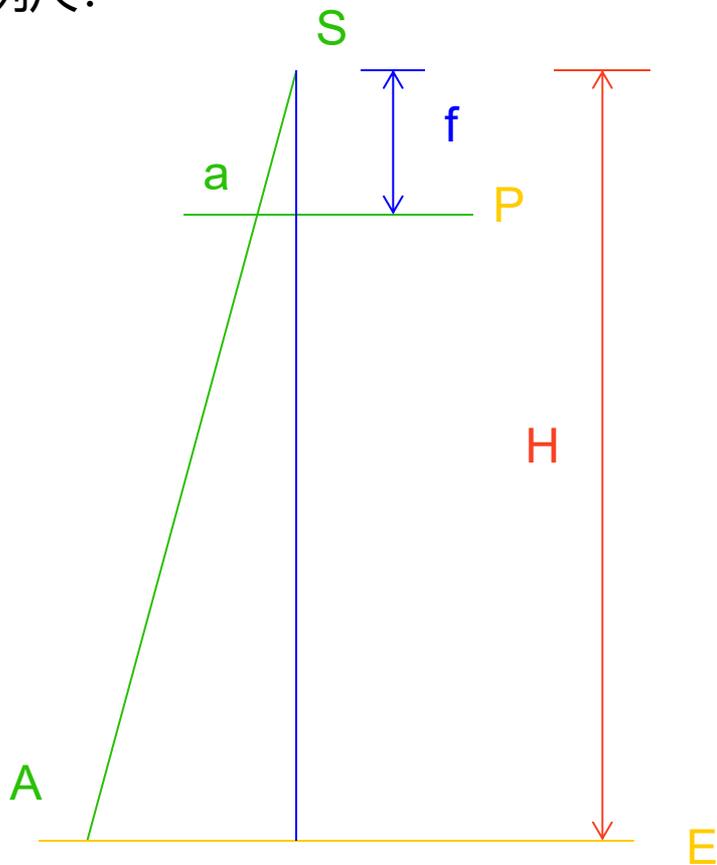
非量测摄像机

遥感影像：

### 2、原理：

小孔成像（中心投影）：主距

#### 1、摄影比例尺:



$$\frac{1}{m} = \frac{l}{L} = \frac{f}{H}$$

$f$ 为摄影机主距， $H$ 为航高

# 测图比例尺

比例尺类型	航摄比例尺	测图比例尺	数字摄影cm
大比例尺	1:2000 ~ 1:3000	1:500	4-7
	1:4000 ~ 1:6000	1:1000	7-14
	1:8000 ~ 1:12000	1:2000, 1:5000	14-28
中比例尺	1:15000~1:20000	1:5000	20-40
	1:10000~1:35000	1:10000	40-80
小比例尺	1:20000~1:30000	1:25000	50-120
	1:35000~1:55000	1:50000	70-160

