

## 6 误差分析

### 6.1 概述

### 6.2 与信号传播有关的误差

### 6.3 与卫星有关的误差

### 6.4 与接收机有关的误差

### 6.5 其他误差

# 6.1 概述

## 一.误差来源:

与卫星、与信号传播、与接收机有关。

此外与地球潮汐、负荷潮、相对论效应有关。

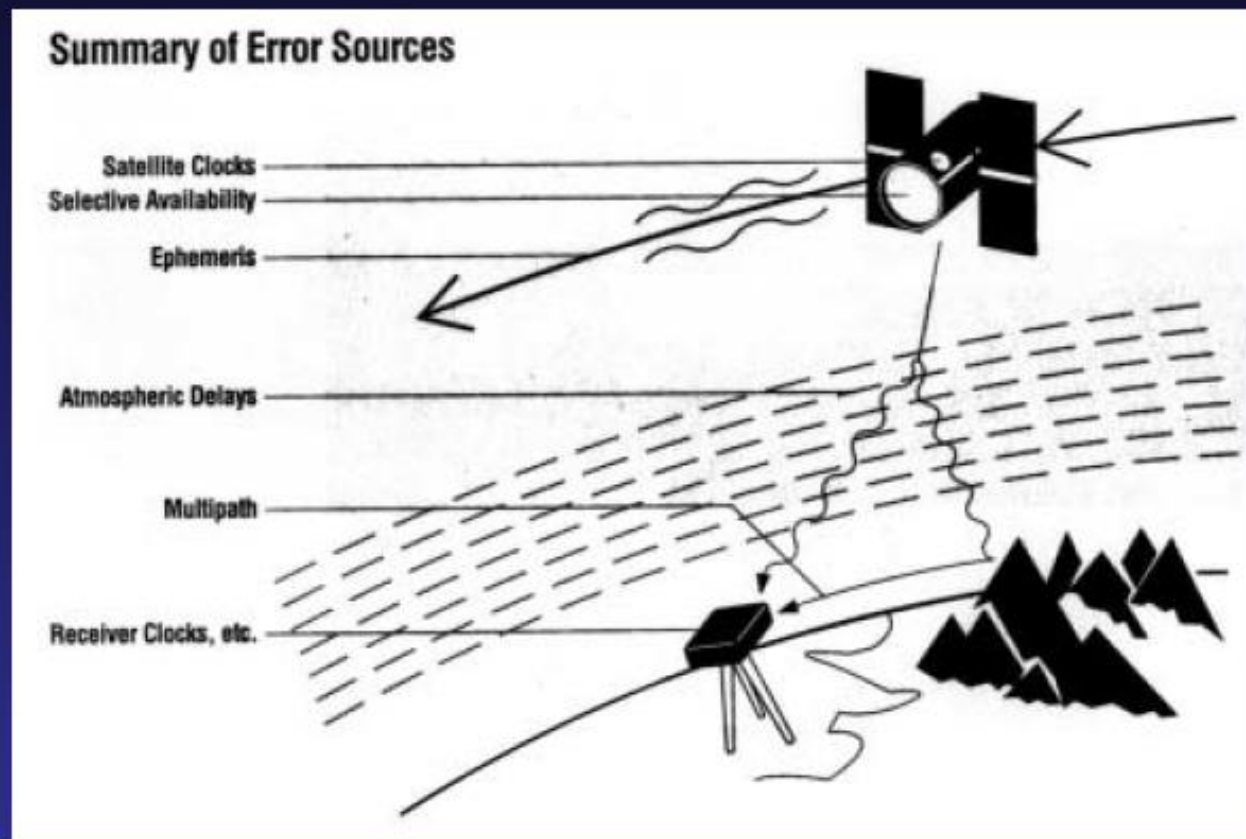


## 二.误差分类及影响

误差来源	对距离影响(m)
卫星部分：星历误差；钟误差；相对论效应	1.5~15
信号传播：电离层；对流层；多路径效应	1.5~15
接收机：钟误差；位置误差；天线相位中心	1.5~5
其他误差：地球潮汐；负荷潮	1.0

