

Research on the Principle and Method of GNSS Non-differential Data Preprocessing

Xin Zhang Qiang Liu Kundi Song

The People's Liberation Army Unit 32023, Dalian, Liaoning, 116000, China

Abstract

With the continuous development of BeiDou Navigation Satellite System (BDS), its related technology has reached the international level, which also marks that BDS has reached a new height, and its application in various fields is also constantly strengthening, providing strong technical support for China's economic development. At the same time, improving the positioning and navigation accuracy of the system has also become a research hotspot. This paper mainly studies the preprocessing of BDS observation data and uses GAMP software to conduct BDS PPP experiments to compare and analyze the positioning results.

Keywords

precision single point positioning; data preprocessing; rough difference; Bell Jump

GNSS 非差数据预处理原理与方法研究

张新 刘强 宋堃迪

中国人民解放军 32023 部队, 中国·辽宁 大连 116000

摘要

随着北斗导航系统 (BeiDou Navigation Satellite System, BDS) 的不断发展, 其相关技术已经达到了国际水平, 这也标志着 BDS 到达了新的高度, 其在各个领域的应用也在不断加强, 为中国经济发展提供了有力的技术支持。与此同时, 提高系统的定位导航精度也成了研究的热点。论文主要针对 BDS 观测数据预处理开展研究并利用 GAMP 软件进行 BDS PPP 实验, 对定位结果进行对比分析。

关键词

精密单点定位; 数据预处理; 粗差; 钟跳

1 引言

为支持大地测量等相关领域的技术要求, 想要获得高精度的 GNSS, 用户过去主要采用静态相对定位或者动态差分定位两种方式, 利用高精度数据解算软件实现厘米到毫米级的相关定位要求^[1]。但是随着各种具体工程的实际需要和技术的不断发展, 出现了精密单点定位。相对于静态相对定位或者动态差分定位, 精密单点定位在某些方面会具有其独特的优势, 如对于卫星钟差等可以进行求解。所以数据预处理的过程对于最后定位结果的精度会有很大的影响, 预处理之后质量好的数据得到精度较高的结果可能性会大很多。

2 粗差探测原理与方法

2.1 粗差及其产生原因

在进行观测的过程中, 可能因为观测条件的不好而产生观测质量不好的观测数据, 一般情况下, 我们将绝对值大

于 3 倍中误差的观测值称为粗差, 其绝对值超过了限差, 所以含有粗差的观测数据是不能使用的, 粗差会对定位结果产生无法修复的影响。

粗差的产生通常是在观测过程中的一些因素而产生, 粗差的来源可以归结为以下 3 个方面: ①外界条件。数据采集过程中, 由观测环境的影响而产生测量瞬间的数值变化而产生粗差。②测量仪器。我们所使用的观测仪器通常情况下并不是完全精准的, 在某些情况下, 如温度、风速等条件的影响下或者测量前仪器未经检验而产生测量粗差。③人为因素。由于测量人本身的原因导致观测或者记录错误而产生粗差。

2.2 粗差探测原理

针对粗差处理可分为两种模式: ①将粗差归入函数模型的均值漂移模式; ②将粗差归入随机模型的抗差估计模式。在精密单点定位的过程中, 伪距观测值通常情况下用来做前期检验, 在滤波解收敛后, 伪距观测值得到的定位结果精度要远小于载波相位, 因为在实际观测中伪距观测值可能存在较大的测量粗差, 尤其是在观测卫星数量稀少时, PPP 的精度会受到严重的影响。

【作者简介】张新 (1998-), 男, 中国辽宁昌图人, 本科, 从事大地测量研究。

3 钟跳探测与修复原理与方法

3.1 钟跳产生原因及分类

GNSS 定位原理是利用接收机接收卫星发射的电磁波信号, 通过电磁信号中的导航星历计算卫星到接收机的距离, 利用空间后方交会计算接收机所处坐标系下的绝对坐标。为了保持接收机内部时钟与系统时间同步、控制接收机钟差漂移而引入的误差为接收机钟跳。

接收机的钟跳将导致接收机所接收到卫星发射电磁波频率上的伪距和载波相位观测值产生相同数值的阶跃(距离单位)。钟跳对于卫星观测值的影响主要表现为三类: ①伪距产生阶跃, 载波相位连续; ②伪距连续, 但是载波相位产生阶跃; ③伪距观测值和载波相位观测值同时阶跃。

