



# 第六章

## 工程建筑物的 施工放样



# 内容提要:

## 第六章 工程建筑物的施工放样 学习要点

- ◆ 概述 
- ◆ 建筑限差和精度分配 
- ◆ 常用的施工放样方法 
- ◆ 特殊的施工放样方法 
- ◆ 曲线测设 
- ◆ 施工放样一体化 



# 工程建筑物的施工放样概述

## 一. 施工放样的任务

将图纸上设计的建筑物、构筑物的平面位置和高程按设计要求，以一定的精度在实地标定出来，作为施工的依据。

## 二. 确定放样方法

- ◆ 熟悉建筑物的总体布置图和细部结构设计图
- ◆ 找出主要轴线和主要点的设计位置
- ◆ 各部件之间的几何关系
- ◆ 结合现场条件、控制点的分布
- ◆ 现有的仪器设备





# 建筑限差和精度分配

## 一. 建筑限差

一般工程：总误差允许约为 $10\sim 30\text{mm}$ 。

对高层建筑物：轴线的倾斜度要求高于 $1/1000\sim 1/2000$ 。

钢结构：允许误差在 $1\sim 8\text{mm}$ 之间；

土石方：施工误差允许达 $10\text{cm}$ ；

对特殊要求的工程项目，其设计图纸都有明确的限差要求。

## 二. 精度分配及放样精度要求

在精度分配处理中，一般先采用“等影响原则”、“忽略不计原则”处理，然后把计算结果与实际作业条件对照。或凭经验作些调整（即不等影响）后再计算。如此反复直到误差分配比较合理为止。





# 6.3 常用的施工放样方法: 直接放样方法

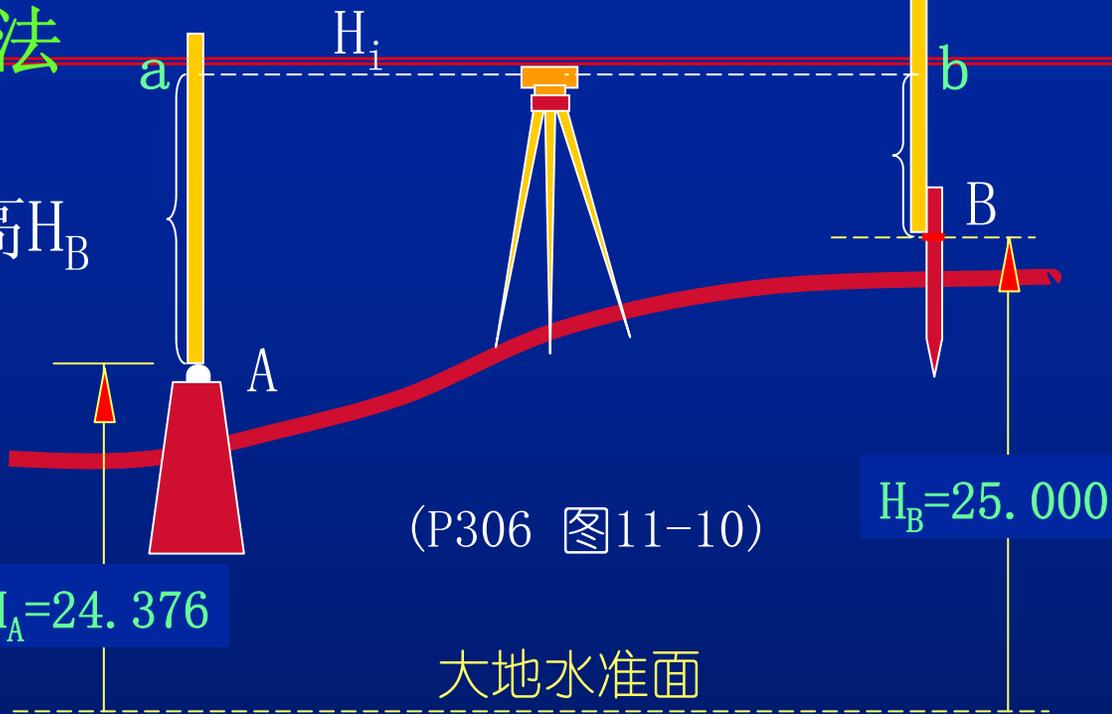
## 1. 高程放样—水准仪法

已有 水准点A

已知 B点设计标高 $H_B$

定  $H_B$ 标志

例: 已知水准点A的高程  $H_A=24.376\text{m}$ , 要测设某设计地坪标高  $H_B=25.000\text{m}$ 。测设过程如下:



●在A、B间安置水准仪, 在A竖水准尺, 在B处设木桩;

●对水准尺A读数, 设为 $a=1.534\text{m}$ , 则:

水平视线高  $H_i = H_A + a = 24.376 + 1.534 = 25.910\text{m}$

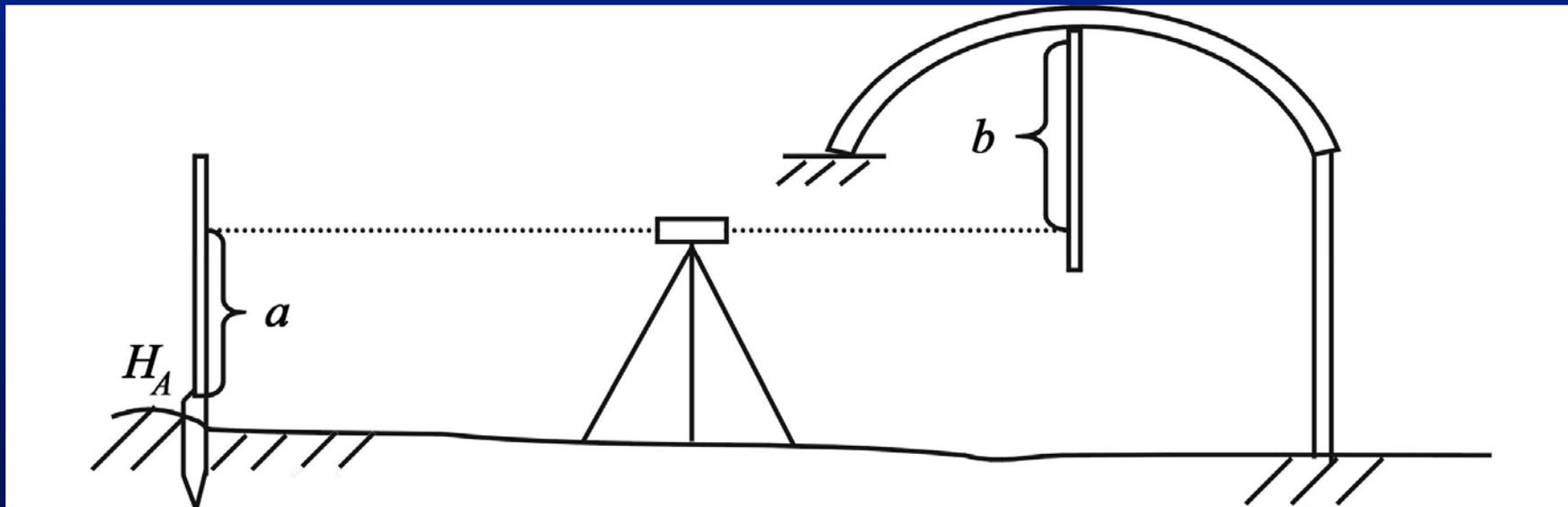
B点应读数  $b = H_i - H_B = 25.910 - 25.000 = 0.910\text{m}$

●调整B尺高度, 至 $b=0.910$ 时, 沿尺底做标记即设计标高 $H_B$ 。



## “倒尺”法放样

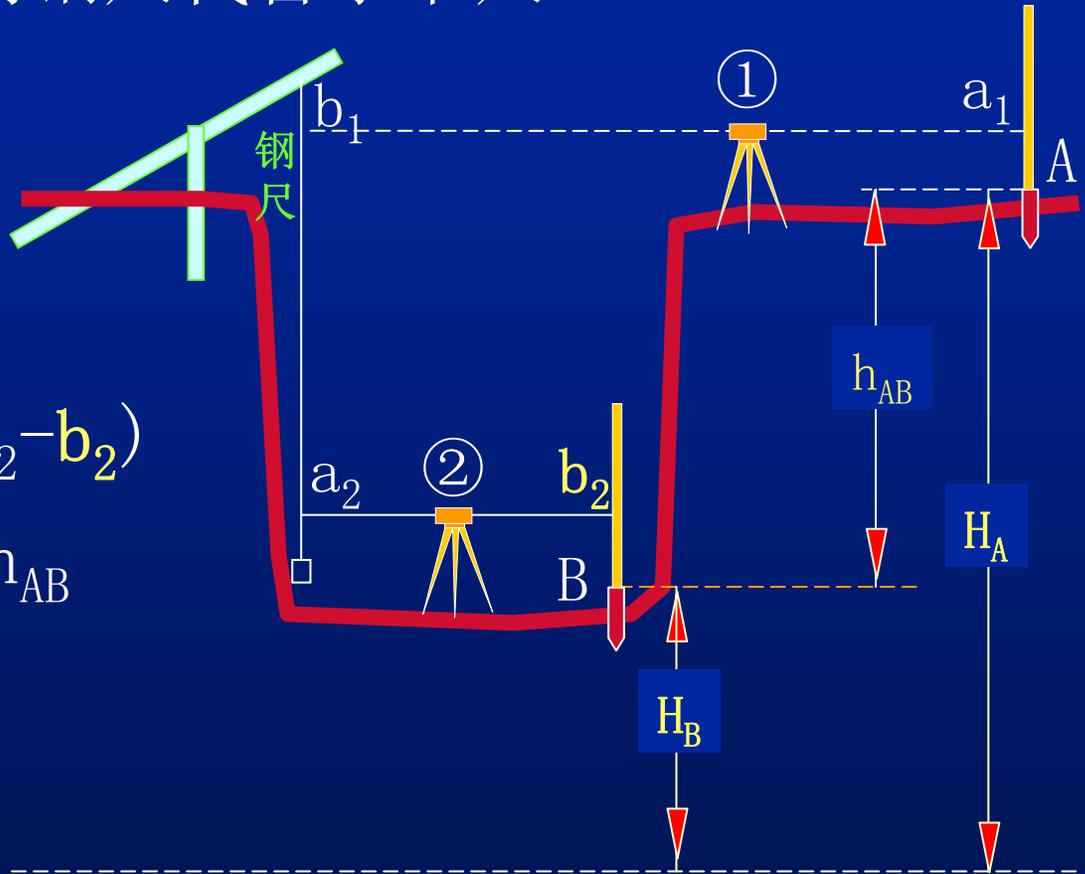
- 当待放样的高程 $H_B$ 高于仪器视线时（如放样地铁隧道管顶标高时），可以把尺底向上，即用“倒尺”法放样，如图所示，这时， $b=H_B-(H_A+a)$ 。