## 6.2 与信号传播有关的误差

- 对流层延迟
- 电离层延迟
- 多路径效应



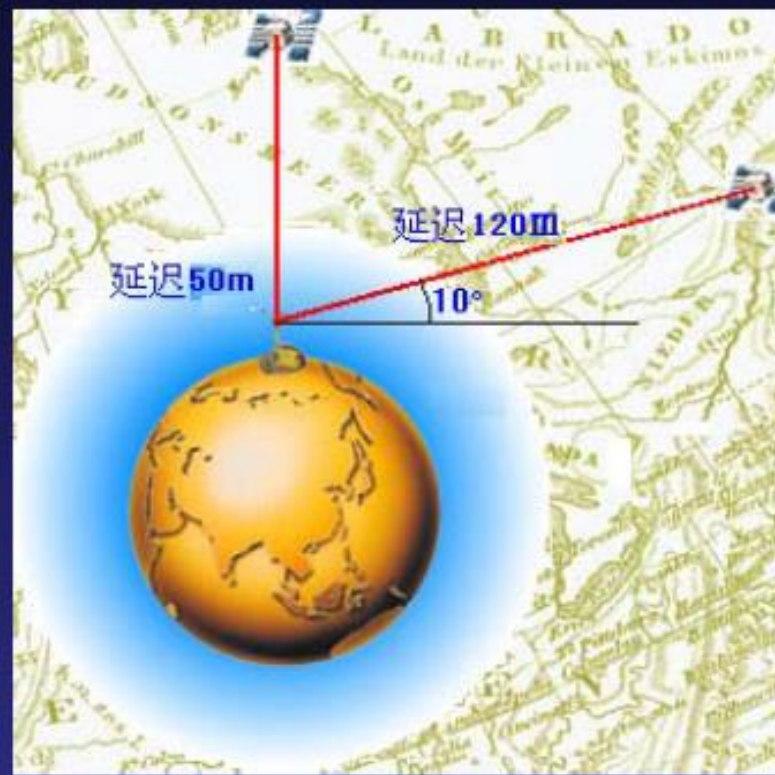
# 电离层及其折射影响

## 电离层

- 地球表面以上50km~1000km
- 具有密度较高的带电粒子

## 电离层影响

- 天顶方向50米；地平方向120米





# 影响电子含量的因素

- 太阳及其天体的辐射强度
- 太阳黑子活动、磁暴
- 时间，季节，地理纬度



# 减弱电离层方法

- 利用双频观测改正：无电离层组合
- 利用经验模型改正：

比如：利用导航电文提供的电离层模型加以改正。

这种模型把白天的电离层延迟看成余弦波的正半周，晚间为一常数( $DC=5ns$ )。

- 利用同步观测值求差改正



- 单频接收机一般采用导航电文提供的电离层模型加以改正.这种模型把白天的电离层延迟看成余弦波的正半周,晚间为一常数(DC=5ns).

任意时刻 $t$  的电离层延迟模型 $T_g$ :

$$T_g = DC + A \cos \frac{2\pi}{P} (t - T_p)$$

式中, $DC = 5ns$ ,  $T_p = 14h$ (地方时),

$$A = \sum_{n=0}^3 \alpha_n \varphi_m, P = \sum_{n=0}^3 \beta_n \varphi$$

$\alpha_n, \beta_n$  被编入导航电文向单频用户传播.





