

# 不同周跳模型对非差观测数据定位精度的影响

## Effect of Different Weekly Jump Models on the Localization Accuracy of Non-poor Observation Data

刘强 张新 宋堃迪

Qiang Liu Xin Zhang Kundi Song

中国人民解放军 32023 部队 中国·辽宁 大连 116000

32023 PLA Troops, Dalian, Liaoning, 116000, China

**摘要:** 周跳是影响卫星导航系统定位精度的重要因素之一,也是数据解算中数据预处理所要解决的主要误差之一。随着卫星定位技术的不断发展,利用非差观测数据进行定位已成为高精度定位的选择之一。利用 GAMP 软件研究周跳对北斗非差观测数据定位精度的影响并利用 GF、MW 组合观测值对周跳进行探测,实验证明 GAMP 软件可以有效地对周跳进行探测及修复,提高定位精度。

**Abstract:** Weekly jump is one of the important factors affecting the positioning accuracy of satellite navigation system, and it is also one of the main errors to be solved by data preprocessing in data solution calculation. With the continuous development of satellite positioning technology, positioning using non-poor observation data has become one of the choices of high-precision positioning. GAMP software was used to study the influence of weekly jump on the positioning accuracy of Beidou non-poor observation data and use the GF and MW combination to detect the weekly jump, which proved that GAMP software can effectively detect and repair the weekly jump and improve the positioning accuracy.

**关键词:** 精密单点定位; 周跳探测; GAMP 软件; GF、MW 组合观测值

**Keywords:** precise point positioning; weekly jump detection; GAMP software; GF, MW combined observation value

**DOI:** 10.12346/se.v3i4.6355

## 1 引言

精密单点定位 (Precise Point Positioning) 是利用全球若干地面跟踪站的 GNSS 观测数据计算出的精密卫星轨道和卫星钟差<sup>[1]</sup>,对单台 GNSS 接收机所采集的载波相位和伪距观测值进行定位解算。精密单点定位主要利用非差观测值,从目前数据预处理的研究情况看,周跳的探测方法主要有电离层残差法、TurboEdit 方法<sup>[2]</sup>、卡尔曼滤波法、小波变换法等,从解算结果来看,已达到高精度定位的要求。

## 2 周跳

利用接收机进行 GNSS 定位时,接收机接收卫星发出的

电磁波信号,观测得到连续的载波相位,但是在观测过程中,可能因为某些原因导致整周的部分发生错误,这个错误值会使得观测数据与真实数据之间存在一个整周数的跳跃,但不足一周的部分依然正常,这个跳跃就是周跳<sup>[3]</sup>。但是,产生跳跃的值并不是原始载波相位波长的整数倍,而是接收机接收到的信号进行重建得到新的载波波长的整数倍,对于采用不同方法重建载波的接收来说,在载波相位中所带有的周跳大小会有所区别,因此,在进行数据预处理的周跳探测过程中,需要确定测量载波相位的方式,现在所使用的方法中多为整周、半周和 1/4 周。

【作者简介】刘强 (1987-),男,中国甘肃镇原人,本科,助理工程师,从事大地测量研究。

### 3 GAMP 软件介绍

GAMP (GNSS Analysis Software for Mnlulti-constellation and Multi-frequency Precise Positioning), 即多系统多频 GNSS 精密定位数据分析软件<sup>[4-5]</sup>, 是一款开源非差多系统 GNSS PPP 数据处理软件, 该软件可以基于无差异和未组合观测执行多系统精密单点定位。在 GAMP 软件中对于周跳探测与修复采用的是 GF 和 MW 组合观测值联合探测<sup>[6]</sup>, 针对组合观测值进行周跳的探测与修复充分利用了线性组合的特点。GF 组合观测值:

$$L_{GF}(i) = \lambda_1 \Phi_1(i) - \lambda_2 \Phi_2(i) = (\gamma_2 - 1)I_1(i) + (\lambda_1 N_1 - \lambda_2 N_2) \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \lambda_\delta \Phi_\delta(i) &= (f_1 \lambda_1 \Phi_1(i) - f_2 \lambda_2 \Phi_2(i)) / (f_1 - f_2) \\ &= \rho(i) + f_1 f_2 / (f_1^2 - f_2^2) \cdot I_1(i) + \lambda_\delta N_\delta \\ P_\delta(i) &= (f_1 P_1(i) + f_2 P_2(i)) / (f_1 + f_2) \\ &= \rho(i) + f_1 f_2 / (f_1^2 - f_2^2) \cdot I_1(i) \end{aligned} \quad (2)$$