# 高程的传递放样

- 待测设高差大，用钢尺代替水准尺。



$$\begin{aligned} \therefore h_{AB} &= H_B - H_A \\ &= (a_1 - b_1) + (a_2 - b_2) \end{aligned}$$

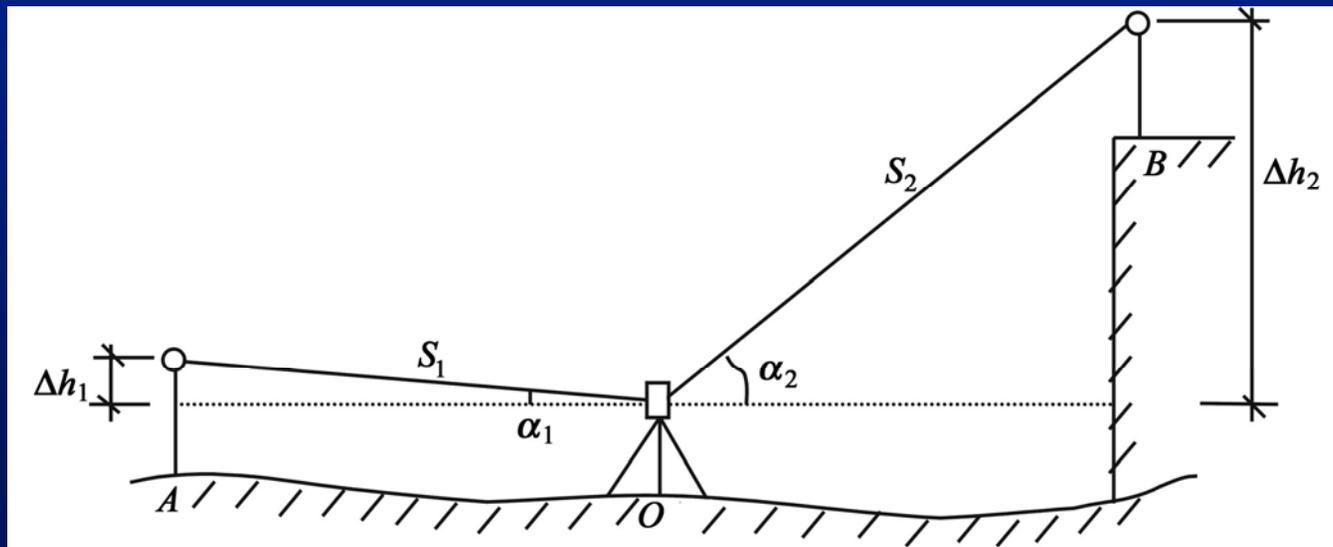
$$\therefore b_2 = (a_1 - b_1) + a_2 - h_{AB}$$

◆ 同样方法也可向高处传递高程。



## 2. 全站仪无仪器高作业法放样

- 对一些高低起伏较大的工程放样，如：大型体育馆的网架、桥梁构件、厂房及机场屋架等，用水准仪放样就比较困难，这时可用全站仪无仪器高作业法直接放样高程。

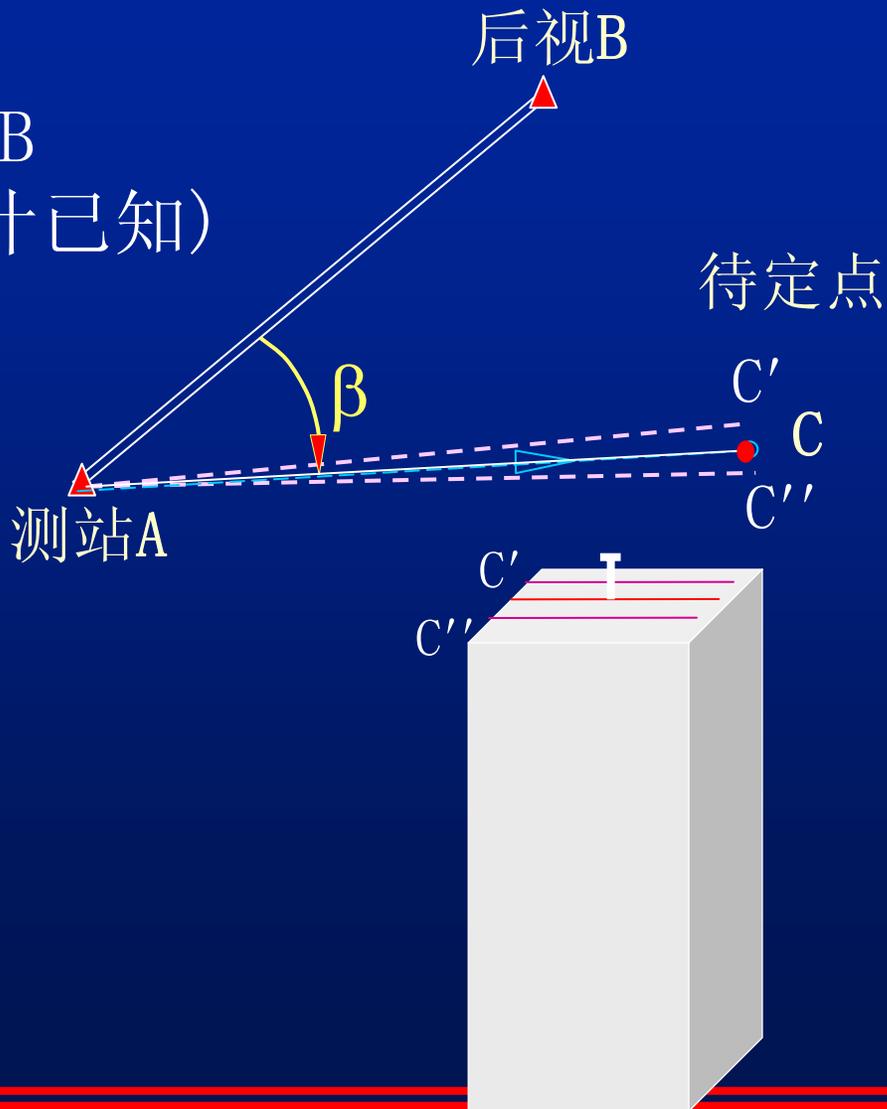




# 6.3.1.2 角度放样

——放样已知数据的水平角

- 已有：测站A、后视方向B
- 已知：水平角数据 $\beta$  (设计已知)
- 定：C方向



经纬仪正倒镜分中法



## 6.3.1.3 距离放样

已有：起点A、和AB方向

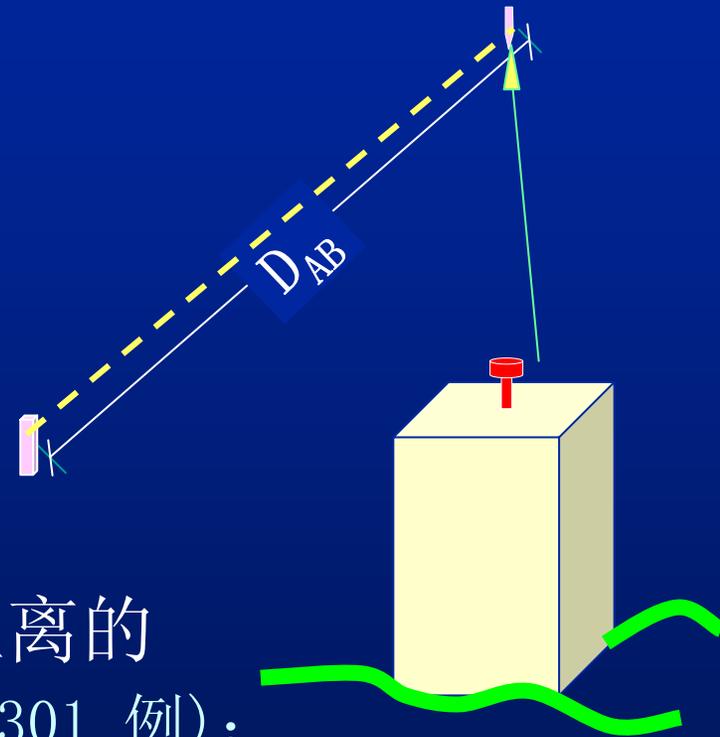
已知：水平距离 $D_{AB}$ （设计已知）

定：终点B

**钢尺法测设：**经纬仪定线；  
钢尺测设 $D_{AB}$ ；  
用大木桩标定B。

**注：**测设精度要求较高时，考虑距离的改正数，实际测设的距离为（P301 例）：

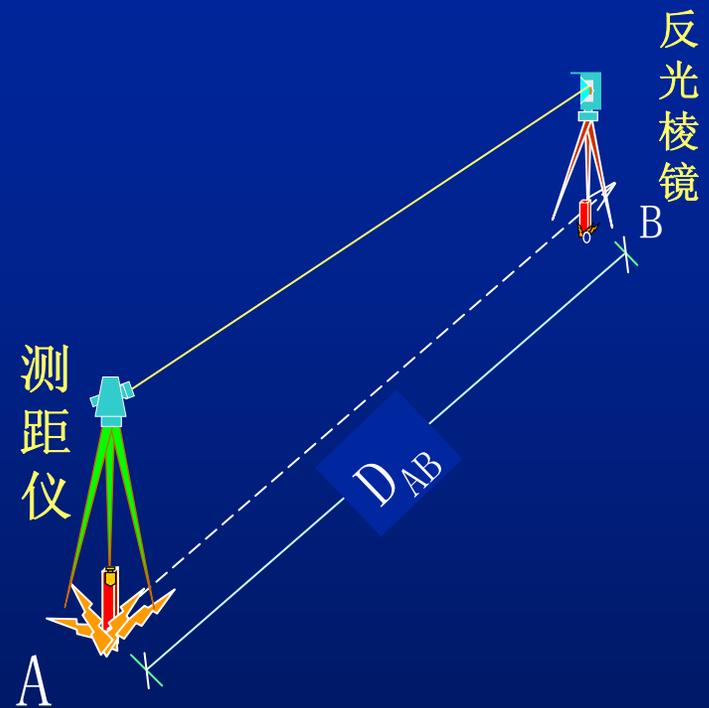
$$D' = D - \Delta D_k - \Delta D_t - \Delta D_h \quad (11-2-1)$$