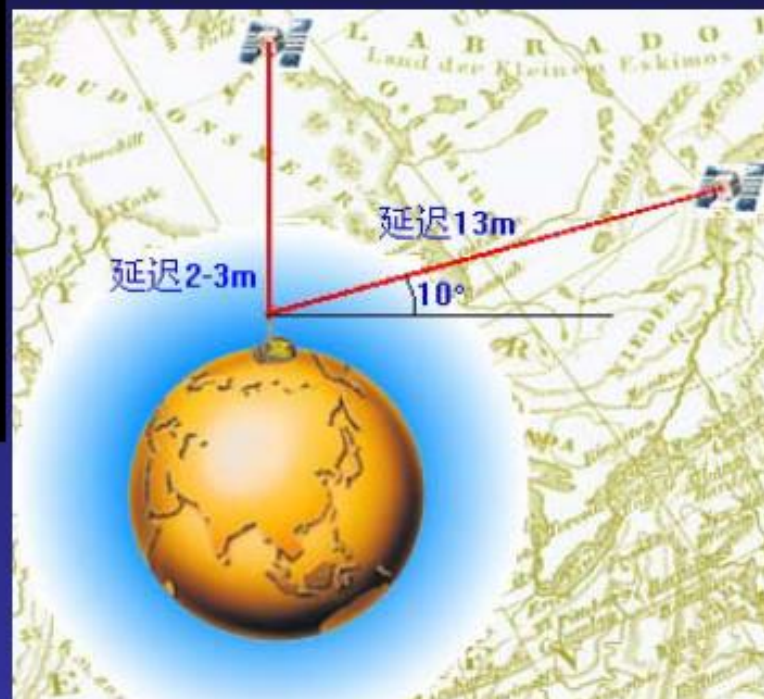
# 对流层折射影响及改正

## • 对流层:

- 地面向上50km以下的大气层
- 各种气体元素、水蒸气和尘埃等
- 各种气象现象出现的地区
- 非色（弥）散型介质

## • 影响因素:

- 大气压力、湿度、温度



# A 对流层折射改正方法

## •模型改正

- 建立对流层折射和测站的气象元素，视线高度的关系
- 可消除90%~95%

$$N_{trop} = 77.6 \frac{P}{T} + 77.6 \times 4810 \frac{e}{T^2}$$

对流层折  
射系数

水气压

温度

气压

- **模型**如霍普菲尔德模型

$$\Delta S = \Delta S_d + \Delta S_w = \frac{K_d}{\sin(E^2 + 6.25)^{1/2}} + \frac{K_w}{\sin(E^2 + 2.25)^{1/2}},$$

式中,  $E$  为卫星高度角;  $\Delta S$  为折射改正, 单位  $m$ ;

$$\begin{cases} K_d = 77.6 \frac{P}{T} \frac{1}{5} (h_d - h_s) 10^{-6} = 155.2 \frac{P}{T} (h_d - h_s) 10^{-7} \\ K_w = 77.6 \frac{e}{T^2} \frac{1}{5} (h_w - h_s) 10^{-6} = 155.2 \frac{4810e}{T^2} (h_d - h_s) 10^{-7} \\ h_d = 40136 + 148.72(T - 273.16), \text{为对流层外缘高度}(m) \\ h_w = 11000, \text{为高程平均值}(m) \end{cases}$$

$T$  为测站绝对温度(度),  $P$  为测站气压和水汽压( $mb$ ),

$h_s$  为测站高程( $m$ ).



