

# 项目5 导线测量

- 任务5-1 了解平面控制基本知识
- 任务5-2 掌握导线测量基本知识
- 任务5-3 掌握导线测量外业工作
- 任务5-4 掌握闭合导线测量内业计算
- 任务5-5 掌握附和导线测量内业计算
- 任务5-5 掌握附和导线测量内业计算



## 任务描述

在工程测量中，当我们要测量出目标点的位置时，就需要有起算数据和已知点。如何获取已知点的坐标和高程？本任务主要内容是了解控制测量的概念、分类和控制测量的方法，为今后控制测量的实施奠定基础。



## 任务目标

- 1.了解控制测量的基本概念。（重点）
- 2.了解国家控制网的精度等级。
- 3.掌握平面控制网的测量方法。（重点）



## 任务实施

### 一、理解控制测量的基本概念

在测量工作中，首先在测区内选择一些具有控制意义的点，构成一定的几何图形或一系列的折线，构成测区的整体骨架，这些有控制意义的点称为控制点；由控制点组成的几何图形或折线称为控制网；对控制网进行布设，且用相对精确的测量手段与方法进行观测，最后精确测定控制点的空间位置，这种测量工作称为控制测量。



任务实施

## 一、理解控制测量的基本概念

全国范围内建立控制网，称为**国家控制网**。它是全国各种比例尺测图的基本控制，并为确定地球的形状和大小提供研究资料。国家控制网是用精密测量仪器和方法，**依照施测精度按一等、二等、三等、四等四个等级建立**，它的低级点受高级点逐级控制。控制网分为**平面控制网**和**高程控制网**。



任务实施

## 一、理解控制测量的基本概念

精确测定控制点平面位置的工作称为**平面控制测量**。按照控制点间组成的几何图形的不同，平面控制测量又分为**导线控制测量**和**三角控制测量**；精确测定控制点高程（ $H$ ）的工作称为高程控制测量。根据采用测量方法的不同，**高程控制测量**又分为**水准测量**和**三角高程测量**两种。

## 二、掌握高程控制测量知识

- 在全国范围内，由一系列按国家统一规范测定高程的水准点构成的网称为国家水准网。国家水准网按逐级控制、分级布设的原则分为一、二、三、四、五等，其中一、二等水准测量称为精密水准测量。

### 三、掌握平面控制测量

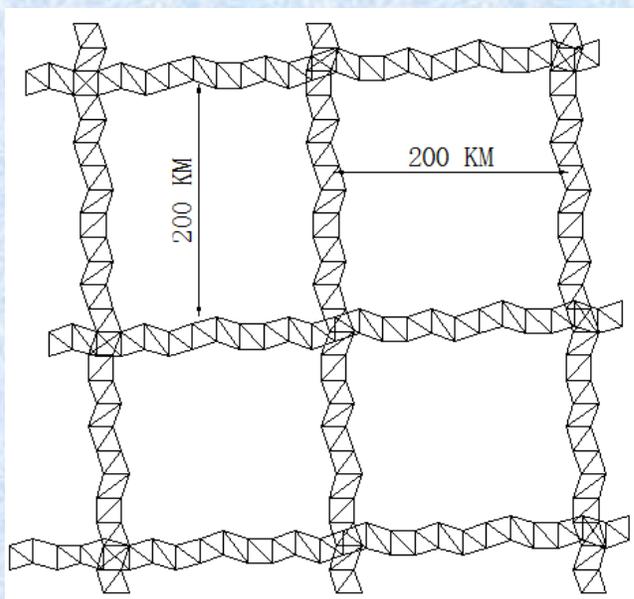
国家测绘部门在全国范围内采用“分级布网、逐级控制”的原则，建立国家级平面控制网，建立各级控制网

## 1. 平面控制网的建立

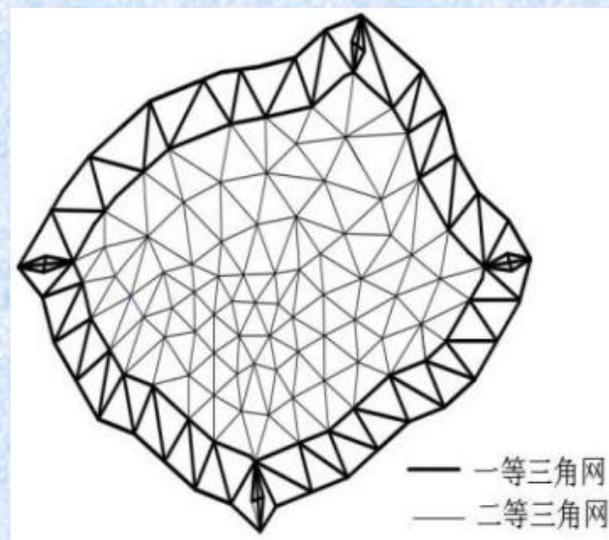
国家平面控制网按其精度分为一、二、三、四等四个等级，一等精度最高，是国家控制网骨干，二等控制网是在一等控制网上加密的控制测量，是国家控制网的基础。三、四等控制网是在二等控制网的基础上进一步加密建立的，一般作为地形图的测绘和施工控制测量依据。

