

**引文格式:**隋心.多 GNSS 系统间双差模糊度构建与固定理论方法研究[J].测绘学报,2018,47(8):1160. DOI:10.11947/j. AGCS. 2018.20170518.  
SUI Xin.Research on the Theory and Method of Inter-system Double Difference Ambiguity Forming and Fixing for Multi-GNSS[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica,2018,47(8):1160. DOI:10.11947/j. AGCS.2018.20170518.

# 多 GNSS 系统间双差模糊度构建与固定理论方法研究

隋 心

辽宁工程技术大学测绘与地理科学学院,辽宁 阜新 123000

## Research on the Theory and Method of Inter-system Double Difference Ambiguity Forming and Fixing for Multi-GNSS

SUI Xin

School of Geomatics,Liaoning Technical University,Fuxin 123000,China

多 GNSS 组合定位的核心课题之一是解决不同系统的两个卫星间的差分模糊度构建与固定问题。这个问题的解决对于提高组合系统的性能、特别是在单个系统观测卫星很少时的特殊地区和时间区间上的应用具有重要意义。因此,本文提出了顾及系统间双差模糊度固定的多 GNSS 定位统一数学模型及 GNSS 接收机端相位偏差参数快速估计方法,实现了 GPS-GLONASS-BDS-Galileo 多系统多频率紧组合数据处理应用。本文具体工作和主要贡献包括:

(1) 顾及 IFB/ISB、不同波长对系统间双差模糊度的影响,在经典的 GNSS 系统内部双差观测模型基础上建立了顾及系统间双差模糊度固定的多 GNSS 定位统一数学模型,量化分析了不同波长对双差模糊度固定的影响,建立了相位偏差与模糊度进行快速分离的方法,实现参数解算和模糊度固定。

(2) 从理论上分析了影响 ISB 稳定性因素。根据优先考虑不同系统间互相重叠或接近的频段进行组合的原则,将不同系统间的 ISB 进行分类,在此基础上设计了 ISB 稳定性测试方案。利用建立的统一数学模型分别对 GPS-BDS、GPS-GLONASS、GPS-Galileo、BDS-Galileo 在第一频段、第二频段及第三频段的 ISB 的稳定性进行测试分析。测试结果表明码 ISB 可以始终保持稳定,相位 ISB 在连续观测时间段内能够保持稳定,相对于其他影响因素,接收机重启对相位 ISB 影响较大。认为产生该现象的主要原因为同一 GNSS 接收机对于不同系统卫星的初始相位偏差并不一致,导致接收机重启后相位 ISB 发生跳变,不够稳定。

(3) 通过分析相位偏差参数与 RATIO 值之间的关系,将多维相位偏差估计问题归结为求解最优优化问题,提出了采用优化方法中的粒子群优化算法进行多维相位偏差参数同步快速估计。设计了基于粒子群优化算法的相位偏差参数快速估计方法流程,利用 1 维和 4 维相位偏差参数估计试验对算法的效率和精度进行验证。试验结果表明,对于 1 维相位偏差参数估计,每历元 IFB 变化率平均搜索次数仅为 9 次,模糊度固定成功率为 97.8%;对于 4 维相位偏差参数估计,每历元平均搜索次数为 178 次,模糊度固定成功率为 100%,每历元平均计算时间仅为

0.12 s。试验结果表明该方法能够满足高精度实时动态定位要求。

(4) 采用非组合观测值构建长基线条件下多 GNSS 相对定位数学模型,分析不同波长和电离层延迟残差对系统间双差模糊度固定所产生的影响,采用粒子群优化算法对参考卫星单差模糊度的最优值进行搜索,以此消除不同波长的影响。对于电离层延迟残差的影响,首先将单差非组合模糊度浮点解投影为双差超宽巷/宽巷模糊度,然后将其固定,再根据正确固定的双差超宽巷/宽巷模糊度对单差非组合模糊度进行约束和改正,削弱电离层延迟残差对双差非组合模糊度固定的影响。在此基础上结合多维相位偏差参数同步快速估计方法,设计了长基线条件下系统间双差模糊度固定方法总体流程,低纬地区的 50 km 基线和中纬地区的 75 km 基线解算结果表明,该方法可以实现长基线条件下的系统间双差模糊度固定,并可以满足实时定位的要求。

(5) 实现了多 GNSS 系统间双差模糊度构建与固定方法的 GPS、GLONASS、BDS、Galileo 实测数据处理应用。将该方法应用于复杂观测环境下的 GNSS 数据处理,分别采用模拟复杂观测环境和真实复杂观测环境两种条件下的静态和动态观测数据进行测试,利用模糊度固定成功率、正确率、定位精度及定位偏差在不同精度区间所占的比例进行统计分析,进一步比较验证了多 GNSS 系统间双差模糊度构建与固定方法的优越性,以及处理软件的可靠性。

中图分类号:P228 文献标识码:D

文章编号:1001-1595(2018)08-1160-01

基金项目:国家重点研发计划项目(2016YFC0803102)

收稿日期:2017-09-12

作者简介:隋心(1981—),男,2017 年 6 月毕业于武汉大学,获工学博士学位(指导教师:施闯教授),研究方向为多 GNSS 系统组合高精度定位。

Author: SUI Xin (1981—), male, received his doctoral degree from Wuhan University on June 2017, majors in combined high precision positioning of Multi-GNSS.

E-mail: xinsui@whu.edu.cn