# 测距仪法测设:

- ◆在A安置测距仪(或全站仪);  
在B附近安置反光棱镜;
- ◆观测AB距离、调整棱镜位置,直至与设计距离相等,定B标志。
- 测距仪观测斜距时,应读竖直角,改正成平距;
- 全站仪直接读取平距。





## 6.3.1.4 点位放样

——将设计的平面点位测设到实地上。

### 测设方法

直角坐标法

极坐标法

距离交会法

角度交会法

直接坐标法

### 测设数据

角度 $\beta$  (直角)、距离 $D$

角度 $\beta$ 、距离 $D$

距离 $D_1$ 、距离 $D_2$

角度 $\beta_1$ 、角度 $\beta_2$

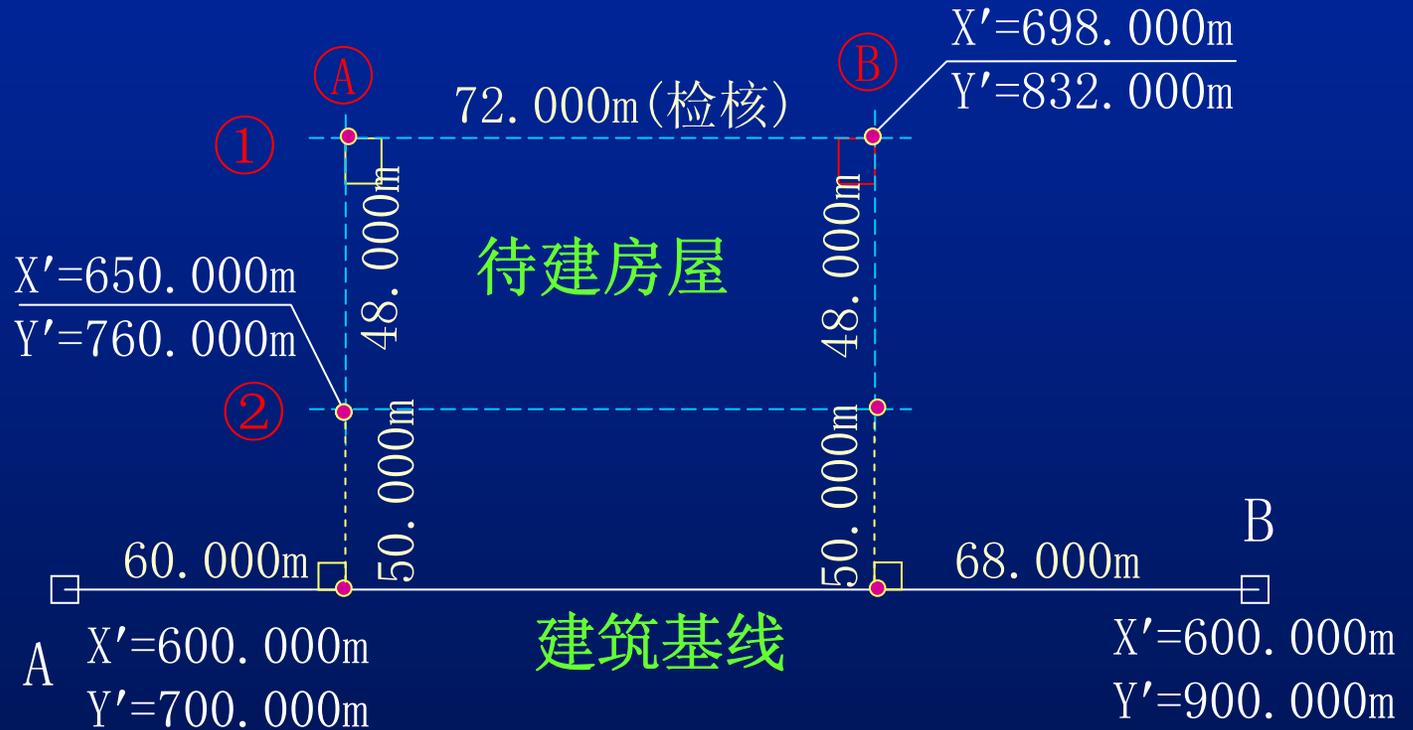
(GPS RTK法)

◆ 现场至少有一条基线(两个相互通视的已知点)



# (一). 直角坐标法 (多用于建筑物轴线的放样) (一). 直角坐标法

◆ 现场有控制基线，且待测设的轴线与基线平行。





## (二). 极坐标法

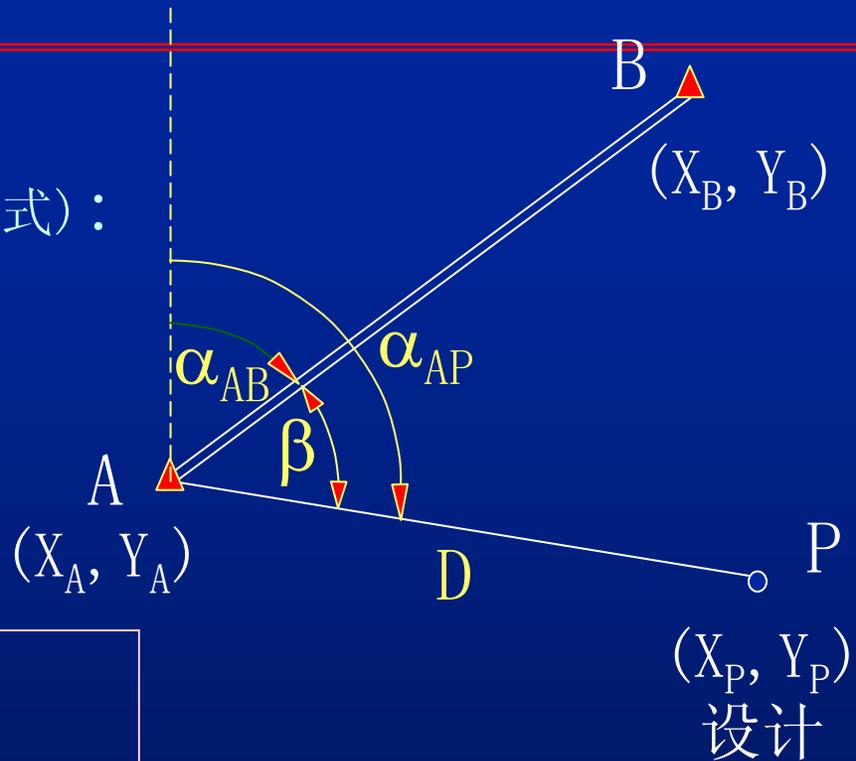
1. 计算放样数据 (P303公式):

$$\alpha_{AB} = \text{tg}^{-1} \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A}$$

$$\alpha_{AP} = \text{tg}^{-1} \frac{Y_P - Y_A}{X_P - X_A}$$

$$\beta = \alpha_{AP} - \alpha_{AB}$$

$$D = \sqrt{(X_P - X_A)^2 + (Y_P - Y_A)^2}$$



2. 用经纬仪测设 $\beta$ , 用钢尺测设 $D$ , 得 $P$ 点设计位置。



例：右图中J、K为已知导线点，P为某设计点位。按图中数据计算在J点用极坐标法测设P点的放样数据 $\beta$ 、D。

解：

$$\begin{cases} \Delta X_{JK} = X_K - X_J = +244.092 \\ \Delta Y_{JK} = Y_K - Y_J = -39.637 \end{cases}$$

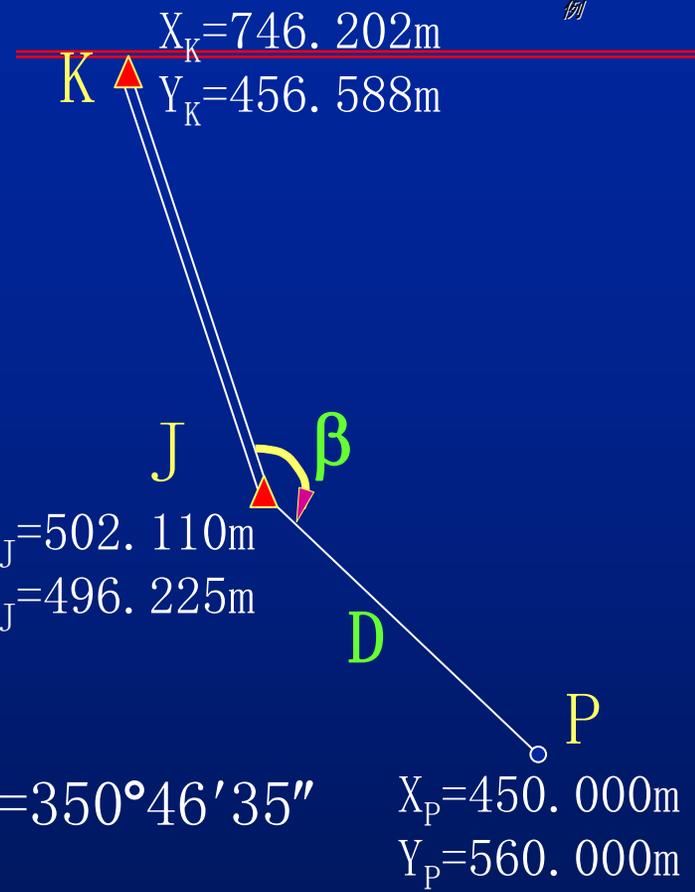
$$\begin{cases} \Delta X_{JP} = X_P - X_J = -52.110 \\ \Delta Y_{JP} = Y_P - Y_J = +63.775 \end{cases}$$

$$\textcircled{1} D = \sqrt{(-52.110)^2 + 63.775^2} = \boxed{82.357\text{m}}$$

$$\textcircled{2} \alpha_{JK} = \text{tg}^{-1} \frac{-39.637}{+244.092} = 360^\circ - 9^\circ 13' 25'' = 350^\circ 46' 35''$$

$$\alpha_{JP} = \text{tg}^{-1} \frac{+63.775}{-52.110} = 180^\circ - 50^\circ 44' 53'' = 129^\circ 15' 07''$$

$$\beta = \alpha_{JP} - \alpha_{JK} = 129^\circ 15' 07'' - 350^\circ 46' 35'' = \boxed{138^\circ 28' 32''}$$





