



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101710179 A

(43) 申请公布日 2010.05.19

(21) 申请号 200910273365.0

(22) 申请日 2009.12.23

(71) 申请人 武汉大学

地址 430072 湖北省武汉市武昌珞珈山

(72) 发明人 张小红 于兴旺

(74) 专利代理机构 武汉天力专利事务所 42208

代理人 严彦 冯卫平

(51) Int. Cl.

G01S 19/01 (2010.01)

G01S 19/44 (2010.01)

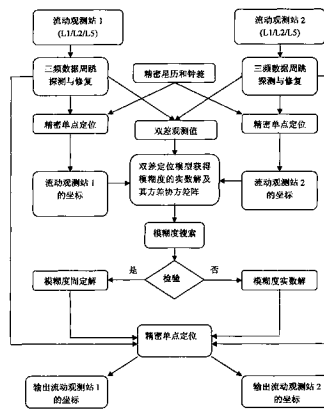
权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 5 页

(54) 发明名称

一种 GNSS 三频动对动定位方法

(57) 摘要

本发明涉及 GNSS 三频动对动定位方法,在起始历元中采用三频精密单点定位技术获得两个运动载体的坐标,选运动载体之一作为三频双差定位的参考站,采用三频双差定位求解两运动载体的基线分量以及双差载波相位的整周模糊度,并以它们作为后续历元中三频精密单点定位的约束条件,提高精密单点定位精度及其收敛速度。本发明还提出采用 Geometry-Base TCAR 模糊度固定方法求解三频整周模糊度,提出采用三频无电离层、长波长且低噪声载波的两个不相关组合观测值进行原始观测数据的周跳的探测与修复。



1. 一种 GNSS 三频动对动定位方法,其特征在于:

在起始历元中,执行以下步骤,

步骤 1,将两个运动载体作为流动观测站,对两个流动观测站原始观测所得三频 GNSS 数据进行预处理;

步骤 2,根据步骤 1 所得预处理后的三频 GNSS 数据,通过三频精密单点定位获得两个流动观测站的坐标;

步骤 3,设两个流动观测站中任一为三频双差定位的参考站,根据步骤 2 所得两个流动观测站的坐标,通过三频双差定位求解两个流动观测站的基线分量以及双差载波相位的整周模糊度;

在后续历元中,对两个流动观测站原始观测所得三频 GNSS 数据进行预处理,根据预处理后的三频 GNSS 数据,通过三频精密单点定位获得两个流动观测站的坐标,并以起始历元中的步骤 3 所得求解结果作为三频精密单点定位的约束条件。

2. 如权利要求 1 所述的 GNSS 三频动对动定位方法,其特征在于:所述对两个流动观测站原始观测所得三频 GNSS 数据进行预处理,包括采用三个三频无电离层、长波长且低噪声载波的不相关组合观测值,对两个流动观测站原始观测所得三频 GNSS 数据进行周跳探测与修复。

3. 如权利要求 1 所述的 GNSS 动对动定位方法,其特征在于:进行三频精密单点定位时,采用三个三频无电离层、长波长且低噪声载波的不相关组合观测值估算对流层、接收机位置及运动载体钟差参数。

4. 如权利要求 1 或 2 或 3 所述的 GNSS 三频动对动定位方法,其特征在于:步骤 3 所述三频双差定位求解中,所述双差载波相位的整周模糊度的求解采用 Geometry-Based TCAR 方法实现,然后依据成功率域值固定部分模糊度,采用统计假设检验判断固定部份模糊度的可靠性。

5. 如权利要求 4 所述的 GNSS 三频动对动定位方法,其特征在于:所述依据成功率域值固定部分模糊度实现方式为,通过双差定位模型获得模糊度的实数解及其方差协方差阵,依据整数变换后的方差协方差阵计算模糊度固定的成功率,取其成功率在预设的成功率域值范围内最大的一组模糊度。

一种 GNSS 三频动对动定位方法

技术领域

[0001] 本发明属于卫星导航定位技术领域,尤其是 GNSS 三频动对动定位方法。

背景技术

[0002] 全球导航卫星系统 (GNSS) 载波相位差分动态定位技术可以达到厘米级的精度,广泛应用于高精度导航定位领域中。但是传统意义上的“静-动”模式的差分动态定位需要一个坐标已知的静态参考站,流动观测站与静态参考站形成差分模式从而获得流动观测站位置。而在很多场合,需要关心的是两个运动载体的相对位置,如空中加油、编队飞行、航空器对接、精密定姿等。例如图 1 所示,可利用 GNSS 动对动定位,通过卫星提供的载波信号确定两架飞机精确的相对位置关系。

[0003] 这类没有静止参考站的动态相位定位问题,称之为“动对动定位”,动对动定位有着广泛的应用前景,但是国内对于动对动导航定位技术研究尚存在空白。GNSS 载波相位差分动态定位达到厘米级精度,需要获得可靠的载波相位整周模糊度,美国 GPS 现代化后将为其用户提供三个频率的卫星信号,三个频率可以增加观测值的个数,获得更多三频组合无电离层、长波长且低噪声载波的虚拟观测值,为整周模糊度解算提供新方法,减少整周模糊度固定时间,提高其成功率,目前国内外对于三频模糊度固定方法研究主要有:伍岳,第二代卫星导航系统多频数据处理理论及应用 [D]. 武汉大学. 2005; Yanming Feng, Chris Rizos. Geometry-Based TCAR Models and Performance Analysis [J]. IUGG 2007, . July2-13, Perugia, Italy; Wentao Zhang. Triple Frequency Cascading Ambiguity Resolution for Modernized GPS and GALILEO [D]. Calgary. 2005; A New Three-Frequency, Geometry-Free Technique for Ambiguity Resolution [C]. Proc of ION GNSS 2006, P309-316, 26-29 Sept, Fort Worth, TX.。对于以上三频模糊度固定方法,采用 Geometry-free TCAR 或 Geometry-Based TCAR 技术解算全部的整周模糊度,但是这两种技术存在问题是当观测条件较差,或观测卫星个数较多时,解算所有的整周模糊度值会失败。

