

广东创新科技职业学院建筑工程系

# 建筑工程 测量

# 学习“工程测量”

测量科学技术在国民经济建设和社会可持续发展以及国防建设中的重要地位不断提高，应用不断扩大。 ----宁津生

## 课程的性质

工程测量，土木工程测量。专业基础课；土木工程等专业的基本技术；工程建设的主要导向技术。

## 学习的方法

理论教学、实验教学、实习教学。根据理论教学需要开展实验教学，完成必要的作业；实习教学将作为独立课程在理论教学之后进行。通过理论教学、实验教学、实习教学达到掌握工程测量技术的目的。

## 学习的目的

努力学习，刻苦训练，真正掌握土木工程测量技术，为工程建设服务。

# 课程目标

## （一）能力目标

- 1、使学生具有水准仪、经纬仪、全站仪三种基本测量仪器的使用和检验及校正能力。
- 2、了解测绘新技术在建筑工程测量中的应用及发展动向。
- 3、能正确选用测量器具和测量方法进行建筑施工中的测量放线工作。
- 4、通过学习，获取测量工（中、高级）职业资格证书。

## （二）知识目标

- 1、了解测量的基础知识。
- 2、掌握仪器基本构造及操作方法。
- 3、熟练掌握高程测量方法、水平角度测量方法、距离测量的方法。
- 4、熟练掌握高程测设方法、水平角度测设方法、距离测设的方法。
- 5、掌握民用建筑施工测量内容，熟悉工程施工测量实施步骤及方法。
- 6、熟悉测量工作原则。
- 7、熟悉施工测量规范。
- 8、了解地形图测绘的方法。

## （三）素质目标

- 1、培养学生细致严谨、一丝不苟的工作作风和学习态度。
- 2、培养学生敬业爱岗思想，加强职业道德意识。
- 3、培养学生团队协作精神。

# 本书主要章节及内容

测量的基本内容

地形测量

建设工程测量

水准测量

角度测量

距离测量与直线定向

测量误差

控制测量

地图与地形图的测绘

地图与地形图的应用

民用建筑施工测量

工业建筑施工测量

建筑物的变形观测

# 单元一 测量基础知识

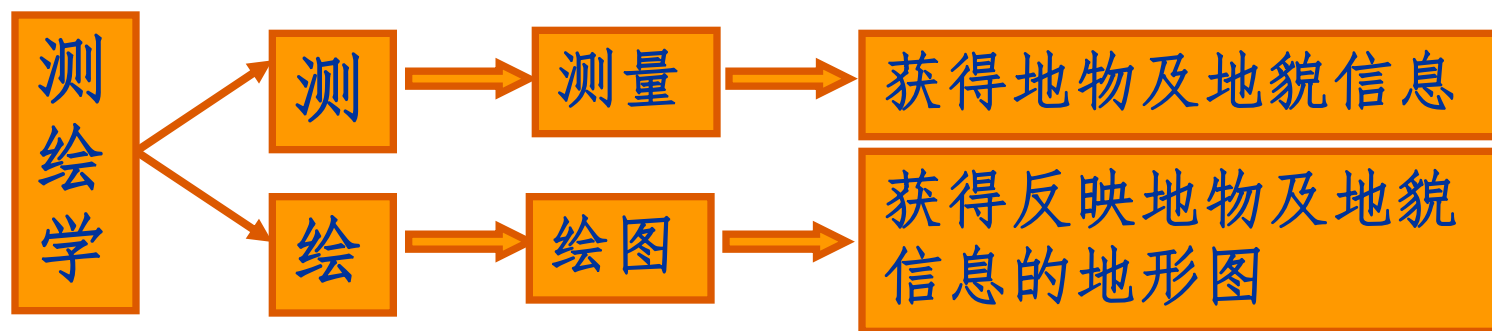
## 学习目标：

- **测量学基本概念**：测绘学、测绘工程学及测量学的定义和研究内容，在国民经济建设中应用。
- **地面点定位**：定位技术过程（测绘、测设），定位元素，定位工作原则。
- **坐标系统及高程系统**：地球形状大小，用水平面替代水准面限度，坐标系统，高程系统。
- **测量误差概述**

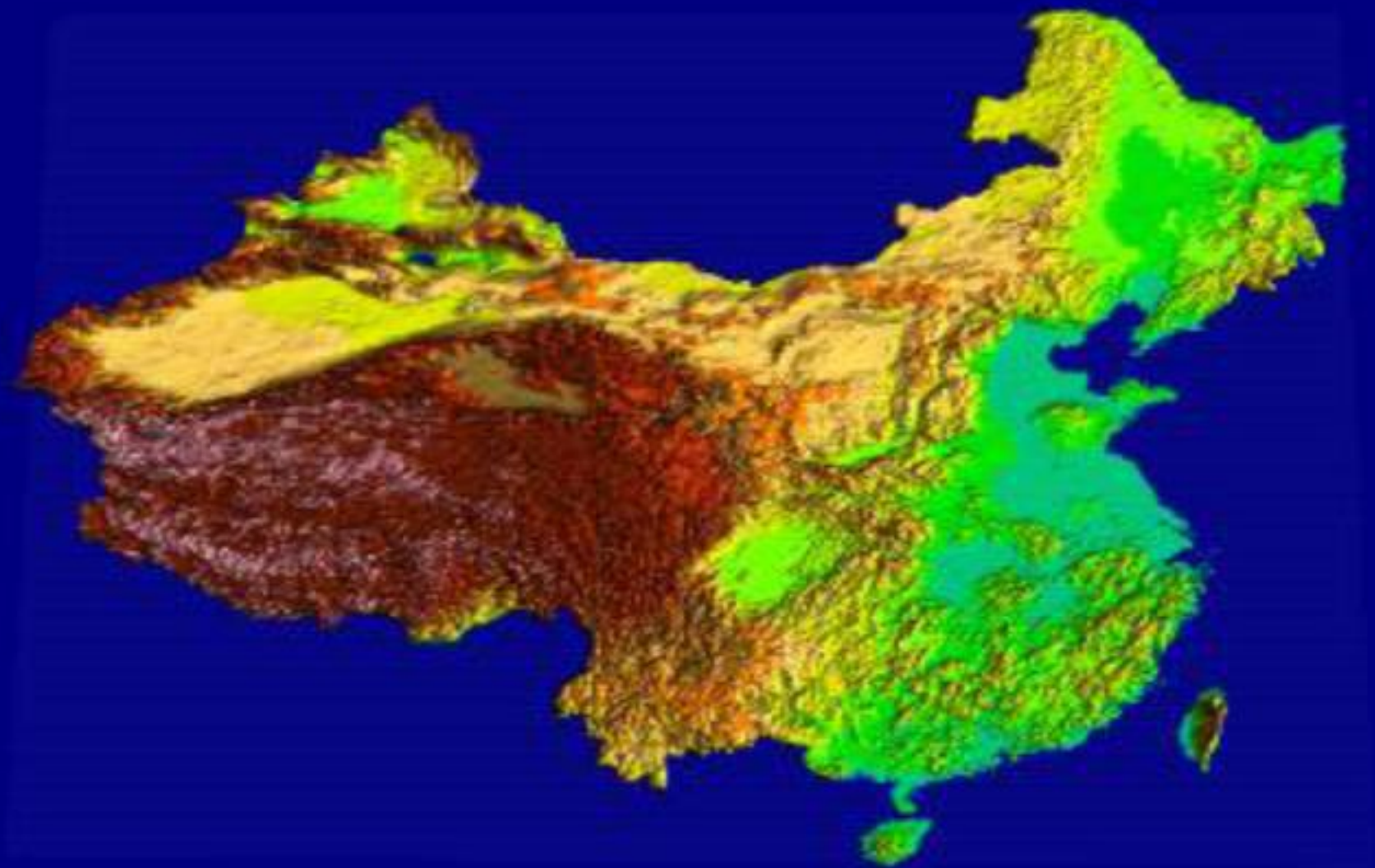
# 任务1 建筑工程测量的任务与作用

## 一、什么是测量学

**测量学**研究地球表面局部地区内测绘工作的基本理论、技术、方法及应用。也称为**测绘学**。







中国三维地形图

☀ 显示标注 显示路名 显示路线 地图选择: 航拍图 三维图 地图缩放: 1X 2X 4X 8X



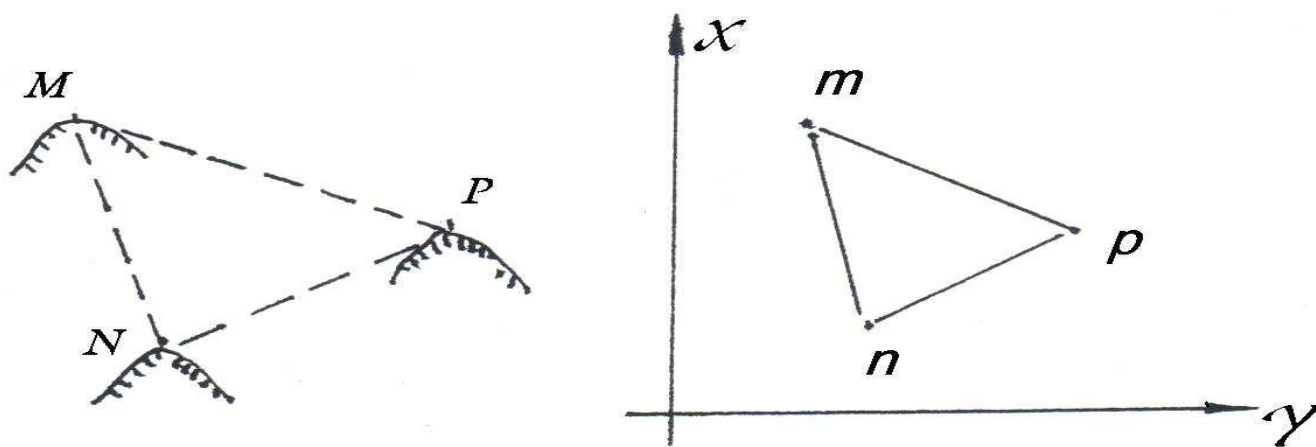
南宁市三维地图

NN CITY 2006

## 二、测量学的任务

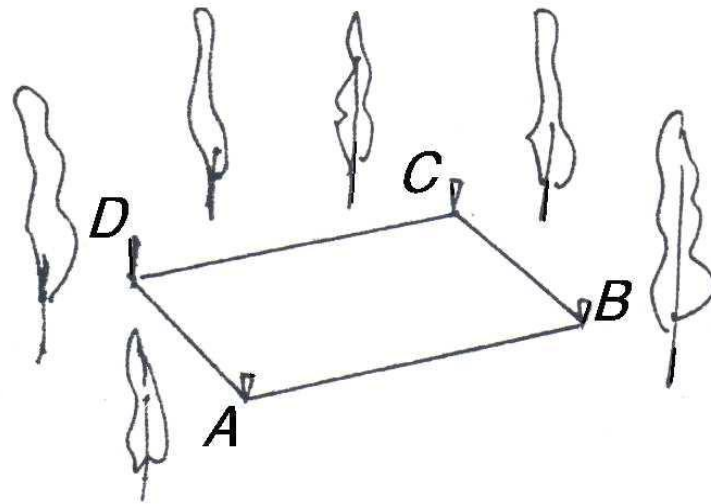
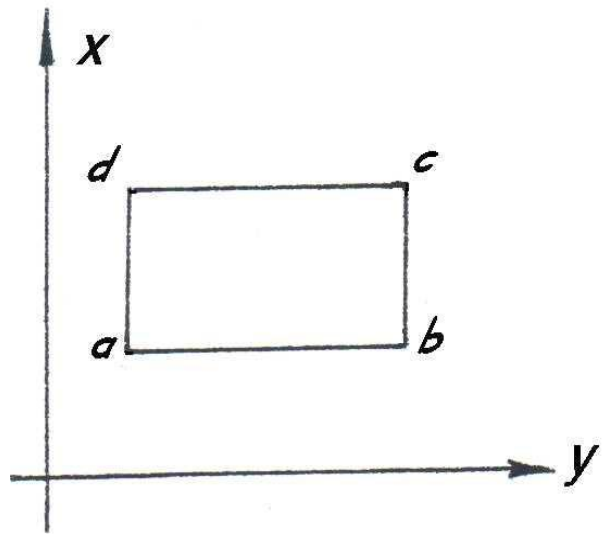
### 测定（测量）

