

# GPS定位误差原因研究

李 军 周 鹏

(中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司, 四川 成都 610072)

**摘要:** GPS定位方法是由地面接收器接收卫星发射的电磁波信号, 加以计算之后求得与卫星的距离, 得知测站的位置。GPS轨道参考的坐标系统为地心地固的三维坐标系, 可以决定地面任一点在空间的绝对位置。为了求得三个未知的坐标量, 至少需要接收三颗的卫星讯号, 加上由星历数据求出的卫星位置, 即能以距离空间交会的方式决定测站坐标。

**关键词:** GPS定位; 定位误差; 卫星讯号; GPS轨道; 电磁波信号

**文献标识码:** A

**中图分类号:** P228 **文章编号:** 1009-2374 (2015) 31-0063-02

**DOI:** 10.13535/j.cnki.11-4406/n.2015.31.031

## 1 单点定位的不确定因素

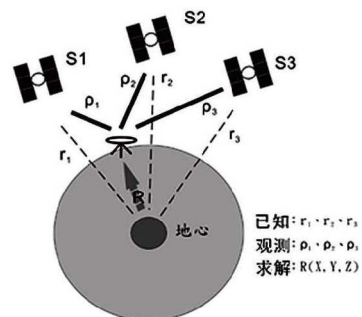


图1 GPS定位基本概念图

GPS单点定位忽略了许多需要考虑的不确定因素, 因此得到的坐标成果精度并不高, 为了符合高精度应用的需求, 其他的解算方式慢慢地被发展出来, 如相对定位。相对定位的基本概念, 是利用两组接收器, 一置于已知点位上, 称为主站 (base station) 或参考站 (reference station), 另一组则置于未知点位, 称为移动站 (rover station), 将主站与移动站的数据做差分处理 (difference), 以求得点位的坐标。较常采用的差分方式有一次差 (single-difference)、二次差 (double-difference) 及三次差 (triple-difference)。

### 1.1 一次差

针对差分对象的不同, 一次差又可分为空中一次差及地面一次差。

#### 1.1.1 空中一次差。

$$\nabla \Phi_{ij}^k = \nabla \rho_{ij}^k + \lambda \cdot \nabla N_{ij}^k - \nabla \left( \frac{f^k}{f^2} \right) + \nabla \Delta Trop_{ij}^k + c \cdot dT_{ij}^k + \varepsilon_{\nabla \Phi}$$

空中一次差的结果可以消除地面接收器的时钟差。

1.1.2 地面一次差。同一时刻卫星k相对于两个不同的地面测站i, j的单程观测的差, 可以下式表示:

$$\Delta \Phi_{ij}^k = \Delta \rho_{ij}^k + \lambda \cdot \Delta N_{ij}^k - \Delta \left( \frac{f^k}{f^2} \right) + \Delta Trop_{ij}^k + c \cdot dt_{ij} + \varepsilon_{\Delta \Phi}$$

地面一次差的结果可以消除卫星的时钟差。

### 1.2 二次差

将一个空中一次差与一个地面一次差求差, 则可得二次差观测方程, 同时消去卫星及接收器的时钟差, 可用下式表示:

$$\nabla \Delta \Phi_{ij}^k = \nabla \Delta \rho_{ij}^k + \lambda \cdot \nabla \Delta N_{ij}^k - \nabla \Delta \left( \frac{f^k}{f^2} \right) + \nabla \Delta Trop_{ij}^k + \varepsilon_{\nabla \Delta \Phi}$$

### 1.3 三次差

将连续两时刻的二次差观测量求差, 即可得三次差观测量。若两时刻间无周波脱落的情形发生, 则整数未定值在三次差的过程中会被消去。若三次差的结果仍含有整数未定值, 则可断定为周波脱落所致, 因此一般常将其用于周波脱落的侦测。三次差后所求得的点位坐标可当作近似的起始坐标。三次差的观测方程式可表示成:

$$\delta \nabla \Delta \Phi_{ij}^{k1} = \delta \nabla \Delta \rho_{ij}^{k1} - \delta \nabla \Delta \left( \frac{f^{k1}}{f^2} \right) + \delta \nabla \Delta Trop_{ij}^{k1} + \varepsilon_{\delta \nabla \Delta \Phi}$$

## 2 精密单点定位

精密单点定位 (Precise Point Positioning, PPP) 的概念最早是利用精密星历消除了卫星时钟差以及卫星轨道的误差, 其余误差则当作未知数并利用参数估计与数学模型来求解。其与传统单点定位最明显的差别在于利用了精密星历来改正数据, 也显著提升了单点定位的定位精度。不同于相对定位技术, 卫星钟差与接收机钟差无法利用二次差分进行去除, 因此卫星钟差成果必须先行取得。通常卫星钟差的取得, 必须经由地球上已知位置的GPS连续站观测量与卫星联算估计而得, 而国际上一些太空机构也释出其估算的卫星钟差改正文件供他人使用。

