

GPS 天线相位绕轴误差及其对 GPS 精密单点定位的精度影响分析

许承权¹, 范 千², 杜 刚³

(1. 闽江学院 地理科学系 福建 福州 350108; 2. 福州大学 土木工程学院 福建 福州 350108;
3. 成都市勘察测绘研究院 四川 成都 610081)

摘 要:对于 GPS 精密单点定位, 天线相位绕轴误差无法通过星间求差法消除或者减弱, 因此必须通过适当的模型加以改正。本文详细分析该误差的特性及其改正方法, 并采用自编软件通过计算实例分析其对 GPS 精密单点定位的精度影响。

关键词:GPS 精密单点定位; 误差分析; GPS 天线相位绕轴

中图分类号:P228.4 **文献标识码:**B **文章编号:**1672 - 5867(2011)05 - 0001 - 02

GPS Phase Wind - up Error and It's Effect in the GPS Precise Point Positioning

XU Cheng - quan¹, FAN Qian², DU Gang³

(1. Department of Geography, Minjiang University, Fuzhou 350108, China;
2. School of Civil Engineering, Fuzhou University, Fuzhou 350108, China;
3. Chengdu Exploration and Survey Institute, Chengdu 610081, China)

Abstract: Phase wind - up error in GPS precise point positioning can not be eliminate or mitigate easily, so it is important to deal them with accurate correction models or set residuals of them as unknown parameters. The phase windup error and it's correction models are discussed detailed. Numerical result shows the accuracy of PPP using the correction model.

Key words: GPS precise point positioning; error discussing; GPS phase wind - up

0 引 言

GPS 精密单点定位(PPP)是利用 GPS 精密卫星星历和精密卫星钟差,以单台 GPS 接收机采集的观测数据获得高精度定位结果的方法,其精度一般可以达到分米级至厘米级。由于作业方式高效灵活、精度高,并且可以直接得到高精度的 ITRF 框架坐标。PPP 技术在区域高精度的坐标框架维持、区域或者全球性的科学考察、航空测量、高精度动态导航定位等领域具有广阔的应用前景,是目前 GPS 领域的研究热点之一。

GPS 定位中出现的各种误差从误差源来分,通常可以分为与卫星有关的误差,与传播路径有关的误差,和与接收机有关的误差。各项误差对 GPS 精密单点定位(PPP)

的影响,大的可达数十米,因此必须加以消除。消除这些误差的方法除了选择较好的硬件和较好的观测条件外,还有建立误差改正模型、求差法和参数估计等。

GPS 载波相位观测值与 GPS 卫星天线和接收机天线的方位相关,当改变卫星或者接收机的天线方位时,载波相位观测值将发生改变^[1-2]。将卫星或者接收机的天线绕其竖轴旋转,将改变载波相位最大达到一周,这种影响称为天线相位绕轴(phase wind - up)。

由于 GPS 精密单点定位的各种误差难以消除,必须采用完善、精确的改正模型加以改正,并将改正后仍然无法忽略的残余误差作为未知参数进行估计。其中, GPS 天线相位绕轴误差就无法通过求差法消除或者减弱,因此必须通过适当的模型加以改正。本文详细分析了该误差

收稿日期:2011 - 07 - 23

基金项目:福州市科技计划项目(2009 - S - 95);福建省教育厅 A 类科技项目(JA09193);福建省自然科学基金项目(2009J05102)资助

作者简介:许承权(1980 -)男,福建莆田人,讲师,博士,2008年毕业于武汉大学大地测量学与测量工程专业,主要从事 GPS 教学与数据处理研究工作。

的特征、改正方法,最后通过计算实例分析了该误差的特性。

1 GPS 天线相位绕转误差

对于静态定位,接收机天线除非人为的旋转,是不会围绕垂直轴自动旋转的,但是卫星天线会随着太阳能帆板对太阳的朝向变化产生一个很缓慢的旋转,使得卫星和测站的几何关系发生变化,在日食的时候,可以达到 1 min 内旋转一圈,在正午和午夜的时候,达到 30 min 内一圈的旋转量,这个时候必须对相位观测值进行改正或者加以删除^[1]。

双差观测值并不能完全消除 GPS 天线相位绕转误差的影响,对于一条 4 300 km 的基线,相位绕转误差最大可以达到 4 cm^[2];对于利用 GPS 卫星直达波与反射波信号反演海洋参数、反演海浪波高等领域,则 GPS 天线相位绕转误差的影响可以达到数个厘米,因此近年受到了一些学者的重视^[3-4];对于 GPS 精密单点定位,天线相位绕转误差可以达到分米级^[1],而 GPS 接收机天线的相位绕转误差可以被接收机钟差所吸收。因此,可以不考虑 GPS 接收机天线的相位绕转。