钟跳对于最后的定位结果有较大影响, 它将导致现有的部分周跳探测方法失效, 特别是前两类情况^[2]。

3.2 钟跳探测与修复的原理

钟跳探测的方法有很多, 其中对于不同的系统会有其特有的方法, 各种方法有其独特的优势, 如基于观测值域的实时钟跳探测与修复的方法和历元间求差来进行钟跳探测, 利用反向修复法进行修复等。论文将对第二种方法进行讨论。

由伪距和载波相位的观测方程和在历元间进行求差有:

$$\begin{aligned} \Delta P(i) &= P(i+1) - P_i(i) \\ \Delta L(i) &= L(i+1) - L_i(i) \end{aligned} \quad (1)$$

构造钟跳探测量 S 及其条件式:

$$\begin{aligned} S(i) &= \Delta P(i) - \Delta L(i) \\ |S(i)| &> k_1 \approx 0.001c \end{aligned} \quad (2)$$

式中, i 为历元, k 为阈值。对于某一历元来说, 当且仅当所有可以观测到的卫星满足上式时, 则可以认为在此历元时刻所观测到的卫星发生大周跳或者可能存在着钟跳, 我们要将该历元可能发生的以上两种情况进行判别, 可以计算钟跳候选值 m , 并根据毫秒级钟跳的整数特性来进行筛选。由式进一步确定实际的钟跳值。

$$m = 10^3 \frac{(\sum_{j=1}^n S^j)}{(nc)} \quad (3)$$

$$J_s = \begin{cases} \text{int}(m), |m - \text{int}(m)| \leq k_2 \\ 0, |m - \text{int}(m)| \geq k_2 \end{cases} \quad (4)$$

式中, J_s 为实际钟跳值, 单位为 ms; n 为有效卫星数; k 为阈值, 大约在 10^{-5} 到 10^{-7} 之间^[3]。

由以上可以判断出历元是否发生钟跳及钟跳的大小, 但是在进行钟跳修复时, 要根据不同的钟跳类型进行修复, 所以要分辨出钟跳的类型, 主要是区分第一、二类钟跳。所以联合 ΔP 、 ΔL 来判断:

$$Type = \begin{cases} I_1, |\Delta P| \geq k_3; |\Delta L| < k_3 \\ I_2, |\Delta P| < k_3; |\Delta L| \geq k_3 \end{cases} \quad (5)$$

式中, k_3 为阈值, 且 $k_3 = k_1 - \Delta t \dot{\rho}$, 其中, Δt 为采样率, $\dot{\rho}$ 为卫地距离变化率。

当探测出钟跳的存在后对其进行修复, 将两种观测值调整为相同的条件以第一种情况为例, 因为受到了钟跳的影响, 而导致观测值不正常, 将没有受到影响的载波相位观测值调整为具有相同的跳跃, 这样就可以对两种进行相同的调整, 在处理时简单一些。第二种情况与第一种情况相同。此方法可以有效地保持相位和伪距基准的一致性, 且不会破坏模糊度参数的连续性。具体的修复公式为

$$\begin{cases} \tilde{L}(i) = L(i) = 10^{-3} J_s (\dot{\rho} + c), \text{ Type I} \\ \tilde{P}(i) = P(i) = 10^{-3} J_s (\dot{\rho} + c), \text{ Type II} \end{cases} \quad (6)$$

其中 $L(i)$ 、 $\tilde{P}(i)$ 分别为修复后的载波相位和伪距观测值。

4 数据预处理实验分析

BDS 非差观测数据预处理, 主要包括粗差探测与修复、钟跳的探测与修复。在数据预处理的过程中, 接收机钟跳也是一个不可忽视的影响因素, 通过上文论述可知, 钟跳与周跳具有相同的阶跃, 周跳是影响定位精度比较关键的一个因素, 对比分析在不进行这些功能时所得到的定位结果与实际参考坐标之间的偏差。以 PTGG 测站第 1 天的观测数据为例, 定位结果分析如图 1、图 2 所示。