## (1) 国家平面控制网

在全国范围内布设的平面控制网,称为国家平面控制网,我国原有国家控制网主要按三角网方法布设,按精度高低分为4个等级,其中一等三角网精度最高,二、三、四等精度逐级降低。



(a) 一等三角锁布设方案



(b) 二等三角锁布设方案

### (2) 城市平面控制网

在城市地区，为满足1: 500~1: 2 000比例尺地形测图和城市建设施工放样的需求应进一步布设城市平面控制网。城市平面控制网在国家控制网的控制下布设，按城市范围大小布设不同精度等级的平面控制网。城市平面控制网分为二、三、四等及一、二、三级。城市平面控制测量主要采用GNSS测量、导线测量等方法。城市平面控制网的首级网应与国家平面控制网联测。

### (3) 小区域平面控制网

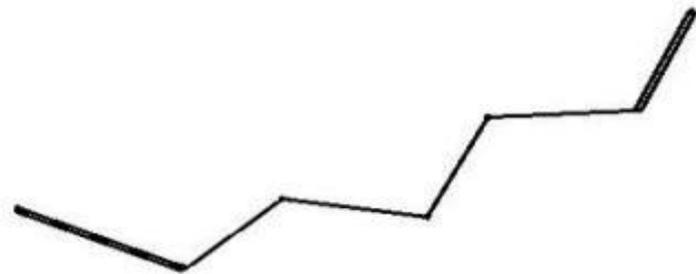
在小于 $10 \text{ km}^2$ 范围内建立的控制网，称为小区域控制网。在这个范围内，水准面可视为水平面，采用平面直角坐标系计算控制点的坐标，不需将测量成果归算到高斯平面上。

## 2. 平面控制网的测量方法

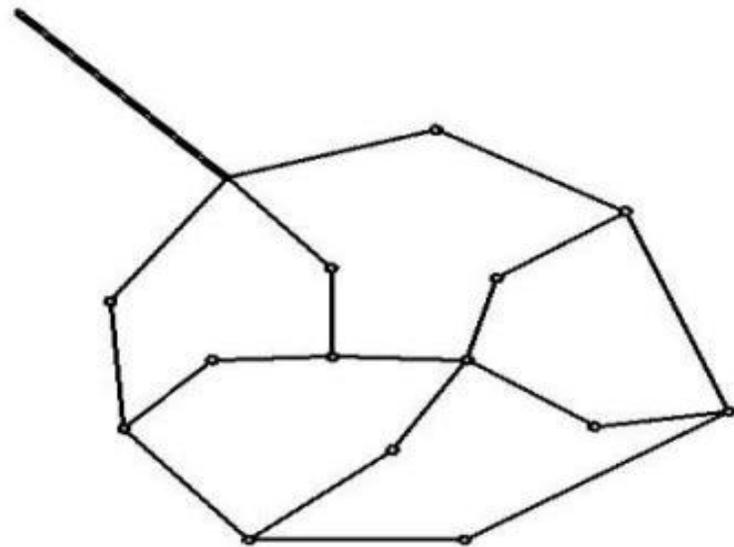
建立平面控制网的方法有**导线测量**、**三角测量**和**GNSS测量**。

### (1) 导线测量

导线测量是平面控制测量的一种常用的方法。所谓导线就是将测区内的相邻控制点连成一系列的折线。构成导线的控制点称为导线点，折线称为导线边。



(a)



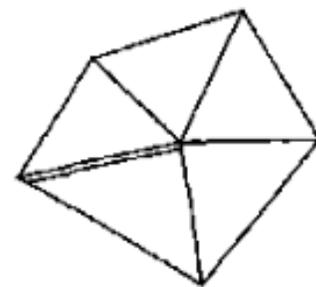
(b)

## (2) 三角测量

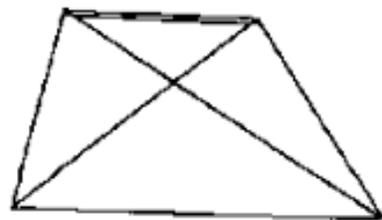
三角测量是在地面上选择若干有控制意义的控制点组成一系列三角形，观测三角形中的内角，并精密测定起始边的边长和方位角，计算各个三角形的边长，再根据起始点坐标、起始方位角和各边边长，采用一定的方法推算出各三角点的平面坐标。