指使用测量仪器和工具，通过测量和计算，得到一系列测量数据，或把地球表面的地形缩绘成地形图。

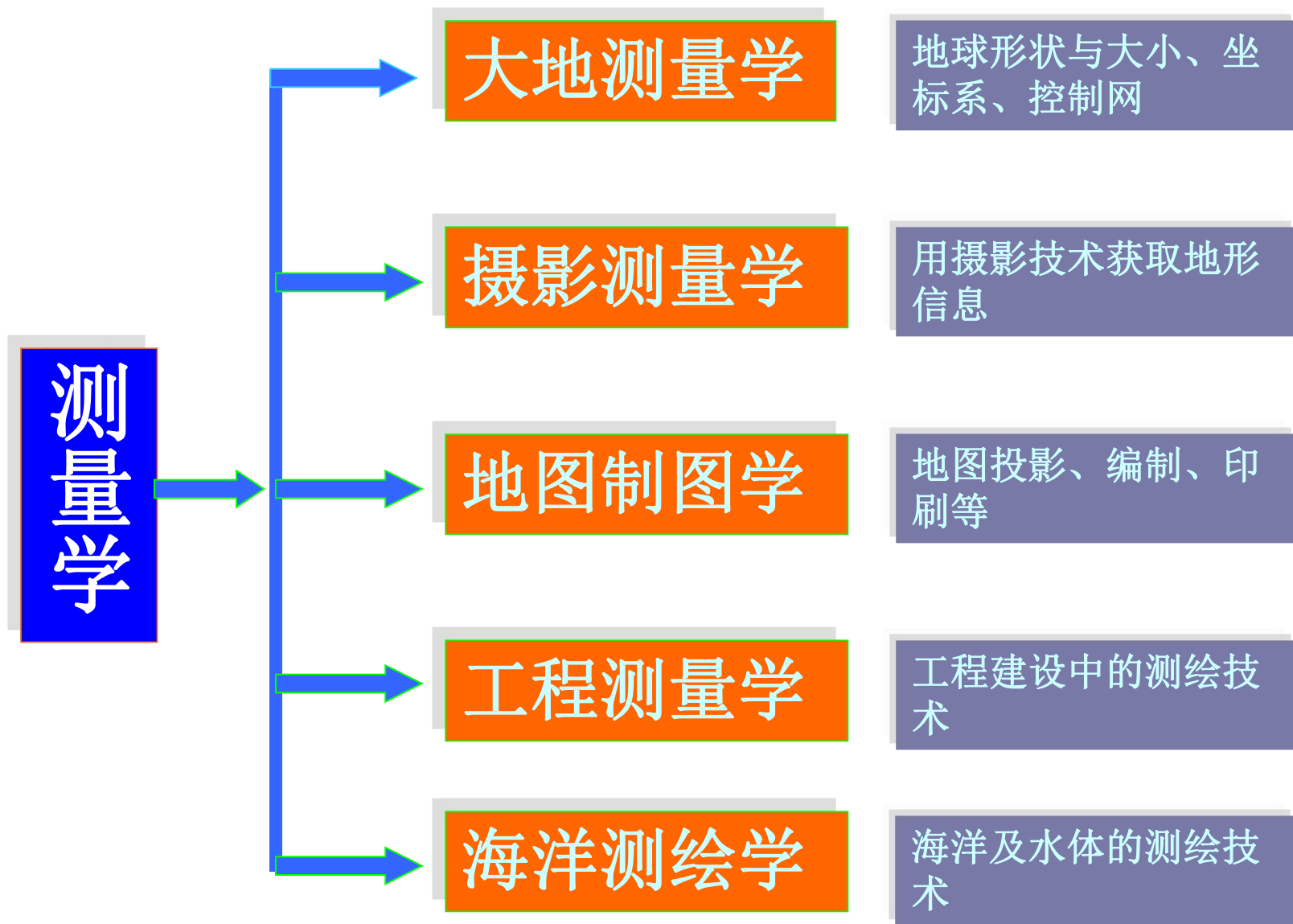


## 测设（放样）

把图纸上规划设计好的建筑物和构筑物的位置在地面上标定出来，作为施工的依据，或称为工程放样，简称放样。

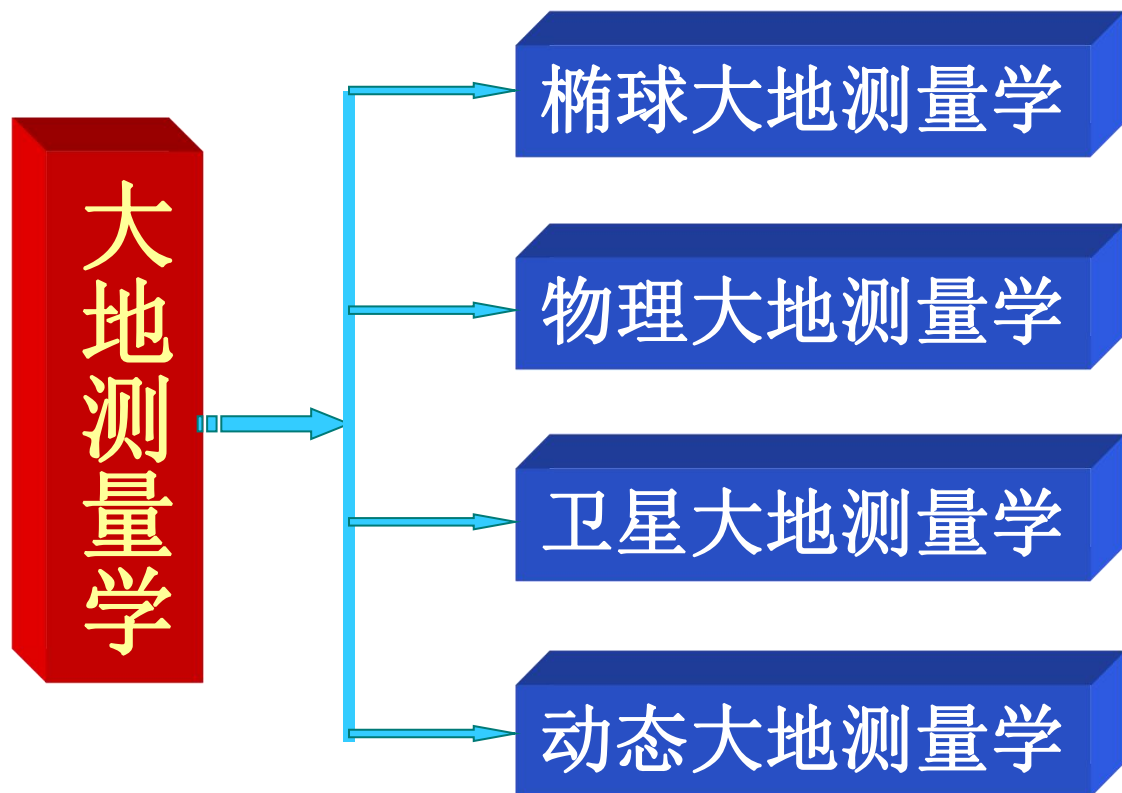


### 三、 测量学的学科分支



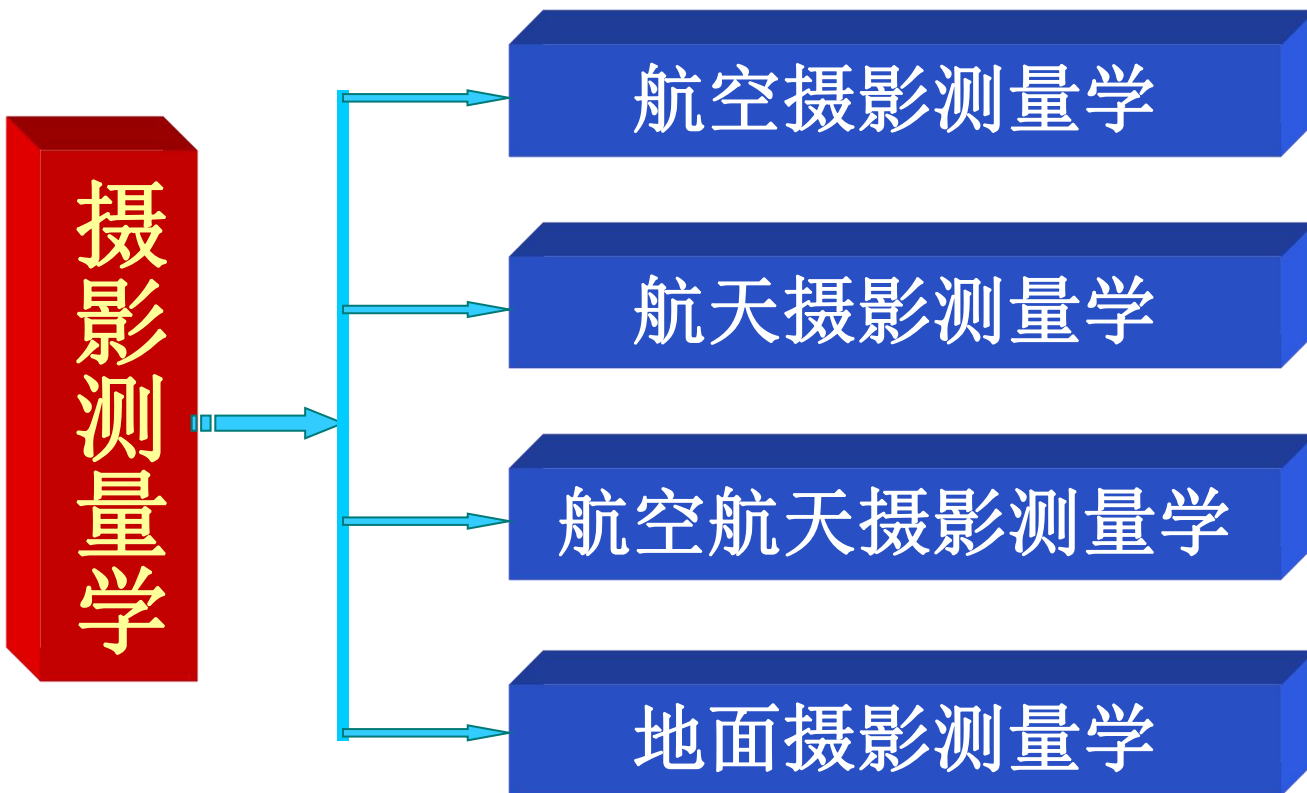
## ● 大地测量学 (geodesy)

研究地球的形状、大小和重力场，测定地面点几何位置和地球整体与局部运动的理论和技术的学科。



## ● 摄影测量学（photogrammetry）

研究利用摄影或遥感的手段获取目标物的影像数据，从中提取几何的或物理的信息，并用图形、图像和数字形式表达测绘成果的学科。



# 遥感影像



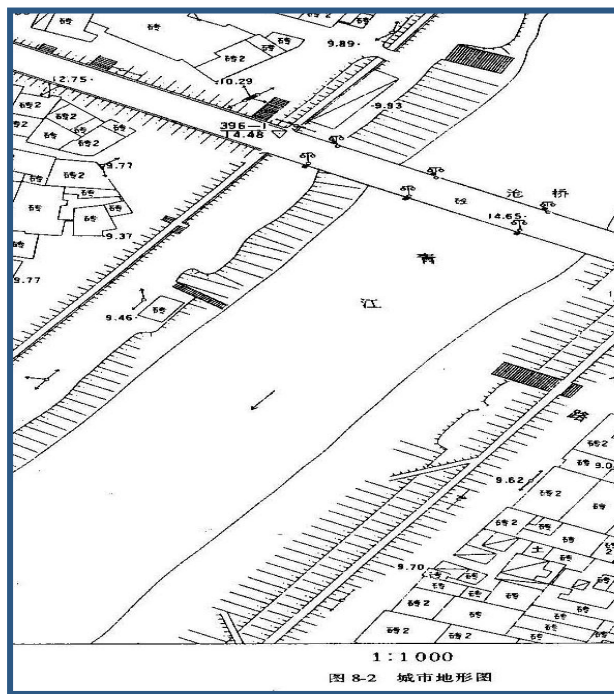
# ● 工程测量学 (engineering surveying)