发明内容

[0004] 本发明的目的是克服现有技术缺陷,提供一种新的 GNSS 三频动对动定位方法。

[0005] 本发明所提供 GNSS 三频动对动定位方法,技术方案如下:

[0006] 在起始历元中,执行以下步骤,

[0007] 步骤 1,将两个运动载体作为流动观测站,对两个流动观测站原始观测所得三频 GNSS 数据进行预处理;

[0008] 步骤 2,根据步骤 1 所得预处理后的三频 GNSS 数据,通过三频精密单点定位获得两个流动观测站的坐标;

[0009] 步骤 3,设两个流动观测站中任一为三频双差定位的参考站,根据步骤 2 所得两个流动观测站的坐标,通过三频双差定位求解两个流动观测站的基线分量以及双差载波相位

的整周模糊度；

[0010] 在后续历元中,对两个流动观测站原始观测所得三频 GNSS 数据进行预处理,根据预处理后的三频 GNSS 数据,通过三频精密单点定位获得两个流动观测站的坐标,并以起始历元中的步骤 3 所得求解结果作为三频精密单点定位的约束条件。

[0011] 而且,所述对两个流动观测站原始观测所得三频 GNSS 数据进行预处理,包括采用三个三频无电离层、长波长且低噪声载波的不相关组合观测值,对两个流动观测站原始观测所得三频 GNSS 数据进行周跳探测与修复。

[0012] 而且,进行三频精密单点定位时,采用三个三频无电离层、长波长且低噪声载波的不相关组合观测值估算对流层、接收机位置及运动载体钟差参数。而且,步骤 3 所述三频双差定位求解中,所述双差载波相位的整周模糊度的求解采用 Geometry-Based TCAR 方法实现,然后依据成功率域值固定部分模糊度,采用统计假设检验判断固定部份模糊度的可靠性。

[0013] 而且,所述依据成功率域值固定部分模糊度实现方式为,通过双差定位模型获得模糊度的实数解及其方差协方差阵,依据整数变换后的方差协方差阵计算模糊度固定的成功率,取其成功率在预设的成功率域值范围内最大的一组模糊度。

[0014] 本发明采用双差定位模型获得的基线分量及其模糊度值约束精密单点定位,提高精密单点定位的精度及降低其收敛时间,从而利用三频 GNSS 数据实现高精度高效率的动对动定位。本发明还采用 Geometry-Based TCAR 方法确定模糊度,进一步提高计算效率,并且通过固定部分模糊度,提高基线计算精度。

附图说明

[0015] 图 1 为 GNSS 动对动导航定位示意图；

[0016] 图 2 为本发明实施例的 GNSS 三频动对动定位流程图；

[0017] 图 3 为本发明实施例的 GNSS 三频精密单点定位流程图；

[0018] 图 4 为三频观测值线形组合观测值波长图；

[0019] 图 5 为本发明实施例的 GNSS 三频周跳探测流程图；

[0020] 图 6 为本发明实施例的 GNSS 三频模糊度解算流程图；

[0021] 图 7 为本发明实施例的模糊度部分固定流程图。

具体实施方式

[0022] 以下结合附图和实施例说明本发明技术方案：

[0023] 实施例涉及的三频即三个频段,分别标识为 L1/L2/L5。本发明实施例提供的 GNSS 动对动定位流程如图 2 所示：

[0024] 在起始历元中,执行以下三个步骤,

[0025] 步骤 1,将两个运动载体分别作为流动观测站 1 和流动观测站 2,在精密星历及钟差下提供原始观测所得三频 GNSS 数据,然后对原始的三频 GNSS 数据进行预处理,包括三频数据周跳探测与修复。

[0026] 步骤 2,根据预处理后的流动观测站 1 所得三频 GNSS 数据,对流动观测站 1 进行三频精密单点定位；根据预处理后的流动观测站 2 所得三频 GNSS 数据,对流动观测站 2 进行

三频精密单点定位。通过现有三频精密单点定位技术,可以求取获得两个流动观测站较精确的坐标。

[0027] 步骤 3, 设两个流动观测站中任一为三频双差定位的参考站, 根据步骤 2 所得两个流动观测站的坐标, 通过三频双差定位求解两个流动观测站的基线分量以及双差载波相位的整周模糊度。建议具体实施时, 以两个运动载体中坐标精度较高的流动观测站作为参考站, 即以该运动载体的坐标作为参考站坐标。三频双差定位中, 首先根据预处理后的流动观测站 1、2 所得三频 GNSS 数据求取双差观测值, 然后根据参考站坐标通过双差定位模型获得模糊度实数解及其方差协方差阵, 采用模糊度搜索方法搜索模糊度, 采用整周模糊度最优解与次优解的统计假设检验判断整周模糊度解算正确性。如果统计假设检验通过, 则利用模糊度固定解获得基线向量, 并以模糊度固定解及其整周模糊度值作为再次进行三频精密单点定位的约束条件; 如果检验失败, 则以模糊度实数解及其基线分量作为再次进行三频精密单点定位的约束条件。