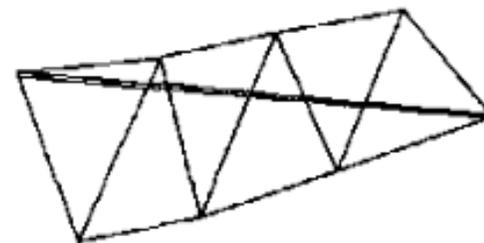
单三角锁



中心多边形



大地多边形



线型多边形

### (3) GNSS测量

在测区范围内，选择一系列控制点，彼此之间可以通视也可以不通视，在控制点上安置 GNSS接收机，接收卫星信号,通过一系列解算及数据处理，求得控制点的坐标，这种测量方法称为 GNSS测量。GNSS测量具有速度快，精度高，全天候，不需要点间通视，不用建立观测觇标，能同时获得点的三维坐标等特点。

拓展提升

- 1.什么叫控制测量？它分为哪两部分？
- 2.试述我国平面控制网的布设原则。
- 3.建立平面控制网的方法有哪些？

### 任务描述

导线测量是平面控制测量的一种常用的方法，常应用在工程建设、城市建设的平面控制和地形测图的平面控制。由于导线的布设不受地形条件的限制，布设灵活、平差计算比较简单，使导线测量的使用越来越广泛，如在平坦隐蔽地区以及城市和建筑区，布设导线则既方便，又能提高作业速度。因此，导线测量是目前平面控制测量中主要的常用方法。

### 任务目标

- 1.掌握导线的概念。（重点）
- 2.掌握导线几种布设形式的特点。（重点）
- 3.了解导线测量的主要技术要求。（重点）

### 任务实施

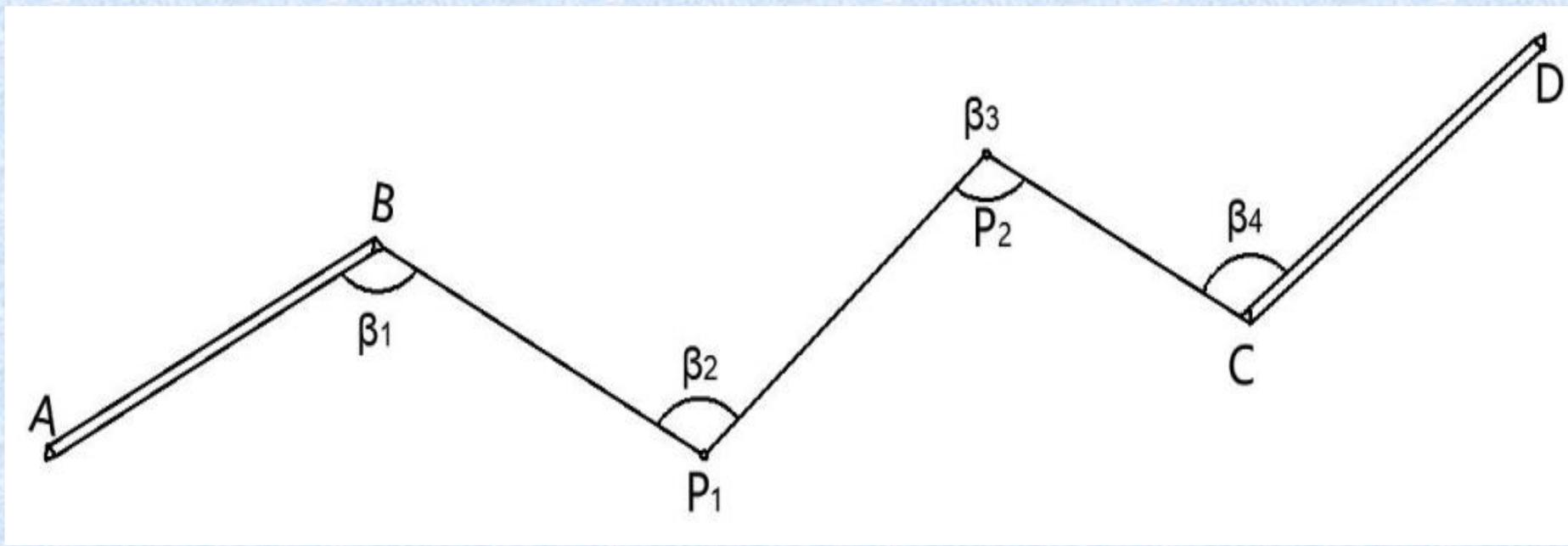
### 一、理解导线的概念

导线是由若干条直线连成的折线，每条直线叫做导线边，相邻两直线之间的水平角叫做转折角。导线测量就是用测量仪器测定各转折角和各导线边长及起始边的方位角，根据已知数据和观测数据计算导线点坐标的工作。根据不同的情况和要求，导线可以布设为**附合导线**、**闭合导线**和**支导线**三种形式。