## 2、摄影像片要求：

色调一致

像片在拍摄瞬间平行于被摄物体

相邻相片有足够的重叠度

航线弯曲较小

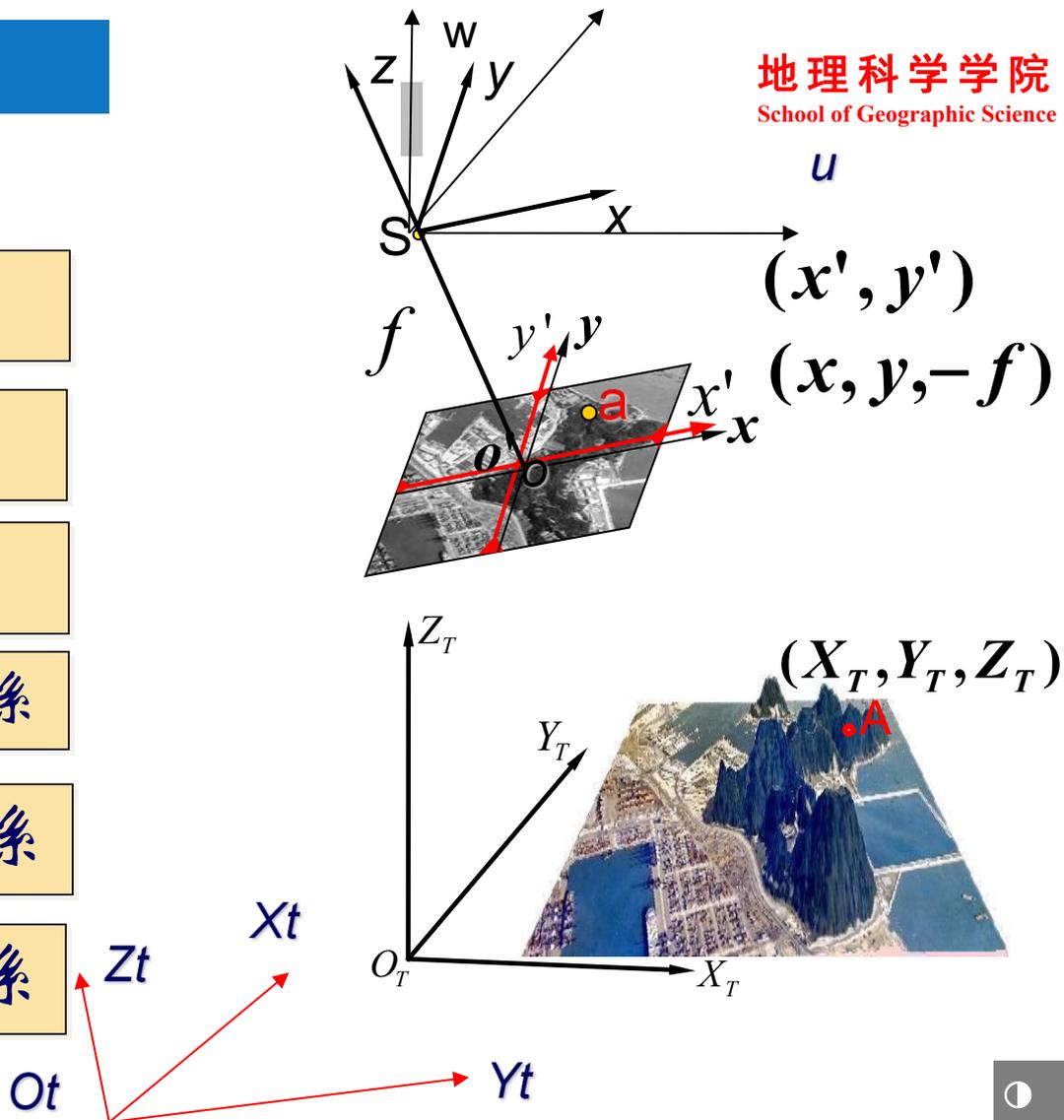
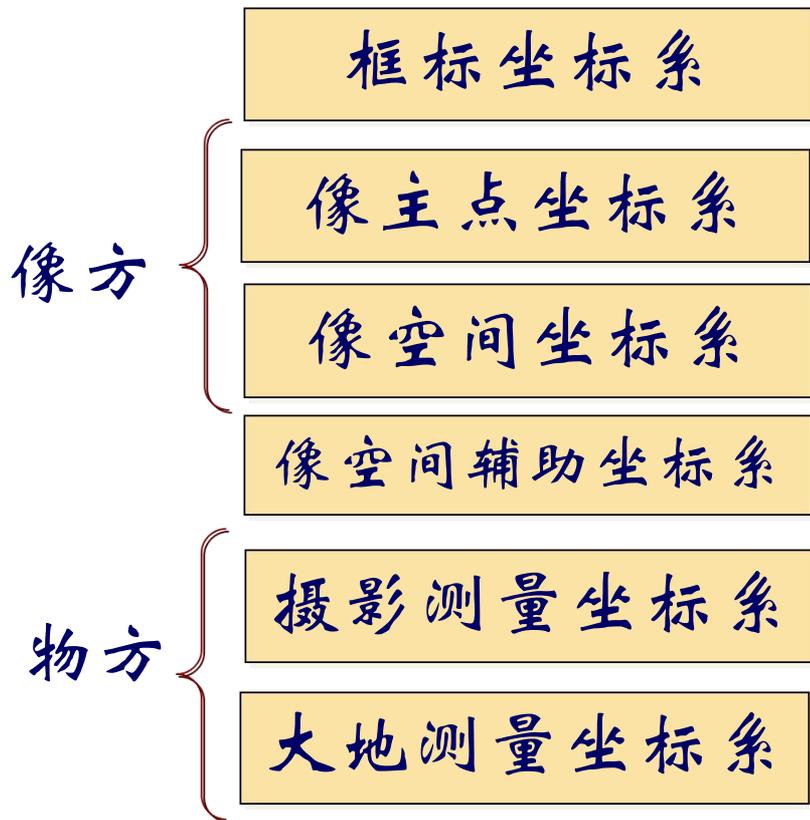
航高差较小