[0028] 在后续历元中, 在步骤 3 所得约束条件下, 进行精密单点定位。由于所有后续历元中的精密单点定位可以利用起始历元中三频双差定位的结果, 因此可视为两个流动观测站联合进行单点定位, 此情况下单点定位所得坐标的精度比步骤 2 进行单点定位所得坐标的精度更高, 从而提高了定位精度, 降低了收敛时间。在后续历元中, 单点定位所得流动观测站 1 和流动观测站 2 的坐标可以直接作为动对动定位结果输出。

[0029] 本发明的具体实现可参见《GPS 测量与数据处理》(李征航等编著), 为便于实施参考起见, 提供实施例的具体实现方式如下:

[0030] (1) 原始观测所得三频 GNSS 数据的预处理

[0031] 实施例的三频精密单点定位流程如图 3 所示, 过程为: 进行单点定位前, 需要对流动观测站 1 原始观测所得三频 GNSS 数据和流动观测站 2 原始观测所得三频 GNSS 数据分别进行预处理; 然后对预处理后数据, 采用无电离层组合观测值估算对流层、接收机位置及运动载体钟差参数, 从而得到流动观测站 1、2 的三维坐标、钟差、对流层参数, 实现三频精密单点定位。起始历元时的单点定位, 与后续历元中的单点定位, 差别仅在于后者有起始历元中双差定位求解所得基线及载波相位整周模糊度参与, 图 3 中采用虚线框表示。可见首先要解决原始观测所得三频 GNSS 数据的预处理问题。

[0032] 周跳的探测是 GPS 动态导航定位中的关键环节, 能否正确的探测出周跳, 将直接影响导航定位的精度与可靠性, 因此定位数据预处理都会包括三频周跳探测与修复。而本发明所用三频数据在对周跳的探测与修复有更大的优点。对于三频观测值的情况下, 可以采用波长较长, 电离层影响较弱的观测特性较好的三个不相关组合观测值进行周跳的探测, 当原始观测所得载波相位观测值存在周跳时, 将在三个不相关组合观测值中放大, 利用伪距信息确定三个不相关组合观测值周跳的大小, 则可以计算获得三个原始频率载波相位的周跳大小。

[0033] 本发明实施例的 GNSS 三频周跳探测方法如图 5 所示, 过程为通过流动观测站 1、2 原始观测所得三频 GNSS 数据 (包括载波相位观测值和伪距原始观测值), 形成三个三频且线性不相关的载波相位组合观测值。为了达到良好的观测特性, 本发明实施例要求这些不相关组合观测值具有无电离层、长波长 (波长一般大于 86 厘米) 且低噪声载波 (噪声一般小于 L1 载波的观测噪声) 的性质, 并依据这些性质条件获得相应的组合观测值为 (0,

1, -1), (-3, 1, 3), (-1, 8, -7)。然后开始对当前历元进行历元差分探测周跳, 首先是进行是否发生周跳的判断, 如果某个线性组合观测值历元中, 差分载波相位与平滑的伪距观测值之间差值超过某个预设域值 (例如设为 1 个相位波长), 则认为发生周跳, 否则直接对下一个历元进行同样的历元差分探测周跳。如果发生周跳, 则利用平滑的伪距观测值确定上述三个不相关组合观测值的周跳, 计算原始观测所得载波相位观测值周跳, 按照计算所得周跳的估值进行周跳修复之后对下一个历元进行同样的历元差分探测周跳。所述平滑的伪距观测值用载波相位观测值对伪距原始观测值进行处理得到, 所述差分载波相位用相邻历元的载波相位观测值求差得到。

[0034] 按照 GNSS 标准, GNSS 载波相位线性 L1、L2、L5 的基准频率都为 10.23MHz, 因此各自的频率可表达为: $f_i = m_i f_0$, 此处 i 取 1、2、5。其中基准频率 $f_0 = 10.23\text{MHz}$ (兆赫兹), 波长 $\lambda_0 = 29.31\text{m}$ (米)。组合观测值的频率可改写为: $f = f_0(i_1 m_1 + i_2 m_2 + i_5 m_5)$

[0035] 设 $k = (i_1 m_1 + i_2 m_2 + i_5 m_5)$, k 具有整数特性, 则 $f = k f_0$, 波长为: $\lambda = \frac{\lambda_0}{k}$ 。当 k 中的系数 i_1 、 i_2 、 i_5 取不同的值, 组合观测值的波长也不相同, 根据 k 的取值范围, 分别给组合观测值定义不同的区域, 宽巷域: $0 < k < 115$, 中巷域: $115 \leq k \leq 154$, 窄巷域: $k > 154$ 。参见附图 4, 取 [1-17] 范围内的整数值组合观测值的波长, 当 $k = 1$ 时, 组合观测值波长的最大值为 29.31m (米)。

[0036] (2) 三频精密单点定位首先, 说明实施例起始历元中的三频精密单点定位:

[0037] 根据现有技术, GNSS 单点定位的观测方程为:

$$[0038] P_i = \rho - c \cdot \delta t_s + c \cdot \delta t_r + \delta \text{trop} + \delta \text{ion} + \delta P_{\text{mul}} + \delta \text{rel} + \varepsilon p \quad (4)$$

[0039]

$$\varphi_i = \rho - c \cdot \delta t_s + c \cdot \delta t_r + \lambda \cdot N + \delta \text{trop} - \delta \text{ion} + \delta \varphi_{\text{mul}} + \delta \text{rel} + \varepsilon p \quad (5)$$