### 二、掌握导线的布设形式

#### (一) 附和导线

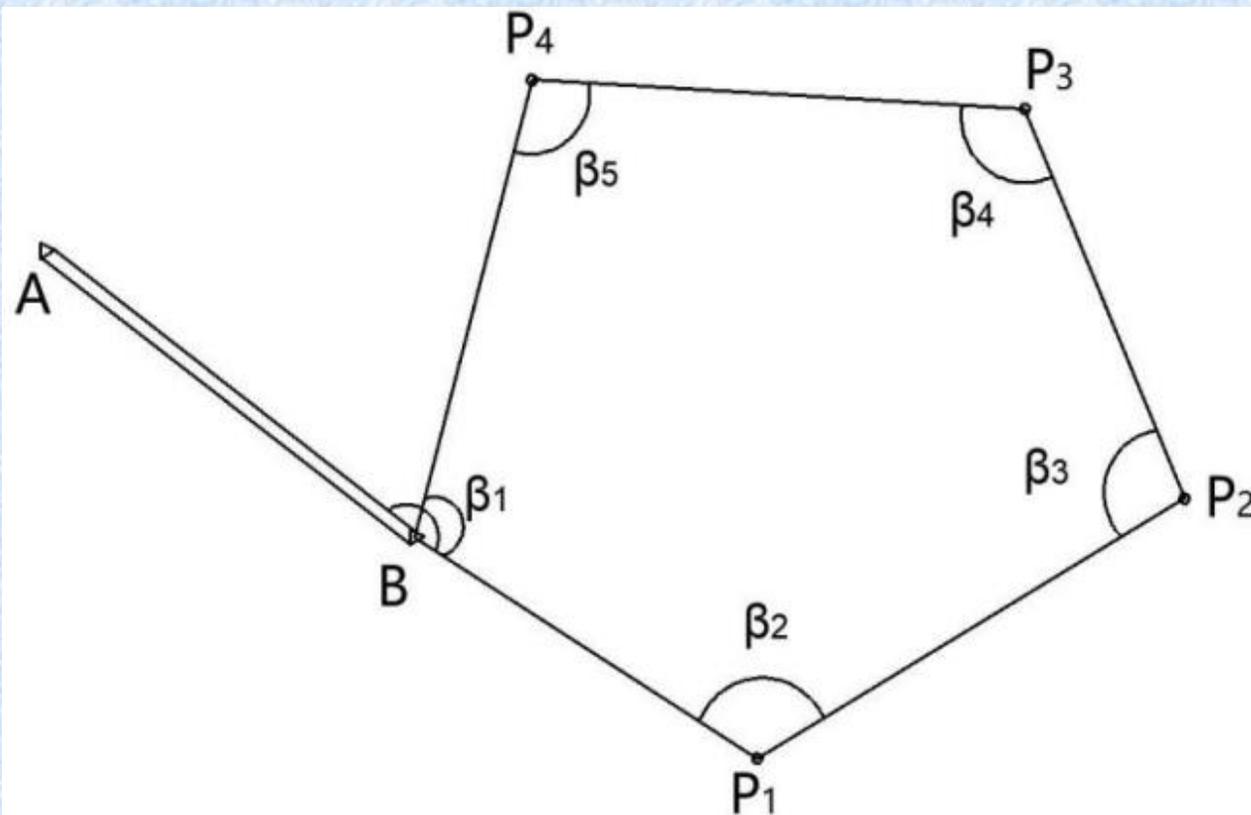
布设在两个已知控制点之间的导线即从一个高级的控制点出发，经过若干个控制点以后，附和到另一个已知高级的控制点上，这种导线的形式称为附和导线。如图5-2-1所示，导线起始于两个已知控制点A、B，而终止另两个已知控制点C、D。



## 任务5-2 掌握导线测量基本知识

### (二) 闭合导线

由一已知点出发,最后仍回到这一点而形成一个闭合多边形的导线称为闭合导线。如图5-2-2所示,由已知控制点B开始测量,经过P1、P2、P3、P4,然后闭合回到原点B。由于闭合导线没有相应的检校条件,则可靠性较差,在实际工作中应避免单独使用。



## 任务5-2 掌握导线测量基本知识

(三) **支导线**由一已知点出发，既不**附和**也不闭合于一已知点的导线称为支导线。如图5-2-3所示，从一个已知控制点**B**出发，既不**附和到**另一个控制点，也不回到原来的始点**B**。由于支导线没有检核条件，故一般只限于地形测量的图根导线中采用。