### 3 误差解决措施

#### 3.1 卫星时钟差

GPS卫星采用高精度的铯原子钟,但其与真实的GPS时间仍存在有微小的误差,称为卫星时钟差,通常假设每个卫星的时钟差互相独立,且相同卫星对于不同地面测站的时钟差皆相同,则卫星时钟差的影响可藉由相对定位予以消除。

#### 3.2 接收器时钟差

一般的GPS接收器内部采用较为廉价的石英钟,时间量测的准确性远不如GPS卫星的铯原子钟,与真实的GPS时间自然存在有更大的误差,称为接收器时钟差,与卫星时钟差一样可藉由相对定位将其消除。

#### 3.3 天线相位中心差

天线的相位中心是指天线盘中接收卫星讯号的位置,通常随着讯号来源的不同而有所差异,与一般认定的天线盘中心并不完全一致,同时接收不同频率载波讯号的相位中心也有所差异。一般而言相位中心差影响高程方向的精度较多,必须加以改正。

#### 3.4 卫星轨道误差

卫星轨道位置是由卫星的星历数据所得到,卫星星历可分为广播星历与精密星历。广播星历为预估星历,伴随着卫星讯号一同发射,通常实时动态定位的星历数据都是使用广播星历,但其轨道精度较低。精密星历乃依照卫星实际运动的轨迹,以后处理的方式得到,其轨道精度较高,约在10cm左右,但通常要在7~10天后方能取得,无法用于RTK等实时性的量测方法上。

#### 3.5 电离层延迟误差

电离层大约分布在高度50~1000公里的大气层,其中散布着许多游离电子,当卫星信号通过时会产生迟滞的现象,称为电离层延迟。由于电离层的影响程度随着时间、地点与信号频率的不同而改变,通常难以模式化。在短基线时可假设基线两端的电离层延迟量相同,并藉由相对定位的方式消除其影响量,但当基线逐渐增长,基线两端电离层延迟量的差异将迅速增加,相对定位已无法将其影响完全消除,此时可利用双频观测量组成无电离层线性组合消去其影响。

#### 3.6 对流层延迟误差

对流层延迟误差是由于对流层中大气的变化造成GPS信号的延迟。一般而言,当卫星在头顶上方时,对流层延迟对距离的影响会随温度、湿度及压力等因素的不同而改变,一般的处理方法是将对流层延迟误差分为

干空气与湿空气两种分量来处理。两分量与大气压力及绝对温度有关;而差别在于湿空气的分量又与湿度相关,其影响量虽然不大,但经常难以准确估计。

#### 3.7 多路径效应

多路径效应是由于信号从卫星发射到被接收器接收的过程中,在周围环境存在有高反射性的物体,使信号经由一条以上的路径进入天线盘,称为多路径效应。剧烈的多路径效应可能造成卫星讯号失真或周波脱落。由于多路径效应的发生和施测地点周遭的环境有关,除了尽量避开多路径效应严重的地点外,只能以硬件设计,如增加天线盘文件板的方式或是以数学模式尽量消除其影响。

#### 3.8 周波脱落

周波脱落并不属于误差的一种,而是指在讯号接收的过程中,由于外在环境或是仪器本身的影响,使接收的载波讯号出现不连续的情形。

发生周波脱落之后,虽然小数部分的载波相位值仍可继续量测,但整数周波数必须重新搜寻。对于卡曼滤波等实时动态定位的算法而言,发生周波脱落将使得整数周波未定值产生变化,因此系统必须重新对坐标加以估计,在解算得到稳定的结果之前,可能会有无法解算或解算错误的情形。

### 4 结语

GPS定位误差来源很多,其中包括时钟差、相位中心差等系统本身的误差以及电离层延迟误差、对流层延迟误差等由周围环境造成的误差,在实际应用中,只有了解掌握误差原因,才能针对性地做出解决措施,从而有效避免误差。

#### 参考文献

- [1] 皇甫堪,等.现代数字信号处理[M].北京:电子工业出版社,2003.
- [2] 李成钢,黄丁发,周乐韬,熊永良,徐锐. GPS参考站网络的多路径误差建模技术研究[J]. 测绘工程, 2007, (1).
- [3] 薛国义,周智敏,王建. 机载环境下的GPS测量误差分析和建模[J]. 中国惯性技术学报, 2006, (4).
- [4] 吴简彤,王利存,原金升,张树侠. GPS误差模型参数估计的Hopfield神经网络方法[J]. 中国惯性技术学报, 1998, (4).

(责任编辑:陈倩)