研究在工程建设和自然资源开发各个阶段进行测量工作的理论和技术的学科。



# ● 地图制图学 (cartography)

研究模拟地图和数字地图的基础理论、地图设计、地图编制和复制的技术方法及其应用的学科。



# ●海洋测绘学 (hydrography)

研究以海洋水体和海底为对象所进行的测量和海图编制理论和方法的学科。

# ●房地产测绘

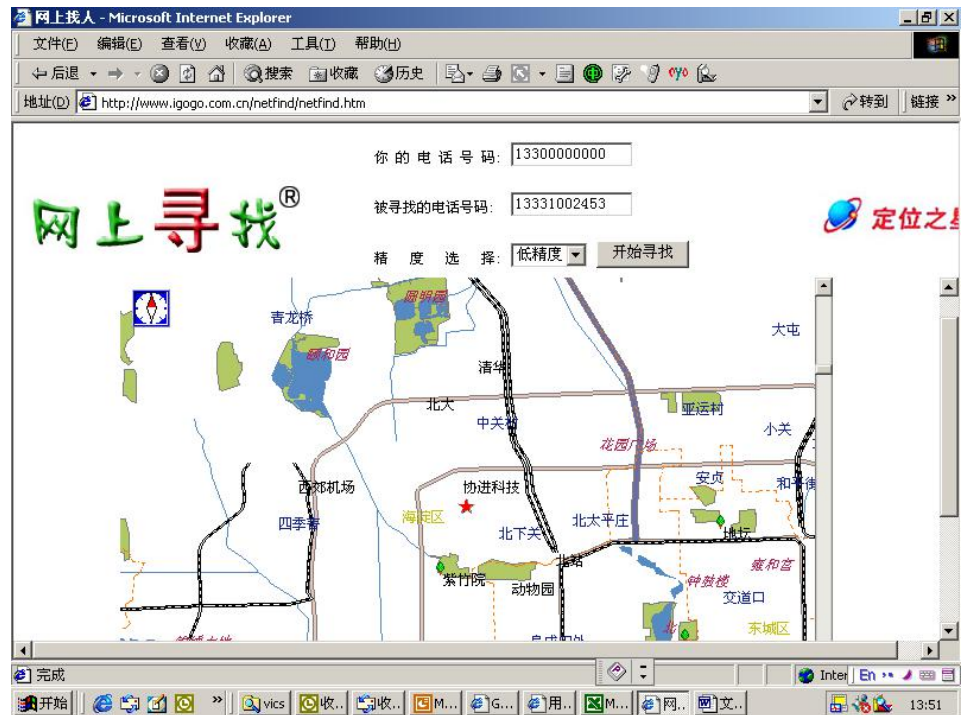
是测绘与产籍管理业务相结合的专业测量。



# 地理信息系统

## GIS (Geographical Information System)

GIS是以地理空间数据库为基础，采用地理模型分析方法，适时提供多种空间的和动态的地理信息，为地理研究和地理决策服务的计算机技术系统。



# GPS全球定位系统（Global Positioning System）

研制期：上世纪70年代～1994；

组 成：（1）GPS卫星星座；

（2）地面监控系统；

（3）用户设备。

特 点：

全天候；高精度；自动化、高效益。

应 用：

（1）大地测量、工程测量、航空摄影测量；

（2）运载工具导航和管制；

（3）地壳运动监测、工程变形监测；

（4）资源勘察、地球动力学等。

# GPS全球定位系统（Global Positioning System）



# GPS全球定位系统的应用



利用GPS对隔河岩大坝  
进全天候自动形变监测

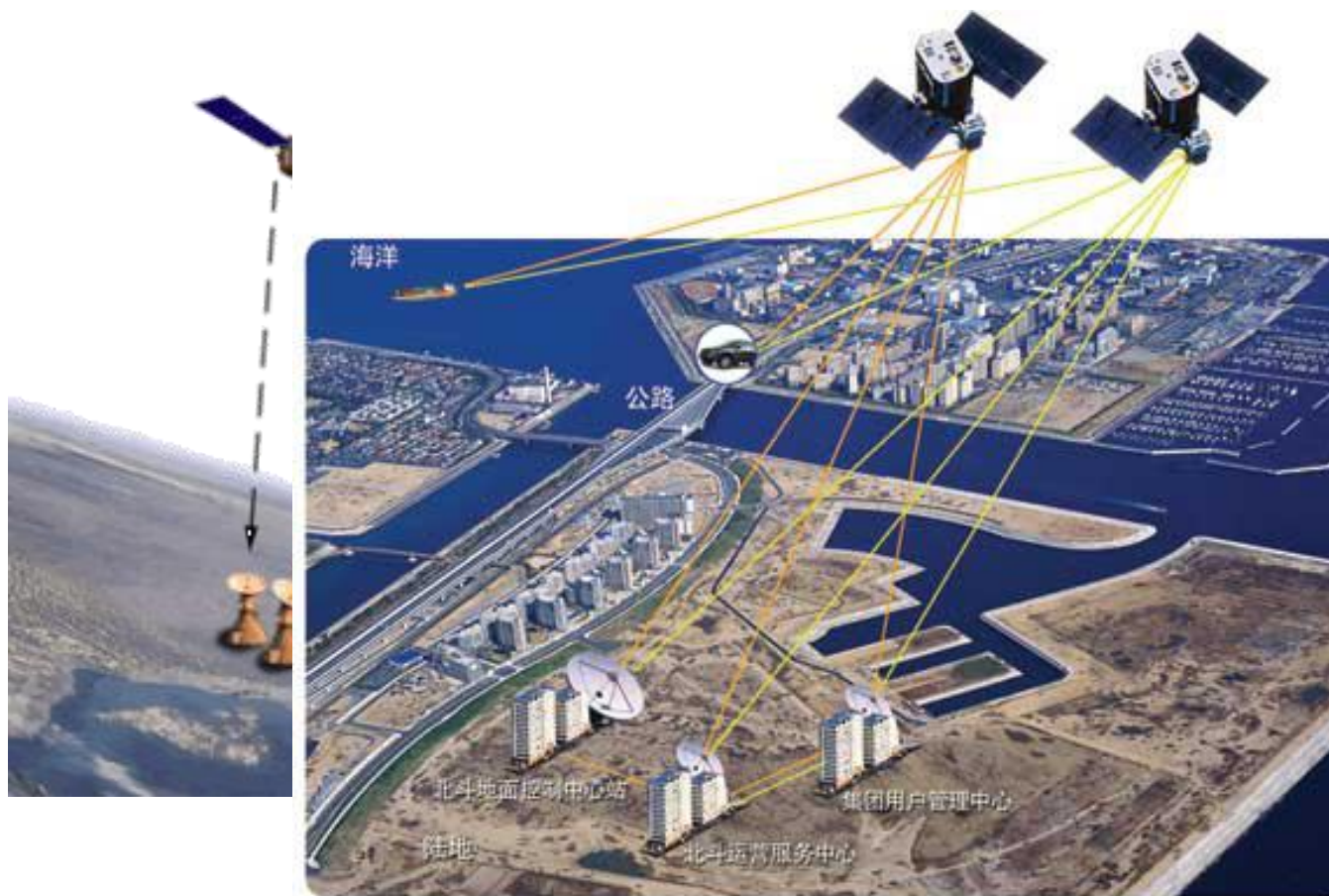
# GAILILEO系统

- 1999年，欧洲提出“伽利略计划”，准备投资36亿欧元，向高度为2.4万公里的太空发射30颗卫星，组成“伽利略”卫星定位系统。欧盟指出，该系统将主要服务于民用，提供误差不超过1米的精确定位服务，2008年完成。
- 另外，美国的GPS只为自己（尤其是军方）提供高精度定位，对其他用户只提供低精度的定位服务，而且美国随时可以关闭这种服务（特别是在战时）。伽利略是完全提供给民用的，定位精度比美国提供的高，不会无故关闭服务。

## “北斗” 导航定位系统

- 北斗卫星导航定位系统，是中国自行研制开发的区域性有源三维卫星定位与通信系统（CNSS），是除美国的GPS、俄罗斯的GLONASS之后第三个成熟的卫星导航系统。
- 系统构成有：地球静止轨道卫星、地面中心站、用户终端。
- 北斗卫星导航定位系统的基本工作原理是“双星定位”。

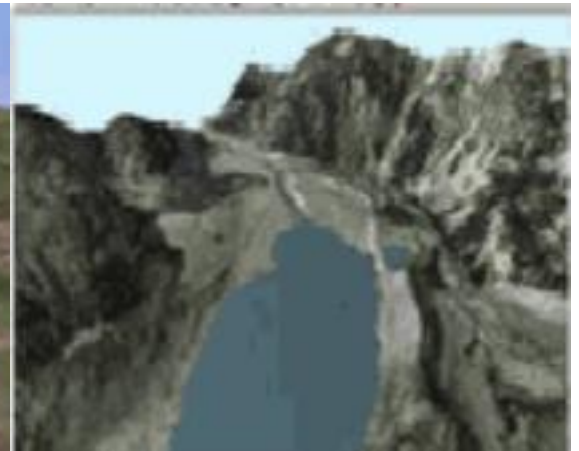
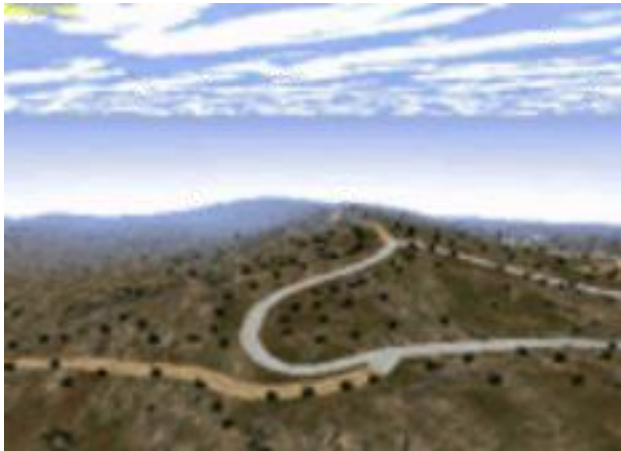
# “北斗” 导航定位系统



## 任务2 地面点位的确定

地球的形状和大小：

- ❖ 不规则曲面；
- ❖ 平均半径6371km；
- ❖ 珠峰8848.43m，马里亚那海沟-11022m，海洋71%。

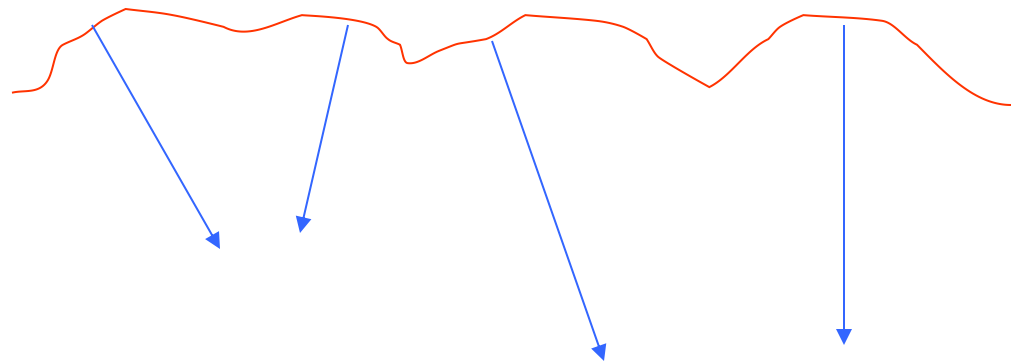
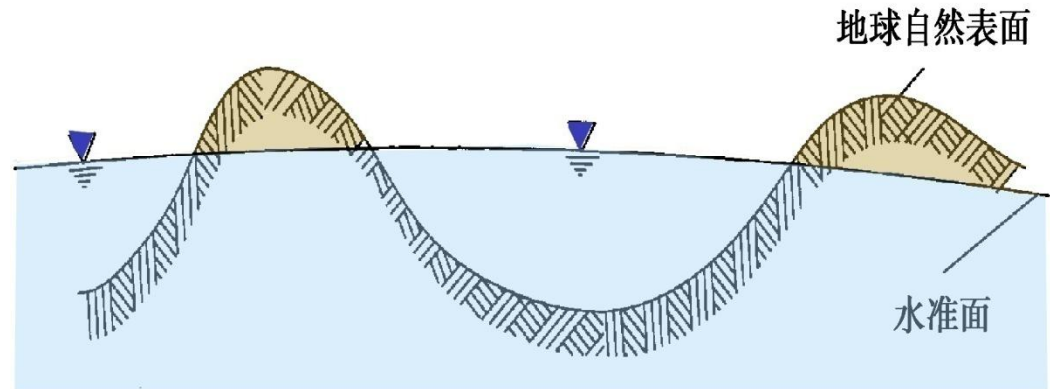