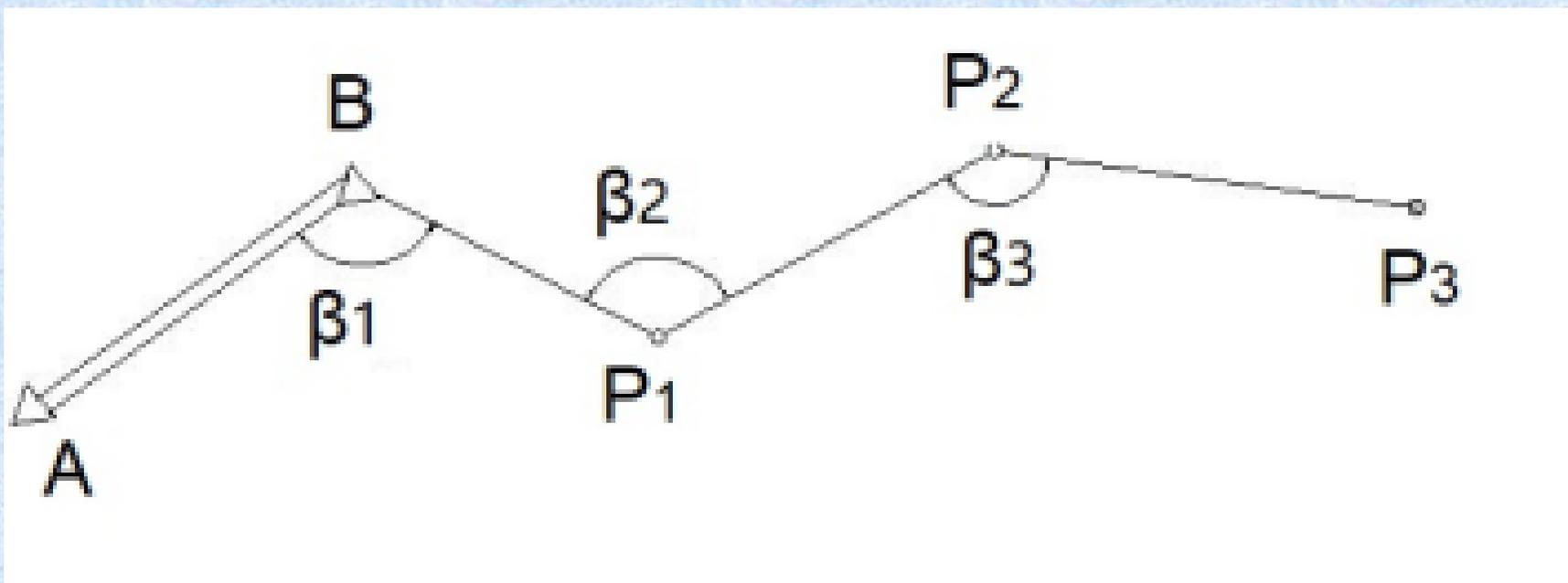


图5-2-3 支导线

## 三、知道导线测量的主要技术要求

表 5-2-1 导线测量的主要技术要求

等级	导线长度 (km)	平均边长 (km)	测角 中误差 (")	测距 中误差 (mm)	测距相 中误差	测回数			方位角 闭合差 (")	导线全长 相对闭合 差
						DJ1	DJ2	DJ6		
三等	14	3	1.8	20	$\leq$ 1/150000	6	10	—	$3.6\sqrt{n}$	$\leq$ 1/55000
四等	9	1.5	2.5	18	$\leq$ 1/80000	4	6	—	$5\sqrt{n}$	$\leq$ 1/35000
一级	4	0.5	5	15	$\leq$ 1/30000	—	2	4	$10\sqrt{n}$	$\leq$ 1/15000
二级	2.4	0.25	8	15	$\leq$ 1/14000	—	1	3	$16\sqrt{n}$	$\leq$ 1/10000
三级	1.2	0.1	12	15	$\leq$ 1/7000	—	1	2	$24\sqrt{n}$	$\leq$ 1/5000

### 拓展提升

1. 什么是闭合导线？
2. 可采用哪种方式测量转折角？

### 任务描述

本任务主要介绍导线测量外业工作程序和内容，即在作业前应首先作出导线的整体布置设计，然后到野外踏勘。设计方案经踏勘证实符合实地情况，或作了必要的修改后，即可到实地选定各点的位置，并标定或埋设标石，之后可根据这些标点进行测角和量边工作，这就是导线测量的外业工作。

