

- 1.北京—54 坐标系，  
1980 国家大地坐标系
- 2.高斯平面直角坐标——  
自然坐标、通用坐标、分带、中央子午线、坐标转换
- 3.1956 黄海高程基准  
1985 国家高程基准
- 4.水准测量和角度测量、控制测量和测图（测坐标）
  1. 比例尺精度
  2. 地物符号和地貌符号
  3. 等高线分类
  4. 山脊线，基本等高线，山谷线、鞍部等
  5. 分幅与编号
- 6.地形图图外注记 如图号、图名、接图表、图廓、坐标格网、三北方向线等。

#### 地形图的应用

1. A B 两点高差、高程
2. 量 P 点坐标
- 3.断面图、野外定向并确定站立点土石方计算

#### 地图学部分

##### 3 种投影

#### 地理图

##### 专题地图有十种表示方法

- A 符号法 B 区域法（范围法）  
C 质底法 D 点值法 E 分区统计法  
F 分级比值法 G 等值法  
H 定位图表法（定位统计图表法）  
I 动线法  
K 剖面图法

### 一、基本概念：

（地球形状和大小、铅垂线、水准面、大地水准面、绝对高程、相对高程、参考椭球等）

### 二、各种坐标系、确定地面点位的方法

### 三、测量工作的基本原则和测图原理。

### 一、基本概念：

测量工作的主要研究对象是地球的自然表面：海洋面积约占 71%，陆地面积约占 29%。

测量中把地球形状看作是由静止的海水面向陆地延伸并围绕整个地球所形成的某种形状。

重力的作用线又称为铅垂线。铅垂线是测量外业所依据的基准线。

处于自由静止状态的水面称为水准面。

#### 特点

1) 水准面上各点处处与该点的铅垂线方向垂直。

2) 通过任何高度的点都有一个水准面，因而水准面有无数个。

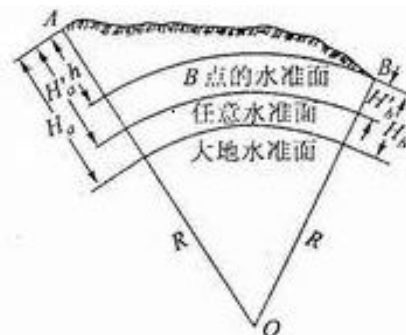
在测量工作中，把一个假想的、与静止的海水面重合并向陆地延伸且包围整个地球的特定重力等位面称为大地水准面。也叫平均海面。

高程：地面点至高程基准面的铅垂距离。通常是以大地水准面作为高程基准面。

绝对高程：某点沿铅垂线方向到大地水准面的距离，称为该点的绝对高程或海拔，简称高程，用  $H$  表示。

相对高程：某点沿铅垂线方向到任一水准面的距离。

高差：两点高程之差。



#### 参考椭球体

代表地球形状和大小的旋转椭球，称为“地球椭球”。

与大地水准面最接近的地球椭球称为总地球椭球；

与某个区域如一个国家大地水准面最为密合的椭球称为参考椭球，其椭球面称为参考椭球面。

由此可见，参考椭球有许多个，而总地球椭球只有一个。

旋转椭球面可以用数学公式准确地表达。因此，在测量工作中用这样一个规则的曲面代替大地水准面作为测量计算的基准面。

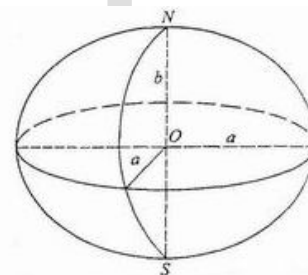
在几何大地测量中，椭球的形状和大小通常用长半轴  $a$ 、短半轴  $b$  和扁率  $f$  来表示。  $f = \frac{a-b}{a}$

我国 1980 年国家大地坐标系采用了 1975 年国际椭球，

该椭球的基本元素是： $a = 6\,378\,140\text{m}$ ， $b = 6\,356\,755.3\text{m}$ ， $f = 1/298.257$ 。

由于参考椭球体的扁率很小，当测区面积不大时，在普通测量中可把地球近似地看作圆球体，

其半径为： $R = \frac{1}{3}(a + a + b) \approx 6371\text{km}$

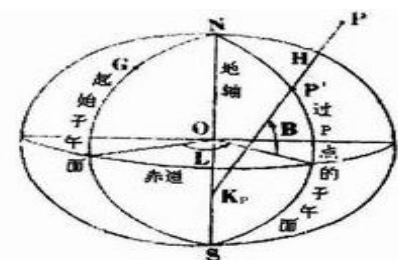


### 二、各种坐标系、确定地面点位的方法

#### 1、大地坐标系（大地经度 $L$ 大地纬度 $B$ ）

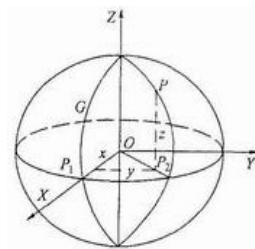
大地坐标系是以参考椭球面作为基准面，以起始子午面和赤道面作为在椭球面上确定某一点投影位置的两个参考面。

大地高  $P$  点沿椭球面法线到椭球面的距离  $H$ ，称为大地高，从椭球面起算，向外为正，向内为负。



## 2、空间直角坐标系

以椭球体中心  $O$  为原点；起始子午面与赤道面交线为  $X$  轴；赤道面上与  $X$  轴正交的方向为  $Y$  轴；椭球体的旋转轴为  $Z$  轴；构成右手直角坐标系  $O$ -XYZ。在该坐标系中， $P$  点的位置用  $x, y, z$  表示。