$$N_\delta = N_1 - N_2 = \Phi_\delta(i) - P_\delta(i) / \lambda_\delta$$

$$\lambda_\delta = c / (f_1 - f_2)$$

式中的 i 为观测历元。

### 4 实验分析

从 MGEX 网站下载了 cut0、auck、jfng、cedu 等测站的连续观测数据, 采样间隔 30s, 测站所使用的接收机均满足实验要求。在动态 PPP 模式下对 cut0、auck、jfng、cedu 等测站的连续观测数据进行解算。

图 1 为 CUTO 测站解算误差, 其在 E、N、U、方向上的 PPP 定位结果与参考坐标的偏差分别为 0.15、0.20 和 0.32cm。

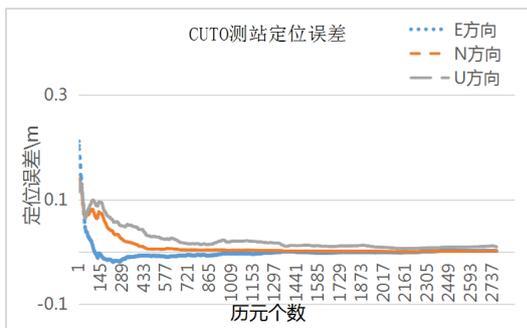


图 1 CUTO 测站定位误差图

经过 GAMP 软件的处理, 所得到精密单点定位的定位结果在 E、N、U 三个方向上的误差最后结果都相对稳定, 通常情况下, 我们认为当水平和竖直方向的定位结果精度达到 0.2m (95%) 和 0.1m (68%) 时, 结果收敛。CUTO 测站的收敛时间为 31min。在此基础上, 我们在执行 GAMP 处理 CUTO 测站精密单点定位的过程中将程序中对于周跳探测与修复功能进行屏蔽, 在不进行周跳的修复情况下进行定

位, 其在 E、N、U、方向上的 PPP 定位结果与参考坐标的偏差 (Root Mean Square, RMS) 如图 2 所示, 在不处理周跳的情况下, 利用 GAMP PPP 对观测数据直接进行解算所得到的定位结果与参考坐标在 E、N、U 三个方向上的误差分别为 0.32、0.23 和 1.73cm。收敛时间为 39min。经过周跳处理的总误差为 0.95cm, 未经周跳处理的误差为 1.77cm。

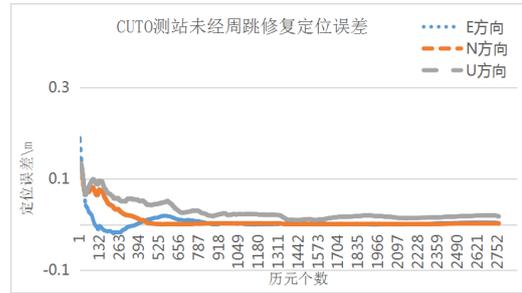


图 2 CUTO 测站为经周跳修复定位误差图

经过周跳处理之后在 E、N、U 三个方向上的定位结果精度分别提升了 53%、15%、47%。从图 2 中可以看出, 在第 600~800 个历元之间, 3 个方向上的定位误差相差最大, 最大处达到 0.05m。在查看过 GAMP 生成观测数据的 debug 文件中, 发现在 600~800 个历元之间, 观测值发生了频繁的跳动, 在历元之间产生了周跳从而导致定位结果出现了偏差, 从其做出判断的时间点来看, 结合观测文件以及数据处理得出的产品文件, 发现是在 600~800 个历元之间的确有周跳的存在, 导致观测值明显跳跃, 解算结果不稳定。

图 3 为以 CUTO 测站观测到的 C05 号卫星为例, 在观测过程中发生周跳的历元相对于正常观测的历元会有一个显著的跳变, 在软件中程序将相邻两历元间的差值大于 0.15 的认为是发生了跳变。从结果文件来看 (见表 1), 在探测周跳的过程中显示为一连续的曲线, 但是通过比较可以得出相邻两历元间的差值, 在观测过程中, 如果不存在跳跃, 则应呈现为相对稳定。

