

# GPS定位系統

Global Positioning System · 通常簡稱GPS

由美國政府於1970年代開始進行研製並於1994年完成。

GPS的特點：

全天候，不易受任何天氣的影響全球覆蓋（高達98%）  
三維定點定速定時高精度測站間無需通視可移動定位。



GLONASS定位系統：

俄語：「ГЛОНАСС」



由蘇聯在1976年組建，現在由俄羅斯政府負責運營。  
1991年組建成具備覆蓋全球的衛星導航系統，從1982年12月12日開始，該系統的導航衛星不斷得到補充，至1995年，該系統衛星在數目上基本上得到完善。

北斗定位系統：

BeiDou (COMPASS) Navigation Satellite System



正在發展中的北斗二號則將在2012年底由10顆以上衛星覆蓋亞太大部分地區，民用定位精度為10米。遠期目標為2020年由35顆衛星提供覆蓋全球的導航能力。

伽利略定位系統：



伽利略定位系統（Galileo），是歐盟一個正在建造中的衛星定位系統，有「歐洲版GPS」之稱第四個可供民用的定位系統，預計會於2014年開始運作並在2019年完工。

# GPS定位原理

GPS是由分佈在約20000km高空的21顆工作衛星.3顆備用衛星，與在地面的一個主控站.五個監測站所組成的。

GPS定位是測量無線電訊號的傳輸時間，再依公式**距離=速度x時間**計算距離，接著先利用三顆衛星做**空間後方交會法**，可以得到兩個點其中一個便是我們的所在位置。

但是由於前三個衛星定位時會有誤差因此得到的會是**錯誤的位置**在經過第四顆衛星訊號的計算修正後方可消除誤差得到正確位置。



# 相對論的概念

## 狹義相對論

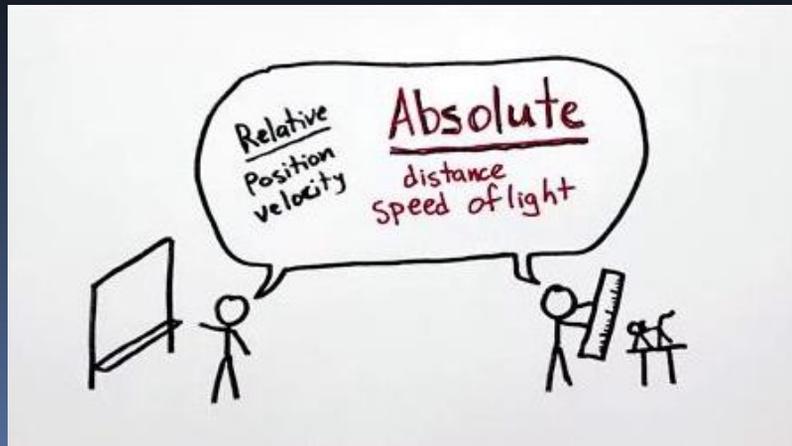
**相對性原理**：物理規律的形式在任何的慣性座標中是相同的。例如，你坐在火車上時，如果對向也有一列火車，當你看到火車正在移動時，你無法判斷自己所在的火車是靜止還是移動中。

**光速不變原理**：真空中的光速在任何參考系下是恆定不變的，就算你用很快的速度去追一道光，光的速度永遠是每秒30萬公里。

如果一個物體的速度越大，則時間膨脹影響就越大，不嚴謹的說法即如果達到光速則時間就會暫停。

## 廣義相對論

它最重要的是導出引力其實是時空的扭曲。牛頓會告訴我們是因為地球有一股引力至地球發出，吸引其他物件。可是愛因斯坦的廣義相對論指出這個宇宙其實是由時空構成，大質量或大能量的物體會把其附近的時空扭曲，這些扭曲的時空會形成引力場。



# 相對論和時間修正

由於GPS衛星本身的速度快，再加上衛星所在環境重力場環境特殊，必須利用狹義  
■ 和廣義相對論作時間的修正，才可以做準確的定位。

Q:如果GPS定位精確度要達到 30公尺，時間上的精確度要達到多少呢？

A:由於GPS衛星的訊號波為一電磁波，因此其訊息傳遞的速度等於光速  
(300000km/s)，又因為距離 = 速度×時間，因此定位精確度若要達到30m，時  
間必須有30(m)/300000(km/s) =  $10^{-7}$ 秒的精確度

GPS衛星在距地表20000公里的高空(衛星距離地心20000+6400(地球半  
徑)=26400km)，並將衛星的軌道視為一圓形。由於GPS衛星和地球之間的萬有  
引力提供了GPS衛星的向心力，因此

$$\text{GPS衛星和地球之間的萬有引力} \frac{GMm}{r^2} = \text{GPS衛星的向心力} \frac{mv^2}{r}$$

(M=地球質量 =  $5.97 \times 10^{24}$ kg,  $m$  = 衛星質量,  $r$  = 衛星至地心距離,  $v$  =  
衛星速度,  $G$  = 重力常數 =  $6.67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$ )

將其化簡後得到:GPS衛星速度  $V = \sqrt{\frac{GM}{r}} = \sqrt{\frac{6.67 \times 10^{-11} \times 5.97 \times 10^{24}}{26400}} = 14000 \text{ km/hr}$ ，即  
大約為3.874km/s

狹義相對論:

由狹義相對論的公式  $t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$  可以推導出

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\Delta t' - \Delta t = \left( \frac{1}{\sqrt{1 - (3874/3 \times 10^8)^2}} - 1 \right) \times 86400 = 0.0000072$$

廣義相對論:

GPS衛星距離地表約兩萬公尺  $\longrightarrow$  受到重力場較弱  $\longrightarrow$  時間流速較快

GPS衛星上的時間，每天會比地面上的時間快46微秒

由以上兩個相對論定理可以得到，GPS衛星上的時間，每天會比地面上的時間快  
39微秒。39微秒看起來數值很小，但若是將它和光速(光速C = 300000m/s)相  
乘，所造成的誤差會達到一萬公尺左右(距離 = 時間×速度 = 39ms×300000m/s  
= 11700m)，因此若我們沒有經過地面主控站的數據處理，那麼所造成的誤差  
會很大