# (三). 角度交会法

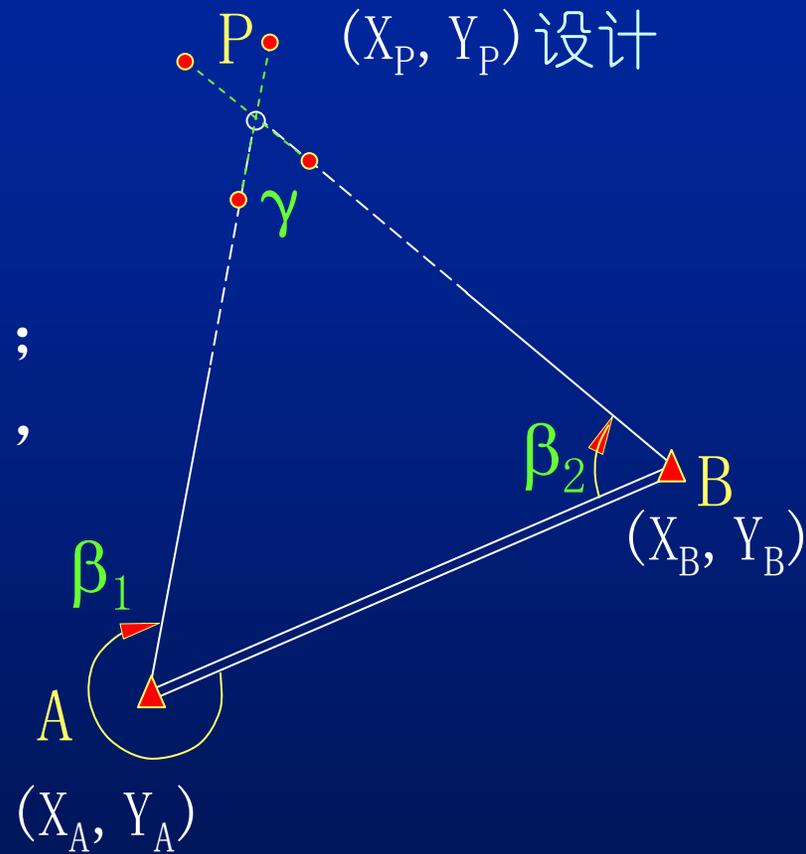
1. 计算 $\alpha_{AB}$ 、 $\alpha_{AP}$ 、 $\alpha_{BP}$ ，

则： $\beta_1 = \alpha_{AP} - \alpha_{AB}$

$$\beta_2 = \alpha_{BP} - \alpha_{AB}$$

2. 在测站A测设 $\beta_1$ ，得AP方向；  
在测站B测设 $\beta_2$ ，得BP方向，  
相交得P点，定P点标志。

- ◆ 测设时，通常先沿AP、BP的方向线打“骑马桩”，然后交会出P点位置。
- ◆ 注意交会角  $30^\circ < \gamma < 150^\circ$

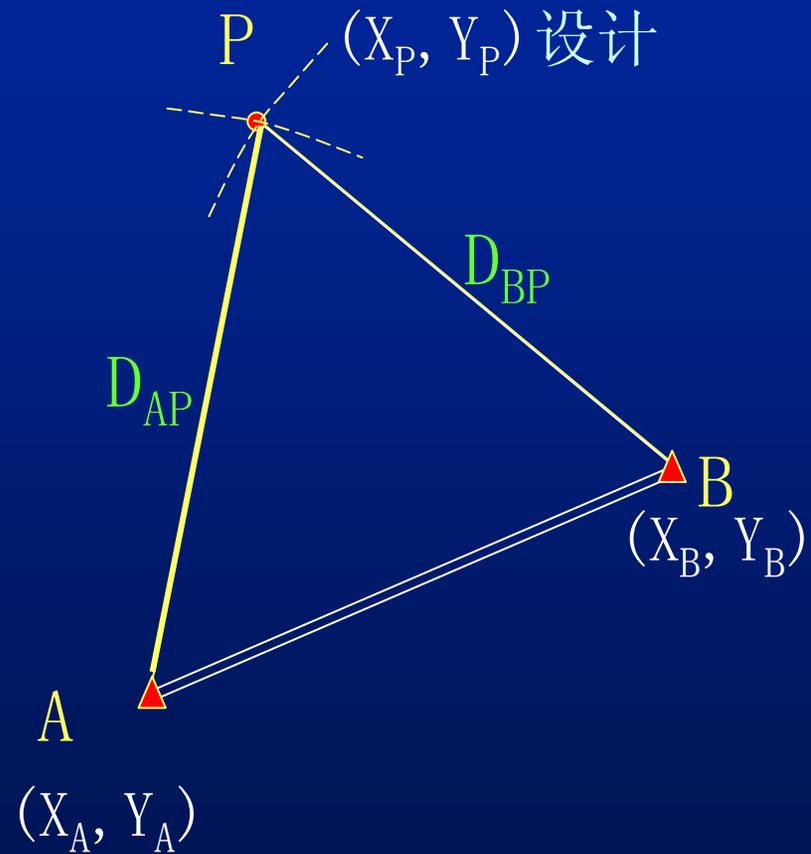




## (四). 距离交会法

(四). 距离交会法

1. 计算 $D_{AP}$ 、 $D_{BP}$
  2. 在测站A用钢尺测设 $D_1$ ；  
在测站B用钢尺测设 $D_2$ ，  
相交得P点，定P点标志
- ◆ 通常待定点P离已知点A、B不超过一尺段，地面平坦，便于钢尺作业。





## 6.3.1.5 铅垂线放样

### ◆挂垂球得铅垂线

精度差，稳定性差(易受风力影响)，操作费力。

### ◆用专用仪器——铅垂仪投测铅垂线 (P149图)

- 能向上、下瞄出精确的铅垂视线
- 能向上、下投射出精确的铅垂激光束
- 部分铅垂仪及型号：

生产厂	型号	铅垂线精度
日本 SOKKIA公司	PD3	1/40000
瑞士 leica公司	WILD NZL	1/30000
	WILD NL	
	WILD ZL	1/200000

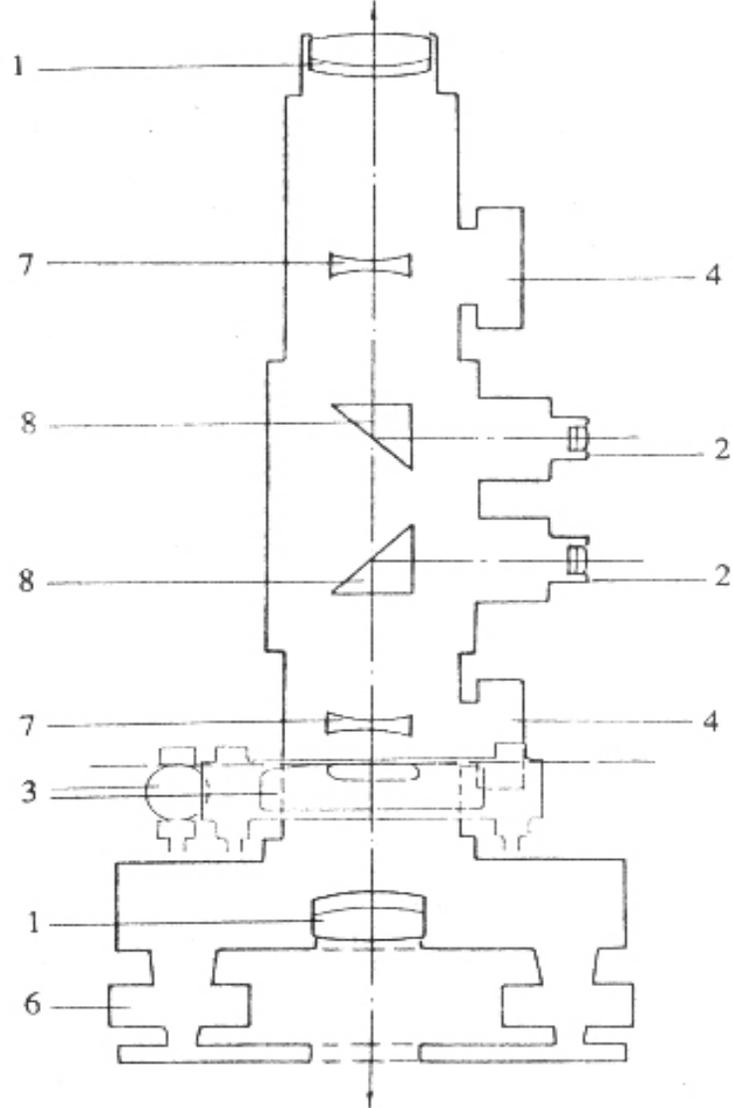
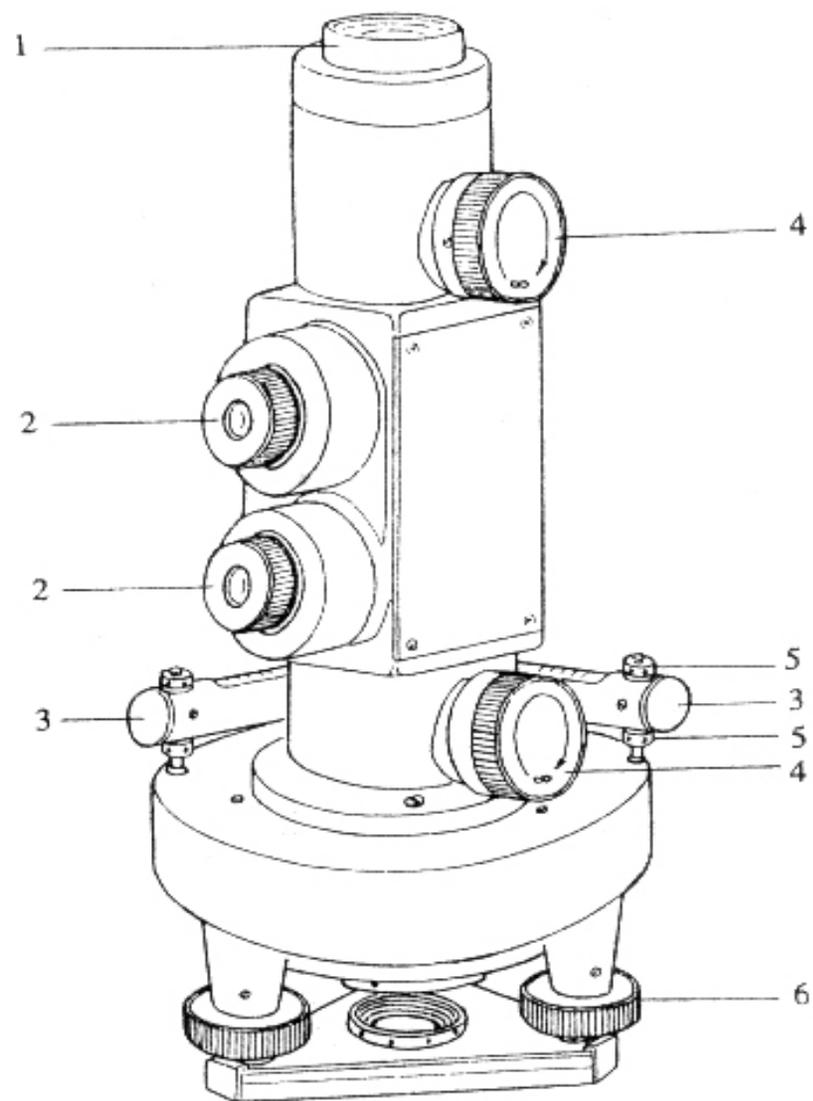