### 任务目标

- 1.掌握导线测量外业工作内容
- 2.掌握导线测量工作步骤。（难点）



### 一、掌握导线测量的外业工作

导线测量的外业包括踏勘选点、造标埋石、测角、测边、连测。

#### 1.1、学会踏勘选点

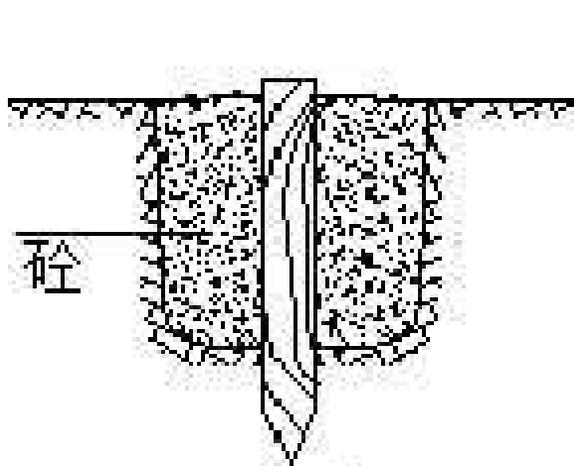
选点的原则为：

1. 导线点应选在土质坚实、便于安置仪器以及保存标志的位置。
2. 相邻导线点间应互相通视，地形平坦，便于观测水平角和测量边长。
3. 导线点应选在地势较高，视野开阔的地点，以便于碎部测量。
4. 导线点应均匀分布在测区内，导线边长应大致相等，避免前后边长相差太大。一般情况下，边长应不大于350m，也不宜小于50m

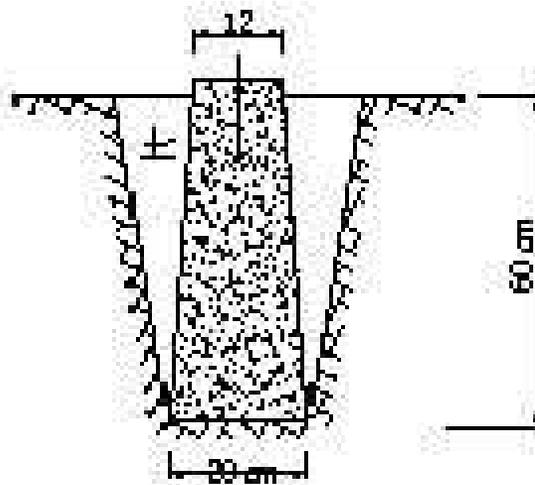
## 1.2、了解造标埋石



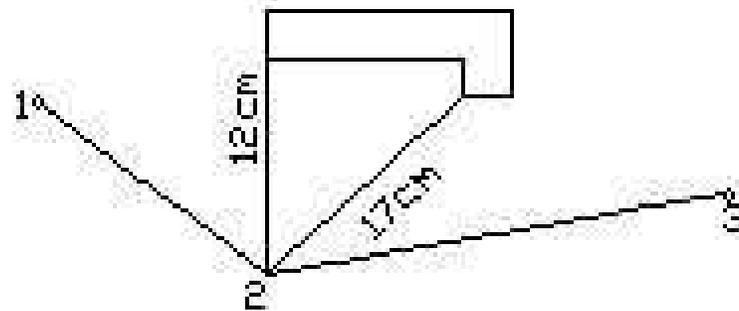
导线点选定后，应在地面上埋设导线点标志，要在每一点位上打一木桩，桩顶钉一小铁钉或划“+”作点的标志，作为临时测量标志；对于要长期保存导线点应埋设混凝土标石（如图5-3-1（a）（b））。所有导线点的标志都应依次进行编号。为了方便于寻找，应绘出导线点与附近的地物或明显固定点之间的关系草图，并详细注明尺寸，称为点之记，如图5-3-1(C)所示。



(a)



(b)



(c)

## 任务5-3 掌握导线测量外业工作

**1.3 掌握转折角观测** 转折角的观测一般采用测回法进行观测。当导线点上观测的方向数多于3个时，应采用方向观测法进行，各测回间应按测量规范进行水平度盘配置。

城市导线测量的主要技术要求

等级	导线长度 /km	平均边长 /km	测角中误差 /"	测距中误差 (mm)	测回数			方位角闭合差/"	导线全长相对闭合差
					DJ1	DJ2	DJ6		
三等	15	3	±1.5	±18	8	12	-	$\pm 3\sqrt{n}$	1/6000 0
四等	10	1.6	±2.5	±18	4	6	-	$\pm 5\sqrt{n}$	1/4000 0
一级	3.6	0.3	±5	±15	-	2	4	$\pm 10\sqrt{n}$	1/1400 0
二级	2.4	0.2	±8	±15	-	1	3	$\pm 16\sqrt{n}$	1/1000 0
三级	1.5	0.12	±12	±15	-	1	2	$\pm 24\sqrt{n}$	1/6000
图根	≤10m	-	±30	-	-	-	-	$\pm 60\sqrt{n}$	1/2000