Wu 等人研究了天线相位绕转误差,并给出两个不同形式的改正公式^[2]。这两个公式的改正效果相同,但第

二个公式更方便程序编写。其中,第二个公式为:

$$\Delta\phi = 2N\pi + \Delta\varphi \quad (1)$$

式中:

$$\Delta\varphi = \text{sign}(\zeta) \cos^{-1}(\hat{D} \cdot \hat{D}' / |\hat{D}'| |\hat{D}|) \quad (2)$$

$$\zeta = \hat{k} \cdot (\hat{D}' \times \hat{D}) \quad (2)$$

$$\hat{D}' = \hat{x}' - \hat{k}(\hat{k} \cdot \hat{x}') - \hat{k} \times \hat{y}' \quad (3)$$

$$\hat{D} = \hat{x} - \hat{k}(\hat{k} \cdot \hat{x}) + \hat{k} \times \hat{y} \quad (4)$$

$$N = \text{nint}[\Delta\Phi_{\text{prev}} - \Delta\varphi] / 2\pi \quad (5)$$

其中 nint 为四舍五入函数; $\Delta\Phi_{\text{prev}}$ 表示前一历元的相位改正; \hat{k} 为卫星到接收机的单位向量; x, y, z 表示星固系下的卫星位置向量; x', y', z' 表示站心坐标下的接收机位置向量。

2 计算实例分析

为分析 GPS 天线相位绕转误差的特性及对 PPP 的影响,以江苏省 CORS 网 BTSA 监测站 2007 年 9 月 1 日的双频观测数据为例,采用自编 GPS 精密单点定位软件 MPEPPP 进行计算分析。以 300 s 为历元间隔输出该测站观测到的所有 GPS 卫星的天线相位绕转改正。由图 1 可以看出, GPS 卫星天线相位绕转误差的大小为厘米级,最大达到了 10 cm 左右。

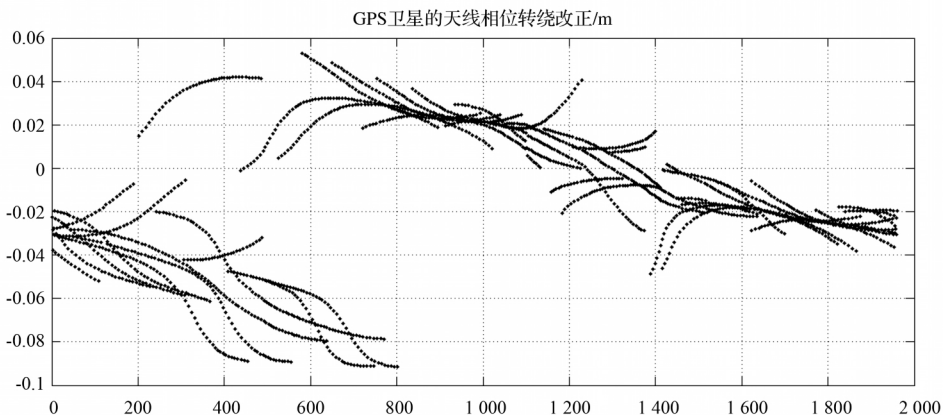


图 1 2007 年 9 月 1 日 GPS 卫星的天线相位绕转的大小 (m)

Fig.1 The values of GPS phase wind-up on September 1 2007 (m)

为分析 GPS 卫星天线相位绕转误差对 GPS 精密单点定位的影响,仍然以 BTSA 监测站为例,在施加、不施加天线相位绕转误差改正两种情况下,采用非差相位最小二乘法分别计算了该测站 2007 年 9 月 1~7 日的观测数据。为避免电离层延迟误差对定位结果的影响,采用双频 L3 观测值进行解算,采用 CODE 分析中心的最终轨道和钟差产品,采用 NMF 投影函数,考虑对流层水平梯度改正,采样间隔为 300 s,截止高度角为 15°。

图 2 显示的是 2007 年 9 月 1~7 日的单天解 N, E, U 三方向的误差,图中蓝色为施加了天线相位绕转误差的单天解误差,而红色为不施加改正的单天解误差。可以看出,对于双频 PPP 静态单天解,两者的平面误差都在 1 cm 以内,高程方向的误差都在 2 cm 以内,但两者之间存

在毫米级的系统误差。

3 结束语

GPS 天线相位绕转误差是 GPS 精密单点定位中比较重要的误差源,本文详细分析了该误差的特性、改正模型、计算实例。综合以上的分析可以看出,对于 GPS 精密单点定位, GPS 接收机的天线相位绕转可以被接收机钟差吸收,因此在定位过程中可以不考虑; GPS 卫星天线相位绕转误差的大小为厘米级,最大达到了 10 cm 左右,且对定位结果产生了毫米级的系统误差,在高精度定位中必须通过模型加以改正。

(下转第 5 页)