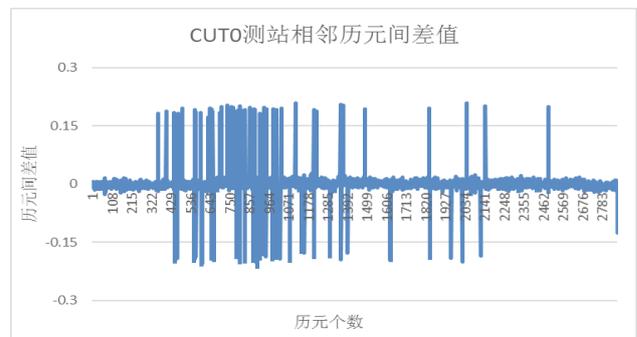


图 3 CUTO 测站相邻历元间差值

(下转第 30 页)

操作,最大限度地避免因操作错误而导致测绘结果出现较大的误差,保证测绘结果的正确性。

除此之外,为了保证测试工程的质量和服务水平不断提升,还要以市场经济发展为主要方向,不断地对测绘工程的工作机制进行完善,制定科学合理的管理制度。其中,还需要不断地向先进的国家积极进行学习,提高管理的效率和管理质量,并结合自身的实际情况,创新测绘管理工程质量管理与系统控制,以此来实现预期的目标,为中国经济发展提供坚实的基础。

## 6 结语

总而言之,随着中国经济的不断发展,测绘技术和测绘产品也得到了迅速的发展。虽然测绘产品质量管理和系统控制是一个十分复杂的过程。但是,只要我们能够不断完善相关的法律法规,建立科学的管理机制,加强抽查的力度,踏实工作,秉承实事求是,不断发展创新的工作理念,就能够高效地推动中国测绘工作的全面发展和提升。

另外,还需要在思想认识上提高,并且采取一定的技术条件作为基础,只有这样,才能有效地提升质量管理和监督作为支撑,才能有效地保证中国的测绘工程质量管理与系统控制。所以,需要建立起完善的管理机制,不断地提升测绘工作人员的技术水平,使测绘事业更好地为中国的经济发展服务。

## 参考文献

- [1] 郭剑飞.测绘工程的质量管理与系统控制[J].建筑工程技术与设计,2020(12):2539.
- [2] 敖艳伟.测绘工程的质量管理与系统控制[J].建筑工程技术与设计,2020(2):2663.
- [3] 王丛香,崔刚.对工程测量中数字化测绘技术的研究[J].民营科技,2010(1):1.
- [4] 文雪中.深度探讨测量工程质量控制管理思路[J].科技创新导报,2010(3):2.
- [5] 王国军.测绘工程的质量管理与系统控制探讨[J].科学技术创新,2012,30(8):126.

(上接第27页)

表1 周跳处理解算结果 STD 统计 (单位 /cm)

测站	探测周跳			未探测周跳		
	E 方向	N 方向	U 方向	E 方向	N 方向	U 方向
CUT0	2.41	2.06	2.27	3.57	3.21	3.62
JFNG	3.11	2.80	4.38	4.02	3.08	5.16
AUCK	2.14	5.24	1.97	3.63	5.56	2.41
CEDU	6.75	8.70	4.23	6.98	9.03	5.03

## 5 结语

利用 GAMP 进行精密单点定位实验,分析周跳对于非差观测数据的影响,实验发现,未经周跳处理的观测数据在进行定位时会产生较大误差,利用 GF、MW 组合观测值对周跳进行探测并修复,GF 组合可以探测窄巷周跳,而 MW 组合更适用探测宽巷周跳,两者联合可以较好地实现周跳的探测,提高定位精度。

## 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] 蔡成林,王亮亮,刘昌盛,等.利用改进型TurboEdit算法进行BDS载波相位周跳检测与修复[J].武汉大学学报:信息科学版,2016(12):1632-1637.
- [3] 桂维振,李长青,黄晓阳,等.BDS小周跳的探测与修复方法[J].测绘通报,2018(11):93-98.
- [4] 周锋.多系统GNSS非差非组合精密单点定位相关理论和方法研究[D].上海:华东师范大学,2018.
- [5] Zhou F, Dong D, Li W, et al. GAMP: An open-source software of multi-GNSS precise point positioning using undifferenced and uncombined observations[J].GPS Solutions,2018(22):33.
- [6] Blewitt G. An automatic editing algorithm for GPS data[J]. Geophysical Research Letters, 1990,17(3):199-202.