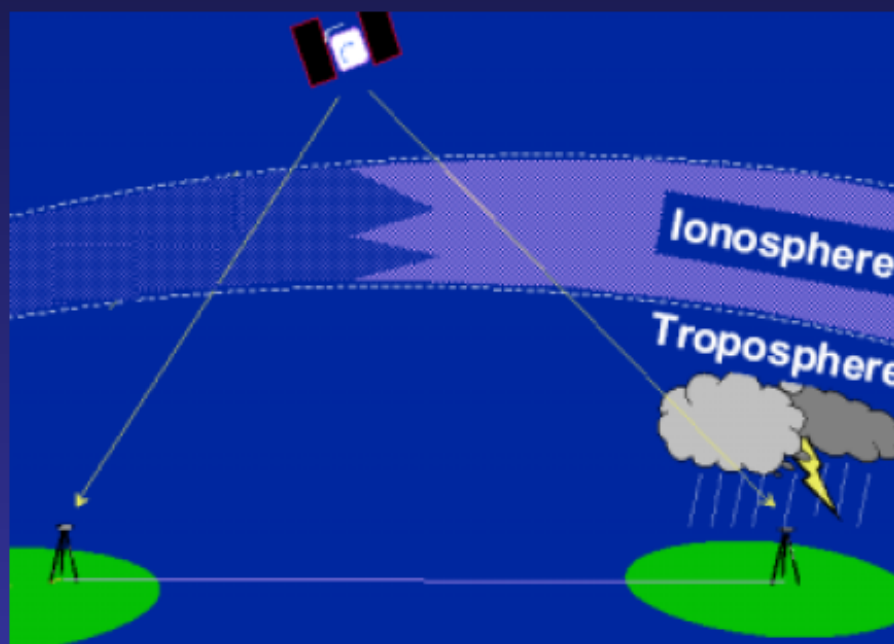
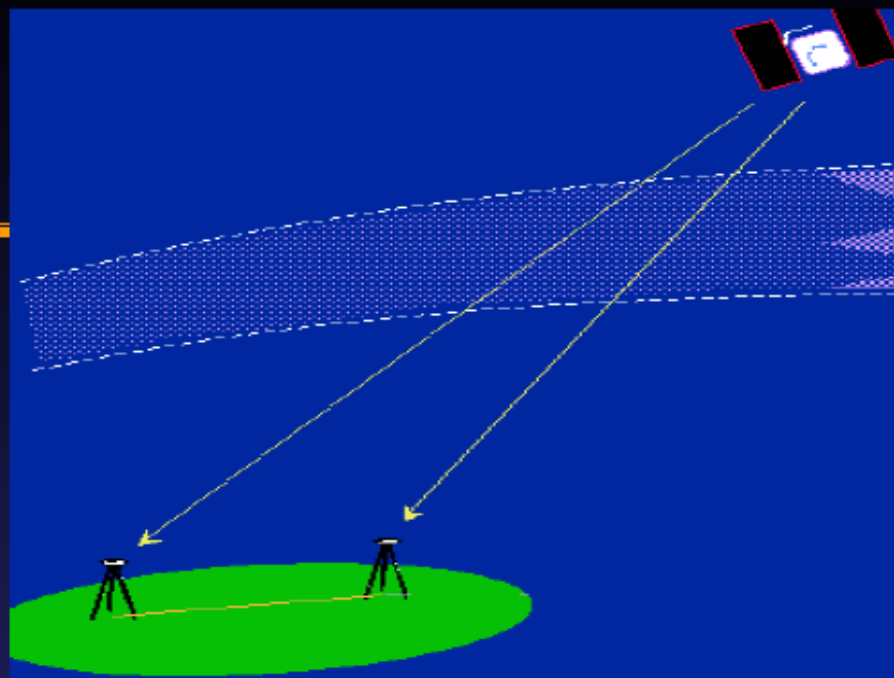
## B 对流层折射改正方法