图 11-13 PD3 型垂准仪

1. 物镜; 2. 目镜; 3. 水准管; 4. 物镜调焦螺旋; 5. 水准管校正螺旋;  
6. 脚螺旋; 7. 调焦透镜; 8. 直角反射棱镜



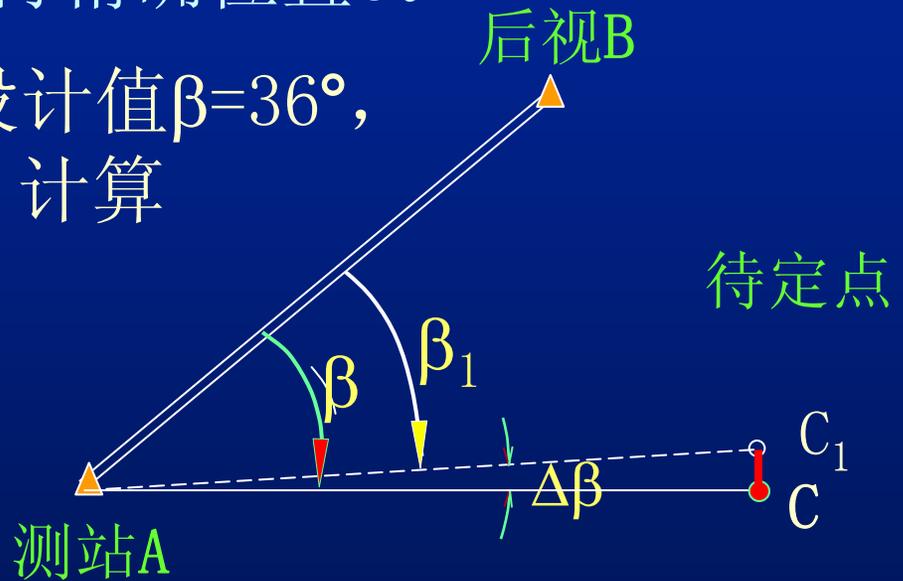
## 6.3.2 归化法放样——精确放样 $\beta$ 角

- 用“正倒镜分中法”测设 $\beta$ 角(实际得 $\beta_1$ 、 $C_1$ )；
- 多测回观测 $\angle BAC$ ，取平均得 $\beta_1$ ；
- 计算改正值 $C_1C$ ，修正得精确位置 $C$ 。

例：已知 $AC_1=85.00$ 米，设计值 $\beta=36^\circ$ ，  
设测得 $\beta_1=35^\circ59'42''$ ，计算  
改正值 $C_1C$ 。

解： $\Delta\beta=\beta-\beta_1=18''$   
 $C_1C=85\tan 0^\circ0'18''$   
 $=0.0074\text{m}$   
 $\approx 7\text{mm}$

得：点位改正值为 $7\text{mm}$ (向外)

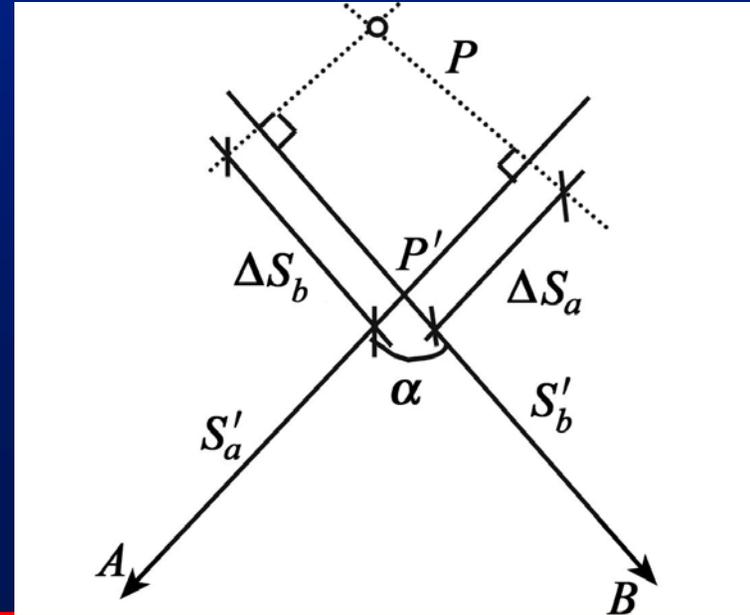




## 6.3.2.2 归化法放样点位

### 1. 距离交会归化法

先用直接放样法放样 $P'$ 点，然后用距离交会法，精确测得 $P'$ 到 $A$ 、 $B$ 的距离。再用距离差经归化求得 $P$ 的位置。

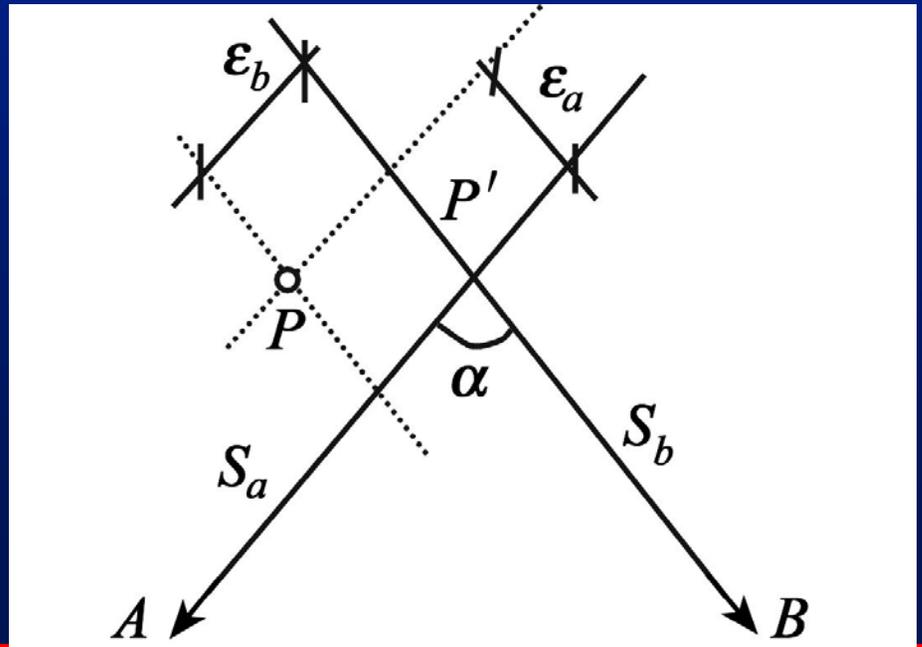




## 6.3.2.2 归化法放样点位

### 2. 角度交会归化法

先放样过渡点 $P'$ ，然后观测 $\angle P'AB = \beta a'$ ， $\angle ABP' = \beta b'$ ，并计算角差 $\Delta\beta a = \beta a - \beta a'$ ， $\Delta\beta b = \beta b - \beta b'$ 。当 $\Delta\beta$ 较小时，可用图解法由 $P'$ 点求 $P$ 点位置。



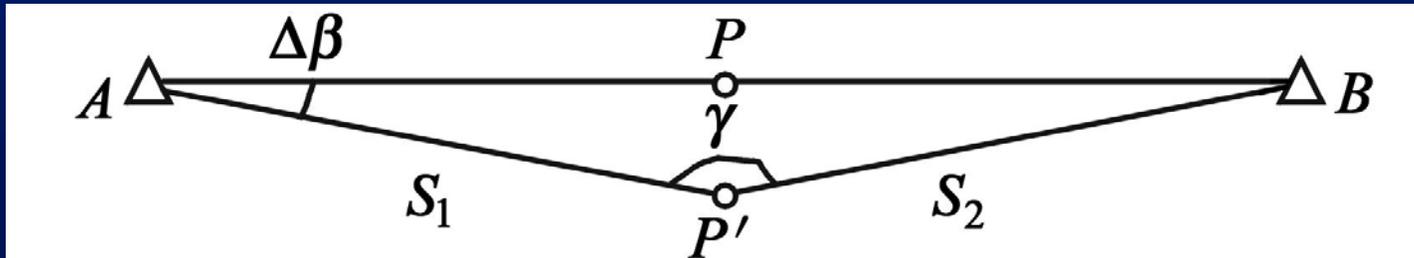


## 6.3.2.3 归化法放样直线

### 1. 测小角归化法

先用直接放样方法设置过渡点 $P'$ ，并概量距离 $AP'=S_1$ 。然后把经纬仪架在 $A$ 点，测量 $\angle BAP'=\Delta\beta$ ，计算归化值，并于实地归化，求得 $P$ 点。