# 一、定位的基准面

## 1、水准面

设想有一个自由平静的海水面，向陆地延伸而形成一个封闭的曲面，我们把就自由平静的海水面称为**水准面**。

水准面是一个处处与重力方向垂直的连续曲面。

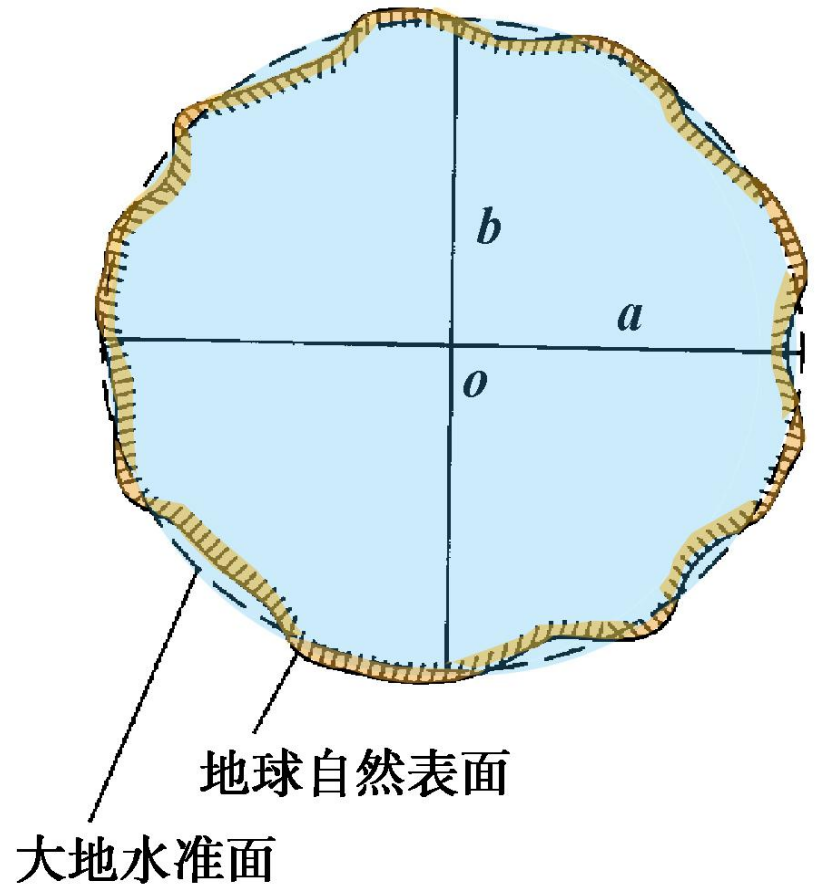


# 一、定位的基准面

## 2. 大地水准面

完整的水准面是被海水包围的封闭曲面。这样的水准面有无数个，其中最接近地球形状和大小的是通过平均海水面的那个水准面，这个唯一而确定的水准面叫大地水准面，也就是**测量的基准面**。

大地水准面包围的地球形状，称为**大地体**。

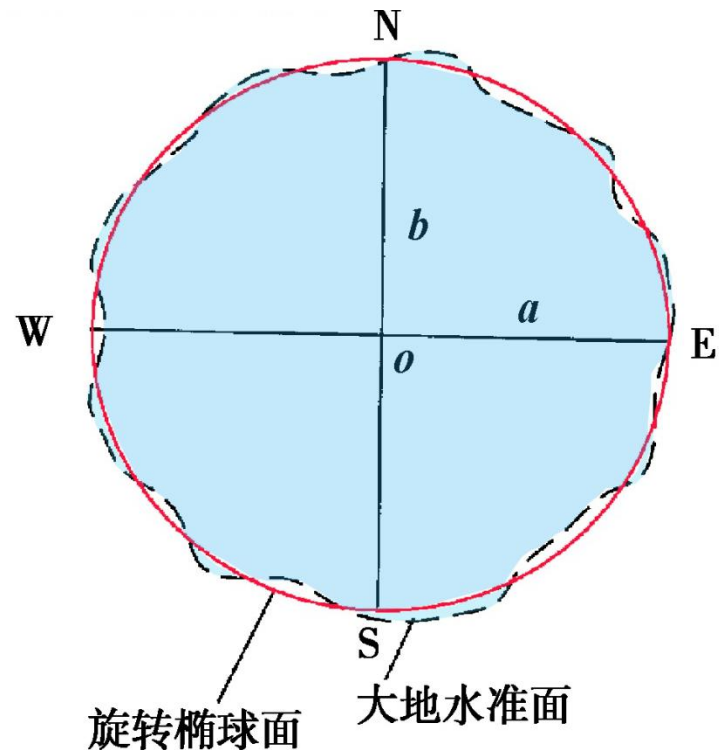


# 一、定位的基准面

## 3. 参考旋转椭球体面

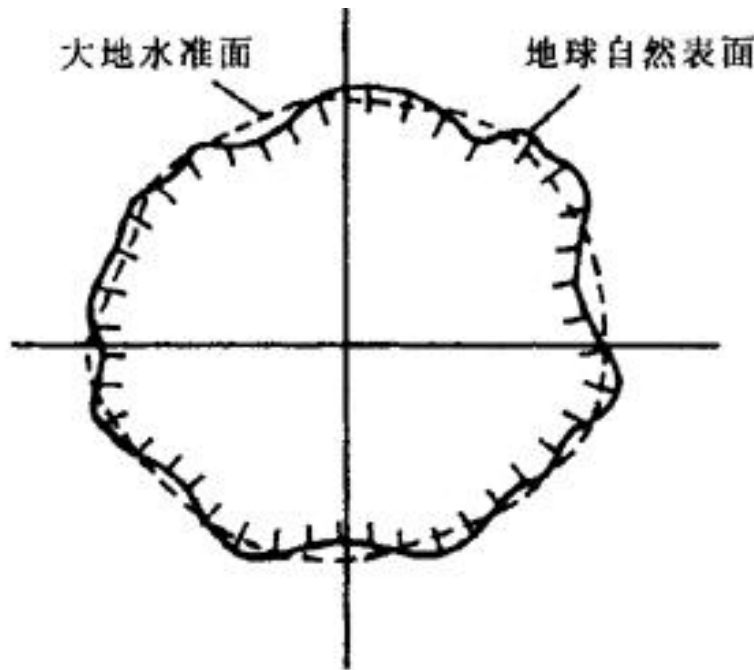
由于地球内部质量分布不均匀，导致地面上各点的重力方向即铅垂线方向产生不规则的变化，因而大地水准面实际上是一个有微小起伏的**不规则曲面**。

在测量上选用椭圆绕其短轴旋转而成的参考旋转椭球体面，作为测量计算的基准面，如右图所示。

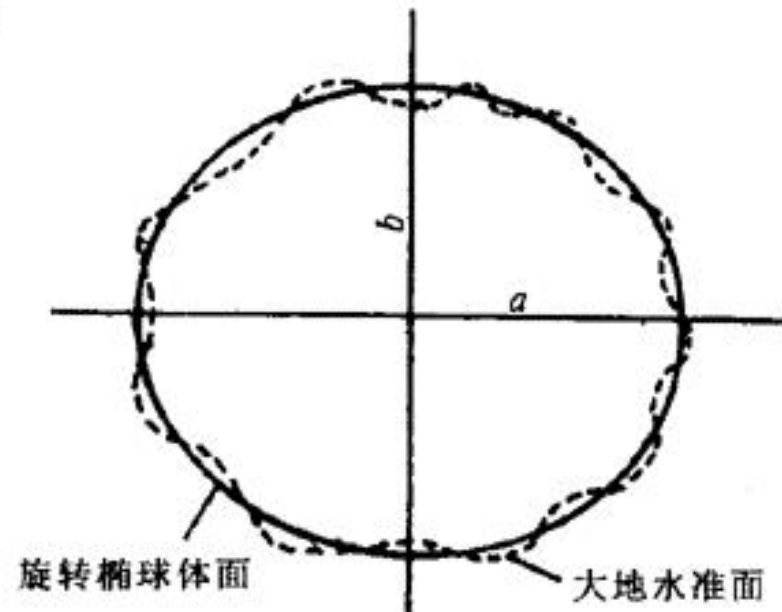


## 参考椭球体

某一国家或地区为处理测量成果而采用与大地体的形状大小最接近，又适合本国或本地区要求的旋转椭球。



(a)



(b)

我国采用的椭球体元素 (IUGG—75) :

$$a = 6\,378\,140\text{m} \quad b = 6\,356\,752\text{m} \quad f = 1/298.257$$

## 二、地面点位的测量坐标系统

主要的坐标系统包括：

### ❖ 大地坐标系

即地理坐标系，用大地经度，大地纬度表示。

### ❖ 空间直角坐标系

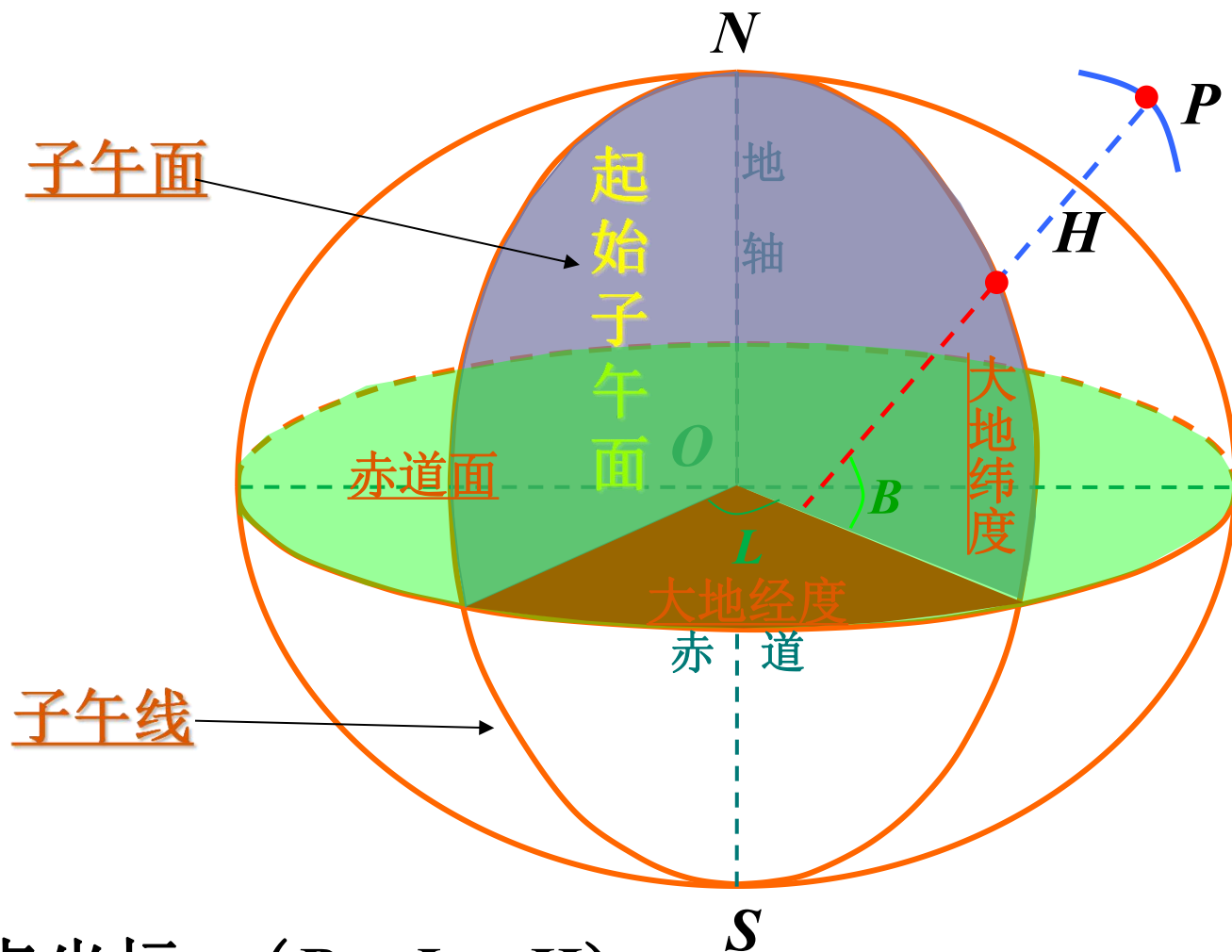
### ❖ 平面坐标系

高斯直角坐标系

工程独立直角坐标系

# 1. 大地地理坐标系

## Geodetic Geographical Reference System



$P$ 点坐标:  $(B, L, H)$

## ● 子午面 (Meridian Plane)

包含椭球体旋转轴的平面。子午面与椭球面的交线为**经线**。

## ● 大地经度 (Geodetic Longitude)

过地面点 P 的子午面与起始子午面间的夹角，用 L 表示。从起始子午面算起，向东为正，由 0 至  $180^\circ$  称为**东经**；向西为负，由 0 至  $180^\circ$  称为**西经**。