航片旋角



### 三 摄影测量基础知识

#### 4、摄影测量中常用坐标系：



#### 5、航摄像片的内、外方位元素：

内方位元素：f、 $x_0$ 、 $y_0$

外方位元素： $X_S$   $Y_S$   $Z_S$   
 $\varphi$   $\omega$   $\kappa$

转角系统：以V为主轴的 $\varphi$ 、 $\omega$ 、 $\kappa$ 系统

以U轴为主轴的 $\omega'$ 、 $\varphi'$ 、 $\kappa'$ 系统

以W轴为主轴的 $A\alpha\kappa_V$ 系统

## 6、中心构想方程

共线条件方程:

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

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

用地面点坐标表示像点坐标的共线条件方程

$$\begin{cases} X - X_s = (Z - Z_s) \frac{a_1x + a_2y - a_3f}{c_1x + c_2y - c_3f} \\ Y - Y_s = (Z - Z_s) \frac{b_1x + b_2y - b_3f}{c_1x + c_2y - c_3f} \end{cases}$$

用像点坐标表示地面点坐标的共线条件方程

### 1、定义

**双像立体测图**是指利用一个立体像对（即在两摄站点对同一地面景物摄取有一定影像重叠的两张像片）重建地面立体几何模型，并对该几何模型进行量测，直接给出符合规定比例尺的地形图，获取地理基础信息。

使用一个立体像对构建地面立体模型的方法称为**立体摄影测量**。

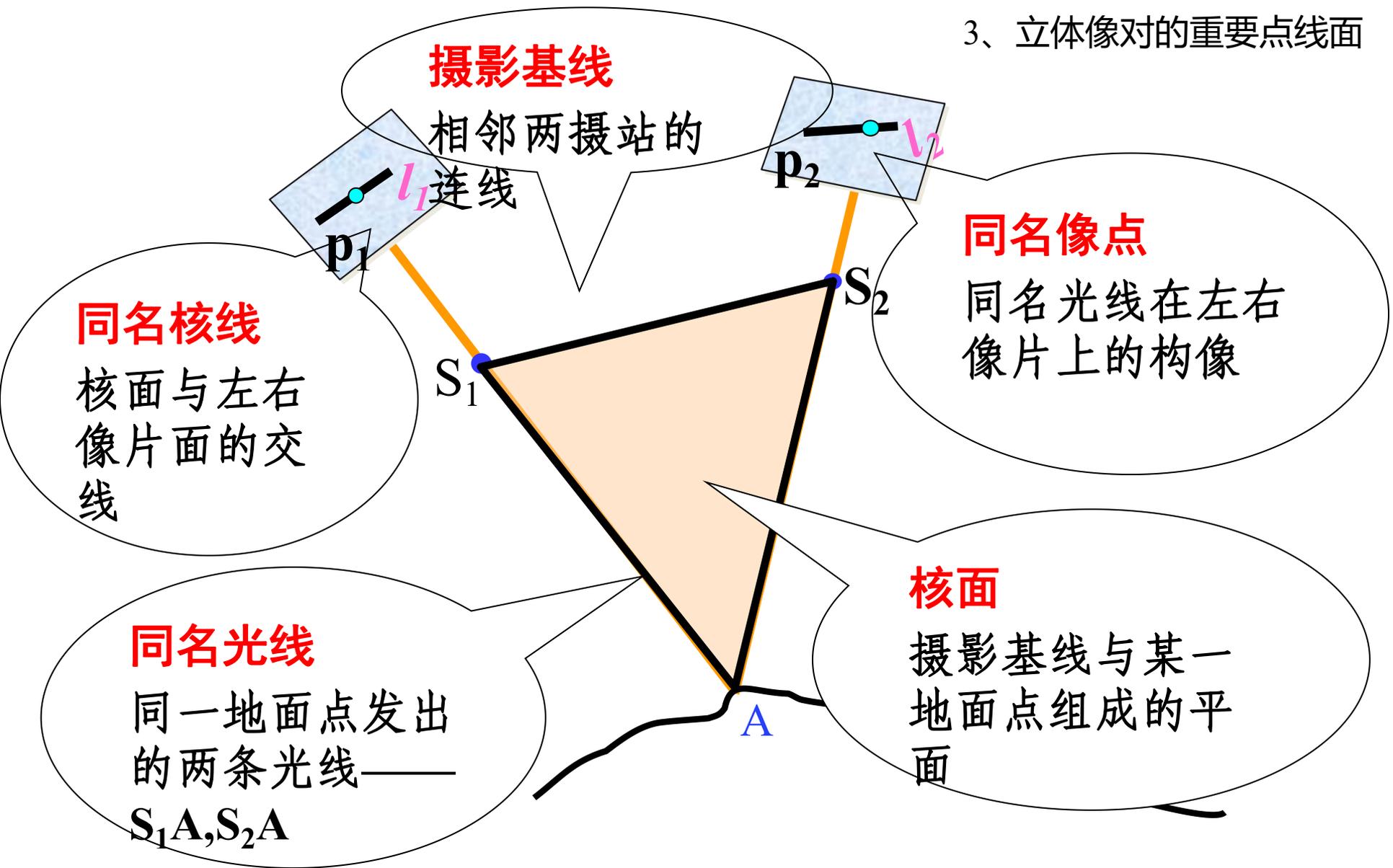
### 2、人造立体视觉

**分像条件：**两像片上相同景物（同名像点）的连线与眼基线应大致平行

两像片的比例尺应相近（差别 $<15\%$ ）