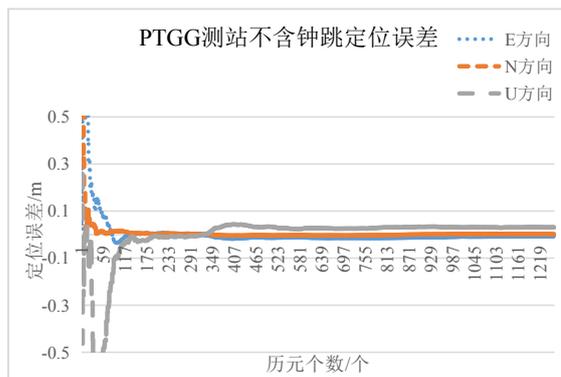


图 1 PTGG 测站不含钟跳定位误差图

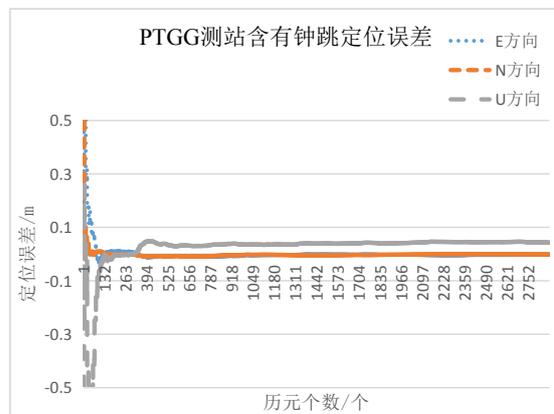


图 2 PTGG 测站含有钟跳定位误差示意图

通过统计图1和图2的对比发现,正常经过数据处理的部分用于进行定位的历元个数要远远少于包含钟跳的历元个数,产生这种情况的原因可能是在进行数据预处理时,系统并没有将钟跳部分进行修复,一部分数据直接进行了处理,但是在进行数据检验时视为了不合格数据而不参与定位,另一部分数据系统误将其识别为周跳而进行处理,在GAMP软件中对于周跳探测所设定的阈值可能对于钟跳并不适用,所以导致历元个数发生变化。从图形走势来看,不含钟跳图形走势相对于另一种那个情况要有一个明显的后移,这就说明在此前的历元中程序处理数据出现了问题,这

部分的数据并不满足要求。

在静态观测模式下对以上测站的对比分析结果可以看出,对于数据正常的测站其定位结果有明显的提高,以WUH2测站第1天定位结果为例,北斗三号系统的定位结果在三个方向上相比于北斗二号分别提升了9.44%、47.85%、34.77%。从北斗三号系统的定位结果看,GAMP的算法改进基本可以实现三号系统的定位要求,软件中相应的数据预处理算法也可以使用。除此之外,定位的收敛时间也有一定的提升,以WUH2测站第1天在水平和高程方向的收敛时间为例,如表1所示。

表1 两种系统下定位收敛时间统计

解算方向	无 BDS-3 卫星收敛时间 (min)	有 BDS-3 卫星收敛时间 (min)	提升 (%)
水平方向	24	21	12.5%
高程方向	27	23	14.8%

从收敛时间看,北斗三号卫星对于定位的收敛时间会有一定的提升,但是具体提升的程度还要根据观测数据的质量,因目前北斗三号系统的相关技术还不是很完善,只有为数不多的地面站可以连续接收北斗三号系统的信号,所以观测数据的质量对于定位时间有很大影响。

5 结语

BDS非差观测数据预处理是进行精密单点定位数据处理最关键的步骤之一,数据预处理得到质量好的观测数据是提高定位精度的保证,非差观测数据预处理也是精密单点定位的研究热点之一。钟跳对于周跳的探测与修复和最后定位

结果会有一定的影响,在进行精密单点定位时,不能忽视其影响,必须利用模型做出相应的改正来消除对于定位结果的影响。

参考文献

- [1] 叶世榕.GPS非差相位精密单点定位理论与实现[D].武汉:武汉大学,2002.
- [2] 周锋.多系统GNSS非差非组合精密单点定位相关理论和研究方法研究[D].上海:华东师范大学,2018.
- [3] 李昕.GPS/BDS定位中一种有效粗差探测方法[D].西安:长安大学,2018.