[0040] 式中, c 为光速, δt_s 为卫星钟差, δt_r 为接收机钟差, i 表示观测值的频率, P_i 是伪距原始观测值, φ_i 是载波相位观测值。 ρ 表示卫星到运动载体的距离, δtrop 表示对流层延迟误差, δion 表示电离层延迟误差, δP_{mul} 表示伪距观测值上的多路径误差, δrel 表示相对论效应改正, εp 表示观测噪声, λ 表示载波相位波长, N 表示相位模糊度, $\delta \varphi_{\text{mul}}$ 表示载波相位观测值上的多路径误差。

[0041] 实施例的 GNSS 三频精密单点定位利用 IGS 公布的精密星历及其钟差数据产品 (将现有 IGS GNSS 精密星历及钟差文件导入单点定位计算过程即可), 采用无电离层、长波长且低噪声载波的不相关组合观测值 (本发明中简称为无电离层组合观测值) 作为观测量消除一阶电离层项影响, 采用 Kalman 滤波技术估算对流层参数, 位置参数以及接收机钟差, 并改正固体潮, 海洋潮, 天线相位中心, 相位缠绕等误差, 本实施例中 GNSS 三频精密单点定位的采用的不相关组合观测值与数据预处理中周跳探测与修改所用相同, 这些组合观测值的组合系数为 (0, 24, -23)。

[0042] 然后, 说明实施例后续历元中进行三频精密单点定位:

[0043] 附加基线以及模糊度约束条件后, 两个流动观测站三频精密单点定位的函数模型如下为:

[0044]

$$\begin{bmatrix} p_{ifA}^i \\ \varphi_{ifA}^i \\ p_{ifB}^j \\ \varphi_{ifB}^j \\ p_{ifA}^j \\ \varphi_{ifA}^j \\ p_{ifB}^j \\ \varphi_{ifB}^j \\ \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \\ \nabla \Delta N^i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \partial_{xA}^i & \partial_{yA}^i & \partial_{zA}^i & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & M_A^i & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \partial_{xA}^i & \partial_{yA}^i & \partial_{zA}^i & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & M_A^i & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \partial_{xB}^j & \partial_{yB}^j & \partial_{zB}^j & 0 & 1 & 0 & M_B^j & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \partial_{xB}^j & \partial_{yB}^j & \partial_{zB}^j & 0 & 1 & 0 & M_B^j & 0 & 1 & 0 & 0 \\ \partial_{xA}^j & \partial_{yA}^j & \partial_{zA}^j & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & M_A^j & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \partial_{xA}^j & \partial_{yA}^j & \partial_{zA}^j & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & M_A^j & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \partial_{xB}^j & \partial_{yB}^j & \partial_{zB}^j & 0 & 1 & 0 & M_B^j & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \partial_{xB}^j & \partial_{yB}^j & \partial_{zB}^j & 0 & 1 & 0 & M_B^j & 0 & 0 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_A \\ Y_A \\ Z_A \\ X_B \\ Y_B \\ Z_B \\ \delta T_A \\ \delta T_B \\ \delta trop_A \\ \delta trop_B \\ N_A^i \\ N_B^i \\ N_A^j \\ N_B^j \end{bmatrix} + \xi \quad (6)$$

[0045] 式中, $p_{ifA}^i, \varphi_{ifA}^i, p_{ifB}^j, \varphi_{ifB}^j$ 分别为两个流动观测站的伪距与载波相位无电离层组合观测值, $i=1,2,\dots,n, i \neq j, n$ 为卫星个数, $p_{ifA}^j, \varphi_{ifA}^j, p_{ifB}^j, \varphi_{ifB}^j$ 分别为两个流动观测站所选参考卫星的伪距与载波相位无电离层组合观测值, $(\Delta X, \Delta Y, \Delta Z), \nabla \Delta N^i$ 分别为两个流动观测站的基线分量及其双差模糊度值, $\partial_{xA}^i, \partial_{yA}^i, \partial_{zA}^i, M_A^i, \partial_{xB}^j, \partial_{yB}^j, \partial_{zB}^j, M_B^j$ 分别为两个流动观测站的卫星方向余弦及对流层投影函数, $\partial_{xA}^j, \partial_{yA}^j, \partial_{zA}^j, M_A^j, \partial_{xB}^j, \partial_{yB}^j, \partial_{zB}^j, M_B^j$ 分别为两个流动观测站参考卫星的卫星方向余弦及对流层投影函数, $(X_A, Y_A, Z_A), (X_B, Y_B, Z_B)$ 分别为两个流动观测站的坐标, $\delta T_A, \delta T_B$ 分别为两个流动观测站的接收机钟差, $\delta trop_A, \delta trop_B$ 分别为两个流动观测站的对流层参数, N_A^j, N_B^j 分别为两个流动观测站的卫星模糊度值, N_A^i, N_B^i 分别为两个流动观测站的参考星的模糊度值, ξ 为观测噪声。

[0046] 在起始历元进行三频双差定位后,就可以在后续历元中都以基线及载波相位模糊度作为约束条件,按照上述函数模型对无电离层组合观测值的参数估计,得到两个流动观测站的三维坐标、钟差、对流层参数。其他与起始历元中三频精密单点定位中相同的处理步骤,本发明不予赘述。

[0047] (3) 起始历元中的三频双差定位

[0048] 根据现有技术,GNSS 双差观测方程为:

$$[0049] \quad \nabla \Delta P_i = \nabla \Delta \rho + \nabla \Delta T + \frac{\nabla \Delta I}{f_i^2} + \varepsilon_{\nabla \Delta P_i} \quad (1)$$

$$[0050] \quad \lambda_i \nabla \Delta \phi_i = \nabla \Delta \rho + \nabla \Delta T - \frac{\nabla \Delta I}{f_i^2} + \lambda_i \nabla \Delta N_i + \varepsilon_{\nabla \Delta \phi_i} \quad (2)$$