## 3、WGS-84 坐标系

是全球定位系统（GPS）采用的坐标系，属地心空间直角坐标系，采用 1979 年国际大地测量与地球物理联合会第 17 届大会推荐的椭球参数，原点位于地球质心。

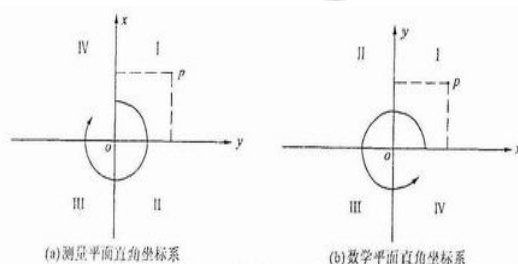
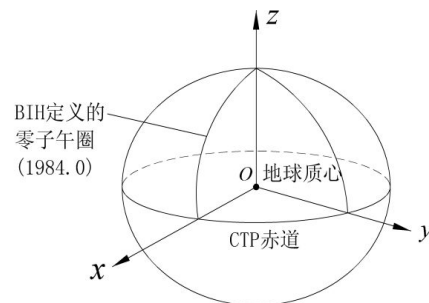
## 4、平面直角坐标系

测绘工作中所用的平面直角坐标系与解析几何中所用的平面直角坐标系有所不同，测量平面直角坐标系以纵轴为  $X$  轴，表示南北方向，向北为正；横轴为  $Y$  轴，表示东西方向，向东为正；象限顺序依顺时针方向排列。

当测区范围较小时（如小于  $100\text{km}^2$ ），常把球面看作平面，建立独立平面直角坐标系，这样地面点在投影面上的位置就可以用平面直角坐标来确定。建立独立坐标系时，坐标原点有时是假设的，假设的原点位置应使测区内各点的  $x, y$  值为正。

（1）高斯平面直角坐标系

（2）各城市独立平面直角坐标系



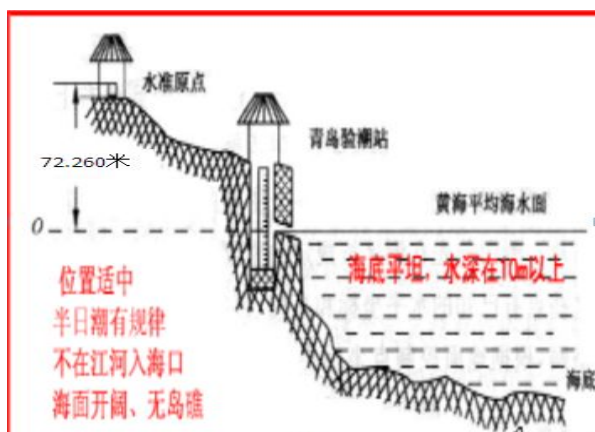
## 高程系统

### 1、水准原点

### 2、高程系统： 1956 年黄海高程系和 1985 国家高程基准

用作国家高程控制网起算的水准测量基准点。其高程由选定的验潮站根据验潮资料确定的多年平均海面作为基准面，经精密水准测量而获得。根据 1956 年黄海高程系和 1985 国家高程基准确定。中国的水准原点在青岛市观象山，由 1 个原点 5 个附点构成水准原点网。在“1985 国家高程基准”中水准原点的高程为 72.2604 米。这是国家根据 1952—1979 年的青岛验潮观测值，组合了 10 个 19 年的验潮观测值，求得黄海海水的平均高度，为零点的起算高程，是国家高程控制的起算点。

名词解释：用精密水准测量联测到陆地上预先设置好的一个固定点，定出这个点的高程作为全国水准测量的起算高程，这个固定点称为水准原点。



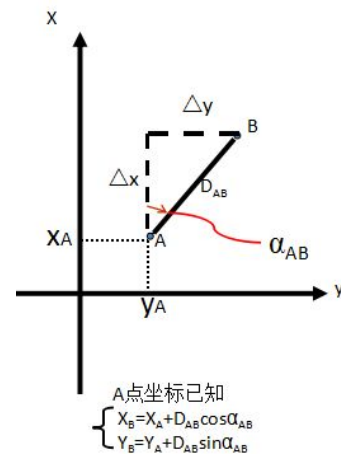
- 在观象台的验潮站，室内有一直径1米，深10米的验潮井，有三个直径分别为60厘米的进水管与大海相通。所用仪器初为德国制造的浮筒式潮汐自记仪，观测记录始于1900年。抗日战争期间遭到破坏。1947年更新验潮仪恢复工作。建国后重新整修建筑更新设备，现用仪器为HCJ1型（又称瓦尔代）水位计，美国进口SUTRON9000自动水位计以及国家海洋局技术研究所生产的SCA6-1型声学水位计。每天观测三次，时间分别为：7:45~8:00，13:45~14:00，19:45~20:00，长年观测，从不间断。
- 采用此验潮站1949~1956年观测资料求得的黄海平均海面作为全国统一高程基准面，统称为“1956年黄海高程系统”，其水准原点高程为72.289m。
- 采用此验潮站1952~1979年观测资料进行归算的黄海平均海面作为全国统一高程基准面，统称为“1985国家高程基准”，其水准原点高程为72.260m。