**方法：**立体镜观察、叠影影像立体观察（互补色法、光闸法、偏振光法、液晶闪闭法）

### 3、立体像对的重要点线面



### 4、方法

模拟法立体测图

解析法立体测图

影像数字化立体测图

无论采用哪一种测图方法，都要经过内定向、相对定向、绝对定向及测图等过程。

完成相对定向的唯一标准是像片上同名像点的投影光线对对相交

### 4、方法

#### 模拟法立体测图

模拟法测图通过模拟测图仪上的机械装置的运动来实现。

#### 解析法立体测图

单像空间后方交会+双像空间前方交会

解析相对定向+解析绝对定向

光线束法空中三角测量

#### 影像数字化立体测图

无论采用哪一种测图方法，都要经过内定向、相对定向、绝对定向及测图等过程。

完成相对定向的唯一标准是像片上同名像点的投影光线对对相交



### 1、像点坐标量测

### 2、单像空间后方交会

利用航片上三个以上的像点坐标及对应的地面控制点坐标，根据共线条件方程式，解求像片外方位元素的过程。

### 3、立体像对的前方交会

由立体像对中两张像片的内、外方位元素和像点坐标确定相应地面点的地面坐标的方法。

### 4、立体像对的解析法相对定向 (5个相对定向元素)

目的：恢复两张像片的相对位置和姿态，使同名光线对对相交

方法：1连续像对相对定向元素：以左片为基准，右片相对于左片的相对方位元素

2单独像对相对定向元素

数学基础：共面条件方程

$$\overrightarrow{S_1 S_2} \cdot (\overrightarrow{S_1 a_1} \times \overrightarrow{S_2 a_2}) = 0$$

### 5、解析法绝对定向 (7个绝对定向元素)

相对定向后得到模型点在像空间辅助坐标系中的坐标 (U,V,W)  $\longrightarrow$  地面摄影  
测量坐标(X,Y,Z) (两空间坐标系的变换, 也称相似变换)