[0051] i 表示观测值的频率, λ_i 为对应的波长, P_i 是伪距原始观测值, ϕ_i 是载波相位观测值, ρ 为卫星到运动载体的距离, $\nabla \Delta$ 表示双差, $\nabla \Delta T$ 为双差对流层残差, $\nabla \Delta I$ 为双差电离层残差, $\nabla \Delta N_i$ 为双差模糊度, $\varepsilon_{\nabla \Delta P_i}$ 表示伪距观测噪声, $\varepsilon_{\nabla \Delta \phi_i}$ 表示载波相位观测噪声, f_i 表示信号频率。当基线长度小于 20km(公里)时,双差对流层残差 $\nabla \Delta T$ 和双差电离层残差 $\nabla \Delta I$ 可以忽略。

[0052] 在 GPS 相对定位中,起始点坐标变化的影响,可分为两部分,其一,是使基线向量产生平移,在空间直角坐标系中,这种影响关系简单,其值仅取决于起始点坐标的变化;其二,是起始点坐标的偏差,通过 GPS 相对定位模型,对所求基线向量的影响。这种影响,是基线长度,方位,起始点位置以及所测卫星几何分布等诸多因素的复杂函数。

[0053] 起始点坐标变化,对所测基线的影响,主要与基线长度密切相关,在最不利的情况下,其影响的大小,可以按以下近似关系式估算:

$$[0054] \quad \delta s = 0.60 \cdot 10^{-4} \cdot D \cdot \delta X \quad (3)$$

[0055] D 为基线长度,以 km(千米)为单位, δX 为起算点坐标误差, δs 为起算点坐标误差对基线的影响,当基线精度要求为 $3\text{mm} \pm 0.01\text{ppm} \cdot D$ (mm 表示毫米、ppm 表示百万分之一米)时,起算点坐标误差应小于 0.2m(米)。

[0056] 由上述可知,GNSS 动对动定位中的三频双差定位精确确定载体的相对位置,需要精确的参考站坐标,由于两个运动载体的位置都在运动,因此采用三频精密单点定位确定运动载体的初始位置,可以获得亚分米级定位精度,并以此作为参考站的坐标,进行差分定位求解动态基线,并利用差分解算获得的基线分量及求解出的整周模糊度约束精密单点定位,提高精密单点定位的精度及其收敛时间。

[0057] 在 GNSS 导航定位中,经常利用低噪声,弱电离层,长波长的载波相位组合观测值来提高模糊度计算的成功率,三频为 GNSS 模糊度求解提供新的方法。为了提高计算效率以及模糊度解算的成功率,具体实施时可以采用现有的 Geometry-based TCAR 方法考虑卫星星座的几何强度信息,采用已有的模糊度求解技术 Lambda 方法先求解超宽巷模糊度,再求解宽巷模糊度,最后求解 L1 模糊度值,即:第一步,利用超宽巷组合观测值与伪距观测值组成观测方程,获得超宽巷组合观测值的实数解,依据成功率域值,采用 Lambda 方法部分固定超宽巷模糊度,第二步与第一步类似,把超宽巷组合观测值以及固定的整周模糊度值与宽巷组合观测值代入观测方程,求解宽巷模糊度的实数解及其方差协方差阵,采用 Lambda 方法部分固定宽巷整周模糊度。第三步采用相似的方法直接固定 L1 的整周模糊度。采用的线性组合观测值中。超宽巷和宽巷都属于宽巷域。实施例的 GNSS 三频模糊度解算方法如图 6 所示,包括以下步骤:

[0058] 步骤 A,计算超宽巷组合观测值 WL2(组合系数为 (0,1,-1)) 模糊度实数解及其方差协方差, LAMBDA 模糊度部分固定, WL2 模糊度解算结果(包含固定值与实数值);然后判断是否全部固定,是则进入步骤 B,否则进入步骤 D;

[0059] 步骤 B,计算宽巷组合观测值 WL1(组合系数为 (1,0,-1)) 模糊度实数解及其方差协方差, LAMBDA 模糊度部分固定, WL1 模糊度解算结果(包含固定值与实数值);然后判断是否全部固定,是则进入步骤 C,否则进入步骤 D;

[0060] 步骤 C,计算 L1 模糊度实数解及其方差协方差, LAMBDA 模糊度部分固定, L1 模糊度解算结果(包含固定值与实数值),进入步骤 D;

[0061] 步骤 D,利用获得的模糊度计算基线分量,输出结果及其对应的整周模糊度。

[0062] 对于 GNSS 模糊度解算,当模糊度个数较多时,并不能单历元正确固定所有的模糊度,依据一定的成功率固定部分可以固定的整周模糊度,可以提高基线解算的精度。其具体实施方法如下:首先对实数模糊度(即模糊度的实数解)的方差协方差阵进行解相关,获得整数转换矩阵,利用整数转换矩阵对实数模糊度进行整数变换,获得整数变换后的实数模

糊度及其方差协方差阵,依据整数变换后的方差协方差阵计算模糊度固定的成功率,取其成功率在域值范围内最大的一组模糊度,利用 Lambda 方法搜索,获得模糊度的最优解及次优解(相差大时),利用现有统计假设检验理论,测试模糊度固定的正确性。如果检验通过,则认为最优解得到的整数模糊度就是所求模糊度,模糊度固定正确,采用整数模糊度值求解基线,如果检验失败,则采用实数模糊度值。实施例的部分模糊度固定方法如图 7 所示,总结其过程为:对于实数模糊度及其方差协方差阵,将 Lambda 整数变换后的实数模糊度及其方差协方差阵,按方差大小排序;依据给定的成功率域值(建议取值 96%)选择待固定模糊度组及其方差协方差阵,利用搜索模糊度获得待固定模糊度组的最优值及次优值,检验通过则作为固定解,检验失败则作为实数解。