## 地面点位坐标的测定原理

如图所示，为了求得 B 点的坐标，必须进行以下几项测量工作，也叫基本测量：

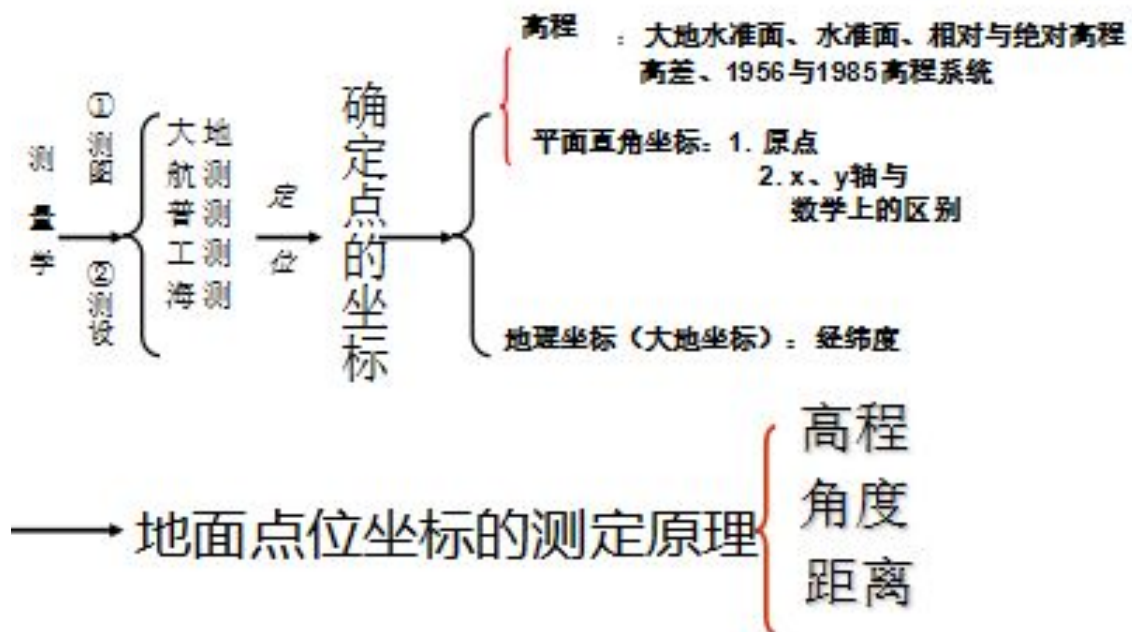
- 1、高程 测量
- 2、角度测量
- 3、距离测量

从而由 A 点算出 B 点的坐标。大家还要注意到一定要有已知点 A 的坐标。



测量工作的程序是先整体，后局部，高精度控制低精度。先控制，后碎部。这一程序，也称为测量工作的基本原则。

## 小结



## 第二章 水准测量

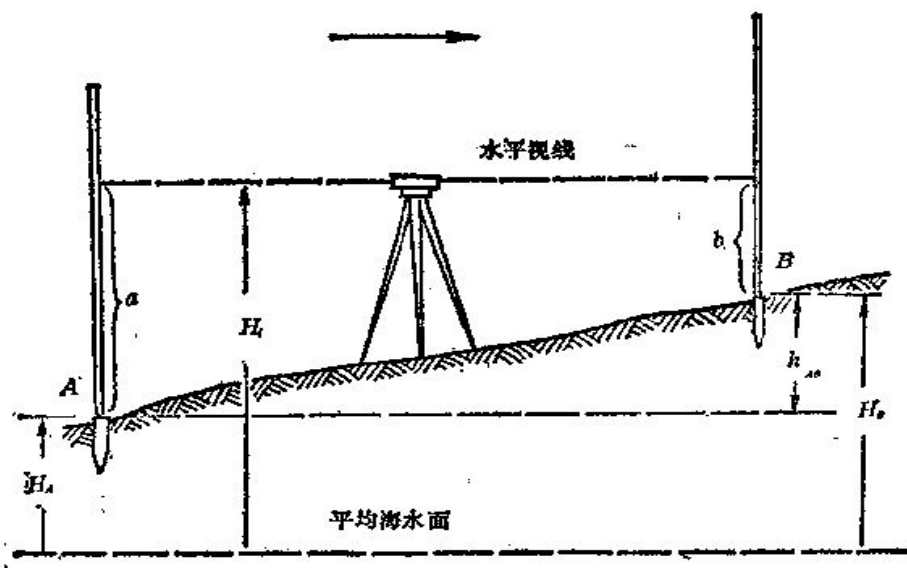
- 1.水准测量原理
- 2.水准仪及其他工具
- 3.如何测量？
- 4.成果处理

## 1.原理

进行水准测量时总是将水准仪安置在离两个立尺点大致等距离的地方 M，即  $S_a \approx S_b$ ，这种水准测量的方法又称为中间法水准测量。

$$h_{AB} = a - b = \text{后视读数} - \text{前视读数}$$

$$H_B = H_A + (a - b)$$



## 2、水准仪及其使用

- 1、水准仪：望远镜、水准器、基座
- 2、水准尺：估读到 mm，从小往大读/塔尺
- 3、尺垫

### 望远镜的使用

首先将望远镜对向明亮的背景，例如对向白色的墙面，转动目镜进行调焦，使十字丝的分划线能看得十分清楚。然后再瞄准目标用物镜调焦螺旋使目标亦能看得十分清楚。为了寻找目标比较方便，一般在望远镜筒的外面装有瞄准器(准星和照门)，可以先用瞄准器将望远镜对准目标之后再使用物镜调焦螺旋。