$$\varepsilon = \frac{\Delta\beta}{\rho} S_1$$





## 6.3.2.3 归化法放样直线

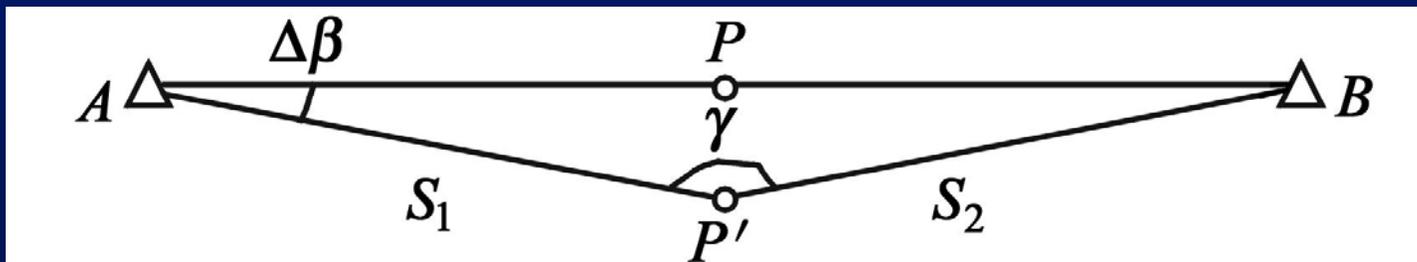
### 2. 测大角归化法

经纬仪不架设在A点上测小角，而架设在过渡点P'上测量大角 $\angle AP'B = \gamma$ ，设 $\Delta\gamma = 180^\circ - \gamma$ ，这时可计算归化值。

$$\varepsilon = \frac{s_1 s_2}{s_1 + s_2} \cdot \frac{\Delta\gamma}{\rho}$$

$$m_{P'} = \frac{s_1 s_2}{s_1 + s_2} \cdot \frac{m_\gamma}{\rho}$$

$$\frac{m_{P'}}{m_P} = \frac{s_2}{s_1 + s_2}$$





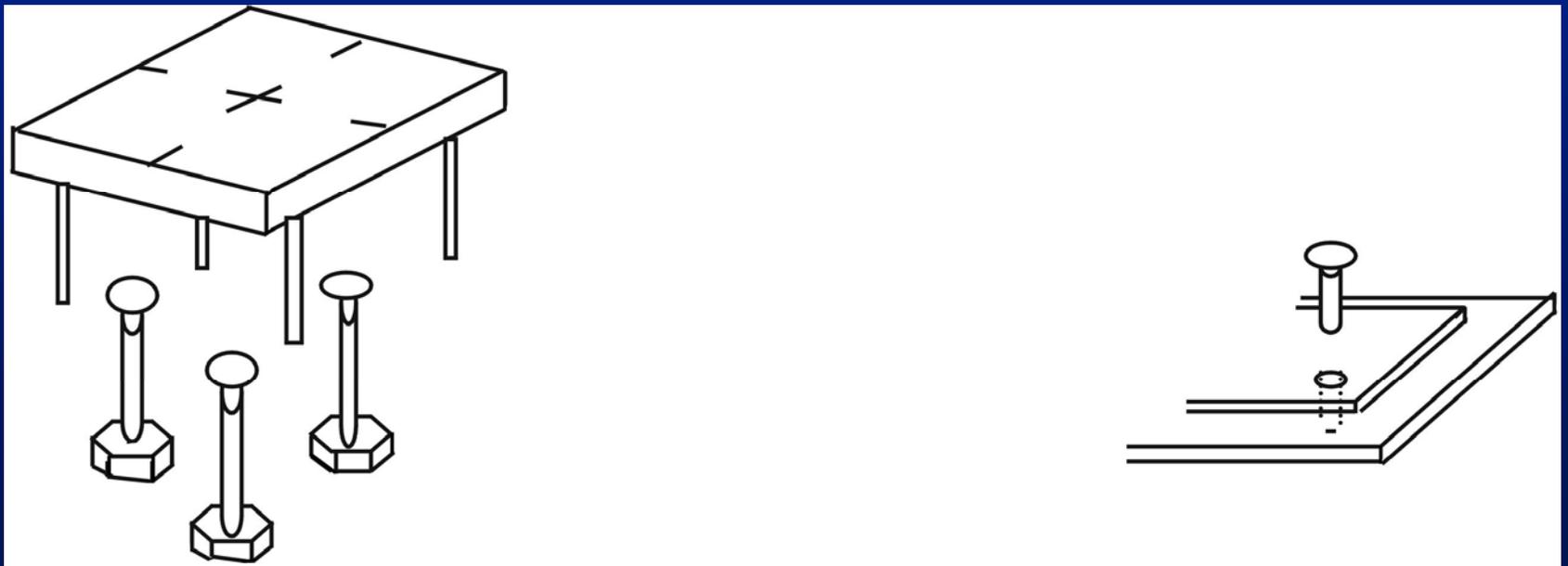
## 6.3.2.4 构网联测归化法放样

- 在高精度的施工放样中，控制点通常采用带有强制对中盘的观测墩。通过构网联测平差后，将控制点归化到某一特定的方向或几个特定位置，便于架仪器直接放样。同样也可以将控制点与直接放样点一起构网联测，经平差后，求得各直接放样点的归化量，再将放样点归化到设计位置。



## 6.3.3 刚体的放样定位

- 一个刚体在三维空间中有六个自由度，即三个平移量 $x$ 、 $y$ 、 $z$ 和分别绕 $x$ 、 $y$ 、 $z$ 轴旋转的三个量 $\alpha_x$ 、 $\alpha_y$ 、 $\alpha_z$ 。要确定刚体在三维空间中的位置，也就是要固定这六个自由度。

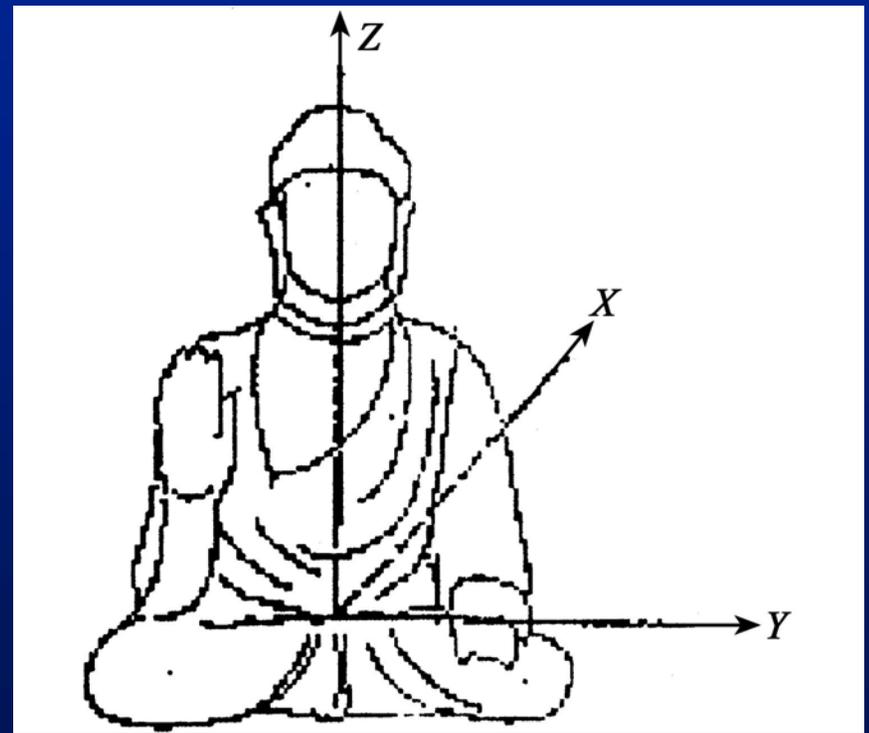




## 6.4 特殊施工放样方法

### 1. 香港宝莲寺天坛大佛施工中的特殊测量和放样

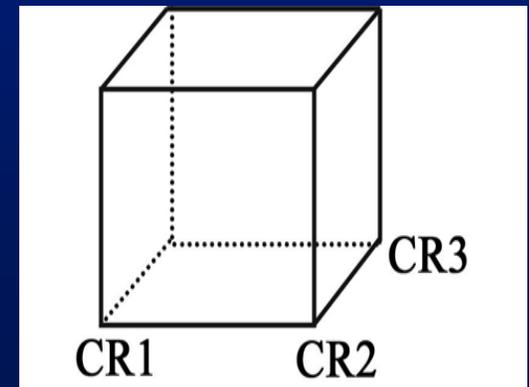
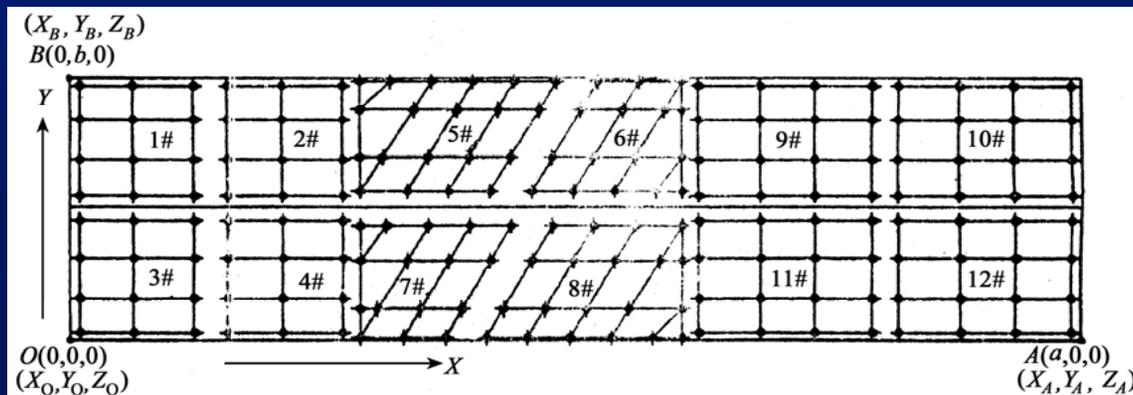
- 香港宝莲寺天坛大佛为露天青铜大佛，大佛外表呈古铜色，盘膝端坐在由20块青铜铸成的莲花座台。佛像高23.2m，莲花座高26.6m，最大外围直径约为18m，佛像外壁由202块厚度约为1cm的各种造型的锡青铜壁板拼组焊接而成。





## 2. 对跨海大桥工程采用网络 RTK法放样

- 某跨海大桥工程连接岸上深水港航运中心与30km外的近海小岛，为满足航运的要求，中部主跨宽430m，设大型双塔双索斜拉桥。为确保施工速度与施工质量，采用了变水上施工为陆上施工的方案，在两个主桥墩位置各沉放一个预制钢施工平台，每个预制钢施工平台由12个导管架组成，通过测量指挥导管架沉放到位后，在导管中打入钢管固定导管架，拼装作业平台