**1.4 导线边长观测** 导线边长可采用全站仪测量，如全站仪在测定转折角的同时，可测定导线边的边长。导线边长应对向观测，以增加检核条件。全站仪测量距离时有斜距、高差、平距三种结果，我们采用的边长是水平距离，必要时，还应将其归算到椭球面上和高斯平面上。

## 任务5-3 掌握导线测量外业工作

### 1.5 连测

如图5-3-2所示，导线与基本控制点连接，必须观测连接角  $\beta_7$ 、 $\beta_8$  及连接边  $BP_1$  的边长  $D_{BP_1}$ ，以传递坐标方位角和坐标。

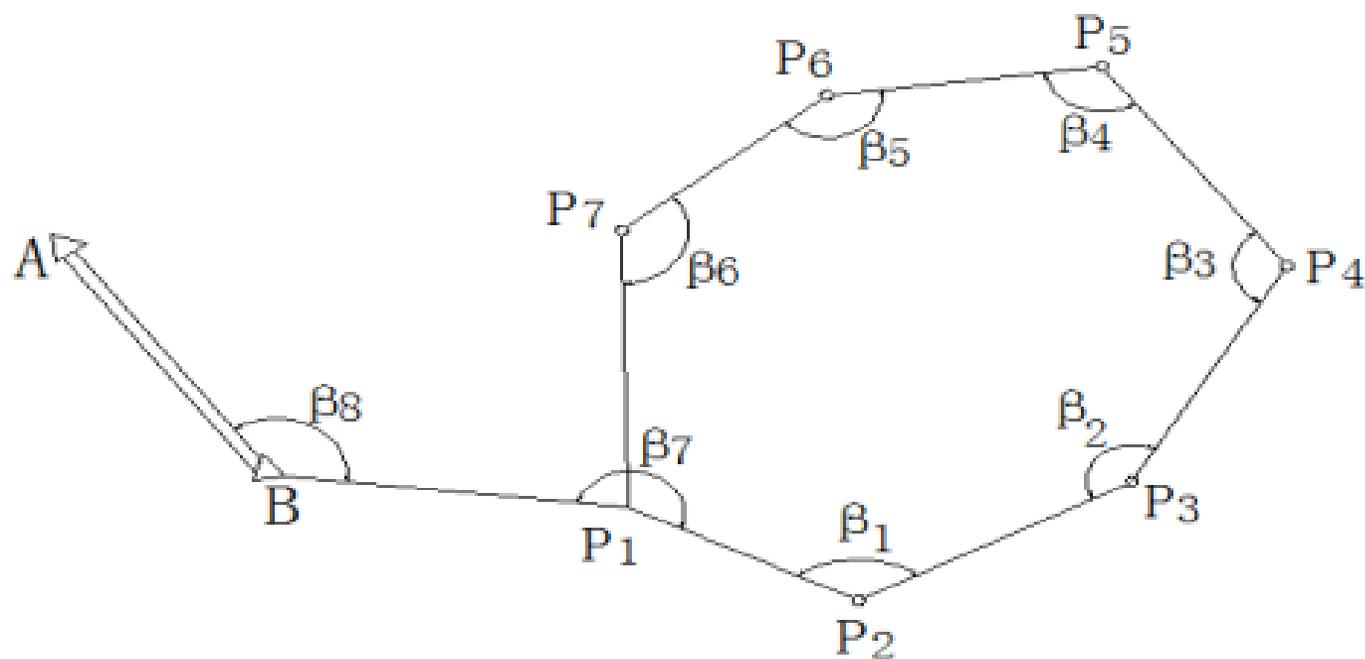


图 5-3-2 导线连测

## 三、知道导线测量的技术要求

采用电磁波测距方法布设平面控制网的主要技术指标见表5-3-2。  
水平角方向观测法的技术要求

等级	仪器精度等级	光学测微器两次重合读数之差(")	半测回归零差(")	一测回内 2C 互差(")	同一方向值各测回较差(")
四等及以上	1"级仪器	1	6	9	6
	2"级仪器	3	8	13	9
一级及以下	2"级仪器	—	12	18	12
	6"级仪器	—	18	—	24