### 读数

## 测量方法及成果整理

### 一、水准点

水准测量一般从已知高程的水准点出发，测出待定水准点的高程。

水准点有临时性和永久性两种。

### 2、待定点高程的测量和计算检核

#### 2.3.2 水准路线测量的成果检核

#### 一、水准路线

- 1、附和路线
- 2、闭合路线
- 3、支路线

#### 二、水准测量的内业计算

- (一) 闭合差的容许值
- (二) 闭合差的计算
- (三) 高差闭合差的分配和高程的计算

在野外作业前，水准仪应进行  $i$  角误差的检验和校正。

如《公路勘测规范要求》 $i$  角不得大于  $20''$ 。

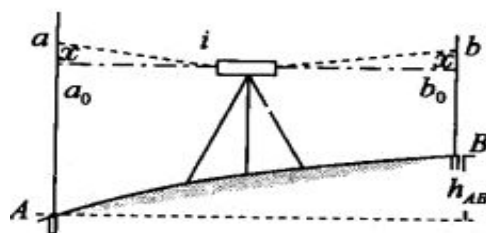


图 4-10  $i$  角误差

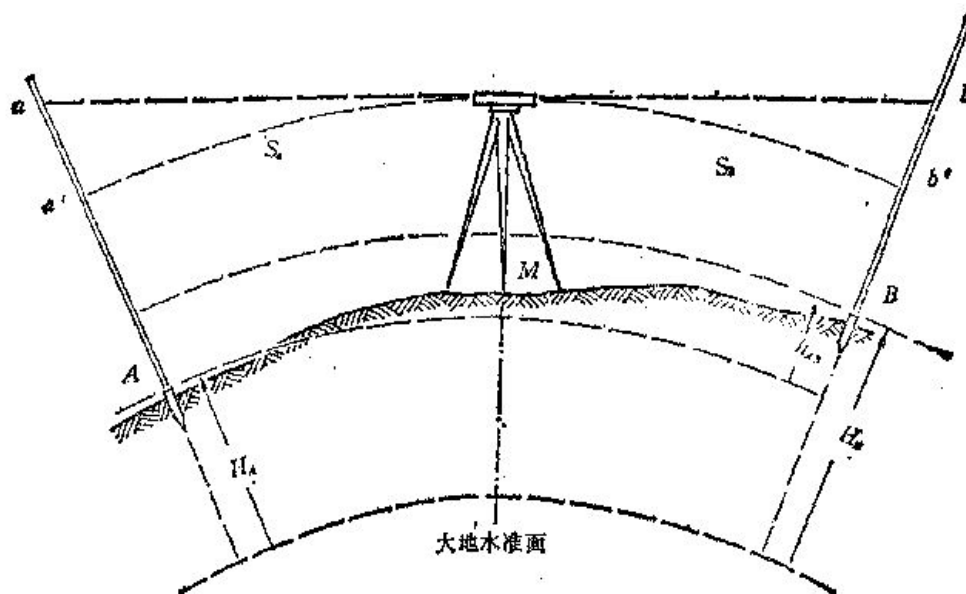


图 2-2 水准面曲率对水准测量的影响

#### 第 4 章 角度测量

重点：

- 一、水平角的概念
- 二、经纬仪及其操作
- 三、角度测量方法
- 四、测角应注意的事项

经纬仪是野外测量工作的主要仪器之一。

##### (一) 水平角测量的原理

如图所示：

水平角为：  $\beta = a - c \pm 360^\circ$

##### 二、垂直角测量的原理

只要瞄准目标，读出竖盘读数，就可算出垂直角。

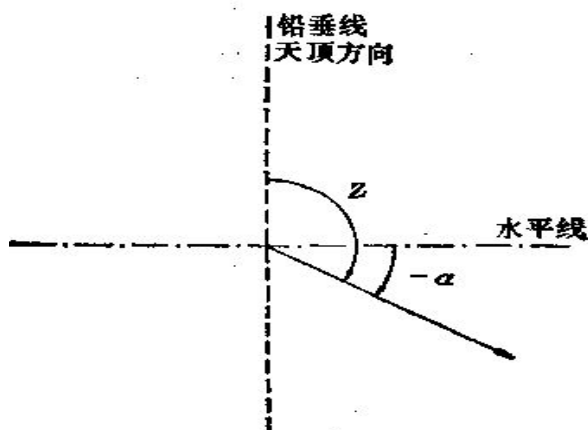
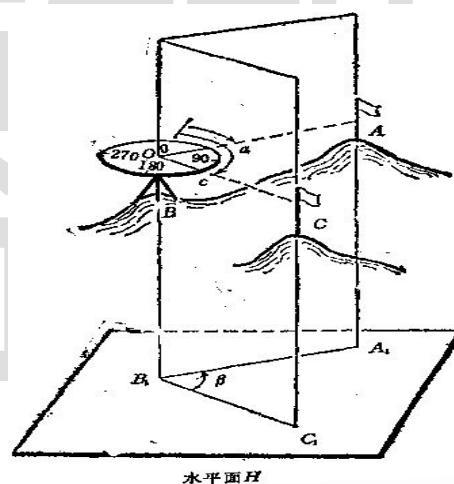
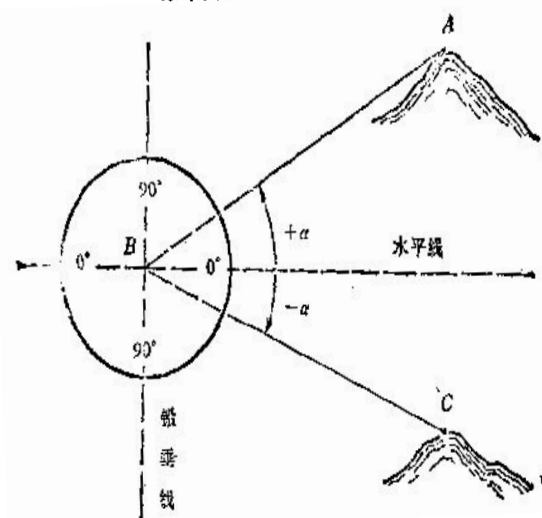