## ● 赤道面 (Equatorial Plane)

垂直于椭球体旋转轴，且与椭球的长轴重合的平面。与椭球体旋转轴垂直的平面与椭球面的交线为**纬线**。



## ● 大地纬度（Geodetic Latitude）

过地面点 $P$ 的椭球面法线与赤道面的夹角，用 $B$ 表示。从赤道面算起，向北为正，由 $0$ 至 $90^\circ$ 称为**北纬**；向南负，由 $0$ 至 $90^\circ$ 称为**南纬**。

## ● 大地高（Geodetic Height）

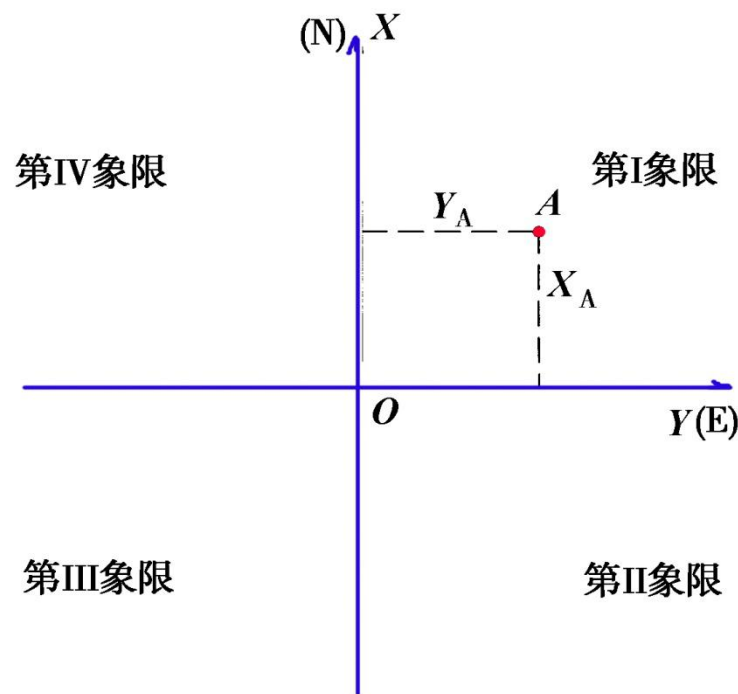
地面点 $P$ 沿椭球面法线到椭球面的距离，用 $H$ 表示。从椭球面算起，向外为正，向内为负。

## 2. 平面坐标系（Horizontal Coordinate System）

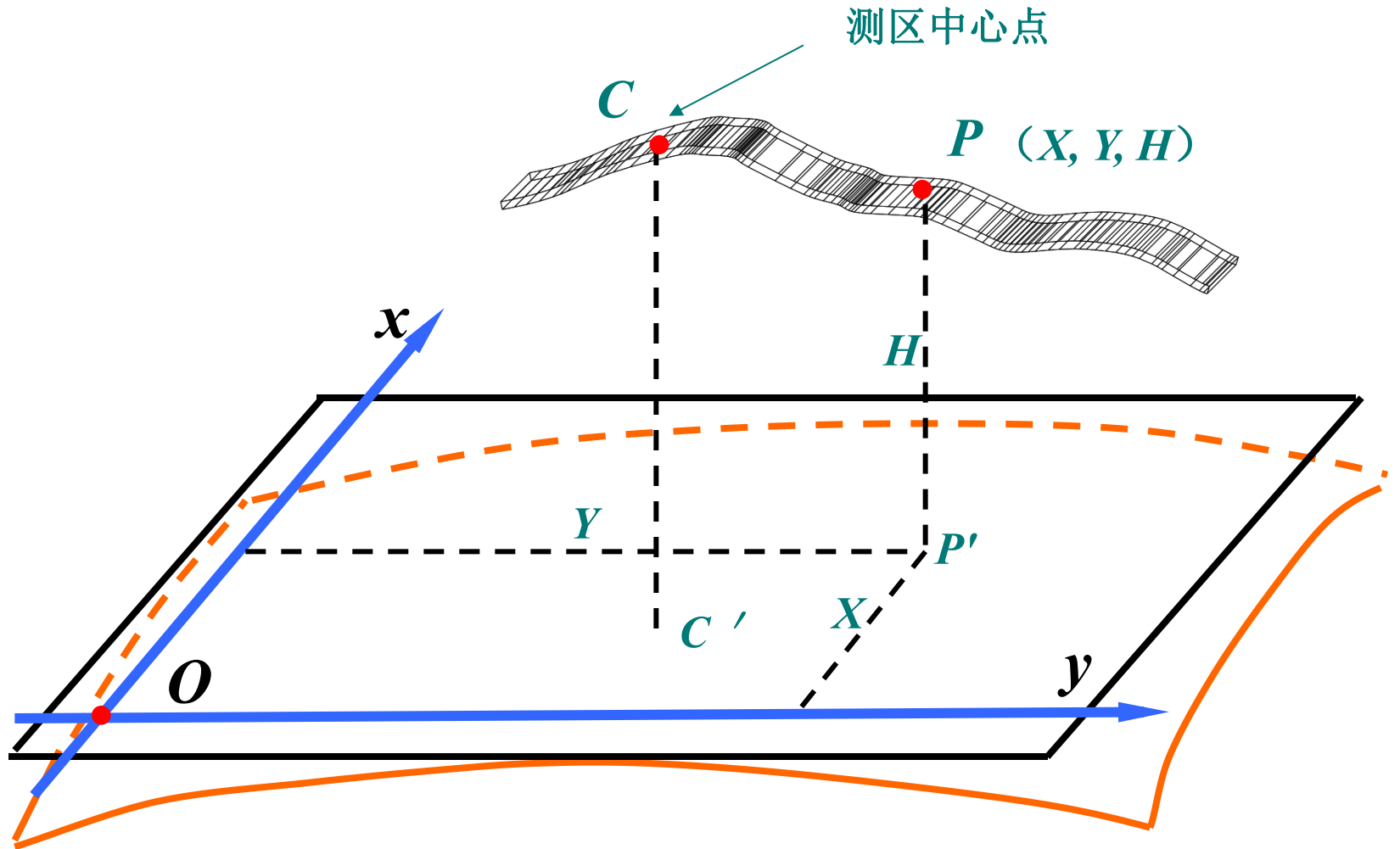
### (1) 独立平面直角坐标系

当测量的范围较小时，可以把该测区的球面当作平面看待，直接将地面点沿铅垂线投影到水平面上，用平面直角坐标来表示它的投影位置。

测量上选用的平面直角坐标系，规定纵坐标轴为X轴，表示南北方向，向北为正；横坐标轴为Y轴，表示东西方向，向东为正；坐标原点可假定，也可选在测区的已知点上。象限按顺时针方向编号。

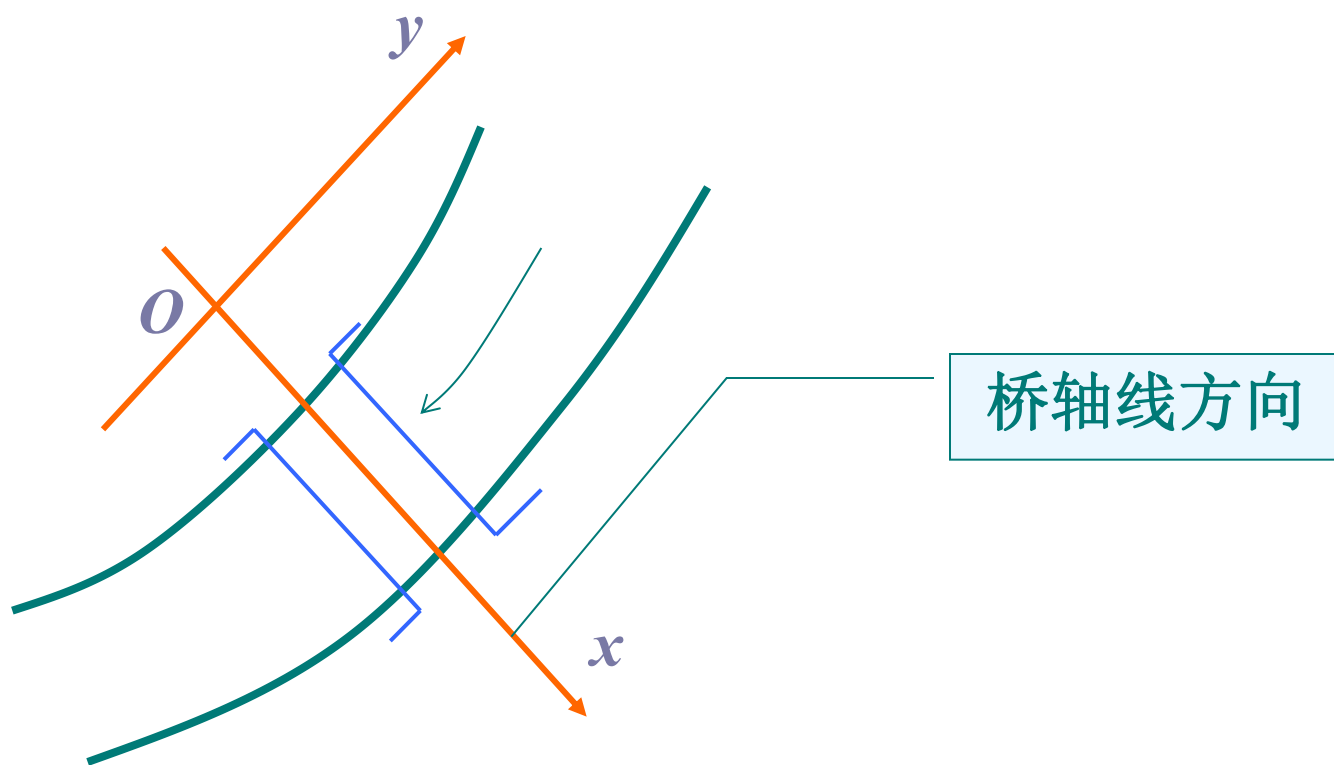


# 独立平面直角坐标系的建立



## (2) 施工坐标系

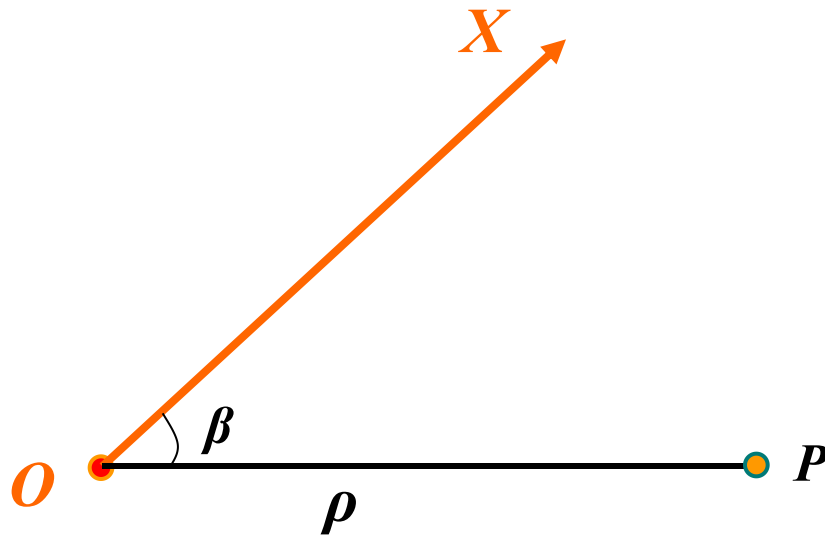
### (Construction Coordinate System)