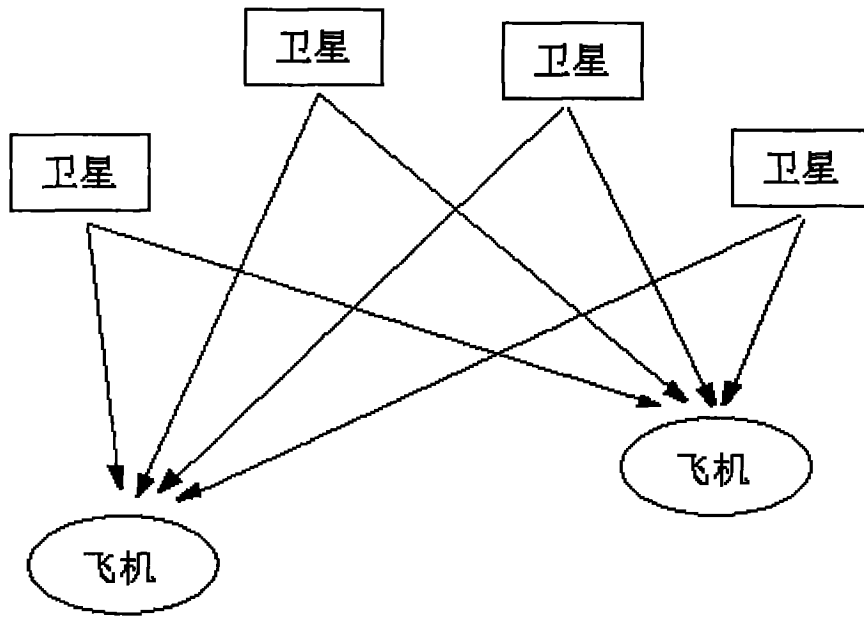


图 1

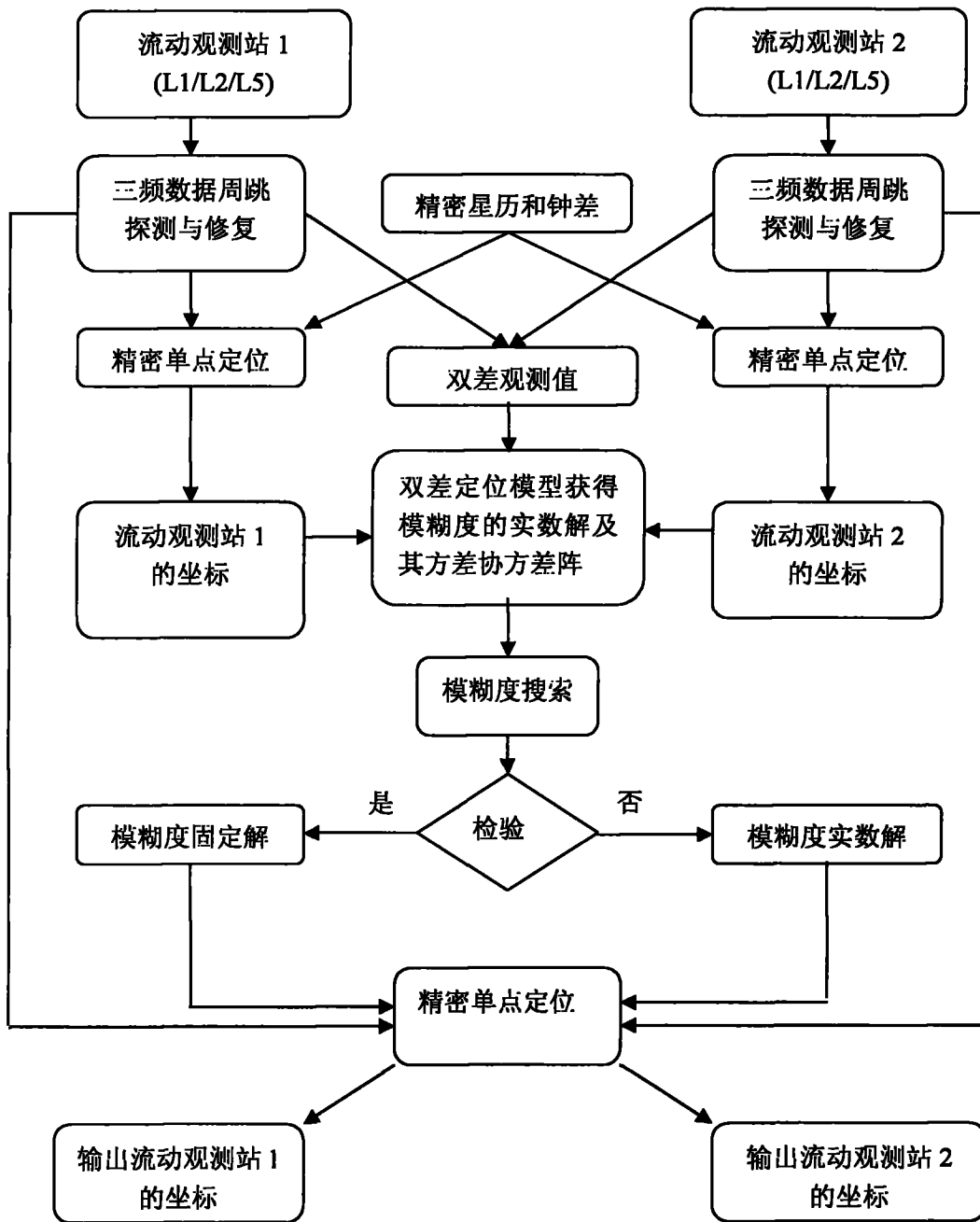


图 2