图 1-12 垂直角





#### 4.2.1 经纬仪的构造

一、基座

二、水平度盘

注意读数：

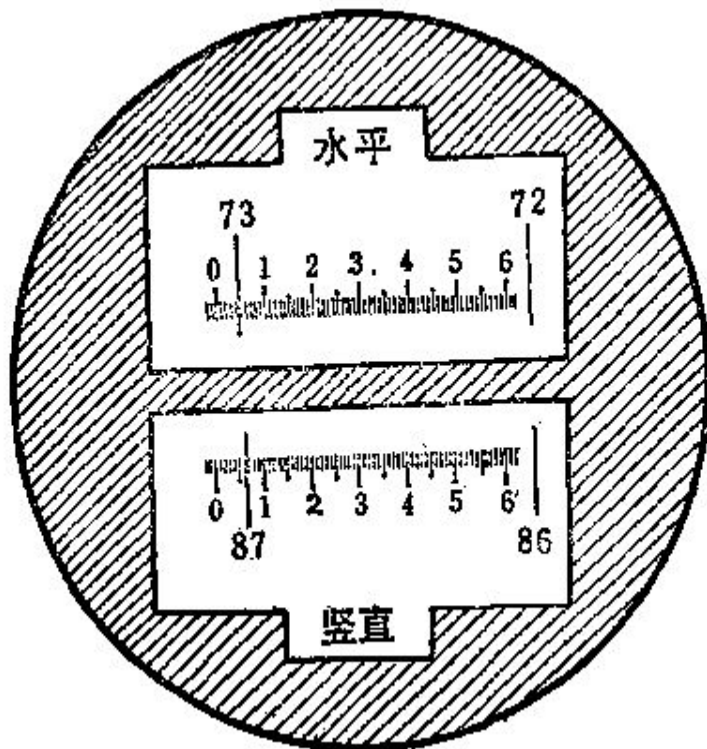
水平：73° 04' 24"

垂直：87° 06' 18"

三、照准部

竖直度盘、望远镜

光学读数显微镜



#### 4.2.3 水平角的观测方法

一、单角测量：测回法

先对中和整平，消除视差

1、盘左（竖盘在望远镜的左边），将水平度盘读数置于 0° 附近顺时针读数 C 左、A 左

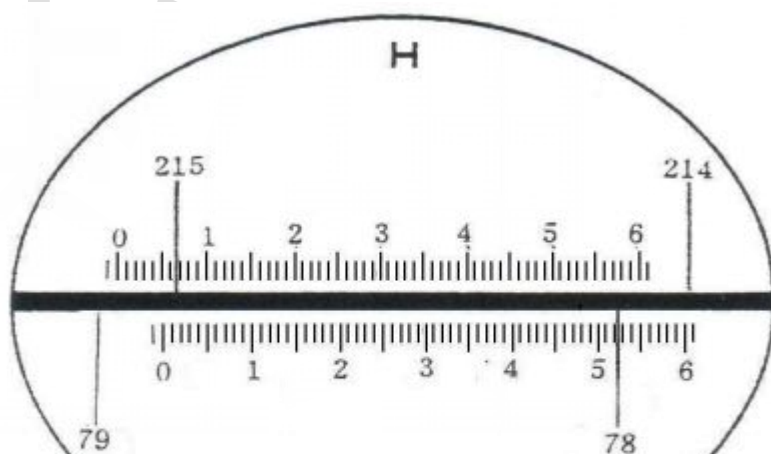
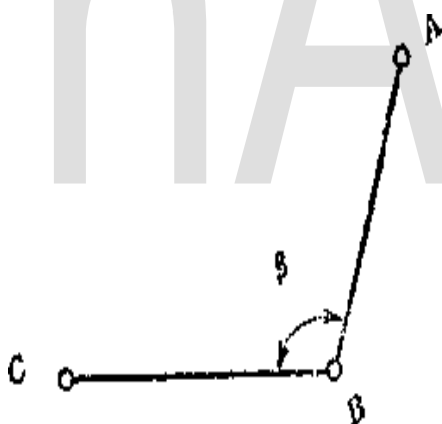
$$B_{\text{左}} = A_{\text{左}} - C_{\text{左}}$$

2、盘右，逆时针读数 A 右、C 右

$$B_{\text{右}} = A_{\text{右}} - C_{\text{右}}$$

3、 $B = (B_{\text{左}} + B_{\text{右}}) / 2$

为什么要用盘左、盘右观测？



• 水平度盘角度是 215°06.8' (即 215°06'48"),  
• 竖直度盘角度是 78°52.4' (即 87°52'24").