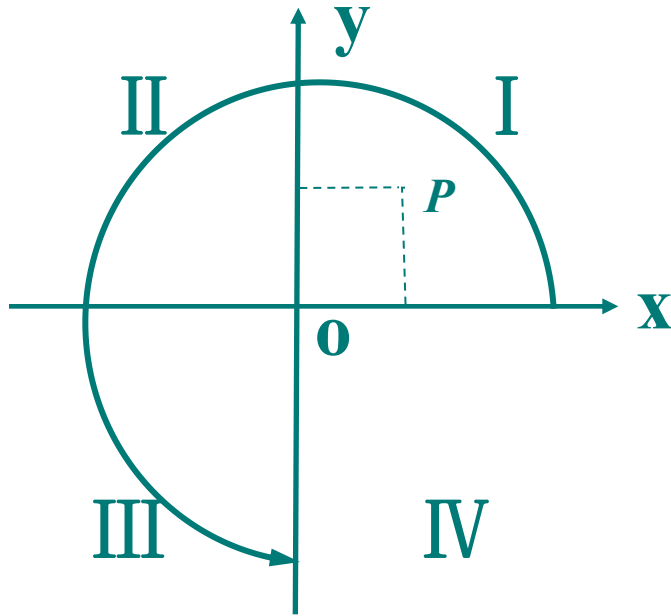
### (3)极坐标系

#### (Polar coordinate system)

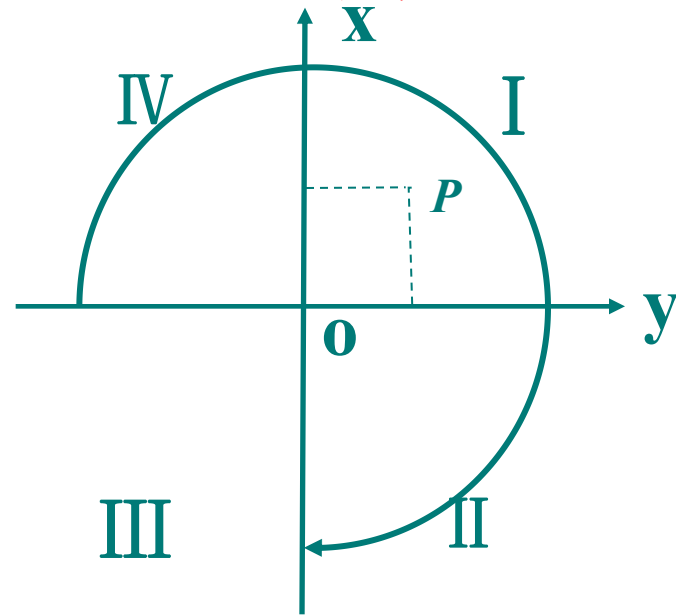
测绘工作中，常在局部范围内使用极坐标， $O$ 为极点， $OX$ 为极轴， $\rho$ 为矢径， $\beta$ 为极角。使用极坐标的优点是解算两点之间的相互关系时较为简便。



# 测量学直角坐标系 与数 学直角坐标系异同



(a) 数学平面直角坐标系



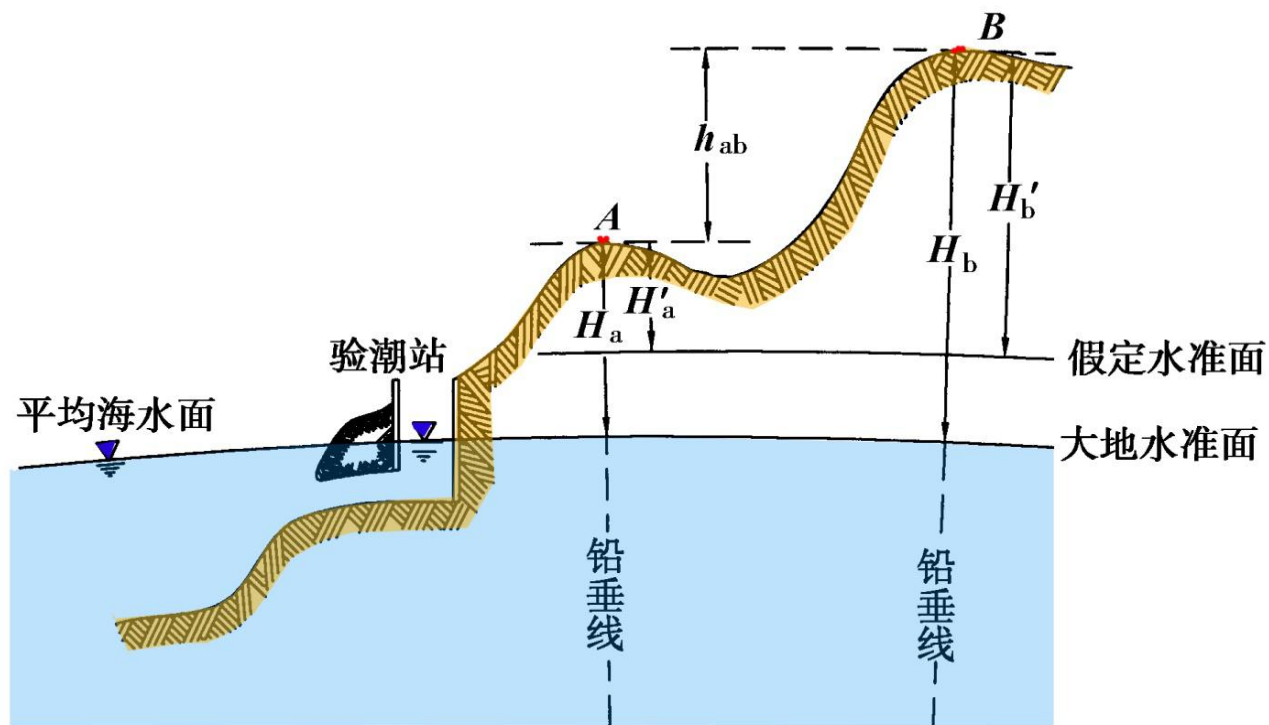
(b) 测量平面直角坐标系

# 三、地面点的高程（高程系统）

## 1. 高程系统的概念

正高系统：以大地水准面为基准面的高程系统；正高表示地面点沿该点的重力线到大地水准面的距离。

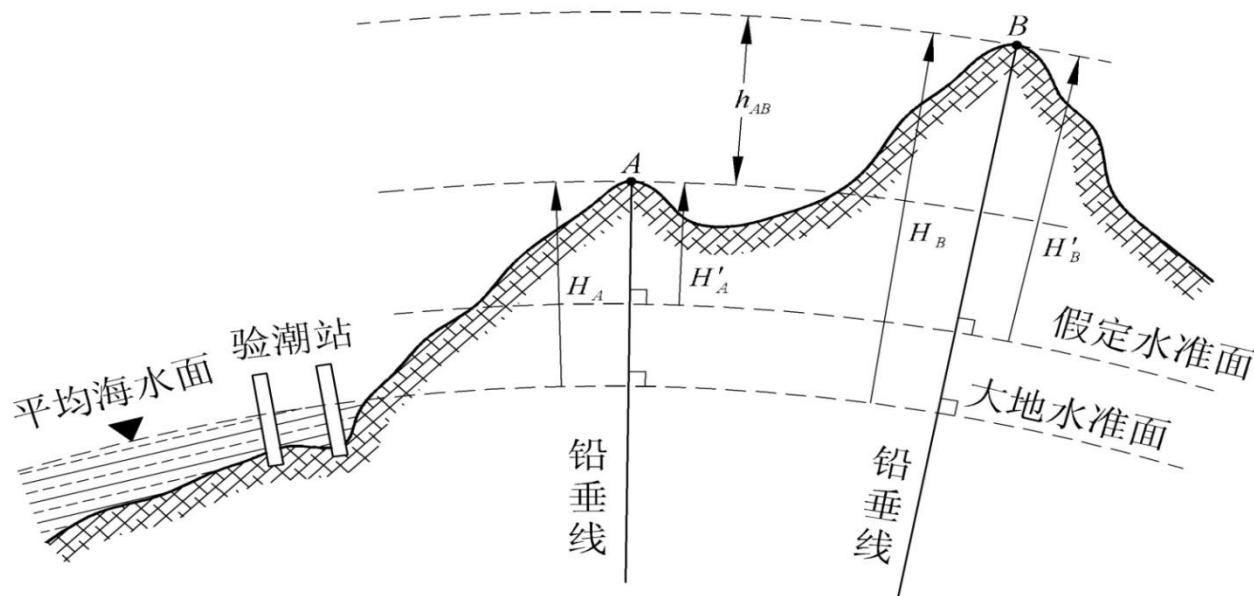
正高**绝对高程或海拔**，简称**高程**。



## 2. 绝对高程和相对高程

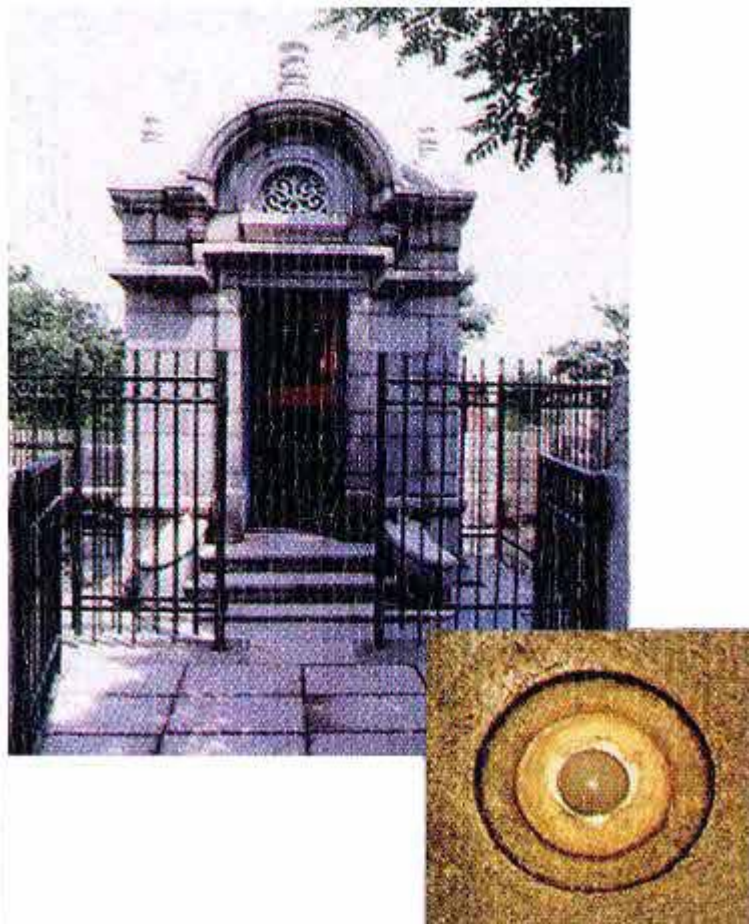
- ❖ **绝对高程**：地面任一点沿铅垂线方向到**大地水准面**的距离。
- ❖ **相对高程**：地面点沿铅垂线至假定水准面的距离。
- ❖ **高差**：地面上两点之间的高程之差。