## 拓展与提高

1. 导线测量的外业工作有哪些内容？
2. 导线点的选择有哪些原则？

# 任务5-4 掌握闭合导线测量内业计算



## 任务描述

导线测量内业计算的目的是求得各导线点的坐标。计算前，应对导线测量外业记录进行全面检查，核对起算数据是否准确，并绘制略图，把各项数据标注在图上相应的位置。因闭合导线、附和导线、支导线的原理和情况不同，数据处理也略有不同，本任务的内容主要讲解闭合导线的内业计算。

### 任务目标

1. 掌握闭合导线测量内业计算的步骤。（重点）
2. 熟练掌握角度闭合差、导线全长闭合差的概念。（难点）
3. 掌握角度闭合差改正数、导线全长闭合差改正数的计算。  
（重点与难点）

任务实施

## 一、掌握角度闭合差的计算与角度改正

1. 角度闭合差根据内角和原理，n边形内角和的理论：

$$\sum \beta_{理} = (n - 2) \times 180^\circ$$

由于测角误差，使得实测内角和与理论值不符，其差称为角度闭合差，以  $f_\beta$  表示，即

$$f_\beta = \sum \beta_{测} - \sum \beta_{理} = \sum \beta_{测} - (n - 2) \times 180^\circ$$

## 2. 判断闭合差是否超限并进行改正

根据精度等级的要求（参照表5-3-2中“方位角闭合差”栏），当  $f_{\beta} \leq f_{\beta容}$  时，可进行闭合差调整，将  $f_{\beta}$  以相反的符号平均分配到各观测角去。其角度改正数为

$$v_{\beta} = -\frac{f_{\beta}}{n} \quad (5-4-3)$$

$$\text{角度改正数} = -\frac{\text{角度闭合差}}{\text{内角的个数}}$$

当  $f_{\beta}$  不能整除时，则将余数凑整并分配到短边大角上去。改正后的角度值为：

$$\beta_i = \beta_i' + v_{\beta} \quad (5-4-4)$$

$$\text{改正后角度值} = \text{角度观测值} + \text{角度改正数}$$

调整后的角度值必须满足： $\sum \beta = (n-2) * 180^{\circ}$ ，否则表示计算有误。

注意：连接角不需改正！

### 二、掌握各边坐标方位角推算



导线各边方位角即可按公式推算： $\alpha_{\text{前}} = \alpha_{\text{后}} + \beta_{\text{左}} \pm 180^\circ$        $\alpha_{\text{前}} = \alpha_{\text{后}} - \beta_{\text{右}} \pm 180^\circ$

依次计算各边，直到回到起始边。经校核无误，方可继续往下计算。

 三、掌握坐标增量及导线全长闭合差计算1. 坐标增量的计算此时，已知导线边长和坐标方位角，根据坐标增量公式，可以计算导线点的坐标。

$$\Delta X_{AB} = D_{AB} \times \cos \alpha_{AB}$$

$$\Delta Y_{AB} = D_{AB} \times \sin \alpha_{AB}$$

$$X_B = X_A + \Delta X_{AB} = X_A + D_{AB} \times \cos \alpha_{AB}$$

$$Y_B = Y_A + \Delta Y_{AB} = Y_A + D_{AB} \times \sin \alpha_{AB}$$

 2. 坐标增量闭合差的计算根据闭合导线的网形，由导线边长和方位角计算出来的纵、横坐标增量，其代数和的理论值应为零，即

$$\begin{aligned}\sum \Delta X_{\text{理}} &= X_{\text{终}} - X_{\text{始}} = 0 \\ \sum \Delta Y_{\text{理}} &= Y_{\text{终}} - Y_{\text{始}} = 0\end{aligned}$$

由于测量导线边长误差和改正角值的残余误差，导致计算的纵坐标总和 $\sum \Delta x_{\text{测}}$ 和横坐标总和 $\sum \Delta y_{\text{测}}$ 不为零，与理论值之差，称为坐标增量闭合差，即

$$f_x = \sum \Delta x_{\text{测}} - \sum \Delta x_{\text{理}} = \sum \Delta x_{\text{测}}$$

$$f_y = \sum \Delta y_{\text{测}} - \sum \Delta y_{\text{理}} = \sum \Delta y_{\text{测}}$$

## 任务5-4 掌握闭合导线测量内业计算

3. 导线全长闭合差的计算由于  $f_x$ 、 $f_y$  的存在，使得导线不闭合而产生的  $f$ ，称为导线全长闭合差，即  $f$

$$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$$

$f$  值与导线长短有关。通常以全长相对闭合差  $k$  来衡量导线的精度。即

$$K = \frac{f}{\sum D} = \frac{1}{\frac{\sum D}{f}}$$

当导线全长相对闭合差  $k$  在容许值（参照表5-3-2中“导线全长相对闭合差”栏），当  $k \leq k_{容许}$  时，可进行闭合差调整。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：  
<https://d.book118.com/288002044055006075>