方向测回法：一个测站上测多个角度

步骤：先对中和整平

1、盘左

(1) 将水平度盘读数置于 0° 附近瞄准目标 A，水平度盘读数为 a1；

(2) 顺时针依次瞄准 B、C、D，得相应的水平度盘读数

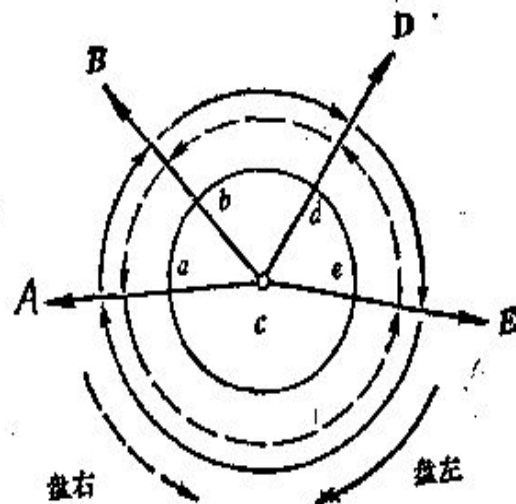
(3) 继续顺时针方向旋转照准部，再次瞄准目标 A，得读数

2、盘右

(1) 逆时针瞄准目标 A，水平度盘读数为 a2；

(2) 逆时针依次瞄准 B、C、D，得相应的水平度盘读数

(3) 继续逆时针方向旋转照准部，再次瞄准目标 A，得读数



#### 4.2.4 竖直角观测的用途

斜距转算成平距

### 第 5 章 距离测量

距离测量的方法有：卷尺量距、视距测量、电磁波测距

卷尺量距(丈量)工具简单，但易受地形限制，适合平坦地区的测距，量较长距离时工作繁重。视距测量充分利用经纬仪、水准仪的附属性能，能克服地形障碍，工作轻便，但其测距精度一般低于直接丈量、且随距离的增长而大大降低，适合低精度近距离测量(如 200m 以内)。电磁波测距仪器先进，工作方便，测距精度高、测程远，但仪器成本较高，一般适用于高精度的远距离测距。

因此各种测距方法适合于不同的现场具体情况及不同的测距精度要求。

#### 5.1、钢尺量距

直线定线 距离丈量方法

#### 5.2 视距测量

一、视线平时时： $D=100 \times (\text{上丝读数}-\text{下丝读数})$

二、视线倾斜时： $D=100 \times (\text{上丝读数}-\text{下丝读数}) \times \cos^2 \alpha$

#### 5.3 电磁波测距

$D=ct/2$

#### 5.3.3 测距边长改正

1.仪器常数改正

2.气象改正

3.倾斜改正

地面点位的测定

1、测量工作的基本原则

实际工作时应采用如下工作程序：首先用较严密的方法、较精密的仪器测定一些控制点(A、B、C、D、E 和 F)，以保证整体的精度，再根据控制点施测周围的地物和地貌。也就是在布局上是“由整体到局部”；在精度上是“由高级到低级”；在次序上是“先控制后细部”。这就是测量工作应遵循的原则。

控制测量

1、概念

2、进行控制测量的目的

3、种类

4、如何进行

1、在测区内，先选出地面上若干重要的点，建立测量控制网（控制点构成的几何图形），精确地测算其位置和高程，来控制全局，然后根据控制网测定控制点周围的地形和地物，这就是控制测量。