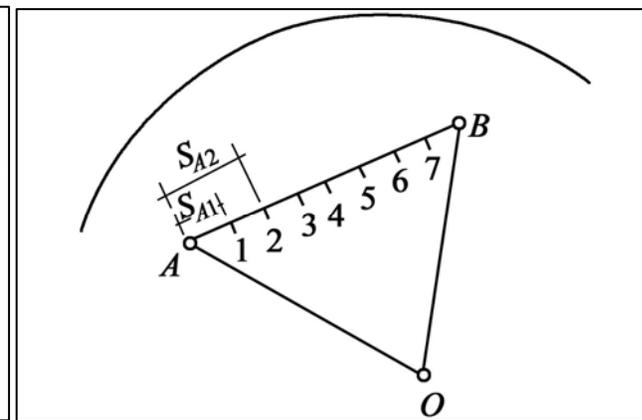
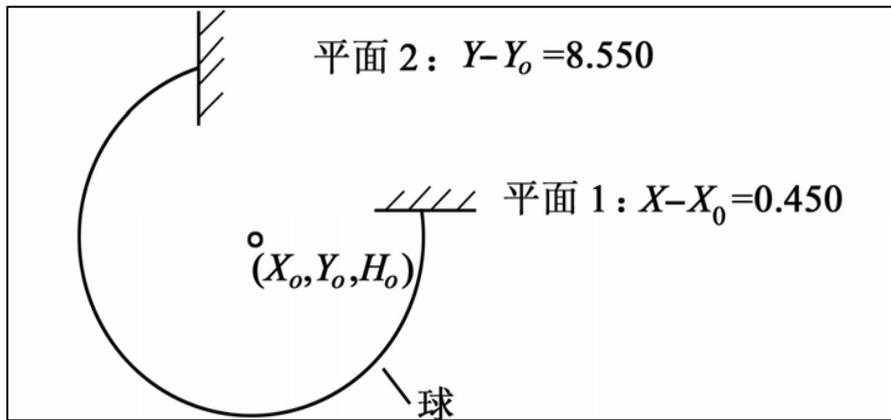
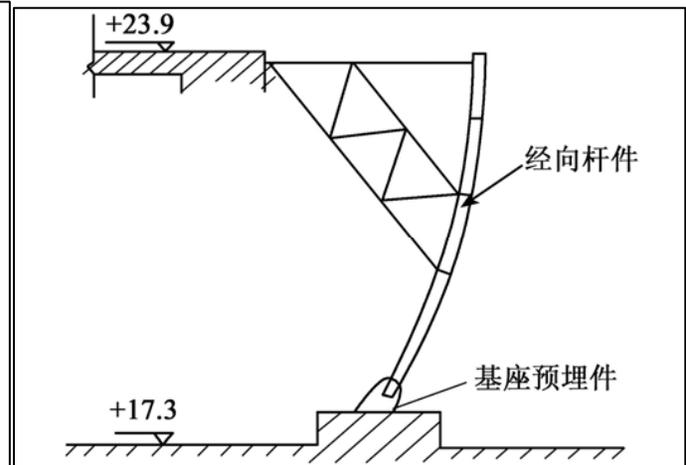
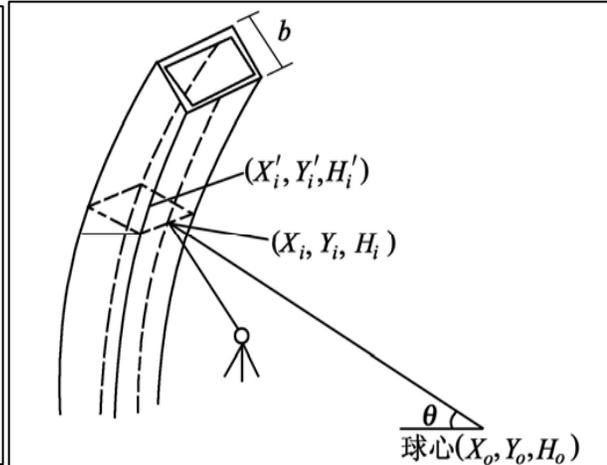
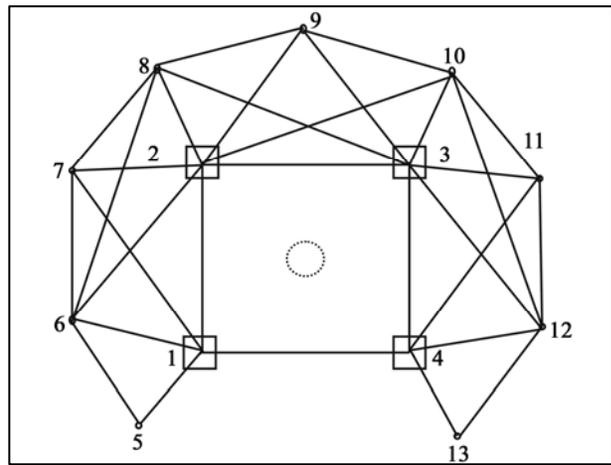
### 3. 大型不规则场馆的施工放样

- 上海国际会议中心位于浦东的黄浦江畔，她是由两个大型球体与建筑连成一体，造型十分新颖、别致。球体网架材料采用特殊的矩形钢管，球体网架下部支撑于3层平台、上部支撑于6层平台并设置水平支座，球体内部有四层，球体与主建筑不规则相交，3~6层间约有 $3/4$ 个球面镶嵌在建筑物上，6层以上为完整球面。球体边部与剪力墙相交处设置垂直支座；球体为双向正交肋环单层网壳，由9根主经杆和63根次经杆，以及22圈纬杆构成





# 3. 大型不规则场馆的施工放样





# 6.5 曲线测设

## 6.5.1 偏角法测设曲线

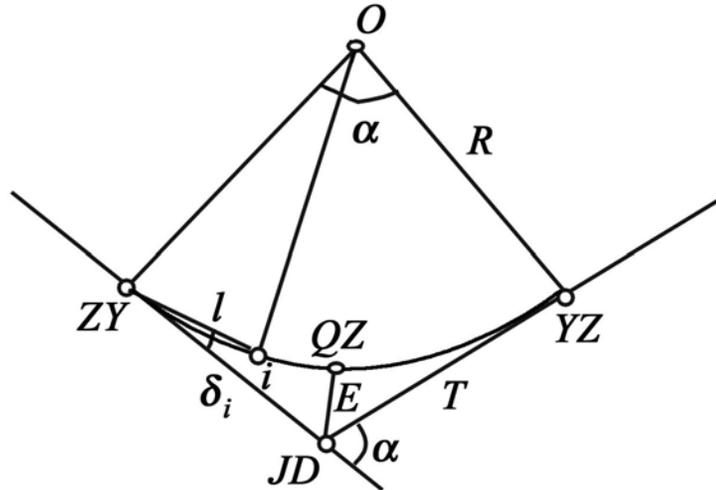
- 1. 圆曲线要素、主点、及任一点偏角计算

T为圆曲线切线长；L为曲线长；

E为曲线外矢距。

曲线主点测设时，从交点JD沿两切线方向量取切线长T，可定出ZY和YZ点，沿转向角 $\alpha$ 内角平分线方向量取外矢距E定出QZ点。

$$\left\{ \begin{array}{l} T = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \\ L = R \alpha^{\circ} \frac{\pi}{180^{\circ}} \\ E = R \left( \sec \frac{\alpha}{2} - 1 \right) \end{array} \right.$$



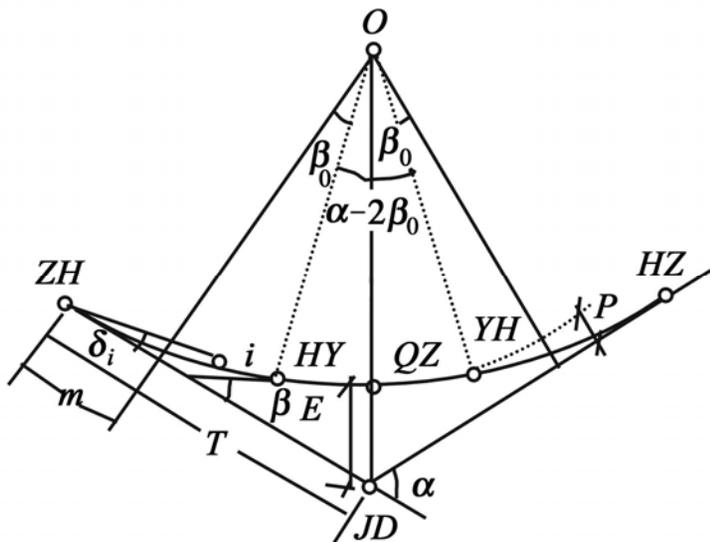
$$\delta_i = \frac{l}{2R} \cdot \rho$$



## 6.5.1 偏角法测设曲线

### 2. 带有缓和曲线的曲线要素、主点、及任一点偏角计算

$$\begin{cases} T = (R + P) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + m \\ L = \frac{\pi R}{180^\circ} (\alpha - 2\beta_0)^\circ + 2l_0 \\ E = (R + P) \sec \frac{\alpha}{2} - R \end{cases} \quad m = \frac{l_0}{2} - \frac{l_0^3}{240R^2}; \quad P = \frac{l_0^2}{24R}; \quad \beta_0 = \frac{l_0}{2R} \frac{180^\circ}{\pi}$$