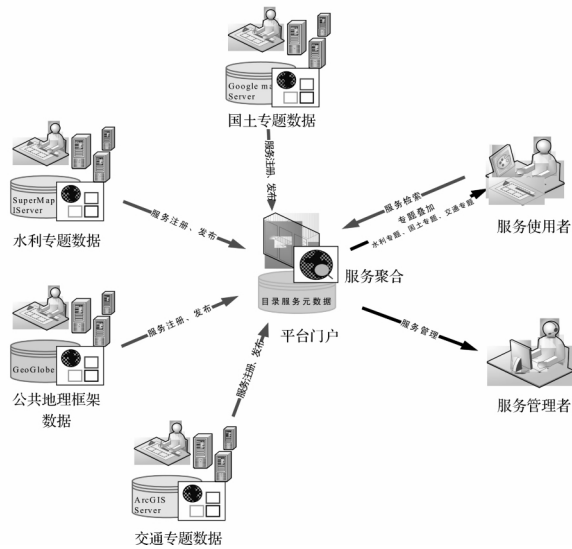


图 1 分建共享、协同服务模式
 Fig. 1 Mode of constructing and sharing and collaborative service

地对接 实现国家、省、市县等多个级别的联动、协同、一体化地理信息聚合、服务与共享应用。

5 结束语

福建省地理信息公共服务平台通过建设以公共地理

空间框架数据库为核心的多数据源、多尺度地理信息数据库、建设数据集成、整合的地理信息数据管理中心及面向全社会的共享服务应用中心来实现地理信息资源的共享和应用,并进一步通过建立共建共享机制,实现平台横向与国土、交通、民政、旅游、气象、公安等部门互联互通,纵向与国家主平台及福建省9地市信息基地的互联互通,建立“一站式”在线地理信息协同服务,形成多级互动的地理信息综合服务能力,从而推动地理信息服务模式从“提供离线数据”到“提供在线服务”的跨越式转变,更好地满足了信息化条件下政府宏观决策、应急管理、社会公益服务对地理信息服务的迫切需求。

参考文献:

[1] 王延亮, 储晓雷. 地理信息公共服务平台模式探讨[J]. 测绘与空间地理信息 2007, 30(2): 71-76.
 [2] 龚健雅. 空间信息资源共享与互操作技术[J]. 国土资源信息化技术 2003(5): 15-32.
 [3] 肖建华, 罗名海. 论城市地理信息公共服务平台建设中的若干问题[J]. 工程勘察 2006(3): 65-69.
 [4] 刘岳峰, 郇伦, 王铁. GIS的社会化及公众 GIS[J]. 地学前缘 2007(7): 279-288.
 [5] 陈朝晖, 李峙, 王尔琪. 通用 Internet 地图服务平台的设计与建立[C]//中国地理信息系统协会 2001 年年会中国地理信息系统协会 2001 年年会论文集, 北京, 2001.

[编辑: 胡雪]

(上接第 2 页)

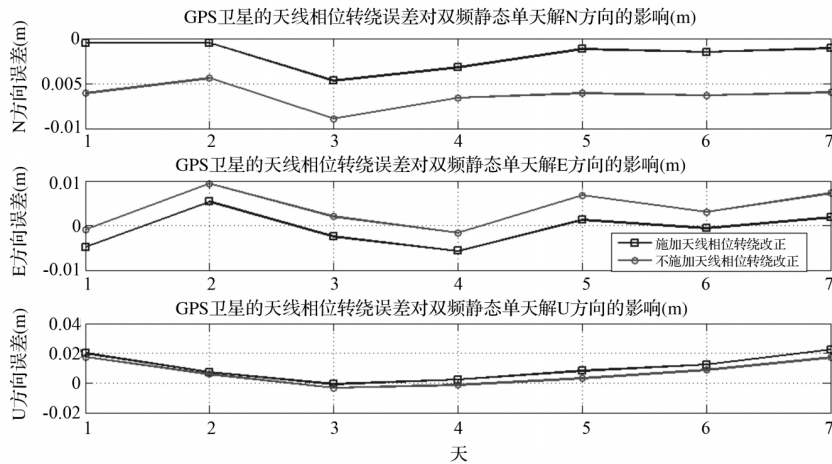


图 2 GPS 卫星的天线相位转绕对双频静态 PPP 单天解的影响 (m)
 Fig. 2 The effect of GPS phase wind-up to static dual-frequency GPS precise point positioning (m)

参考文献:

[1] Héroux, P. and J. Kouba. GPS Precise Point Positioning Using IGS Orbit Products[J]. Phys. Chem. Earth (A) 2001, 26(6): 573-578.
 [2] Wu J. T., C. Wu, G. A. Hajj, W. I. Bertiger, and S. M. Lichten. Effects of antenna orientation on GPS carrier phase [J]. Manuscripta Geodaetica, 1993(18): 91-98.
 [3] Georg Beyerle. Carrier phase wind-up in GPS reflectometry[J]. GPS Solut 2009(13): 191-198.
 [4] M. Garcia-Fernandez, M. Markgraf, O. Montenbruck. Spin rate estimation of sounding rockets using GPS wind-up [J]. GPS Solut 2008(12): 155-161.
 [5] 袁修孝, 付建红, 楼益栋. 基于精密单点定位技术的 GPS 辅助空中三角测量 [J]. 测绘学报, 2007, 36(3): 251-255.

[责任编辑: 王丽欣]