2、目的：可以保证整个测区有一个统一的、均匀的测量精度，同时可以在不同点进行细部测量。



## 控制测量的作用

1. 保证测图具有必要的精度；
2. 使全测区精度均匀；
3. 使分片施测的碎部能准确连结成一个整体。

## 控制测量的分类

按性质分：平面控制测量；高程控制测量

按精度分：1, 2, 3, 4 等和一, 二, 三级等

按方法分：天文测量，三角测量，导线测量，卫星定位测量等

控制测量分为平面控制与高程控制。

建立平面控制的方法有导线测量和三角测量

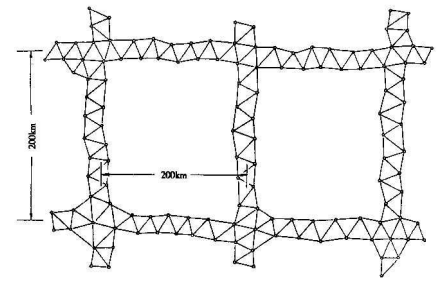


图 6-1 一等三角网

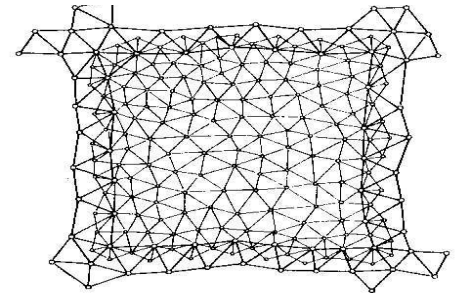


图 6-2 二等连续网

布网形式有：三角网、导线网

各用于何处？

图根控制网

直接为测图目的建立的控制网

平面控制测量的计算

一、坐标计算的基本公式

$$\Delta x = x_2 - x_1 = D_{12} \cos \alpha_{12}$$

$$\Delta y = y_2 - y_1 = D_{12} \sin \alpha_{12}$$

待定点的坐标为：

$$x_2 = x_1 + \Delta x$$

$$y_2 = y_1 + \Delta y$$

交会定点

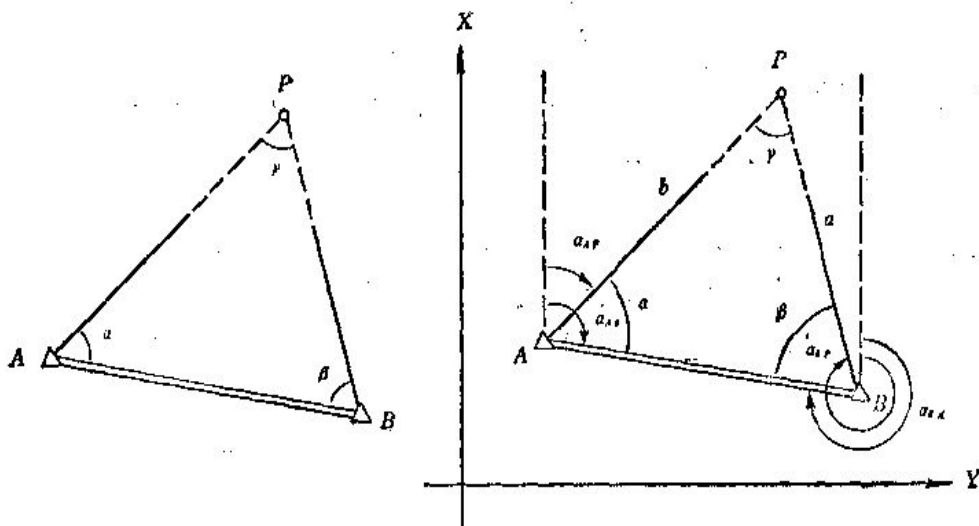
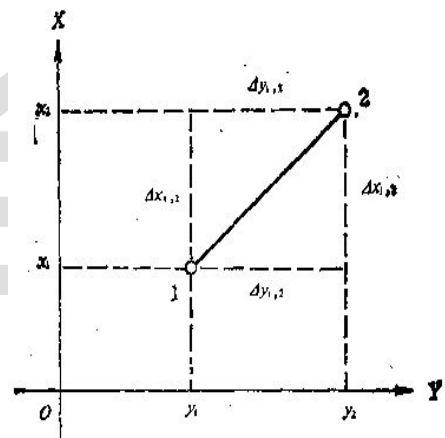
小地区内平面控制网的布设和加密主要是用以上所介绍的导线网和小三角网。

在小区域范围的控制测量中,当导线点和小三角点的密度不能满足大比例尺测图的要求,而且需加密的控制点不多时,通常会采用交会定点的测量方法来加密控制点。常用的交会定点有前方交会、后方交会和测边交会。

一、前方交会

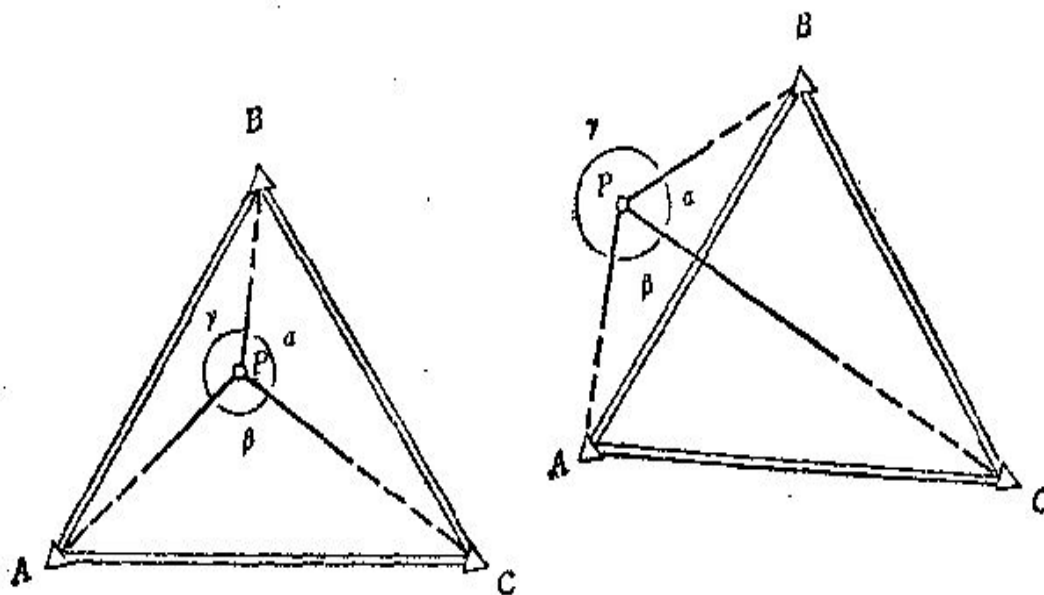
在已知点 A、B 上摆仪器测出与未知点 P 的距离和夹角，再计算出 P 点坐标

	1: 500	1: 1000	1: 2000	1: 5000
图根点个数 /km <sup>2</sup>	150	50	15	5
50×50cm图 幅图根点个 数	9~ 10	12	15	20



## 二、后方交会（自由设站法）

在待定点  $P$  上摆仪器向三个已知点  $A$ 、 $B$ 、 $C$  观测水平方向  $PA$ 、 $PB$ 、 $PC$ ，以计算  $P$  点的坐标

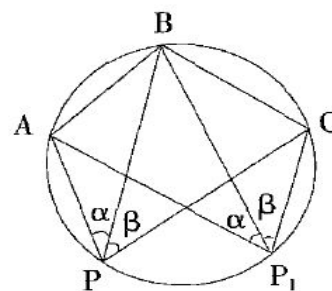


## 危险圆

当未知点  $P$  正好落在  $A$ 、 $B$ 、 $C$  三个已知点构成的圆周上时，建立的后方交会  $P$  点的解算方程有无穷多个解，导致  $P$  点的坐标就无法解算。我们称已知点  $A$ 、 $B$ 、 $C$  的圆为危险圆。