$$h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A$$



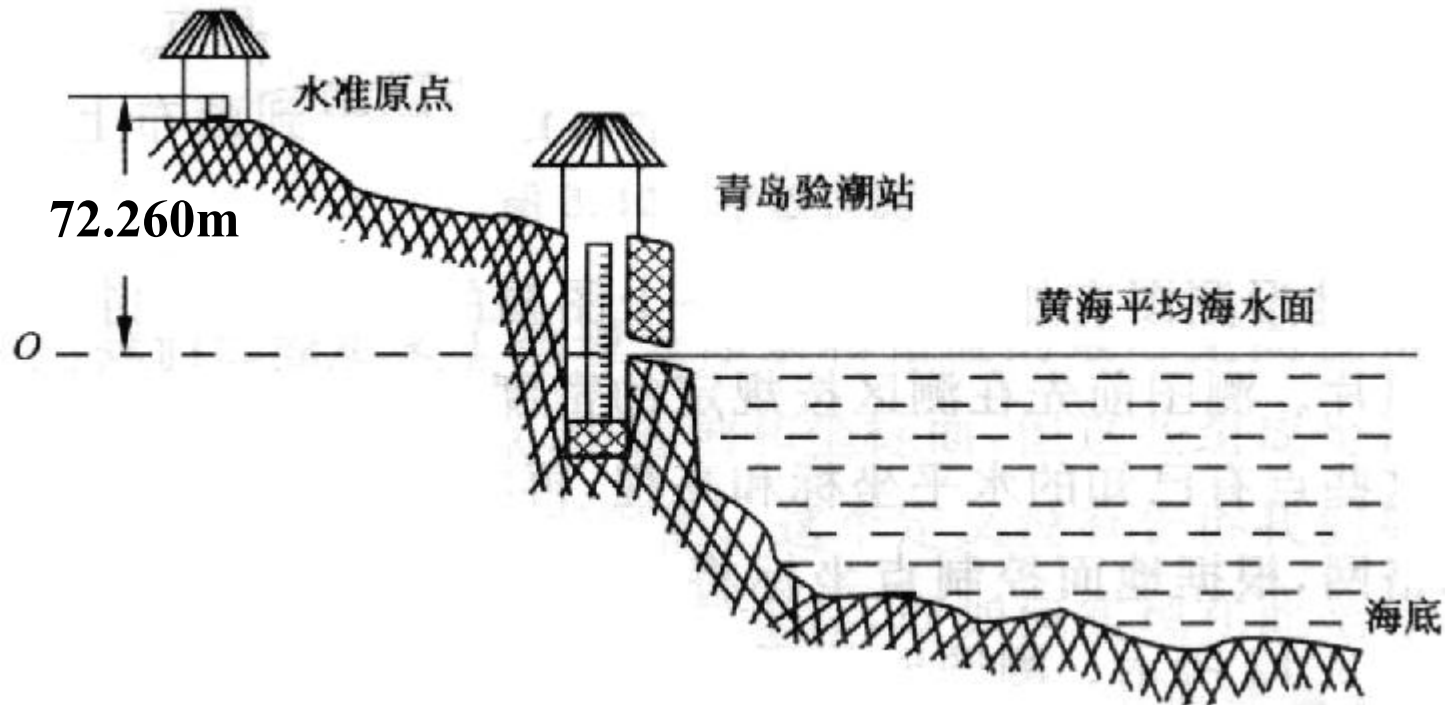
### 3. 国家高程基准

- ❖ 1956年黄海高程系  
水准原点起算高程：  
72.289m。
- ❖ 1985国家高程基准  
水准原点起算高程：  
72.260m。



国家水准原点（山东青岛）

# 1985年国家高程基准



采用青岛验潮站**1952~1979**年潮汐观测资料计算的平均海水面为国家高程起算面。

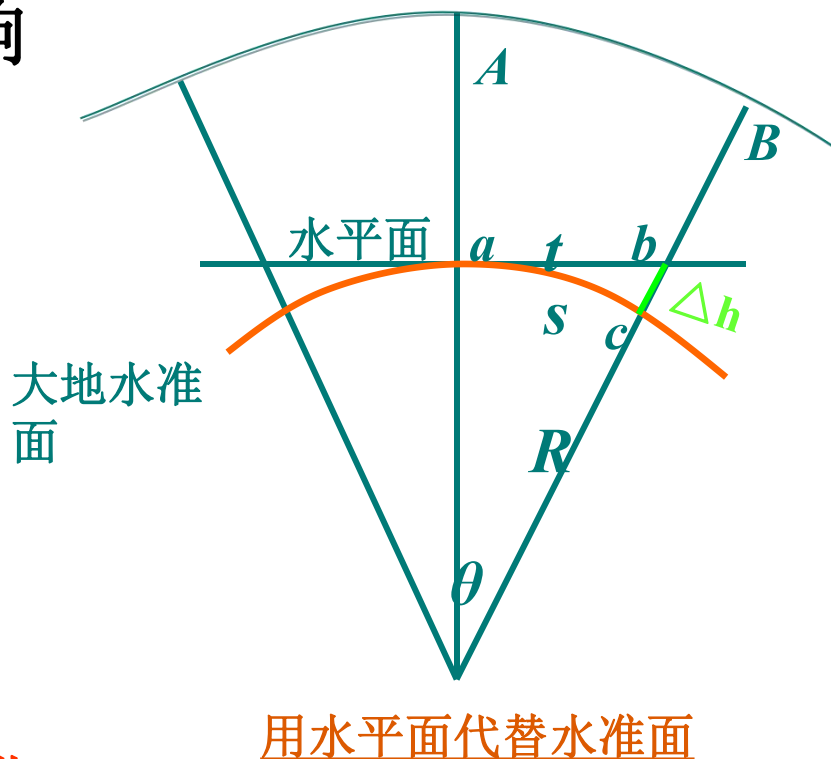
## 1.3 水平面代替水准面的限度

➤ 地球曲率对水平距离的影响

$$\frac{\Delta s}{s} = \frac{1}{3} \cdot \frac{s^2}{R^2}$$

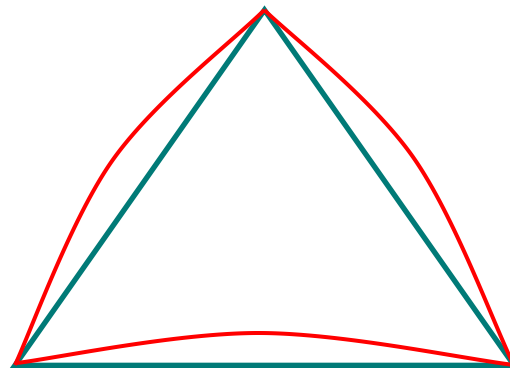
当 $S=10\text{km}$ 时， $\Delta s/s=1/1217700$ ，  
小于目前精密测距的容许误差。

因此在半径为10km的范围内进行距离测量时，可不考虑地球曲率的影响。



## ➤ 地球曲率对水平角的影响

$$\varepsilon = \rho'' \frac{P}{R^2}$$



式中， $P$ 为多边形面积， $R$ 为地球曲率半径， $\rho''$ 为206265

当 $P$ 为100Km<sup>2</sup>时， $\varepsilon=0.51''$ 。

由此可知：在面积为100Km<sup>2</sup>范围内，地球曲率对水平角的影响只有在精密测量中才考虑，一般测量工作不必考虑。

## ➤ 地球曲率对高差的影响

$$(R + \Delta h)^2 = R^2 + t^2$$
$$\Rightarrow \Delta h = \frac{t^2}{2R^2 + \Delta h}$$

上式中可用 $s$ 代替 $t$ ， $\Delta h$ 与 $2R$ 相比，可忽略不计，则上式可写成：

$$\Delta h = \frac{s^2}{2R}$$

当 $s=100\text{m}$ 时， $\Delta h=0.8\text{mm}$ ，由此可见：地球曲率对高差的影响，即使在很短的距离内也必须加以考虑。

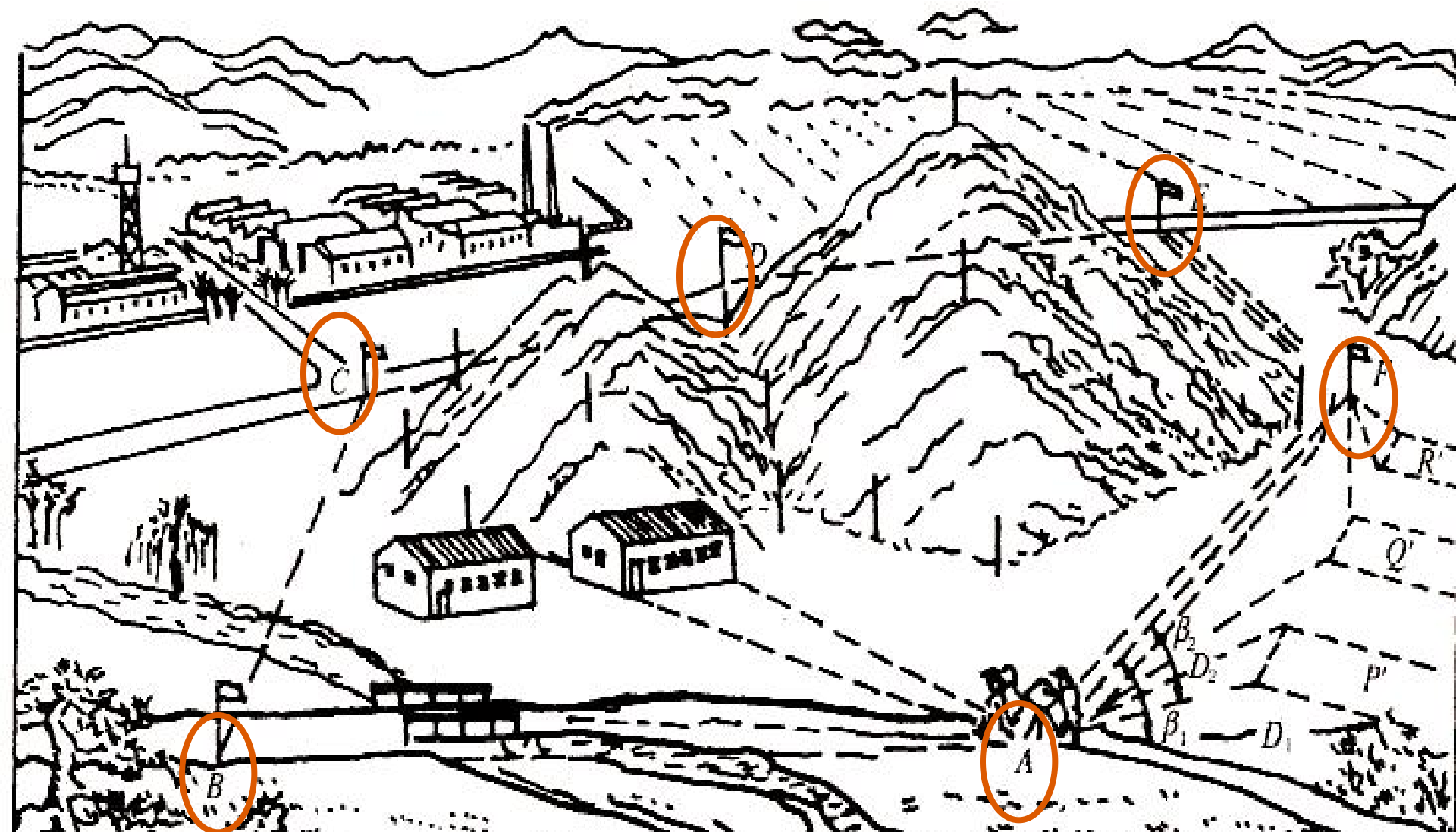
## 任务3 测量工作的基本原则

- ✓ 地物：人工或自然形成的构造物，如房屋、道路、湖泊、河流等。
- ✓ 地貌：地面高低起伏的形态，如山岭、谷地等。
- ✓ 无论地物或是地貌，均是有无数地面点集合而成的。
- ✓ 测量的目的就是确定地面点的平面位置和高程。