### • 利用同步观测值

两测站距离较短

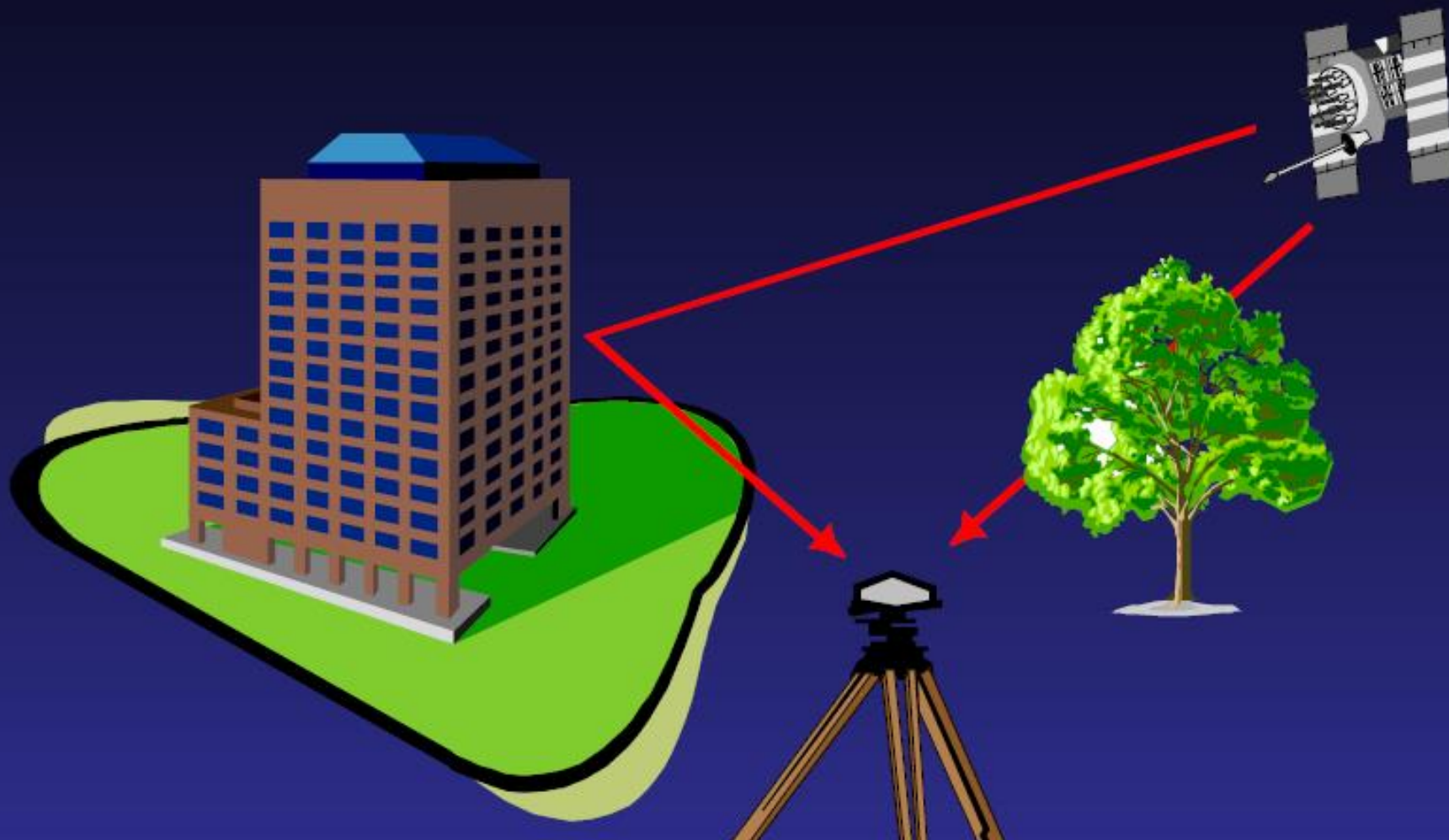
气象条件一致

相对定位





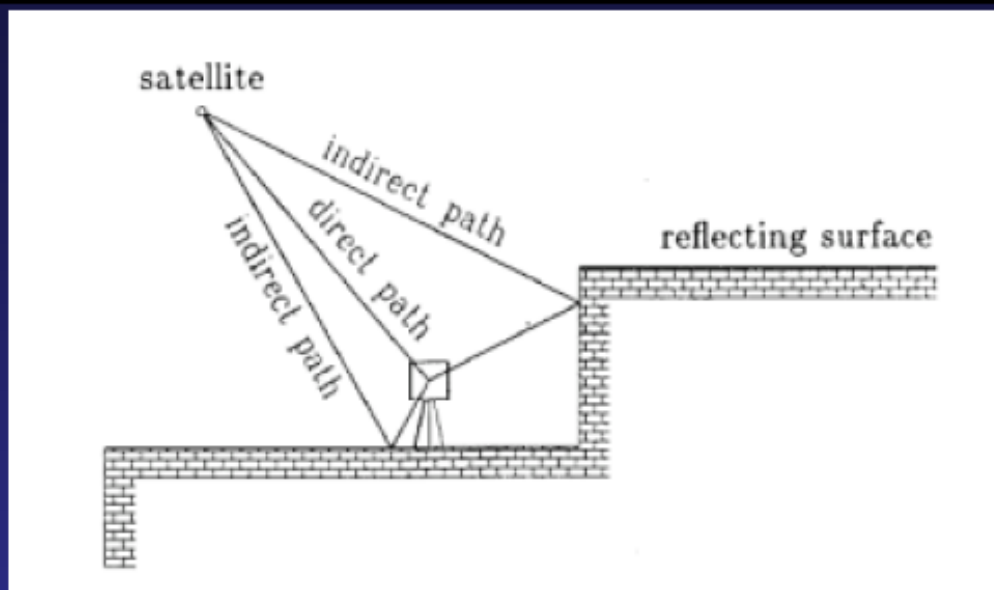
# 多路径效应





# 多路径效应

• **多路径效应**——被测站附近的反射物体所反射的信号（反射波）和直接来自卫星的信号（直接波）发射干涉，从而使观测值偏离正确的值



直接波:  $S_d = U \cos(\omega t)$

接收

反射波:  $S_r = \alpha \cdot U \cos(\omega t + \theta)$

信号

$$S = \beta \cdot U \cos(\omega t + \varphi)$$