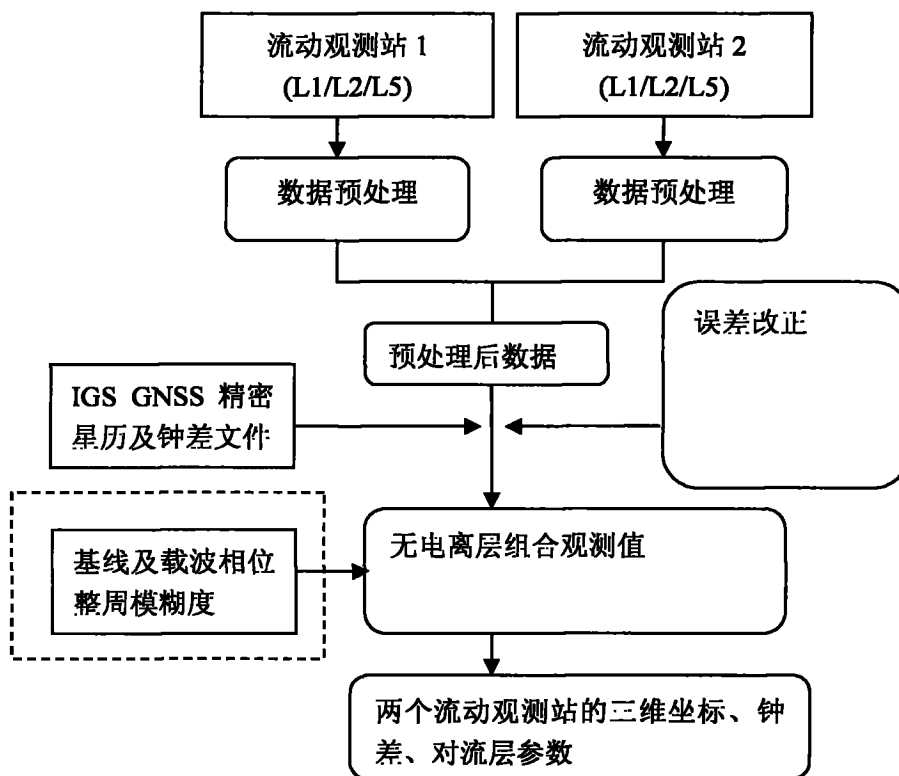


图 3

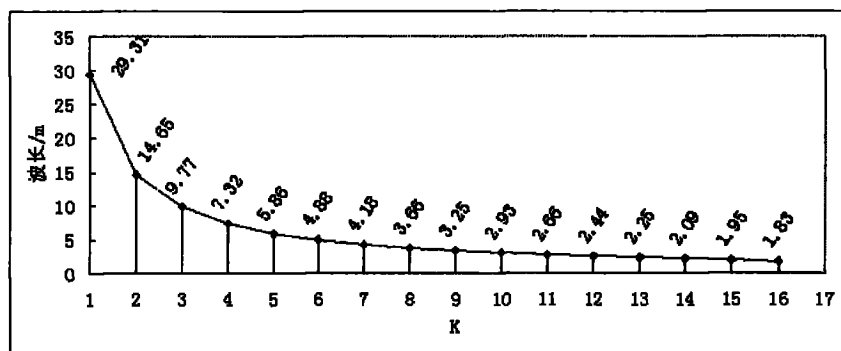


图 4

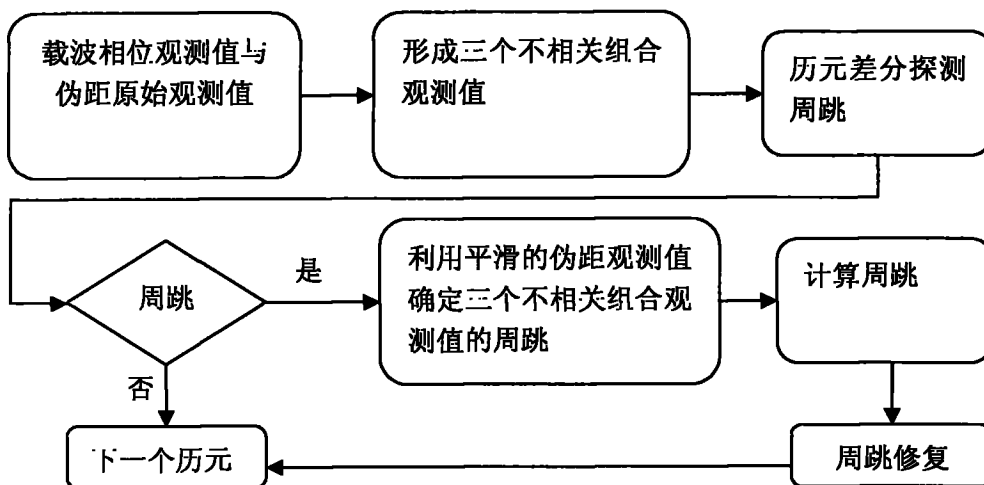