$$\delta_i = \frac{l^2}{6Rl_0} \frac{180^\circ}{\pi}$$



## 6.5.2 切线支距法测设曲线

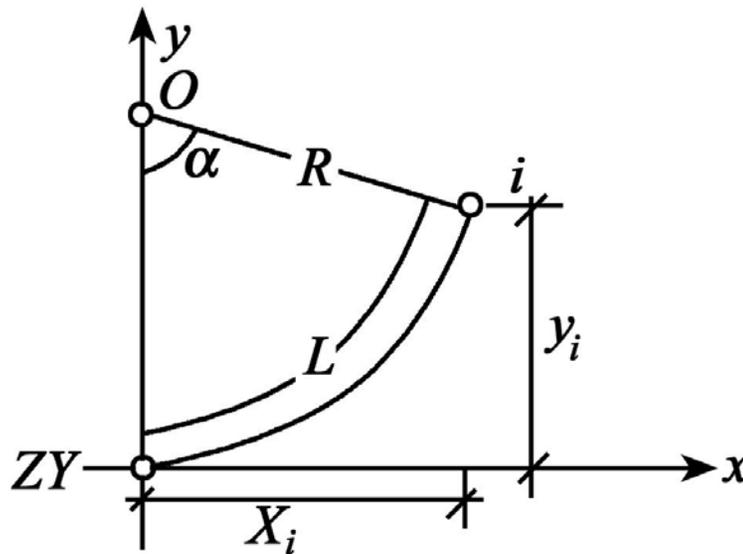
### 1. 圆曲线任一点坐标计算

以曲线起点ZY为坐标原点，以切线为x轴。圆曲线上任一点*i*的坐标为

式中：

$$\alpha = \frac{L}{R} \cdot \frac{180^\circ}{\pi}$$

$$\begin{cases} x_i = R \sin \alpha \\ y_i = R(1 - \cos \alpha) \end{cases}$$





# 6.5.2 切线支距法测设曲线

## 2. 带有缓和曲线的曲线测设

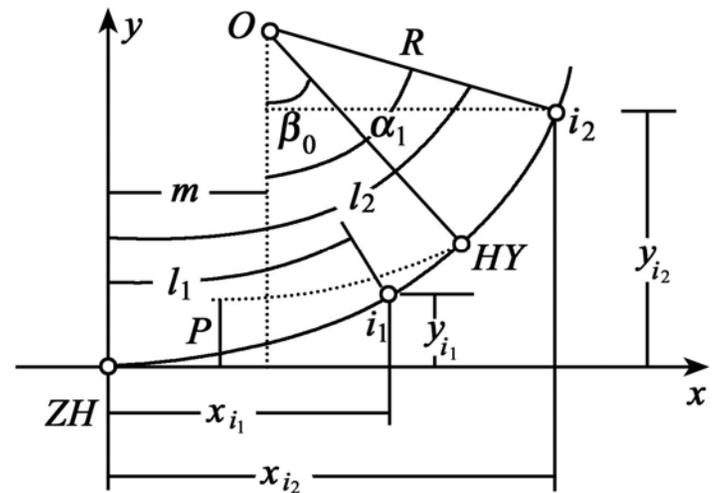
### (1) 缓和曲线部分

$$\begin{cases} x_{i_1} = l_1 - \frac{l_1^5}{40R^2l_0^2} \\ y_{i_1} = \frac{l_1^3}{6Rl_0} \end{cases} \quad \text{当 } l = l_0 \text{ 时, 则}$$

$$\begin{cases} x_0 = l_0 - \frac{l_0^3}{40R^2} \\ y_0 = \frac{l_0^2}{6R} \end{cases}$$

### (2) 圆曲线部分

$$\begin{cases} x_{i_2} = R \sin\left(\frac{l_2 - l_0}{R} \cdot \rho + \beta_0\right) + m \\ y_{i_2} = R \left[ 1 - \cos\left(\frac{l_2 - l_0}{R} \cdot \rho + \beta_0\right) \right] + P \end{cases}$$



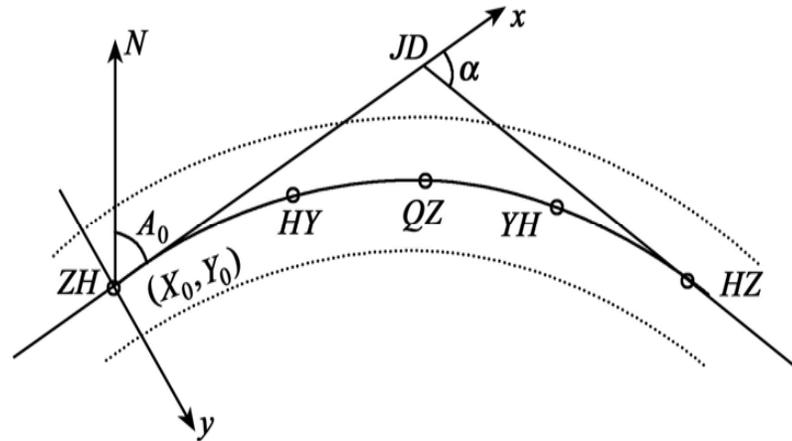


# 6.5.3 任意设站极坐标法测设曲线

## 1. 曲线综合要素的计算

设圆曲线的半径为 $R$ ，两端缓和曲线长为 $l_0$ ，曲线转向角为 $\alpha$ ，即可计算切线长 $T$ 、曲线长 $L$ 、外矢距 $E_0$ 和切曲差 $q$ 等要素。

$$\left\{ \begin{array}{l} T = \frac{l_0}{2} - \frac{l_0^3}{240R^2} + (R + \frac{l_0^2}{24R}) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \\ L = \frac{R\alpha\pi}{180} + l_0 \\ E_0 = (R + \frac{l_0^2}{24R}) \sec \frac{\alpha}{2} - R \\ q = 2T - L \end{array} \right.$$





## 6.5.3 任意设站极坐标法测设曲线

### 2. 第一缓和曲线部分设计坐标计算

若*i*在ZH~HY段时，按切线支距法求出*i*点在ZH点切线坐标系中的坐标( $x_i, y_i$ )及*i*点切线的倾角 $\beta$ 。设  $l_i = L_i - L_0$ ，则

$$\left\{ \begin{array}{l} x_i = l_i - \frac{l_i^5}{40R^2l_0^2} \\ y_i = \frac{l_i^3}{6Rl_0} \\ \beta = \frac{l_i^2}{2Rl_0} \rho \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} X_i = X_0 + x_i \cos A_0 - cc \cdot y_i \sin A_0 \\ Y_i = Y_0 + x_i \sin A_0 + cc \cdot y_i \cos A_0 \\ A_i = A_0 + cc \cdot \beta \end{array} \right.$$

式中： $A_0 = \alpha_{ZH-JD}$ ,  $X_0 = X_{JD} + T \cos(A_0 + 180)$ ,  $Y_0 = Y_{JD} + T \sin(A_0 + 180)$



## 6.5.3 任意设站极坐标法测设曲线

### 3. 带缓和曲线的圆曲线单元设计坐标计算

若*i*在HY~YH段时，按切线支距法求出*i*点在ZH点切线坐标系中的坐标 $(x_i, y_i)$ 及*i*点切线的倾角 $\beta$ 。设  $l_i = L_i - L_0$ ，则

$$\left\{ \begin{array}{l} x_i = l_i - \frac{(l_i - 0.5l_0)^3}{6R^2} - \frac{l_0^3}{240R^2} \\ y_i = \frac{(l_i - 0.5l_0)^2}{2R} - \frac{(l_i - 0.5l_0)^4}{24R^3} + \frac{l_0^2}{24R} \\ \beta = \frac{(l_i - 0.5l_0)}{R} \rho \end{array} \right.$$



## 6.5.3 任意设站极坐标法测设曲线

### 4. 第二缓和曲线部分设计坐标计算

若*i*在YH~HZ段时,  $l_i = L_i - L_0$ , 则

$$\left\{ \begin{array}{l} x_i = l_i - \frac{l_i^5}{40R^2l_0^2} \\ y_i = \frac{l_i^3}{6Rl_0} \\ \beta = \frac{l_i^2}{2Rl_0} \rho \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} X_i = X_0 + x_i \cos A_0 - cc \cdot y_i \sin A_0 \\ Y_i = Y_0 + x_i \sin A_0 + cc \cdot y_i \cos A_0 \\ A_i = A_0 + cc \cdot \beta \end{array} \right.$$

式中:

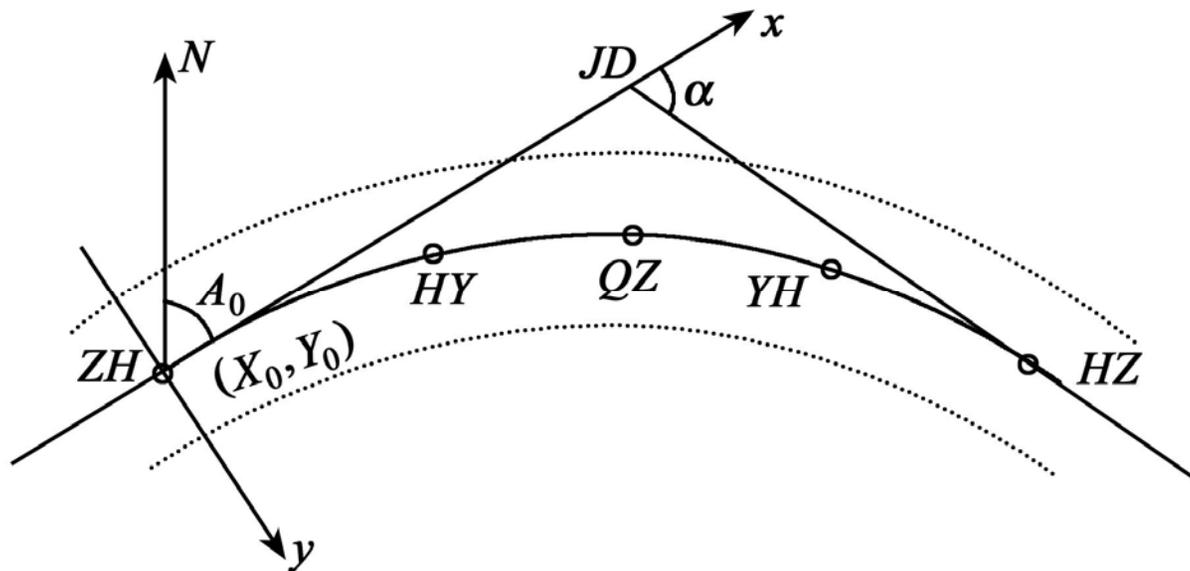
$$\left\{ \begin{array}{l} X_0 = X_{JD} + T \cos(\alpha_{ZH-JD} + \alpha) \\ Y_0 = Y_{JD} + T \sin(\alpha_{ZH-JD} + \alpha) \\ A_0 = \alpha_{ZH-JD} + \alpha + 180 \\ cc = -1 \cdot cc, \quad l_i = L - (L_i - L_0) \end{array} \right.$$



## 6.5.3 任意设站极坐标法测设曲线

### 5. 线路左右两边线桩的设计坐标计算

$$\begin{cases} X_{\text{左边桩}} = X_i + d \cos(A_i - 90^\circ) \\ Y_{\text{左边桩}} = Y_i + d \sin(A_i - 90^\circ) \end{cases} \quad \begin{cases} X_{\text{右边桩}} = X_i + d \cos(A_i + 90^\circ) \\ Y_{\text{右边桩}} = Y_i + d \sin(A_i + 90^\circ) \end{cases}$$





## 6.6 施工放样一体化

1. 施工控制测量
2. 一般工程施工放样
3. 线路工程放样