# 多路径误差影响

## • 多路径效应与以下一些因素有关

- 卫星、接收机、信号反射体三者间的相对位置
- 反射信号的强度（信号反射体的反射率）
- 接收机处理信号的方法

## • 影响特点

- 随机误差
- 复杂，可能受多个反射波干涉产生
- 消除其他误差之后，成为重要的误差源



# 避免多路径效应的方法

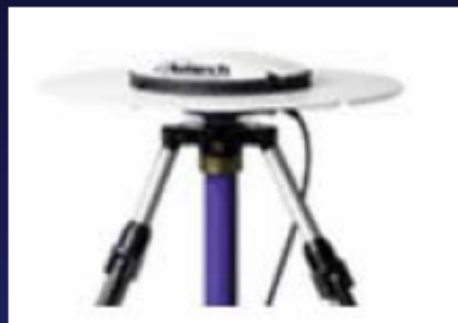
## • 选择合适的站址

远离大面积平静的水面

不宜选在山坡，山谷和盆地

离开高层建筑物

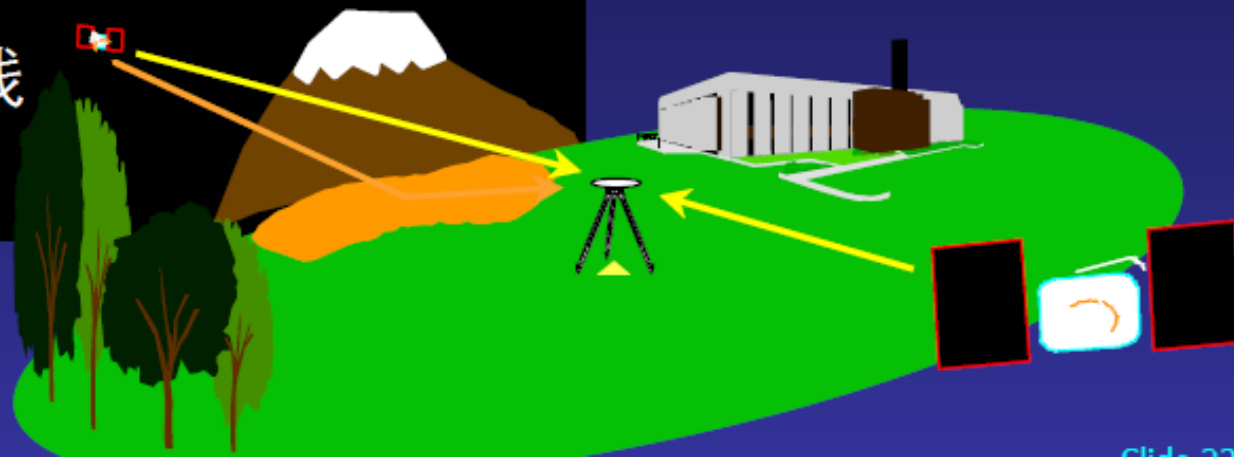
(与常规全站仪测量相比?)