图 5

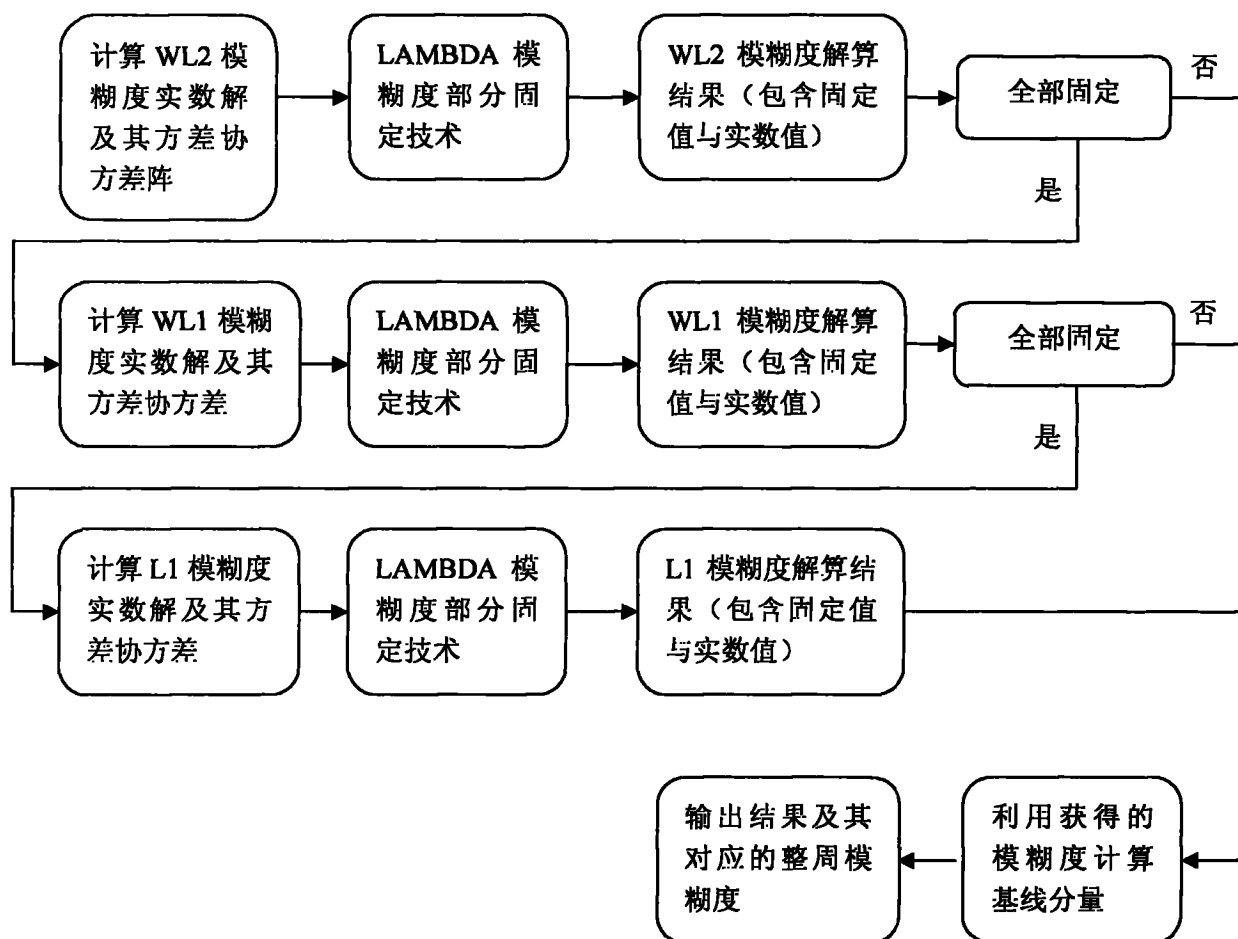


图 6

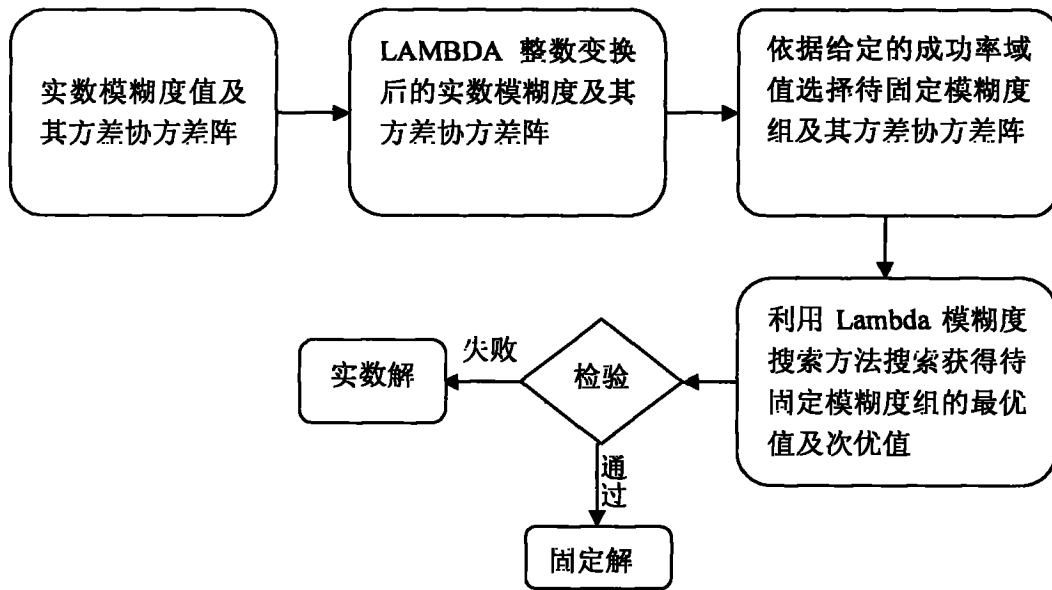


图 7