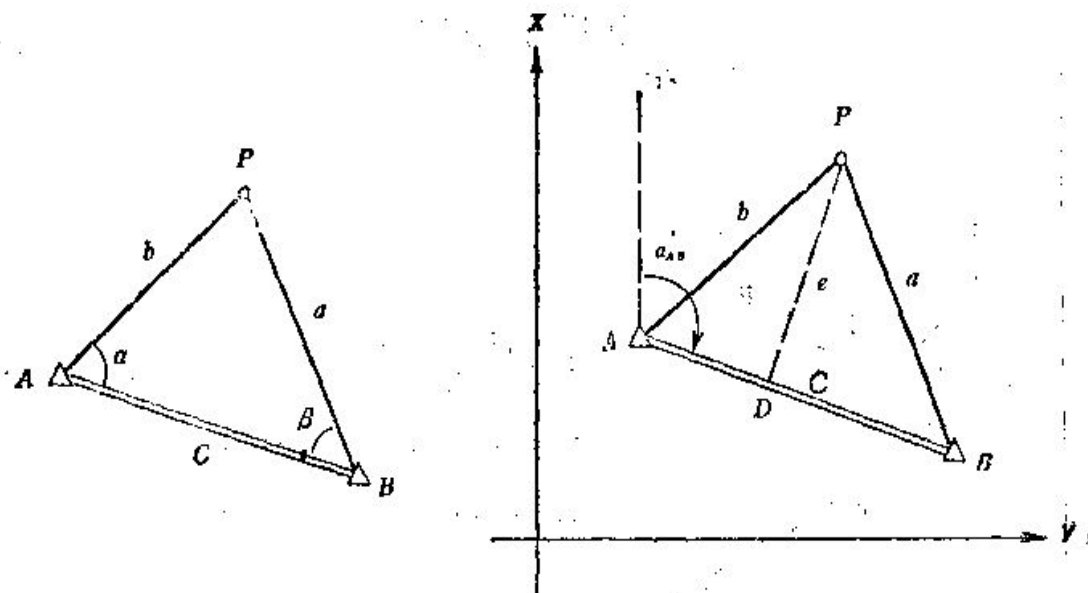
后方交会存在危险圆的根本原因是因为它只测角不测距离，它只通过角度来计算  $p$  点坐标。

后方交会本来就是一种通视极端困难的情况下采用的方法



## 测边交会定点

从两个已知点  $AB$  向待定点  $P$  观测边长  $AP(b)$ 、 $BP(a)$ ，以计算  $P$  点的坐标，称为测边交会定点，或称距离交会定点。



## 全站仪测量坐标原理

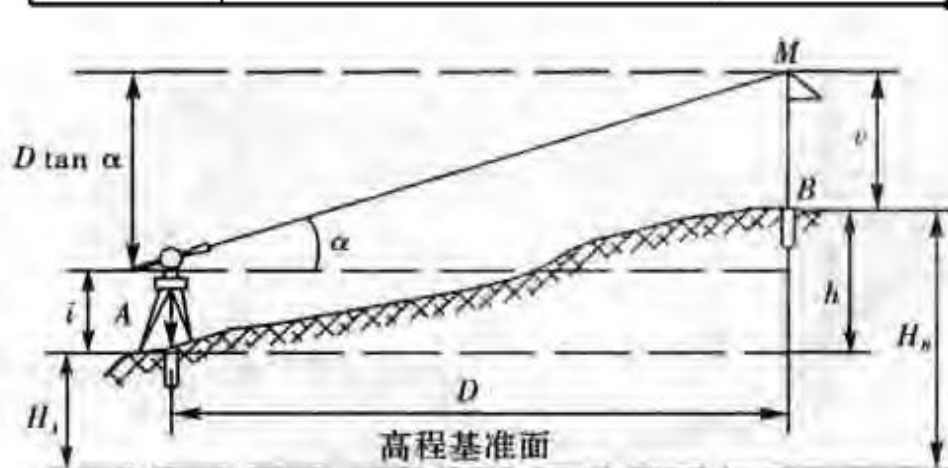
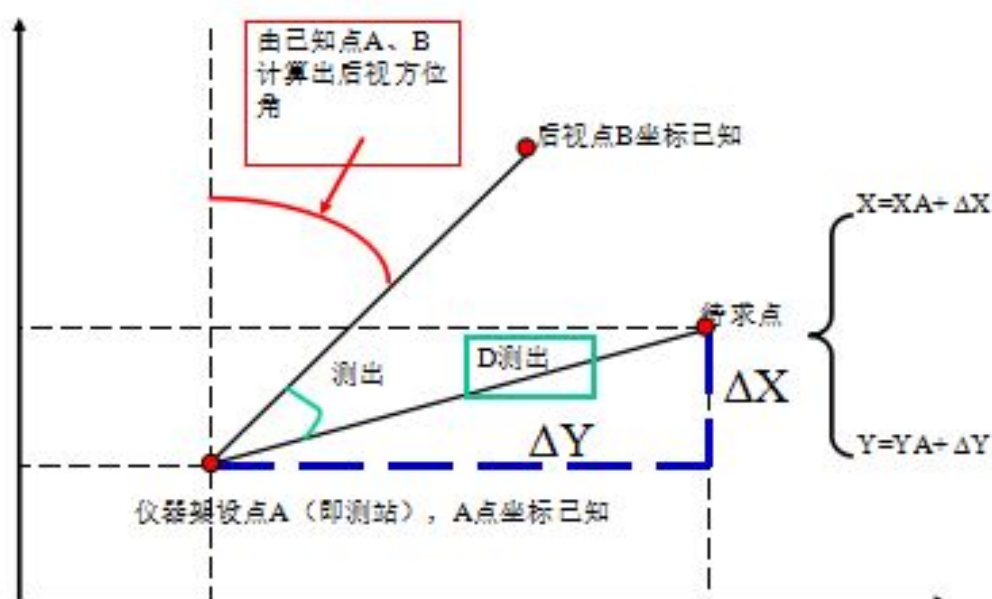


图 2-14 三角高程测量

计算出点 B 的高程为

$$H_B = H_A + h = H_A + D \tan \alpha + i - v$$