## • 接收机天线的改善

抑径圈和抑径板天线

## • 数据处理的发展



## 6.3 与卫星有关的误差

1 卫星星历误差

2 卫星钟误差

（同步精度约为20ns相当于6m）

3 相对论效应

（使接收载波频率改变 $\Delta f$ ，对GPS时间影响70ns）



# 6.4 与接收机有关的误差

- **1.接收机钟误差**

当作未知数与测站坐标一起解算。

- **2.对中误差—接收机位置误差**

天线相位中心与测站标石中心位置的误差。

- **3.天线相位中心位置误差**

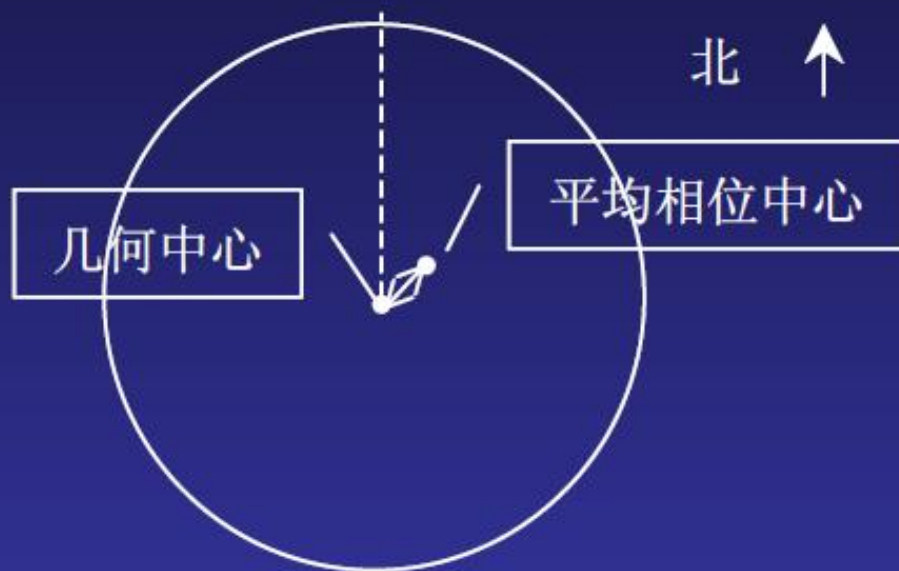
天线相位中心（与信号强度和方向有关）与其几何中心的位置偏差。相对定位观测时，保持天线的方位不变，可以减小其影响。





## 、天线相位中心偏差和变化

- GPS定位中，观测值都是以接收机天线的相位中心位置为准，在理论上，天线相位中心与仪器的几何中心应保持一致。
- 随着信号输入的强度和方向不同而有所变化，同时与天线的质量有关，可达数毫米至数厘米。



## 6.5 其他误差

### 1.地球自转的影响:

当卫星信号离开卫星到达接收机时，接收机相对卫星又转动了一定角度：

$$\Delta\alpha = \omega\Delta\tau_i^j$$

引起坐标变化：

$$\begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \sin \alpha & 0 \\ -\sin \alpha & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X^j \\ Y^j \\ Z^j \end{bmatrix}$$

### 2.地球潮汐改正:

地球为弹性体，受日月引力产生弹性形变叫固体潮；  
在日月引力下，地球上的负荷产生周期负荷潮汐。单点定位时可根据模型进行改正。



# 各种误差特性及减弱措施

误差	特性	减弱措施
星历误差	在一定观测时间内呈系统性	精密定轨；观测值求差
星钟误差	有系统性，也有随机性	电文改正；观测值在接收机间求差
相对论效应	系统性	生产时将钟频改变
电离层	与频率、电离层密度有关	双频观测；模型改正；观测值求差
对流层	与卫星高度、与气象有关	模型改正；观测值求差；测定气象
多路径效应	与卫星方向、反射物有关	注意选点、改进天线
接收机钟误差	系统性	作为未知数；观测值星间求差
机位置误差	偶然性	精密对中
天线中心误差	系统性	观测时天线同一方位安置
地球自转	系统性	计算改正
地球潮汐	系统性	计算改正



# 复习思考题

- **1.GPS测量定位主要误差有哪些？**
- **2.观测值求差法能消除哪些误差？**