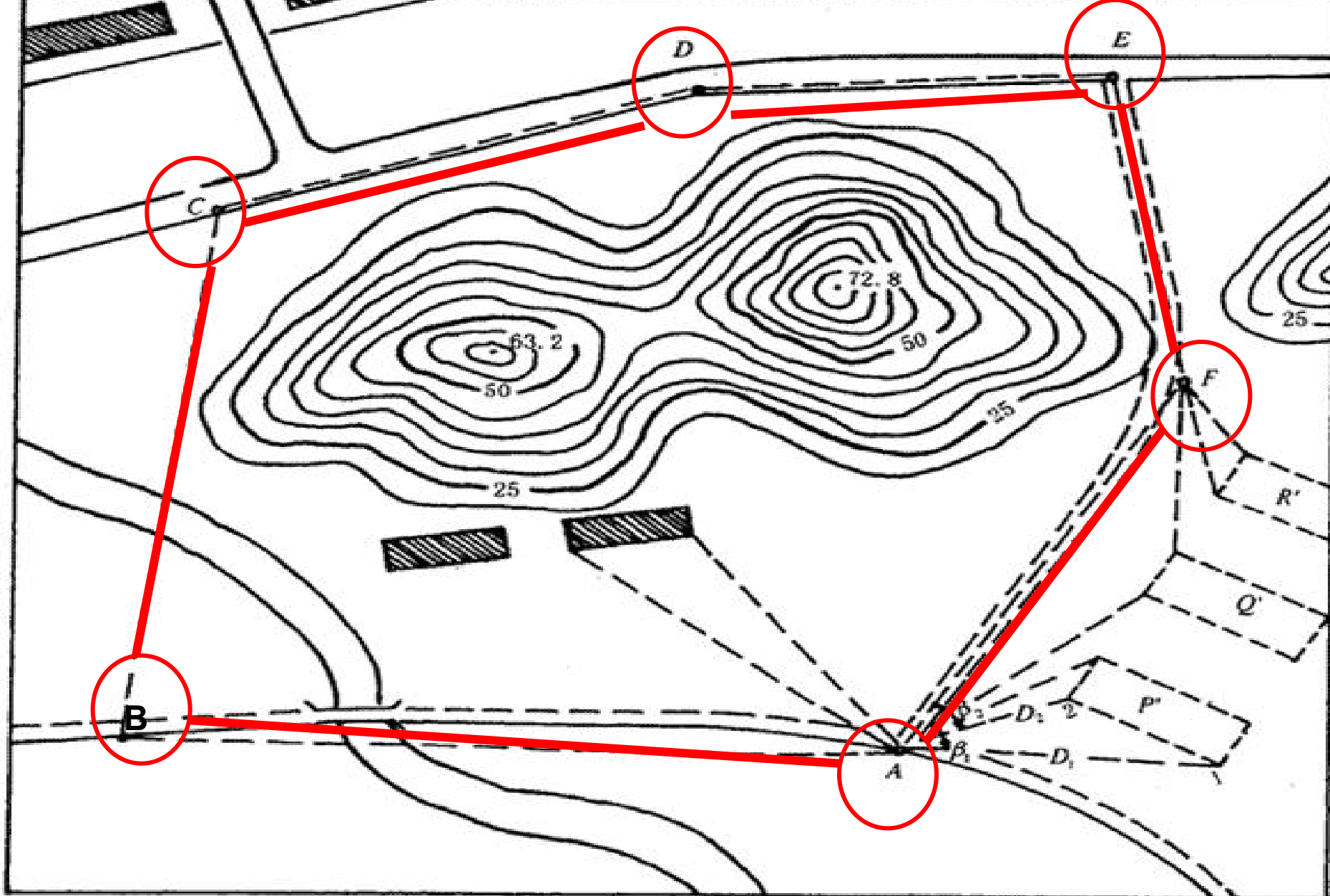
## 任务3 测量工作的基本原则

- ✓ 1、组织原则
- ✓ 整体原则：从整体到局部
- ✓ 控制原则：先控制后碎部
- ✓ 精度原则：先高级后低级
- ✓ 2、操作原则
- ✓ 检核原则：步步有检核

在测区中选择有控制意义的点，用较精确的方法测定其位置，这些点称为控制点，测量控制点的工作称为控制测量。



测量控制点之间的距离以及各边之间的误差，设A点的高程为已知，就可求出其他控制点的高程。



碎步测量：测量地物、地貌特征点的位置。测量房屋P就需要测量房屋P的特征点1、2等点，在A点测量水平夹角 $\beta_1$ 与边长 $S_1$ 即可确定1点，用极坐标把地面上的各点描绘到图纸上。

## 任务3 测量工作的基本原则

- ✓ 2、操作原则
- ✓ 检核原则：步步有检核
- ✓ 3、测量工作的三要素
- ✓ 测角、测距、测高差
- ✓ 测、绘、算是施工测量的基本功。
- ✓ 测：使用仪器进行测量
- ✓ 绘：绘制平面图与地形图
- ✓ 算：掌握各种计算方法

# 任务4 测量误差的基本知识

## 一、观测值误差

定义：观测值与其真实值（即“真值”）之间的差异。

公式：

$$\Delta_i = L_i - X$$

真误差

观测值

真值

## 二、观测误差的来源

误差来源：观测者、仪器（工具）、外界条件

观测条件 = 观测者 + 仪器 + 外界条件

影响观测成果的精度

## 三、误差分类

测量误差按其对测量结果影响的性质，可分为：系统误差和偶然误差。

### 1、系统误差(system error)

在相同观测条件下，对某量进行一系列观测，如误差出现符号和大小均相同或按一定的规律变化，这种误差称为系统误差。

## 2、偶然误差 (accident error)

在相同观测条件下，对某量进行一系列观测，如误差出现符号和大小均不一定，这种误差称为偶然误差。但具有一定的统计规律。

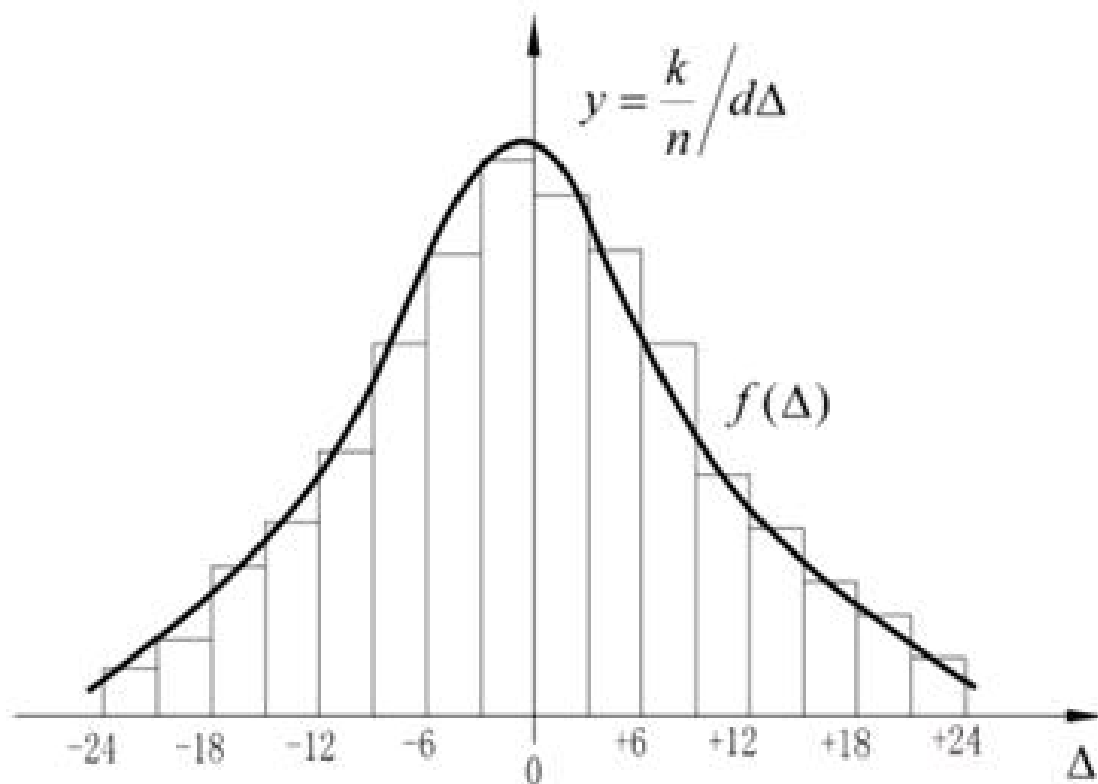
例如：水准测量，经纬仪角度测量读数误差、照准目标误差等。

# 特点:

- (1) 有界性: 在一定的观测条件下, 多次观测值产生的偶然误差不会超过一定的限值;
- (2) 单峰性: 绝对值较小的误差比绝对值较大的误差出现的频率大;
- (3) 对称性: 绝对值相等的正负误差出现的频率相等;
- (4) 抵偿性: 当观测次数无限增大时, 偶然误差的算术平均值取近于零。

此外, 在测量工作中还要注意避免粗差 (gross error) (甚至错误) 的出现。

## ❖ 偶然误差的统计规律:

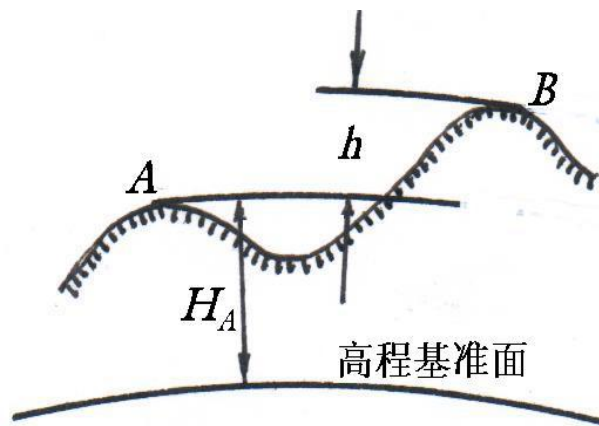
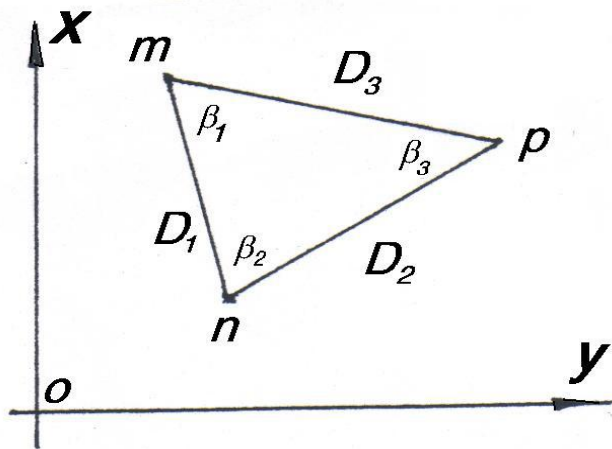


特性1 (有限性)	在一定观测条件下的有限个观测中, 误差的绝对值不超过一定限值
特性2 (单峰性)	绝对值较小的误差出现的频率大, 绝对值较大的误差出现的频率小
特性3 (对称性)	绝对值相等的正、负误差出现的频率大致相等
特性4 (抵偿性)	<b>最本质的统计特性。</b> 当观测次数无限增多时, 偶然误差平均值的极限为零

# 任务5 测量工作概述

## 一、测量的基本工作

- ❖ 角度测量、距离测量、高程测量是地面点定位的测量基本技术工作。
- ❖ 测量得到的**角度( $\beta$ )**、**距离( $D$ )**、**高差( $h$ )**是地面点定位的基本元素，称为定位元素。



测量高差

水准仪

经纬仪测竖直角+距离测量

测量水  
平角

经纬仪

测量距离

竹尺, 皮尺, 链尺, 钢尺

光学测距仪

电磁波测距仪

## 本章重点

- 测量学基本概念；
- 坐标系统及高程系；
- 地面点定位；
- 测量误差的基本知识