

# 基于站间单差相位绕转数据估计测站天线旋转速率的方法研究

蒋振伟<sup>1,2</sup> 袁运斌<sup>1</sup> 欧吉坤<sup>1</sup> 王海涛<sup>1</sup>

1 中国科学院测量与地球物理研究所大地测量与地球动力学国家重点实验室, 湖北 武汉, 430077

2 中国科学院大学, 北京, 100049

**摘要:** 相位绕转在 GNSS 定位中是一种误差源, 但包含接收机天线旋转的有用信息。提出了一种基于站间单差相位绕转观测数据估计测站天线旋转速率的方法。首先由无几何距离观测值的变化判断天线旋转的开始与结束时间, 然后利用单颗卫星站间差分的无几何距离观测值求出测站的天线旋转角度, 以及单颗卫星的测站天线旋转速率, 最后将所有卫星计算的测站天线旋转速率按照高度角加权平均得到最终的天线旋转速率。通过精心设计实验方案, 经实测数据验证, 该方法可以精确地估计测站天线的旋转速率, 在本实验中, 天线旋转平均速率估计精度约为 0.5 °/s。

**关键词:** 相位绕转; 站间单差; 旋转速率; 无几何距离观测值

中图法分类号: P228.4

文献标志码: A

GNSS 载波相位是右旋极化电磁波信号<sup>[1]</sup>, 卫星天线与接收机天线之间的相对旋转会产生相位绕转误差。在卫星端, 由于卫星姿态的调整产生的相位绕转误差可以采用模型进行精确修正<sup>[2]</sup>; 接收机端, 主要采用星间差分等方式消弱相位绕转误差对定位的影响。相位绕转误差与高度角无关, 在 GNSS 定位中被接收机钟差吸收。Kim 等<sup>[3]</sup> 详细分析了相位绕转误差对 GNSS 精密定位的影响。文献<sup>[4]</sup>则针对相位绕转误差对周跳探测的影响进行了分析。

虽然相位绕转在 GNSS 精密定位方面影响定位结果, 但该误差也包含 GNSS 接收机天线旋转等有用信息, 可以计算得到接收机天线旋转速率。天线旋转速率可应用于某些特定的场景, 如发射中的火箭为了维持稳定的姿态, 火箭自身将按一定速率旋转, 装备 GNSS 接收机的火箭除了能够实时定位, 还将获取火箭的旋转速率, 进一步确定火箭的姿态是否符合设计的要求。实时确定火箭的旋转速率是非常重要的指标。García-Fernández 等提出了一种利用单测站无几何距离 Geometry-Free(GF) 线性组合估计测站旋转速度的方法<sup>[5]</sup>, 该方法只能进行事后处理, 并且需要引

入外部高精度的电离层信息, 同时估计 GF 线性组合中模糊度的处理策略, 这就限制了测站旋转速率的估计精度。

本文提出了一种基于站间单差相位绕转数据估计测站天线旋转速率的方法, 避免因引入外部的不准确信息而导致估计精度下降, 并且可以实时估计测站天线的旋转速率。

## 1 天线旋转速率估计原理

### 1.1 GNSS 双频基本观测方程

在 GNSS 观测方程中, 相位绕转主要影响载波相位观测数据。当 GNSS 接收机天线绕天顶方向旋转一周时, 在载波相位观测值中, 各个频率上将分别相应地改变一周。本文以 GPS 为例进行理论阐述, 结论适用于其他卫星导航系统。GPS 原始观测值的相位非差方程如下:

$$\begin{cases} L_1 = \rho + c\delta_r - c\delta^s - I + T + \lambda_1 N_1 + \lambda_1 \Delta\varphi + \varepsilon_1 \\ L_2 = \rho + c\delta_r - c\delta^s - \frac{f_1^2}{f_2^2} I + T + \\ \lambda_2 N_2 + \lambda_2 \Delta\varphi + \varepsilon_2 \end{cases} \quad (1)$$