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \lambda \begin{bmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U \\ V \\ W \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_s \\ Y_s \\ Z_s \end{bmatrix}$$

## 6、双像解析的光束法严密解

用已知的少数控制点以及待求的地面点，在立体像对内同时解求两像片的外方位元素和待定点的坐标，俗称一步定向法。

数学基础：

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

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

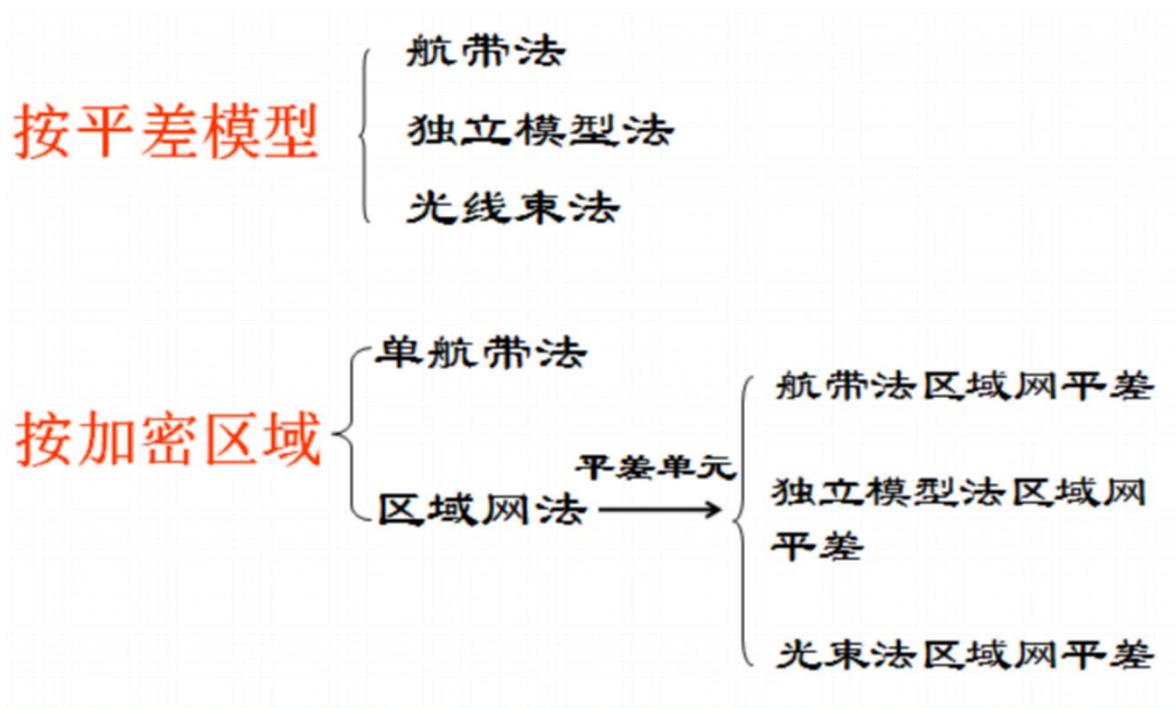
$$x = (x) + \frac{\partial x}{\partial X_s} dX_s + \frac{\partial x}{\partial Y_s} dY_s + \frac{\partial x}{\partial Z_s} dZ_s + \frac{\partial x}{\partial \varphi} d\varphi + \frac{\partial x}{\partial \omega} d\omega + \frac{\partial x}{\partial \kappa} d\kappa + \frac{\partial x}{\partial X} dX + \frac{\partial x}{\partial Y} dY + \frac{\partial x}{\partial Z} dZ$$

$$y = (y) + \frac{\partial y}{\partial X_s} dX_s + \frac{\partial y}{\partial Y_s} dY_s + \frac{\partial y}{\partial Z_s} dZ_s + \frac{\partial y}{\partial \varphi} d\varphi + \frac{\partial y}{\partial \omega} d\omega + \frac{\partial y}{\partial \kappa} d\kappa + \frac{\partial y}{\partial X} dX + \frac{\partial y}{\partial Y} dY + \frac{\partial y}{\partial Z} dZ$$

## 1、定义

空中三角测量是立体摄影测量中，根据少量的野外控制点，在室内进行控制点加密，求得加密点的高程和平面位置的测量方法。

## 2、方法：



### 3、像点坐标量测误差

物镜畸变、底片变形、大气折光、地球曲率

### 4、航带网法空中三角测量

**思路：**航带法空中三角测量研究的对象是一条航带的模型，把一条航带内的每个像对经连续像对相对定向构成一条航带模型，然后，根据航带内地面控制点进行航带模型绝对定向，并改正航带模型的非线性变形，从而获得各加密点的地面坐标。

**方法：**像点坐标量测，并进行系统误差改正。

连续法相对定向建立单个模型，计算模型点坐标。

模型连接，建立统一的航带模型，计算模型点在统一航带网中的坐标。

航带模型的绝对定向。

航带模型的非线性改正。



### 5、独立模型法区域网空中三角测量

**思路：**独立模型法空中三角测量是把单元模型视为刚体，利用各单元模型间的公共点彼此连接成一个区域。在连接过程中，每个单元模型只做旋转、缩放和平移。在变换中要使模型间公共点的坐标尽可能一致，控制点的摄测坐标与其地面坐标尽可能一致，同时观测值的改正数的平方和最小，然后按照最小二乘法原理求得待定点的地面摄测坐标。

### 6、光束法区域网空中三角测量

**思路：** 以一个摄影光束（即一张像片）作为平差计算基本单元，以共线方程作为平差的基础方程，通过各个光束在空间的旋转和平移，使模型之间公共点的光线实现最佳的交会，并使整个区域纳入到已知的控制点坐标系统中去，在影像公共点坐标应相等，控制点加密坐标应与地面摄测坐标一致的情况下，保持误差平方和最小的情况下，解求得各像片的外方位元素和加密点的地面坐标

**数学基础：**

$$\begin{cases} x - x_0 = -f \frac{a_1(X - X_S) + b_1(Y - Y_S) + c_1(Z - Z_S)}{a_3(X - X_S) + b_3(Y - Y_S) + c_3(Z - Z_S)} \\ y - y_0 = -f \frac{a_2(X - X_S) + b_2(Y - Y_S) + c_2(Z - Z_S)}{a_3(X - X_S) + b_3(Y - Y_S) + c_3(Z - Z_S)} \end{cases}$$

# 总结：三种平差方法比较

平差方法 比较项目	航带法	独立模型法	光束法
平差单元	航带	单元模型	单张像片（光束）
观测值	各点概略地摄坐标	模型坐标	像点坐标
未知数	各航带非线性变形改正系数	各模型空间相似变换参数及加密点坐标	各像片外方位元素及加密点坐标
平差数学模型	多项式	空间相似变换公式	共线方程
原理	近似	严密	最严密
精度	低	高	最高
应用	小比例尺低精度加密	测图加密	低级大地测量三角网及高精度数字地籍测量测量地界点

7、GPS辅助空中三角测量

8、POS辅助空中三角测量



### 1、数字高程模型数据内插方法

移动曲面拟合法

线性内插

双线性多项式内插

多面函数法内插

分块双三次多项式

### 2、数字高程模型的数据存储

压缩编码

差分映射（差分游程法、小模块差分法）

### 1、定义

数字摄影测量是基于数字影像与摄影测量的基本原理，应用计算机技术、数字影像处理、影像匹配、模式识别等多学科的理论与方法，提取所摄对象用数字方式表达的几何与物理信息的摄影测量学的分支学科。

### 2、影像获取

航摄仪

遥感

数字化仪

### 3、预处理

量化

重采样

### 4、影像匹配

方法：基于灰度的影像相关

基于特征的影像相关

基于核线的影像匹配

### 5、基于灰度的影像相关

相关函数测度

协方差函数测度

相关系数

差平方和测度

最小二乘测度

测度测度问题

### 6、基于特征的影像相关

特征：点、线、面

### 7、基于核线的影像匹配

基于共面条件的同名核线几何关系

基于数字影像的几何纠正

核线重排列